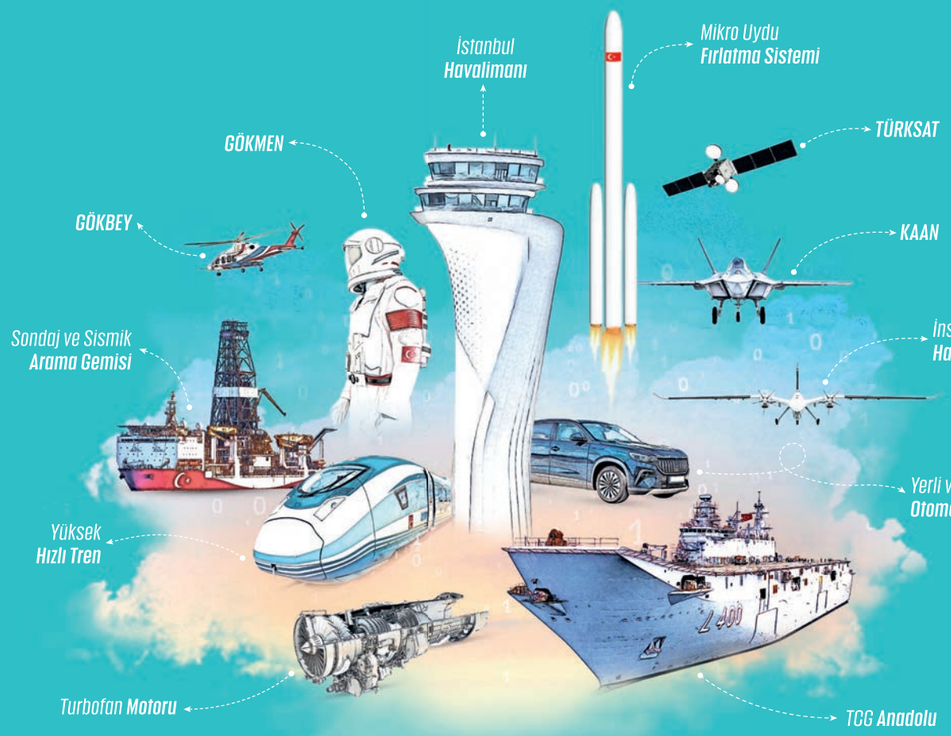
July 15, 2025 18:00:36

Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-7886-2
Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

GENEL JEOLOJİ VE ZEMİN ETÜTLERİ 11-12 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

GENEL JEOLOJİ VE ZEMİN ETÜTLERİ

11
12
DERS
MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ ALANI

GENEL JEOLOJİ VE ZEMİN ETÜTLERİ

DERS MATERYALİ

11-12

Yazarlar

CESUR ALTUNTAŞ

ÖZER ŞARKOĞLU

SAFFET YÜCE

SUAT ARIK

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ..... : 9402

YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ ..... : 3062

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI

KORAY GÜNGÖR

GÖRSEL TASARIM UZMANI

ALKIN TÜRKMEN

ISBN: 978-975-11-7886-2

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.

Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20

Kahramankazan/Ankara

Sertifika No: 49599

İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

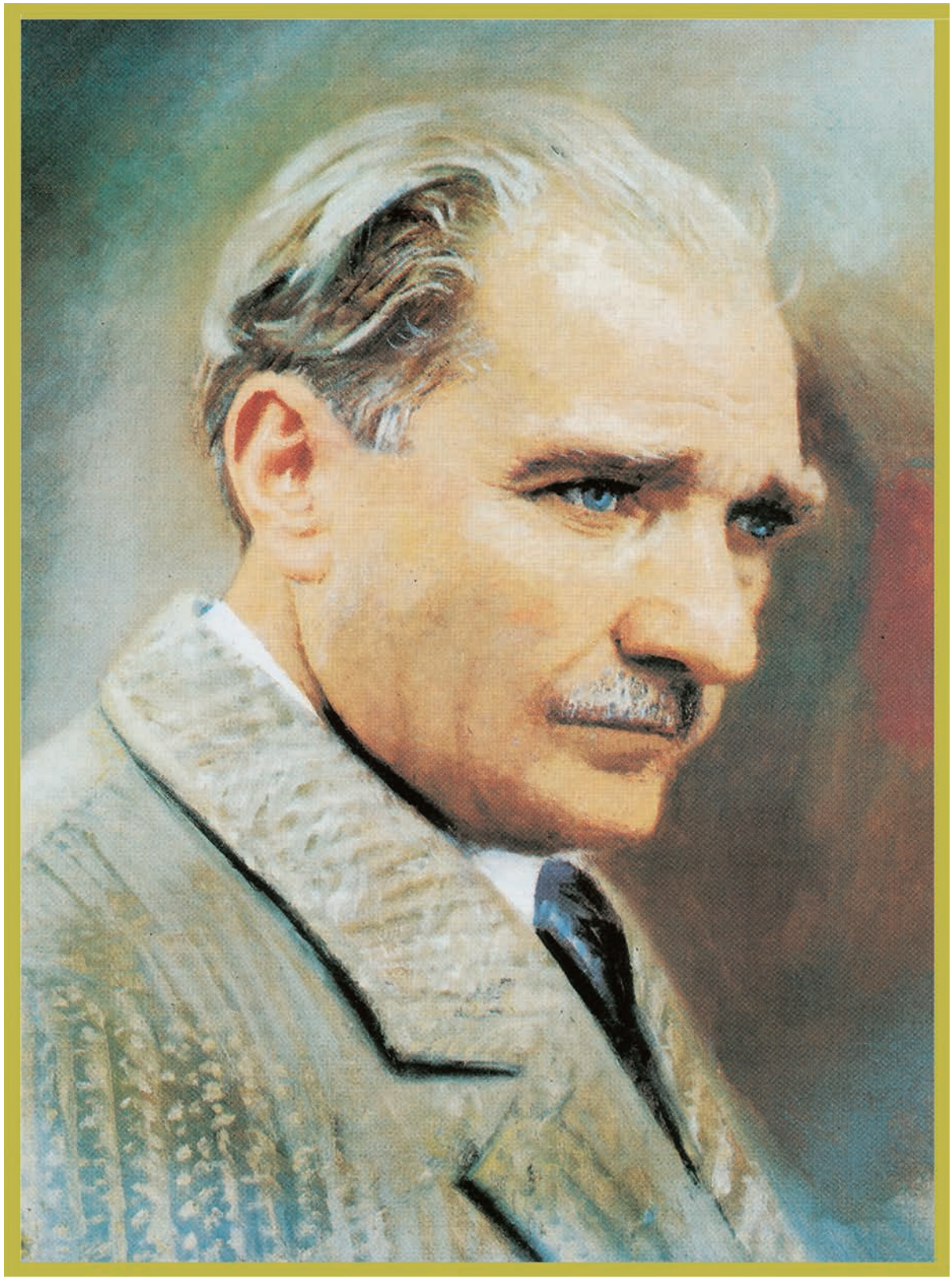
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

Ders Materyalinin Tanıtımı.....13

1. ÖĞRENME BİRİMİ

JEOLOJİ VE ALT BİLİM DALLARI

1.1. JEOLOJİNİN TANIMI VE ALT BİLİM DALLARI.....18
1.1.1. Jeoloji Bilimi ve Alt Dalları.....20
1.1.2. Jeolojide Başlıca Çalışma Yöntemleri ve Uygulama Alanları.....22
1.1.2.1. Jeolojide Başlıca Çalışma Yöntemleri.....22
1.1.2.2. Jeolojinin Uygulama Alanları.....28
1.2. UYGULAMA: JEOLOJİNİN ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI.....30
1.3. ATMOSFER VE CANLILARIN JEOLOJİK İŞLEVLERİ.....33
1.3.1. Jeolojik Dış Olaylar.....36
1.3.2. Dış Olayların Ortam ve Etkenleri İle İlgili Kavramlar.....36
1.3.2.1. Güneş Enerjisi.....36
1.3.2.2. Atmosfer ve Hava Dolaşımı, Rüzgârlar.....37
1.3.2.3. Hidrosfer ve Su Dolaşımı.....38
1.3.2.4. İklim ve İklim Koşulları.....39
1.3.2.5. Akarsular.....41
1.3.2.6. Yer Altı Suları ve Kaynaklar.....43
1.3.2.7. Buzullar.....45
1.3.2.8. Durgun Sularda Dalgalar ve Akıntılar.....46
1.3.2.9. Yer Çekimi ve Kütle Hareketleri.....48
1.3.2.10. Diğer Etkenler.....50
1.4. UYGULAMA: JEOLOJİK DIŞ OLAYLARIN ETKİLERİ.....51
1.5. BÖLGELERİMİZİN JEOLOJİK YAPILARI.....53
1.5.1. Türkiye'nin Jeolojik Özellikleri.....55
1.5.2. Türkiye'de Jeolojik Zamanlarda Oluşan Değişimler.....56
1.5.2.1. Ülkemizde Birinci Jeolojik Zaman (Paleozoik).....58
1.5.2.2. İkinci Jeolojik Zaman (Mesozoik).....59
1.5.2.3. Üçüncü Jeolojik Zaman (Tersiyer).....61
1.5.2.4. Dördüncü Jeolojik Zaman (Kuvaterner).....62
1.5.3. Türkiye'nin Jeolojik Zamanlar Doğrultusunda Tektonik Özellikleri.....63
1.6. UYGULAMA: BÖLGELERİMİZİN JEOLOJİK YAPISINDAN KAYNAKLANAN DEPREMLER 69

2. ÖĞRENME BİRİMİ

KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLERİN YAPILARI

2.1. KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLER.....80
2.1.1. Yerkabuğunu Oluşturan Maddeler.....80
2.1.2. Yerküre ve Yerkabuğunun Kimyasal Bileşimi.....82
2.1.3. Mineraller ve Temel Özellikleri.....83
2.2. UYGULAMA: KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLER.....88
2.3. TORTULAŞMA VE TORTUL KAYAÇLAR.....90
2.3.1. Tortulaşma ve Taşlaşma.....90
2.3.2. Tortu, Tortul Kayaç Türleri ve Sınıflandırılması.....91

2.4. UYGULAMA: TORTULAŞMA VE TORTUL KAYAÇLAR.....95
2.5. MAGMATİK VE METAMORFİK KÜTLELERİN BULUNUŞ ŞEKİLLERİ.....97
2.5.1. Magmatik Kayaçlar, Oluşum Şekilleri ve Sınıfları.....97
2.5.1.1. Magmatik Kayaçlara Özgü Kütle Şekilleri.....99
2.5.1.2. Magmatik Kayaçların Kompozisyonu.....101
2.5.1.3. Magmatik Kayaçların Yerleşim Şekilleri.....102
2.5.2. Metamorfik Kayaçlar ve Oluşumları.....103
2.6. UYGULAMA: MAGMATİK VE METAMORFİK KÜTLELERİN BULUNUŞ ŞEKİLLERİ.....105
2.7. KÜTLELERİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ.....107
2.7.1. Kaya Kütlelerinin Özellikleri.....108
2.7.1.1. Kaya/Kayaç Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri.....112
2.7.2. Kaya Kütlelerinin Türleri.....117
2.7.2.1. Eklemsiz Kaya Kütleleri.....117
2.7.2.2. Kısmen Eklemli Kaya Kütleleri.....118
2.7.2.3. Kısmen Bloklu Kaya Kütleleri.....118
2.7.2.4. Bloklu Kaya Kütleleri.....118
2.7.2.5. Çok Gözenekli Kaya Kütleleri.....119
2.7.2.6. İleri Derecede Fisürlü Kaya Kütleleri.....119
2.7.2.7. Sıkışan ve Şişen Kaya Kütleleri.....119
2.7.2.8. Ayrık Düzenli Kayaçların Karışımı.....119
2.7.2.9. Boşluklu Kaya Kütleleri.....120
2.7.3. Kaya Kütleleri Sınıflaması.....120
2.8. UYGULAMA: KÜTLELERİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ.....121

YERKABUĞUNUN HAREKETLERİ

3.1. TEKTONİK VE YERKABUĞUNUN TEKTONİK HAREKETLERİ.....130
3.1.1. Levha ve Levha Hareketleri.....131
3.1.1.1. Çatlak (Kırık) ve Çatlak Sistemi.....133
3.1.1.2. Fay, Fay Çeşitleri ve Fay Düzlemi Üzerindeki Yapılar.....133
3.2. UYGULAMA: TEKTONİK VE YERKABUĞUNUN TEKTONİK HAREKETLERİ.....137
3.3. UZUN SÜRELİ YAVAŞ HAREKETLER.....139
3.3.1. Yavaş ve Uzun Süreli Hareketler (Epirojenik Ve Orojenik Hareketler).....139
3.3.1.1. Karalarda Epirojenik Alçalma Hareketleriyle İlgili Olaylar.....141
3.3.1.2. Dağ Oluşumu (Orojenez) Hareketleri.....143
3.3.1.3. Volkanizma, Lav ve Yanardağlar.....144
3.4. UYGULAMA: UZUN SÜRELİ YAVAŞ HAREKETLER.....150
3.5. DEPREMLER.....152
3.5.1. Deprem Tanımı, Türleri, Oluş Şekilleri ve Deprem Parametreleri.....152
3.5.1.1. Deprem Türleri.....153
3.5.1.2. Deprem Parametreleri.....153
3.5.1.3. Depremin Diğer Özellikleri.....155
3.5.1.4. Deprem Şiddet Cetveli.....155
3.5.2. Türkiye'nin Tektonik Yapısı ve Levhalar.....158
3.5.3. Türkiye'de Meydana Gelmiş Depremler ve Sonuçları.....160
3.5.3.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Sismik Boşlukları.....161
3.5.3.2. Ege Graben Sistemi (EGS) Sismik Boşlukları.....161
3.5.3.3. Helenik Kıbrıs Yayı (HKY) Sismik Boşlukları.....162

3.5.3.4. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) Sismik Boşlukları....162
3.5.3.5. Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi Sismik Boşlukları....162
3.5.3.6. Orta Anadolu Ova Bölgesi Sismik Boşlukları....162
3.5.4. Depremlerde Depremin Büyüklüğü, Can Kaybı ve Yıkık Bina İlişkileri....162
3.6. UYGULAMA: DEPREMLER....164
3.7. HEYELANLAR VE ÇÖKMELER....166
3.7.1. Heyelanların Oluşum Nedenleri....166
3.7.1.1. Türkiye'nin İklim Yapısı....166
3.7.1.2. Türkiye'nin Bitki Örtüsü....169
3.7.1.3. Türkiye'de Meydana Gelen Heyelanlar ve Yaşanan Can Kayıpları....170
3.7.2. Heyelanlı Sahalarda Uygulanan Jeoteknik Çözümler....172
3.7.3. Çökme Nedenleri....174
3.7.3.1.Obruklar....177
3.8. UYGULAMA: HEYELANLAR VE ÇÖKMELER....181
3.9. SU TAŞKINLARI VE SELLER....183
3.9.1. Su Taşkını ve Sellerin Oluşum Nedenleri....183
3.9.2. Su Taşkını ve Sellere Karşı Alınması Gereken Genel Önlemler....188
3.10. UYGULAMA: SU TAŞKINLARI VE SELLER....190
3.11. AFETLE MÜCADELE YÖNTEMLERİ....192
3.11.1. Afetle Mücadele Kapsamında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri....195
3.11.1.1. Kriz Yönetim Merkezleri İle Kurtarma ve İlk Yardım Başkanlıklarının Karşılaştıkları Genel Sorunlar ve Çözümleri....196
3.11.1.2. Kurtarma, İlk Yardım Çalışmalarında, Sağlıkta Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri....196
3.11.1.3. Ulaşımda Yaşanan Sorunlar ve Çözümleri....197
3.11.1.4. Güvenlik, Asayiş Sorunları ve Çözümleri....197
3.11.1.5. İnsani Yardım Hizmetlerinde Yaşanan Sorunlar ve Çözümleri....198
3.11.1.6. Geçici Barınma Sorunları ve Çözümleri....198
3.11.1.7. Altyapı Sorunları ve Çözümleri....198
3.11.1.8. Mühendislik Açısından Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri....199
3.11.2. Afetle Mücadelede Normale Dönüş Önlemleri....200
3.11.2.1. Afet Sonrası İnşa/İyileştirme Çalışmaları ve Aşamaları....201
3.11.2.2. Afet Sonrası İnşa/İyileştirme Planının Hazırlanması....201
3.12. UYGULAMA: AFETLE MÜCADELE YÖNTEMLERİ....204

GENEL JEOLOJİ UYGULAMALARI

4.1. SUYUN JEOLOJİK İŞLEVLERİ....214
4.1.1. Dünyada Su Rezervleri Dağılımı....214
4.1.2. Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Sınıflandırılması....216
4.1.3. Zemindeki Su Türleri....218
4.2. UYGULAMA: SUYUN JEOLOJİK İŞLEVLERİ....220
4.3. YER ALTI SULARI....222
4.3.1. Yer Altı Suyu Türlerinin Sınıflandırılması....226
4.3.2. Yer Altı, Yer Üstü Suyu Akışı Arasındaki İlişkiler ve Suyun Yüzey Altındaki Dağılımı....227
4.4. UYGULAMA: YER ALTI SULARI....232
4.5. SU VE ZEMİN İLİŞKİSİ....234
4.5.1. Yüzey Suyu Hidrolojisi....234
4.5.2. Hidrolojik Döngü....237
4.6. UYGULAMA: SU VE ZEMİN İLİŞKİSİ....243

5. ÖĞRENME BİRİMİ

ZEMİNLER VE ZEMİN ETÜDLERİ (UYGULAMALI JEOLOJİ)

5.1. ZEMİN ÇEŞİTLERİ....250
5.1.1. Toprak İşleri Bakımından Zeminler....250
5.1.2. Granülometri Bakımından Zeminler....250
5.1.3. Zeminlerin Oluşumu....251
5.1.4. Zeminlerin Bileşenleri ve Faz İlişkileri....252
5.1.5. Yapı Zemin Çeşitleri ve Zeminlerin Sınıflandırılması....255
5.1.5.1. Zeminlerin Sınıflandırılması....257
5.1.5.2. Dane Çapı Dağılımı: Granülometrik Analiz (Elek Analizi ve Islak Analiz)....258
5.1.5.3. Kıvam Limitleri (Likit, Plastik ve Rötre Limit)....267
5.2. UYGULAMA: ZEMİN PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI....272
5.3. ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ....275
5.3.1. Zemin Türleri ve Yapısal Özellikleri....275
5.3.2. Zeminlerin Endeks Özellikleri....279
5.3.2.1. Zemin Sınıflandırma Sistemleri....283
5.3.2.2. TS 1500: İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sınıflandırılması....287
5.4. UYGULAMA: ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ....293
5.5. ZEMİN ETÜDÜ METOTLARI....296
5.5.1. Zemin Etüdünün Planlanması ve Kategorileri....296
5.5.1.1. Zemin Etütleri Kategori 1....297
5.5.1.2. Zemin Etütleri Kategori 2....297
5.5.1.3. Zemin Etütleri Kategori 3....298
5.5.2. Zemin Koşullarının Belirlenmesi, Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları, Zemin Araştırmaları....298
5.5.3. Zemin Araştırmaları Kapsamında Gözlem, Sondaj, Muayene ve Deneylerin Planlaması....299
5.5.3.1. Kategori 2 ve Kategori 3'e Giren Yapılarda Veri Toplanması....300
5.6. UYGULAMA: ZEMİN ETÜDÜ METOTLARI....305
5.7. ZEMİN JEOLOJİK ETÜTLERİ....307
5.7.1. Jeofizik Etütler....307
5.7.2. Arazi Deneyleri....309
5.7.3. Laboratuvar Deneyleri....309
5.7.4. Kaya Türü Ortamlarda Arazi ve Laboratuvar Deneyleri....311
5.7.5. Geoteknik Kategoriler Kapsamında İnşa Edilecek Yapı Türleri....313
5.7.6. Kategori 1, Kategori 2 ve Kategori 3'te Yer Alan Yapılar İçin Uygulanacak Zemin ve Temel Etütleri..314
5.7.6.1. Kategori 1 Etüt Kapsamı....314
5.7.6.2. Kategori 2 Etüt Kapsamı....315
5.7.6.3. Kategori 3 Etüt Kapsamı....329
5.7.7. Zemin ve Temel Etüdü Raporu....330
5.7.7.1. Zemin Bilgi ve Verilerinin Sunulması....330
5.7.7.2. Zemin Verilerinin Değerlendirilmesi....330
5.8. UYGULAMA: ZEMİN JEOLOJİK ETÜTLERİ....332
5.9. HEYELAN ETÜTLERİ....336
5.9.1. Heyelanların Oluş Nedenleri ve Şekilleri....336
5.9.2. Jeofizik Yöntemler (Özdirenç, Doğal Gerilim, Sismik ve Mikro Sismik)....339
5.9.2.1. Toprak Stabilitesini Ölçmede Kullanılan Jeofizik Teknikler....339
5.9.3. Heyelanlara Karşı Arazi Etüdü ve Heyelan Plankotesinin Hazırlanması....340
5.9.3.1. Karayolunda Heyelan Oluşumları, Heyelan Etüt, Araştırma Çalışmaları, Çözümler ve Önleyici Yapım Çalışmaları....341
5.10. UYGULAMA: HEYELAN ETÜTLERİ....343
TERİMLER SÖZLÜĞÜ....353
CEVAP ANAHTARI....358
KAYNAKÇA....362

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Konu başlıklarını gösterir

Konu metinlerini gösterir.

Konu alt başlıklarını gösterir.

Sayfa numaralarını gösterir.

Konu şekillerini gösterir.

Şekil açıklamalarını gösterir.

Konu tablolarını gösterir.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Dünya, Ay, Mars, Venüs gezegenlerinin jeolojik yapıları arasındaki bilinen benzerlikleri araştırınız ve edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.1. KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLER

Yerkabuğu kayaçlardan, kayaçlar minerallerden, mineraller atom ve moleküllerden oluşmaktadır. Hava ve su ile birlikte yaşamı besleyen toprağın ana maddesi yerkabuğunun kayaçlarıdır. **Mineraller**; doğal oluşan, katı olan, jeolojik süreçler ile oluşan, kristal yapıya sahip olan, tanımlanabilir kimyasal bileşime sahip olan ve organik olmayan maddelerdir. Mineraller eğer serbest şartlarda oluşursa **geometrik ve simetrik yüzeylere sahip kristal** olarak oluşur. Mineraller, sıvıların katılaşmasıyla veya bir çözeltinin aşırı doygunlaşmasından sonra **çözünmüş maddenin çökelti** haline gelmesiyle oluşur.

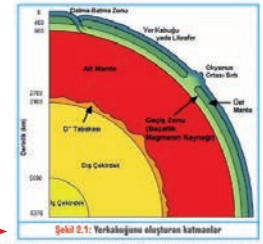
Kayaçlardan tortul kökenlilerde geçmişteki onlarca, yüzlerce, milyonlarca hatta milyarlarca yıl öncesine ait canlılar dünyası hakkında tek ve önemli bilgi kaynağı olan fosiller bulunmaktadır. Yerkabuğunun taşıdığı önemli bilimsel değerlerden biri de tortul kayaçlardaki fosil içeriğidir. Geçmişte yaşamış canlıların (hayvanlar ve bitkiler) kaya katmanları içinde ve arasında bulunan her türlü kanıta **fosil** denir. Yapılan araştırmalar 4,6 milyar yaşındaki Dünya'nın, yaşamın 3,8 milyar yıl kadar önce bakteri düzeyinde başladığını ortaya koymaktadır. Canlılar dünyasının tarihi ve coğrafyası fosillerle yazılmıştır denilebilir. Başka bir ifadeyle fosiller; 3,8 milyar yıllık yaşam dünyasının kitabeleri olarak kabul edilir.

2.1.1. Yerkabuğunu Oluşturan Maddeler

Yerkabuğu okyanus altlarında ve kıtalarda kalınlık ve bileşim bakımlarından farklılıklar gösterse de tamamı kayaçlardan (taşlardan) oluşur. Kalınlık okyanus tabanlarında 5-10 km, kıtalarda 30-40 km kadardır. Kayaçların dış etkenlerle ayrışıp çözülmesi ve dağılması ile meydana gelen toprak katmanı ise derinliği 0'dan başlayıp en fazla birkaç yüz metreye kadar çıkan ve yeryüzünün her tarafını kaplamayan bir örtüdür. Dış etkenlerle bir yandan yeni toprak oluşurken diğer yandan da var olan toprak katmanlarının önemli bir kısmı erozyonla denizlere taşınmaktadır.

Yerkabuğu, taş küre veya litosfer olarak adlandırılır. Yerkabuğu, karalarda 35-40 km, Tibet Platosu'nda 70 km, deniz ve okyanus tabanlarında ise 8-12 km olup ortalama kalınlığı 33 km kadardır. Kimyasal bileşimi ve yoğunluğu birbirinden farklı iki kısımdan meydana gelir. Bu kısımlardan biri **granit olup** bileşimindeki kayaçlardan oluşan **granitik yerkabuğu**, diğer kısım ise **bazalt** olup bileşimindeki kayaçlardan oluşan **bazaltik yerkabuğu** olarak adlandırılır. Granitik yerkabuğunda silisyum ve alüminyum elementleri hâkimdir. Bu nedenle daha hafiftir, yoğunluğu 2,7-2,8 g/cm³ arasındadır. Silisyum (Si) ve alüminyum (Al) elementlerinden oluştuğu için granitik yerkabuğu **sial** olarak adlandırılır ve yerkabuğunun üst kısmını oluşturur.

Bazaltik yerkabuğu, silisyum ve magnezyumlu elementlerden oluşur. Bu nedenle granitik kabuktan daha ağırdır, yoğunluğu 3-3,5 g/cm³ arasında değişir. Granitik yerkabuğunun altında ve okyanus tabanlarında yer alır. Bu nedenle bazaltik yerkabuğuna **okyanusal kabuk** adı da verilir. Bu iki kısım bütün kıtaların altında bulunmaktadır. Okyanusların altında bazaltik kabuk birkaç kilometre kalınlıktadır ve ince bir tabaka halinde uzanır. Granitik kabuk Büyük Okyanus'ta hiç yoktur. Atlas ve Hint Okyanusu'nda granitik tabaka çok incedir.



Şekil 2.1: Yerkabuğunu oluşturan katmanlar

Okyanusal kabuk, 7 km kalınlığında olup bu kalınlık bazı kesimlerde 10 km'ye kadar ulaşır. Koyu renklidir. Magmatik kaya olan bazalttan oluşur. Bağıl olarak homojen kimyasal bileşime sahiptir.

Kıtasal kabuk, 35 km kalınlığındadır. Himalayalar ve Kayalık Dağlarında 70 km'yi bulmaktadır. Pek çok kaya türünden oluşur.

Dünya'nın çekirdeği, yeryüzünden 2900 km derinlikten başlayıp 6376 km derinliğe kadar uzanır. Mantodan Wiechert-Gutenberg kesintisiyle ayrılır. En içte bulunur. Büyük basınç altındadır. Sıcaklığı 4000 °C'nin üzerindedir. Demir ve kalay ile bileşik oluşturan az miktarda oluşumlar içerir. Bunlar; kükürt, silisyum ve oksijen içeren demir-nikel alaşımıdır.

Dış çekirdek, 2180 km kalınlıktadır. Sıvı bir katmandır. Dünya'nın manyetik alanını oluşturan metalik demir, bu zon içinde hareketlidir.

İç çekirdek, 1296 km yarıçaplıdır. Dış çekirdeğe göre daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bu sıcaklığa rağmen gezegenin merkezindeki çok büyük basınçtan dolayı demir, katı halde bulunur.

Mohorovicic süreksizliği; yoğunluk bakımından bir sıçrama ile kendini gösteren, ultrabazik kayalardan oluşan ve geçişe karşılık gelen sınırdır.

Sima, bileşiminde daha çok silisyum ve magnezyum bulunur. Sima yüzeye geldiğinde bazalttır. Bu nedenle bazen bu tabakaya **bazalt tabakası** da denir. Magnezyum ve silikat mineralleri bakımından zengin kayalardan oluşmuştur. Yoğun sima yüzeye geldiğinde mafik kayaçları oluşturur. En yoğun sima, daha az silikata sahiptir ve ultramafik kayaçları oluşturur.

Yerkabuğunu oluşturan bileşimlerin ortalama oranları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Yerkabuğunun Ortalama Bileşimi (%)

Bileşimler	%	Bileşimler	%
SiO_2	59,47	K_2O	3,14
Al_2O_3	15,47	H_2O	1,15
Fe_2O_3	3,10	TiO_2	0,91
MgO	3,51	P_2O_5	0,24
CaO	5,11	MnO	0,09
FeO	3,82	Diğerleri	0,15
Na_2O	3,86	**Toplam**	**100,00**

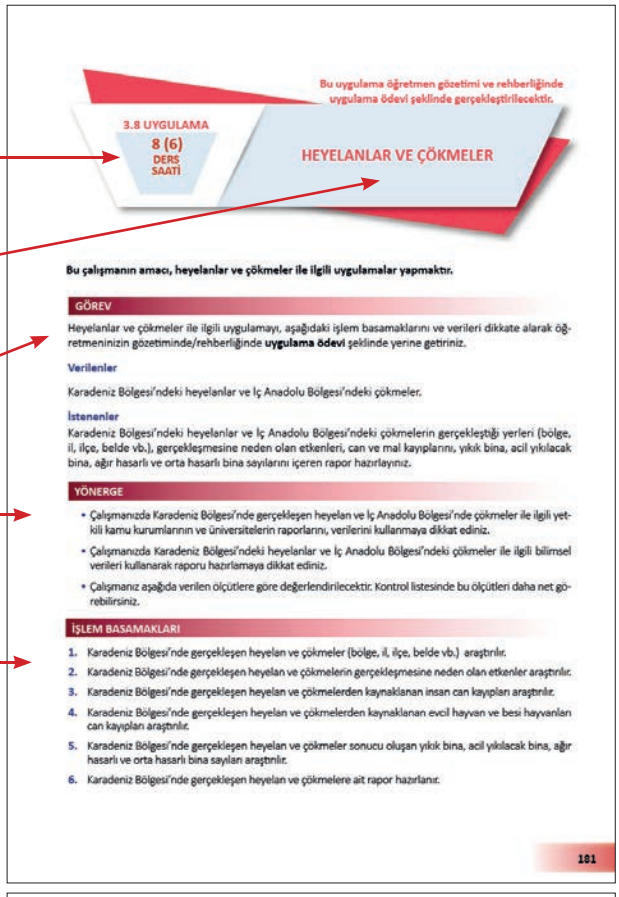
Öğrenme birimi süresini gösterir (Parantez içerisinde belirtilen okul dışında araştırma uygulama çalışma süresini gösterir.).

Uygulama başlığını gösterir.

Uygulama görevlerini gösterir.

Uygulama yönergelerini gösterir.

Uygulama işlem basamaklarını gösterir.



Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.8 UYGULAMA
8 (6) DERS SAATİ

HEYELANLAR VE ÇÖKMELER

Bu çalışmanın amacı, heyelanlar ve çökmeler ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Heyelanlar ve çökmeler ile ilgili uygulamayı, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmeler.

İstenenler

Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerin gerçekleştiği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.), gerçekleşmesine neden olan etkenleri, can ve mal kayıplarını, yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını içeren rapor hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve İç Anadolu Bölgesi'nde çökmeler ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmeler ile ilgili bilimsel verileri kullanarak raporu hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

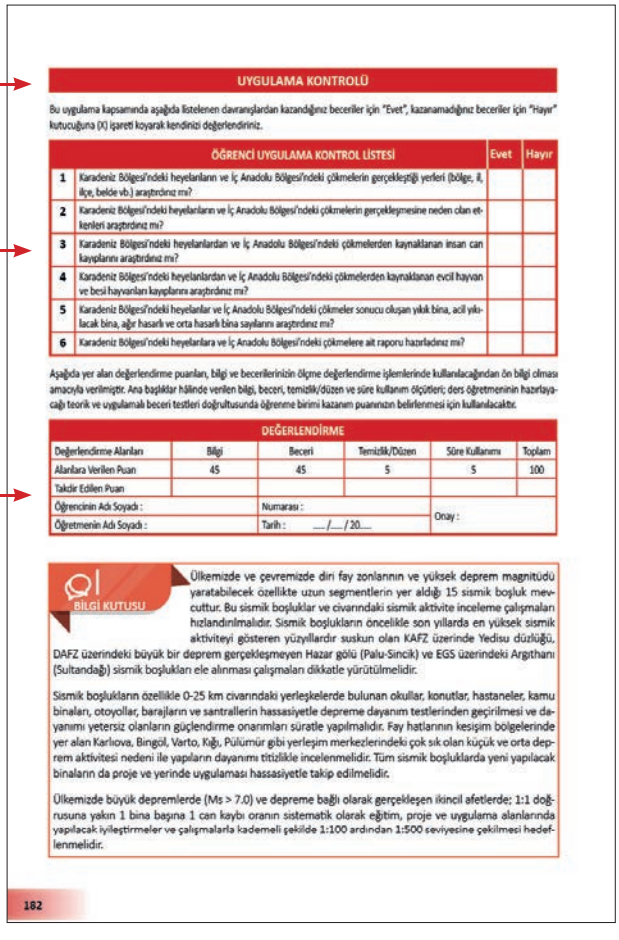
1. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmeler (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırılır.
2. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelerin gerçekleşmesine neden olan etkenler araştırılır.
3. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelerden kaynaklanan insan can kayıpları araştırılır.
4. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelerden kaynaklanan evcil hayvan ve besi hayvanları can kayıpları araştırılır.
5. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmeler sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayıları araştırılır.
6. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelere ait rapor hazırlanır.

181

Uygulama kontrolü başlığını ve yönergeyi gösterir.

Öğrenci uygulama kontrol listesini gösterir.

Öğrenci değerlendirme kriterlerini gösterir.



UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanların ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerin gerçekleştiği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırdınız mı?		
2	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanların ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerin gerçekleşmesine neden olan etkenleri araştırdınız mı?		
3	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlardan ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerden kaynaklanan insan can kayıplarını araştırdınız mı?		
4	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlardan ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerden kaynaklanan evcil hayvan ve besi hayvanları kayıplarını araştırdınız mı?		
5	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmeler sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını araştırdınız mı?		
6	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlara ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelere ait raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanının belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ...../...../ 20.....			

BİLGİ KUTUSU

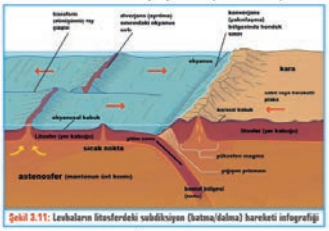
Ülkemizde ve çevremizde diri fay zonlarının ve yüksek deprem magnitüdü yaratabilecek özellikte uzun segmentlerin yer aldığı 15 sismik boşluk mevcuttur. Bu sismik boşluklar ve civarındaki sismik aktivite inceleme çalışmaları hızlandırılmalıdır. Sismik boşlukların öncelikle son yıllarda en yüksek sismik aktiviteyi gösteren yüzyıllardır suskun olan KAFZ üzerinde Yedisu düzlüğü, DAFZ üzerindeki büyük bir deprem gerçekleşmeyen Hazar gölü (Palu-Sincik) ve EGS üzerindeki Argıthanı (Sultandağı) sismik boşlukları ele alınması çalışmaları dikkatle yürütülmelidir.

Sismik boşlukların özellikle 0-25 km civarındaki yerleşkelerde bulunan okullar, konutlar, hastaneler, kamu binaları, otoyollar, barajların ve santrallerin hassasiyetle depreme dayanım testlerinden geçirilmesi ve dayanımı yetersiz olanların güçlendirme onarımları süratle yapılmalıdır. Fay hatlarının kesişim bölgelerinde yer alan Karlıova, Bingöl, Varto, Kığı, Pülümür gibi yerleşim merkezlerindeki çok sık olan küçük ve orta deprem aktivitesi nedeni ile yapıların dayanımı titizlikle incelenmelidir. Tüm sismik boşluklarda yeni yapılacak binaların da proje ve yerinde uygulaması hassasiyetle takip edilmelidir.

Ülkemizde büyük depremlerde (Ms > 7.0) ve depreme bağlı olarak gerçekleşen ikincil afetlerde; 1:1 doğrusuna yakın 1 bina başına 1 can kaybı oranın sistematik olarak eğitim, proje ve uygulama alanlarında yapılacak iyileştirmeler ve çalışmalarla kademeli şekilde 1:100 ardından 1:500 seviyesine çekilmesi hedeflenmelidir.

182

Transform Fay Hatları: Plakaların birbirlerine paralel ama zıt yönlerde hareket etmesi sonucu oluşur. Türkiye'de Marmara Fay Hattı olarak bilinen bu hat, transform fay hatlarına örnek olarak verilebilir. Anadolu'nun üzerinde bulunduğu Afrika Plakası ile bunun kuzeyindeki Avrasya Plakası birbirlerine zıt ve paralel yönlerde hareket eder. Bu sürtünme hareketleri zaman zaman çok şiddetli depremlere sebep olabilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Levhaların litosferdeki subdüksiyon (batma/dalma) hareketi infografiği

Düzce, Kocaeli, Yalova, Sakarya, Bolu, Bursa, İstanbul, Eskişehir, Zonguldak illerini etkileyen 17 Ağustos 1999 Gölcük merkezli Marmara Depremi, transform fay hatlarından kaynaklanan depremdir (Şekil 3.12).

Şekil 3.12: Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı

BİLGİ KUTUSU

Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda, Dünya'nın ergimiş çekirdeğinden gelen ısının da levha hareketlerine etkisinin olduğu belirtilmektedir. Doğu Pasifik Yükseltisi'ni inceleyen araştırmacılar, bu bölgedeki levha hareketinin önceden öne sürülen modellerden herhangi biriyle açıklanamayacağını tespit etmişlerdir. Başka kuvvetlerin de etkisi olması gerektiğini savunan araştırmacılar, levhaların yüzerliğinin (ya da alttaki yarı sıvı ortamın kaldırma kuvvetinin) Dünya'nın çekirdeğinden gelen ısı etkisiyle ortaya çıktığını ifade etmişlerdir.

Araştırmada, levha tektoniğindeki hareketliliğin %50 oranında Dünya'nın çekirdeğinden gelen ısının etkisiyle ortaya çıktığını ve Dünya'nın çekirdek ve manto tabakası arasında yaklaşık 20 Terawatt (1 Trilyon Watt = 1 Terawatt) kadarının akış gösterdiği belirtilmektedir. Bu ısı enerjisinin, insanların yıllık toplam enerji tüketiminden biraz daha fazla miktarda olduğu tahmin edilmektedir. Yarı eriyik haldeki mantonun çekirdek etkisiyle ısınan kısımları daha az yoğun ve daha yüzer hale gelerek yukarıya yani kabuğa doğru yükselirken, kabuktaki levhalar da soğuyarak negatif yüzerlik oluşturmakta ve batma eğilimi göstermektedir. Bu iki kuvvetin birlikte etkisi de levhaların manto üzerinde kayarak hareket etmesine neden olduğu belirtilmektedir. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulguların levha tektoniği, sismik etkinlik ve volkanik etkinlikler gibi Dünya dinamikleri üzerinde çalışan bilim insanları için önemli bilgiler sunmaktadır.

Fay düzlemi elemanlarını ve fay atımlarını şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

SIRA SİZDE

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.2 UYGULAMA
6 (6) DERS SAATİ

TEKTONİK VE YERKABUĞUNUN TEKTONİK HAREKETLERİ

Bu çalışmanın amacı, tektonik ve yerkabuğunun tektonik hareketleri ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Yerkabuğunun tektonik hareketleri uygulamasını, öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) tektonik hareketleri.

İstenenler

Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki (KAFZ) tektonik hareketler sonucu oluşan fayların adlarını, çeşitlerini, oluşumlarını, fay hattı türlerini, fay hattı uzunluklarını ve geçtiği bölgeleri (il, ilçe, belde vb.) içeren raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki (KAFZ) tektonik hareketler ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki (KAFZ) tektonik hareketler ile ilgili bilimsel verileri kullanarak raporu hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

Öğrencilere yönelik çalışmaları gösterir.

Bilgi notunu gösterir.

1. ÖĞRENME BİRİMİ

JEOLOJİ VE ALT BİLİM DALLARI

KONULAR

1.1. JEOLOJİNİN TANIMI VE ALT BİLİM DALLARI

1.2. UYGULAMA: JEOLOJİNİN ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

1.3. ATMOSFER VE CANLILARIN JEOLOJİK İŞLEVLERİ

1.4. UYGULAMA: JEOLOJİK DIŞ OLAYLARIN ETKİLERİ

1.5. BÖLGELERİMİZİN JEOLOJİK YAPILARI

1.6. UYGULAMA: BÖLGELERİMİZİN JEOLOJİK YAPISINDAN KAYNAKLANAN DEPREMLER

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

. Jeolojinin tanımını ve alt bilim dallarını

. Jeolojinin çalışma yöntemlerini ve uygulama alanlarını

. Atmosfer ve canlıların jeolojik işlevlerini

. Jeolojik dış olayların etkilerini

. Bölgelerimizin jeolojik yapılarını

. Bölgelerimizin jeolojik yapısından kaynaklanan depremlerin etkilerini

TEMEL KAVRAMLAR

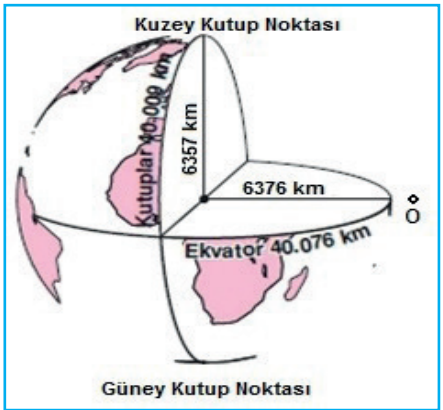
jeoloji, jeolojinin alt dalları, jeolog, bilimsel yöntem, nicel gözlem, nitel gözlem, yerkabuğu, yerküre, çekirdek, manto, atmosfer, hidrosfer, su döngüsü, iklim, jeolojik dış olaylar, yer altı suları, buzullar, yer çekimi, kütle hareketleri, depremler, fay hattı, tektonik, jeolojik zamanlar, Orojenik, Epirojenik, Paleozoik, Mesozoik, Tersiyer, Kuvaterner, Prekambrien, Neotektonik, Alpin kuşağı

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Jeoloji alanında faaliyet gösteren ulusal, uluslararası resmî kurumları ve sivil toplum kuruluşlarını (STK) araştırınız ve edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.1. JEOLOJİNİN TANIMI VE ALT BİLİM DALLARI

Jeoloji, 18.yy'ın sonlarından itibaren gelişmeye başlayan fen ve doğa bilimidir. Jeoloji, diğer bilim dalları ile karşılaştırıldığında yeni bir bilim dalıdır. **Jeoloji**; biyoloji, fizik, kimya, matematik, coğrafya, jeofizik mühendisliği, inşaat mühendisliği, petrol mühendisliği, maden mühendisliği, okyanus bilimi, meteoroloji ve metalurji ile ilişkili bir bilimdir. Jeoloji; yaklaşık yarıçapı 6376 km olan Yeryuvarı'nın (Dünya'nın) en dış kısmında yer alan ve ortalama kalınlığı okyanusların altında 15-20 km, kıtaların altında ise 45-95 km kalınlıkta olan, katılaşmış yerkabuğunun oluşumu, bileşimi, yapısı ve gelişimi, iç ve dış etkenlerle uğradığı değişiklikleri ve yer altı zenginliklerini inceleyen bilim dalıdır (Şekil 1.1).

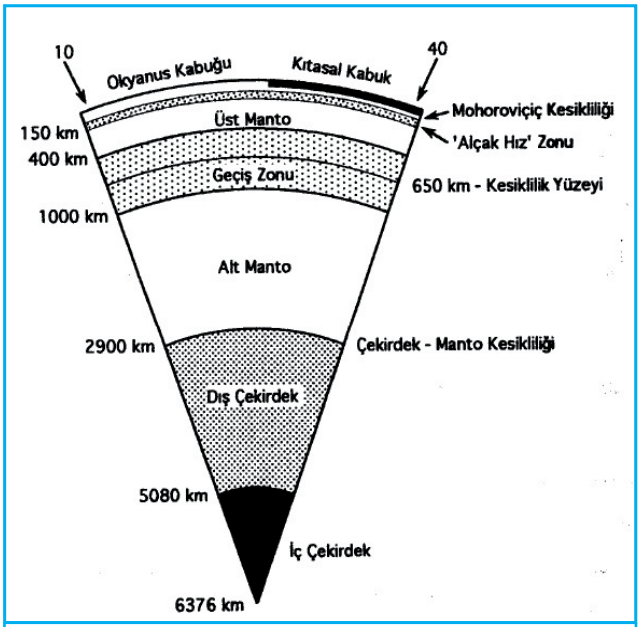


Şekil 1.1: Dünya'nın şekli ve ölçüleri

Jeoloji, yerkabuğunda iç ve dış kuvvetlerle meydana gelen her türlü değişiklikleri inceler. Yeryuvarı'nın şekli küreye benzemekle birlikte tam küre şeklinde değildir. Ekvator çevresi şişkin, kutuplar çevresi basık olan özel şekline **geoit** denir. Ekvator'dan kutuplara gidildikçe Güneş ışınlarının düşme açısı küçülür. Bu nedenle sıcaklık Ekvator'dan kutuplara doğru azalır (Şekil 1.1).

Yeryuvarı'nın oluşum evresine ve bileşimine ilişkin ilk görüşler, meteoritlerden elde edilen ilk bilgilere dayanmaktadır. Genellikle toz, bazen blok ve büyük parçalar şeklinde yeryüzüne düşen meteoritlerin incelenmesi ile bunlar taş, taşlı demir ve demir meteoritler şeklinde üç gruba ayrılmıştır. Taş meteoritlerin plajioklas, piroksen ve olivin mineralleri içerdikleri ve bileşimlerinin yerkabuğunun derin zonlarında ve üst mantoda bulunduğu kabul edilen kayaç gruplarıyla büyük benzerlik gösterdikleri belirlenmiştir.

Granit, riyolit ve yerkabuğunda bulunan sedimenter (tortul) ya da metamorfik kayaçlara benzer bileşimdeki herhangi bir meteorite rastlanılmaması, yerkabuğunda bulunan bu kayaçların oluşumlarının daha farklı ve kabuk oluşumundan sonra gelişen süreçlere bağlı olduğunu göstermektedir. Yeryuvarı'nın bileşimi ve katı olan dış kabuğun altında bulunan malzeme hakkında genel bilgiler özellikle magmatik kayaçların incelenmesi ile elde edilmiştir. Jeolojik arazi gözlemleri, deprem dalgalarının Yeryuvarı'nda yayılma hızlarının analizi ve jeofizik yorumlamalar, laboratuvarlarda doğadaki koşullara benzer koşullar oluşturularak yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen veriler, Yeryuvarı'nın yapısı ve oluşumunun anlaşılmasına büyük katkılar sağlamıştır. Basit bir yaklaşımla Yeryuvarı'nı çok büyük bir magmatik kütle olarak kabul etmek mümkündür. Yeryuvarı'nın dış kısmında çok ince bir kabuk, bu kabuğun altında da yüksek sıcaklığa sahip magma bulunmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Yeryuvarı'nın iç yapısı

Yeryuvarı; gaz, su, yerkabuğu, magma ve çekirdek katmanları olmak üzere 5 katmandan oluşur.

- Gaz katmanı (Atmosfer)
- Su katmanı (Hidrosfer)
- Yerkabuğu (Litosfer)
- Magma katmanı (Pirosfer)
- Çekirdek katmanı (Barisfer)

Çekirdek, Dünya'nın en iç kısmını oluşturur. En kalın çekirdek katmanıdır (Geosfer: Yeryuvarlağını oluşturan iç küreler). 2900 kilometre derinlikten Dünya'nın merkezine 6376 km kadar uzanır ve 3476 kilometre kalınlıktadır. Yoğunluğu dış sınırında 10 g/cm^3, Dünya'nın merkezî kısmında ise 13 g/cm^3 kadardır. Yapısının demir ve nikelden oluştuğu sanılmaktadır (Şekil 1.2, 1.3).

Çekirdek katmanı, dış ve iç çekirdek katmanlarından oluşur.

Dış çekirdek, 2900-5080 kilometre arasında yer alır ve kalınlığı 2180 km'dir (Şekil 1.2, 1.3).

İç çekirdek, 5080-6376 kilometre arasındadır. Dünya'nın tam merkezinde yer alır ve katıdır. Kalınlığı 1296 kilometredir (Şekil 1.2, 1.3).

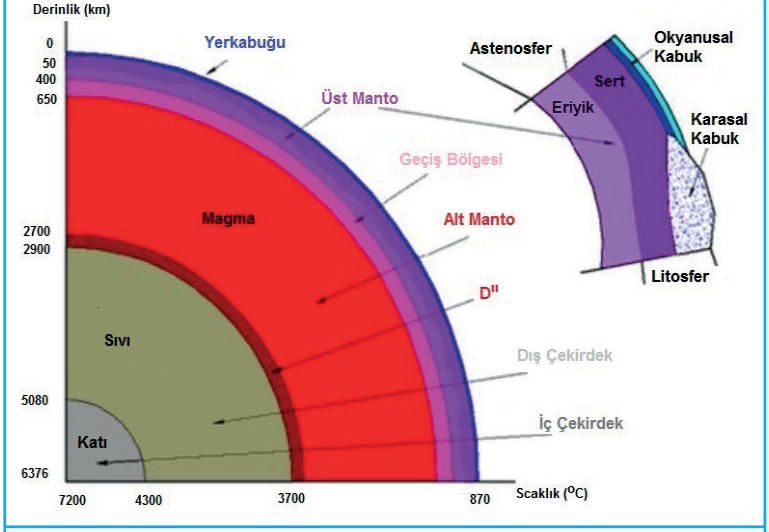
Manto, litosfer ile çekirdek arasındaki katmandır. 100-2900 km arasında olan mantonun yoğunluğu 3,3-5,5 g/cm^3, sıcaklığı 1900-3700 ^{0}C arasında değişir. Manto, yer hacminin en büyük kısmını oluşturur. Mantonun yapısında silisyum, magnezyum, nikel ve demir bulunmaktadır. Alt kesimleri sıvı haldedir. Bu nedenle de mantoda sürekli alçalıcı-yükselici hareketler görülür (Şekil 1.2, 1.3).

Litosfer, mantonun üstünde yer alan ve yeryüzüne kadar uzanan katmandır. Kalınlığı ortalama 100 km'dir. Litosferin (taşküre) ortalama 35 km'lik üst bölümü yerkabuğudur (Şekil 1.2, 1.3).

Sial, üzerinde yaşadığımız katmandır. Silisyum ve alüminyum bileşimindeki taşlardan oluşur. Sial, okyanus tabanında incelir ve yer yer kaybolur. Silisyum ve alüminyum elementlerinin sembol kısaltmalarının birleştirilmesiyle bu ad verilmiştir (Si=Silisyum, Al=Alüminyum).

Sima, Sial katmanının, yani yerkabuğunun altındaki silisyum ve magnezyum elementlerinden oluşan kısımdır. Silisyum ve magnezyum elementlerinin sembol kısaltmalarının birleştirilmesiyle bu ad verilmiştir (Si= Silisyum, Ma= Magnezyum).

Kabuk, katı yerkürenin en üst katmanıdır ve kalınlığı 5 km ile 60 km arasında değişir. Kabuk, tüm hacmin %1,5'ini kapsar. Kabuğun yoğunluğu mantodan daha azdır. Kıtalar ile okyanusların altındaki kabuklar arasında fark vardır. 20-60 km kalınlığındaki hafif kabuk levhaları kendilerinden daha yoğun olan mantonun üstünde yüzer ve böylece kıtalar, okyanus diplerine göre biraz daha yüksekte kalır. Okyanus dipleri ise 5-10 km kalınlıkta olur ve yoğunluğu büyük ölçüde 2,9 g/cm^3 olan bazalttan oluşur (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Yeryuvarı'nın iç yapısı ve yerkabuğu gösterimi

1.1.1. Jeoloji Bilimi ve Alt Dalları

Jeolojinin Türkçe sözcük anlamı yer bilimi demektir. Latincede geologia; geo: yer, logia: bilim sözcüklerinden türetilmiştir. Jeoloji gezegenlerin bileşimine, davranışına ve tarihçesine odaklanır.

Jeoloji; geniş anlamda yerküreyi, dar anlamda litosferi, daha da dar anlamda litosferin üst seviyesi olan yerkabuğunu oluşum, bileşim, yapı, hareket, değişiklikleri yaratan olaylar ve tarihsel evrim bakımından araştıran ve inceleyen bilim dalıdır. Bilimsel açıdan fen bilimleri ya da doğa bilimleri niteliği taşıyan jeoloji, mühendislik bilimleri içerisinde yer alır.

Daha geniş bir kapsamda ele alınırsa jeoloji;

- Dünya'nın doğası hakkında merak uyandıran pek çok somut sorunun bilimsel ve pratik cevaplarını veren,
- Yerkabuğunda her türlü maden, petrol, doğal gaz, kömür, yer altı suyu, endüstriyel hammaddeler gibi yer altı zenginliklerinin aranıp bulunması, bunların işletilebilirlik özelliklerinin belirlenmesi hizmetlerini yürüten,
- Yerleşim yeri ile bina, yol, tünel, köprü, baraj, havaalanı gibi her türlü yapı için uygun yer ve zemin seçimi, zeminlerin jeolojik özelliklerinin belirlenmesi, mineral kökenli yapı malzemesinin aranıp bulunması çalışmalarını yürüten,
- Başka bilim ve meslek dalları yanında insanların deprem, yanardağ patlaması, heyelan, sel gibi doğal afetlerle mücadelede çok önemli katkılar sağlayan bir bilim ve mühendislik dalıdır.

Jeoloji biliminde diğer bilim dallarında olduğu gibi bir problemi çözmek için gözleme, ölçmeye, deneye ve mantığa dayalı sistemli çalışmalar bütünü, **bilimsel yöntem** olarak tanımlanır. Jeoloji araştırmalarında da bu sorgulama süreci birbirini izleyen basamaklardan oluşur. Bu basamaklar aşağıda verilmiştir.

1. Jeolojik problem tanımlanır.
2. Hipotez önerilir.
3. Araştırma yöntemi belirlenir/Veri toplanır.
4. Veriler analiz edilir/Hipotez test edilir.

Jeolojik olayları veya bir problemi araştırırken en önemli işler gözlem ve deney yapmaktır. Gözlem, bir bilgiye ulaşmak için beş duyu organı ya da çeşitli ölçü araçları ile yapılan çalışmalardır. Beş duyu organı ile yapılan gözleme **nitel gözlem** denir. Nitel gözlem kişiye göre değişir, objektif değildir, bilimde kullanılır; ama kesinlik belirtmez. Ölçme araçları ile yapılan gözlemlere **nicel gözlem** denir.

Nicel gözlemin sonuçları objektiftir, kişiye göre değişmez. Hipotez; gözleme ve verilere dayanan, sınanabilir ve sorgulanabilir olan, geçici çözüm önerileridir. Hipotezler güvenilir veriler ile test edilmesinin ardından teori olarak kabul görür. Teoriler pek çok kanıt ile desteklendiğinde geniş ölçüde kabul görür. Hipotez, hiçbir kuşkuya yer vermeyecek şekilde doğrulanır ve bilimsel olarak doğrulanması durumunda kanun (yasa) olarak kabul görür.

Jeoloji biliminin gelişmesi, bilinmeyenlerin araştırılması ve bilgi birikiminin oluşması ile birlikte bir bilim insanının jeolojinin bütünüyle uğraşmasının mümkün olamayacağı durumu ortaya çıkmış ve zamanla jeoloji bilimi pek çok alt bilim dallarına ayrılmıştır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: Jeoloji Bilimi Alt Dalları ve Araştırma, İnceleme Konuları

Jeoloji Alt Dalları	Araştırma, İnceleme Konuları
Çevre Jeolojisi	Yerküre'nin tüm unsurları ve süreçleri ile insanlar arasındaki ilişkileri ve etkileşimi inceler.
Hidrojeoloji	Yer altındaki suların yerkabuğundaki kayaçlar içinde bulunuşunu, dağılımını, hareketini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle etkileşimini, araştırılmasını, kullanılmasını, korunmasını ve geliştirilmesini inceler; aynı zamanda jeotermal sahaların aranıp bulunması ile ilgili çalışmaları kapsar.
Jeofizik	Yeryuvarı'nın tümünün fiziksel özelliklerini (yerin manyetik alanı, yerin gravite alanı) ve yer içerisindeki tüm kuvvetleri inceler.
Jeodezi	Dünya'nın dönüşü, yer çekiminin bölgelere göre değişimi, Yeryuvarı'nın üç boyutlu zamana bağlı değişken uzayda tanımlanması ve kutuplar gibi birçok konuyu inceler.
Jeokronoloji	Jeolojik materyaller, Dünya'daki ve uzaydaki maddelerin/malzemelerin yaşlarını ve tarihsel gelişim durumunu inceler.
Jeokimya	Yerkabuğunu oluşturan mineral ve/veya kayaçların jeokimyasal özelliklerinin aletsel olarak belirlenmesini sağlar.
Jeomorfoloji	Yeryüzü şekillerinin jeolojik etkilerle oluşumunu araştırır ve inceler.
Paleocoğrafya	Eski zaman dönemlerindeki yeryüzü şekillerini araştırır ve inceler.
Paleoklimatoloji	Yeryüzünün tarihsel dönemdeki iklim koşullarını araştırır ve inceler.
Mineraloji	Minerallerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini inceler.
Mühendislik Jeolojisi	Heyelanların kontrolü, tünel yapımı, jeolojik haritalama, barajlar, santrallerin zemin çalışmaları, depremler, zemin iyileştirme çalışmaları, yeryüzündeki jeolojik malzemelerin duyarlılığı vb. mühendislik hizmetlerine sunulması konularıyla ilgilenir.
Paleontoloji	Jeolojik zamanlar boyunca yaşamış canlıların evrimini ve bunların taşlaşmış kalıntıları olan fosilleri inceler.
Petroloji	Yer altındaki petrolün oluşumu, kapanlanması, bulunması ve çıkarılması konularında çalışır.
Petrografi	Kayaçların minerallerini, kimyasal bileşimlerini, yapı ve dokularını, doğada bulunuş şekillerini ortaya koyarak kayaçları tanımayı ve sınıflandırmayı kapsar.
Sismoloji	Depremleri, deprem dalgalarını ve yer hareketlerini inceler.
Stratigrafi, Sedimantoloji	Sedimenter süreçler sonucu oluşmuş kayaçların oluşum koşul ve ortamlarını inceler.
Tektonik	Bölgesel ölçekte jeolojik özellikleri (örneğin dağ kuşakları), levha hareketlerini ve sonuçlarını inceler.
Yapısal Jeoloji	Küçük mineral tanelerinin yapısından, kıtalar ve okyanuslara kadar her büyüklükteki jeolojik oluşumun yapı, hareket ve deformasyonunu inceler.

1.1.2. Jeolojide Başlıca Çalışma Yöntemleri ve Uygulama Alanları

Jeoloji bilimi disiplinli çalışmayı gerektiren uygulama alanlarını kapsamaktadır. Jeolojinin hammadde sağlama, mühendislik çalışmaları, doğal afetlerle mücadele, çevre çalışmaları gibi uygulama alanları vardır. Bu uygulama alanlarında; literatür çalışmaları, arazi çalışmaları ve jeolojik haritalama, hava ve uydu fotoğraflarıyla çalışma, laboratuvar çalışmaları, bilgisayarla paket programları ve modelleme çalışmaları, büro çalışmaları ve rapor hazırlama yöntemleri kullanılır.

1.1.2.1. Jeolojide Başlıca Çalışma Yöntemleri

Jeoloji ile ilgili yürütülen projelerde kullanılan çalışma yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

1. Literatür Çalışmaları: Uygulamalı bütün bilim dallarında olduğu gibi jeolojide de proje çalışmalarının öncelik aşaması, literatür çalışmalarıdır. Jeoloji gözlem, ölçüm ve deneylere dayalı bir bilim dalı olsa da jeolojide literatür çalışmaları önemlidir. Proje çalışmasıyla ilgili varsa eski bilgilerin tazelenmesi, projenin içereceği konularla ilgili yeni teknik ve bölgesel jeolojik bilgilerin edinilmesi öncelikle yapılması gereken çalışmalardır. Proje konusu ve proje sahası ile ilgili önceden hazırlanmış kitap, makale, rapor, harita vb. belgelerin düzenli bir listesi, yani yazılı kaynaklar listesi çıkarılır. Yazılı kaynakların incelenmesiyle proje konusu hakkında gerekli olan bilgiler not alınır ve önemli görülen kaynakların fotokopileri alınarak çalışmalar arşivlenir. Araştırma internet aracılığıyla yapılıyorsa güvenilir web sayfalarından yararlanılarak proje konusu ile ilgili bilgi, belge, harita vb. bilgisayara veya USB belleklere kaydedilerek arşivlenir. Arşivlenen belgelerden daha sonra tekrar yararlanılabilir. Kitap, makale, harita gibi basılı materyallerden alınan fotokopilerin ve internetten güvenilir kaynakların dijital olarak arşivlenmesi, bir nevi küçük bir kütüphane oluşturma çalışmasıdır. Literatür çalışmaları; **arazi çalışmaları öncesi, arazi çalışmalarıyla eş zamanlı yürütülen ve arazi çalışmaları sonrası yürütülen literatür çalışmaları** olmak üzere üç aşamada yapılır.

2. Arazi Çalışmaları ve Jeolojik Haritalama: Jeoloji biliminin çalışma ortamı ve laboratuvarı arazidir. Proje çalışmaları, Yerküre'nin herhangi bir yerinde, jeolojinin bir veya birden fazla alt dalı ile ilgili veri toplama ve toplanan verilerin değerlendirilip yorumlanması amacını taşır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için arazide gözlem, inceleme, fotoğraflama, veri kaydetme, örnek toplama çalışmalarının; özel amaçlar için sondaj, galeri, kuyu ve yarma açma çalışmalarından birkaçının veya gerekli durumlarda tamamının yapılması gereklidir.

Genel olarak araziye dayalı bir jeolojik araştırma veya uygulama projesi ele alındığında, araziye gitmeden önce bölge hakkında literatür verilerinin toplanması, hava ve uydu fotoğrafları üzerinde ön incelemeler yapılması gereklidir. Arazi dönüşünde de laboratuvar ve büro çalışmaları ile eksik verilerin tamamlanması, mevcut verilerin doğruluğunun kontrolü, hava ve uydu fotoğraflarından faydalanılarak arazide hazırlanmış haritanın gözden geçirilmesi, varsa eksikliklerinin tamamlanması, hataların düzeltilmesi gereklidir. Yapılan tüm çalışmalar sonunda projeye ait rapor oluşturulur. Arazi çalışmalarının en temel amacı bölgeye ait bir jeolojik harita hazırlamaktır. Hazırlanacak haritanın ölçek, içerik ve ayrıntısının amacın hedeflediği ayrıntıya uygun olması gerekir. Haritalar, bölgeye ait kayaç birimlerinin dağılımını, yaşlarını ve bölgenin tektonik yapısını içerir. Jeolojik haritalara ek olarak arazinin uygun noktalarından geçen jeolojik kesitler ve gerektiğinde uygun bölümlerine ait jeolojik blok diyagramlar hazırlanır.

Arazide önemli görülen jeolojik yüzeylemelerin fotoğraflanması ve bazı kısımların yerinde panoramik jeoloji içerikli çizimlerin yapılması veri kaydının tamamlayıcı çalışmalarıdır. Genel jeolojik haritalar dışında özel amaçlar için özel içerikli haritalar hazırlanır. Örneğin bir bölgenin stratigrafik haritası, tektonik haritası, yer altı suları haritası vb. verilerin bir kısmı araziye gidilmeden de o bölgeye ait hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden alınabilmektedir. Jeolog pusulasıyla arazide yapısal ögelere ait ölçümler yapılması, kayaç birimlerinden amaca uygun nitelikte ve nicelikte örnek toplanması, arazide yürütülen her türlü çalışma için sistemli olarak bir arazi defteri tutulması arazi çalışmaları için son derece önemlidir.

Arazide yürütülen çalışmalar ve yerinde incelemelerle ilgili bazı örnekler aşağıda açıklanmıştır.

Kuzey Anadolu Fayı'nın Erzincan'ın batısında, Karadağ'ın 2 km kuzeyinde serpentinitler içindeki görünümü Resim 1.1.a'da verilmiştir. Resimde okun işaret ettiği (batı) ana fay üzerinde, fay kaynağının oluşturduğu gölcükler görülmektedir. Kuzey bloku bu kesimde bir miktar yükselmiştir.

Resim 1.1.b'de fotoğraf alanının hemen yakınında, büyük olasılıkla 1939 büyük depreminden kalan, pliyosen konglomeralar içinde bir yarık görülmektedir. Yarık uzunluğu 100 m, genişliği ve görünür derinliği 1 m civarındadır.

a) b)

Resim 1.1(a, b): Kuzey Anadolu Fayı Erzincan, Karadağ 2 km kuzeyi fotoğrafları

Resim 1.2'de Yıldızeli'nin 18 km kadar batısında Kaman köyünün kuzey kenarında paleojen kumtaşları (1) üzerinde mermer bloku (2) olarak işaretlenmiştir. Orta Anadolu Bindirme Hattı üzerinde bulunan bu bölgede benzer bloklara (dilimlere) başka kesimlerde de rastlanmaktadır. Anadolu'daki büyük tektonik hatlardan biri olan Orta Anadolu bindirmesinde kuzey blok, güney blok üzerine itilmiştir. Resim 1.3'te Erzincan'ın 15 km kadar kuzeyinde bindirme fayı görülmektedir.

Resim 1.2 ve Resim 1.3'te 1: Denizel miyosen (taban bloku), 2: Serpentinit (Üst Kretase öncesi, Paleozoik) olarak tespit edilmiştir.

Resim 1.2: Yıldızeli'nin 18 km batısı Kama köyünden fotoğraf

Resim 1.3: Erzincan'ın 15 km kuzeyi fotoğrafları

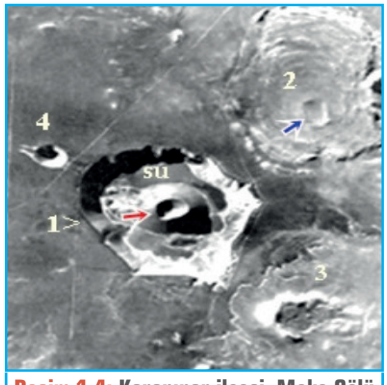
3. Hava ve Uydu Fotoğraflarıyla Çalışma: Yeryüzünün belli kesimlerinin uçaklardan çekilmiş fotoğraflarına **hava fotoğrafı**, atmosfer dışında Dünya yörüngesinde seyreden yapay uydulardan alınan kayıtlara da **uydu verileri** denir. Genellikle sayısal kayıt şeklinde olan uydu verileri uydu görüntülerine dönüştürülür. Özellikle insanlı uydulardan doğrudan fotoğraf kayıtları yapılabilmektedir. Bu fotoğraflar ya da görüntüler; ölçeklerine, kullanılan tekniğin gelişmişliğine ve amaca uygunluğuna bağlı olarak yeryüzü şekillerini, yeryüzü jeolojisini, ormanları, tarım arazilerini ve yapıları farklı ayrıntılarla gösterir. Günümüz uydu teknolojisi ile sokaktaki insanları gösterecek şekilde alınabilen görüntü kayıtları da mevcuttur.

Fotoğraf veya görüntü üzerinde drenaj ağları, renk ve morfoloji, doğal bitki anomalileri ögelerinden yararlanılarak, kayaç türlerinin dağılımları ve yapıları belirli derecelerde tanınıp bu türlerin haritaları oluşturulabilmektedir. Yüksek çözünürlüklü, zengin renk özelliği içeren özel kanal görüntüler üzerinde mineralleşme kuşaklarını tanımak ve yer altı zenginliği olan bölgeleri belirlemek mümkün olmaktadır.

Arazide jeolojik bir proje yürütülürken; harita ve kesitler hazırlanması, örnekler alınması, tektonik ögelerin ölçülenmesi, kimi durumlarda sondaj, galeri, yarma ve kuyu açma çalışmaları yapılması, kayaçların teknik mühendislik özelliklerinin yerinde ölçülmesi gibi etkinliklerden gerekli olanların gerçekleştirilmesi zorunludur. Nitelikli fotoğraf ve görüntülerin değerlendirilmesi, yürütülen jeolojik projede arazi çalışması için ayrılacak zamanı oldukça kısaltarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlamakta; hazırlanacak haritaların doğruluk derecesini yükseltmektedir.

Hava ve uydu fotoğrafları ile ilgili çalışmalara ait örnekler aşağıda verilmiştir.

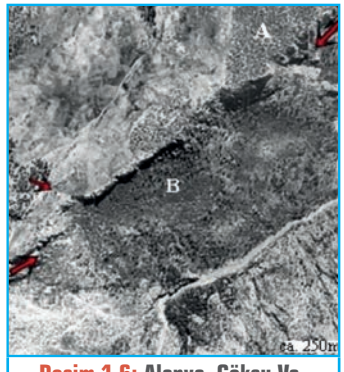
Resim 1.4'te bir maar gölü olan Meke Gölü'nün (1>) ortasında tüf konisi ve tepesinde küçük bir krater (kırmızı ok) görülmektedir. 2 ve 3 ile işaretlenmiş lav çıkışları tabla şekilli olduklarından bazik karakterlidir. 4'teki küçük çukurluk bölgede yaygın olan obruklara bir örnektir. Bu oluşumun gaz patlamasıyla meydana gelen bir maar olduğu kanaati yüksektir (Resim 1.5).



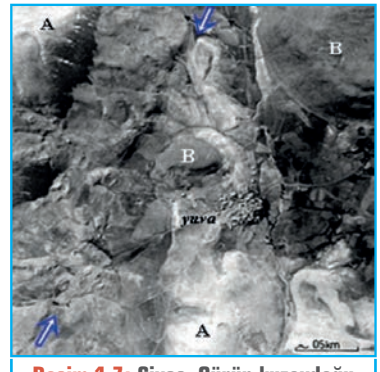
Resim 1.4: Karapınar ilçesi, Meke Gölü volkanik bölge uydu fotoğrafı

Resim 1.5: Meke Gölü'nün renkli hava fotoğrafı

Resim 1.6'da Alanya'nın 45 km doğusunda, Göksu Vadisi'nde bir bölge görülmektedir. Burada doğal bitki topluluğunun (**A** ve **B**) dağılımı farklı kayaç formasyonlarına işaret etmektedir. Oklarla işaret edilmiş düz çizgi halindeki topoğrafik uçurum (şev) bir kırık belirtisidir. Resim 1.7'de Gürün ilçesinin (Sivas) 18 km kadar kuzeydoğusunda bir bölge görülmektedir. Karstik yüzey şekilleri de bulunan açık renkli kireçtaşları **A** ile Kuvaterner yaşlı bazaltik-andezitik volkanik çıkışlar **B** ile gösterilmiştir. Oklarla gösterilen hat boyunca bir fayın varlığı morfolojik yapıdan anlaşılmaktadır. Bu hat üzerinde sıralanmış doğal su kaynakları bulunmaktadır. Bölgedeki volkanik çıkışların bir bölümünün doğrudan bu faya bağlı olduğu düşünülmektedir.

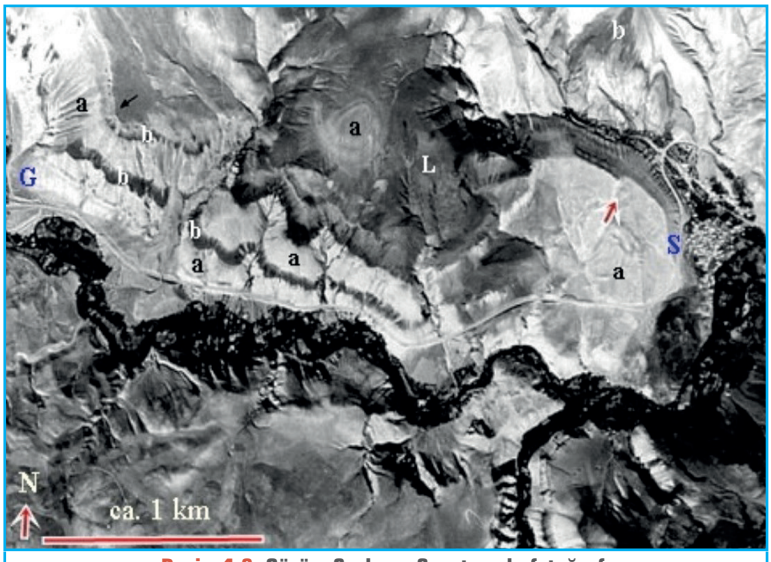


Resim 1.6: Alanya, Göksu Vadisi'nde bir bölgenin uydu fotoğrafı



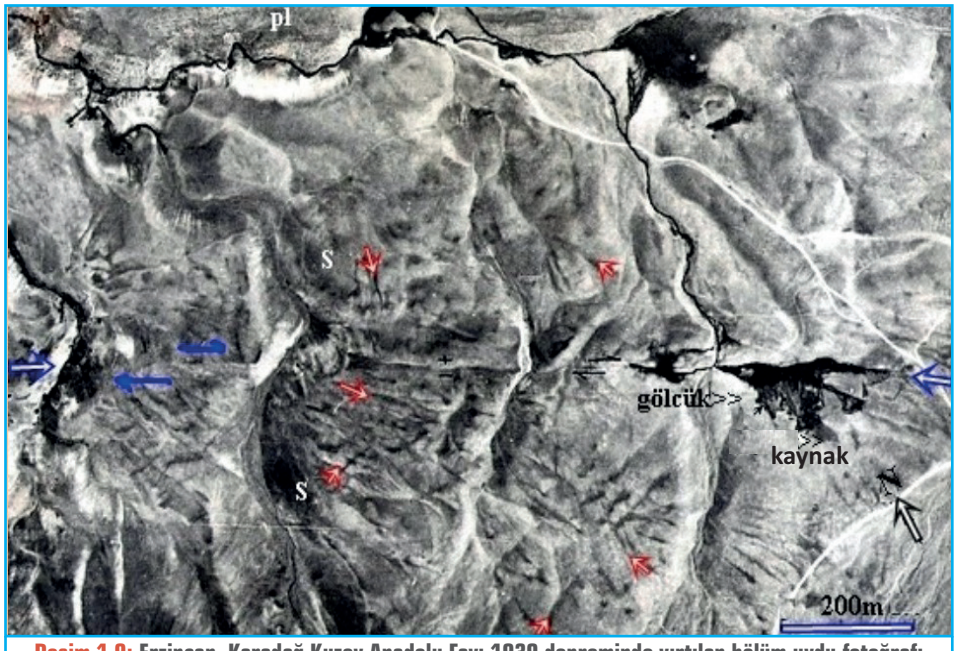
Resim 1.7: Sivas, Gürün kuzeydoğu uydu fotoğrafı

Resim 1.8'de görülen harflendirmeler Gürün (**G**) ilçesi, Çayboyu-Suçatı (**S**) köyleri arasıdır. Neojen yaşlı konglomera, kumtaşı, marn, ince katmanlı killi kalkerden oluşan yatay tabakalı sedimenter kayaçlar (**a**) arasına bazaltik-andezitik siler (**b**) sokulum yapmıştır. Ortada **L** işaretli magmatitler, aynı sedimenter seri içine sokulmuş bir lakolittir. Tepe kısmında aşınma kalıntısı olarak bir miktar tortul kayaç görülmektedir. Suçatı köyü yakınındaki kırmızı ok küçük bir ters fayı göstermektedir.



Resim 1.8: Gürün, Çayboyu-Suçatı uydu fotoğrafı

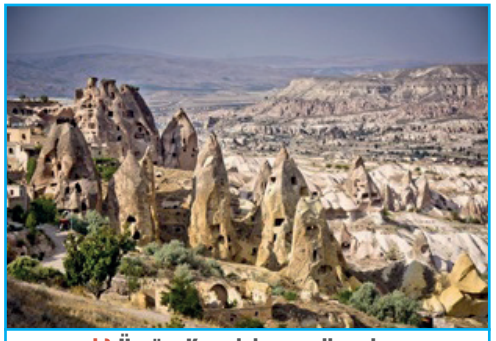
Resim 1.9'da Erzincan'ın batısında, Karadağ bölgesinde, Kuzey Anadolu Fayı'nın 1939 depreminde yırtılmış olan bölümü içinde kalan bir alan görülmektedir. **S** (Serpentinit), **pl** (Pliyosen) yaşlı tortul kayaçları, mavi oklar ana fayı, kırmızı oklar ikincil fayları göstermektedir. Ana fay üzerinde büyükçe bir kaynak ve bunun oluşturduğu mini bir gölcük de işaret edilmiştir. Vadilerin ana fay geçişindeki bükülme biçimleri fayın sağ yönlü olduğunun kanıtıdır.



Resim 1.9: Erzincan, Karadağ Kuzey Anadolu Fayı 1939 depreminde yırtılan bölüm uydu fotoğrafı

Resim 1.10.a'da Pamukkale yakınında, Karahayıt Kaplıcası travertenleri görülmektedir. Travertenlerdeki gösterişli renkler, suyun bileşiminde kireçten başka demir vb. renk veren elementlerin bulunmasındandır. Resim 1.10.b'de dünyaca ünlü Kapadokya'nın peribacalarından bir kesit görülmektedir. Ön cephede oyma mekân girişleri bulunmaktadır. Doğal etkenlerle çok sayıda ve çok değişik peribacalarının oluştuğu bölgede, ilk Hristiyanlık döneminden beri insanlar tarafından volkanik tüfler içine oyulmuş pek çok yerleşim yeri bulunmaktadır.

a) Karahayıt Kaplıcası travertenleri



b) Ürgüp, Kapadokya peribacaları

Resim 1.10(a, b): Karahayıt travertenleri ve Kapadokya peribacaları fotoğrafları

4. Laboratuvar Çalışmaları: Jeolojinin asıl laboratuvarı arazi olması ile birlikte minerallerin, kayaçların, kömür, maden, petrol, doğalgaz, yer altı suyu ve endüstriyel hammadde örneklerinin ve fosillerin çeşitli jeolojik, jeokronolojik, jeokimyasal, mineralojik, kristallografik, fiziksel ve teknik özelliklerinin saptanması için kapalı mekânlardaki laboratuvarların kullanılması da gerekli ve zorunludur. Jeolojik olaylardan bazılarının ve yapıların doğadaki benzerlerine ait laboratuvar deneyleri düzenlenerek olayların ve jeolojik yapıların sırlarının çözülmesine çalışılmaktadır. Su, rüzgâr, buzul gibi dış kuvvetlerin; ısı, basınç gibi iç kuvvetlerin etkilerinin laboratuvar deneyleri ile araştırılması örnek olarak verilebilir [Resim 1.11(a, b)].

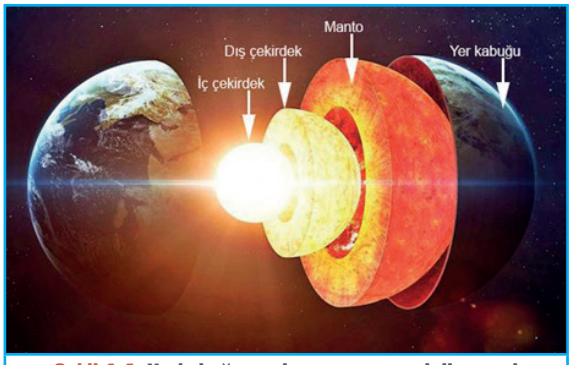
a)

b)

Resim 1.11(a, b): Kayaç mekaniği laboratuvarı ve arazi laboratuvar çalışması örneği

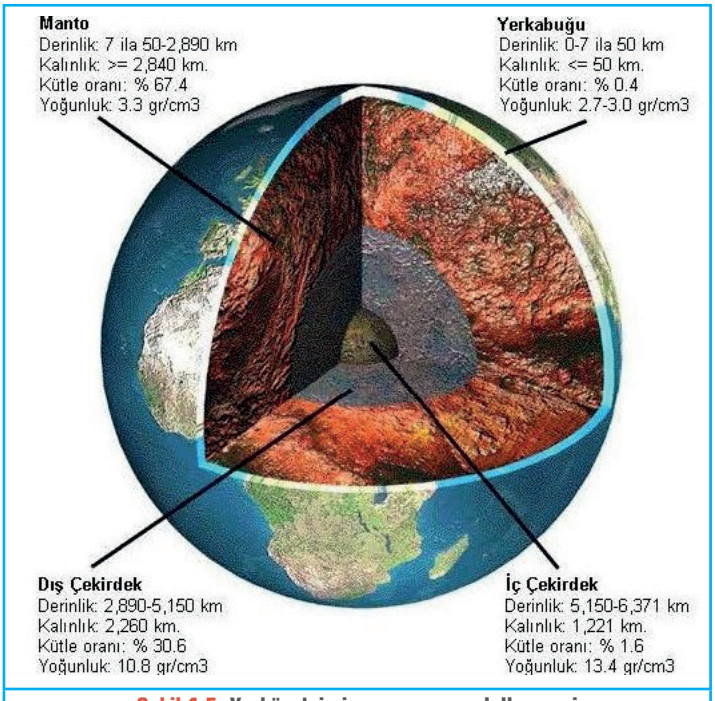
5. Bilgisayar Paket Programları ve Modelleme Çalışmaları: Günümüzde jeoloji ile ilgili pek çok alanda çalışmalar bilgisayar uygulamalarına dayalı programlarla yürütülmektedir. Örneğin bazı tektonik analizlerde, klasik yöntem olan **Schmidt Ağı** ile oldukça zaman harcanırken, artık günümüzde bilgisayar paket programları ile çok daha hızlı ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir.

Aynı zamanda bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile pek çok alanda olduğu gibi jeoloji alanında da simülasyon modellemeleri ve animasyonlar hazırlanmakta ve bunlar üzerinden arazi özellikleri, jeolojik olaylar incelenerek matematiksel sonuçlara ulaşılmaya çalışılmaktadır. Yine eğitim öğretim çalışmalarının etkinliğinin arttırılması için simülasyon, animasyon ve modellemeler yapılmaktadır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Yerkabuğunun iç yapısının modellenmesi

Bazı problemlerin çözümünde bilgisayar programları desteğiyle matematiksel modellemeler hazırlanmakta ve çözümler üretilmektedir (harita, kesit ve blok diyagram hazırlama vb.). Örneğin eğim haritaları gibi özel amaçlı haritalar üretilmesi çalışmalarında da bilgisayar paket programlarından yararlanılmaktadır. Bilgisayar paket programları ve yazılımları; jeolojide araştırma-uygulama, öğrenme ve öğretme, rapor ve yayın hazırlama süreçlerini kolaylaştırarak hem zaman tasarrufu hem de verimli çalışmalar yapma imkânı sunmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Yerküre'nin iç yapısının modellenmesi

6. Büro Çalışmaları ve Rapor Hazırlama: Tüm akademik alanlarda olduğu gibi jeolojide de herhangi bir projeyle ilgili çalışmaların bitiminde projenin amacının, kapsamının, çalışma yöntemlerinin ve elde edilen sonuçların raporlaştırılması gereklidir. Raporların bilgisayarda paket programlarla düzenlemesi, yazım dili ve içerik bakımından belli standartlara uygun hazırlanması sağlanmaktadır.

SIRA SİZDE

Jeolojinin alt dallarını sıralayınız?

1.1.2.2. Jeolojinin Uygulama Alanları

Dünya'nın, özellikle de yerkabuğunun geçmiş dönemlerde meydana gelmiş jeolojik olaylarını, atmosfer, biyosfer ve hidrosferin niteliklerini araştıran, inceleyen ve bu özellikleriyle bir doğa-fen bilimi olan jeoloji, aynı zamanda mühendislik dalıdır. Genel ve özel jeolojik haritaların ve haritalara bağlı araştırma raporlarının hazırlanması gibi temel bilimsel işlevi dışında, jeolojinin uygulama alanları aşağıda açıklanmıştır.

1. Hammadde Sağlama: Her tür maden, kömür, petrol, doğal gaz, yer altı suyu ve endüstriyel hammaddelerin aranması, işletilebilirliklerinin (fizibilitelerinin) belirlenmesi ve işletilebilir kaynakların mühendislik hizmetlerine teslim edilmesini kapsar. Jeolojinin hammadde sağlama işlevleri ile ilgili alt dallarında; **maden jeolojisi, kömür jeolojisi, petrol ve doğal gaz jeolojisi, hidrojeoloji ve endüstriyel hammadde jeolojisi** yer almaktadır [Resim 1.12(a, b)].

a) Mermer ocağı

b) Agrega ocağı

Resim 1.12(a, b): Hammadde sağlama örnekleri

2. Mühendislik Çalışmaları: Yerleşim yeri, her türlü yer üstü ve yer altı yapısı, yol ve tünel güzergâhları, barajlar, termik santraller, hidroelektrik santralleri için uygun yer ve zemin saptanması veya mevcut zeminde iyileştirme yapılması mühendislik çalışmalarıdır. Yine şev duraylılığı ve heyelanlar, agrega ve yapı malzemesi araştırmaları, tarihi yapıların korunması, yer altı kazıları, depremler, yeni yerleşimler için uygun alanlar belirlenmesi, jeolojik ve jeoteknik incelemeler, mühendislik jeolojisi haritaları gibi çalışmalar jeolojinin mühendislik alanı uygulamaları arasındadır [Resim 1.13(a, b, c, ç)].

a) Fore kazık uygulaması

b) Kireçle zemin iyileştirmesi

c) Tünelde şemsiye blonlama ile destekleme

ç) Keban Barajı

Resim 1.13(a, b, c, ç): Mühendislik çalışmaları örnekleri

3. Doğal Afetlerle Mücadele: Deprem, heyelan, yanardağ patlaması, hızlı erozyon ve sel gibi doğal afetlerin önlenmesi ve/veya zararlarının en aza indirilmesi çalışmalarında jeofizik mühendisliği, inşaat mühendisliği, orman mühendisliği gibi meslek dalları ile ortak çalışmalarda ağırlıklı olarak jeolojinin işlevi vardır. Depremler ve yanardağ patlamaları önlenemeyen ancak zararlarının en aza indirilebilecek tedbirlerin alınabildiği jeolojik afetlerdendir. Bu alanlardaki jeolojik çalışmalar doğal afetler jeolojisi disiplininin konusudur.

4. Çevre Çalışmaları: Aşırı nüfus artışı ve şehirleşme, doğanın aşırı tüketimle karşı karşıya kalması ulusal ve küresel alanda çevre sorunlarını alarm veren boyutlara ulaştırmıştır. Çevre mühendisliği; jeoloji, kimya, biyoloji, ziraat, orman ve inşaat mühendisliklerini de ilgilendiren çok disiplinli bir daldır. Yaşamın sürdürülebilirliği için ulusal ve küresel düzeyde çevre çalışmalarının başarıya ulaşması zorunluluktur. Çevrenin tanınması, korunması, bozulan çevrenin yeniden düzenlenmesi, doğal çevreden alınacak kaynakların çevreye en az zarar verecek şekilde alınması gibi çalışmalarda jeolojinin önemi çok büyüktür. Bu nedenle jeolojinin yeni bir alt dalı olarak çevre jeolojisi ortaya çıkmıştır.

Jeoloji alanında yürütülen projelerde kullanılan başlıca çalışma yöntemlerini ve jeolojinin uygulama alanlarını sıralayınız.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

1.2 UYGULAMA

3 DERS SAATİ

JEOLOJİNİN ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

Bu çalışmanın amacı, jeolojinin çalışma yöntemleri ve uygulama alanları ile ilgili uydu fotoğraflarını inceleme ve verileri değerlendirme uygulamaları yapmaktır.

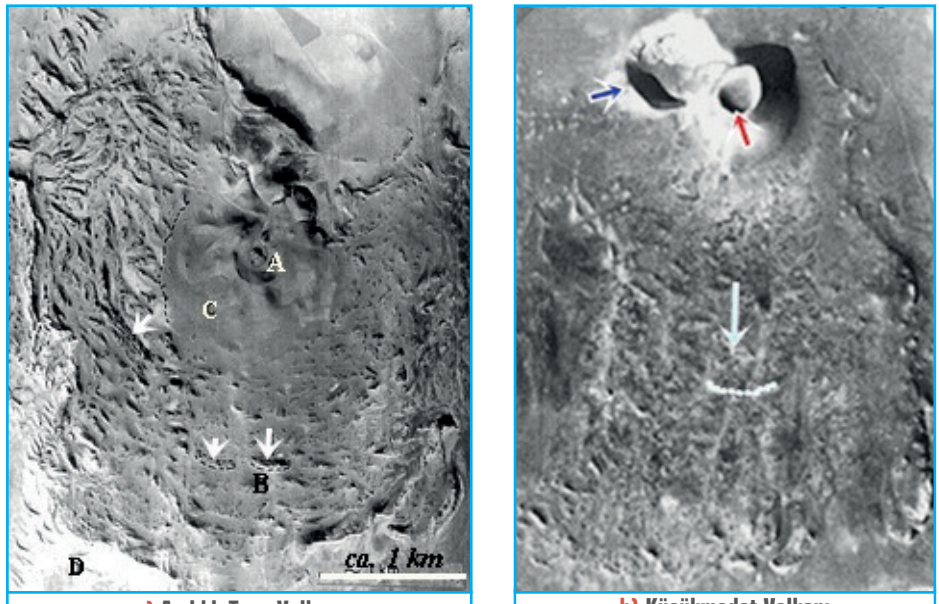
GÖREV

Jeolojinin başlıca çalışma yöntemleri ve uygulama alanları ile ilgili uygulamaları, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

Resim 1.14.a'da Karapınar ilçesinin güneyinde tabla şekilli Andıklı Tepe Volkanı, orta kısımda krater görülmektedir (A harfi ile gösterilen yer). Lav akıntısı izleri pürüzlü bir yüzey oluşturmuştur (B harfi ile gösterilen yer). Krater çevresindeki pürüzsüz yüzey lav akıntısından sonra çıkan tüflerle örtülü yüzeydir. C ve D harfleri ile gösterilen yerlerde ise çölleşme etkisiyle oluşmuş barkanlardan birkaçı görülmektedir.

Resim 1.14.b'de Karapınar ilçesinin 10 km güneybatısında Küçükmedet Volkanı (kırmızı okla gösterilen yer) kraterinden çıkan bazik lavlar doğuya doğru akarak yaklaşık 12 km^2lik bir alana yayılmıştır (beyaz okla gösterilen yer). Lav akıntısı sonrasında tüflerin ve diğer piroklastik malzemenin birikmesi ile küçük bir koni oluşmuştur. Yandaki çukurluğun (mavi okla gösterilen yer) küçük bir maar olduğu, çukurluk kenarını çevreleyen alçak tüf yığınından anlaşılmaktadır.



a) Andıklı Tepe Volkanı

b) Küçükmedet Volkanı

Resim 1.14(a, b): Konya'nın Karapınar ilçesi Andıklı Tepe Volkanı ve Küçükmedet Volkanı

İstenenler

Resim 1.14.a, Resim 1.14.b ve açıklamalar doğrultusunda Andıklı Tepe Volkanı ve Küçükmedet Volkanı ile ilgili proje çalışmasının yöntemini, amacını ve uygulama alanı olarak hangi tür proje çalışması olduğunu belirleyiniz.

YÖNERGE

- Çalışmanızda verilen hava, uydu fotoğraflarına ve açıklamalara dikkat ediniz.
- Çalışmanızda öğrenme biriminde verilen bilgiler doğrultusunda tespitlerinizi yapmaya özen gösteriniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Andıklı Tepe Volkanı ve Küçükmedet Volkanı açıklamaları incelenir ve yorumlanır.

Açıklamalarda volkanların olduğu bölgede harflendirmelerle ve oklarla gösterim yapılarak yüzey şekilleri ve oluşumları ile ilgili bilgilendirmelere yer verilmiştir. Yüzeylerde oluşan şekiller ve oluşan yüzeylerin malzeme türlerine yönelik açıklamalar yapılmıştır.

2. Andıklı Tepe Volkanı ve Küçükmedet Volkanı fotoğrafları incelenir ve yorumlanır.

Volkanların bulunduğu bölgelerin yüzey şekilleri ve malzeme türleri, fotoğraf üzerinde yapılan harflendirmeler oklarla gösterim yapılarak açıklanmıştır. Yüzey şekillerinin ve malzeme türlerinin tespiti yapılarak proje türü çalışması ile ilgili yorum yapmak için yeterli bilgilerin bulunduğu söylenebilir.

3. Açıklamalar ve fotoğraflar doğrultusunda yürütülen proje çalışmasında kullanılan yöntem tespit edilir.

Verilen fotoğraflar doğrultusunda Hava ve Uydu Fotoğraflarıyla Çalışma Yönteminin kullanıldığı görülmektedir.

4. Verilenler yorumlanarak yapılan çalışmanın amacı yazılır.

Hava ve uydu fotoğrafları üzerinde detaylı bir inceleme yapan jeolog, fotoğraflarda harflendirme yaparak volkanların olduğu bölgenin yüzey şekillerini ve malzeme türlerini tespit etmiş ve böylelikle bölgeye ait jeolojik haritalama yapmak için proje çalışmasını yürütmüştür.

5. Yapılan proje çalışmasının jeolojik uygulama alanı belirlenir.

Tespit edilen jeolojik haritalama yapma amacı göz önünde bulundurulduğunda jeolojideki uygulama alanının mühendislik çalışmaları olduğu söylenebilir.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Andıklı Tepe Volkanı ve Küçükmedet Volkanı jeolojik yapısı ile ilgili açıklamaları inceleyip yorumladınız mı?		
2	Andıklı Tepe Volkanı ve Küçükmedet Volkanı jeolojik yapısı ile ilgili fotoğrafları inceleyip yorumladınız mı?		
3	Proje çalışmasında kullanılan yöntemi tespit ettiniz mi?		
4	Proje çalışmasının amacını belirlediniz mi?		
5	Proje çalışmasının jeolojik uygulama alanını belirlediniz mi?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	60	30	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

BİLGİ KUTUSU

Jeolojinin uygulama alanları kapsamında uzaktan algılama (UA) teknolojilerinin kullanımı son derece önemlidir. Bu bağlamda uydu görüntüleri yardımıyla arazi örtüsü ve/veya arazi kullanımının belirlenmesiyle jeolojik haritalar oluşturulur. Arazi örtüsünün durumu ve kullanımının belirlenmesi planlama ve doğal çevrenin korunması açısından önem arz etmektedir. Uydu görüntüleri üzerinden arazi durumunun belirlenmesi için en yaygın olarak kullanılan yöntem görüntülerin sınıflandırılmasıdır. Görüntü sınıflandırmanın esası görüntü üzerindeki çeşitli spektral özelliklere sahip piksellerin, önceden belirlenen arazi örtüsü sınıflarından benzer olduğu bir sınıf içerisine dâhil edilmesi şeklinde ifade edilebilir.

Uzaktan algılama teknolojileri yeryüzünün değişen topoğrafik yüzeyini görebilmek için uygun yapıya sahip sayısal yükseklik modelleri, arazi analizleri ve diğer üç boyutlu uygulamalar için büyük bir veri kaynağıdır. Son yıllarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte sayısal yükseklik ve sayısal arazi modellerinin üretilmesinde hava fotoğrafları, lazer tarayıcılar, Sentetik Açıklıklı Radar (SAR), Interferometrik Sentetik Açıklıklı Radar (InSAR) görüntüleri ve stereo uydu görüntüleri yoğun kullanılmaktadır. Üretilen sayısal yüzey modelleri kullanılarak eğim, görünürlük, havza alanı, akarsu drenajları ve eğim uzunluğu gibi arazilere ait temel özellikler kolaylıkla elde edilebilmektedir.

Hidrolojik çalışmalar kapsamında, su kaynakları yönetimi, su kalitesinin belirlenmesi, deniz göl ve akarsudaki kirliliğin incelenmesi, buzulların erimesi ve buzul hareketlerinin gözlenmesi, kıyı çizgisindeki değişimlerin izlenmesi, organik ve inorganik atıklar ile sanayi bölgesi atıklarının çevresel etkilerinin izlenmesi ve önlemlerin alınması gibi birçok çalışma yapılmaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri ile elde edilen görüntüler hidrolojik alanda yürütülen birçok araştırma için de önemli bir veri kaynağıdır.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

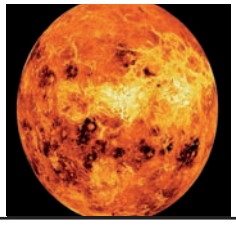
- İklim ve iklim koşullarının değişiminin canlılar üzerindeki etkilerini araştırınız ve bunları sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.3. ATMOSFER VE CANLILARIN JEOLOJİK İŞLEVLERİ

Atmosfer; Yerküre'nin etrafını çepeçevre kuşatan, kalınlığı tam olarak bilinmemekle beraber 1000 km'nin üzerinde olduğu tahmin edilen ve yükseklikle yoğunluğu azalan bir gaz karışımıdır. Eski Yunancada **atmos= nefes, sphere= küre** demektir. Türkçede havaküre, **atmosfer** kelimesini karşılamaktadır.

Atmosfer, içerdiği oksijen aracılığı ile doğrudan doğruya hayatın gelişmesini sağladığı gibi oluşturduğu uygun koşullarla da o hayatın sürmesine imkân hazırlamaktadır. Bunlara ek olarak atmosfer, güneşten gelen enerjinin hızla uzaya geri dönüşünü önleyen bir örtüdür. Bu örtü, aynı zamanda, güneşten gelen ışığın yansıyıp dağılarak gölge yerlerin aydınlık olmasını sağlar. Hava akımları güneş alan yerlerin çok sıcak, almayan yerlerin ise çok soğuk olmasını engeller. Atmosfer bu özellikleriyle, yer etrafında adeta koruyucu ve düzenleyici bir örtü oluşturur. Eğer bu örtü olmasaydı, güneş alan yerlerin tam olarak aydınlık ve çok sıcak, gölge yerlerin ise tam karanlık ve çok soğuk olması kaçınılmaz olurdu. Atmosfer bünyesinde %78,08 oranında azot, %20,98 oranında oksijen, %1 oranında karbondioksit ve diğer gazlar bulunmaktadır (Tablo 1.2).

Tablo 1.2: Dünya Atmosferinin Diğer Gezegenlerin Atmosferleriyle Karşılaştırılması



Gazlar	Venüs	Dünya	Mars
CO_2	%96,5	%0,03	%95
N_2	%3,5	%78	%2,7
O_2	Trace	%21	%0,13
Ar	%0,007	%0,9	%1.6
CH_4	0	%0,002	0

Güneş sisteminde, Merkür dışındaki tüm gezegenlerde, hatta kimi gezegenlerin uydularında da atmosfer bulunur. Bu atmosferlerin kalınlığı, içerdiği gazlar ve yapısı gezegenden gezegene değişir. Örneğin Mars'ta, karbondioksitten (CO_2) oluşan ince ve soğuk bir atmosfer vardır. Öte yandan Venüs'te başta yine CO_2 olmak üzere, azot, kükürtdioksit ve su buharından oluşan çok yoğun ve sıcak bir atmosfer bulunur. Mars'ın yüzey sıcaklığı -130 ^{O}C'ye kadar düşerken Venüs'te sıcaklık 500 ^{O}C kadardır. Mars'ın atmosferi çok incedir ve güneşten gelen yüksek enerjili morötesi ışınları engelleyecek bir yapıda değildir. Öte yandan Venüs'ün atmosferindeki bulut tabakası öylesine kalındır ki yüzeyden güneşi görmek imkânsızdır.

Her iki gezegenin atmosferi bugün için hem insanlar hem de dünyadaki başka canlılar açısından kimi mikroorganizmalar dışında bu gezegenleri yaşanamaz kılmaktadır. Yeryüzünde yaşam, atmosferimizin oluşturduğu uygun koşullar sayesinde başlamış ve değişimleriyle birlikte evrim geçirerek biçimlenmiştir. Bilim insanları, dünyanın oluşumunun ilk aşamalarında bir atmosferinin bulunmadığını düşünmektedir. Tektonik hareketlerin sonucunda dünyanın iç kısımlarından gelen gazların zamanla bir atmosfer oluşturduğu var sayılmaktadır.

Atmosferin Sınırı ve Biçimi

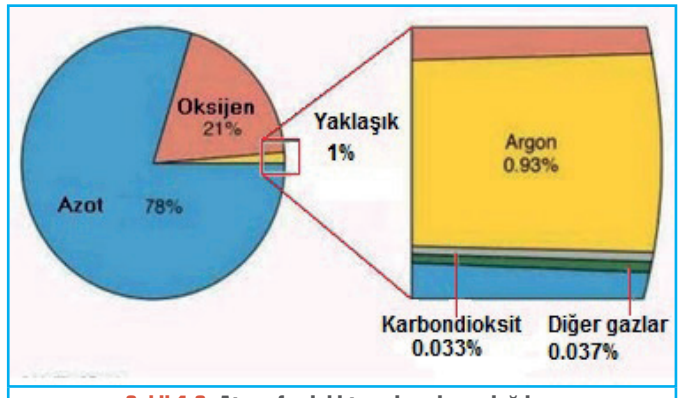
Atmosferin 70-80 kilometre kalınlığa sahip olduğu hesaplanmıştır. Dünya'ya doğru gelen göktaşlarının (meteorların) atmosfer içinde sürtünme nedeniyle yerden 80 ile 110 km yüksekliklerde kor haline geldiğinde; kutup ışığı olayı, yerden 80 ile 1000 km yüksekliklerde görüldüğüne göre yerden 1000 kilometre yüksekliğe kadar bazı gazların bulunduğu sonucu çıkarılabilir. Teorik olarak atmosferin sınırı yer çekimi ile uzaydaki genel çekimin eşit olduğu alana kadar uzanır.

Bu sınırın 620 ile 3600 kilometreler ve hatta 10000 kilometreler arasında bulunduğu şeklinde çeşitli varsayımlar ileri sürülmektedir. Ancak yapay uyduların yer çevresindeki yörüngeleri 190 ile 3200 kilometreler arasında olduğuna göre yeryüzünden yukarıda 190-200 kilometrelerden sonra atmosfer etkisi yok denecek kadar az olduğu söylenebilir. Bu sınırlar içinde yer çekimi etkisi ile yer yuvarlağını çevreleyen atmosferin genel biçiminin bir küre olduğu ilke olarak kabul edilebilir. Ancak biçim ne olursa olsun ay ve güneş çekimi etkisiyle, sukürede olduğu gibi atmosferin biçimini etkileyen gelgit olaylarının da bulunduğu kabul edilmektedir.

Atmosferin Bileşimi

Atmosferin bileşimine ilişkin ilk çalışmalarda, hava olaylarından elde edilen (gün doğumu ve gün batımındaki renkli görüntüler gibi) ipuçları kullanılmıştır. Daha hassas aletlerin kullanılmasıyla birlikte atmosferin bileşimine ilişkin görüşlerde büyük değişmeler olmuştur.

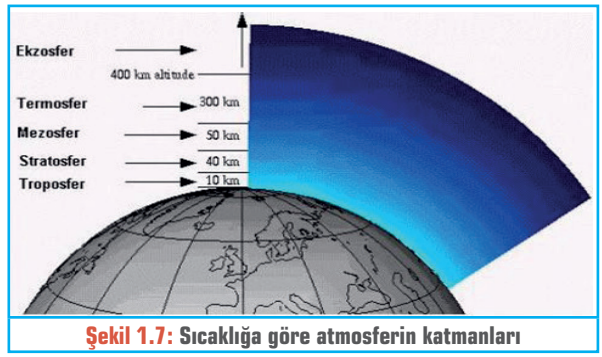
Dünya atmosferini oluşturan temel gazlar azot (N_2) ve oksijendir (O_2). Bu iki gazın yanı sıra argon (Ar), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), su buharı (H_2O), eser miktarda başka gazlar ve havada asılı küçük parçacıklar, aerosoller bulunur (Şekil 1.6). Atmosfer, birbirinden farklı özellikler gösteren katmanlardan oluşur. Gazların her katmandaki oranları değişiktir. Ama ilk yüz kilometre boyunca azotun %78 ve oksijenin %21 oranları pek değişmez. Yükseklik arttıkça katmanlardaki gazların yoğunluğu (metreküpteki atom ya da molekül sayısı) düşer.



Şekil 1.6: Atmosferdeki temel gazların dağılımı

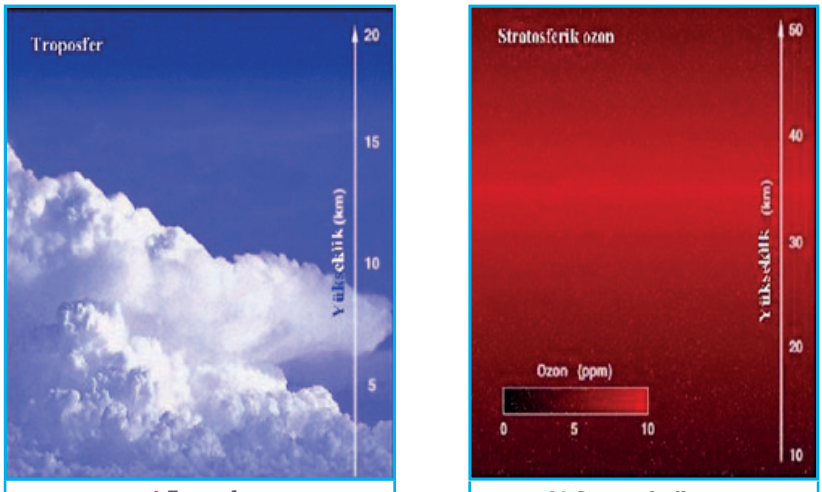
Atmosferin Sıcaklığa Göre Katmanları

Sıcaklığa göre atmosfer içinde bazı katlar Şekil 1.7'de verilmiştir. Bu katlar, gazların güneş ışınlarını emme (soğurma) özelliklerine göre sınıflandırılmıştır.



Şekil 1.7: Sıcaklığa göre atmosferin katmanları

Yerden ortalama 13 km yüksekliğe kadar sıcaklık sürekli olarak düşer, yeryüzünde +15 °C olan sıcaklık, 13 kilometrede -50 ile -60 °C'ye iner. Bu tabakaya **troposfer** denir (Şekil 1.8.a). 13 km'den yukarıda sıcaklık az değişir. 13-50 kilometreler arasındaki bu tabakaya **stratosfer** denir (Şekil 1.8.b).

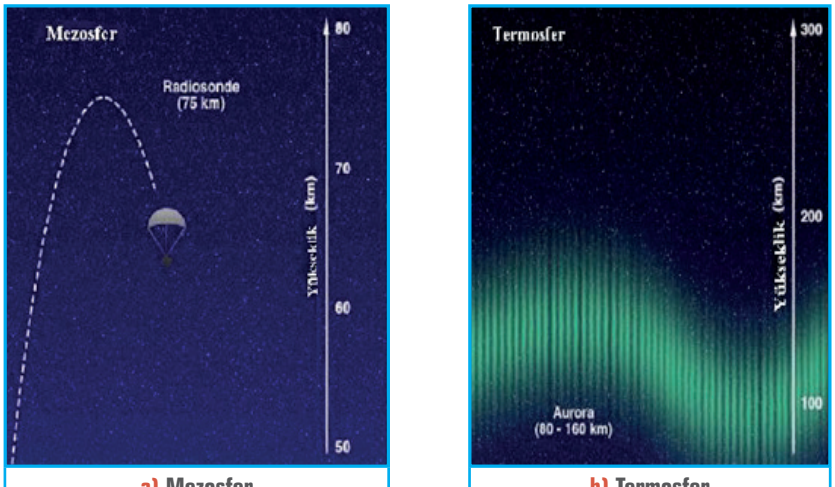


a) Troposfer

b) Straposferik ozon

Şekil 1.8(a, b): Troposfer ve straposferik ozon katları

Stratosfer üzerinde 50 ile 80 kilometreler arasında sıcaklık önce +77 °C'ye kadar yükselir, sonra tekrar -93 °C'ye kadar düşer. Bu tabakaya **mezosfer** adı verilir (Şekil 1.9.a). Daha üste gittikçe sıcaklaşan yeni bir kat **termosfer** vardır (Şekil 1.9.b). Termosferde sıcaklıklar, gündüz ve gece arasında çok değişir ve gaz moleküllerinin sıcaklığı 180 kilometrede 1100-1650 °C'yi bulur. Ancak burada moleküller teker teker çok sıcak olmakla birlikte, seyrek bulundukları için bu sıcaklığı dokunmak suretiyle bir insanın hissetmesine imkân yoktur. Bu belirtilen sıcaklık katları arasındaki geçiş katları ayrıca adlandırılır. Troposfer üstündeki stratosfere geçiş katına **tropopoz (tropopause)**, stratosfer üstündeki mezosfere geçiş katına **stratopoz (stratopause)**, mezosfer üstündeki termosfere geçiş katına **mezopoz (mesopause)** denir.



a) Mezosfer

b) Termosfer

Şekil 1.9(a, b): Mezosfer ve termosfer katları

Termosfer, mezosferin hemen üzerindeki tabakadır ve mezopoz geçiş bölgesiyle birbirlerinden ayrılır (Şekil 1.9.b). Bu tabaka içerisinde sıcaklık yükseklikle artış gösterir. Bu artışın en önemli nedeni, sınırlı miktardaki moleküler oksijen artıklarının yoğun güneş radyasyonunu absorbe etmesidir. 100-200 km yükseklikte, en önemli atmosferik bileşen hâlâ azot ve oksijendir. Bu yükseklikteki gaz molekülleri birbirlerinden uzaklaşır. Termosfer, aurora olayının da gözlendiği tabakadır. Güneşten gelen dağınık enerjinin salınımıyla orta ve yüksek enlemlerde atmosferin üst seviyelerle ilişkisi sonucu oluşan ışığa **auro** denir (Şekil 1.9.b).

Yeni gözlemlere göre moleküler oksijen ve azottan meydana gelen alt üç kat, yani troposfer, stratosfer ve mezosfer ortalama 80-110 kilometreye kadar az çok düzenli katmanlar halindedir. Ancak onun üzerindeki iyonlaşmış veya atomlarına ayrılmış gazlar, yerin manyetik alanının ve güneş ışınlarının etkisi altında pek düzenli bir katmanlaşma göstermez. Bu nedenle 80-110 kilometreler üzerinde iyonosfer ve magnetosferden oluşan bölüme **dış atmosfer** denir.

1.3.1. Jeolojik Dış Olaylar

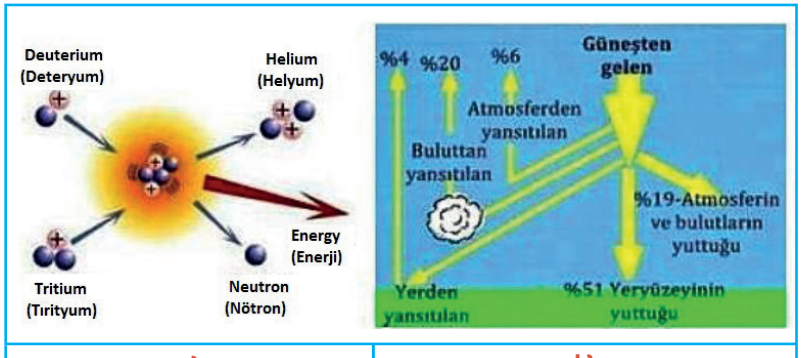
Jeolojik dış olaylar; Yerküre'nin dış katmanında meydana gelen, yerkabuğunu değişikliklere uğratan ve enerji kaynağı Yerküre'nin dışında meydana gelen jeolojik olaylardır. Dış olaylar; **ayrışma, aşınma-taşınma, birikme, diyajenez** olmak üzere dört grupta incelenir. Dış olaylar, atmosferin alt seviyelerinde karalarda ve denizlerde yeryüzünde ve yeryüzüne yakın derinliklerde meydana gelir. Asıl enerji kaynağı Yerküre dışından, Güneş'ten gelen radyasyondur. Güneş'in ve Ay'ın çekim etkisiyle oluşan gelgit enerjisinin de belirli ölçüde payı vardır. Dış olayların ortam ve etkenleri ile ilgili kavramlar aşağıda açıklanmıştır.

1.3.2. Dış Olayların Ortam ve Etkenleri İle İlgili Kavramlar

Güneş enerjisinin yeryüzünün farklı kısımlarına, farklı zamanlarda ve farklı yoğunluklarda ulaşması hem doğrudan ısı etkisine dayalı olayları etkiler hem de ısı farklarına bağlı olarak rüzgâr, yağış ve akarsular, buzullar oluşturarak bu etkenlerle dış olayları meydana getirir. Dış olaylardan aşınma, taşınma, birikme ve diyajenez aşamalarından biri de iç kökenli enerji olan yer çekimidir.

1.3.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş uzayda ana maddesi hidrojen olan, orta büyüklükte sarı bir yıldızdır. Yaydığı enerjiyi nükleer füzyondan üretir (Şekil 1.10.a). Dünyanın atmosferi, okyanusları ve karaları tarafından bir yıl içinde absorbe edilen toplam enerjisi 3.850.000 EJ'dür (eksa joul). 1 EJ = 10^{18} Joul'dür. Güneş'ten gelen toplam enerjinin dağılım ve yansıma oranları Şekil 1.10.b'de görülmektedir.



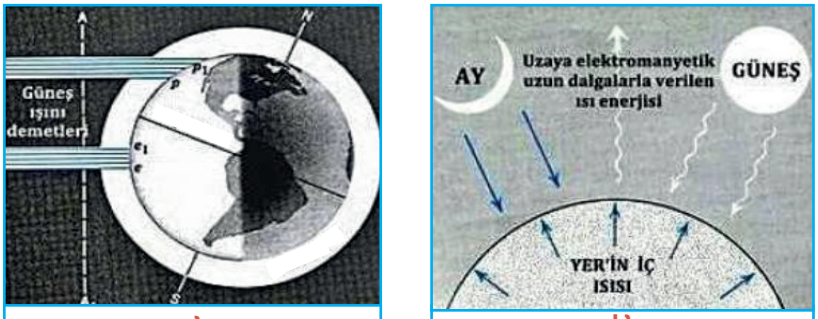
a) b)

Şekil 1.10(a, b): Güneş enerjisi, enerjinin dağılımı ve yansıması

Bir yüzeye düşen güneş enerjisinde ışınların yüzeye dik veya eğik oluşu yüzeyin aldığı enerji miktarını etkilemektedir. Örneğin 1 cm^2 kesitli bir ışın demeti dik düştüğünde 1 cm^2'yi, eğik düştüğü alanda ise eğimle doğru orantılı olarak daha büyük bir alanı etkileyecek ve dolayısıyla birim alana düşen enerji azalacaktır.

Güneş enerjisinin kaynağı; bir döteryum atomu ile bir trityum atomudur. Her ikisi de hidrojen izotoplarıdır. Füzyonla birleşerek helyum çekirdeği oluşturur. Bu füzyonda maddenin bir kısmı Einstein'ın bağıntısında **$E= mc^2$** ifadesini bulduğu gibi enerjiye dönüşür ve 5 çekirdek elementi 4 çekirdeğe iner (Şekil 11.a). Yeryüzüne ulaşan Güneş enerjisinin dağılım oranları Şekil 11.b'de görülmektedir.

Şekil 1.11.a ve Şekil 1.11.b Yerküre'yi etkileyen başlıca doğal enerji kaynaklarını yansıtmaktadır.

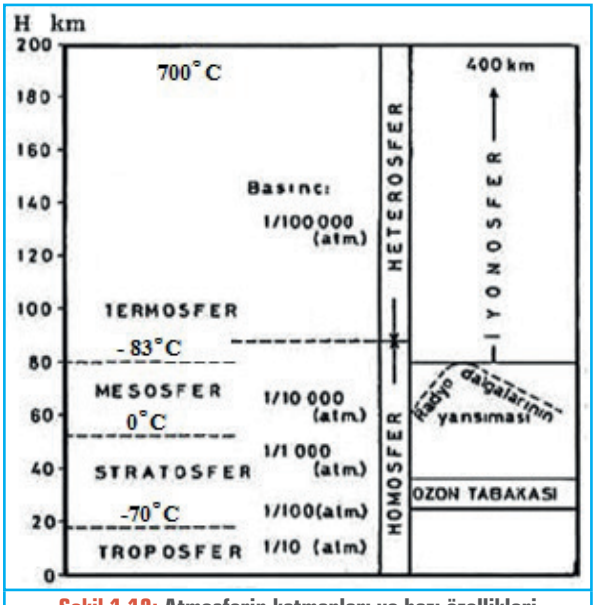


a) b)

Şekil 1.11(a, b): Yerküre'yi etkileyen doğal enerji kaynakları

1.3.2.2. Atmosfer ve Hava Dolaşımı, Rüzgârlar

Atmosfer Yerküre'nin en dıştaki gaz tabakasıdır. Yer çekimi etkisiyle Dünya'ya bağlı kalır. İki ana katmana ayrılır. 0-90 km arası homosfer, 90 km'nin üzeri heterosfer olarak adlandırılır. 0-18 km arası trofosfer, 18-50 km arası strafosfer, 50-80 km arası mezosfer, 80-690 km arası termosfer ve bunun üzerinde yaklaşık 10.000 km'ye kadar çok seyrekleşerek giden katman da ekzosfer olarak adlandırılır (Şekil 1.12). Atmosfer tabakası çeşitli gazlardan oluşmuştur. Yoğunluk deniz seviyesinde en yüksek değere ulaşır ve yükseklere gidildikçe bu değer düşer. Yukarılarda o kadar seyrekleşir ki atmosferin üst sınırını kesin olarak belirlemek zordur. Atmosferin kütlesinin %97'si 30 km'lik kısım içinde bulunur. Meteoroloji atmosferin ilk 100 km'lik bölümüyle, aeronomi ise bunun üzerindeki bölümüyle ilgilenir. Atmosferin ilk 80 km'sinde bileşimde en çok yer alan 4 ana gaz vardır. Bunlar; Azot (N_2) %78, Oksijen (O_2) %21, Argon (Ar) %0,934, Karbondioksit (CO_2) %0,033 gazlarıdır. Bu gazların toplamı %99,967'dir. Geri kalan kısmı da neon, helyum, kripton, ksenon, hidrojen, metan gibi gazlardan; su buharı ve toz taneciklerinden oluşur. Jeoloji açısından atmosferin ilk 100 km'lik kısmı önemlidir. Bu katman jeolojik dış gelişmeleri etkileyen, atmosfer olaylarının meydana geldiği katmandır.



Şekil 1.12: Atmosferin katmanları ve bazı özellikleri

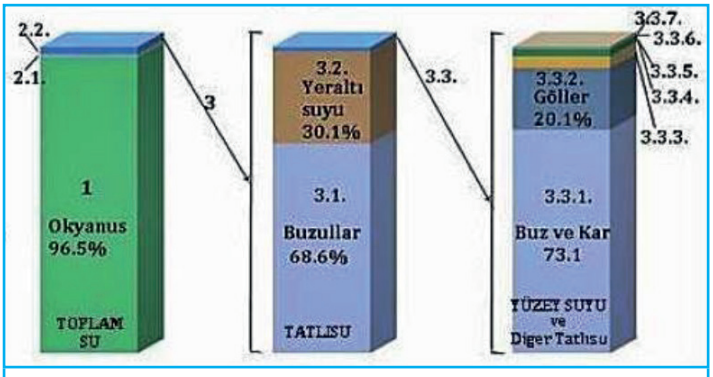
Atmosfer olayları troposferde meydana gelir. Atmosferin değişik kısımlarının güneş enerjisiyle farklı derecelerde ısınması alçak ve yüksek basınç alanları oluşturur ve bu da alizeler, batı rüzgârları, kutup rüzgârları olarak bilinen **sürekli rüzgârları** meydana getirir. Bu hava dolaşımı dış olaylar açısından son derece önemlidir (Şekil 1.13).

Şekil 1.13: Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin hava dolaşımındaki (rüzgâr oluşumundaki) rolü

Yatay yönde yer değiştiren hava kütlesinin hareketine **rüzgâr** denir. Yeryüzünde yan yana bulunan iki bölgeden birinin sıcaklığı arttığında, sıcaklığı artan bölgedeki hava genişler ve hafifleyerek yükselir. Bu durumda bir alçak basınç sahası oluşur. Sıcaklığı daha az olan bölgede ise hava soğuyarak sıkışır ve yoğunlaşarak aşağı doğru çöker. Bu durumda ise bir yüksek basınç sahası meydana gelir. Sıkışan bu hava alçak basınca doğru hareket eder. Hava kütlesinin bu hareketi çevreye yaptığı etki ile anlaşılabilir. Rüzgâr, etkileri bakımından üç belirgin özelliği olan bir iklim elemanıdır. Bu özellikler; rüzgârın yönü, hızı (şiddeti) ve frekansıdır (esme sıklığı).

1.3.2.3. Hidrosfer ve Su Dolaşımı

Yerküre'nin sahip olduğu büyük su bütçesinin kaynağı tam olarak bilinmemektedir. Büyük olasılıkla Yerküre'nin oluşum aşamasında madde ayrımlaşması, atmosfer gazları gibi suyun da kaynağıdır. Diğer yandan yerin oluşumunun ilk dönemlerinde yere çarpan çok fazla sayıda kuyruklu yıldızın da etkisinin olduğu düşünülmektedir. Bilindiği gibi kuyruklu yıldızlar buz şeklinde bol miktarda su içermektedir. Bu tür varsayımlara karşın, Dünya'daki suyun kökeni tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır. Dünya'nın su kaynağı; litosferdeki dağ oluşumu hareketlerine, genelde levha hareketlerine, buzul dönemleri ve buzullar arası dönemlere, karalarda göllerin artıp azalmasına bağlı olarak değişiklik gösterir (Şekil 1.14).



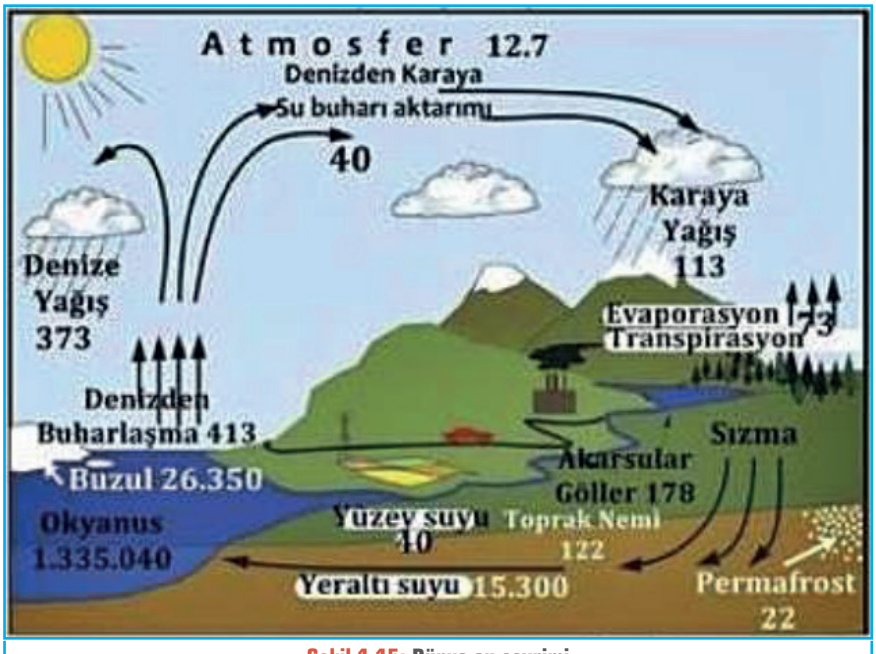
1: Deniz suyu, Dünya su oranı %96,5; **2.1:** Tuzlu göl oranı %0,07; **2.2:** Tuzlu yer altı suları oranı %0,93; **3:** Tatlı su oranı %2,5; **3.1:** Buzullar tatlı suların oranı %68,6; **3.2:** Yer altı suları tatlı suların oranı %30,17; **3.3:** Yüzey suları, diğer tatlı sular ve toplam tatlı suların oranı %1,3'ü; **3.3.1:** Buz ve kar %73,1; **3.3.2:** Tatlı su gölleri %20,1; **3.3.3:** Toprak nemi %3.52; **3.3.4:** Bataklıklar ve sulak alanlar %2,53; **3.3.5:** Akarsular %0,46; **3.3.6:** Biyolojik su %0,22; **3.3.7:** Atmosfer suyu %22

Şekil 1.14: Dünya su kaynağı oranları

Yerküre üzerinde su çevrimi canlıların yaşamaları için olmazsa olmazdır. Jeolojik dış olayların oluşumunda ana etkenlerin başında su gelir. Su dolaşımı karalarda akarsularla, daha az oranda buzullarla, atmosferde buharla gerçekleşmektedir. Yer altı suları da bir ölçüde su dolaşımına katılmaktadır. Okyanuslardaki deniz akıntılarının su dolaşımında önemli etkisi vardır.

T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) verileri incelendiğinde, ülkemizde karalardaki buharlaşma miktarı yağış miktarlarından az olduğu için aradaki fark akarsu haline gelir ve az miktarı buzullara katılır. Bu fark dış olayların en büyük etkeni olan akarsuları meydana getirir. Yağışlar en fazla yağmur, daha az kar veya dolu şeklinde olur. Çiğ ve kırağı ancak yersel olarak sınırlı düzeyde önem kazanabilir. Sular yer üstü ve yer altı suları olarak bulunur. Yer üstünde dereler, ırmaklar halinde akan sulara **akarsu** denir. Yer üstünde birikmiş hareketsiz su kütleleri **durgunsu** olarak adlandırılır. Yer altı suları daha çok durgunsu olup çok az bir kısmı akarsu şeklinde ortaya çıkar.

Karalara düşen yağışların bir kısmı akarsu haline gelir, bir kısmı yer altına sızarak yer altı sularını oluşturur, bir kısmı da buharlaşır. Bu üç kısmın birbirine ve toplam yağış miktarına oranları iklim koşullarına ve arazinin jeolojik-topoğrafik yapısı ile bitki örtüsü durumuna bağlı olarak değişir. Dış olayların ana etkenleri ısı, sular, buzullar, rüzgârlar, yer çekimi ve canlılardır. Bunlardan en önemlisi ısı ve sular, sonra rüzgâr ve buzullardır. Yer çekimi ve canlılar daha az öneme sahiptir. Sular hem akarsu hem durgun su hem okyanuslardaki dalgalar ve akıntılar olarak dış olaylarda etkendir (Şekil 1.15).



Şekil 1.15: Dünya su çevrimi

1.3.2.4. İklim ve İklim Koşulları

Bir bölgede sıcaklık, nemlilik, atmosfer basıncı, rüzgâr, yağış, atmosfer yükü ve diğer meteorolojik parametrelerin uzun süreli ortalama varlığı ve etkinliği bölgenin iklimi olarak tanımlanır. İklimin ana parametreleri aşağıda sıralanmıştır.

1. Enlem ve enleme düşen güneş enerjisi oranı
2. Hava kütlesi
3. Küresel yüksek ve alçak basınç kuşaklarının konumu
4. Okyanus dalgalarıyla sıcaklık etkileşimi
5. Dağ bariyerlerinin konumu
6. Egemen rüzgârların kalıbı
7. Karalarla denizlerin dağılımı
8. Bölgenin rakımı

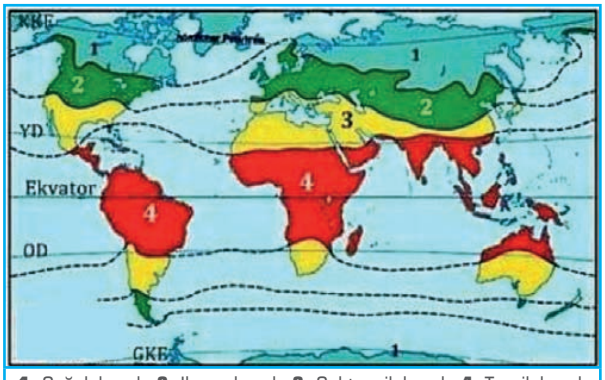
İklim sınıflandırmalarında farklı modeller vardır. Bunlar arasında Köppen-Geiger sınıflandırması en çok kullanılan modellerden biridir. Bu modele göre beş iklim sınıfı aşağıda açıklanmıştır.

1. **Tropikal Nemli İklim:** Yılın bütün aylarında ortalama sıcaklık 18 ^{0}C'nin üzerinde, Ekvatorla 15^0-25^0 kuzey-güney enlemleri arasında etkilidir.
2. **Kurak İklim:** Yılın büyük bölümünde yağış yetersizliği 25^0-35^0 kuzey ve güney enlemleri arasında etkilidir. Evaporasyon ve transpirasyon potansiyeli, yağış potansiyelinden büyüktür.
3. **Nemli Orta Enlemler (Sıcak Ilıman) İklimi:** Yumuşak kış ayları yaşanan iklimdir.
4. **Nemli Orta Enlemler (Soğuk Kar) İklimi:** Sert ve soğuk kış ayları yaşanan iklimdir.
5. **Kutupsal (Polar) İklim:** Çok soğuk kış ve yaz ayları yaşanan iklimdir.

Bir bölgede yılın belli aylarında iklim koşullarındaki keskin değişiklikler ve geçişler mevsimleri oluşturur. Mevsim döngüleri, Dünya'nın Güneş etrafında tam bir dönüş yapması süresi içinde, yani bir yılda gerçekleşir. Yıl içinde ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere dört mevsim bulunmaktadır. İklim oluşumunun etkenleri Şekil 1.16'da verilmiştir. Burada etkenler köken bakımından Dünya dışı ve Dünya kökenli olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Güneş patlamaları, Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığındaki değişimler, Güneş ışınları ile yeryüzü arasındaki açı değişimleri iklim etkenleri arasındadır.

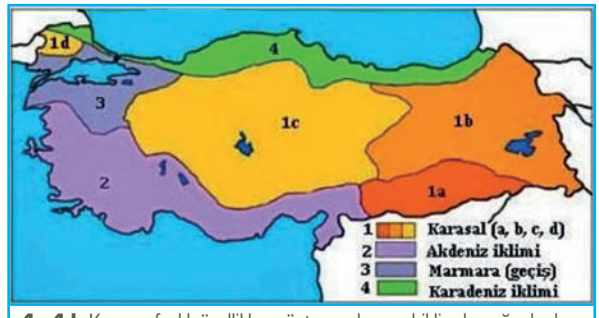
Şekil 1.16: İklim oluşumunun başlıca etkenleri

Yıldız tozu ve yıldızlar arası toz, tamamen yanmış hidrokarbonlardan çıkan karbon tozlarının oluşturduğu bulutlar, Dünya'ya gelen Güneş enerjisi miktarını etkileyerek iklimde değişiklikler yapabilir. Volkanik etkinliğin yaydığı ısı, volkanik küllerin bir süre Güneş'i engellemesi, atmosferin kimyasal bileşiminde özellikle CO_2 oranının artışı (sera gazı) Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasındaki oranı etkiler. Arazinin enlemi, rakımı ve engebesi, yüzeyin pürüzlülüğü veya düzlüğü de alınan ve yansıtılan Güneş enerjisi oranını arttıran veya azaltan etkenlerdir. Atmosferin, sıcak ve soğuk okyanus akıntılarının oluşumuna etkisi, bu akıntıların da iklim üzerinde etkisi vardır (Şekil 1.17, 1.18).



1: Soğuk kuşak **2:** Ilıman kuşak **3:** Subtropik kuşak **4:** Tropik kuşak

Şekil 1.17: Dünya'nın çok genelleştirilmiş iklim kuşakları haritası



1a-1d: Kısmen farklı özellikler gösteren karasal iklim kuşağı alanları **2:** Akdeniz iklim kuşağı **3:** Marmara iklim kuşağı, Akdeniz/Karadeniz iklim kuşakları arasında geçiş kuşağı **4:** Karadeniz iklim kuşağı

Şekil 1.18: Türkiye'nin ana iklim kuşakları

1.3.2.5. Akarsular

Yer üstündeki akarsular su kaynaklarından oluşur. Bu su kaynakları;

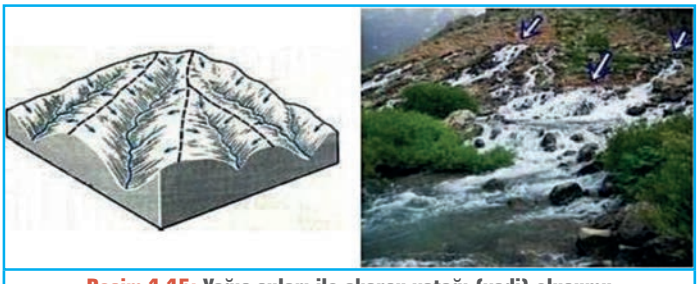
a. Yağmur sularının buharlaşan ve yer altına sızan kısımlarından geriye kalanı,

b. Yer altı suyu akiferlerinden kaynaklar, gözeler şeklinde karalarda yer üstüne çıkanlar,

c. Karların erime suları,

d. Buzulların erime sularıdır.

Karalardaki suların göller dışında kalan kısmının, karalarla denizler arasındaki yükseklik farkına yer çekimi etkisiyle akması sonucu oluşan akıntıya **akarsu** denir. Bir yatağa bağlı olarak akan sular için çizgisel akıştan (seyelandan) söz edilir. Akarsuların en temel aşındırma yapısı akarsu yataklarının yerleştiği vadilerdir. Vadiler, aralardaki sırtlarla birbirinden ayrılır (Resim 1.15). Sürekli akarsu yataklarında daima, geçici akarsularda sadece yağış mevsiminde yatakta su bulunur. Sürekli akarsular nemli ve ılık iklim bölgelerinde, geçici akarsular kurak iklim bölgelerinde görülür. Akarsu yatakları yukarı, orta ve aşağı yatak olmak üzere üç kısma ayrılır. Başlangıçta engebeli olan yatak kesiti zaman içinde geriye doğru aşındırma sonucu içbükey bir eğri halini alır ve bu hal akarsu yatağının **denge kesiti** adını alır. Akarsuların başlangıç noktaları **kaynak (memba)**, bitiş noktaları yani göle veya denize döküldükleri noktalar ise **ağız (mansap)** adını alır. Akarsuların belirli bir kesitinden bir saniyede geçen su miktarına **akım** veya **debi** denir.



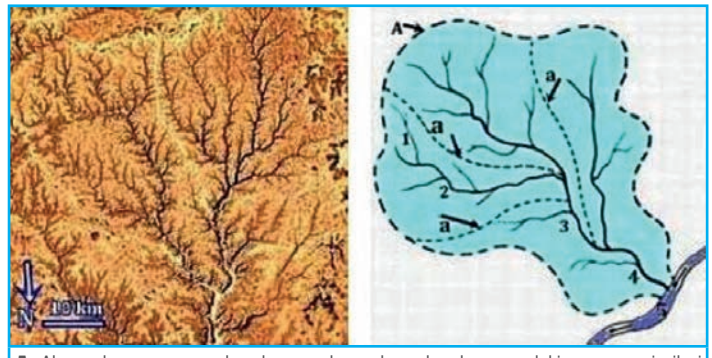
Resim 1.15: Yağış suları ile akarsu yatağı (vadi) oluşumu

Debi için m^3/sn, litre/sn gibi birimler kullanılır. Debi; akarsuya karışan yağmur suları, eriyen kar ve buzul suları, yer altından karışan sular, göllerden çıkıp gelen sularla beslenir. Buna karşılık buharlaşma, zemine sızma, taşma sırasında suların bir kısmının yataktan dışarı çıkması ve dışarıda göllenip kalması, canlılar tarafından kullanma gibi etkenlerle de azalır.

Bir akarsuyun debisinde, yıl boyunca meydana gelen değişiklikler **akarsuyun rejimi** olarak adlandırılır. Akarsu rejimi beslenme türüne bağlı olarak **buzul (glasiyal), kar (nival) ve yağmur (pluviyal)** rejimleri şeklinde ayırt edilir. Genel bir sınıflamada düzenli, düzensiz, karma ve sel tipi rejimlerden söz edilir. Düzenli rejimli akarsularda yıl boyunca pek fazla debi değişiklikleri görülmez. Buna karşılık düzensiz rejimli akarsularda yıl içinde önemli derecede debi değişiklikleri görülür. Farklı iklim bölgelerini kat eden uzun akarsuların bazı kesimlerinde düzenli, bazı kesimlerinde düzensiz rejim görülür. Bu nehirlere **karma rejimli nehir** denir. Örneğin Kızılırmak İç Anadolu'da, yani yukarı ve orta yatak kesiminde Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Yıl içinde debi değişiklikleri çok fazla olan, ilkbaharda taşkınlar olurken yazın debisi çok küçülen, neredeyse kuruyan akarsuların rejimleri sel tipi rejimlerdir (Resim 1.16).

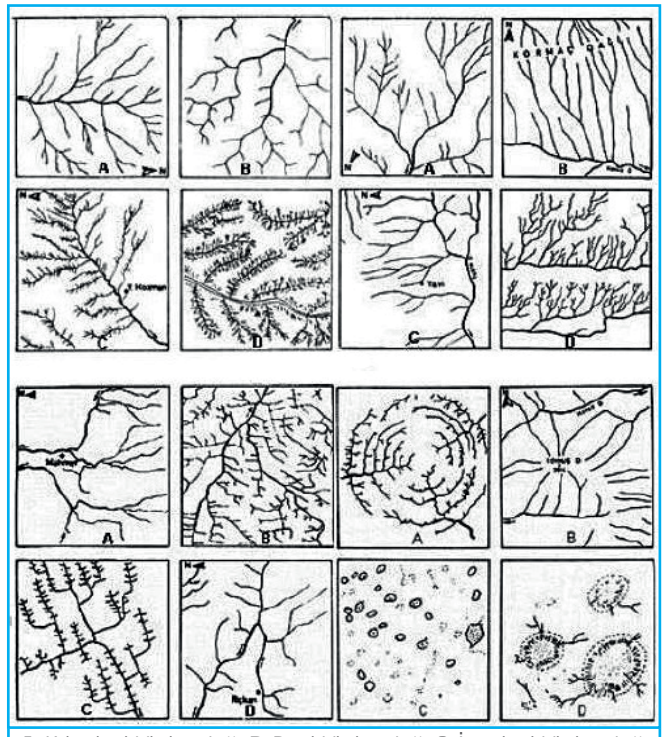
Resim 1.16: Dağlık bölgede eriyen kar sularına bağlı olarak vadilerde toplanan akarsu

Drenaj Ağları: Akarsular incelenirken üzerinde önemle durulması gerekenlerden biri de drenaj ağları ve buna bağlı diğer kavramlardır. Bir bölgeye düşen yağışların bölgeden uzaklaştırılmasını sağlayan doğal boşaltma sistemine **drenaj ağı** denir. Boşaltma akarsularla (ana nehir ve bütün kolları) oluyorsa akarsu ağından, yer altına sızan suların yer altından uzaklaşması şeklinde ise yer altı drenaj ağıdır. Ana nehirin birçok yan kollarla beslenerek ağaç görünümü alması **dentritik drenaj ağı** olarak adlandırılır. Dendritik drenaj ağları V şeklindeki vadilerde oluşur (Şekil 1.19, 1.20).



A: Akarsu havzasının sınırları, komşu akarsu havzalarıyla arasındaki su ayrım çizgileri
1-2-3-4: En küçük koldan ana kola doğru numaralandırmalar
a: Havza içinde vadi kolları arasında su ayrım çizgileri

Şekil 1.19: Yer üstü drenaj ağı ve akarsu havzası



A: Kaba dendritik drenaj ağı **B:** Dendritik drenaj ağı **C:** İnce dendritik drenaj ağı
D: Ağaç dizisi drenaj ağı

Şekil 1.20: Drenaj ağlarına örnekler

Bir akarsuyun ve tüm kollarının beslenme alanına **akarsu havzası** denir. Akarsu havzasının sınırları, komşu akarsu havzalarıyla arasındaki sınırlar, su ayrım çizgileridir. Bir bölgede iki akarsu havzası arasındaki ya da aynı havzada farklı yönlere akan iki akarsu kolları arasındaki sınıra **su ayrım çizgisi** denir. Su ayrım çizgisi bazı kısımlarda aşınıp inceldiğinde havzaya ait akarsu kollarından biri, diğer bir kolu kendisine katması durumunda bu olaya **kapma** denir.

Sel oluşumunda etkili olan temel faktörler; klimatolojik-meteorolojik, jeolojik-jeomorfolojik (yapı ve yeryüzü şekilleri) özellikler, toprak özellikleri, bitki örtüsü ve insandır. Sürekli yağan yağmur ve eriyen karın etkisiyle meydana gelen su taşkınları **sel** olarak adlandırılır.

Seller, doğanın dengesinin korunabilmesi için mutlaka gerçekleşmesi gereken olaylardandır. Belirli sınırlar içinde sellerin oluşması normal kabul edilebilir. Ancak sel, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde can ve mal kaybına neden olan bir felakete dönüşebilmektedir. Selin afete dönüşmesi ve ülkelerin doğal, beşeri ve ekonomik varlıklarına zarar vermesi, insanların birtakım faaliyetleriyle yakından ilgilidir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde seller; arazilerin yanlış kullanımı, ormanların tahribi, yerleşim yeri oluşturulması ve sanayi alanlarının seçiminde yapılan yanlışlıklar, altyapı yetersizliği, hızlı nüfus artışı, sel ve taşkına karşı gerekli teknolojiyi kullanma imkânının olmaması gibi pek çok nedenden dolayı daha etkili olmakta ve birçok ülkede doğal afetlerde ilk sırayı almaktadır.

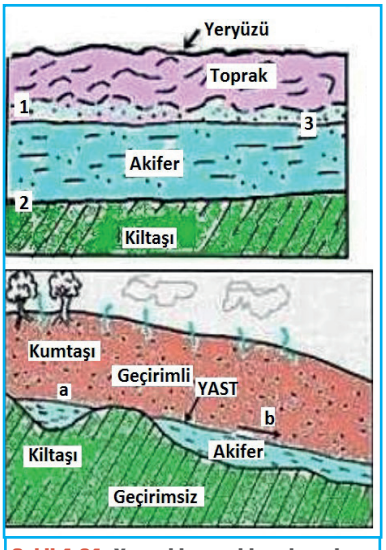
Ülkemizde de meydana gelen sel olayı, genellikle afet boyutuna ulaşmakta, özellikle büyük yerleşim merkezlerinde can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Bu nedenle, ülkemizin artan nüfusunun ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için akarsularımızın özelliklerinin incelenerek değerlendirilmesi, sel/taşkın karakterinin belirlenmesi ve daha sonra planlamaların yapılması büyük önem taşımaktadır.

1.3.2.6. Yer Altı Suları ve Kaynaklar

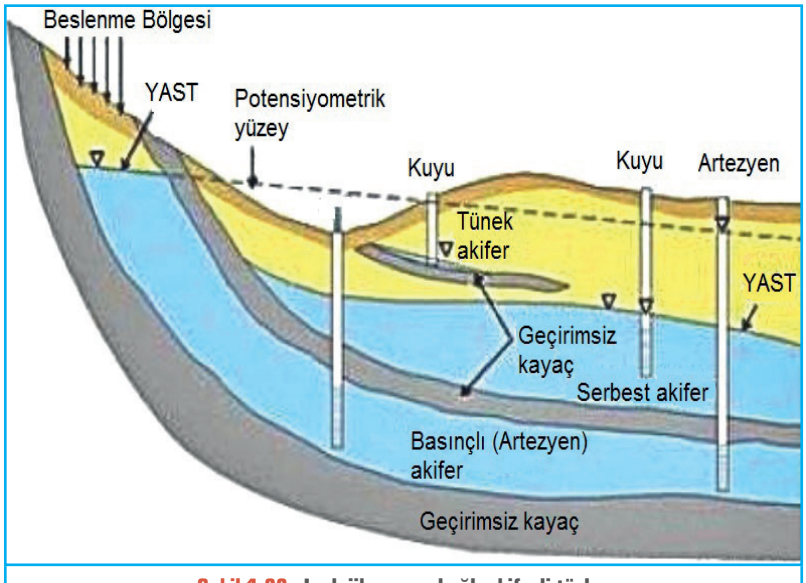
Dünya su miktarı toplamının %1,7'si yer altı suyudur. Bu miktar yeryüzündeki tatlı suyun %30,1'ini oluşturmaktadır. Yer altı suları, yer altında toprak zeminin gözeneklerinde ve kaya zeminlerde bulunan sudur. Bu suyun esas kaynağı yer üstü suyudur. Yer üstüne düşen yağışların, eriyen kar ve buzul sularının, yataklarında akan akarsuların, kıyı kesimlerde göl ve deniz sularının zemine sızması ile oluşan yer altı suları, **meteorik su** olarak da adlandırılır.

Yer altı sularının oransal olarak çok daha az kısmı olan magma kökenli sulara **juvenil su** denir. Meteorik suyun yer altına sızması için zeminin geçirimli (permeabilite) olması ve sızan suların yer altında kalabilmesi için gözenekliliği (porozitesi) yüksek ortamların olması gereklidir. Yer altında su bulunduran, su ile doygun hale gelmiş olan gözenekli-boşluklu kayaçlara **akifer** denir.

Gözenek ve boşluk yapısı su içermeye, geçirimliliği su aktarmaya uygun olmayan kayaç seviyeleri **akifuj** veya **akilut** olarak adlandırılır. **Akitard**, çok az geçirimliliği olan tabakalara özgü bir terimdir. Akifer katmanlarının gözenek, çatlak ve boşluklarının yer altı suyu ile dolu olan seviyelerine **doymuş bölge**; suyu yetersiz veya hiç olmayan seviyelere **doymamış bölge** denir (Şekil 1.21, 1.22).



Şekil 1.21: Yatay bir arazide tek serbest akiferli jeolojik kesit

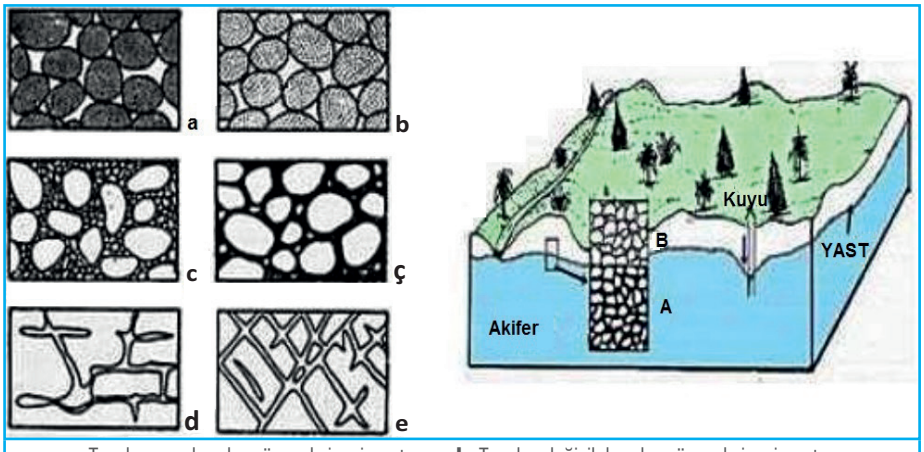


Şekil 1.22: Jeolojik yapıya bağlı akiferli türler

YAST (Yer Altı Su Tablası): Bir akiferde doymuş seviyenin üst seviyesidir. Su tablasının üzerinde kılcal su ve kapiler su seviyesi bulunmaktadır (Şekil 1.21, 1.22).

Gözeneklilik anlamına gelen porozite; taneli kayaçlarda, taneler arası toplam boşluk hacminin kayacın toplam hacmine oranı olarak tanımlanır. Başka bir ifadeyle gözeneklilik, kayaç kütlesinin tutabildiği sıvı ve gaz miktarının bir ölçüsüdür.

Şekil 1.23'te solda kayaç türlerinde gözeneklilik (porozite) farklılıkları görülmektedir. Şekil 1.23'te sağda tamamen geçirimli ve gözenekli kayaçlardan oluşan bir arazide akifer üst yüzey (YAST: Yer altı suyu tablası) ve kuyu bölgesinde bu yüzeydeki değişim görülmektedir. Şekildeki A, gözenekler arası su ile dolu (doymuş) seviye; B ise doymamış seviyedir.



a: Taneler aynı boyda, gözeneksiz, çimentosuz **b:** Taneler değişik boyda, gözeneksiz, çimentosuz
c: Taneler aynı boyda, gözenekli ve çimentosuz **ç:** Taneler değişik boyda, gözeneksiz ve az çimentolu
d: Eriyebilen kayaçlarda çatlaklar **e:** Erimeyen kayaçlarda çatlaklar

Şekil 1.23: Kayaç türlerinde gözeneklilik (porozite)

Yer altı suları ile ilgili önemli bir kavram da permeabilite, yani geçirimliliktir. **Geçirimlilik** bir kayaç kütlesinin kütle üzerine gelen sıvı veya gazı geçirmesinin bir ölçüsüdür. Yer altı suları akiferlerin topoğrafyasına ve geçirimlilik yapısına bağlı olarak yer üstü sularından farklı biçimde yavaş hareket edebilir yani sızabilir. Günlük 30 cm veya biraz üzeri sızma yüksek bir hızdır. Genelde yılda, hatta on yılda 30 cm gibi hızlar geçerlidir (Şekil 1.23). Yer altı nehirleri istisnadır.

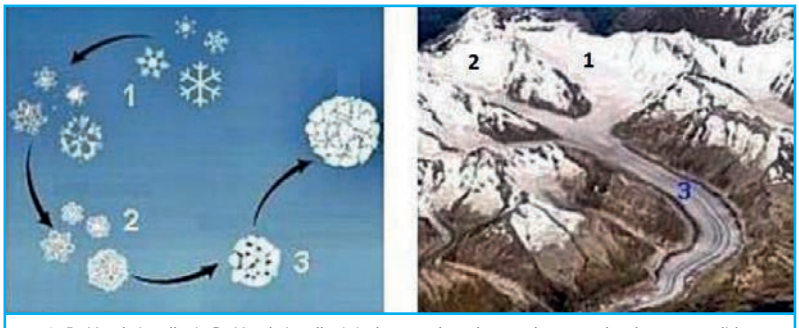
Yer altı sularının doğal olarak yeryüzüne çıktığı noktalara **kaynak** denir. Kaynakların jeolojik-jeomorfolojik yapıya bağlı türleri vardır. Yer altı sularının yüzeye çıkmasının, daha doğrusu çıkarılmasının bir yolu da kuyulardır. Kuyu ağzının rakımı yer altı su tablasının altında olan kuyulardan tabla seviyesinin biraz aşağısına kadar su fışkırarak kendiliğinden çıkar. Bu tür kuyulara **artezyen kuyular** denir (Şekil 1.23). Kuyu ağzının rakımı yer altı su tablası seviyesinde veya onun altında ise suyun pompa gücü ile çıkarılması şeklinde oluşturulan kuyulara **pompalı kuyular** denir. Yer altı sularının yüzeye çıkış yollarından biri de gayzerlerdir. Gayzerlerde volkanik etkenlerle ısınan yer altı suları periyodik aralıklarla fışkırarak yüzeye çıkar ve içlerindeki gayzer çökeltilerini gayzer bacası kenarında biriktirir. Bu çökeltilerin oluşturduğu kayaçlara **gayzerit** denir.

Ülkemizde suların israf edilmeden kullanılması ve su kaynaklarının kirletilmemesi bütün dünyada olduğu gibi yaşamsal önemdedir. Bu nedenle **yer altı suyu havzaları üzerinde yoğun yapılaşma, tarımsal ilaçlama ve gübreleme, katı atık depolamaları, sanayi atıkları** gibi yer altı ve yer üstü sularının kirlenmesine sebep olan etkenlerle ilgili çalışmaların planlı yapılması büyük önem taşımaktadır.

1.3.2.7. Buzullar

Buzullar, yüzlerce veya binlerce yıllık bir zaman diliminde buzul buzlarının oluşturduğu kalın kütlelerdir. Dünya'nın %10'u buzullarla kaplıdır. Ancak yakın jeolojik geçmişte bu oranın %30 civarında olduğu bilinmektedir. Dünya'nın birçok bölgesi şekillenirken buzullardan etkilendiği için halen bu izleri taşımaktadır. Alpler, Cape Cod ve Yosemite Vadisi gibi coğrafi şekillerin karakteristik özelliklerinde buzullar başlıca etkendir.

Buzullar günümüzde de yeryüzünü şekillendirmeye devam etmektedir. Buzullar, hidrolojik ve kayaç döngüsü gibi yeryüzündeki iki temel döngünün bir parçasıdır. Hidrolojik döngü, suyun atmosferden yeryüzüne, yeryüzünden yer altı kaynaklarına ve ardından tekrar atmosfere dönüşmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Kayaç döngüsü ise; magma kayaçlarının tortul kayaçlara, tortul kayaçların da başkalaşmış kayaçlara dönüşmesi şeklinde meydana gelir. Buzulu oluşturan kar, sürekli olarak erime ve donmaya maruz kalır. Erime ve donma işlemleri gerçekleşirken azalan basınç ve hava kar yapısını değiştirir. %20 ile %30 arasında hava bulunan eski kar yani firn tanecikleri de %20'nin altında basınca ulaştığında buzul buzunu oluşturur (Şekil 1.24). Buzul buzu önceki yapılardakine göre sıkı, kristalleşmiş (buz kristalleri) ve yoğundur.



a) **1.** Kar kristalleri **2.** Kar kristallerinin kısmen bozulup toplanmasıyla oluşan taneli kar **3.** Taneli karın sıkışmasıyla oluşan neve **4.** Neve'nin ileri aşamasında oluşan buzul buzu
b) 1 ve 2. Sirk buzulu, 3. Buzul dili

Şekil 1.24: Taze kar kristallerinden buzul buzuna dönüşüm

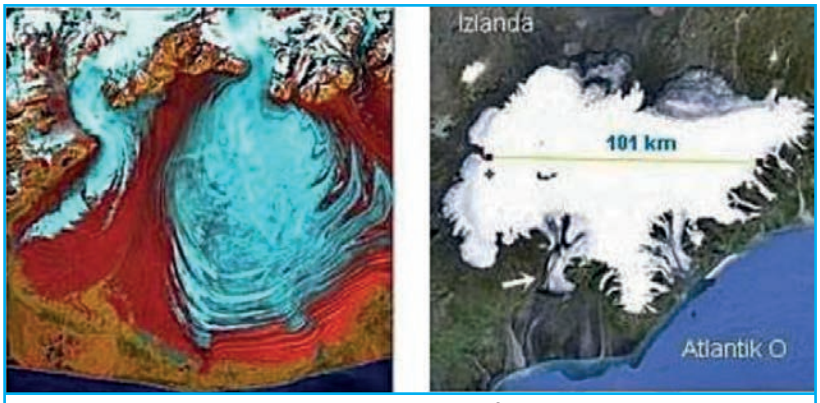
Buzullar; vadi buzulu (Alpin buzul, dağ buzulu), dağ eteği buzulu, örtü buzulu olmak üzere başlıca üç türlüdür. Bu üç tür dışında kendine bir vadi oluşturmayıp veya vadideki kısmı olup sirk içinde kalan buzullara **sirk buzulu** denir.

Vadi buzulu, bir buzul sirkinden kaynaklanan ve bir vadi içinde buzul dili şeklinde arazinin yönünde hareket eden buzullardır. **Dağ eteği buzulları**, bir veya birden fazla vadi buzulunun birleşerek vadiden dağın etek kısmına çıkması ve yaygın biçime dönüşmesi ile oluşan buzullardır. Alaska'daki Malaspina buzulu dağ eteği buzullarındandır (Şekil 1.25).

1. Sirk buzulu **2.** Vadi buzulu **3.** Dağ eteği buzulu **4.** Kenar moreni sırtları

Şekil 1.25: Alp tipi yüksek ve engebeli dağlık arazilerde rastlanan buzul örnekleri

Örtü buzulları, herhangi bir vadiye ya da dağ eteğine bağlı olmadan belli bir arazi kesimini örten, kapatan buzullardır. Antarktika ve Grönland'daki gibi çok büyükleri, İzlanda'daki gibi küçük olanları vardır. Büyük örtü buzullarının kalınlıkları kilometreleri bulabilir (Şekil 1.26).



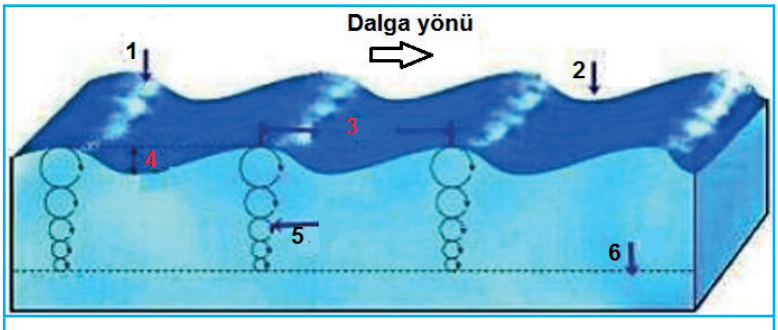
Şekil 1.26: Alaska'da Malaspina dağ eteği buzulu ve İzlanda'da Vatnajokull örtü buzulu uydu görünümü

1.3.2.8. Durgun Sularda Dalgalar ve Akıntılar

Kıyı bölgelerindeki dış jeolojik olaylarda dalgalar ve akıntıların önemli etkisi olabilmektedir. Rüzgârla oluşan yüzey dalgalarından başka gelgit dalgaları ve akıntıları, deniz dibinde oluşan depremlerin yarattığı çok büyük dalgalar da (yükseklikleri 20 m'ye kadar çıkan tsunami dalgaları) bulunmakladır. Ayrıca denizlerde, farklı yoğunluktaki su seviyeleri arasında dalgalar ve akıntılar oluşabilmektedir. Bunlar yoğunluk dalgaları ve akıntılarıdır. Yoğunluk farkı sıcaklık ve tuzluluk derecesiyle ilgilidir. Denizlerde yerel ve geçici akıntılar dışında, büyük ve sürekli akıntılar, okyanus akıntıları da oluşmaktadır.

Rüzgârların su yüzeyinde yaptıkları sürtünme etkisi ile yüzey dalgaları oluşmaktadır. Dalgalarda, suyun değil rüzgârın yönünde dalganın biçimine göre hareket etmektedir. Su zerrecikleri bulundukları yerde dairesel hareket yaparak dalgaların yükselip alçalmasını sağlamaktadır.

Dalga yüksekliğini; rüzgârın hızı, emme süresi ve hareket eden hava kütlesinin su yüzeyine yakınlığı artırmaktadır. Kıyıya yaklaştıkça su derinliği azaldığından dip sürtünmesi nedeniyle zaten yüksekliği artmış olan dalgalarda kırılma meydana gelir. Kırılan dalganın suyu üstten sahile doğru akar ve alttan ters yönde geriye döner (Şekil 1.27).

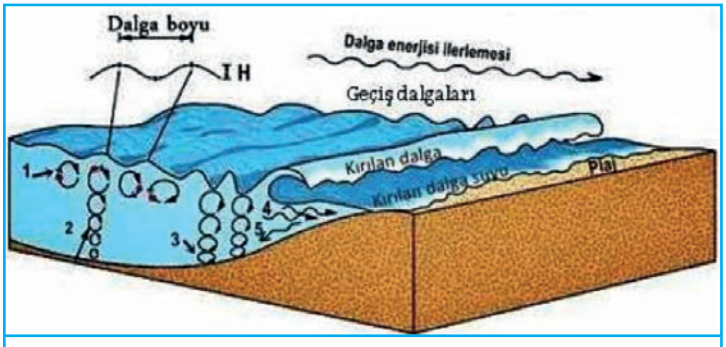


1. Dalga ve kırılma **2.** Dalga çukuru **3.** Dalga uzunluğu **4.** Dalga yüksekliği
5. Su taneciklerinin dairesel hareketleri **6.** Dalgaların derinlik alt sınırı

Şekil 1.27: Okyanuslarda rüzgâr etkisiyle oluşan yüzey dalgalarının özellikleri blok diyagramı

Kıyılarda kum ve çakılların küçülüp yuvarlaklaşması, kumların kıyıdan içeri doğru çekilmesi bu ileri-geri su hareketiyle gerçekleşmektedir. Dik kıyılarda kırılarak kıyıya çarpan dalgalar hem hidrolik güçle hem içlerindeki kaya parçalarını kullanarak aşındırma yapar ve yalıyarın (falezin) dibini oyar. Bu oyuk **oyma çentiği** olarak adlandırılır.

Oyma çentiği büyüdükçe üzerindeki ağırlık çöker ve kıyı gerilemiş olur. Bu gerileme devam ettikçe ortaya kıyıdaki **abrazyon platformu (aşınma düzlüğü)** çıkabilmektedir. Kıyı morfolojisi dalgalar-kıyı etkileşimini sağlamaktadır. Burunlarda dalgaların yakınsaması, buralarda dalgaların aşındırma şiddetini arttırmaktadır. Plajlara yaklaşan dalga hareket yönlerinde ise ıraksama görülür. Dolaysıyla buralarda birikme öne çıkar. Düz kıyılarda dalga hareket yönü kıyıya tam dik değil, eğik açılıdır (Şekil 1.28).



1. Su tanecikleri hareketleri **2.** Dalga uzunluğunun yarısı kadar derinliği altında çok az hareket **3.** Zemin derinliğinin azalması ile dalga boyunun kısalması **4.** Kırılan dalgalardan kıyıdan içeri akıntı **5.** Geriye dönen akıntı

Şekil 1.28: Engebesiz bir kıyıda dalga hareketleri

Gelgit dalga ve akıntıları; Ay ve Güneş'in çekim etkilerine bağlı olarak okyanus sularının kabarması ve alçalması **gelgit (medcezir)** olarak adlandırılır. Gelgit olaylarının şekillenmesi ve akıntıların yönlenmesinde Coriolis etkisinin rolü vardır.

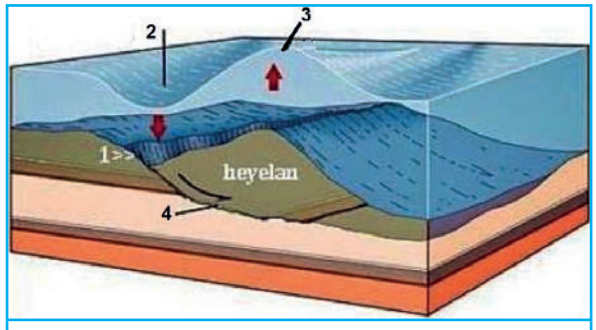
Dünya'nın kendi ekseni etrafında dönmesi nedeniyle Dünya üzerinde hareket eden su ve hava kütlelerinin hareket yönleri etkilenmekte ve sapmaktadır. Bu etki **Coriolis etkisi** olarak adlandırılır. Kabarmada önemli bir su kütlesi, özellikle sığ kıyılarda büyük bir akıntı şeklinde denizden kara üzerine ilerler. Bu su kütlesi, bazı kesimlerde oldukça geniş bir alanı kaplar ve alçalmada tekrar denize çekilir. Bu alan **gelgit alanı** olarak adlandırılır. Gelgit olayı başlıca üç şekilde meydana gelir. Bunlar; günlük gelgit, yarı günlük gelgit, karışık gelgit olarak adlandırılır. Dünya ve Ay'ın, Güneş'e göre konumu gelgit şiddetini etkilemektedir. Yeniay ve dolunay durumunda Güneş-Dünya-Ay aynı çizgide iken kuvvetli gelgit yaşanır. Bunlarda su yüksekliği 10 m'ye kadar çıkabilir. İlk dördün ve son dördünde Güneş-Dünya çizgisine Ay-Dünya çizgisi dik konumdadır ve gelgit daha zayıf gerçekleşir.

Gelgit akıntıları, gelgit alanları içinde aşındırma-biriktirme yapabilir. Birikintiler içinde zengin canlı izleri ve artıkları bırakabilir. Akarsu ağızlarında delta oluşumunu engelleyebilir.

Yoğunluk farkı dalgaları ve iç dalgalar; denizlerde ve okyanuslarda su yoğunluğu sıcaklıkla ters, tuzlulukla doğru orantılı olarak artmakta ve bu durum farklı yoğunlukta su katmanları yaratmaktadır. Bu katmanlar arasında da dalgalar ve akıntılar oluşmaktadır. Afrika Mozambik kıyısındaki incelemelerde su içindeki yoğunlaşmış plankton katmanı sayesinde iç dalgalar varlığını net olarak göstermektedir. Yoğunluk farkı ile ilgili başka bir örnek olarak Karadeniz ile Marmara ve Marmara ile Ege denizleri arasındaki akıntılardır. Karadeniz'in az tuzlu suları İstanbul Boğazı'nda üstten Marmara'ya, oradan Çanakkale Boğazı üzerinden Ege'ye geçer. Ege'nin ve Marmara'nın Karadeniz'e göre daha tuzlu suları da aynı Boğazlar üzerinden alttan Karadeniz'e geçer.

Tsunami: Deniz diplerindeki fayların depremlerle hareketlenmesi ile tetiklenen deniz dibi heyelanları ya da deniz dibindeki volkan patlamaları büyük su kütlelerini hareketlendirir ve oluşan dalgalar kıyılara yaklaştıkça dev boyutlara ulaşabilir. Bu yolla oluşan dalgalar **tsunami** olarak adlandırılır. Japonca'da **tsu: liman** ve **nami: dalga** sözcüklerinden türetilerek jeoloji alanına tsunami kavramı kazandırılmıştır. Yeterli önlem alınmadığı takdirde tsunamiler can ve mal kayıplarına neden olabilir.

11 Mart 2011'de Japonya'da meydana gelen 9.0 büyüklüğündeki Great Sendai Depremi'ne bağlı tsunami felaketi can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Dalga yüksekliğinin 7 m'yi aşarak 40 m'ye kadar çıktığı gözlenmiştir. Alınan önlemler yeterli olmadığından depremde can kayıplarının %92'si tsunami sularında boğulma sonucu olmuştur. Çok büyük boyutlardaki mal kayıplarının da büyük kısmı yine tsunamiden kaynaklanmıştır (Şekil 1.29).



1. Heyelan aynası **2.** Dalga çukuru **3.** Heyelan kayma yüzeyi

Şekil 1.29: Deniz tabanında heyelana bağlı tsunami dalgalarının başlangıcı

Okyanuslardaki yüzey akıntıları; okyanuslarda sıcaklık ve tuzluluk derecelerinin yarattığı su yoğunluğu farklılıklarına ek olarak sürekli esen küresel rüzgârların etkisiyle, yüzeyden 400 m derinliğe kadar etki eden yüzey akıntıları meydana gelmektedir. Dönemli girdaplı akıntılarda Coriolis etkisi nedeniyle Kuzey Yarım Küre'de dönme yönü saat ibresi yönünde, Güney Yarım Küre'de ise saat ibresinin tersi yönündedir.

1.3.2.9. Yer Çekimi ve Kütle Hareketleri

Yerkabuğu üzerinde (karalarda ve deniz diplerinde) kayaçlar ve toprak örtüsü bir temel üstünde denge halinde bulunmaktadır. Herhangi bir yerde, herhangi bir nedenle dengenin bozulması ile bir miktar kayaç veya toprak örtüsünün ya da ikisinin karışımının, denge yeniden sağlanıncaya kadar yer çekimi etkisiyle hareket etmesine kütle hareketi denir. Kütle hareketlerinin farklı çeşitleri vardır. Bu çeşitler sınıflandırılırken aşağıda verilen özellikler dikkate alınır.

- Hareketin türü, miktarı ve hızı,
- Hareket eden malzemenin türü, dizilişi ve yaşı,
- Hareket eden kütlenin şekli,
- Hareket eden kütle ile temel arasındaki bağlantı,
- Hareketin nedenleri,
- Kohezyon ve iç sürtünme nitelikleri.

Kopma ve düşme, akma ve krip, heyelan, kayma, devrilme, çökme, karmaşık kütle hareketleri, deniz dibi kütle hareketleri, yanal yayılma, kaya buzulları belli başlı kütle hareketleridir.

Kopma ve düşme; deniz, göl ve vadi kenarlarındaki yalıyarlardan, mağara tavanlarından veya yüksek dağların dik yamaçlarından belli bir toprak kütlesinin, büyük ya da küçük kaya parçalarının kopup serbest olarak düşmesidir. Düşmenin esas nedeni; topuk oyulmalarının, çatlak ve kırıklarda birbirini izleyen donma-çözülme olaylarının, hidrostatik basınç sonucu genişleme ile yer çekimi etkisinin bağlayıcı etkilerden daha büyük hâle gelmesidir.

Akma ve kayma; toprak ya da taş-toprak karışımı ayrışmış yüzey örtüsü, içerisinde bulunan su miktarına göre bazen bir sıvı gibi akar, bazen de çok yavaş bir şekilde sürekli yer değiştirir ve bu süre içinde alttaki zeminde deformasyon oluşur. Akma hareketi hızlı olduğu zaman akan malzemenin türüne göre olay; kaya-blok akması ya da blok kayması, moloz akması, çamur akması gibi adlar alır. Moloz akma hareketinin çığ hareketi hızıyla yukarıdan aşağıya dökülmesi moloz çığı olarak adlandırılır (Resim 1.17).

a) Kaya düşmesi **b)** Blok çökmesi

Resim 1.17(a, b): Yola kaya düşmesi ve deniz kıyısında blok çökmesi

Yavaş akma (krip) ya da sürtünme; yamacın ya da şevin yüzey örtüsünün sürekli fakat çok yavaş (yılda birkaç cm kadar) bir şekilde, yamaç eğimi yönünde hareket etmesidir. Bu hareket bloktan silt ve kile kadar her çaptaki malzemede görülebilir. Krip altındaki tabakalarda deformasyon yani hareket yönünde eğilme-bükülme; üstteki ağaçlar, telefon direği vb. malzemelerde de eğilme görülür. Toprakla örtülü yamaçlardaki kripe **toprak kripi** denir.

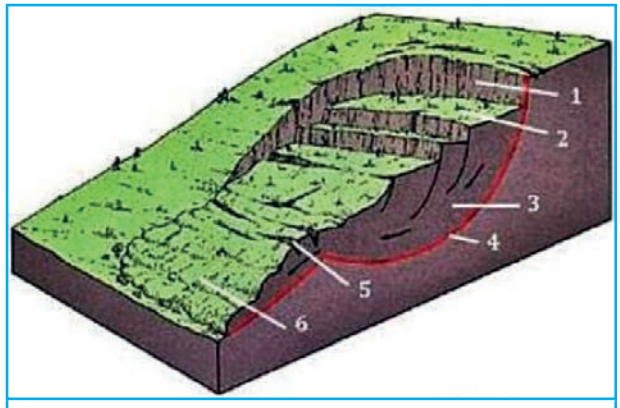
Resim 1.18'de, üst kenarda okla gösterilen alandan Kuzey Anadolu Fayı geçmektedir. Bu çevrede görülen kütle hareketlerinin oluşumunda, belirtilen fay üzerinde meydana gelen depremlerin etkisinin olduğunu söylemek mümkündür.

Resim 1.18: Refahiye Çukuryazı köyü yakınında çamur akması

Ayrışmamış sağlam zeminlerde ve sıkışabilme katsayısı düşük olan kayaçlarda krip çok azdır. Kripin ana nedeni yer çekimidir. Fakat yer altı suları, birbiri ardına ıslanma-kuruma, donma-çözülme gibi nedenler de vardır. Yamaçlardaki yerli kayalardan belirli bir kütlenin alttaki zeminle kohezyonunun kopması sonucu blok hızlı hareket ederse kaya kayması, yavaş hareket ederse kaya kripi hareketi meydana gelir. Özellikle donma-çözülme etkisiyle yamaçtaki gevşek örtünün oluşturduğu kripe **soliflüksiyon** (bir tür toprak kripi) denir. Bu tür akmalar daha çok soğuk iklim bölgelerinde görülmektedir.

Az eğimli arazilerde de oluşabilir. Hareketin oluşmasında donma-çözülme sırasındaki hacim değişikliklerinin etkisi esastır. Malzeme içinde su miktarının fazla olması durumunda hızlı akma olayları meydana gelir. Suyun artması dışında darbe ve titreşim etkisi ya da boşluk basıncının çoğalması, yüzeyindeki gevşek örtünün aşağı akma hızını arttırır.

Toprak, taş ya da bunların karışımından oluşan bir zeminin ya da çeşitli kayaçların, bir yüzey üzerinde, aşağıya ve dışarıya doğru, beş on saniye gibi çok kısa sürede hareket edip durması biçiminde meydana gelen kütle hareketlerine heyelan adı verilir. Heyelanlarda heyelan aynası (kopma yeri), kayma düzlemi, kayma kaması; çökme, kabarma, akma ve topuk bölgeleri bulunur. Ayrıca enine boyuna çatlaklar ve büyük heyelanlarda heyelan gölleri meydana gelebilir (Şekil 1.30).



1. Heyelan ana aynası ve hemen üzerindeki heyelan taç kısmı
2. Heyelan tepesi **3.** Kayan kütle **4.** Dairesel kayma yüzeyi
5. Heyelan çatlakları (yarıkları) **6.** Heyelan topuk (yığılma)

Şekil 1.30: Dönmeli bir heyelanın öğeleri

Türkiye'de deprem, ani ve şiddetli yağışlar, ani sıcaklık değişiklikleri ile yanlış arazi kullanımı sonucu heyelan kaynaklı afetler yaşanmaktadır. Uzun süreli ve bol yağışın etkili olduğu nemli iklime sahip yörelerimiz, heyelanların çok sık ve yaygın olarak görüldüğü yerlerdir. Özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde sellerin afete dönüşerek can ve mal kayıplarının artmasına en büyük sebep heyelanlardır.

Seller heyelanlara neden olurken heyelanlar sellerin tahrip gücünü artırmaktadır. Bu durumda taşkın boyutları da artmakta, can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yanlış arazi kullanımları ve plansız yapılaşmalar nedeniyle heyelan kaynaklı afetler görülmektedir.

Şevlerde tabakaların içe doğru bükülüp kopup devrilmesi şeklindeki hareketlerine **devrilme** denir. Bükülme devrilmesi ve blok devrilmesi gibi çeşitleri vardır.

Gevşek veya kaya zeminlerde, altta herhangi bir nedenle boşalma olduğu takdirde ya da üste zeminin taşıyabileceğinden fazla ağırlık yüklenmesi durumunda, düşey olarak aşağı doğru meydana gelen harekete **çökme** denir. Yer altındaki tuzlu ve karbonatlı kayaçların erimesi ve oluşan mağara tavanların çökmesi ile hızlı bir çökme, yer altından fazla su çekimi veya zemine büyük bir bina yüklenmesi durumunda ise yavaş çökme görülebilir. Yapıların bulunduğu alanlarda zeminle birlikte yapıların yavaş yavaş çökmesine **oturma** denir.

1.3.2.10. Diğer Etkenler

Bitkilerin ve bazı kaya oyucu hayvancıklarla yer altında yaşayan hayvanların jeolojik ayrışmaya doğrudan ya da dolaylı, ancak sınırlı etkileri vardır. Geniş alanları örten orman ağaçlarının köklerinin ayrışmaya katkıları önemli boyutlara ulaşabilir. İnsanların doğaya yaptıkları müdahalelerin genel olarak az ya da çok, doğrudan ya da dolaylı yoldan ayrışma, aşınma ve birikme olaylarına etkileri görülür. Baca gazları, fabrika gazları, termik santral gazları gibi gazların kimyasal ayrışmaya etkileri olmaktadır. Maden ve kömür işletmeleri, taş ve kum ocakları, yol, tünel, baraj inşaatları gibi yapılaşmalar ve faaliyetler doğada kimi küçük kimi büyük sorunlar ortaya çıkarmaktadır.

SIRA SİZDE

Yerküre'nin dış katmanında meydana gelen, yerkabuğunu değişikliklere uğratan ve enerji kaynağı Yerküre'nin dışında meydana gelen jeolojik dış olaylar nelerdir? Sıralayınız.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

1.4 UYGULAMA

4 (4) DERS SAATİ

JEOLOJİK DIŞ OLAYLARIN ETKİLERİ

Bu çalışmanın amacı, jeolojik dış olayların etkileri ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Jeolojik dış olayların etkileri uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetimi ve rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Aşağıda Türkiye'deki jeolojik olaylardan sel, heyelan ve çamur akmasına ait yıllar ve olayların gerçekleştiği belli başlı yerler verilmiştir.

- 1929 yılında Trabzon ile Rize sınırında yaşanan heyelan
- 1981 yılında Rize Pazar ilçesindeki sel
- 1983 yılında Rize Pazar ve Fındıklı ilçelerindeki sel
- 1988 yılında Trabzon Maçka ilçesi Çatak Mahallesi'ndeki heyelan
- 1990 yılında Rize Çamlıhemşin ilçesindeki sel
- 1995 yılında Isparta'nın Senirkent ilçesindeki moloz çamur akması
- 1996 yılında Trabzon Of ilçesindeki sel
- 1995 yılında Sivas Koyulhisar ilçesindeki heyelan
- 2009 yılında İstanbul ve Tekirdağ'ı etkileyen sel
- 2010 yılında Rize Gündoğdu beldesindeki heyelan
- 2021 yılında Bartın, Sinop ve Kastamonu'daki heyelan ve seller

İstenenler

1929-2021 yılları arasında gerçekleşen yukarıda verilen sel, heyelan ve çamur akmasının meydana geldiği bölgelerin jeolojik yapısını, vermiş oldukları tüm hasarları, hasarların nedenlerini içeren raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda sel, heyelan ve çamur akmasıyla ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızı sel, heyelan ve çamur akmasıyla ilgili bilimsel verileri kullanarak yorumlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının meydana geldiği bölgeler araştırılır.
2. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının meydana geldiği bölgelerin jeolojik yapısı ile ilgili bilgiler araştırılır.
3. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının bölgenin jeolojik yapısında meydana getirdiği deformasyonlar araştırılır.
4. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının meydana geldiği bölgedeki fay hatları araştırılır.
5. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının büyüklükleri araştırılır.
6. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının şiddetleri araştırılır.
7. Her bir depremin insanlara verdiği can kayıpları araştırılır.
8. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının evcil ve evcil olmayan diğer canlılara verdiği kayıplar araştırılır.
9. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının konut, iş yeri, barınak vb. yerlere verdiği hasarlar araştırılır.
10. Her bir sel, heyelan, çamur akmasının verdiği hasarların nedenleri araştırılır.
11. 1929-2021 yılları arası meydana gelen sel, heyelan, çamur akmasına ait rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının meydana geldiği bölgeleri araştırdınız mı?		
2	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının meydana geldiği bölgelerin jeolojik yapısı ile ilgili bilgileri araştırdınız mı?		
3	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının bölgenin jeolojik yapısında meydana getirdiği deformasyonları araştırdınız mı?		
4	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının meydana geldiği fay hatlarını araştırdınız mı?		
5	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının büyüklüklerini araştırdınız mı?		
6	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının şiddetlerini araştırdınız mı?		
7	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının insanlara verdiği can kayıplarını araştırdınız mı?		
8	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının evcil ve evcil olmayan diğer canlılara verdiği kayıpları araştırdınız mı?		
9	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının konut, iş yeri, barınak vb. yerlere verdiği hasarları araştırdınız mı?		
10	Her bir sel, heyelan, çamur akmasının verdiği hasarların nedenlerini araştırdınız mı?		
11	1929-2021 yılları arası meydana gelen sel, heyelan, çamur akmasına ait raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Ülkemizi etkileyen büyük levhaların hareketlerini araştırınız.
- Araştırmanızı görsellerle destekleyerek sunum haline getiriniz ve sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.5. BÖLGELERİMİZİN JEOLOJİK YAPILARI

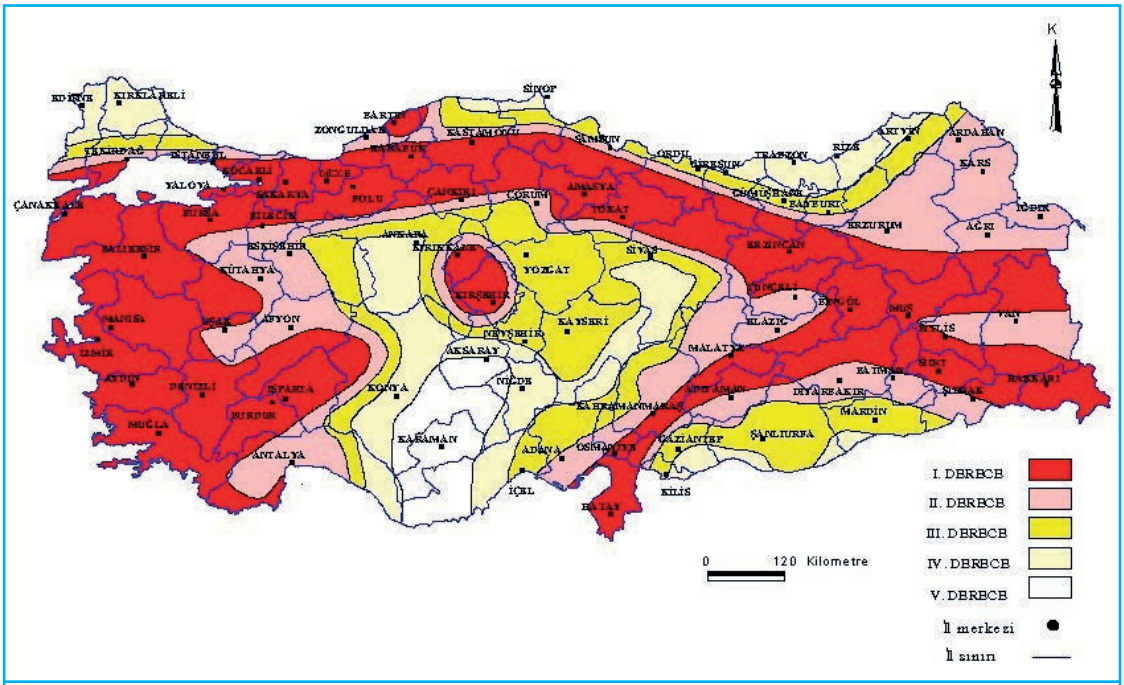
Türkiye, Alpin kıvrım kuşağı içinde olup bu kuşağın genel nitelikleri yanında kendine has jeolojik özellikleri de barındırmaktadır. İklim şartlarının ve bitki örtüsünün etkilediği bu özelliklerin başında, Anadolu kara parçasının coğrafî-jeolojik konumu gelmektedir. Kuzeyde Avrasya (Avrupa-Asya) ve güneyde Afrika (Arabistan) kıtaları arasında bulunan ülkemizin jeolojisi, bu iki eski kıtanın sürekli hareketlerine ve bu kıtalar arasında yer almış olan Eski ve Yeni Tetis Denizi'nin jeotektonik evrimine bağlı olarak gelişmiştir. Bu nedenle ülkemiz Alpin sıradağlarının, özellikle Tetis kuşağının, jeolojik-tektonik gelişmesinde etken olan levha hareketlerinin ayrıntılı olarak incelenebileceği, bu hareketlerin tarihsel evriminin kesinlikle açıklığa kavuşturulabileceği, başka bir deyişle jeotektonik olayların sağlam verilere dayalı olarak yorumlanabileceği bir bölge durumundadır.

Yerküre üzerinde oluşan depremlerin büyüklüğü ve neden oldukları zararlar göz önüne alındığında iki ana deprem kuşağı en çok ilgi çeken bölgelerdir. Bunlardan biri Büyük Okyanus'u çevreleyen ve özellikle Japonya üzerinde etkili olan Pasifik Deprem Kuşağı, diğeri ise Cebelitarık'tan Endonezya adalarına uzanan ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz-Himalaya Deprem Kuşağı'dır. Türkiye'nin bulunduğu bölgede büyük levhalar arasında küçük birçok levhanın olması, Türkiye'nin büyük bir bölümünün deprem kuşağı içinde yer almasına neden olur. Türkiye, üç büyük levhanın etkisi altındadır. Avrasya, Afrika ve Arap levhaları. Anadolu'nun büyük bir kısmının yer aldığı Anadolu levhası, Avrasya levhasının küçük bir bölümüdür (Şekil 1.31).

Şekil 1.31: Türkiye'nin hareket halindeki levhalar arasındaki konumu

Bu levhalar arasındaki etkileşim şöyledir: Afrika levhası, Akdeniz'de Helenik-Kıbrıs Yayı denilen bölgede, Avrasya (veya onun bir parçası olan Anadolu) levhasının altına doğru gelir. Arap levhası ise Kızıldeniz'deki açılma nedeniyle kuzeye doğru hareket eder ve Anadolu levhasını sıkıştırır. Bu sıkıştırma sonucu Bitlis Bindirme Zonu (Bitlis Kenet Kuşağı) oluşmuştur.

Sıkıştırma halen sürdüğü için Anadolu levhası kuzey ve güneydeki fay hatları boyunca batıya doğru hareket etmektedir. Anadolu levhasının kuzey sınırının bir bölümünü **merkezi Gölcük olan 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi'nin** yaşandığı Kuzey Anadolu Fayı oluşturmaktadır. Güney sınırını ise Helenik-Kıbrıs Yayı ile Doğu Anadolu Fayı oluşturur. Arap levhasının sıkıştırması sonucu batıya kayan Anadolu levhasının sınırlarında ve Afrika levhasının Avrasya levhasının altına dalması sonucu Akdeniz'de ve Ege Graben Sistemi içerisinde depremler meydana gelir. Ancak Avrasya ve Arap levhalarının hareketlenmeleri ile sıkıştırmaları, hareketlenmeleri tamamen telafi edemediğinden İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde içsel deformasyonların oluşmasına neden olmakta ve bunun sonucunda depremler meydana gelmektedir. 6 Şubat 2023 tarihinde **Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremler** bu sıkıştırmalardan kaynaklanmaktadır (Şekil 1.32).



Şekil 1.32: Türkiye deprem bölgeleri haritası

Marmara Bölgesi Jeolojik Yapısı: Trakya'da Tekirdağ ve Gelibolu Yarımadası'nda çoğunlukla kireçtaşı, kumtaşı, fliş ve marn gibi tortul kayaçlar bulunmaktadır. Edirne'de çeşitli tortul kayaçlar, Istrancalarda metamorfik kayaçlar ve Kırklareli'de kireçtaşı yoğunluktadır. Trakya'da genellikle Üçüncü Zaman'a ait çakıllı, kumlu ve killi depozitler, marn, fliş, kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, şeyl ve kil gibi tortul kayaçlar yaygındır. Meriç ve Ergene ile bunların kolları boyunca uzanan şeritler halinde ve Trakya'nın batı ve güneybatısında eski göl yataklarında taze alüvyonlar vardır. İstanbul ve Kocaeli'nde çoğunlukla kireçtaşı, kumtaşı, fliş ve marn gibi tortul kayaçlar yer almaktadır. İzmit Körfezi ile İznik Gölü arasında ise anakaya her üç cinstendir.

İznik Gölü çevresinde fliş, marn ve konglomera bulunmaktadır. Güney Marmara ve adalarda çoğunlukla volkanik tüf, aglomera, andezit, granit, granodiorit ve diorit gibi püskürük veya mermer, kristalleşmiş kireçtaşı, şist, gnays, grovak ve fillat gibi metamorfik ve kireçtaşı, marn, dolomit, fliş, kumtaşı, konglomera, kil, kum ve çakıl gibi tortul kayaçlar yer almaktadır.

Karadeniz Bölgesi Jeolojik Yapısı: Bölgenin doğu kesiminde farklı (daha çok Üst Tebeşir ve Eosen) yaşlı bazalt, andezit, dasit, trakit, porfirit ve dolerit lav, tüf ve anglomeraları ile kiltaşı, kireçtaşı, fliş, marn ve metamorfik kayaçlar yaygındır.

Bölgenin batı kesiminde Üst Tebeşir veya Eosen yaşlı çeşitli püskürük ve metamorfik kayaçlar ile değişik yaşlardaki kireçtaşı, kiltaşı, kumtaşı, marn, marnlı kireçtaşı, fliş, konglomera, alçıtaşı ve yaşlı alüvyon gibi gevşek tortullar hâkimdir. Çarşamba ve Bafra ovaları ile daha küçük ovalarda 4. Zaman'a ait depozitler bulunmaktadır.

Akdeniz Bölgesi Jeolojik Yapısı: Akdeniz Bölgesi'nde sert, kristalli veya yumuşak kireçtaşı, marn, kiltaşı, kumtaşı, kireçli kil, traverten, diğer kireçli depozitler, konglomera ve çakıllı depozitler gibi tortul kayaçlar, bazalt ve volkan külü gibi dış püskürükler ve granit gibi iç püskürükler ile mermer, serpantin, şist ve killi şist gibi metamorfik kayaçlar yer almaktadır. Seyhan ve Ceyhan nehirleri ile Berdan Çayı'nın getirdiği alüvyonlardan oluşmuş olan Çukurova'da, Amik, Kahramanmaraş ve Silifke ovalarında genç alüvyonlar bulunmaktadır.

Ege Bölgesi Jeolojik Yapısı: Bölge'de daha çok kiltaşı, (çoğunlukla 3. Zaman'a ait) yumuşak kireçtaşı, marn gibi kil ve kireççe zengin tortul kayaçlar, konglomera, çakıllı depozitler ve molozlar, sertleşmiş tüfler, volkan külleri gibi dış püskürük veya mermer ve diğer metamorfik kayaçlar bulunmaktadır. Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Akarçay ırmakları ile bunların kolları boyunca uzanan geniş ovalarda Kınık, Bergama, Çivril, Simav, Kütahya, Altıntaş, Afyon ve Bolvadin ovaları ile daha küçük birçok ovada veya ince şeritlerde genç alüvyonlar yer almaktadır.

Doğu Anadolu Bölgesi Jeolojik Yapısı: Bu bölge daha çok 4. Zaman'a ait kireçtaşı, marn ve kiltaşı, kumtaşı, konglomera ve fliş gibi tortul kayaçlar; Ağrı ve Muş illerinin Van ve Bitlis'e komşu kısımlarında olduğu gibi volkan külü ve yumuşak tüfler, bazalt ve başka bazı püskürük kayaçlar ile serpantin, şist ve gnays gibi metamorfik kayaçlardan oluşmuştur.

Bölgede Iğdır, Erzincan, Erzurum, Pasinler, Muş, Elazığ, Malatya, Ağrı, Doğubeyazıt, Muradiye, Çaldıran, Özalp, Yüksekova ve benzeri alüvyal ovalarda genç alüvyonlar bulunmaktadır. Erzurum çevresinde, Erzincan ve Iğdır'ın Aralık ilçesinin güneyinde ve Tunceli'nin Ovacık ilçesinin kuzeyinde geniş alanlar halinde kolüvyum görülmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Jeolojik Yapısı: Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde genellikle kireçtaşı, marn, kiltaşı, kumtaşı, konglomera ve fliş gibi tortul, bazalt gibi volkanik lav ve agromeralar ve mermer, ofiolit şist, gnays, serpantin gibi metamorfik kayaçlar yer almaktadır. Akarsu vadilerinde genç alüvyonlar bulunmaktadır.

Orta Anadolu Bölgesi Jeolojik Yapısı: Bu bölgede kireçtaşı, marn, marnokalker, kiltaşı, konglomera, kumtaşı ve alçıtaşı gibi tortul kayaçlar; kireçli ve çakıllı gevşek depozitler; kireçli, çakıllı ve killi Neojen depozitleri ve 3. Zaman'a ait kireçtaşı gibi tortul kayaçlar bulunmaktadır. Konya'da kireçtaşı, kumtaşı ve kumlu depozitler, su ve yer çekimi ile oluşmuş bağlantısız depozitler ile daha çok esas itibariyle çok kireçli, killi ve fosilli 4. Zaman'a ait göl tortulları ve kuru kumlar (Karapınar) bulunmaktadır.

Niğde ve Aksaray'da da su ve yer çekimi ile oluşmuş bağlantısız depozitler görülmektedir. Ankara ve Nevşehir'de gri veya beyazımsı marn veya eski göl alüvyonu vardır. Nevşehir'de ayrıca volkan külleri ve lapilli bulunmaktadır. Bölgede alüvyonlar Kayseri, Yeşilhisar, Kırşehir, Derinkuyu, Ilgın ve Şereflikoçhisar dolaylarında; Akşehir ve Seyfe gölleri çevresinde ve ince şeritler halinde akarsu boylarında da görülmektedir. Bu bölgede bazı püskürük kayaçlar ile şist, mermer ve gnays gibi metamorfik kayaçlar yer almaktadır.

1.5.1. Türkiye'nin Jeolojik Özellikleri

Türkiye'yi de içerisine alan Alpin sıradağlar bölgesinde, Kuvaterner dışında kalan tüm stratigrafik seriler, Paleozoik, Mesozoik ve Tersiyer yaşlı formasyonlar, son 70-80 milyon yıl boyunca çeşitli orojenik evreler geçirmiş, dolayısıyla birkaç kez kıvrılmış, kırılmış, ileri derecede deforme olmuştur.

Türkiye'nin tektonik ana bölümleri aşağıda sırlanmıştır.

1. Kuzey Anadolu kıvrımları
2. Güney Anadolu kıvrımları
3. Ara masifler
4. Ara kıvrımlar
5. Kenar kıvrımları ve ön çukurluk
6. Önemli yeşil kayaç alanları
7. İçinde yeşil kayaçların fazla bulunduğu kıvrım kesimleri

Büyük orojenez devreleri için çok fazla kayaç çeşitleri ve fasiyes değişmeleri, orojenez devreleri arasındaki sakin zamanlar için devamlı ve türdeş stragrafik formasyonlar karakteristiktir. Türkiye'de, her jeolojik zamanda kabuk tabakası yer hareketleri ile değişime uğramıştır. Dağ oluşum hareketleri ile yükselen sahalar akarsularla sürekli olarak aşınmış ve buralardan taşınan materyaller çukur sahalarda, göllerde ve denizlerde birikmiştir. Birikmenin olduğu jeolojik devirde, o jeolojik devre ait araziler oluşmuştur.

1.5.2. Türkiye'de Jeolojik Zamanlarda Oluşan Değişimler

Türkiye'nin bulunduğu coğrafya; farklı jeolojik zamanlarda epirojenez, orojenez, deprem ve volkanizmanın etkisiyle şekillenmiştir. Ülkemiz, III. Jeolojik Zaman'dan sonra dikey ve yatay yerkabuğu hareketlerinden etkilenmiştir. Bunun sonucunda günümüzdeki dağ kuşakları, çöküntü alanları ve kırık hatlar oluşmuştur. Bu kırıklardan çıkan lavlar ve diğer volkanizma hareketleriyle volkanik kesimler oluşmuştur. Türkiye'nin bulunduğu yerkabuğu tabakası, hareket hâlindeki magmanın etkisiyle alçalma, yükselme ve kırılmaya uğramıştır. III. Jeolojik Zaman'ın ortalarından itibaren tektonik hareketlerin etkili olduğu ülkemizde Anadolu'nun büyük bölümü kara hâlini almıştır (Şekil 1.33). Daha sonra dış kuvvetler tarafından aşındırılarak hafifleyen bu kara parçası, III. Jeolojik Zaman'ın sonlarına doğru epirojenezle yükselmeye başlamıştır. Türkiye'nin coğrafi yapısında ortalama yükseltinin 1000 metreden fazla olması ve platoların geniş yer kaplaması bu durumun göstergesidir.

Şekil 1.33: III. Jeolojik Zaman Türkiye ve çevresinin tahmini görünümü

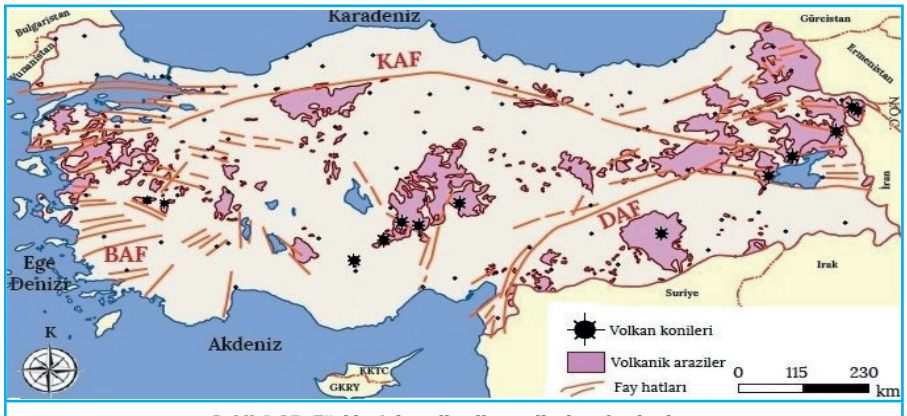
Türkiye'de epirojenik hareketler her yerde aynı şekilde meydana gelmemiştir. Anadolu Yarımadası genel itibarıyla yükselirken Karadeniz ve Akdeniz çökmektedir. Çukurova ve Ergene Ovası'nda biriken kalın tortul tabakalar bu ovaların çöküntüye uğradığını göstermektedir. Ege Denizi, İstanbul ve Çanakkale Boğazlarının oluşmasında da epirojenik hareketler etkili olmuştur. Türkiye, günümüzdeki görünümünü III. Jeolojik Zaman'da almıştır (Şekil 1.34).

Şekil 1.34: Türkiye ve çevresinin bugünkü görünümü

Orojenik hareketlerden fazlasıyla etkilenen Türkiye, ilk olarak I. Jeolojik Zaman'da meydana gelen Hersiniyen ve Kaledoniyen kıvrımlarından etkilenmiştir. Bu dönemde oluşan kıvrımlı yapılar, dış kuvvetlerin etkisiyle aşınarak zamanla sertleşmiştir. Sertleşmiş alanlara **masif arazi** adı verilir. Ülkemizdeki en etkili orojenik hareket, Alp Orojenezi Dönemi'nde meydana gelmiştir. Bu dağ oluşum dönemi, II. Jeolojik Zaman'da başlayıp III. Jeolojik Zaman'ın sonlarına kadar devam etmiştir.

Alp Orojenezi, Lavrasya ve Gondvana kıtalarının sıkıştırması sonucu Tetis Denizi'nde biriken tortulların su yüzeyine çıkmasıyla başlamıştır (Şekil 1.35). Bunun sonucunda Kuzey Anadolu Dağları ve Toroslar oluşmuş, Doğu Anadolu ise Arabistan levhasının kuzeye hareket etmesiyle sıkışarak yükselmiştir. Sıkışıp yükselen bu alanda yerkabuğu parçalanmış ve yer yer çöküntü alanları meydana gelmiştir. Erzurum, Erzincan, Muş, Elazığ ve Pasinler bu çöküntü alanlarında oluşan ovalara örnek verilebilir. Gerilmeye maruz kalan Batı Anadolu'da sert tabakaların kırılmasıyla kırık dağları, çöken alanlarda ise çöküntü ovaları oluşmuştur. Çöküntü alanlarına Gediz, Büyük ve Küçük Menderes ovaları; yüksekte kalan kütlelere ise Bozdağlar ile Yunt ve Aydın Dağları örnek verilebilir.

Türkiye, volkanik faaliyetler sonucu oluşmuş çeşitli yeryüzü şekillerine sahiptir. Bu yeryüzü şekillerinden volkan konilerine Doğu Anadolu'da yer alan Nemrut, Tendürek, Süphan, Büyük ve Küçük Ağrı dağları ile İç Anadolu'da yer alan Erciyes, Melendiz, Hasan Dağları, Karadağ ve Karacadağ örnek verilebilir. Ayrıca Güneydoğu Anadolu'da yer alan ve İç Anadolu'dakiyle aynı isme sahip olan Karacadağ volkanik yeryüzü şekilleri arasında yer almaktadır. Konya sınırları içerisinde yer alan Meke Tuzlası ile Nevşehir'de bulunan Acıgöl maar özelliği taşıyan yeryüzü şekillerindendir. Ayrıca Batı Anadolu'da (Kula/Manisa) volkanizmanın etkisiyle çok sayıda küçük volkan konisi, lav ve kül kalıntısı bulunmaktadır (Şekil 1.35).



Şekil 1.35: Türkiye'nin volkanik arazileri ve fay hatları

Türkiye'de meydana gelen tektonik hareketler sonucu bir taraftan eski faylar gençleşirken diğer taraftan yeni fay hatları oluşmuştur. Anadolu'nun sıkışması sonucu oluşan üç önemli fay hattı, yeni oluşum gösteren fay hatları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.35). Bu fay hatları;

- Batıda Saroz Körfezi'nden başlayıp doğuda Van'a kadar uzanan Kuzey Anadolu Fay Hattı'dır (KAF).
- Hatay'dan Van'ın doğusuna kadar bir yay çizerek KAF ile birleşen Doğu Anadolu Fay Hattı'dır (DAF).
- Ülkemizin batısındaki çöküntü alanlarını kapsayan Batı Anadolu Fay Hattı'dır (BAF).

Bunların dışında Türkiye'nin farklı bölgelerinde de irili ufaklı fay hatları mevcuttur. Deprem alanlarının beş bölgeye ayrıldığı Türkiye'de fay hatlarına yaklaştıkça deprem riski artmakta, fay hatlarından uzaklaştıkça da bu risk azalmaktadır. Ülkemizde az da olsa karstik sahalarda (Antalya, Konya vb.) etki alanı dar olan çöküntü depremlerine rastlanırken aktif volkanik faaliyetler görülmediği için volkanik depremlere rastlanmaz. Türkiye'nin bulunduğu alanda meydana gelen kırılmalar sonucu önemli depremler meydana gelmiştir. Örneğin Erzincan'da meydana gelen depremde (1939) genişliği 4 metreyi bulan ve Erzincan'dan Amasya'ya kadar uzanan 300 km'lik bir yarık oluşmuştur. Benzer şekilde Gölcük'te yaşanan depremde (1999) güneydeki parça 4 metre batıya kaymıştır. Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan depremlerinde (2023) Anadolu levhası 3 metre batıya kaymıştır.

Ülkemizdeki Doğu Anadolu Fayı ve Kuzey Anadolu Fayı'nın kırılması sonucu büyüklüğü 6.8 ve üzerinde olan depremlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

1. 26 Aralık 1939 tarihinde gerçekleşen Erzincan depreminin büyüklüğü: 7,9
2. 1 Şubat 1944 tarihinde gerçekleşen Bolu-Gerede depreminin büyüklüğü: 7,2
3. 30 Kasım 1983 tarihinde gerçekleşen Erzurum ve Kars depreminin büyüklüğü: 6,8
4. 17 Ağustos 1999 tarihinde gerçekleşen Kocaeli-Gölcük depreminin büyüklüğü: 7,4
5. 12 Kasım 1999 tarihinde gerçekleşen Düzce depreminin büyüklüğü: 7.2
6. 23 Ekim 2011 tarihinde gerçekleşen Van-Erciş depreminin büyüklüğü: 7,2
7. 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen Kahramanmaraş-Pazarcık depreminin büyüklüğü: 7,7
8. 6 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen Kahramanmaraş-Elbistan depreminin büyüklüğü: 7,6

Türkiye'de yeryüzünün şekillenmesi açısından iç kuvvetler önemli bir etkiye sahiptir. Ülkemizin sürekli hareket hâlinde olan Avrasya, Afrika ve Arabistan levhalarının karşılaşma noktasında yer alması da bu etkiyi artırmaktadır. Levhaların hareketleriyle sıkışan Anadolu levhası zayıf bölgelerinden kırılmakta ve fay hatları ile deprem riskini arttırmaktadır. Levhaların sürekli hareket hâlinde olduğu göz önünde bulundurulduğunda Türkiye'nin deprem riski altında olan bir coğrafyaya sahip olduğu bilinen bir gerçektir.

Ülkemizde jeolojik zamanlarda oluşan dört ana zaman öncesi Azoik (İlkel Zaman) Prekambriyen, Arkeen Devirleri başlıca olayları aşağıda sıralanmıştır.

1. Kıtaların çekirdek kısmını oluşturan en eski kıta çekirdekleri oluşmuştur.
2. Su yosunu (alg) türünden ilk bitkiler ortaya çıkmıştır.
3. Dönemin sonuna doğru soğuk bir iklim ve buzullaşma görülür.

Ülkemizde, Azoik (İlkel Zaman)-Prekambriyen ve Arkeen Devirleri sonrası jeolojik zamanlarda oluşan değişimler dört ana zaman olarak aşağıda ele alınmıştır.

1.5.2.1. Ülkemizde Birinci Jeolojik Zaman (Paleozoik)

Ülkemizde birinci jeolojik zamanda oluşmuş metamorfik ve tortul araziler bulunmaktadır. Bunlar; Trakya'daki Yıldız (Istranca) Dağlarında, Güneydoğu Toroslarda ve Batı Anadolu'daki Menderes masifinde yer alır. Bol yağışlı ve sıcak olan 1. Jeolojik Zaman'ın son devrinde (Karbonifer) gür ormanlar yetişmiş ve bitki kalıntılarının göllerde birikmesi ile Zonguldak civarında taş kömürü yatakları oluşmuştur. Türkiye'nin jeoloji haritası incelendiğinde metamorfik masiflerden, güncel alüvyon depolarına kadar bütün birimleri görmek mümkündür.

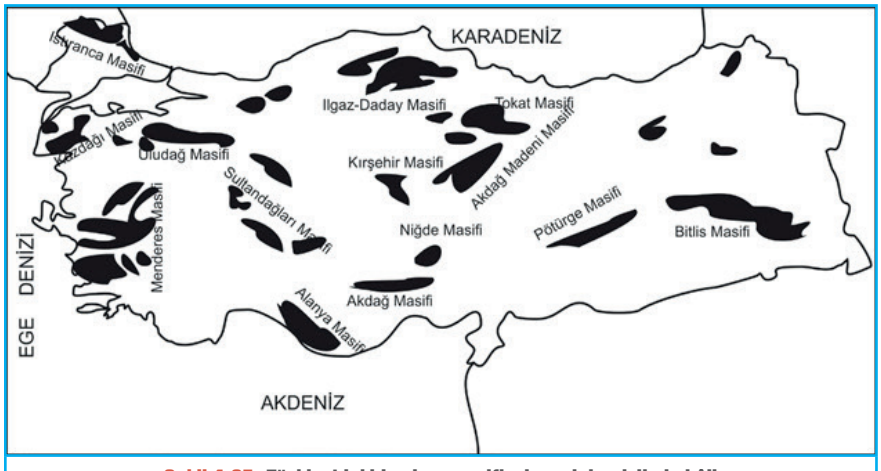
Türkiye'deki en eski arazileri oluşturan metamorfik masifler Prekambriyen'den (I. Zaman olan Paleozoik öncesinden) Tersiyer başlarına kadar çeşitli derecede metamorfizmaya uğramıştır. Bunlar batıdan doğuya doğru Istıranca, Kazdağ, Uludağ, Menderes, Sultandağ, Anamur, Ilgaz, Tokat, Akdağmadeni, Kırşehir, Niğde, Akdağ, Malatya ve Bitlis masifleridir (Şekil 1.36). Bu masiflerin büyük kısmı Paleozoik yaşlı metamorfik kayaçlardan meydana gelmektedir.

Şekil 1.36: Türkiye'deki Paleozoik arazilerin sadeleştirilmiş hâli

Türkiye'nin bir bakıma temel arazilerini oluşturan bu masiflerin temelinde ise metamorfizmaya uğramış olan gnays, şistler, milonit, kuvarsit ve mermer gibi kayaçlar bulunmaktadır. Fakat bu masiflerin yüzeyleri ise yer yer Tersiyer ve özellikle Neojen depoları ve Alp Orojenezi esnasında meydana gelen volkanik olaylar sonucunda volkanik kayaçlarla örtülmüştür. Türkiye'de masifler dışında Paleozoik kökenli arazilerin Çatalca-Kocaeli bölümü ve bu bölüm ile Zonguldak arasında, Toros Dağlarının yer aldığı kuşak üzerinde yayıldıkları görülmektedir (Şekil 1.37).

Mardin Derik, Sultan Dağlarının kuzey kesimi, Karadeniz Ereğlisi, Hakkâri'nin güneyi, Tufanbeyli-Sarız, Amanos Dağlarının orta ve kuzey kesimleri (Kambriyen), İstanbul Boğazı civarında Kurtköy ve Çamlıca ile Hazro antiklinali (Ordivisyen-Silüriyen), Eğirdir-Gazipaşa arasında, Bolkar ve Aladağlar arasında, Ağrı Dağı güneyi, Ahırdağı'nda (Maraş), Çatalca-Kocaeli yarımadasında (Devoniyen), Ankara civarında, Gebze, Ereğli-Zonguldak-Amasra arasında (Karbonifer), Hacertum Dağı'nda (Diyarbakır), Bolkar, Aladağlar ve Bitlis masifi üzerinde (Permiyen) Paleozoik yaşlı kayaçlara rastlanmaktadır (Şekil 1.34). Türkiye'nin güneyinde daha yaygın olan Paleozoik formasyonları, yer yer önemli ölçüde Mesozoik ve Tersiyer formasyonları tarafından örtülmüştür. Bu bakımdan Paleozoik formasyonları, Paleozoikten beri su dışında kalan alanlarda ve bunları örten arazilerin aşındıkları-sıyrıldıkları alanlarda gözlenebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen Paleozoik yaşlı araziler (Şekil 1.37) kumtaşı, şeyller, kuvarsit ve dolomitik kireçtaşı (Kambriyen), arkoz, kumtaşı ve kuvarsitler (Ordivisyen-Silüriyen), dolomitik kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı, killi şistler, silttaşı, şeyl ve grovak, kuvarsit, kumtaşı (Devoniyen), bol bitki fosilli ince taneli gölsel tortullar, kömür, alacalı şist ve kumtaşı (Karbonifer), şeyl, grovak, dolomit ve kristalize kireçtaşları (Permiyen) gibi kayaçlardan meydana gelmektedir.



Şekil 1.37: Türkiye'deki başlıca masiflerin sadeleştirilmiş hâli

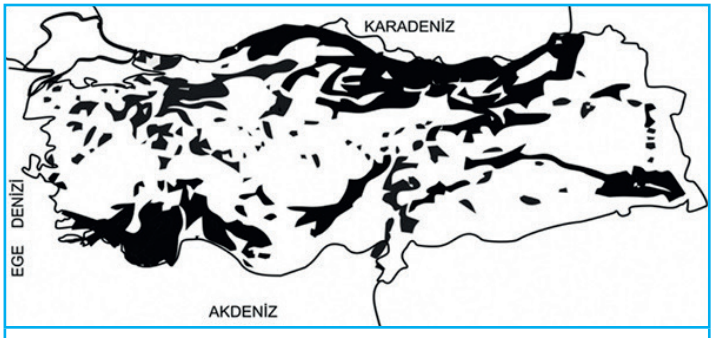
Paleozoik (1. Zaman)-Perm, Karbon, Devon, Silür, Kambriyum Devirleri Başlıca Olaylar

- Hersinyen ve Kaledoniyen sıradağlar oluşmuştur.
- Kıtalar genişlemeye başlamıştır.
- Zonguldak ve çevresinde taş kömürü yatakları oluşmuştur.

1.5.2.2. İkinci Jeolojik Zaman (Mesozoik)

Türkiye'nin büyük bir bölümünde, özellikle Anadolu'nun kuzey ve güney kesimlerinde Tetis Denizi yer almaktaydı. Akarsuların taşıdığı killi ve kireçli materyaller bu denizde birikmiş ve deniz tabanına magmadan gelen lavlar yayılmıştır. Daha sonraki yer hareketleri ile bu birikintiler kıvrılarak Kuzey Anadolu ve Toros dağ kuşaklarını oluşturmuştur. Kuzey Anadolu'daki denizin sığ yerlerinde ise kumlu ve kireçli malzemelerin birikmesi sonucunda Samsun ile Zonguldak arasında kumlu ve kireçli tabakalar, doğu kesiminde ise tortullarla birlikte, volkanik kökenli oluşumlar yer almıştır. Türkiye'de Mesozoik (II. Zaman) bir transgresyon (deniz ilerlemesi) ile başlar. Bu dönemde Anadolu önemli ölçüde Tetis Denizi tarafından işgal edilmiş ve geniş alanlara yayılmıştır.

Böylece Tetis jeosenklinali karbonatlı ve flişimsi malzemelerle dolmuştur. Bunun yanında deniz tabanı yayılması sonucunda ultrabazik volkanikler de Tetis jeosenklinaline yayılmıştır. Günümüzde Türkiye'nin çeşitli yerlerinde karşılaştığımız yeşil renkli, alacalı, yüzeyi parlak ve cilalı yüzeyler gösteren Serpantinler, Mesozoik'te meydana gelen deniz altı volkanizması esnasında ultra-bazik kayaçların hidratasyona uğrayarak kaya içinde genişleme ve yer değiştirmeleri, bünyelerine su almaları ve kaymalar ile meydana gelmiştir (Şekil 1.38).



Şekil 1.38: Türkiye'deki başlıca Mesozoik araziler

Türkiye'de Mesozoik yaşlı arazilere (Şekil 1.38); Kocaeli-Şile-Gebze, Milas, Bodrum'un doğusu, Kerme Körfezi'nin kuzeyinde, Adana'dan Aladağlara kadar olan sahada, Güneydoğu Anadolu'da Hazro'da, Hakkâri ile Irak sınırı arasında, Cudi Dağı'nda (Trias), Marmara güney sahil bölgesi, Manyas Gölü çevresi, Bilecik'te, Amasya'da, Gümüşhane'de, Bayburt'un doğusundan Çoruh'un güneyine kadar olan alanda, Çeşme'de, güneyde Beyşehir, Seydişehir ve Akseki'de, Munzur Dağlarında, Hakkâri'nin güneyinde (Jura), Mudanya'nın batısında, Beypazarı-Nallıhan'ın kuzeyinde, Bolu'nun güneyinde, Abant Gölü ve Göynük'ün kuzeyinde, Zonguldak'ta, daha doğuda Ilgaz-Kurşunlunun kuzeyinde, Şebinkarahisar'ın güneydoğusunda, Bayburt'ta ve daha doğuda Tortum'un kuzeyinde, Karaburun'da (İzmir), Alanya-Gazipaşa'nın kuzeyinde, Torosların yüksek kesimlerinde, Göksu vadisinde, Istırancaların kuzeydoğusunda, İstanbul'un kuzeyinde, Samsun'un doğusunda, Amanoslarda, Adıyaman ve Malatya çevresinde (Kretase) rastlanmaktadır.

Türkiye karasına ait jeolojik birimleri gösteren harita (Şekil 1.38) incelendiğinde Türkiye'nin hemen her kesiminde Mesozoik oluşumlara rastlamakla beraber özellikle Anadolu'nun iki önemli sıradağ kuşağını oluşturan Kuzey Anadolu Dağları (Pontidler) ile Torosların (Toridler) büyük bir kısmının Mesozoik oluşumlardan meydana geldiği görülmektedir. Özellikle Kuzey Anadolu Sıradağlarının büyük bir kısmı (Kretase) yaşlı olduğundan bu dağ sırasına jeologlar arasında Kretase Dağları da denilmektedir.

Türkiye'de Mesozoik sonlarında orojenik hareketlere bağlı olarak meydana gelen yükselmeler sonucunda deniz, bu dağlık kütlelerin kenarlarına çekilmeye başlamış ve böylece Tersiyer'de (III. Zaman'da) jeosenklinal alanlar daralarak oluklar halinde dağ kuşaklarının kenarlarında yer almıştır. Böylece Orta Anadolu'da sığ deniz ve kara ortamı, Anadolu'nun irili ufaklı tektonik havzalarında ise göl ortamı şartları ortaya çıkmıştır. Bu durum Anadolu'da sedimantasyon döneminin başlamasına ve bu çökelme havzalarında binlerce metre kalınlıkta tortullarla volkanik malzemenin birikmesine neden olmuştur. Bu malzemelerin büyük kısmını sığ deniz tortuları oluştururken az bir kısmını lagünel ve karasal tortullar ile volkanik tüf ve lavlar oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin önemli linyit yatakları (Dodurga, Çeltek, Soma, Tunçbilek vb.), borat mineralleri (Kırka, Emet, Bigadiç vb.), Orta Anadolu'nun jips ve tuz yatakları, Trakya ve Adana havzalarındaki petrol ve doğalgaz birikimleri Tersiyer sedimentleri içinde yer almıştır.

Mesozoik (2. Zaman)-Kratese, Jura, Trias Devirleri Başlıca Olaylar

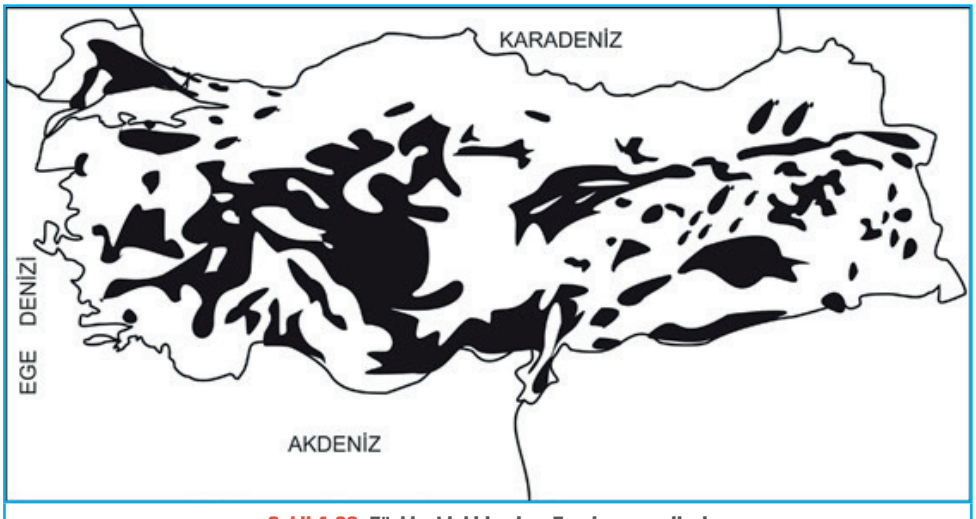
- İklim bölgeleri kısmen belirgin hale gelmiştir.
- Volkanizma çok zayıftır.
- Tektonik hareketler yok denecek kadar zayıftır.
- Yerkabuğu kırıklarla parçalanarak ayrı kıtalara bölünmeye başlanmıştır.
- Dinazor türü hayvanlar ortaya çıkmıştır.

1.5.2.3. Üçüncü Jeolojik Zaman (Tersiyer)

Bu zamanın başında Anadolu'nun büyük bir bölümü kara haline gelmiştir. Denizler Kuzey Anadolu, Trakya ve Toros dağ kuşaklarının alçak kısımlarında yer almıştır. Anadolu'ya sıcak ve kurak bir iklim hâkim olmuş ve Ankara-Çankırı-Sivas arası ile Kuzey Anadolu'daki kapalı havzalarda buharlaşma sonucu tuzlu ve jipsli tortullar meydana gelmiştir. Bu zamanın ortalarına doğru ise Alp dağ oluşum hareketleri ile Kuzey Anadolu ve Toros Dağları oluşmuştur. Üçüncü Jeolojik Zaman'ın sonlarına doğru Anadolu'nun iç kesimlerinde çökme olmuş ve çukur alanlar göllerle kaplanmıştır. Döneme sıcak ve yağışlı bir iklimin hâkimiyeti sonucunda gür ormanlar yetişmiş ve bu dönemde göllerde biriken organik maddelerden Soma, Aydın, Yatağan, Elbistan ve Beypazarı linyit yatakları oluşmuştur.

Güneydoğu Anadolu'da biriken tortullar ve organik maddeler, daha sonra meydana gelen yer hareketleri ile sıkışarak Adıyaman ve Siirt dolaylarında petrol yatakları meydana getirmiştir. Türkiye'de Tersiyer arazilerinin bu kadar geniş yer kaplaması trangresyon, regresyon olaylarının sık yaşanması yanında özellikle Oligosen'de Anadolu'da karasal koşulların hüküm sürmesi yine bu dönemde meydana gelen tektonik hareketlerle yakından ilişkilidir. Gerçekten de Tersiyer başlarında Eosen'de üç trangresyon yaşanmış, Oligosen'de Tetis Denizi'nin Anadolu ile bağlantısı kesilmiş, fakat Miyosen'de denizel ve gölsel ortam şartları yeniden hâkim olmuştur.

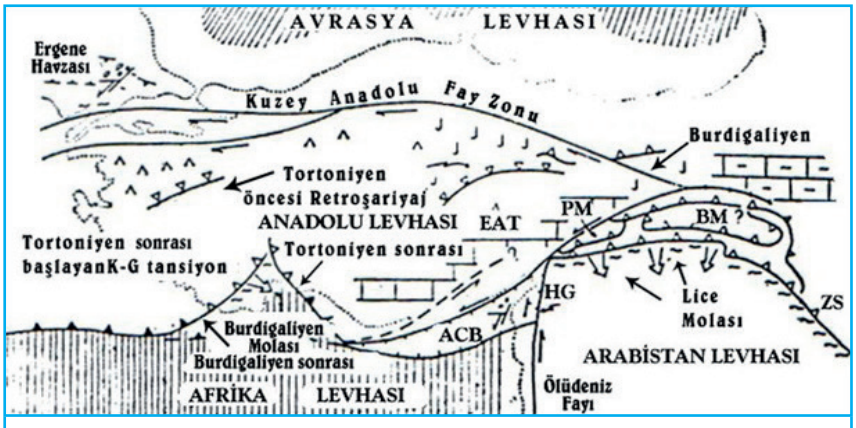
Böylece Türkiye'de geniş alanlarda, Tersiyer dönemine ait araziler meydana gelmiştir. Tersiyer'in Pliyosen adı verilen döneminde levhalar ve arasındaki çarpışma durmamış, Anadolu ve çevresi günümüz coğrafyasına hemen hemen benzer bir şekle gelmiştir. Levha hareketleri, Anadolu ve Ege'de yoğun tektonik olayların meydana gelmesine neden olmuştur. Kuzey Anadolu ile Doğu Anadolu'da önemli kırık hatlar oluşmuştur. Bu kırık hatlar Anadolu'yu günümüzde boydan boya bir deprem bölgesi hâline getirmiştir (Şekil 1.39).



Şekil 1.39: Türkiye'deki başlıca Tersiyer arazileri

Türkiye'deki Tersiyer arazilerinin büyük kısmı çöküntü havzalarında karşımıza çıkmaktadır. Batıda Trakya'da Ergene havzası, Orta Anadolu'da Haymana-Polatlı, Tuz Gölü, Kırşehir havzaları, Yerköy (Yozgat), Çankırı-Çorum havzasında Sungurlu yöresi, Ulukışla bölgesi, Doğu Anadolu'da Sivas-Hafik-Zara havzası, Darende-Balaban havzası, Tekman-Karayazı havzası, Muş-Hınıs-Malazgirt havzaları, Güneydoğu Anadolu'da Gaziantep-Şanlıurfa plato sahaları, Raman-Garzan petrol sahaları, Siirt-Midyat-Germav-Gercüş yöreleri daha çok Paleosen-Eosen ve Oligosene ait Tersiyer birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 1.39).

Bunun yanında Batı Anadolu'da Sarıkaya-Kırka, Emet, Bigadiç, Soma, Tunçbilek-Domaniç, Gediz, Uşak, Denizli, Yatağan, Akdeniz Bölgesi'nde Antalya, Mut, Silifke, Adana, Güneydoğu Anadolu'da Germik, Silvan Lice, Adıyaman, Siirt'in kuzey kesimlerinde ise Neojen (Miyosen-Pliyosen) yaşlı Tersiyer birliklerine rastlamak mümkündür (Şekil 1.40).



Şekil 1.40: Erken Miyosen Paleo-Tektonik haritası

Tersiyer (3. Zaman)-Pliyosen, Miyosen, Oligosen, Eosen, Paleosen Devirleri Başlıca Olaylar

- Sıcak ve yağışlı iklimler yaygındır.
- İklimler tekrar belirsizleşmiştir.
- Çok sayıda deniz ilerlemesi ve gerilemesi, volkanik faaliyetler ve depremler görülmüştür.
- Alporojenizi meydana gelmiştir.
- Atlas ve Hint Okyanusları belirmeye başlamıştır.
- Türkiye'de linyit, tuz, petrol ve borasit yatakları oluşmuştur.
- Bugünkü bitki ve hayvan türleri ana çizgileriyle ortaya çıkmıştır.

1.5.2.4. Dördüncü Jeolojik Zaman (Kuvaterner)

Bu zamanda Türkiye aşağı yukarı günümüzdeki görünümünü almıştır. Bu zamanın başlarında göllerle kaplı olan Ege Denizi'nin bulunduğu saha bloklar halinde çöküntüye uğrayarak Ege Denizi oluşmuş ve günümüze göre sıcak ve nemli olan iklim nedeni ile deniz seviyeleri yükselmiştir. Yaklaşık 20.000 yıl önce iklimde ortaya çıkan değişikliklerle soğuk ve yağışsız bir dönem ve Buzul Devri başlamıştır. Anadolu'nun yüksek kesimleri buzlarla kaplanmış ve deniz seviyeleri çok düşmüştür.

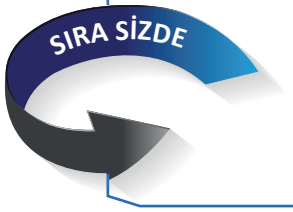
Sekiz bin yıl önce günümüz iklim koşulları oluşunca, deniz seviyeleri yükselmiş ve Akdeniz suları Ege üzerinden Karadeniz'e ulaşmıştır. Bu devirde meydana gelen volkanik olaylardan ötürü Ağrı, Süphan, Nemrut ve Erciyes dağları oluşmuştur. Türkiye'de Kuvaterner'e (IV. Zaman'a) ait araziler, daha çok kıyı kesimlerinde delta ovaları, çöküntü alanlarının kenar kısımlarında birikinti koni ve yelpazeleri ile çöküntü alanlarında kalın alüvyal depolar olarak karşımıza çıkar. Kuvaterner, volkanik sahalarda volkanik aktivite ile çevreye yayılan lav, tüf, aglomera, ignimbirit vb. volkanik unsurlarla temsil edilmektedir.

Türkiye'nin batısından doğusuna, güneyinden kuzeyine yer alan ovaların hemen hemen tamamında Kuvaterner'e ait dolgulara rastlamak mümkündür. Türkiye'nin batısındaki Büyük ve Küçük Menderes, Gediz, Bakırçay ovaları; kuzeyindeki Bursa, Adapazarı, Düzce, Çorum, Bafra, Çarşamba, Tokat, Erbaa-Niksar ovaları; Orta Anadolu'daki Konya, Karaman, Ereğli, Develi, Kayseri, Aksaray ovaları; güneyinde göller yöresindeki irili ufaklı ovalar, Silifke, Çukurova, Amik ovaları; güneydoğusundaki Harran, Suruç, Silopi ovaları; doğusunda ise Malatya, Uluova (Elazığ), Bingöl, Muş, Erzurum, Pasinler, Eleşkirt ovaları Kuvaterner'e ait alüvyal dolguların yoğun olduğu alanlar olarak gösterilebilir. Bunun yanında Kuvaterner'de önemli ölçüde volkanizma olayları da meydana gelmiş ve çıkan volkanik malzemeler geniş alanlara yayılmıştır.

Batı Anadolu'da Kula-Adalar arası, Elmadağ güneyi, Söke çevresi; Kuzey Anadolu'da Kızılcahamam, Şebinkarahisar-Alurca arası; Orta Anadolu'da Erciyes ve çevresi, Karadağ (Karaman) batısı, Tuz Gölü doğusu, Nevşehir-Ürgüp arası, Karapınar, Konya-Ereğli, Aladağ çevresi, Afyonkarahisar, Ayaş yöresi ve Akdağ (Kayseri-Sivas); Güney Anadolu'da Osmaniye-Yumurtalık arası, Isparta çevresi; Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da Karacadağ (Diyarbakır) ve çevresi, Van Gölü'nün kuzey ve kuzeybatı kesimleri, Nemrut Dağı çevresi, Erzincan, Doğu Beyazıt, Iğdır Ovası'nın güneyi, Pasinler çevresi ve Tunceli-Bingöl arası Kuvaterner'e ait volkanik malzemenin yayılış gösterdiği alanlardır. Bütün bunların yanında çeşitli moren depoları ve traverten taraçaları (Antalya ve Pamukkale gibi) Kuvaterner Dönemi'ne ait örtülerdir.

Kuvaterner (4. Zaman-Antropozoik)-Aluviyum (Holosen), Diluviyum (Pleistosen) Devirleri Başlıca Olaylar

- Kuzey Yarım Küre'nin önemli bir bölümünde buzullaşma görülmüştür.
- Günz, Mindel, Riss ve Würm olmak üzere 4 buzul devri yaşanmıştır.
- Denizler şu anki seviyesine ulaşmıştır.
- Eski medeniyetler meydana gelmiştir.
- Kültür bitkileri yetiştirilmeye başlanmış ve hayvanlar evcilleştirilmiştir.
- Epirojenik hareketler olan çökmeler ile İstanbul ve Çanakkale Boğazı, Egeid karasının çökmesi sonucunda ise Ege Denizi oluşmuştur.
- İnsanlar ve yaşamsal yapıları ortaya çıkmıştır.



Türkiye'de Üçüncü Jeolojik Zaman'ın başlıca olayları nelerdir? Sıralayınız.

1.5.3. Türkiye'nin Jeolojik Zamanlar Doğrultusunda Tektonik Özellikleri

Ülkemizdeki yeryüzü şekillerinin gelişimi Paleozoik'ten (I. Jeolojik Zaman'dan) başlayan ve günümüzde de devam eden orojenik ve epirojenik hareketlerin etkisi altındadır. Türkiye'yi etkileyen orojenik ve epirojenik olaylar ise güneydeki Arabistan ve Afrika levhalarının kuzeye doğru hareketlerinin etkisi altında gerçekleşmiştir. Kuzeye doğru hareket eden bu sert kütleler, bugünkü Anadolu'nun bulunduğu alana yerleşmiş olan jeosenklinallerdeki malzemenin kıvrılarak yükselmesi ile orojenik kuşakları oluştururken sıkışmanın kıvrılma hızından yüksek olduğu alanlarda kırılmalar, blok halinde yükselme ve çökmeler ile yırtılmalar meydana gelmiştir.

Güneydeki plakaların sıkıştırmasına bağlı olarak meydana gelen kırılma, parçalanma, blok halinde yükselme ve alçalma olayları büyük ölçüde orojenik kuşakların dışındaki sert kütleler (masifler) üzerinde meydana gelmiştir. Sıkışmaya bağlı gelişen bu olaylar yanında sıkışmanın devam etmesiyle başta orojenik kuşaklar olmak üzere toptan yükselme ve alçalma hareketleri (epirojenik hareketler) kendini göstermiştir. Bunlara ek olarak özellikle Miyosen'de meydana gelen yatay hareketlerle orojenik kuşaklardaki kütleler itilerek çeşitli şaryaj (bindirme) hatları ortaya çıkmıştır. Bu tektonik hareketler, Türkiye'nin bugünkü mevcut yeryüzü şekillerinin belirmesinde etkili olan tektonik hareketlerdir.

Ülkemizi etkileyen tektonik hareketler jeolojik zaman sırasına göre daha detaylı bir şekilde aşağıda ele alınmıştır.

Paleozoik'teki (I. Zaman) Tektonik Olaylar

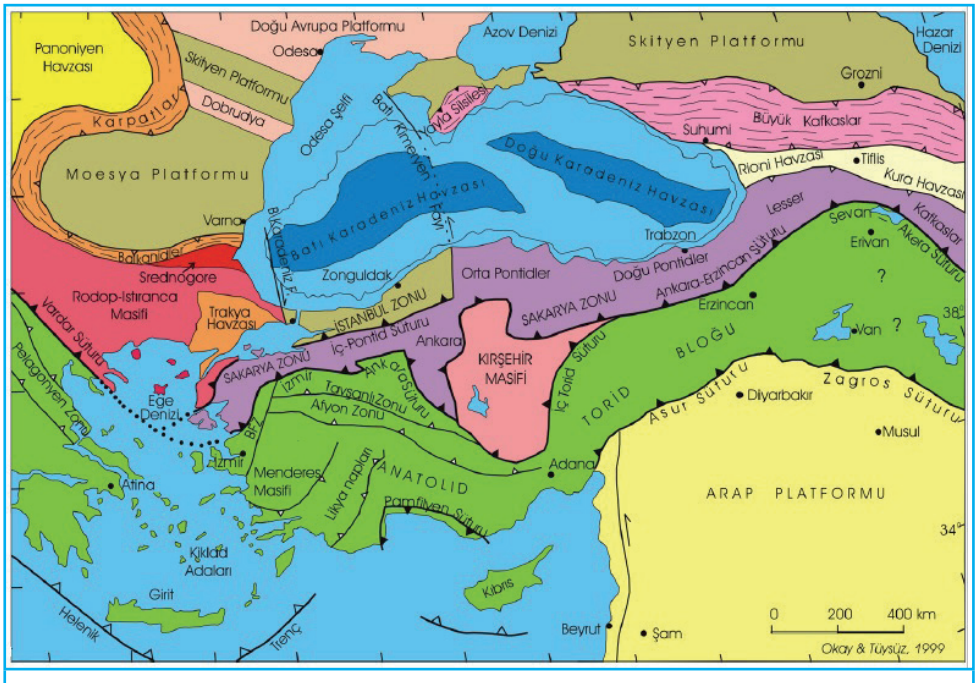
Türkiye'nin çekirdek arazilerinin oluştuğu Paleozoik'te (I. Zaman'da), kabaca Kambriyen'den Alt Devoniyen'e kadar devam etmiş olan Kaledoniyen ve Alt Devoniyen'den Üst Permiyen'e kadar devam etmiş olan Hersiniyen orojenezleri meydana gelmiştir. Türkiye'nin temelini oluşturan masifler büyük ölçüde Paleozoik yaşlı kayaçlardan meydana gelmiş ve Paleozoik'te meydana gelen tektonik olaylardan büyük ölçüde etkilenerek metamorfizmaya uğramıştır. Türkiye'deki masifler üzerinde Paleozoik'te meydana gelmiş olan Kaledoniyen ve Hersiniyen orojenezlerinin izlerini görmek mümkündür.

Örneğin Derik (Mardin) bölgesi ve Ilgaz masifi üzerinde Kaledeoniyen ve Hersiniyen orojenezlerinin izlerine rastlanırken Uludağ batoliti ile Istıranca masifinin temelindeki volkanik sokulumlar Hersiniyen orojenezi esnasında gerçekleşmiştir. Tektonik hareketlere bağlı olarak kırılmalara maruz kalmış Menderes masifinin çekirdek kısmı Kambriyen yaşlı iken, çekirdeği çevreleyen kılıf ise Hersiniyen orojenezi döneminde oluşmuştur.

Dolayısıyla Türkiye'de bulunan ve Türkiye'nin bugünkü şeklini almasında kalıp vazifesi görmüş olan masifler büyük ölçüde Paleozoik'teki Kaledoniyen ve Hersiniyen kıvrımları esnasında meydana gelmiş ve bu orojenez safhalarında meydana gelen sıkışmalara bağlı olarak, metamorfizmaya uğrayıp sertleşmiştir. Bu sert kütleler (masifler) Kaledoniyen ve Hersiniyen kıvrımlarının izlerini taşımakta olup Türkiye'nin temel arazilerini oluşturmaktadır.

Alpin Dönemdeki Tektonik Olaylar

Mesozoik'te bugünkü Kuzey Anadolu Dağları (Pontidler) ile Toroslar (Toridler), deniz tabanı yayılması veya açılması sonucunda Tetis Denizi tarafından işgal edilerek jeosenklinal halini almıştır. Bu jeosenklinal alanları bir taraftan çevreden taşınan malzemelerle dolarken diğer taraftan deniz altı volkanizmasına sahne olmuştur. Alp orojenezi ile beraber jeosenklinal alanındaki malzemeler kıvrılarak yükselmeye başlamış ve böylece Anadolu'daki kıvrımlı dağlar şekillenmeye başlamıştır (Şekil 1.41).



Şekil 1.41: Türkiye'nin Paleo-Tektonik birimleri

Türkiye'de Alpin dönemde oluşmuş en eski kıvrımlara, Pontidler (Kuzey Anadolu Dağları) üzerinde Kastamonu-İnebolu ve Boyabat-Sinop kesitlerinde rastlanmaktadır. Dolayısıyla Alp orojenezinin ilk safhası olan Üst Jura-Alt Kretase'de meydana gelen orojenik hareketler Kuzey Anadolu'da etkili olmuştur. Gerçekten de Üst Kretase-Paleosen arasındaki dönemde Kuzey Anadolu Dağlarının bulunduğu kesimde bir dalma batma zonu meydana gelmiş ve özellikle Doğu Karadeniz Dağlarının bulunduğu kesimde şiddetli volkanik faaliyetler başlamıştır.

Sıkışmanın devam etmesiyle bu alanda birikmiş olan tortullar ve volkanik malzemeler kıvrılarak su yüzeyine çıkmış ve Karadeniz ile güneydeki Tetis Denizi'nin bağlantısı kesilmiştir. Böylece Kuzey Anadolu Dağları Alp orojenezinin daha ilk safhasında oluşmuştur.

Alpin orojenezinin paroksizma (en şiddetli) safhası olan Oligosen'de jeosenklinal alanlarındaki malzemeler kıvrımlanarak yükselirken volkanik faaliyetler şiddetlenmiş ve Oligosen sonlarında Orta Anadolu'daki jeosenklinal yerini metamorfik kütlelere bırakmıştır. Daha güneyde Toroslar su yüzeyine çıkmıştır. Böylece Anadolu'da karasal ortam şartları hâkim olmuş ve aşınma süreçleri etkin hale gelmiştir. Bu aşınma süreçleri devam etmiş ve Alt Miyosen'de Anadolu'nun birçok kesiminde aşınım yüzeyleri meydana gelmiştir (Şekil 1.41).

Neotektonik 4. Dönem Tektonik Olaylar

Türkiye'nin yer şekillerinin meydana gelişinde en belirgin epirojenik hareketlerin rol oynadığı, günümüzde var olan depresyonlar ve yüksek dağların oluştuğu, Alpin kökenli kıvrımlı yapıları kesen veya onlara paralel uzanan birçok fay hattının ortaya çıktığı, düşey hareketlerin etkin olduğu ve bugünkü kıyıları şekillendiren hareketler Neotektonik dönem içinde ele alınmaktadır.

Bu dönemde Türkiye'nin doğusunda kıvrımlar, bindirme, açılma çatlakları, sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı faylar, batı kesiminde ise horst-graben şeklindeki kırıklı yapılar ile düşey atımlı faylar meydana gelmiştir. Paleotektonik ve Neotektonik, yapısal bir sınıflama olup tektonik olaylarda değişiklik meydana geldiği için devamsızdır. Türkiye'nin Alp-Himalaya orojenik kuşağı içerisinde yer alan ve Tetis Denizi'nin evrimi ile ilişkili olan Türkiye'nin Paleotektonik evrimi genelde, Permo-Triyas yaşlı Pangea'nın Lavrasya ve Gondwana kıtalarının birbirinden ayırmasıyla başlar. Neotektonik, son tektonik rejim değişikliğinden günümüze kadar devam eden, güncel veya aktif tektonik olayları içerir.

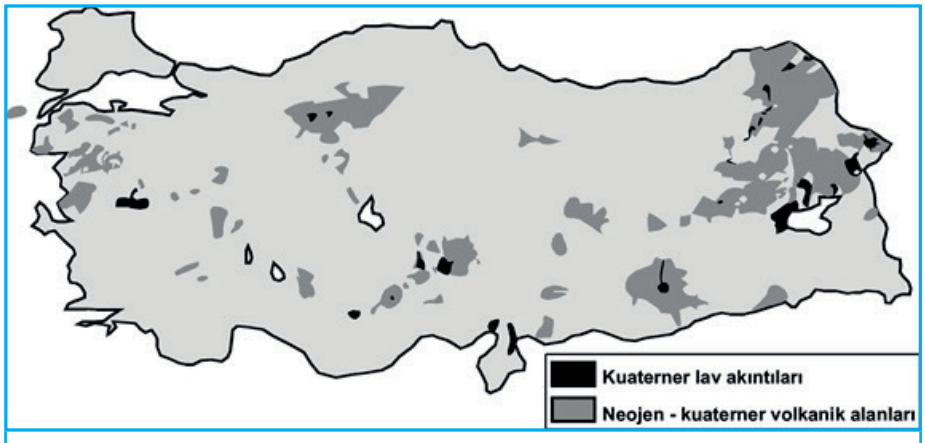
Türkiye'de Neotektonik Evre Anadolu

Arabistan çarpışması günümüzden yaklaşık 11 milyon yıl önce başlamıştır. Tetis Denizi'nin kapanmasından sonra Paleotektonik Dönem sona ermiş, Neotektonik Dönem başlamıştır. Türkiye'de Neotektonik Orta Miyosen'de okyanus tabanının kapanması ile Doğu Anadolu'da Arabistan-Avrasya-Anadolu kıta çarpışması ile başlamıştır. Bu sıkışma sırasında Doğu Anadolu'da kıta kabuğu iyice kalınlaşmış, sıkışma devam ettikçe kalınlaşma güçleşmiş ve Anadolu levhası batıya doğru kayma ve ilerleme eğilimine girmiştir.

Böylece Anadolu'nun kuzeyinde Doğu-Batı doğrultulu sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve güneyinden kuzeydoğusuna doğru sol yanal atımlı Doğu Anadolu Fayı (DAF) boyunca Anadolu levhası batıya doğru kaymaya başlamıştır. Meydana gelen bu faylar boyunca pull-apart (çek-ayır) ve dağ arası havzaları gelişmiştir. Marmara çukuru, İzmit Körfezi, Adapazarı, Düzce, Bolu, Tokat-Turhal, Suşehri ve Erzincan Ovaları Kuzey Anadolu Fayı boyunca ortaya çıkarken Antakya-Maraş grabeni, Malatya, Elazığ, Bingöl, Muş Ovaları ile Van Gölü havzası Doğu Anadolu Fayı boyunca meydana gelmiştir. Buna karşılık Anadolu'nun batısı gerilme hareketlerinin etkisine girmiş ve büyük ölçüde düşey atımlı normal faylanmalara maruz kalmıştır. Bu normal faylara bağlı olarak Anadolu'nun batısında horst-graben sistemleri gelişmiştir. Büyük ve Küçük Menderes, Gediz, Bakırçay grabenleri ile Menteşe, Aydın, Bozdağlar ve Yunt ve Madra Dağları (horstlar) oluşmuştur. Kuvaterner'de ise Egeid karası çökerek Akdeniz'in sularının işgaline uğramıştır. Böylece Ege Denizi de IV. Zaman'da (Kuvaterner) oluşmuştur.

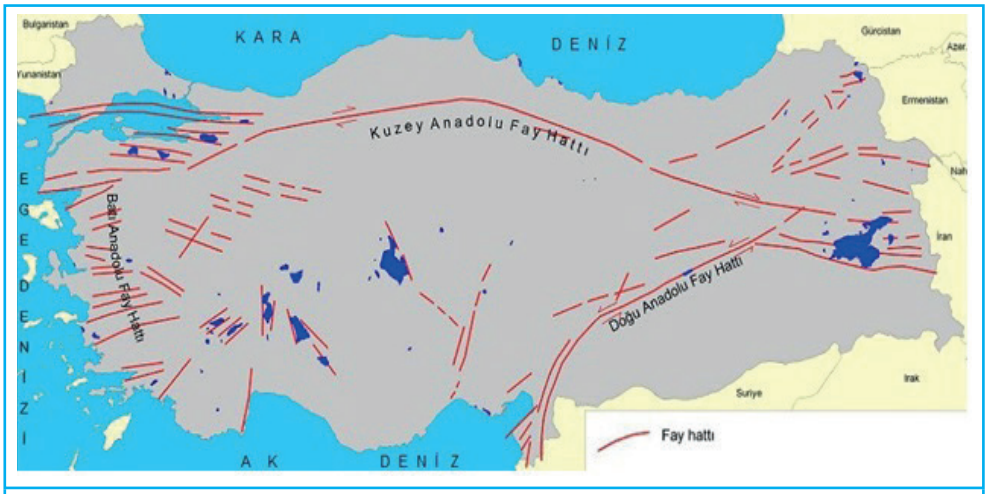
Neotektonik dönemde meydana gelen tektonik hatlar (fay) boyunca volkanik faaliyetler kendini göstermiştir. Eski volkanların bir kısmı yeniden aktifleşirken yeni volkanik sahalar ortaya çıkmıştır. Bu volkanik aktiviteler bazen yarıklar boyunca bazen de merkezi olarak püskürmüştür. Bunlar koni, dağ ve lav platoları şeklinde kendini göstermiştir. Böylece Türkiye'de kıtasal kabuk iyice kalınlaşmış ve Türkiye'nin ortalama yükseltisi daha da artmıştır.

Türkiye'nin en önemli yükseltileri olan Ağrı Dağı (5138 m), Süphan Dağı (4058 m), Erciyes Dağı (3916 m) ve Hasan Dağı (3268 m) Neotektonik Dönem'de bugünkü şekillerini almıştır (Şekil 1.42). Türkiye'de sıkışmaya bağlı olarak meydana gelen bölgesel yükselmeler ve çökmeler ile kırılmalar ve gerilmeler devam etmektedir. Çökmenin (torbalaşma, alçalma) en belirgin örnekleri subsidans havzalarında görülürken kırılmalar ve gerilmeleri, meydana gelen depremlerden anlamak mümkündür.



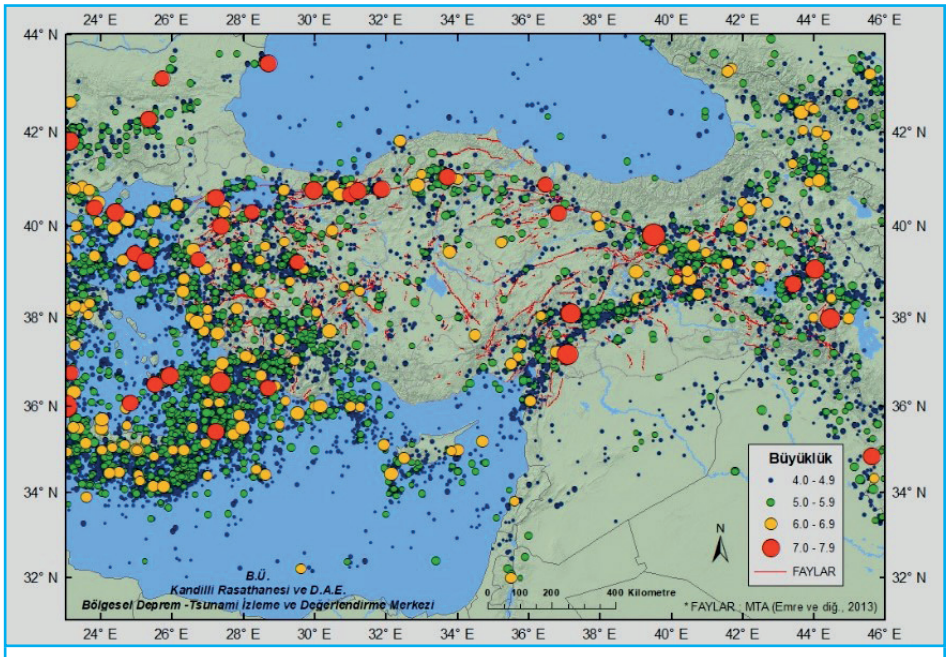
Şekil 1.42: Türkiye'deki volkanik arazilerin dağılışı

Türkiye'de Neotektonik Dönem'de epirojenik hareketler ve büyük bloklar halindeki alçalma olayları geniş alanlarda görülmeye başlamıştır. Özellikle kıyılardaki ve dağ aralarındaki sübsidans havzalarında çökmeler meydana gelirken orojenik kuşaklar ile aşınmaya uğrayan geniş sahalarda yükselmeler meydana gelmiştir. Örneğin Çukurova Deltası'nda biriken malzemenin fazlalığı nedeniyle torbalaşma (çökme-alçalma) meydana gelirken Toroslarda aşınmaya bağlı olarak bir yükselme (kubbeleşme) olayı yaşanmıştır. Benzer durumu Ergene havzasında görmek mümkündür. Öyle ki Ergene Ovası'nda çökmenin en fazla olduğu alanlar tortul tabakalarının en kalın olduğu yerlere karşılık gelmektedir. Bu durum Türkiye'deki diğer sübsidans havzaları için de geçerlidir (Şekil 1.43).



Şekil 1.43: Türkiye Diri Fay Haritası

Türkiye'de önem arz edebilecek tüm depremler tektonik kökenlidir. Türkiye'de bugüne kadar meydana gelmiş olan depremler KAF (Kuzey Anadolu Fayı), DAF (Doğu Anadolu Fayı) ve Ege Bölgesi'ndeki gerilme alanları boyunca yoğunlaşmıştır. Bu fay hatları aynı zamanda kaplıca-ılıca ve jeotermal kaynakların da yoğun olduğu alanlardır. Bu durum bu fayların hem yerin iç kısmı ile ilişkili hem de ne kadar diri olduklarının da açık kanıtıdır (Şekil 1.44).



Şekil 1.44: Türkiye'de 1900-02 Mart 2023 arası meydana gelen depremler

Türkiye'de Kuvaterner Jeomorfolojisi

Kuvaterner (VI. Zaman) en yeni evre ve aynı zamanda en kısa jeolojik çağdır. Pleistosen ve Holosen dönemleri olmak üzere ikiye ayrılan Kuvaterner, yaklaşık 2,588 milyon yıl kadar sürmüştür. Kısa bir jeolojik çağ olmasına rağmen kendine has özellikleri bulunmaktadır. Dördüncü Çağ olan Kuvaterner'de, Üçüncü Çağ'ın nispeten ılık ve değişmez karakterli iklimlerinden tamamen farklı olarak sıcak ve soğuk dönemler kısa sürelerle birbirini izlemiştir. Soğuk dönemlerde kutuplar ve dağlardaki buzullar genişleyerek aşağı enlemler ile çukur alanlara yayılmış ve yeryüzünün yaklaşık 1/4'ü buzullarla kaplı hale gelmiştir.

Yeryüzünün geniş kısımlarının buzullarla kaplı olduğu bu soğuk zamanlar Buzul Dönemleri, buzların azaldığı ve sıcaklıkların artmaya başladığı zamanlar ise Buzul Arası Dönemler olarak tanımlanmaktadır. Bu kısa süreli meydana gelen iklim değişiklikleri kara, deniz ve okyanuslardaki su seviyelerini belirlemede etkili olmuş, böylece kıyı çizgisini kontrol ederek fiziksel ayrışma ve biriktirme düzeylerini belirlemiştir. Bu dönemde çeşitli denizel ve akarsu taraçaları, çeşitli buzul ve karstik aşındırma ve biriktirme şekilleri, denizaltı kanyon ve vadi sistemleri, çeşitli kıyı ovaları ve kıyı şekilleri, farklı akarsu ağ sistemleri ile çeşitli aşınım yüzeyleri ortaya çıkmıştır.

Holosen'de günümüzden yaklaşık 10 bin yıl önce meydana gelen Flandriyen transgresyonu ile Türkiye'de kıyı çizgisi kabaca bugünkü görünümünü almıştır. Böylece kıyılarda aşınma ve biriktirme faaliyetleri bu son taban seviyesine göre şekillenmeye başlamıştır. Bu son deniz seviyesi yükselmesi (yaklaşık 90 m) ile Türkiye'nin batısında Ege Denizi kıyılarında enine kıyı (Atlantik tipi) tipi, Türkiye'nin güney ve kuzeyinde Akdeniz ve Karadeniz'de boyuna kıyı (Pasifik tipi) tipi ortaya çıkmıştır.

Aynı dönem içinde sığ olan kıyılarda delta ovaları (Çukurova, Asi, Bafra, Çarşamba, Büyük ve Küçük Menderes gibi), tombololar (Sinop, Marmara Ereğlisi, Belkıs-Kapıdağ, Bozburun ve Alanya gibi), lagünler (Karataş, Akyatan, Ölüdeniz, Küçük ve Büyük Çekmece, Terkos gibi), kıyı ovaları (Antalya, Gazipaşa gibi), kıyı kumulları ve kordonları gibi şekiller ortaya çıkmıştır (Şekil 1.45). Buna karşılık özellikle boyuna kıyı tipinin hâkim olduğu Karadeniz'de aktif ve ölü falezler ile kıyı taraçaları karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında bu kıyılar sular ile boğulmadan önce karada gelişmiş olan birçok akarsu vadisi Flandriyen transgresyonu ile sular altında kalmış ve derin deniz kanyonları ortaya çıkmıştır. Bu kanyonların en güzel örnekleri Karadeniz'dedir.

Şekil 1.45: Türkiye Yer Şekilleri Haritası

Kuvaterner'deki iklim değişmeleri, ülkemizin topoğrafyasının şekillenmesinde, bitkilerin yayılış alanlarının değişmesinde, toprak oluşumunda, insanların yerleşme ve yaşam koşullarında önemli ve köklü değişmeleri beraberinde getirmiştir. Yükseltisi 2000 m'nin altında olan kıyı dağlarımız, son Buzul Dönemi olan Würm'de buzlarla kaplanmıştır. Deniz seviyesi günümüze göre ortalama 125 m daha aşağıya düşmüş, bu derinliğe kadar olan kıta sahanlıkları kara haline dönüşmüştür. Soğuk iklim koşullarından dolayı buharlaşmanın azalmasıyla mevcut göllerimizin seviyeleri yükselmiştir. Konya-Ereğli Havzası başta olmak üzere bazı kapalı havzalar göllerle işgal edilmiştir.

Holosen'de deniz seviyesinin yükselmesi ile koy ve körfezler denizle kaplanmıştır. Buzul Dönemi'nde hâkim olan soğuk ve kurak iklim koşullarından dolayı Anadolu'nun özellikle iç kesimlerinde çölümsü bozkırlar yaygınlaşmış, ormanlar deniz kıyılarına doğru çekilmiş, soğuk koşullarda yetişen bitkiler Anadolu'nun iç kısımlarına kadar yer yer yayılmıştır. Holosen'in başlamasıyla artan sıcaklık ve yağıştan dolayı, orman alanları genişlemiş ve İç Anadolu bozkır ile ağaçlı bozkırlarla kaplanmıştır.

Buzul Dönemi'nde Anadolu'nun güneyindeki mağaralarda barınarak geçimlerini avcılıkla ve toplayıcılıkla sağlayan insanlar, Holosen'de iklimin iyileşmesiyle özellikle suları çekilen göllerin kenarlarında ve akarsu boylarında ilk yerleşmelerini kurarak tarım yapmaya ve yabani hayvanları evcilleştirmeye başlamışlardır. Böylece Buzul Dönemi'ne denk gelen Paleolotik Dönem'den Holosen'e denk gelen yerleşmelerin kurulduğu ve tarımsal üretimin yapıldığı Neolitik Dönem'e geçilmiştir.

SIRA SİZDE

Türkiye'nin jeolojik yapısını oluşturan tektonik levhalar ve bu levhaları etkileyen diğer tektonik levhalar hangileridir? Açıklayınız.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

1.6 UYGULAMA

5 (5) DERS SAATİ

BÖLGELERİMİZİN JEOLOJİK YAPISINDAN KAYNAKLANAN DEPREMLER

Bu çalışmanın amacı, bölgelerimizin jeolojik yapıları ve jeolojik yapılardan kaynaklanan depremlerin araştırılması ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Bölgelerimizin jeolojik yapıları ve jeolojik yapılardan kaynaklanan depremlerin araştırılması uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetimi ve rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Türkiye'de bölgelerimizin jeolojik yapılarından kaynaklanan 1939-2023 yılları arasında meydana gelen büyüklük değeri yüksek olan belli başlı depremler aşağıda verilmiştir.

- 1939 Erzincan Depremi
- 1942 Erbaa Depremi
- 1943 Tosya-Ladik Depremi
- 1944 Gerede-Çerkeş Depremi
- 1966 Varto Depremi
- 1975 Lice Depremi
- 1976 Çaldıran Depremi
- 1992 Erzincan Depremi
- 1999 Gölcük Depremi
- 1999 Düzce Depremi
- 2011 Van Depremi
- 2020 Elazığ Depremi
- 2023 Kahramanmaraş, Pazarcık ve Elbistan Depremleri

İstenenler

1939-2023 yılları arası oluşan yukarıda verilen depremlerin meydana geldiği bölgelerin jeolojik yapısını ve fayları, depremlerin büyüklüklerini, şiddetlerini, vermiş oldukları tüm hasarları, hasarların nedenlerini içeren rapor hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda depremlerle ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızı, depremlerle ilgili bilimsel verileri kullanarak yorumlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Her bir depremin meydana geldiği bölgeler araştırılır.
2. Her bir depremin meydana geldiği bölgelerin jeolojik yapısı ile ilgili bilgiler araştırılır.
3. Her bir depremin bölgenin jeolojik yapısında meydana getirdiği deformasyonlar araştırılır.
4. Her bir depremin meydana geldiği fay hatları araştırılır.
5. Her bir depremin büyüklükleri araştırılır.
6. Her bir depremin şiddetleri araştırılır.
7. Her bir depremin insanlara verdiği can kayıpları araştırılır.
8. Her bir depremin evcil ve evcil olmayan diğer canlılara verdiği kayıplar araştırılır.
9. Her bir depremin konut, iş yeri, barınak vb. yerlere verdiği hasarlar araştırılır.
10. Her bir depremin verdiği hasarların nedenleri araştırılır.
11. 1939-2023 yılları arası meydana gelen, büyüklükleri yüksek olan depremlere ait rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Her bir depremin meydana geldiği bölgeleri araştırdınız mı?		
2	Her bir depremin meydana geldiği bölgelerin jeolojik yapısı ile ilgili bilgileri araştırdınız mı?		
3	Her bir depremin bölgenin jeolojik yapısında meydana getirdiği deformasyonları araştırdınız mı?		
4	Her bir depremin meydana geldiği fay hatlarını araştırdınız mı?		
5	Her bir depremin büyüklüklerini araştırdınız mı?		
6	Her bir depremin şiddetlerini araştırdınız mı?		
7	Her bir depremin insan can kayıplarını araştırdınız mı?		
8	Her bir depremin evcil ve evcil olmayan diğer canlılara verdiği kayıpları araştırdınız mı?		
9	Her bir depremin konut, iş yeri, barınak vb. yerlere verdiği hasarları araştırdınız mı?		
10	Her bir depremin verdiği hasarların nedenlerini araştırdınız mı?		
11	1939-2023 yılları arası meydana gelen büyüklükleri yüksek olan depremlere ait raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

Aşağıda verilen çoktan seçmeli test maddelerinden oluşan soruları cevaplayınız.

1. Türkiye'nin tektonik oluşum süreci ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Toros Dağları üçüncü jeolojik zamanda oluşmuştur.

B) Türkiye'nin bulunduğu alanda ikinci jeolojik zamanda Tetis Denizi oluşmuştur.

C) İstanbul ve Çanakkale Boğazları Kuvaterner'de oluşmuştur.

D) Zonguldak'taki taş kömürü yatakları birinci jeolojik zamanda oluşmuştur.

E) Türkiye bugünkü genel görünümünü birinci jeolojik zamanda kazanmıştır.

2. I. Taş kömürü yatakları oluşmuştur.

II. Hersiniyen ve Kaledoniyen kıvrımları oluşmuştur.

III. Alp-Himalaya kıvrım sistemi oluşmuştur.

IV. Türkiye'nin bulunduğu alanda Tetis Denizi oluşmuştur.

Yukarıdaki oluşumlardan hangileri Paleozoik (I. Jeolojik Zaman) döneme ait özelliklerdendir?

A) I ve II **B)** I ve III **C)** II ve III **D)** I ve IV **E)** III ve IV

3. • İlk kara bitkileri ortaya çıkmıştır.

• Taş kömürü yatakları bu zamanda oluşmuştur.

Yukarıda özellikleri verilen jeolojik zaman veya dönem aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kuvaterner **B)** Mesozoik **C)** Paleozoik **D)** Prekambrien **E)** Tersiyer

4. Yerkabuğu yapboz parçaları gibi birbirine tutturulmuş on iki büyük ve çok sayıda küçük levhalardan oluşmuştur. Bu levhalar manto üzerinde birbirine yaklaşma ve birbirinden uzaklaşma hareketi gösterir.

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda levhaların hareket etmesine neden olan temel kuvvet aşağıdakilerden hangisidir?

A) Volkanik faaliyetler

B) Orojenik hareketler

C) Epirojenik hareketler

D) Buzul faaliyetleri

E) Mantodaki konveksiyonel hareketler

5. Aşağıdakilerden hangisi Kuvaterner Dönem'de meydana gelmiştir?

A) Günümüzdeki iklimlerin oluşması

B) Petrol madeninin oluşması

C) Pangea Kıtası'nın oluşması

D) Taş kömürü yataklarının oluşması

E) Himalaya Dağlarının oluşması

6. Levhalar tıpkı suyun üzerinde yüzen bir sal gibi mantonun üzerinde dengededir. Levhaların ağırlıklarının artması veya azalması bu dengenin bozulmasına neden olur. Ağırlığı azalan levha yükselirken ağırlığı artan levha alçalır ve mantoya baskı yapar.

Yukarıda verilen açıklamalar doğrultusunda kıtasal bir levhanın ağırlığının artmasında;

I. Kıta üzerindeki bitki örtüsünün tahrip edilmesi

II. Kıta üzerinde geniş buzul kütlelerinin oluşması

III. Kıta üzerindeki yüksek alanların dış kuvvetler tarafından aşındırılması

olaylarından hangileri etkilidir?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** I ve II **D)** I ve III **E)** I, II ve III

7. **Aşağıdakilerden hangisi yerin iç yapısı hakkında bilgi vermez?**

A) Deprem dalgaları

B) Volkanik patlamalar

C) Maden kuyuları

D) Püskürük kayaçları

E) Okyanus dalgaları

8. **Aşağıda Yerküre'nin farklı katmanlarına ait özellikler verilmiştir.**

I. Sıcaklık ve yoğunluğun en fazla olduğu katmandır.

II. Akışkan halde bulunan magma kütlesinden oluşmaktadır.

III. Yerküre'nin en dış katmanını oluşturur.

Bu özelliklerin ait olduğu Yerküre katmanları aşağıdakilerin hangisinde doğru eşleştirilmiştir?

A) Çekirdek, manto, yerkabuğu

B) Yerkabuğu, manto, çekirdek

C) Çekirdek, yerkabuğu, manto

D) Manto, çekirdek, yerkabuğu

E) Manto, yerkabuğu, çekirdek

9. **Aşağıdaki yer şekillerinden hangisinin oluşumunda iç kuvvetlerin doğrudan etkili olduğu söylenebilir?**

A) Çukurova Deltası

B) Pamukkale Travertenleri

C) Toros Dağları

D) Damlataş Mağarası

E) Çarşamba Ovası

10. Yerkabuğu uzaydan bakıldığında tek bir parçadan oluşmuş gibi görünür. Ancak yapılan araştırmalar, yerkabuğunun yapboz gibi birbirini tamamlayan parçalardan oluştuğunu göstermiştir. Bu parçalar manto üzerinde hareket halindedir.

Bu hareketlerin temel nedeni olarak aşağıdakilerden hangisi gösterilebilir?

A) Yerkabuğunun zayıf noktalarında volkanizmanın görülmesi

B) Manto içerisindeki magmanın dikey yönde hareket etmesi

C) Levhaların manto tabakası üzerinde yükselip alçalması

D) Yeryüzünde yaşanan iklim değişimleri

E) Yerkabuğunun sert bir yapıda olması

11. **Aşağıda verilen yer şekillerinden hangisinin oluşumunda epirojenik hareketler etkili olmuştur?**

A) Tafoni

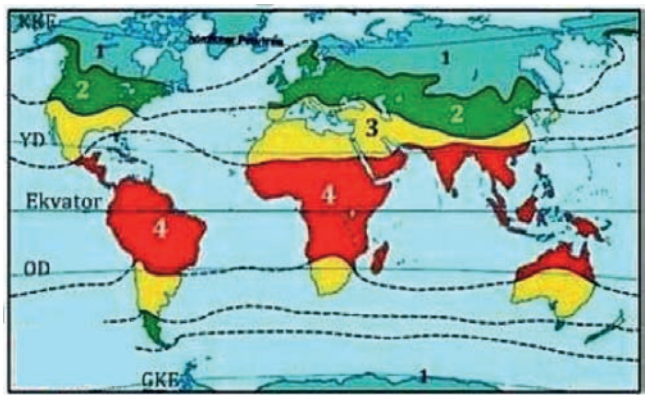
B) Kaldera

C) Sirk gölü

D) Traverten

E) Kıyı taraçası

12. Aşağıda Dünya'nın çok genelleştirilmiş iklim kuşakları haritası verilmiştir.



İklim kuşakları üzerinde rakamlarla işaretlenen 4 numara ile belirtilen bölgeler aşağıda verilen hangi iklim kuşağındadır?

A) Ilıman **B)** Soğuk **C)** Subtropik **D)** Sıcak **E)** Tropik

13. Depremlerin şiddeti, depremlerin doğal çevre ve insanlar üzerindeki etkisi oranında değişmektedir. Buna göre depremlerin şiddeti üzerinde;

I. Depremlerin büyüklüğü

II. Binaların depreme karşı dayanıklılığı

III. İnsanların deprem olaylarına karşı aldığı önlemler

<u>etkenlerinden</u> hangileri etkili olur?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** I ve II **D)** II ve III **E)** I, II ve III

14. Yerkabuğunu oluşturan levhalar, manto tabakası üzerine yaptığı basınç ve manto tabakasının yoğunluğu oranında dengede durur. Buna izostatik denge adı verilmektedir.

Aşağıda verilenlerden hangisi bu denge üzerinde etkili <u>değildir</u>?

A) Levhaların üzerinde örtü buzullarının oluşması

B) Dış kuvvetlerin levhalar üzerinde aşındırma faaliyetlerinde bulunması

C) Volkanik faaliyetler sonucunda volkanik platoların oluşması

D) Yerleşim alanlarının genişlemesi

E) İklim değişimleri sonucunda büyük buzul kütlelerinin erimesi

15. **Ülkemizin yer şekilleri hakkında aşağıda verilen bilgilerden hangisi <u>yanlıştır</u>?**

A) Yerkabuğu hareketleri sonucu Karadeniz kıyıları boyunca doğu-batı yönünde uzanan sıradağlar yer alır.

B) Batı Anadolu'da levha hareketleri sonucu kırılma ile oluşmuş çöküntü ovaları yer alır.

C) Anadolu'da epirojenik hareketlere bağlı yükselmeler meydana gelmiştir.

D) Karadeniz kıyılarında volkanizma sonucunda oluşmuş volkan konileri yer alır.

E) Batı Anadolu'nun büyük bir kısmında deprem riski yüksektir.

16. **Türkiye'de Kuvaterner'e (IV. Zaman'a) ait araziler, kıyı kesimlerinde delta ovaları, çöküntü alanlarının kenar kısımlarında birikinti koni ve yelpazeleri ile çöküntü alanları ne şekildedir?**

A) Kalın alüvyal depolar

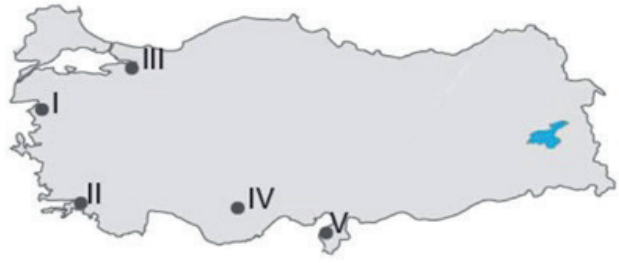
B) İnce alüvyal depolar

C) Kalın kum depoları

D) İnce kum ocakları

E) Taze alüvyal depolar

17. Aşağıdaki harita üzerinde beş farklı yer numaralandırılmıştır.



Numaralandırılan yerlerin hangisinde tektonik deprem oluşma ihtimali diğerlerine göre daha azdır?

A) I **B)** II **C)** III **D)** IV **E)** V

18. Kuyu ağzının rakımı yer altı su tablasının altında olan kuyulardan, tabla seviyesinin biraz aşağısına kadar su fışkırarak kendiliğinden çıkar.

Yukarıda tanımı verilen kuyu türü aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) Kaynak kuyular

B) Pompalı kuyular

C) Yer altı kuyuları

D) Artezyen kuyular

E) Jeomorfolojik kuyular

19. **Aşağıdakilerden hangisi Kuvaterner'de meydana gelen olaylar arasında gösterilemez?**

A) Ege Denizi oluşmuştur.

B) İlk insan ortaya çıkmıştır.

C) Atlas Okyanusu oluşmuştur.

D) İklim değişiklikleri yaşanmıştır.

E) İstanbul ve Çanakkale Boğazları oluşmuştur.

20.
- Deprem
- Volkanizma
- Kıtaların kayması

Verilen olayların meydana gelmesindeki temel etken aşağıdakilerin hangisidir?

A) Magma kütlesinin manto tabakası içerisinde konveksiyonel yönde hareket etmesi

B) Magmanın yapısında birden fazla mineralin bulunması

C) Yerin katmanları arasında yoğunluk farkının bulunması

D) Levhaların ağırlıklarının zaman içerisinde değişmesi

E) Kara ve denizlerin yarım kürelere farklı dağılması

21. Yerkabuğu ile ilgili olarak aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Manto üzerinde hareket etmektedir.

B) Levha denilen parçalardan oluşmaktadır.

C) Kimyasal yönden homojen bir özellik gösterir.

D) Magma kütlesinin katılaşması sonucu oluşmuştur.

E) Kalınlığı okyanus ve karalar üzerinde farklılık gösterir.

22. Türkiye'nin en önemli yükseltileri olan Ağrı Dağı (5138 m), Süphan Dağı (4058 m), Erciyes Dağı (3916 m) ve Hasan Dağı (3268 m) hangi dönemde bugünkü şekillerini almıştır?

A) Kuvaterner

B) Mesozoik

C) Neotektonik

D) Paleozoik

E) Tersiyer

23. Aşağıdaki olaylardan hangisi sonucunda dağ oluşması beklenmez?

A) İki karasal levhanın birbirine doğru hareket etmesi

B) Yan basınçlara uğrayan tabakaların kıvrılması

C) Karasal bir levhanın kırılarak yükselmesi

D) Magmanın yeryüzüne çıkarak katılaşması

E) Okyanus alanlarının genişlemesi

24. Kaledoniyen kıvrımları oluşmuştur. Günümüzdeki kömür yatakları bu zamanda oluşmuştur.

Yukarıda oluşumları verilen jeolojik zaman aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kuvaterner **B)** Mesozoik **C)** Paleozoik **D)** Prekambrien **E)** Tersiyer

25. Türkiye'nin tektonik oluşum süreci ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Kuzey Anadolu Dağları üçüncü jeolojik zamanda oluşmuştur.

B) Türkiye'nin bulunduğu alan ikinci jeolojik zamanda Tetis Denizi altında kalmıştır.

C) Anadolu yarımadası üçüncü jeolojik zamanda yükselmeye uğramıştır.

D) Zonguldak'taki taş kömürü birinci zamanda oluşmuştur.

E) Türkiye'deki masif araziler ikinci jeolojik zamanın sonunda oluşmuştur.

26.
- Pangea Kıtası'nın oluşumu
- Taş kömürü yataklarının oluşumu
- Alp-Himalaya kıvrım dağlarının oluşumu
- İnsan türünün yeryüzüne gelmesi
- Buzul Çağı sonrası bugünkü iklimlerin oluşması

Yukarıdakilerden kaç tanesi ülkemizdeki Paleozoik Dönem'e (1. Zaman'a) ait özelliklerdendir?

A) 1 **B)** 2 **C)** 3 **D)** 4 **E)** 5

27. Litosfer ile çekirdek arasındaki katmandır. 100-2890 km arasında olan yoğunluğu 3,3-5,5 g/cm^3, sıcaklığı 1900-3700 ºC arasında değişir. Yer hacminin en büyük kısmını oluşturur. Yapısında silisyum, magnezyum, nikel ve demir bulunmaktadır. Alt kesimleri sıvı haldedir. Bu nedenle de sürekli alçalıcı-yükselici hareketler görülür.

Yukarıda hakkında bilgi verilen Yeryuvarı'nın iç yapısını oluşturan bölüm seçeneklerin hangisinde verilmiştir?

A) İç çekirdek **B)** Dış çekirdek **C)** Manto **D)** Sial **E)** Kabuk

28. **Bölgesel ölçekte jeolojik özellikleri, levha hareketleri ve sonuçlarını inceleyen jeolojinin alt dalı aşağıdaki seçeneklerin hangisinde verilmiştir?**

A) Jeodezi **B)** Jeofizik **C)** Paleontoloji **D)** Sismoloji **E)** Tektonik

29. Yerkabuğunda meydana gelen yükselme ve alçalma hareketlerine epirojenez adı verilir. Bu hareketler sonucunda;

I. Deniz sularının kara içlerine doğru ilerlemesi

II. Kıyı taraçalarının oluşması

III. Akarsuların menderesler oluşturması

Bu özelliklerin ait olduğu yerküre katmanları aşağıdakilerin hangilerinde doğru verilmiştir?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** I ve II **D)** II ve III **E)** I, II ve III

30. **İskandinav Yarımadası'ndaki buzul kütlesinin erimesi yarımadanın hafiflemesine neden olmaktadır. Bu durum aşağıdaki olaylardan hangisine zemin oluşturmaktadır?**

A) Deprem **B)** Epirojenez **C)** Metamorfizma **D)** Orojenez **E)** Volkanizma

31. Yerkabuğunda meydana gelen sarsıntılara **deprem** adı verilir. Bu sarsıntılara;

I. Kayaçların çözünmesi

II. Şiddetli volkanik patlamaların yaşanması

III. Yerkabuğunda meydana gelen boşlukların tavan kısmının çökmesi

<u>olaylarından</u> hangileri neden olmaktadır?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** I ve II **D)** II ve III **E)** I, II ve III

32. **Herhangi bir yerde, herhangi bir nedenle dengenin bozulması halinde, bir miktar kayaç veya toprak örtüsünün ya da ikisinin karışımının, denge yeniden sağlanıncaya kadar yer çekimi etkisiyle hareket etmesine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Gelgit
B) Kütle hareketi
C) Coriolis etkisi
D) Abrazyon
E) Tsunami

33. **Anadolu'nun büyük bir kısmının yer aldığı Anadolu levhası, aşağıdaki hangi büyük levhanın küçük bir bölümüdür?**

A) Afrika
B) Arap
C) Avrasya
D) Ege
E) Karadeniz

34. Farklı yoğunluk ve kalınlıktaki yerkabuğu parçaları manto üzerinde yüzer durumdadır. Bu parçalar, yoğunluk ve kalınlıklarına göre mantoya az ya da çok gömülerek dengede durur. Bu dengeye **izostatik denge** adı verilir. Yerkabuğu parçalarının ağırlıklarının değişmesiyle bozulur ve epirojenez meydana gelir. Buna göre epirojenezin meydana gelmesinde;

I. Yerkabuğu üzerindeki buzul kütlelerinin erimesi

II. Yerkabuğu üzerindeki bitki örtüsünün tahrip edilmesi

III. Volkanik faaliyetler sonucunda yerkabuğu parçalarının ağırlıklarının artması

olaylarından hangileri neden olmaktadır?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** III **D)** I ve III **E)** II ve III

35. Gür ormanlar yetişmiş ve bitki kalıntılarının göllerde birikmesi ile Zonguldak civarında taş kömürü yatakları oluşmuştur.

Ülkemizdeki oluşumlar aşağıdaki hangi jeolojik zamana aittir?

A) Kuvaterner **B)** Mesozoik **C)** Neotektonik **D)** Paleozoik **E)** Tersiyer

36. I. Himalaya Dağlarının oluşması

II. Çöküntü alanların oluşması

III. Toprak kaymasının meydana gelmesi

olaylarından hangilerinin doğrudan iç kuvvetlerin etkisiyle oluştuğu söylenebilir?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** I ve II **D)** I ve III **E)** I, II ve III

37. Kuarterner Dönemi'nde; Ege Denizi, İstanbul ve Çanakkale Boğazlarının oluşmasında aşağıdakilerden hangisi etkili olmuştur?

A) Depremler

B) Epirojenik hareketler

C) Orojenik hareketler

D) Rüzgâr ve su aşındırmaları

E) Volkanik hareketler

38. Mezosferin hemen üzerindeki tabakadır ve mezopoz geçiş bölgesiyle birbirlerinden ayrılır. Bu tabaka içerisinde sıcaklık yükseklikle artış gösterir. Bu artışın en önemli nedeni, sınırlı miktardaki moleküler oksijen artıklarının yoğun güneş radyasyonu absorbe etmesidir.

Yukarıda verilen özellikler seçeneklerde verilen Atmosferin sıcaklığa göre katmanlarından hangisine aittir?

A) Ekzosfer **B)** Stratopoz **C)** Stratosfer **D)** Termosfer **E)** Troposfer

39. Türkiye'de Alpin dönemde oluşmuş en eski kıvrımlara Pontidler (Kuzey Anadolu Dağları) üzerinde aşağıdaki hangi kesitlerde rastlanmaktadır?

A) Kastamonu-İnebolu ve Boyabat-Sinop kesitlerinde

B) Derik (Mardin) bölgesi ve Ilgaz masifi kesitlerinde

C) Nevşehir-Ürgüp arası kesitlerinde

D) Pasinler çevresi ve Tunceli-Bingöl arası kesitlerinde

E) Bayburt'ta ve daha doğuda Tortum'un kuzeyi kesitlerinde

40. Merkezi Gölcük olan 17 Ağustos 1999'da meydana gelen Marmara Depremi'nin meydana geldiği fay aşağıdaki seçeneklerin hangisinde doğru verilmiştir?

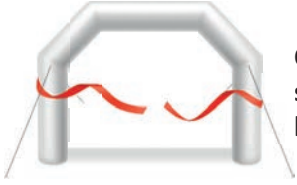
A) Marmara Fayı

B) Güney Anadolu Fayı

C) Doğu Anadolu Fayı

D) Kuzey Anadolu Fayı

E) Batı Anadolu Fayı



Ölçme ve Değerlendirme sorularını cevaplamayı tamamladıysanız kitabın sonunda verilen cevap anahtarından cevaplarınızı kontrol edebilirsiniz. Yanlış cevapladığınız soruları öğretmeninize sorunuz.

2. ÖĞRENME BİRİMİ

KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLERİN YAPILARI

KONULAR

2.1. KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLER

2.2. UYGULAMA: KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLER

2.3. TORTULAŞMA VE TORTUL KAYAÇLAR

2.4. UYGULAMA: TORTULAŞMA VE TORTUL KAYAÇLAR

2.5. MAGMATİK VE METAMORFİK KÜTLELERİN BULUNUŞ ŞEKİLLERİ

2.6. UYGULAMA: MAGMATİK VE METAMORFİK KÜTLELERİN BULUNUŞ ŞEKİLLERİ

2.7. KÜTLELERİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

2.8. UYGULAMA: KÜTLELERİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

. Kütleleri oluşturan mineralleri

. Kütleleri oluşturan minerallerle ilgili uygulamaları

. Tortulaşma ve tortul kayaçları

. Tortulaşma ve tortul kayaçlarla ilgili uygulamaları

. Magmatik ve metamorfik kütlelerin bulunuş şekillerini

. Magmatik ve metamorfik kütlelerin bulunuş şekilleriyle ilgili uygulamaları

. Kütlelerin yapılarını ve özelliklerini

. Kütlelerin yapı ve özellikleriyle ilgili uygulamaları

TEMEL KAVRAMLAR

okyanusal kabuk, kıtasal kabuk, iç çekirdek, dış çekirdek, Mohorovicic süreksizliği, sima, sial, Yerküre, yer kabuğu, mineraller, kimyasal bağlar, iyonik bağ, kovalent bağ, hidrojen bağı, Van der Waals bağı, kristalorografi, madenler, tortulaşma, tortul kayaç, metamorfik kayaç, volkanik kayaç, magmatik kayaç, kaya kütleleri, süreksizlik, kayaç, kayaç indeks özellikleri, Mohr daireleri, Mohr kırılma zarfı, Hoek Brown Görgül yenilme ölçütü, porozite, özgül ağırlık, elastisite modülü, kayaçların direnç özellikleri

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Dünya, Ay, Mars, Venüs gezegenlerinin jeolojik yapıları arasındaki bilinen benzerlikleri araştırınız ve edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.1. KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLER

Yerkabuğu kayaçlardan, kayaçlar minerallerden, mineraller atom ve moleküllerden oluşmaktadır. Hava ve su ile birlikte yaşamı besleyen toprağın ana maddesi yerkabuğunun kayaçlarıdır. **Mineraller**; doğal oluşan, katı olan, jeolojik süreçler ile oluşan, kristal yapıya sahip olan, tanımlanabilir kimyasal bileşime sahip olan ve organik olmayan maddelerdir. Mineraller eğer serbest şartlarda oluşursa **geometrik ve simetrik yüzeylere sahip kristal** olarak oluşur. Mineraller, sıvıların katılaşmasıyla veya bir çözeltinin aşırı doygunlaşmasından sonra **çözünmüş maddenin çökelti** haline gelmesiyle oluşur.

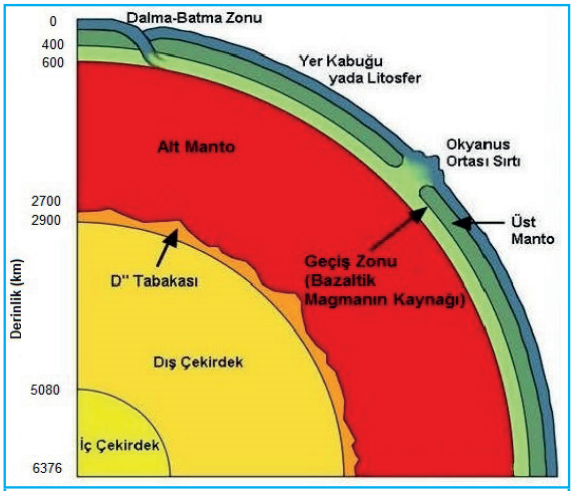
Kayaçlardan tortul kökenlilerde geçmişteki onlarca, yüzlerce, milyonlarca hatta milyarlarca yıl öncesine ait canlılar dünyası hakkında tek ve önemli bilgi kaynağı olan fosiller bulunmaktadır. Yerkabuğunun taşıdığı önemli bilimsel değerlerden biri de tortul kayaçlardaki fosil içeriğidir. Geçmişte yaşamış canlıların (hayvanlar ve bitkiler) kaya katmanları içinde ve arasında bulunan her türlü kanıta **fosil** denir. Yapılan araştırmalar 4,6 milyar yaşındaki Dünya'nın, yaşamın 3,8 milyar yıl kadar önce bakteri düzeyinde başladığını ortaya koymaktadır. Canlılar dünyasının tarihi ve coğrafyası fosillerle yazılmıştır denilebilir. Başka bir ifadeyle fosiller; 3,8 milyar yıllık yaşam dünyasının kitabeleri olarak kabul edilir.

2.1.1. Yerkabuğunu Oluşturan Maddeler

Yerkabuğu okyanus altlarında ve kıtalarda kalınlık ve bileşim bakımlarından farklılıklar gösterse de tamamı kayaçlardan (taşlardan) oluşur. Kalınlık okyanus tabanlarında 5-10 km, kıtalarda 30-40 km kadardır. Kayaçların dış etkenlerle ayrışıp çözülmesi ve dağılması ile meydana gelen toprak katmanı ise derinliği 0'dan başlayıp en fazla birkaç yüz metreye kadar çıkan ve yeryüzünün her tarafını kaplamayan bir örtüdür. Dış etkenlerle bir yandan yeni toprak oluşurken diğer yandan da var olan toprak katmanlarının önemli bir kısmı erozyonla denizlere taşınmaktadır.

Yerkabuğu, taş küre veya litosfer olarak adlandırılır. Yerkabuğu, karalarda 35-40 km, Tibet Platosu'nda 70 km, deniz ve okyanus tabanlarında ise 8-12 km olup ortalama kalınlığı 33 km kadardır. Kimyasal bileşimi ve yoğunluğu birbirinden farklı iki kısımdan meydana gelir. Bu kısımlardan biri **granit olup** bileşimindeki kayaçlardan oluşan **granitik yerkabuğu**, diğer kısım ise **bazalt** olup bileşimindeki kayaçlardan oluşan **bazaltik yerkabuğu** olarak adlandırılır. Granitik yerkabuğunda silisyum ve alüminyum elementleri hâkimdir. Bu nedenle daha hafiftir, yoğunluğu 2,7-2,8 g/cm^3 arasındadır. Silisyum (Si) ve alüminyum (Al) elementlerinden oluştuğu için granitik yerkabuğu **sial** olarak adlandırılır ve yerkabuğunun üst kısmını oluşturur.

Bazaltik yerkabuğu, silisyum ve magnezyumlu elementlerden oluşur. Bu nedenle granitik kabuktan daha ağırdır, yoğunluğu 3-3,5 g/cm^3 arasında değişir. Granitik yerkabuğunun altında ve okyanus tabanlarında yer alır. Bu nedenle bazaltik yerkabuğuna **okyanusal kabuk** adı da verilir. Bu iki kısım bütün kıtaların altında bulunmaktadır. Okyanusların altında bazaltik kabuk birkaç kilometre kalınlıktadır ve ince bir tabaka halinde uzanır. Granitik kabuk Büyük Okyanus'ta hiç yoktur. Atlas ve Hint Okyanusu'nda granitik tabaka çok incedir.



Şekil 2.1: Yerkabuğunu oluşturan katmanlar

Okyanusal kabuk, 7 km kalınlığında olup bu kalınlık bazı kesimlerde 10 km'ye kadar ulaşır. Koyu renklidir. Magmatik kaya olan bazalttan oluşur. Bağıl olarak homojen kimyasal bileşime sahiptir.

Kıtasal kabuk, 35 km kalınlığındadır. Himalayalar ve Kayalık Dağlarında 70 km'yi bulmaktadır. Pek çok kaya türünden oluşur.

Dünya'nın çekirdeği, yeryüzünden 2900 km derinlikten başlayıp 6376 km derinliğe kadar uzanır. Mantodan Wiechert-Gutenberg kesintisiyle ayrılır. En içte bulunur. Büyük basınç altındadır. Sıcaklığı 4000 °C'nin üzerindedir. Demir ve kalay ile bileşik oluşturan az miktarda oluşumlar içerir. Bunlar; kükürt, silisyum ve oksijen içeren demir-nikel alaşımıdır.

Dış çekirdek, 2180 km kalınlıktadır. Sıvı bir katmandır. Dünya'nın manyetik alanını oluşturan metalik demir, bu zon içinde hareketlidir.

İç çekirdek, 1296 km yarıçaplıdır. Dış çekirdeğe göre daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bu sıcaklığa rağmen gezegenin merkezindeki çok büyük basınçtan dolayı demir, katı halde bulunur.

Mohorovicic süreksizliği; yoğunluk bakımından bir sıçrama ile kendini gösteren, ultrabazik kayalardan oluşan ve geçişe karşılık gelen sınırdır.

Sima, bileşiminde daha çok silisyum ve magnezyum bulunur. Sima yüzeye geldiğinde bazalttır. Bu nedenle bazen bu tabakaya **bazalt tabakası** da denir. Magnezyum ve silikat mineralleri bakımından zengin kayalardan oluşmuştur. Yoğun sima yüzeye geldiğinde mafik kayaçları oluşturur. En yoğun sima, daha az silikata sahiptir ve ultramafik kayaçları oluşturur.

Yerkabuğunu oluşturan bileşimlerin ortalama oranları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Yerkabuğunun Ortalama Bileşimi (%)

Bileşimler	%	Bileşimler	%
SiO_2	59,47	K_2O	3,14
Al_2O_3	15,47	H_2O	1,15
Fe_2O_2	3,10	TiO_2	0,91
MgO	3,51	P_2O_6	0,24
CaO	5,11	MnO	0,09
FeO	3,82	Diğerleri	0,15
NaO_2	3,86	**Toplam**	**100,00**

2.1.2. Yerküre ve Yerkabuğunun Kimyasal Bileşimi

Yerküre ve yerkabuğunda bulunan minerallere yönelik gerçek çalışma, 1556 yılında Alman maden mühendisliğinin ve mineralojinin ilk temsilcisi olan **Georgius Agricola** ile başlamıştır. 1669 yılında anatomi ve jeoloji biliminde öncü olan Danimarkalı **Nicholas Steno**, Georgius Agricola'nın çalışmalarından yararlanarak minerallerin geometrik özelliklerini tanımlamıştır.

19. yüzyılın ikinci yarısına kadar modern kristallografinin yasaları ortaya çıkmaya başlamıştır. Minerallerin mikroskop özelliklerine yönelik çalışmalar 1828'de başlamış olup 1858 yılında İngiliz jeolog **Henry Sorby, Kristallerin Mikroskobik Yapıları Üzerine (On the Microscobical Structure of Crystals)** başlıklı kitabını yayınlamıştır. Bu metotla, kayalardan yapılmış ince kesitlerin polarize ışık altındaki mikroskobik görüntüleri incelenerek mineraller tanımlanabilmekte ve kayanın mineral bileşimi ve dokusuyla ilgili ayrıntılı bilgi edinilebilmektedir.

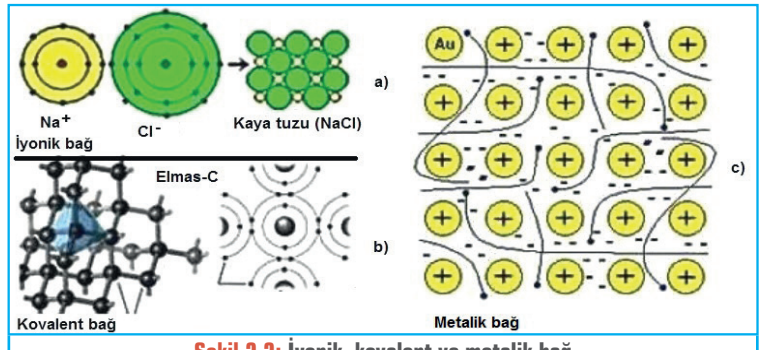
19. yüzyılda mineraloglar, maddenin bütününü oluşturan atomların kristal içinde belirli bir düzen dâhilinde bulunduklarını düşünmekteydi. Ancak kristalin dış biçimi ile iç yapısı (kafes yapısı) arasındaki ilişkinin kanıtlanmasının yolu, Alman fizikçi **Wilhelm Conrad Röntgen**'in 1895 yılında **X-ışınlarını** keşfetmesi ile birlikte, kristallerin iç dünyalarına girilmesiyle mümkün olmuştur.

1915 yılında **X-Ray** çalışmasının minerallerde kullanılması İngiliz fizikçiler **William Henry Bragg ve William Lawrence Bragg**'ın çalışmaları sonucu olmuştur. Norveçli mineralog **V. M. Goldschmidt**, 1926 yılında yayınladığı eserinde, farklı element atomlarının kristalleri/mineralleri oluşturmak üzere değişik yollarla bir araya geliş ilkelerini ortaya koymuştur. 1960'lı yıllarda mineraloglar minerallerin iç yapılarını anlamak için elektron mikroskobu kullanmaya başlamışlardır. Bu gelişmeler doğrultusunda; Yerküre'nin ve yerkabuğunun kimyasal bileşimi ile ilgili **jeokimya, mineraloji** vb. birçok jeoloji bilimi disiplinlerinde çalışmalar hız kazanmıştır.

Mineraller, doğada fiziko-kimyasal ve jeokimyasal yasalara bağlı olarak elementlerden oluşur. Elementler mineralleri oluştururken aralarında **iyonik, kovalent, metalik, hidrojen** ve **Van der Walls** adı verilen beş çeşit kimyasal bağla oluşmuştur. Aynı kristal içerisinde birden fazla kimyasal bağ çeşidi olabilir. Kimyasal bağ; atomların elektron yapısına, özellikle dış yörüngelerdeki valens elektronlarına ve atom ya da molekül büyüklüğüne bağlı olarak ortaya çıkar.

İyonik bağ, karşılıklı elektron alışverişi nedeniyle birbirine bağlanan atomlardan birinin dış elektron fazlalığı (+ yüklü iyon), diğerinde ise elektron azlığı (- yüklü iyon) oluşan bağdır. Bu şekilde karşıt yüklü iyonlar durumundaki atomlar birbirine bağlanmış olur. Atomlardan (+) yüklü olanlara **anyon** ve (-) yüklü olana **katyon** denir. Kaya tuzu (Na^+Cl^-) iyonik bağa örnek olarak verilebilir.

Şekil 2.2.a'da minerallerde atomlararası iyonik bağ-kaya tuzu; Şekil 2.2.b'de kovalent bağ-elmas, Şekil 2.2.c'de mineraller arası metalik bağ-gümüş ifade edilmiştir.



Şekil 2.2: İyonik, kovalent ve metalik bağ

Kovalent bağ, komşu atomların dış yörüngelerinde ortak elektronlar ile birbirlerine bağlı olan bağdır. Elmas-C ve Oksijen-O örnek olarak verilebilir. Silikat minerallerindeki bağ, iyonik ve kovalent bağ arası bir kimyasal bağ tipidir.

Atomlar arası bağda yani metalik bağda kararlılık, atomların en dış yörüngelerindeki elektron sayısında ulaşılan denge ile sağlanmaktadır. Metallerde atomlar çok sıkı şekilde yan yana ve aralarındaki boşluklarda elektronlar serbest durumda ise bu bağa **metalik bağ** denir. Metallerin çok iyi ısı ve elektrik iletmeleri bu özelliğe dayanmaktadır.

Hidrojen bağı, bir molekülde oksijen, azot veya flor gibi elektronegatif bir atoma bağlı hidrojenin kısmi (+) yükle yüklenmesi sonucu aynı moleküldeki elektronegatif atomla yaptığı bağdır.

Van der Waals bağı, elektrik yükü bakımından nötr olan, ancak pozitif yükün ağırlık merkezi ile negatif yükün ağırlık merkezinin çakışık olmadığı moleküllerde, moleküller arasında veya moleküllerle iyonlar arasında elektrostatik çekimle oluşan bağdır.

2.1.3. Mineraller ve Temel Özellikleri

Mineraller doğada; oksitler, sülfürler, hidroksitler, sülfat ve kromatlar, silikatlar, karbonatlar, fosfaltlar, arsenatlar, vadanatlar ve doğal elementler olarak bulunur. Minerallerin doğada bulundukları sınıflandırmalar içerisinde yer alan minerallerin özellikleri ile ilgili kapsamlı bilgilere https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/mineraller web bağlantı adresinden ulaşılabilir.

Yerkabuğunda jeolojik olaylarla oluşmuş, işletildikleri takdirde yarar ve/veya ekonomik getiri sağlayan mineral ve kayaç oluşumlarına genel anlamda mineral yatağı denilmektedir. Bir mineral yatağının işletilmesi ile esas olarak Fe, Cu, Pb vb. metalik maddeler üretiliyorsa bu tür mineral yataklarına metalik maden yatakları veya maden yatakları denir.

Ülkemizdeki maden yatakları **https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-yataklari** ve illerimizin maden potansiyelleri **https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/il-maden-potansiyelleri** web bağlantı adreslerinden incelenebilir.

Bileşimlerinde üretim yapılabilecek oranda metalik elementler bulunan minerallere metalik maden mineralleri veya maden mineralleri adı verilmektedir. Maden minerallerinin araştırılması ve işletilebilirlik özelliklerinin ortaya çıkarılması jeolojinin maden jeolojisi alt dalının konusudur. Mineralleri inceleyen bilim dalına mineraloji denir.

Minerallerin her türlü kristal özelliklerinin incelenmesi ise özel olarak jeolojinin kristalografi alt bilim dalının konusudur. Yerkabuğunda kayaçların yapısında %95 oranında bulunan minerallere kayaç yapan mineraller denir. 3800 mineral arasında kayaç yapan minerallerin sayısı 20 kadardır. Diğerleri nadir görülen minerallerdir. Örneğin altının (Au) yerkabuğundaki ortalama ağırlık oranı %0,000004 yani milyonda 4 oranındadır.

Ekonomik değeri yüksek, fakat yerkabuğundaki ortalama oranı çok düşük olan bu gibi elementler ya da element bileşikleri, kimi jeolojik olaylarla yerkabuğunun belli kesimlerinde zenginleşmiş olarak bulunur. Böyle kesimler işletildikleri takdirde önemli ekonomik getiri sağlar. Bu gibi kesimlere **maden yatağı** adı verilir. Kayaç yapan başlıca minerallerin yerkabuğundaki hacimsel oranları yaklaşık olarak Tablo 2.2'de verilmiştir.

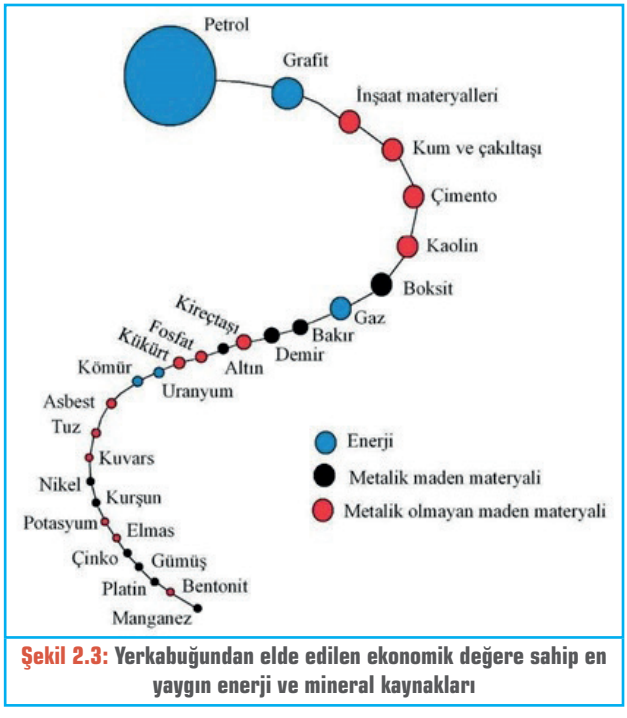
Tablo 2.2: Kayaç Yapan Başlıca Minerallerin Yerkabuğundaki Hacimsel Oranları

Mineral adı	%	Mineral adı	%
Plajioklaslar	39	Amfiboller	5
Ortoklas	12	Kil mineralleri	4,6
Kuvars	12	Olivin	3
Piroksenler	11	Diğer mineraller	8,4
Mikalar	5	**Toplam**	**100**

Yer altı suları, ham petrol, doğal gaz ve kömür gibi bilimsel mineral tanımına tam uymayan maddeler, çok önemli yer altı varlıkları ve yer altı zenginlikleridir. Yer altı varlıklarının her biri, jeolojide gelişmiş birer alt bilim dallarının konusudur. Yer altı suları; hidrojeoloji, ham petrol ve doğal gaz petrol jeolojisi, kömür jeolojisi alt dallarında ele alınmaktadır. Ekonomik değerlerine göre dünyadaki en yaygın 30 minerali incelediğimizde en başta petrol gözlenmektedir (Şekil 2.3). Mineraller günümüzde enerji kaynağı yanında 10.000'in üzerinde malzemenin üretiminin ana hammaddesidir.

Ülkemizdeki;

- Metalik madenlere: **https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/metalik-madenler-liste**
- Kıymetli taşlara: **https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kiymetli-taslar**
- Endüstriyel hammaddelere: **https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/endustriyel-hammaddeler**
- Nükleer ve enerji hammaddelerine: **https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/nukleer-enerji-hammaddeler**
- Madenlerin kullanım alanlarına: **https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-kullanim-alanlari** web bağlantı adreslerinden ulaşılabilir.



Şekil 2.3: Yerkabuğundan elde edilen ekonomik değere sahip en yaygın enerji ve mineral kaynakları

Bir kayacın içinde sadece tek tür mineral varsa bu tür kayaçlara **monomineralik (tek mineralli) kayaç**, birden fazla mineral türü varsa bunlara da **polimineralik (çok mineralli) kayaç** adı verilir. Örneğin saf mermer sadece kalsit kristallerinden oluşur (monomineralik). Granitin bileşiminde ise kuvars, feldispat, mika, amfibol gibi mineraller bulunur. Kayaçların çok büyük bölümü polimineraliktir.

Doğada yerkabuğunda ve ayrıca Ay, Mars, Venüs gibi kayaçlardan oluşan (bir yerkabuğuna) dış kabuğa sahip gezegenlerde bulunan, anorganik maddeden anorganik yollarla (jeolojik olaylarla) oluşan, kimyasal bileşimlere sahip homojen yapıda olan katı maddelere **mineral** denir. Katı olmayan su (H_2O) ve saf civa (Hg) mineraldir. **Ham petrol** ve **kömür** bilimsel anlamda mineral sayılmaz. Ancak bu yer altı kaynaklarının da jeolojik olaylarla oluşması, yer altında bulunması, bileşimlerinde çok fazla değişken olmaması kimi yer bilimcilere göre mineral sayılma gerekçesi olarak gösterilmektedir.

Mineraller kayaçların yapı taşlarıdır. Mineraller, insanların kullandıkları anorganik maddelerin tamamının -bitki ve ham petrol kökenliler hariç- bütün sanayi maddelerinin, çoğu doğal ve yapay yapı malzemesinin kaynağını oluşturmaktadır. Diğer yandan bitkilerin besin maddeleri de temelde minerallerden oluşmaktadır. Dolayısıyla doğadaki bütün somut varlıkların maddesel temelinin kaynağı minerallerdir. Günümüzdeki verilere göre bilinen mineral türü sayısı 3800 kadardır. Araştırmalarla her yıl 30-50 kadar yeni mineral türü keşfi gerçekleştirilmektedir. Minerallerin yapı taşları atomlar ve moleküllerdir. Bu yapı taşları, mineral içinde belirli geometrik kurallara uygun biçimde birbirine bağlanıp yerleşmemişse ve düzensiz bağlanmışlarsa ortaya çıkan mineraller **amorf (şekilsiz) mineraller** olarak adlandırılır.

Atomik iç yapıdaki düzensizlik mineralin dış şekline yansımakta, geometrik açıdan düzensiz bir dış şekil, daha doğrusu şekilsizlik ortaya çıkmaktadır.

Buna karşılık minerali meydana getiren atom ve moleküller, mineral içinde belli bir geometrik düzen oluşturacak biçimde birbirine bağlanıp yerleşmiş durumda ise bu düzenli iç yapı mineralin dış görünümüne de geometrik biçimler kazandırmaktadır. Bu nitelikteki minerallere **kristalleşmiş mineraller** ya da kısaca **kristal** denir. Doğada minerallerin tamamına yakını kristal, çok az bir kısmı amorf mineral şeklinde bulunur. Amorf mineraller fazla dayanıklı değildir. Yerkabuğunun biraz derinlerinde, basıncın biraz yükseldiği ortamlarda kristal haline dönüşür.

Bileşimlerinde üretim yapılabilecek oranlarda metalik elementler bulunmayan, ancak sanayide kullanılan hammaddelerin kaynağı olan minerallere **endüstriyel hammadde mineralleri** ya da kısaca **endüstriyel mineraller**; işletildikleri yataklara da **endüstriyel hammadde yatakları** adı verilmektedir. Endüstriyel hammadde yatakları kavramı, mineral temelinde kullanıldığı gibi geniş anlamda kayaç temelinde de kullanılmaktadır. Kükürt, alçıtaşı (jips) yatakları mineral temelinde; mermer ve granit ocakları hatta kayaç kavramına tam uymamakla birlikte yapı malzemesi için işletilen kum ve agrega ocakları da kayaç temelinde endüstriyel hammadde yataklarıdır.

Resim 2.1.a'da opal [$SiO_2 \bullet n(H_2O)$] kuvars gibi bir SiO_2 mineralidir. Ondan bir farkı bileşiminde H_2O bulunmasıdır. Diğer önemli fark ise opalin amorf, kuvarsın kristal yapıya sahip olmasıdır. Opal beyaz, sarı, kırmızı, kahverengi ve mavi renklerde olabilir. Bazı örneklerde opal parıltısı adı verilen özel bir parıltı vardır. Şekilde 3-5 cm kadar boyutlarda değişik opal örnekleri görülmektedir.

Resim 2.1.b'de saydam kuvars (SiO_2) kristalleri, kuvarsın buz benzeri saydam olanı **dağ kristali (Bergkristal)** adını alır. Kuvarsın ayrıca sarı, gri, kahverengi, kahverengimsi siyah ve mor renkli olanları vardır. Temiz ve özürsüz olanlar, örneğin mor renkliler (ametist) mücevher sanayisinde kullanılır. Şekildeki altın sarısı renkli kristaller önemli bir bakır cevheri olan kalkopirit kristalleridir.

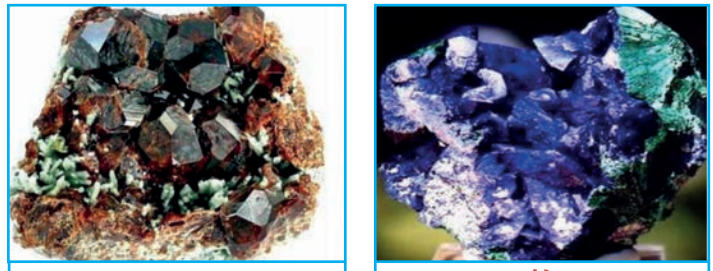
a)

b)

Resim 2.1(a, b): Opal ve saydam kuvars mineralleri

Resim 2.2.a'da kırmızı-kahverengi grosular kristali [$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$] granat türlerinden biri gösterilmiştir. Çatlaksız ve düzgün olanları mücevher sanayisinde kullanılmaktadır. Şekildeki kristal büyüklükleri 1-3 cm arasındadır.

Resim 2.2.b'de mavi azurit Cu3(CO_3)2(OH_2) ve yeşil malakit [$Cu_2(CO_3)(OH_2)$] bakır hidroksit mineralleridir.

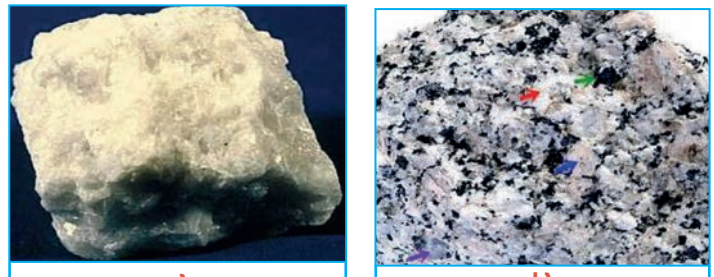


a) b)

Resim 2.2(a, b): Grosular, azurit ve malakit mineralleri

Resim 2.3.a, saf mermer monomineralik (tek mineralli) bir kayaç örneğidir. Sadece kalsit ($CaCO_3$) kristallerinden oluşur.

Resim 2.3.b, granit tipik polimineralik (çok mineralli) kayaç örneklerinden biridir. İçindeki ana mineraller; yağ parıltılı kuvars (mor okla gösterilen), pembemsi ortoklaz (mavi okla gösterilen), porselen görünümlü plajioklas (kırmızı okla gösterilen), koyu renkliler amfibol ve/veya piroksen (yeşil okla gösterilen) kristalleridir.

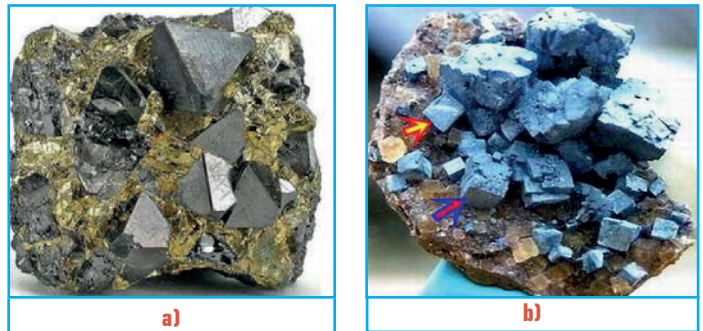


a) b)

Resim 2.3(a, b): Saf mermer monomineralik ve kalsit mineralleri

Resim 2.4.a'da demir minerali magnetit (Fe_3+ 2Fe_2+ O_4) gösterilmiştir. Magnetit en önemli demir cevheri minerallerinden biridir. Burada görülen oktaeder (düzgün sekizyüzlü) biçimli kristallerin büyüklükleri 1-3 cm dolayındadır.

Resim 2.4.b'de kurşun minerali galena veya galen (PbS), galende magnetit gibi küp (kırmızı okla gösterilen) veya düzgün sekizyüzlü, yani oktaeder (sarı okla gösterilen) şekilli kristaller oluşturur.



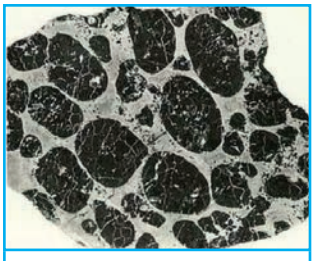
a) b)

Resim 2.4(a, b): Magnetit ve galena mineralleri

Resim 2.5.a'da, Marmaris'in 4 km kadar doğusunda dünit içinde krom cevheri (kromit) damarı (kırmızı okla gösterilen) ölçek için konulmuş pusulanın (sarı okla gösterilen) kenar uzunluğu 8 cm kadardır.

Resim 2.5.b'de, Marmaris'in krom cevherleri bazı kesimlerde benekli cevher (leopar cevheri) türündendir. Koyu renkli yumrular kromit kristali topluluklarıdır. Açık renk, ana kayaç dünittir.

a)



b)

Resim 2.5(a, b): Dünit içinde krom ve benekli (leopar) cevher mineraller

Resim 2.6.a'da, kalsit ($CaCO_3$) kristallerinin kristal boyutları 1-2 cm civarındadır. Kireçtaşının ana minerali olan kalsit, bütün dünyada hem kireç ve çimento hammaddesi hem de yapı taşı olarak en çok kullanılan endüstriyel minerallerin ilk sıralarında yer alır. Jeolojideki tanımıyla mermer, kireçtaşının başkalaşımı (metamorfizması) ile oluşan bir kayaçtır.

Resim 2.6.b'de jips [$CaSO_4 \bullet 2(H_2O)$] kristalleri, kireçtaşı gibi çok önemli endüstriyel hammadde minerallerinden biridir. Çimento üretiminde ve ayrıca yapı sanayinde önemli bir yeri vardır. Tıpta kırıkların tedavisinde sargı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Jips heykeltıraşların da yararlandığı bir hammaddedir.

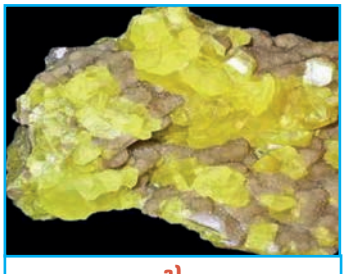
a)

b)

Resim 2.6(a, b): Kalsit ve jips mineralleri

Resim 2.7.a'da kükürt (S), sanayide olduğu gibi tıpta da kullanım alanı bulan çok önemli endüstriyel hammaddelerden biridir. Kükürt üretimi yapılan yataklarda bileşikler değil, saf kükürt (S) minerali söz konusudur. Örnekteki sarı renkli, 1-2 cm boyutlarındaki kristaller saf kükürt kristalleridir.

Resim 2.7.b'de yeşil renkli olan zümrüt (emarald) kristali, açık renkli olanlar kalsit kristalleridir. Zümrüt, beril [$Be_3Al_2(SiO_3)_6$] kristalinin yeşil renkli bir türüdür. Oldukça nadir bulunan, değerli mücevher minerallerinden biridir. Mücevher sanayinde kullanılan bu tür değerli mineraller, başka alanlarda kullanılacak kadar bol bulunmaz. Mücevher sanayisi, bütün dünyada büyük ekonomik getirisi olan bir sektördür.



a)

b)

Resim 2.7(a, b): Kükürt ve zümrüt mineralleri

Yerkabuğundan elde edilen, ekonomik değere sahip, en yaygın enerji ve mineral kaynaklarından metalik maden yatakları hangileridir? Yazınız.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

2.2 UYGULAMA

4 (6) DERS SAATİ

KÜTLELERİ OLUŞTURAN MİNERALLER

Bu çalışmanın amacı, kütleleri oluşturan mineraller ile ilgili araştırma, verileri değerlendirme ve rapor hazırlama uygulamaları yapmaktır.

GÖREV

Kütleleri oluşturan mineraller uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Kütleleri oluşturun minerallerden silikat, sülfür, sülfat ve kromat grubundan bazılarının adları aşağıda verilmiştir.

Silikat grubu: kuvars, margarit, pektolit, vermikulit, zirkon, olivin.

Sülfür grubu: pirit, pornit, nikelin, kobaltin, zinober, galenit.

Sülfat ve kromat grubu: gedarnit, barit, anglezit, jips, alunit, anhidrit.

İstenenler

Verilen minerallerin; kimyasal bileşimlerini, oluşum ve fiziksel şekillerini, bulundukları bölgeleri ve kullanım alanlarını içeren rapor hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, ulusal, uluslararası üniversitelerin jeoloji bölümlerinin olduğu ve akademik araştırmalar yayınlayan web sayfalarından yararlanmaya dikkat ediniz.
- Raporunuzu kelime işlemci programı kullanarak özenle hazırlayınız.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Verilen mineraller ile ilgili araştırma yapılacak web adresleri, arama motoru kullanılarak tesbit edilir.
2. Verilen minerallerin kimyasal bileşimleri, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
3. Verilen minerallerin oluşum şekilleri, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
4. Verilen minerallerin fiziksel şekilleri, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
5. Verilen minerallerin bulundukları bölgeler, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
6. Verilen minerallerin kullanım alanları, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
7. Kelime işlemci programında, mineral gruplarına göre rapor formatı oluşturulur.
8. Oluşturulan rapor formatında, gruplara göre mineraller ile ilgili istenenleri içeren rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Verilen mineraller ile ilgili araştırma yapacağınız web adreslerini arama motorunu kullanarak tespit ettiniz mi?		
2	Verilen minerallerin kimyasal bileşimlerini farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
3	Verilen minerallerin oluşum şekillerini farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
4	Verilen minerallerin fiziksel şekillerini farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
5	Verilen minerallerin bulundukları bölgeleri farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
6	Verilen minerallerin kullanım alanlarını farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
7	Kelime işlemci programında mineral gruplarına göre rapor formatı oluşturdunuz mu?		
8	Gruplarına göre mineraller ile ilgili istenenleri içeren raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Tortul kayaçların en çok görüldüğü bölgeleri araştırınız ve edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.3. TORTULAŞMA VE TORTUL KAYAÇLAR

Doğal olarak birbirine kimyasal ve fiziksel bağlarla tutturulmuş minerallerden oluşan katı, sert kütlelere **kayaç** denir. Kayaç sözcüğü taş sözcüğünün jeolojideki karşılığıdır. Tortul kayaçlar, yeryüzünde en çok görülen kayaç türüdür. Dünya'nın yüzeyinin yaklaşık %75'ini yerkabuğunun ise yaklaşık %8'ini kaplar. Bu kayaçlar genellikle tabakalı olarak bulunur ve içerisinde organizma kalıntıları (fosil) bulundurur. Sarkıt ve dikitler bu kayaçların oluşturduğu jeolojik yapılara örnektir. Tortul kayaçların büyük bir kısmı, dış etmenler tarafından yeryüzünün aşındırılmasıyla meydana gelen çeşitli büyüklükteki sedimenlerin taşınarak çukur sahalara (göl, deniz ve okyanus tabanları gibi) biriktirilmesi sonucu oluşmuştur. Bu olaya genel anlamda **tortullaşma** denir.

Biriken sedimenler önce boşluklu gevşek bir yapıya sahiptir, zamanla sıkışıp sertleşir. Bir birikme sahasında sonradan biriken sedimenler, öncekiler üzerinde birikerek ağırlıkları vasıtasıyla basınç oluşturur. Bu basınç sonucu sedimenler, aralarındaki boşlukların küçülmesi ve büyük ölçüde ortadan kalkmasıyla sıkışır ve sertleşir. Tortul depoların veya kayaçların oluştukları ortamlar yerine göre farklılık gösterir. Dünya kabuğunu oluşturan kıtaların tortul kaya örtüsünün kapsamı geniştir. Sedimenter kayaçlar, esas olarak magmatik ve metamorfik kayaçlardan oluşan kabuk üzerindeki ince bir kaplamadır. Tortul kayaçlar tabakalar halinde çökelir ve yatak adı verilen bir yapı oluşturur. Tortul kayaçlar ve kaya tabakalarının incelenmesi, inşaat mühendisliği açısından yollar, konutlar, tüneller, kanallar ve diğer yapıların inşasında önem arz eder. Tortul kayaçlar ayrıca kömür, fosil yakıtlar, içme suyu veya cevherler gibi önemli doğal kaynaklardır.

Sedimenter kaya tabakaları dizisinin incelenmesi, paleocoğrafya, paleoklimatoloji ve yaşam tarihi de dâhil olmak üzere dünya tarihinin anlaşılması için ana kaynaktır. Bilimsel öğreti özellikleri ve tortul kayaların kökeninin incelenmesine sedimantoloji denir. Sedimantoloji hem jeoloji hem de fiziksel coğrafyanın bir parçasıdır. Jeomorfoloji, pedoloji, jeokimya ve yapısal jeoloji gibi jeolojinin diğer alt dallarıyla kısmen örtüşmektedir. Mars gezegeninde de tortul kayaçların varlığı keşfedilmiştir.

2.3.1. Tortulaşma ve Taşlaşma

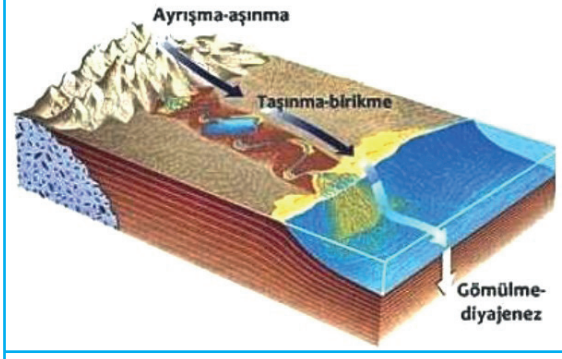
Mineral veya organik maddelerden olan parçacıkların su, rüzgâr, dalga ve buzullarla taşınıp deniz, göl, akarsu içlerinde veya karalarda üst üste birikmesine tortulaşma, çökelme, sedimantasyon adı verilir. Başka bir ifadeyle; akarsular, buzullar, rüzgârlar gibi taşıyıcı etkenlerin taşıdıkları kayaç ve mineral parçalarının, kırıntılarının yahut sular içinde erimiş-çözülmüş durumda veya sularda yaşayan canlıların kabuk ve iskeletlerinde yer alan inorganik maddelerin, uygun koşullarda zemine çökelmesi olayına **tortulaşma (sedimentasyon)** denir.

Sedimenter (tortul) kayaçların oluşumu çok uzun ve karışık süreçler içerir. Bu süreçler içerisinde birbirinden farklı 5 oluşum evresi önemlidir.

1. Aşınma ve ayrışma
2. Taşınma
3. Depolanma (birikme)
4. Taşlaşma (diyajenez)
5. Sıkışma ve çimentolaşma (epijenez)

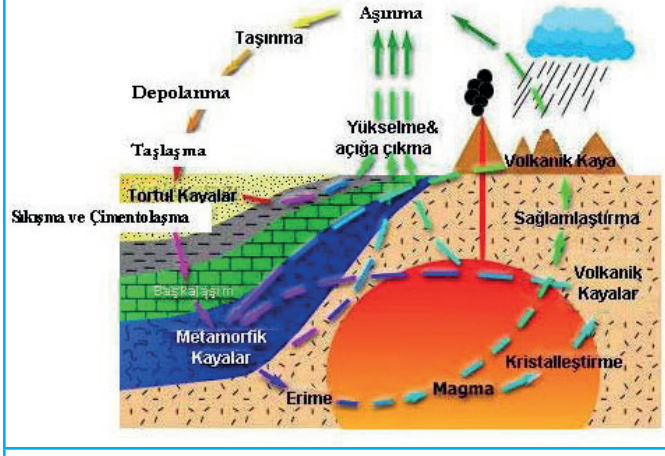
Kırıntıların birikmesinde ana etken yer çekimidir. Eriyiklerde birikme, çökelme olabilmesi için kimyasal olarak doygunluk sınırının aşılması gerekir. Canlıların bünyesinde bulunan inorganik maddelerin veya hemen çürümeyen sert kısımların çökelmesi ise canlıların ölmesine bağlıdır. Volkan patlamaları sırasında havaya savrulan piroklastik malzemenin (tüf, anglomera, volkanik bomba vb.) yer çekimi etkisiyle çökelmesi de kırıntılı sedimentlerin çökelmesine benzerlik gösterir. Karalardaki volkanlarda bunlar hava, denizlerdeki volkanlarda ise su ortamında çökelir.

Ayrışmadan başlayıp diyajenezde tamamlanan dış jeolojik olaylar Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4: Yerkabuğundaki kayaç dolaşımının jeolojik dış olaylarla gerçekleşen bölümleri

Dış olaylar, özellikle taşlaşma (diyajenez); milyonlarca yıl üst üste biriken tortul malzemeler, yüzlerce bazı konum ve durumlarda binlerce metre kalınlıkta olabilir. Derinliğin oluşturduğu sıcaklıkla kalınlığın oluşturduğu basınç, sıkılaşma ve çimetolanma (epijenez) yaparak yani diyajenezi gerçekleştirerek gevşek tortuları **sert kayaçlar** haline dönüştürerek **taşlaşma** gerçekleşir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Kayaçların oluşum evreleri

2.3.2. Tortu, Tortul Kayaç Türleri ve Sınıflandırılması

Yeryüzünü oluşturan kayaçlar dış kuvvetlerle (akarsular, rüzgârlar, buzullar, dalga ve akıntılar) ufalanır ve taşınır. Taşınan malzemeler akarsu, göl, deniz ve okyanus tabanları ile çukur alanlarda tabakalar hâlinde biriktirilir. Bu tabakalar zaman içinde sıkışarak tortul kayaçlara dönüşür. Magmatik kayaçların dış etkenlerle küçük parçalara bölünmüş haline **tortu** denir.

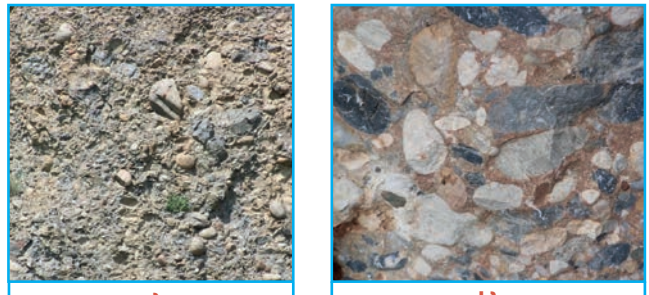
Tortular çeşitli etkenlerle göl, deniz ve çukur yerlerde taşınarak zamanla tortullaşır. Dibe çöken maddeler üst üste tabakalar oluşturur. Tabakaların oluşumu arttıkça alt tabakanın üstündeki ağırlık artar ve alt tabaka üzerinde büyük bir baskı oluşur. Sıcaklık değişimi ve baskılar sonucu tortul kayaçların oluşumu başlar ve zamanla bu tabakalar katılaşır. Tortul kayaçlar içinde canlı kalıntıları olan fosil bulunur.

Tortul kayaçlar genellikle tabakalıdır, içerisinde kristal yoktur, fosil bulunur. En iyi fosilleşme tortul kayaçların oluşumunda olur.

Tortul kayaçlar oluşumlarına göre; fiziksel (mekanik, kırıntılı), kimyasal, organik tortullar olmak üzere üç grupta sınıflandırılır.

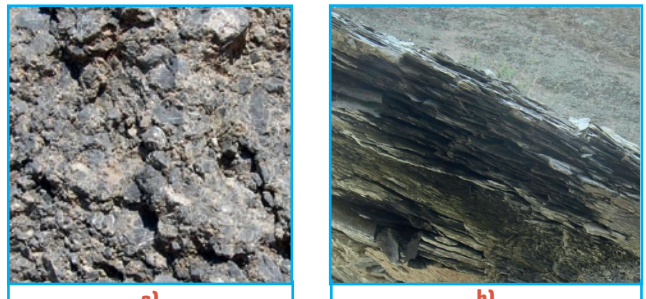
a) Fiziksel (Mekanik) Tortullar: Dış kuvvetlerin (akarsu, rüzgâr, buzul) aşındırdığı malzemelerin bir çukurda birikmesi ve çukurda biriken parçacıkların doğal bir çimento ile birleşmesi sonucu oluşan kayaçlara **fiziksel tortul kayaçlar** denir.

Fiziksel tortul kayaçlar aynı zamanda aşınmaya fazla dayanıklı değildir. Kayacın içerisinde kil oranı daha fazla bulunuyorsa **kiltaşı (şeyl)**, kum oranı daha fazla bulunuyorsa **kumtaşı**, çakıl oranı daha fazla bulunuyorsa **çakıl taşı (konglomera)** meydana gelir [(Resim 2.8(a, b)]. Çimento ile bağlanan çakıllar köşeli ise **breş** (Resim 2.9.a), yuvarlak ise **puding** adını alır.



a) b)

Resim 2.8(a, b): Çakıl taşı (konglomera)



a) b)

Resim 2.9(a, b): Breş ve şeyl

Fiziksel mekanik tortullara başlıca örnekler arasında; kiltaşı, kumtaşı [Şekil 2.10(a, b)], şeyl, çakıl taşı gibi kayaç çeşitleri bulunur. Kumların birleşmesiyle kumtaşı, çakılların birleşmesiyle çakıl taşı oluşur. Konglomeralar, irili ufaklı taş parçalarının doğal bir bağlayıcı ile birleştirilmesi sonucu oluşur. Kumtaşının silika, kireç veya demir oksit ile yapışması sonucu oluşur. Silika ile yapışmış olanları çok dayanıklıdır. İnce taneli kil ihtiva edenlere şeyl adı verilir (Resim 2.9.b). Şeyller ince taneli olduklarından suyu zor geçirir. Çimento üretiminde kullanılabilir.

a) b)

Resim 2.10(a, b): Kumtaşı ve kiltaşı (şist)

b) Kimyasal Tortullar: Su kayaçlar arasından geçerken bazı kimyasal maddeleri çözer. Suyun buharlaşması ile suda çözünen bu maddeler çökerek kaya tuzu, sarkıt, dikit ve travertenleri oluşturur.

Başlıca kimyasal tortul kayaçlara; kireçtaşı (kalker), traverten, jips (alçıtaşı), kaya tuzu ve dolomit örnek gösterilebilir. Kireç taşlarının yağış suları tarafından eritilmesi ve aşındırılması sonucu oluşan oluk şeklindeki çukurluklara **lapya** denir. Kireçtaşı, kimyasal tortul kayaç türünde bulunan bir kayaçtır. Bu nedenle lapya, kimyasal tortul kayaçların yaygın olarak bulunduğu bir alanda daha kolay oluşur.

Kimyasal Tortul Kayaçların Özellikleri

- Suda eriyerek çözünebilen minerallerin zamanla çökelerek birikmesi sonucunda oluşur.
- Kimyasal süreçler sonucunda çökelme ile oluşur.
- Sertlikleri azdır. Bu nedenle aşınmaya karşı dayanıksızdır.
- Sularda çözünmüş halde taşınan bikarbonatların, suyun buharlaştığı yerlerde çökelmesi ile **travertenler** oluşur.
- Mağaralara sızan kireç sularının buharlaşması ile **sarkıt, dikit** ve **sütun** gibi oluşumlar meydana gelir.
- Tuzlu suların yaygın olduğu göl ortamlarında **kaya tuzu** ortaya çıkar.
- Direnci az olduğundan **jips, kireç taşına** göre daha kolay erir.

Kireçtaşı; göllerde, denizlerde ve yer altı sularında yaygın olarak bulunan kirecin çökelmesiyle oluşmaktadır. Kireçtaşı mağaraları, karstik şekillerden biridir (Resim 2.11.a). Bu mağaralar, kalkerli arazi içinde suların eritme ve aşındırması sonucu meydana gelen yer altı boşluklarında oluşur. Bileşimi $CaCO_3$ kalsiyum karbonattır.

Kalker (kireçtaşı), jips (alçıtaşı) (Resim 2.11.b), ve kaya tuzu gibi kolay eriyebilen kayaçların yaygın olduğu alanlara **karstik alanlar** denir. Bu yörelerde oluşan şekillere de **karstik şekiller** denir. Türkiye'de Akdeniz Bölgesi karstik arazinin en yaygın olduğu yerdir.

a)

b)

Resim 2.11(a, b): Kireçtaşı (kalker) ve alçıtaşı (jips)

a)

b)

Resim 2.12(a, b): Kaya tuzu ve dolomit

Türkiye'de; Akdeniz Bölgesi'ndeki karstik şekiller kireç taşına bağlı oluşmuş iken Sivas-Çankırı yöresinde jipse bağlı, Tuz Gölü çevresinde kaya tuzuna bağlı karstik oluşumlar vardır (Resim 2.12.a). Karstik şekillerin oluşturduğu topoğrafyaya **karst topoğrafyası** denir.

Dolomit, doğadaki rengi genellikle beyaz olup $CaMg(CO_3)_2$ formülü ile ifade edilir ve Mg ve $CaCO_3$ bileşenlerinden oluşmaktadır. Farklı renklerde dolomit taşları da doğada mevcuttur. Kalkerden daha sert bir taştır ve asitlerden zor etkilenir (Resim 2.12.b). Kimyasal tortul kayaçlar su ile temasa geçince kolayca çözünmektedir. Bundan dolayı nemli ve sıcak iklim koşulları altında kimyasal tortul kayaçların bulunduğu sahalarda **obruk** gibi karstik şekiller oluşmaktadır.

Karstik şekiller özellikle saf ve kalın kireç taşları üzerinde daha iyi gelişme göstermektedir. Jips, anhidrit ve kaya tuzları üzerinde oluşan karstik şekiller kolayca tahrip olmaktadır.

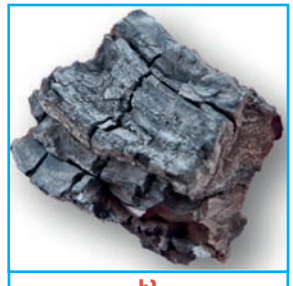
c) Organik Tortullar: Bitki ve hayvan artıklarından oluşan kütlelerdir. **Kalkerli kayaçlar, silisli kayaçlar, kömür** ve **petrol, antrasit, grafit, linyit** ve **turba** organik tortullar grubundadır. Bitki parçaları kalın ve geçirimsiz tortullar arasında veya su içinde kalır. Bu parçacıklar zaman içerisinde bakterilerin de etkisiyle karbon bakımından zenginleşir. Böylece organik tortulların en tipik örneği olan kömür oluşur. Karbonlu organik tortulların sıvı olanları petrolü oluşturur. Petrol, jeolojik geçmişte yaşamış bitki ve hayvan kalıntılarının oksijensiz denizel bir ortamda sıcaklık, basınç ve organizmaların etkisi ile değişime uğraması sonucu meydana gelir.

Organik tortul kayaçlar; bitki ve hayvan kalıntılarının deniz ya da göl çanaklarında birikmesi ile oluşur. Karbonca zengin olan bu kayaçların en tipik örneği **taş kömürü**dür (Resim 2.13).

Resim 2.13: Taş kömürü

Kömürden daha yaşlı **antrasit** ve **grafit** [(Resim 2.14(a, b)] ile kömürden daha genç olan **linyit** ve **turba** diğer organik tortul kayaçlardır [(Resim 2.15(a, b)]. Hayvanların iskelet ve kabuk kısımlarının birikmesi ile **mercan kayaları** ve **tebeşir** meydana gelir. Tortul kayaçların en önemli özelliği, oluştukları dönemlere ait bitki ve hayvan kalıntıları olan fosillere sahip olmasıdır.

a)



b)

Resim 2.14(a, b): Turba ve linyit

a)

b)

Resim 2.15(a, b): Antrasit ve grafit

Sedimenter (tortul) kayaçların oluşum evrelerini sıralayınız.

SIRA SİZDE

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

2.4 UYGULAMA

4 (6) DERS SAATİ

TORTULAŞMA VE TORTUL KAYAÇLAR

Bu çalışmanın amacı, tortulaşma ve tortul kayaçlar ile ilgili araştırma, verileri değerlendirme ve rapor hazırlama uygulamaları yapmaktır.

GÖREV

Tortulaşma ve tortul kayaçlara ait uygulamaları, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Tortul kayaçlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Marlit, marn, kaolen, çakmaktaşı, değirmentaşı, arduvaz, grovak, sinerit, melinit, arjilit

İstenenler

Verilen tortul kayaçların oluşum şekillerini, fiziksel şekillerini, bulundukları bölgeleri ve kullanım alanlarını içeren raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, ulusal, uluslararası üniversitelerin jeoloji bölümlerinin olduğu ve akademik araştırmalar yayınlayan web sayfalarından yararlanmaya dikkat ediniz.
- Raporunuzu kelime işlemci programı kullanarak özenle hazırlayınız.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Verilen tortul kayaçlar ile ilgili araştırma yapılacak web adresleri, arama motoru kullanılarak tespit edilir.
2. Verilen tortul kayaçların oluşum şekilleri ve yapıları, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
3. Verilen tortul kayaçların fiziksel şekilleri, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
4. Verilen tortul kayaçların bulundukları bölgeler, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
5. Verilen tortul kayaçların kullanım alanları, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
6. Kelime işlemci programında, tortul kayaçların oluşum ve yapılarına göre rapor formatı oluşturulur.
7. Oluşturulan rapor formatında, gruplara göre tortul kayaçlarla ilgili istenenleri içeren rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Verilen tortul kayaçlarla ilgili araştırma yapacağınız web adreslerini arama motorunu kullanarak tespit ettiniz mi?		
2	Verilen tortul kayaçların oluşum şekillerini farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
3	Verilen tortul kayaçların fiziksel şekillerini farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
4	Verilen tortul kayaçların bulundukları bölgeleri farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
5	Verilen tortul kayaçların kullanım alanlarını farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
6	Kelime işlemci programında tortul kayaçların oluşumlarını yapılarına göre gruplandırarak rapor formatı oluşturdunuz mu?		
7	Gruplarına göre tortul kayaçlarla ilgili istenenleri içeren raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

BİLGİ KUTUSU

Yeryuvarı kaynakları, yer altı kaynakları ve yer üstü kaynakları şeklinde iki ana başlıkta incelenebilir. Yeraltı kaynakları (yer altı zenginlikleri); yerkürenin özellikle kabuğu oluşturan sığ derinliklerinde, insanların ihtiyaç duyup fayda sağlayabildiği ve ekonomik değere dönüştürülebilen her türlü element ve mineral zenginleşmeleridir. Bunlar; metalik madenler, endüstriyel hammaddeler, enerji hammaddeleri, yer altı suları, süs taşları, mineral elde edilebilen su kaynakları ve hammadde olarak kullanılabilen doğal gazlardır.

Yer üstü kaynakları, insanların atmosfer, hidrosfer ve biyosferden fayda sağlayıp ekonomik değere dönüştürebildiği kaynaklardır. Bunlar, yer üstü enerji kaynakları ve yerüstü hammadde kaynaklarıdır. Yerüstü enerji kaynakları; atmosferik şartlara, yer çekimine ve kütle özelliklerine bağlı olarak çeşitlilik göstermekte olup kaynak çeşitliliğine göre; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik (hidrogüç) enerji, biyokütle (biyogaz) enerjisi, hidrojen enerjisi ve diğer yer üstü enerji kaynaklarıdır.

Yer üstü hammadde kaynakları ise enerji üretiminin dışında, atmosferden azot (N) ve oksijen (O) gibi bileşenlerin elde edilip hammadde olarak kullanıldığı kaynaklardır.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Magmatik kayaçların oluşum şeklini araştırınız ve sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.5. MAGMATİK VE METAMORFİK KÜTLELERİN BULUNUŞ ŞEKİLLERİ

Yeryüzeyinin altındaki eriyik kayaç malzemesine **magma** denir. Başka bir ifadeyle magma, yerkabuğunun derin kesimlerinde yer alan veya kökeni bazaltik bileşime ve jeolojik bütünlüğe sahip sıcak bir çözeltidir. Magma, volkanların püskürmesiyle yanıcı şekilde ve akışkan halde yeryüzüne ulaştığında **lav** adını alır. Magma oluştuğu kayaçtan daha az yoğunluğa sahip olduğundan yüzeye doğru yukarıya hareket etme eğilimi gösterir. Magma, yüzey üzerinde bazen püskürerek akar. Bu durum **lav akıntısı** bazen de **piroklastik malzeme** olarak adlandırılan parçalar şeklinde atmosfere etkili bir şekilde püskürür.

Magmatik kayaçlar, magma soğuduğunda ve kristalleştiğinde veya kül gibi piroklastik malzemelerin pekiştiğinde oluşur. Magma ve lavın fiziksel-kimyasal özellikleri;

a) Kompozisyonuna-bileşimine,

b) Sıcaklığına,

c) Viskozitesine bağlıdır.

Volkanik püskürmeler sonucunda oluşan kayaçlar geniş alanlar kaplamaktadır. Fakat bunlar, magma olarak tanımlanan erimiş kayaç malzemesinin kristallizasyonu ve soğuması ile oluşmuş bütün kayaçların sadece küçük bir kısmıdır. Magma ile ilgili tüm jeolojik olaylara **magmatizma** adı verilir. Magmanın yer altında oluşturduğu olaylara **plütonizma** ve oluşan kayaçlara **plutonik/intruzif** veya **derinlik kayaçları** adı verilirken magmanın yeryüzüne çıkması ile oluşan olaylara **volkanizma** ve oluşan kayaçlara da **volkanik/yüzey** veya **ektruzif kayaçlar** denir.

2.5.1. Magmatik Kayaçlar, Oluşum Şekilleri ve Sınıfları

Yerkabuğunda en yaygın olarak bulunan mineraller silikat mineralleridir. Bu mineraller silis, oksijen ve diğer elementlerin oluşturduğu bileşiklerdir. Kabuksal kayaçlar eridiğinde magma oluşur, magma tipik olarak silisçe zengin ve önemli miktarda alüminyum, kalsiyum, sodyum, demir, magnezyum ve potasyum ile daha az miktarda diğer elementleri içerir. Tüm magmalar kabuksal kayaçların ergimesiyle oluşmaz. Bazı magmalar, çoğunlukla ferromagnezyen silikat minerallerinden oluşmuş üst manto kayaçlarından türemiştir. Bu kaynaktan türemiş magmalar daha az silis, daha çok demir ve magnezyum içerir.

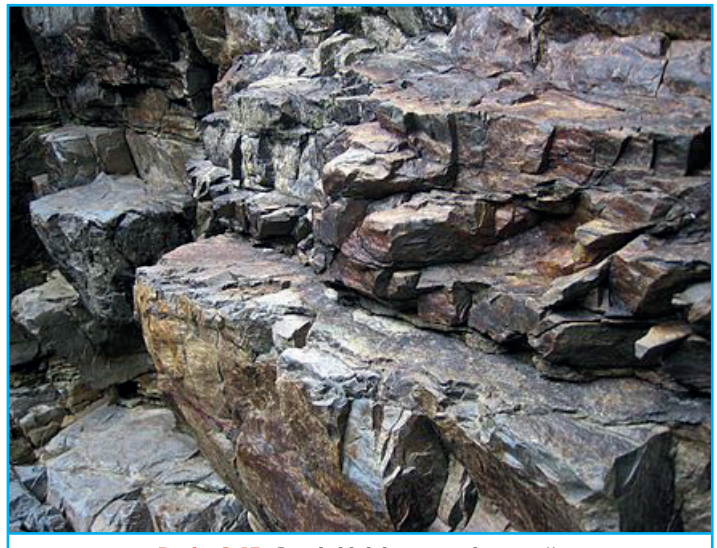
Silis hemen hemen tüm magmaların bileşiği olmasına rağmen, silis içeriğine bağlı olarak magmalar; **felsik, intermediyer (ortaç)** ve **mafik (bazik)** magmalar olmak üzere üçe ayrılır. **Felsik magma** %65'ten fazla silis ve önemli miktarda sodyum, potasyum ve alüminyum; az miktarda kalsiyum, demir ve magnezyum içerir. Buna karşılık **mafik magma** %45-52 oranında silis, daha fazla miktarda kalsiyum, demir ve magnezyum içerir. %53-65 oranında silis içeren **intermediyer magma** mafik ve felsik magma arasında bir bileşime sahiptir. Yeryüzünün altındaki magmanın sıcaklığının doğrudan ölçümü olanaksızdır. Ancak Hawai'de atmosferle reaksiyona girmiş volkanik gazların bulunduğu lav göllerinde ölçülmüş 1350 °C'lik sıcaklığa rağmen, püskürmüş lavlar genellikle 1000-1200 °C sıcaklığa sahiptir. Sıcaklık ölçümleri, jeologların emniyetli bir şekilde yaklaşabildiği, az veya hiçbir patlama aktivetisinin gelişmediği volkan lavlarında yapılmıştır. Felsik lavların patlamalı bir aktivite göstermesi ve püskürmenin çok nadir gelişmesi nedeniyle bu tür lavların sıcaklıkları az bilinmektedir.

Felsik magma kütlesinin oluşturduğu bazı lav domlarının sıcaklığı uzaktan kumandalı optik pyrometre aletiyle ölçülebilmiştir. Bu domların yüzeyi de 900 °C'den fazla sıcaklığa sahiptir. Fakat domun dışındaki bu değer, soğuma nedeniyle içindeki sıcaklık değerinden düşük olmalıdır. Ancak bilinen asidik (felsik) magmaların, bazik (mafik) magmalara göre daha düşük sıcaklığa sahip olmasıdır.

Magma viskozitesiyle (akmaya karşı gösterdiği direnç) karakteristik özellikler taşır. Su gibi bazı maddelerin viskozitesi çok düşüktür ve bu maddeler yüksek akıcılık gösterir. Diğer bazı maddelerin viskozitesi oldukça yüksek olup bunlar çok yavaş akar. Bu tür cisimler soğudukça sertleşir ve çok daha yavaş akar. Isıtıldıklarında veya sıcak oldukları zaman ise kolayca akar. Böylece, magmanın viskozitesinin sıcaklıkla kontrol edildiği söylenebilir. Genel olarak sıcak lavın akışı soğuk lavdan daha fazladır. Bununla birlikte sıcaklık viskoziteyi tek başına kontrol eden faktör değildir. **Magmanın viskozitesi, magmanın silis içeriğiyle** kontrol edilmektedir. Silis miktarının artmasıyla viskozite de artar. Bu nedenle felsik (asidik) magma kalın, yavaş hareket ederken; mafik (bazik) magma uzun mesafelerde, daha hızlı, daha ince bir lav akıntısı oluşturur. Bazik magma düşük, asidik magma ise yüksek viskoziteye sahiptir.

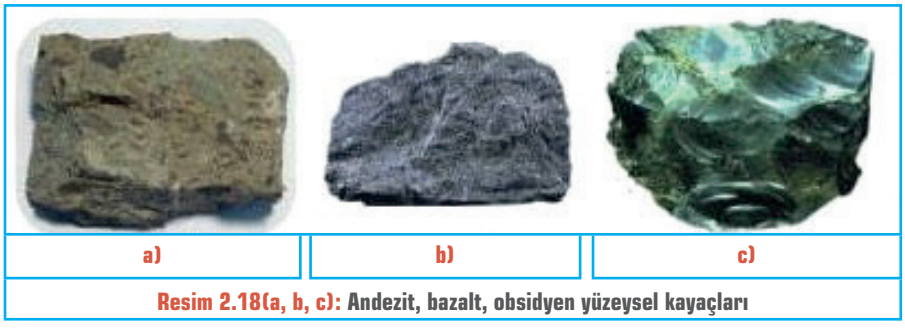
1. Plütonik Kayaçlar (Derinlik Kayaçları): Magmanın soğuması ve katılaşması derinlerde meydana gelirse ortaya çıkan kayaçlara plütonik kayaçlar (derinlik kayaçları) denir. Magma, her zaman yeryüzüne kadar çıkamaz. Bazen yerkabuğunun belirli yerlerine sokularak katılaşır. Soğuma yavaş olduğundan iri kristalli olur. Yoğunluğu fazla olan ağır taşlardır. Bu taşlara; **granit, siyanit, diorit, batolit, lapolit, lakolit, fakolit, gabro, stok, gnays domları** örnek verilebilir [Resim 2.16(a, b, c, d), Resim 2.17]. Granit bloklar üst üste birikip, dış kuvvetlerce aşındırılıp yüzeye çıktığında **tor topografyası** oluşur.

Resim 2.16(a, b, c, d): Diyorit, gabro, granit, siyenit derinlik kayaçları



Resim 2.17: Granit blok kayaç maden yatağı

2. Volkanik Kayaçlar (Yüzey Kayaçları): Magmanın soğuma ve katılaşması yüzeyde meydana gelirse ortaya çıkan kayaçlara **volkanik kayaçlar** denir. Magmanın yeryüzünde hızlıca soğuyup katılaşması sonucunda oluşur. Soğuma hızlı olduğundan kristalleşme ya hiç olmaz ya da çok az olur. Camsı yapıdadır. Bu taşlara örnek olarak **tüf, andezit, bazalt, obsidyen (volkan camı), sünger taşı (ponza)** verilebilir [Resim 2.18(a, b, c)]. Dış püskürük (dış magmatik) taşlar, **peribacaları**nın oluşumunda çok etkilidir.



a) b) c)

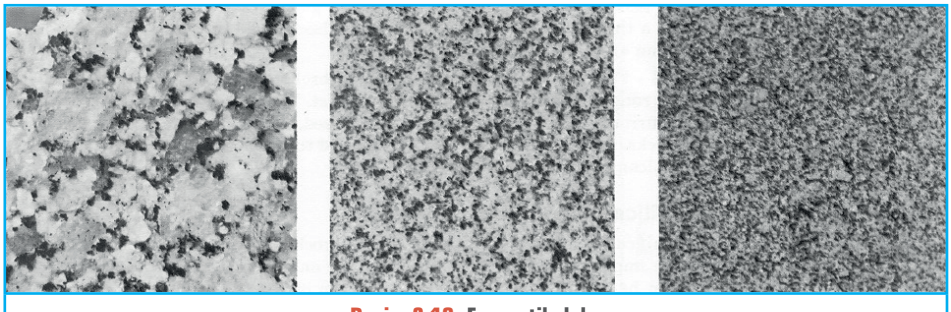
Resim 2.18(a, b, c): Andezit, bazalt, obsidyen yüzeysel kayaçları

3. Damar Kayaçları (Yarı Derinlik Kayaçları): Magmanın derinlerden yeryüzüne doğru yükselirken yeryüzüne yakın kesimlerde soğumasıyla oluşan kayaçlar, yarı derinlik (damar) kayaçları olarak adlandırılır. Bu kayaçlara; **diyabaz, sill, dayk, apofiz, çember veya halka dayklar, ışınsal veya radyal dayklar** örnek verilebilir.

2.5.1.1. Magmatik Kayaçlara Özgü Kütle Şekilleri

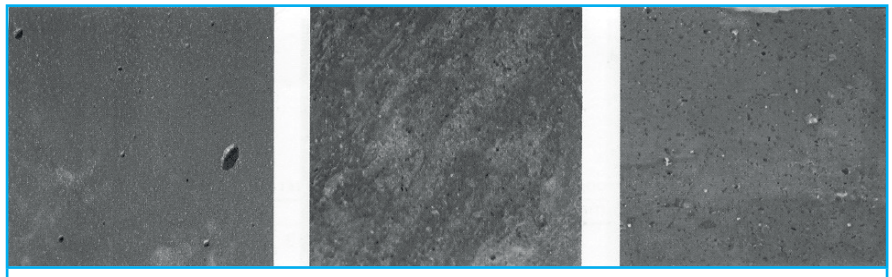
Plütonik kayaçların tamamı ve volkanik kayaçların pek çoğu, magmadaki minerallerin kristalleşmesiyle oluşur. Kristalleşme süreci kristal çekirdeklerinin oluşması ile başlar ve bunların sonradan büyümesi ile devam eder. Magmadaki atomlar devamlı hareket halindedir. Soğuma başladığında bazı atomlar bağlanarak küçük gruplar oluşturur. Atomların düzenlenişi kristallerdeki düzene karşılık gelmektedir. Sıvıdaki diğer atomlar, bu kristal çekirdeklerine kimyasal bağlarla bağlanarak belirli geometrik düzen içinde olur ve bu çekirdekler kristal olarak büyüyerek kayaç içinde tek tek taneler şeklinde yer alan mineral tanelerini oluşturur. Hızlı soğuma sırasında kristal çekirdeklerinin oluşum oranı (hızı) büyüme hızını (oranını) aşmakta ve sonuçta çok küçük tanelerden oluşan bir kütle ortaya çıkmaktadır. Yavaş soğumayla ise büyüme oranı (hızı) çekirdeklenme hızını aşar ve bağıl olarak daha büyük taneler oluşur.

Magmatik kayaçların dokusu, magmanın veya lavın soğuma hızıyla bağıntılıdır. Derinlerdeki yavaş soğuma gözle görülebilen iri kristallerin oluşmasına neden olur. Bu tür dokuya **faneratik doku** adı verilir ve plütonik kayaçların en önemli özelliğidir (Resim 2.19). Faneratik dokulu kayaçlardaki mineral taneleri, büyütme olmaksızın gözle kolaylıkla görülebilir.



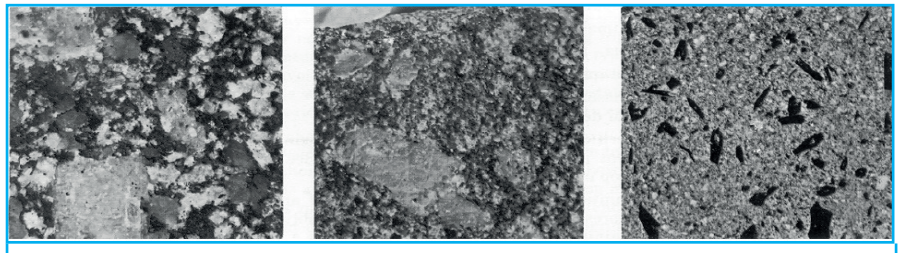
Resim 2.19: Faneratik doku

Lav akıntılarında ve bazı yüzeylere yakın sokulumlarda hızlı soğuma sonucunda oluşan çok ince taneli dokuya **afaneratik doku** adı verilir. Afaneratik dokulu kayaçlardaki mineral tanelerini büyütme olmaksızın görmek olanaksızdır (Resim 2.20).

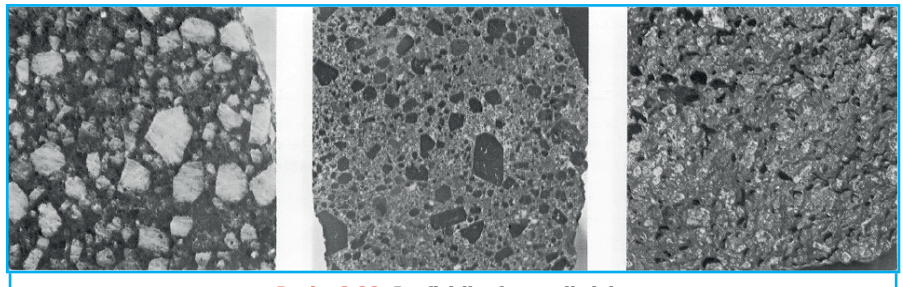


Resim 2.20: Afaneratik doku

Belirgin olarak farklı boyuttaki mineral taneleri bileşimine sahip olan dokuya **porfiritik doku** denir. Bu kayaçlar daha kompleks soğuma sürecine sahiptir. Büyük mineral tanelerine **fenokristal**, daha küçük tanelerin oluşturduğu kesime **hamur (matriks)** adı verilir. İntrüzif bir kütlenin/magmanın yavaş soğumaya başladığı kabul edilirse bu durumda bazı mineraller oluşmaya ve büyümeye başlar. Magmanın tümüyle kristalleşmesinden önce içinde katı mineral taneleri ve artık sıvı faz yeryüzüne çıktığında çok hızlı bir şekilde soğur ve böylece afanetik doku gelişir. Sonuçta magmatik kayaç, ince taneli kristalin hamur içinde dağılmış fenokristal/büyük mineral taneleri içerir ve kayaç porfiritik karaktere sahiptir (Resim 2.21, 2.22).



Resim 2.21: Porfiritik-faneratik doku

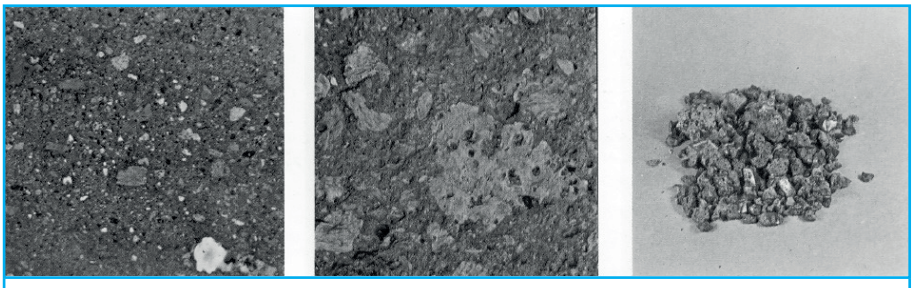


Resim 2.22: Porfiritik-afaneratik doku

Lav bazen o kadar hızlı soğur ki lavın tüm bileşenleri kristal bir yapının gelişmesi için gerekli olan zamana sahip olamaz. Bu tür hızlı soğuma sonucunda obsidyen gibi doğal cam oluşur. Obsidyen, minerallerden oluşmamasına rağmen magmatik kayaç kabul edilir (Resim 2.23).

Resim 2.23: Porfiritik-afaneratik doku

Bazı magmalar büyük oranda su buharı ve çeşitli gazlar içerir. Bu gazlar soğumuş lavlarda hapsolduğunda vesikül adı verilen çok sayıda küçük boşluklar oluşur. Oluşan bu dokuya **vesiküler doku** adı verilir. Parçalı/klastik doku ise piroklastik kayaçların tipik dokusudur (Resim 2.24).



Resim 2.24: Piroklastik kayaçlardaki parçalı/klastik doku

2.5.1.2. Magmatik Kayaçların Kompozisyonu

Magmatik kayaçlar büyük ölçüde silikat minerallerinden oluşur. Magmatik kayacı oluşturan minerallerin türleri, en nihayetinde bu kayacın oluştuğu magmanın kimyasal bileşimi tarafından belirlenir. Magma, aynı zamanda silikat minerallerinin ana bileşenleri olan 8 elementten oluşur. Silisyum ve oksijen, kayaçta en fazla bulunan elementlerdir. Bunlarla birlikte Al, Ca, Na, K, Mg, Fe magmanın yaklaşık %98'ini oluşturur. Magma bunların dışında Ti, Mn, Au, Ağ ve U gibi çok az bulunan elementleri de içerir.

Magma soğudukça bu elementler iki ana silikat grubu mineralleri oluşturmak üzere bir araya gelir. Koyu renkli silikatlar (ferromagnezyan silikatlar) Fe ve Mg elementleri bakımından zengin, Si ve O elementleri bakımından fakirdir. Olivin, piroksen, amfibol ve biyotit ferromagnezyan silikatların iyi bilinen örneklerindendir. Açık renkli silikatlar ise daha fazla K, Na, Ca içerir. Bunlar Si ve O açısından ilk gruptan daha zengindir. Açık renkli silikatlar kuvars, muskovit ve feldspatları fazlaca içerir. Magmalar bileşimleri açısından mafik (%45-52 SiO_4), ortaç (%53-65 SiO_4) ve felsik (%65'den fazla SiO_4) karakterler taşır. Magmatik kayaçların mineralojik bileşimlerinin tanımlanmasında önemli rolü ana magma oynar. **Differansasyon-ayrışma, kristal çökmesi, asimilasyon, magmaların karışımı** gibi süreçlere bağlı olarak farklı magmatik kayaçlar aynı magmadan türemiş olabilir.

Differansasyon-Ayrışma (Bowen Reaksiyon Serisi): Geçen yüzyılın başında Bowen; mafik, intermediyer (ortaç) ve felsik magmaların bir anamafik magmadan türediği hipotezini ortaya koymuştur. Bowen, minerallerin soğuyan magmadan aynı anda tümünün kristalleşmediğini, fakat belli bir sıra içinde oluştuklarını biliyordu. Bowen'in gözlemleri ve laboratuvar çalışmaları, **Bowen Reaksiyon Serisi** olarak önerdiği, intermediyer ve felsik magmaların bazaltik bir magmadan türedikleri varsayımına dayandırılır. Bowen reaksiyon serisi, **kesikli-devamsız ve devamlı-sürekli reaksiyon serileri** olarak ikiye ayrılmıştır. Minerallerin kristalleşmesi eş zamanlı olarak her iki reaksiyon serisinde oluşmaktadır. Sadece ferromagnezyen mineralleri içeren kesikli reaksiyon serisinde belirli sıcaklıkta bir mineral diğer bir minerale geçmekte veya dönüşmektedir.

Sıcaklık azalması nedeniyle, sıcaklık belli bir seviyeye ulaştığında o sıcaklık aralığındaki mineral kristalleşmeye başlar. Böylece ilk oluşmuş mineral artık sıvı magma veya çözelti ile reaksiyona girerek mineral sıralamasındaki bir başka veya sonraki mineralin oluşumu gerçekleşir. Örneğin **olivin [$(Mg, Fe)_2SiO_3$]** bu reaksiyon serisinde oluşan birinci ferromagnezyen mineraldir. Magma soğumaya devam ederek sıcaklığın stabil olduğu sıcaklık sınırına ulaştığında olivin ve artık çözelti arasında kimyasal reaksiyonlar sonucunda **piroksen minerali** oluşur. Soğumanın devam etmesiyle benzer reaksiyonlar piroksen ve çözelti arasında oluşur ve piroksenin yapısı yeniden değişerek **amfibolitminerallerini** oluşturur. Soğumanın devamında amfibol ve çözelti arasındaki reaksiyonlar nedeniyle, amfibolün yapısı yeniden düzenlenerek tipik yapraksı yapıya sahip **biyotit** ve **mika** mineralleri oluşur.

Reaksiyonlar belirtildiği şekilde bir mineral serisindeki bir sonraki minerale değişmesine rağmen, reaksiyonlar her zaman tamamlanamaz. Örneğin olivin piroksenle çevrilmiş olabilir ve bu da reaksiyonun tamamlandığına işarettir. Eğer magma yeterli bir hızla soğursa ilk oluşan mineraller çözeltiyle reaksiyona girecek zamana sahip olamaz. Böylece kesikli reaksiyon serisindeki tüm ferromagnezyen mineraller bir kayaçta olabilir. Her durumda, biyotit kristalleştiğinde ana-orijinal magmada bulunan tüm magnezyum ve demir tüketilmiştir.

Bowen reaksiyon serisinin devamlı reaksiyon serisindeki tek mineral, plajiyoklaz feldispattır. Caplajiyoklaj (kalsiyumca zengin plajiyoklaz) ilk önce kristalleşir. Magmanın soğumaya devam etmesiyle, kalsiyumca zengin plajiyoklaz çözeltiyle reaksiyona girer ve plajiyoklaz giderek daha fazla sodyum ihtiva eder. Kristalleşme çözeltideki kalsiyum ve sodyumun tümü tüketilinceye kadar devam eder. Soğumanın çok hızlı olduğu hallerde kalsiyumca zengin plajiyoklazdan sodyumca zengin plajiyoklaza dönüşür. Bu şartlar altında oluşan plajiyoklazlarda zonlanma görülür. Bu zonlu yapıda kalsiyumca zengin çekirdek ve onu çevreleyen sodyumca zenginleşmesiyle gelişen zonlar yer alır.

Bowen reaksiyon serisinin her iki kolunda bir tarafta magnezyum ve demir, diğer tarafta da kalsiyum ve sodyum tüketilerek kristalleşme oluşur. Buna göre geriye kalan magma potasyum, alüminyum ve silisçe zenginleşmiş olur. Bu elementler birleşerek potasyum feldspat-ortoklaz ($KAl\text{-}Si_3O_8$) oluşturur ve eğer su basıncı yüksek ise yapraksı silikat olan muskovit oluşur. Geriye kalan magma artık silis ve oksijence zengin hâle gelir ve kuvars minerali bu çözeltiden itibaren kristalleşir.

Kristal Çökmesi: Magmanın bileşimi kristal çökmesi yoluyla değişebilir. Bu süreç, kristalleşme ve bunu takiben gravitasyonal çökme ile gerçekleşir. Olivin, Bowen reaksiyon serisinde oluşan ilk ferromagnezyen mineraldir. Olivinin özgül ağırlığı artık çözeltininkinden fazladır ve bu nedenle olivin çözeltide aşağı doğru batma-çökme eğilimindedir. Buna göre demir ve magnezyum içeren minerallerin kristalleşmesiyle bu elementler kullanılarak arta kalan çözelti silis, sodyum ve potasyum bakımından daha zengin hâle gelir. Bu nedenle üste doğru dayk ve sill olarak yerleşen intruzif magmatik kayaçlarda daha az olivin ve piroksen varken alt kesimlerde bu minerallerden daha çok bulunur.

Asimilasyon: Magmanın bileşimi asimilasyon prosesiyle değişebilir. Bu proses, magmanın etrafındaki komşu kayaçlarla reaksiyona girmesiyle gelişir. Magma ocağında (magma chamber) veya volkanik bacalarda magmaya yakın olan kayaçlar ısınarak sıcaklık 1300 °C'ye ulaşabilir. Bu kayaçların bazıları kısmen veya tamamen ergir. Ergiyen kayaçların ergime sıcaklıkları magmanınkinden daha düşüktür. Asimile olmuş kayaçlar nadiren magmanınki ile aynı bileşimdedir ve magmanın bileşimini bu nedenle değiştirir. Asimilasyon, magmatik kayaçların içinde yaygın olarak bulunan inklüzyonlarda görülmektedir. Çoğu inklüzyonlar komşu kayaçlardan türemiş farklı boyutlardaki kayaçlardır.

Magmaların Karışımı: Tek bir volkandan farklı bileşimde lavların püskürmesi, farklı bileşimlerdeki magmaların varlığını işaret etmiştir. Bu magmalardan bazıları birbirleriyle karışabilir. Yükselen mafik magma ile yaklaşık aynı hacimdeki felsik magma karışırsa sonuçta intermediyer bileşimde yeni bir magma oluşur.

2.5.1.3. Magmatik Kayaçların Yerleşim Şekilleri

Volkanizma ve plütonizma dolayısıyla volkanik ve plütonik kayaçlar birbirinden farklıdır. Volkanizma ve oluşan volkanik kayaçlar doğrudan yüzeyde gözlenebilir. Ancak plütonizma ve plütonik kayaçlar indirekt olarak çalışılabilir. İntrüzif magmatik kayaç, pluton olarak adlandırılmakta olup plutonlar magmanın yerkabuğu içinde soğuması ve katılaşması sonucunda oluşur. Bunlar ancak erozyondan sonra yüzeyde gözlemlenebilir. Plutonların pek çok türü tanımlanmıştır. Bunların tümü geometrik özelliklerine ve komşu kayaçlarla olan ilişkilerine dayanılarak ayrılmıştır. Plutonlar geometrik olarak masif, düzlemsel, silindirik ve mantar şeklinde olabilir. Konkordan ve diskordan olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

Konkordan plutonlar yan kayaçların tabakalanmasına paralel olup sill, lakolit bunlara örnektir. Diskordan plutonlar ise yan kayaç tabakalanmasını keser. Dayk, batolit ve stok bunlara örnektir. Batolitler 100 km^2 veya daha büyük alan kaplayan magmatik kayaçlardır. Stok, batolite benzer özelliklere sahiptir ancak ondan daha küçüktür.

2.5.2. Metamorfik Kayaçlar ve Oluşumları

Daha önce var olan magmatik, tortul, metamorfik kayaçların metamorfize olması ile oluşan kayaçlara metamorfik kayaçlar denir. Metamorfizma, geniş anlamda şekil değiştirme demektir. Metamorfize nedeni; basınç, ısı ve kesme kuvvetidir. Metamorfizma, bu kuvvetlerin ayrı ayrı veya kombinizasyonu ile etkimeleri sonucu oluşur. Metamorfize sonucu yapı, doku ve kristal şekil değişir; fakat kimyasal bileşim değişmez.

Metamorfizmaya tesir eden faktörlere göre sınıflama aşağıda verilmiştir.

1. Kontakt (termal) metamorfizma
2. Rejyonal metamorfizma
3. Dinamik (dislokasyon) metamorfizma

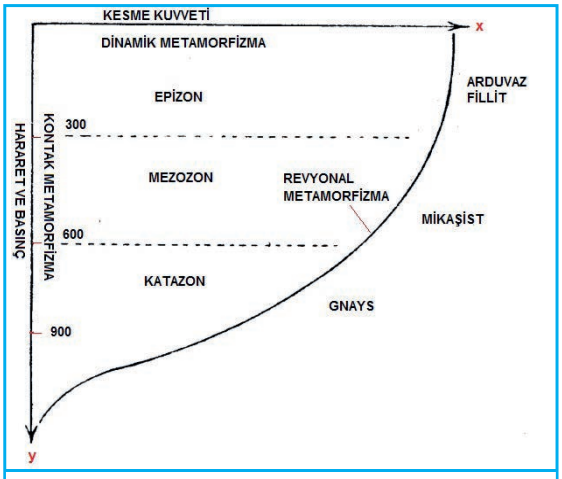
Metamorfize olmuş kayaçların tekrar metamorfize olmasıyla polimetamorfik kayaçlar oluşur.

1. Kontakt (Termal) Metamorfizma: Magmanın daha önceden mevcut kayaçların içine girerek bunları değiştirmesidir. Değişim, merkezden uzaklaştıkça azalır ve sonunda kaybolur. Değişim, magmatik kütle etrafında halka şeklinde oluşur. Kontakt kalınlığı 10-15 cm ile 700-800 m arasında değişir. Tesir eden faktörler; ısı, gazlar, erimiş solüsyonlardır.

2. Rejyonal Metamorfizma: Isı, basınç, kesme kuvveti ve kimyasal aktif akışkanların etkisiyle, geniş sahalar kaplayan değişimlerdir. Burada basınç her yönlü (hidrostatik) veya tek yönlü (kesme kuvveti) şeklindedir. Yerkabuğunun hareketli bölgelerinde oluşması, magmatik faaliyetler, orojenik kuvvetler (dağ oluşum hareketi) rejyonal metamorfizmaya tesir eden faktörlerdir.

3. Dinamik (Dislokasyon) Metamorfizması: Yönlü ve kesme kuvvetlerinin etkisi ile oluşan metamorfizmadır. Tesir eden faktörler dinamik yönlü kuvvettir. Bu kuvvetlerin etkisiyle sert, sağlam ve kompakt şekilde kırılır ve parçalanır.

Metamorfizma bölgeleri ve karakteristik taşları içeren grafiksel şekil aşağıda verilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Metamorfizma çeşitleri, rejyonal metamorfizma, bölgeleri ve karakteristik taşları

Metamorfizma ve etki eden faktörler göz önünde bulundurulduğunda Şekil 2.6'da diyagram çizilerek üç bölgeye ayrılmıştır. Bölge adları ve karakteristik kayaçlar aşağıda verilmiştir.

a. Epizon bölgesi, arduvaz ve fillitler

b. Mezozom bölgesi, mikaşistler

c. Katazon bölgesi, gnayslar

Metamorfik kayaçların sınıflaması ile ilgili günümüzde kabul edilmiş bir sınıflandırma mevcut değildir. Aşağıdaki sınıflamada ise mikroskopik olarak arazide tanınmalarına yardımcı olan karakteristik yapı, elemanları ve metamorfizma derecesi göz önüne alınmıştır. Bu sınıflama aşağıda verilmiştir [Resim 2.25(a, b, c, d)].

1. Arduvaz ve fillitler
2. Şist ve mikaşistler
3. Mermerler
4. Kuvarsit
5. Gnayslar

a) b) c) d)

Resim 2.25(a, b, c, d): Sleyt, fillit, şist, gnays metamorfik kayaç örnekleri

Arduvaz ve Fillitler: Killi, siltli veya volkanik kayaçlar, aşırı kesme kuvveti ve az miktarda ısı ve basınç etkisinde kalır; saepizon bölgesinde arduvazlar ve fillitler meydana gelir. Kuvvet düzlemine dik doğrultuda sıralanma sonucu, düz ve ince levha şeklinde ayrılabilen bir yapılanma meydana gelmiştir. Gri, siyah veya morumsu renklidir. Arduvazlar; ince ve ufak mika, klorit, grafit ve kuvars içerir. Bunlar gözle ayırt edilemez. Tamamı ile kristalli değildir. Bu tip kayaçlara ısı ve basınç etkisi artarsa, mineraller büyür; parlak yüzlü, ince kristalli ve mikalı kayaçlar meydana gelir. Bunlara **fillit** denir. Türkiye'de, Batı ve Orta Anadolu'da ve Toroslarda ince levhalara ayrılabilen gri-siyah renkli arduvazlar vardır. Bunlara **kayrak taşı** veya **kaygan taş** denir. Damlarda, çatılarda örtü malzemesi olarak kullanılır.

Şistler ve Mikaşistler: Mezozon bölgesinin karakteristik kütlesidir. Fazla miktarda kesme kuvveti, ısı ve basınca maruz kalan kil ve killi şistler kristalli kayaçlara çevrilir. Mikaşistler; birbirine paralel, biyotit ve muskovit pulcuklarından veya ince tabaka halinde kuvars ve feldispat taneciklerinden veya grena kristallerinden oluşur. Şistlerin içinde, biyotit, muskovit, klorit, grafit, talk gibi yassı ve mikamsı mineraller bulunur. Adlandırılırken baskın mineralin sonuna şist kelimesi eklenir (biyotit şist, talkşist vb.).

Mermerler: Kalkerlerin, dolomitik kalkerlerin ve bazen de dolomitlerin metamorfize olmasıyla meydana gelmiş kayaçlardır. Metamorfizma esnasında kalkerler yeniden kristallenir, yeni yapı kazanır ve içlerinde yeni mineraller oluşur. Bazen de şistli bir yapı kazanır. Endüstride iyi cilalanmış, iyi parlayan taşa **mermer** denir. Mermer bileşimi; kalsiyum karbonat, nadiren kalsiyum ve magnezyum karbonattır. İçlerinde az miktarda, silis, silikat, feldispat, mika, demir oksit, pirit, mangan oksit ve organik maddeler bulunabilir. Renkleri beyaz, gri veya içine giren yabancı maddelerin cinsine göre sarı, pembe, kırmızı, siyah olabilir. Damarların ince ve değişik renkte olması, taşa hoş bir renk ve desen verir; değerini artırır. Mimaride kaplama malzemesi olarak 3 çeşit renk içerenler aranır. Ayrıca biblo, vazo, hediyelik eşya vb. yapımında kullanılır. Mermerlerin homojen bir yapı göstermesi, fazla sert olması, kolay işlenmesi, bünyesinde boşluk olmaması nedeniyle iç, dış kaplamalarda, döşemelerde, merdivenlerde, heykelcilikte süs ve kaplama taşı olarak kullanılır.

Kuvarsit: Taneleri ve çimentosu silis olan kum taşlarına **kuvarsit** denir. Silisli kum tanelerinin, yine silisli bir çimentoyla birleşmesi veya ısı ve basınç etkisiyle yeniden kristallenmesi sonucu oluşur. Doğa, tortul ve metamorfik olmak üzere 2 tip kuvarsit içerir. Bunlar, arazide komşu kayaçların durumuna göre gözle veya mikroskopla ayırt edilir. Genellikle açık renkli homojen, sert ve sağlam kayaçlardır. Aşınmaya karşı direnci fazladır, porozite çok azdır. Kırılma yüzeyleri düz ve camsıdır.

Balast: İnşaat taşı, bazen kaplama taşı olarak da kullanılır. Genellikle açık renkli, homojen, sert ve sağlam kayaçlardır. Aşınmaya karşı direnci fazladır, porozite çok azdır. Kırılma yüzeyleri düz ve camsıdır. Balast, inşaat taşı, hatta kaplama taşı olarak kullanılır. Silis yönünden saf oldukları zaman cam ve refrakter malzemenin hammaddesini oluşturur. Silika tuğlası, ferro silis ve hafif yapı malzemesi yapımında (gaz beton) kullanılır.

Gnays: Basınç ve ısının fazla olduğu katozon bölgesi karakteristik kayaçlarıdır. Granit bileşimli ve az çok bantlı bir yapı gösteren metamorfik kayaçlara **gnays** denir. Magmatik veya tortul kayaç orijinlidir.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

2.6 UYGULAMA

4 (6) DERS SAATİ

MAGMATİK VE METAMORFİK KÜTLELERİN BULUNUŞ ŞEKİLLERİ

Bu çalışmanın amacı, magmatik ve metamorfik kayaçlar ile ilgili araştırma, verileri değerlendirme ve rapor hazırlama uygulamaları yapmaktır.

GÖREV

Tortulaşma ve tortul kayaçlara ait uygulamaları, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Magmatik ve metamorfik kayaçlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Metamorfik kayaçlar: Elmas, mermer, arduvaz, kuvarsit, şist.

Magmatik kayaçlar: Batolit, siller, gabro, lakolit, facolit.

İstenenler

Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların oluşum şekillerini, kimyasal bileşimlerini, fiziksel şekillerini, bulundukları bölgeleri ve kullanım alanlarını içeren raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, ulusal, uluslararası üniversitelerin jeoloji bölümlerinin olduğu ve akademik araştırmalar yayınlayan web sayfalarından yararlanmaya dikkat ediniz.
- Raporunuzu kelime işlemci programı kullanarak özenle hazırlayınız.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Verilen magmatik ve metamorfik kayaçlarla ilgili araştırma yapılacak web adresleri, arama motoru kullanılarak tespit edilir.
2. Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların oluşum şekilleri ve yapıları, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
3. Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların kimyasal bileşimleri, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
4. Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların fiziksel şekilleri, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.

5. Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların bulundukları bölgeler, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
6. Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların kullanım alanları, farklı kaynaklardan karşılaştırılarak bulunur.
7. Kelime işlemci programında magmatik ve metamorfik kayaçların oluşumları ve yapılarına göre rapor formatı oluşturulur.
8. Oluşturulan rapor formatında, gruplara göre tortul kayaçlarla ilgili istenenleri içeren rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Verilen magmatik ve metamorfik kayaçlarla ilgili araştırma yapacağınız web adreslerini arama motorunu kullanarak tespit ettiniz mi?		
2	Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların oluşum şekillerini farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
3	Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların fiziksel şekillerini farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
4	Verilen magmatik ve metamorfik kayaçlarla bulundukları bölgeleri farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
5	Verilen magmatik ve metamorfik kayaçların kullanım alanlarını farklı kaynaklardan karşılaştırarak buldunuz mu?		
6	Kelime işlemci programında magmatik ve metamorfik kayaçların oluşumlarını ve yapılarını gruplandırarak rapor formatını oluşturdunuz mu?		
7	Gruplarına göre magmatik ve metamorfik kayaçlarla ilgili istenenleri içeren raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Kaya kütlelerinin mühendislikte kullanım yerlerini araştırınız ve edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.7. KÜTLELERİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

Kayaçların belirli bir yapısı vardır. Bu yapı kayaç oluşurken ve kayaç oluştuktan sonra kazanılmış olabilir. Kayaçların oluşum sırasında ve oluşum koşullarına bağlı olarak kazandıkları yapıya **birincil (primer) yapı**, oluştuktan sonra çeşitli kuvvetlerin etkisi altında ya da ayrışması ile kazandıkları yapıya **ikincil (sekonder) yapı** denir.

Kayaçlarda Birincil Yapılar: Granit, siyenit vb. derinlik tipi magmatik kayaçlarda oluşum sırasında feldispat, hornblend ve kuvars gibi minerallerin birbirine paralel dizilmesi ile çizgisel bir yapı gelişir. Magmatik kayaçlarda görülen bu yapı, magmanın geliş yönü ve çeşidi hakkında bilgi verir. Tüf, riyolit, andezit ve obsidyen gibi asit volkanik kayaçlarda akışkan yapı görülür. Bu yapı kayaçların plastik ve viskoz durumdaki bir magma akışından oluştuğunu gösterir.

Magmatik Kayaçlarda Birincil Yapılar: Volkanlardan çıkan lavlar yavaş yavaş soğur ve bazen halatsı bir yapı, bazen de yastıksı (pillow lava) bir yapı oluşur. Bu yapı türleri daha çok bazaltik lavlarda görülür. Birkaç cm'den 80-90 cm'ye kadar değişik büyüklükte olan yastıkların arası volkanik kül, amorf kuvars veya çeşitli minerallerle dolu olabilir. Yastıkların dış kısmında çabuk soğumaya bağlı olarak gaz boşlukları gelişir. Deniz altında üst üste biriken yastık lavların alt yüzü düz veya iç bükey, üst yüzeyleri ise dış bükey şekillidir. Bu özellik yardımıyla lav tabakasının alt ve üst yüzeyleri ayırt edilir. Dasit ve bazaltlarda çoğunlukla altıgen kesitli soğuma çatlaklarına bağlı prizmatik kolonlar görülür. Bu çatlaklar soğuma yüzeyine başka bir deyişle lavın akış yönüne dik olarak gelişmiştir. Lavlardaki gaz boşlukları kuvars, opal, kalsit ve zeolit gibi ikincil minerallerle dolu olabilir.

Metamorfik (Başkalaşım) Kayaçlarda Birincil Yapılar: Metamorfizma, kayacın yapısını ve dokusunu değiştirmiş olduğundan dolayı metamorfik kayaçların esas yapılarını tanımak zordur. Metamorfik kayaçlarda şistozite, foliasyon, lineasyon ve bantlı yapı karakteristiktir.

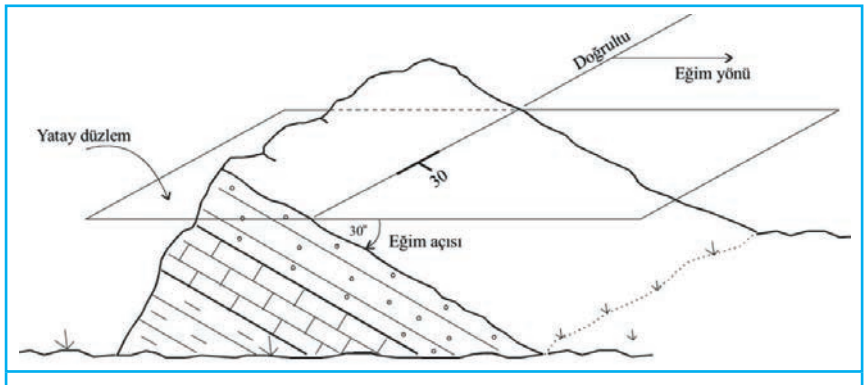
Tortul Kayaçlarda Birincil Yapılar: Tortul kayaçların esas yapılarından en önemlisi tabakalı yapılardır. Tortuların renk, tane büyüklüğü, doku, sertlik ve bileşim gibi farklı özellikler yönünden yataklar halinde üst üste sıralanmasına **tabakalaşma** denir. Bir tabaka belirli özelliği olan tortul malzemeden oluşur, alt ve üst yüzeyleri ile diğer tabakalardan ayrılır. Tabaka kalınlıkları birkaç mm ile birkaç metre arasında değişir. Kalınlığı 1 cm'den az olanlara **lamina**, 1 cm'den çok olanlara **tabaka** denir. Tabakalar ve laminalar genel olarak birbirlerine paraleldir.

Tortulaşma durduğu zaman tabakanın üst yüzeyinde sertleşme, kuruma, çatlama ve aşınma izleri meydana gelir. Tortul kayaçlarda tabaka ve tabakalaşma şekli oluşum ortamı hakkında bilgi verir. Killi ve kireçli tortular eşit büyüklükte aynı cins taneciklerden meydana gelmiştir. Bu tür tanelerin birikimi ile homojen tabakalaşma meydana gelir. Bunlarda tanelerin dizilişi düzenli ve tabaka yüzeyleri birbirine paraleldir. Taneli tortularda taneler farklı büyüklükte olduğu zaman çökelme sırasında iri taneler en altta, ince taneler en üstte yer alır. Bu tür tabakalaşmaya dereceli tabakalaşma denir. Çapraz tabakalaşmada, değişik yönlerden gelen rüzgâr ve su akıntılarının etkisi ile tanelerin dizilişi tabaka alt ve üst yüzeylerine paralel olmayıp bu yüzeylerle belirli bir açı yapan kama ve mercekler şeklinde dizilmiştir. Deniz dibinde kumlu malzemenin siltli ve killi seviyeler üzerinde gelişigüzel bir şekilde kayması ile kaymalı tabakalaşma meydana gelir.

Tortul tabakalarda bazen ripple mark, kuruma çatlağı, yağmur ve organizma izleri görülür. **Ripple markllar (dalga izleri);** rüzgâr, su akıntısı ve dalga hareketine bağlı olarak tabaka yüzeyinde gelişen yapılardır. Dalga etkisi ile meydana gelenler simetrik, rüzgâr ve su akıntısı ile oluşanlar ise asimetriktir. Tabakaların alt ve üst yüzeylerinin belirlenmesinde bu özelliklerden yararlanılır. Örneğin ripple markların sivri ucu, kuruma çatlağının geniş tarafı tabaka üst yüzeyini gösterir.

Dünya, iç dinamiği oluşturan kuvvetlerin etkisi altındadır. Bu kuvvetler kayaçları etkileyerek onların oluştukları zamanki biçimlerini kaybetmelerine neden olur. Tortul kayaçlar ilk oluştukları zaman yatay tabakalıdır. Bu durumda yaşlı tabakalar altta, genç tabakalar üstte bulunur. Ancak diğer kayaçlar gibi bunlar da tektonik kuvvetlerin etkisi ile deformasyona uğrayarak yatay konumları bozulur, kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanır.

Bir tabaka düzleminin konumu doğrultu ve eğimle ifade edilir. Bir düzlemin yatayla yaptığı ara kesite **doğrultu**, doğrultunun kuzeyle yaptığı açıya **doğrultu açısı** denir. Düzlem içerisinde doğrultuya dik çizgiye **eğim yönü**, eğimin yatayla yaptığı açıya **eğim açısı**, eğimin yatay iz düşümünün kuzeyle yaptığı açıya ise **eğim yönü açısı** denir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Bir tabaka düzleminde doğrultu, eğim açısı ve yönü

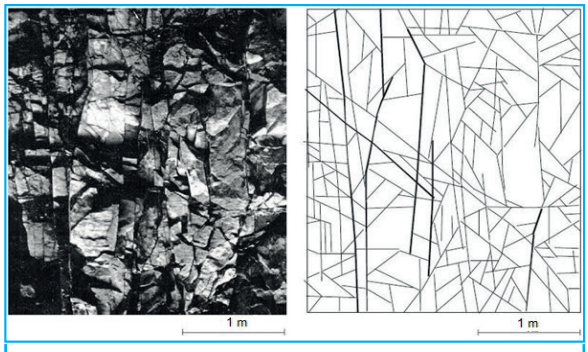
2.7.1. Kaya Kütlelerinin Özellikleri

Tortul, magmatik ya da metamorfik kökenden gelen kristalli veya taneli sert ortamlara **kaya** denir.

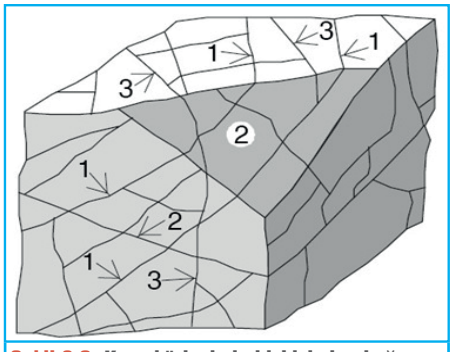
Kayaç Malzemesi: Kaya kütlesinde, tabakalanma, şistozite, fay vb. doğal süreksizliklerin arasında kalan malzemenin çekilme dayanımının azalmasına neden olabilecek herhangi bir kırık içermeyen farklı boyutlardaki parçalarıdır. Diğer bir ifadeyle sağlam kayaç malzemesi, herhangi bir kırık tarafından ayrılmamış en küçük kaya elemanıdır. Kayaç malzemesi içerisinde bazen mikro çatlaklar bulunabilir, bunlar süreksizlik olarak değerlendirilmez.

Süreksizlik: Kaya kütlelerinde çekilme dayanımı olmayan veya çok düşük çekilme dayanımına sahip tabakalanma düzlemi, eklem, fay, makaslama zonu, dilinim, şistozite vb. jeolojik anlamda zayıflık düzlemlerinin tümüne **süreksizlik** denir. Bu kavram süreksizliğin yaşı geometrisi ve kökeni gibi hususları içermez. Doğal süreksizlikler gibi bazen patlatma vb. nedenlerle oluşmuş yapay süreksizliklerde olabilir. Süreksizliklerin konumları ve yönelimleri kaya kütlelerinin **deformasyon, dayanım, geçirgenlik** gibi özelliklerini etkiler. Süreksizliklerin üç boyutlu karmaşık yapısı, **süreksizlik ağı** veya **kaya yapısı** olarak adlandırılır.

Kaya kütlelerinde süreksizliklerin çizimleri ve süreksizlik gösterimlerine ait örnek uygulamalar Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.8: Kaya kütlesinde süreksizlik



Şekil 2.9: Kaya kütlesinde birbirinden bağımsız üç farklı süreksizlik

Kaya kütlelerinin deformasyon, dayanım, geçirgenlik özelliklerini etkileyen süreksizlik türleri aşağıda verilmiştir.

Dokanak: İki farklı litolojik sınır arasındaki sınır olup bu sınır ya uyumludur ya da uyumsuz veya geçişli olan bir süreksizlik yüzeyidir.

Tabaka Yüzeyi: Tortul kayaçların oluşumu sırasında tane boyu ve yönelimi, mineralojik bileşim, renk ve sertlik gibi faktörlerdeki değişime bağlı olarak gelişen yüzeylerdir.

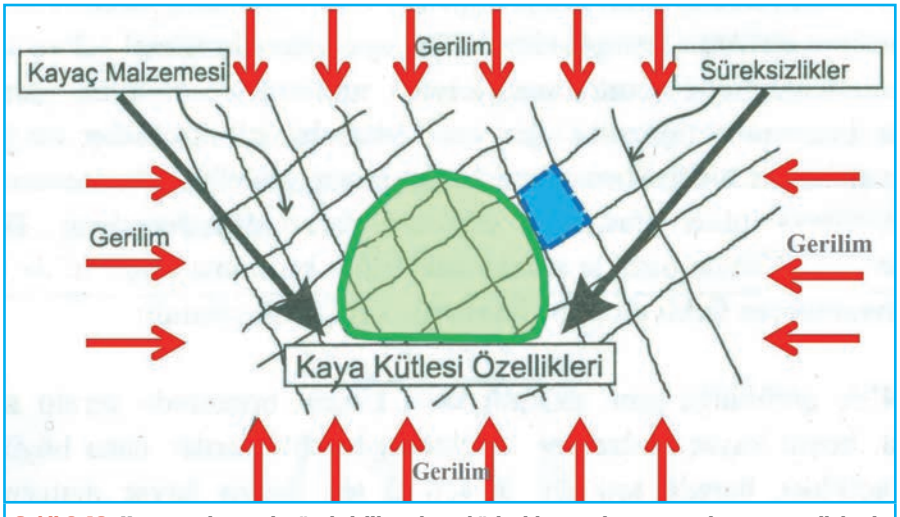
Fay: Birkaç cm'den km'lerce uzunluğa kadar göreceli bir yer değiştirmenin meydana geldiği makaslama yenilmesine maruz kalmış yüzeylerdir.

Çatlak: Yüzeyi boyunca herhangi bir yer değiştirmenin meydana gelmediği kırıklardır.

Foliasyon: Yüksek basınç ve/veya sıcaklık altında minerallerin tercihli yönelimi ile ortaya çıkan metamorfik kökenli zayıflık düzlemleridir.

Dayk, Sill: Çevre kayasından farklı özellikteki bir malzeme tarafından doldurulmuş kırıklardır.

Kaya Kütlesi: Süreksizlik ağı ile kayaç malzemesinin birlikte oluşturdukları kütle veya sistemdir. Kaya kütlelerinde süreksizliklerle sınırlanan kayaç malzemesi blokları, taze kayaç malzemesinden bozuşmuş kayaca kadar değişik özellikler sergileyebilir. Kaya kütlelerinin gerilme altındaki davranışları genellikle kayaç malzemesine ait bloklar ile süreksizlikler arasında etkileşim tarafından denetlenir (Şekil 2.10).

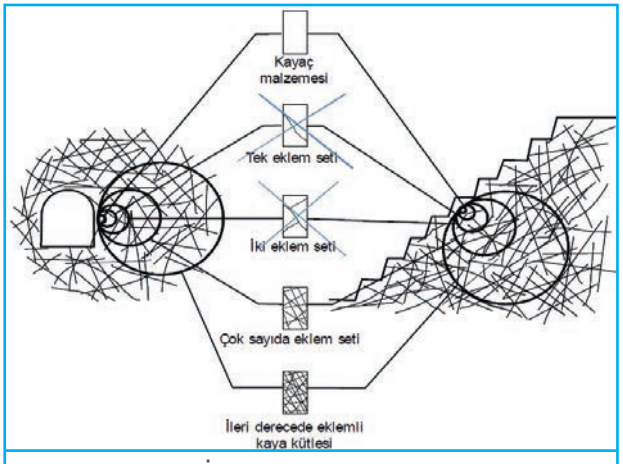


Şekil 2.10: Kayaç malzemesi, süreksizlik ve kaya kütlesi kavramlarını tanımlayan şematik kesit

Kayaç malzemesi ile kaya kütlesi birbirinden farklıdır ve karıştırılmamalıdır. Eklemli bir kaya kütlesinde yer altı açıklığının boyutu büyüdükçe boyut kayaç malzemesini temsil eden bloklardan daha büyük olacağı için açıklığın davranışı hem kayaç hem de süreksizlikler tarafından denetlenir.

Bir kayaç 10 veya daha fazla sayıda süreksizlik seti (takımı) içeriyor ise bu kayaç homojen ve izotrop kabul edilir. Bu yaklaşımdan kaynaklı hata payı %5'i geçmez. Bir kayaç çok az sayıda süreksizlik içeriyor ya da masif ise bu kayaç ideal olarak homojen ve izotrop kabul edilir. Az sayıda süreksizlik seti içeren mühendislik yapılarında bu süreksizlikler boyunca devrilme, kayma gibi duraysızlıklar olur.

Çok sayıda süreksizliklerde şevin tamamını içine alan kütlesel bir duraysızlık modeli ile karşılaşılır. Bu koşul en kritik koşulu oluşturur (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: İleri derecede eklemli kaya kütlesi

Kayaç malzemesinden ileri derecede eklemli kaya kütlesine geçiş aşamaları ve bu aşamalardaki dayanım özellikleri Tablo 2.3'te verilmiştir. Tanımlamada eklem sözcüğü sadece bir süreksizlik türünü ifade ederken burada kaya mekaniği terminolojisindeki kullanım dikkate alınarak diğer süreksizlik türlerini de içine alacak şekilde kullanılmıştır.

Tablo 2.3: Kayaç Malzemesinden İleri Derecede Eklemli Kaya Kütlesine Geçiş Aşamaları ve Bu Aşamalardaki Dayanım Özellikleri

Şekil	Tanımlama	Dayanım Özellikleri	Dayanım Deneyleri	Teorik Hususlar
	Kayaç malzemesi	Kırılgan-elastik ve genellikle izotrop davranır.	Karot örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli deneyler ile dayanımı belirlenir.	Elastik-izotrop davranış sunar, pek çok uygulama için yeteri derecede anlaşılmıştır.
	Eğimli tek süreksizlik içeren kayaç malzemesi	Süreksizliğin eğilimine ve makaslama dayanımına bağlı olarak olduça anizotrop özelliktedir.	Doğrudan makaslama deneyi tercih edilir.	Elastik-izotrop davranış sunar.
	Birkaç süreksizlik seti içeren massif kaya	Süreksizliklerin sayısı yönelimi ve makaslama dayanımına bağlı olarak anizotrop özelliktedir.	Örnek örselemesi ve boyut sınırlandırılmasından dolayı laboratuvar deneyleri yapılamaz.	Bloklar arasındaki karmaşık etkileşim çok az olarak anlaşılmıştır.
	İleri derece eklemli kaya kütlesi	Kırılgan-elastik ve genellikle izotrop davranır.	Örnek örselemesi ve boyut sınırlandırılmasından dolayı laboratuvar deneyleri yapılamaz.	Kenetlenen köşelerin davranışı çok az anlaşılabilmiştir.
	Sıkıştırılmış kaya dolgusu veya zayıf çimentolu konglomera	Oldukça izotrop, dokunun tahrip olmasından dolayı daha az kabaran ve düşük dayanımlıdır.	Üç eksenli deneyleri yapılabilir, geniş hücre gerektirir.	Taneli zeminlerde yapılan deneyler ile davranışı daha da anlaşılır.
	Gevşek kaya parçaları veya çakıllar	Zayıf sıkıştırma dönme eğilimine ve düşük dayanımına neden olur.	Üç eksenli deneyler ve doğrudan makaslama deneyleri basittir fakat pahalıdır.	Pek çok uygulamada yeteri düzeyde anlaşılmıştır.

Sert kayaçlar gerilme koşullarında ani yenilme sonucu kırılgan bir davranış sunarken zayıf sedimenter kayaçlar daha sönümlü bir davranış modeli sunar. Farklı yönelimlerde gelişmiş çok sayıdaki süreksizlik tarafından bölünmüş kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özellikleri **hem süreksizliklerin hem de kayaç malzemesinin** özellikleri tarafından denetlenir.

İleri derecede eklemli kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon karakteristiklerinin laboratuvar ortamında çok büyük boyutlu numuneler üzerinde tanımlamak neredeyse imkânsızdır. Bu sınırlamalar, araştırmacıları ileri derecede eklemli kaya kütlelerinde dayanım ve deformasyon özelliklerinin daha pratik bir şekilde belirlemeye zorlamıştır. **Hoek Brown Görgül Yenilme Ölçütü** ile bu eksiklik durumunu önemli ölçüde gidermiştir. Hoek-Brown, çalışmalarının sonucunda en büyük asal gerilme (σ_1) ile en küçük asal gerilme (σ_3), diğer bir ifadeyle normal gerilme (σ) ile makaslama (τ) arasındaki ilişkinin eğrisel olduğunu belirlemiş ve yenilme ölçütünü bir karekök parabolü olan aşağıdaki bağıntıyla ifade etmiştir. Bu ilişki, **Özgün Hoek Brown Yenilme Ölçütü** olarak da bilinmektedir.

$$\sigma_1/\sigma_B = (\sigma_3/\sigma_B) + \sqrt{(m \times (\sigma_3/\sigma_B) + s)}$$

σ_1 ve σ_3: Yenilme anındaki en büyük ve en küçük asal gerilmeleri,

σ_B: Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımını,

m ve s: Boyutsuz malzeme sabitlerini ifade etmektedir.

Yukarıdaki eşitliğin her iki tarafı da σ_B ile çarpılarak bu özgün ilişki aşağıdaki gibi de ifade edilmektedir.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{(m \times \sigma_3 \times \sigma_B) + (s \times \sigma_B{}^2)}$$

Bağıntıdaki "s" sabiti, kaya kütlesinin içerdiği bloklar/taneler arasındaki çekilme dayanımına ve süreksizlikler tarafından sınırlanan kaya malzemesi parçalarının birbirleriyle kenetlenme derecesine bağlı bir sabittir. Kaya malzemesi için s= 1 iken bu sabit, kaya kütlesinin kalitesine göre 1'den 0'a doğru azalmaktadır. "m" sabiti ise; kayanın türüne, kayayı oluşturan tanelerin büyüklüğüne, geometrisine ve kenetlenme derecesine bağlı olarak değişmektedir.

Özgün Hoek Brown Yenilme Ölçütü, sıkı kenetlenmiş köşeli kaya parçalarından oluşan iyi ve orta kaliteli kaya kütlelerinde iyi sonuç vermesine karşın, zayıf ve çok zayıf kaya kütlelerinde temsil edici sonuçlar vermemektedir. Bu sorunun giderilmesi amacıyla 1992 yılına kadar bazı modifikasyonlar yapılmış olmakla beraber, ölçütün modifiye edilmiş son hali bile özgün bir bütünlük sağlayamamıştır. Bu sorunu dikkate alan hem özgün hem de modifiye edilmiş ölçütü içerecek şekilde bir düzenleme yapılarak ölçüt aşağıda verilen genel bağıntıyla tanımlamıştır.

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_B \left((m_b \times \sigma'_3/\sigma_B) + s \right)^a$$

İyi kenetlenmiş ve köşeli kaya parçalarından oluşan iyi kaliteli kaya kütlelerinde yukarıdaki eşitlikte "a" üssel değeri 0,5 alınarak ölçüt özgün haline dönüştürülür.

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_B \left((m_b \times \sigma'_3/\sigma_B) + s \right)^{0,5}$$

Makaslama hareketi veya bozunma nedeniyle kaya malzemesine ait bloklar arasındaki kenetlenmenin zayıflamış olduğu zayıf kaya kütleleri, çekme dayanımına veya kohezyona sahip değildir. Bu tür kaya kütleleri için modifiye edilmiş ölçüt çok daha uygun olmakta ve s= 0 alındığında söz konusu eşitlik;

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_B (m_b \times \sigma'_3/\sigma_B)^a$$

şeklinde düzenlenerek ölçütün 1992'de önerilen bir önceki modifikasyonunda verilen eşitliğe dönüşmektedir. Genelleştirilmiş haliyle ölçüt, a=0,5 ve s=1 alınarak aşağıda verilen şekliyle kaya malzemesi için kullanılabilmektedir.

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_B \left((m_b \times \sigma'_3/\sigma_B) + 1 \right)^{0,5}$$

2.7.1.1. Kaya/Kayaç Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri

Kaya kütlelerinin jeolojik, kimyasal, fiziksel, direnç, deformasyon gibi mühendislik özellikleri incelenmektedir. Mühendislik alanı ile ilgili bu özellikler aşağıda açıklanmıştır.

Kayaçların Jeolojik Özellikleri

Yerkabuğunu oluşturan kayaçların oluşum özellikleri, jeohidrolojik özelliklerini belirleyen temel unsurdur. Bu özelliklerin en önemlileri; zaman, ortam, doku, yapı ve jeohidroloji'dir.

Kayaçların Kimyasal Özellikleri

Kayaçların kimyasal özellikleri, mineralojik ve petrografik içeriği ile doğrudan ilişkili olup erime, ayrışma ve suya karşı olan davranışları gibi her türlü mühendislik konularında araştırılması gereken özelliklerdir. Kayaçların kimyasal ayrışması kayaç-su etkileşimi ile oluşmaktadır. Ayrışma boyunca, jeokimyasal olarak hareketli elementler (alkali ve toprak alkali elementler) kolayca kimyasal olarak yıkanır. Diğer taraftan, geriye kalan elementler atmosferdeki bileşenlerle birlikte yeni mineralleri meydana getirir. Böylelikle kayaçların kimyasal özelliklerinin değişimi doğrudan mekanik özelliklerini de değiştirmiş olmaktadır. Bununla ilgili olarak yapılan çalışmalarda mekanik özelliklerin tahmini için kimyasal ayrışma indeksleri kullanılmaktadır.

Kayaçların Fiziksel (İndeks) Özellikleri

Kayaçların mühendislik işlerinde kullanılan başlıca fiziksel özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Birim Hacim Ağırlığı (γ): Herhangi bir birim hacimdeki kayacın toplam ağırlığı kayacın birim hacim ağırlığı olarak tanımlanır. Birim kaya elemanı olan kayacın birim hacim ağırlığı, tüm kaya kütlesinin içerdiği süreksizlere bağlı olarak kaya kütlesini temsil edebilir. Mühendislik hesaplarında kullanılan değerler; kayaçların doğada bulundukları hâldeki doğal birim hacim ağırlıkları (γ_n), katı kısımlarının birim hacim ağırlıkları (γs), bütün boşlukların su ile dolu olması halindeki doygun birim hacim ağırlıkları (γ_d) ile boşluklu kısımların havayla dolu olması hâlinde kuru birim hacim ağırlıkları (γ_k) olarak tanımlanır.

Özgül Ağırlık (G): Belirli bir hacimdeki ismin ağırlığının, aynı hacim ve +4 ^{0}C'deki saf su ağırlığına oranıdır. Kaya kütlelerinin doğal özgül ağırlıkları, boşluk oranına ve su miktarına göre değişen bir değerdir. Fakat kayaçların tane özgül ağırlığı değişmez değerdir. Dolayısıyla özgül ağırlık deyimi genellikle tanelerin katı kısımlarıdır ve birimsiz olarak ifade edilir.

Doğal Su İçeriği (W_n): Kayacın belirli bir hacimde kapsadığı su ağırlığının katı (tane) kısmın ağırlığına oranıdır. Bu değer yüzdesel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\%\, W_n = \frac{\text{Su ağırlığı}}{\text{Katı (tane) Ağırlığı}} \times 100$$

Porozite (n) ve Boşluk Oranı (e): Kayacın içinde bulunan boşlukların hacminin (V_h) tüm hacmine (V_t) oranı olan **porozitesi (n)**; boşluk hacmi (V_h) ile katı kısımların hacmi (V_k) oranı da **boşluk oranı (e)** olarak tanımlanır ve yüzdesel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\%\, n = \frac{V_h}{V_t} \times 100 \qquad \%\, e = \frac{V_h}{V_k} \times 100$$

Son yıllarda yapılan çalışmalar kayaçların poroziteleri ile özgül ağırlıkları ve orijinleri arasında bazı bağıntıların bulunduğunu göstermiştir. Büyük basınçlar altında oluşan granitlerin özgül ağırlıkları fazla, poroziteleri az; buna karşın volkanik tüflerin özgül ağırlıkları az, poroziteleri fazladır. Porozite ve boşluk oranı; delme-patlatma çalışmalarında gerek patlayıcının türünün seçilmesi, gerekse patlatma esnasında oluşan gaz basıncının parçalanmaya etkimesi konusunda oldukça üzerinde durulması gereken mühendislik özelliklerindendir. Doğal halde, süreksizlikleri ve boşlukları bulunan bir kayacın içindeki su hacminin boşlukların hacmine oranı **doygunluk derecesi (S)** olarak tanımlanır ve yüzdesel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$S = \frac{W_w}{V_v} x\ 100 = \frac{\text{Su hacmi}}{\text{Boşluk hacmi}} x\ 100$$

Geçirimlilik (Permeabilite-K): Kısaca kayacın su geçirme özelliğidir. Hidrojeolojide, birim miktardaki yük kaybı altında, mevcut ortamın birim kesit ve birim uzunluktaki prizması içinden birim zamanda geçen su miktarına permeabilite denir. Birimi m/sn'dir.

Su Emme: Bir kayaç suya batırıldığında içerisindeki boşluklar yani poroziteleri oranında belirli bir süre içinde ve sıcaklıkla su ile dolar. Fakat bazen numune içerde kalan hava boşluklarının birbirileri ile bağlantılı olmaması ve süreksizliklerde bulunan şişme potansiyelli killer nedeniyle suyun kayaç içine girmesi engellenir. Bu durum kayaçların su emmesini etkiler. Kayacın ağırlık ve hacim açısından su emmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

- Kayaç numunesi 105 ^{0}C'de 24 saat süre ile kurutulur, tartılır ve kuru ağırlık ($W_k = P_1$) bulunur.
- 24 ya da 48 saat suda bırakılıp su emdirilir ve havada tartılır ($W_t = P_2$).
- Ağırlık yüzdesi olarak su hesaplanır.

ağırlıkça su emme (S_a);

$$S_a = \frac{P_2 - P_1}{P_1} x\ 100$$

ve hacimce su emme (S_v);

$$S_v = \frac{(P_2 - P_1)/\gamma_w}{P_1/\gamma_s} x\ 100$$

γ_w: Suyun Birim Hacim Ağırlığı = 1 g/cm^3

Birim kaya elamanı olan kayacın su içeriğini belirleyen bu özellikler kaya kütlesinin özelliklerini de etkilemektedir. Örneğin su emmesi yüksek poroz bir kaya ortamı suyun mevsimsel olarak hacim değiştirmesinden ötürü mekanik deformasyona uğrayarak kaya kütlesinin genel mukavemet özelliklerini etkilemiş olur. Kaya ortamı içerisinde yeni süreksizliklerin oluşmasına, dolayısıyla süreç içinde mühendislik parametrelerinin değişmesine neden olur.

Kayaçların Direnç Özellikleri

Mühendislik çalışmalarında, kaya ortamlarında birim alana düşen kuvvet miktarına gerilme adı verilmektedir. Bu kuvvetler basınç, çekme ve kesme şeklinde olmaktadır. Kayaçların, bu kuvvetlerin etkisi altında şekil ve hacim değiştirmeleri, genellikle dört tür gerilme etkisiyle oluşmaktadır. Bunlar; basınç gerilmesi, çekme gerilmesi, kesme-kayma gerilmesi ve burulma gerilmeleridir.

Kayaçların direnci, çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kırılmaya, göçmeye ve bozulmaya karşı gösterdikleri dayanıklılık olarak tanımlanır. Bu direnç, kayaçları oluşturan tane ve minerallerin iç yapılarına ve bunların dizilişlerine bağlı olduğu kadar kayaçların uğradıkları gerilme koşulları, zaman ve deformasyonla da ilgilidir. Belirli bir gerilme hali için kayaç direncinin uygulandığı gerilme değerine oranı, o kayacın kırılmaya, göçmeye veya kaymaya karşı "güvenlik katsayısı" olarak tanımlanır.

Doğada belirli bir derinlikte bulunan bir kayaç birim elemanı, üç doğrultu ile belirlenen üç asal gerilme altında bulunur. Dolayısı ile bir kayanın direnci ya da kırılmaya karşı gösterdiği dayanıklılık bu üç asal gerilmenin fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kayaçların dayanım davranışlarını, kaya kütlesinin dayanım davranışlarını, doğal sınır koşullarını saptamak, kaya yapısının duraylılığını denetlemek ve kaya yapısının optimal boyutlandırmasını yönlendirmek amaçlarıyla aşağıda açıklanan deneyler, ölçüm ve gözlemler yapılmaktadır.

Kayaçların kristallenme, çimentolanma, kompaksiyon, kenetlenme, süreksizliklerine ve ayrışma derecesine bağlı olarak mekanik özelliklerinin değiştiği bilenmektedir. Laboratuvar deneyleri için hazırlanan numuneler, yukarıda söz edilen etkileyici unsurların çoğunu kapsayacak büyüklükte olmadıklarından, ayrıca numune alırken deformasyona uğrayabileceklerinden kaya kütlesini temsil etmekte yetersiz kalabilir. Bu nedenle arazide deneylerin yapılmasına son yıllarda büyük bir önem verilmektedir. Ancak arazi deneylerinin pahalı, zaman alıcı ve standart problemleri olması nedeniyle laboratuvar deneyleri cazibesini korumaktadır.

Kayaçların direnç türleri ile ilgili laboratuvar deneyleri aşağıda açıklanmıştır.

Tek Eksenli Basınç Direnci: Belirli boyutlardaki küp ve silindirik numuneler üzerinde yapılan deneylerde kayaçların belirli doğrultularda kırıldığı görülmektedir. Tek eksenli basınç direnci, belirli boyutlardaki kayaçların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dayanıklılıktır.

Basınç direnci; $\sigma_B = P/A$ bağıntısı ile ifade edilir ve birimi kg/cm^2 veya N/cm^2dir.

P: Kırılma anındaki yük ve A: Alan

Gevrek malzemelerde, tek eksenli basınç deneylerinde, numune alanında değişme olmadan kırılma meydana gelir. Ancak gevrek olmayan malzemelerde numune kırılma öncesi şekil değişikliğine uğrar. Kırılma yükü altında, kayma çatlakları meydana geldiği anda, deney altındaki numunenin kesit alanı büyür. Bundan dolayı bu tür kayaçlarda tek eksenli basınç direnci, kırılma yükünün kırılma anındaki alana oranı olarak tanımlanmaktadır.

$\sigma_B = P_k / A_k$

P_k: Kırılma anındaki yük

A_k: Kırılma anındaki numune alanı

Bu çalışma kapsamında direk ve indirek laboratuvar yöntemlerinin yanı sıra literatürde yapılan çalışmalardan da yararlanılarak farklı kaya türlerinin tek eksenli basınç dayanımları ilerideki bölümlerde tablo halinde verilecektir.

Çekme Direnci: Basınç direncine oranla, mühendislik işlerinde daha az önemli olan bu direnç türü bir kayacın çekme gerilmesine karşı gösterdiği dayanıklılık olarak tanımlanmaktadır. Bu direnç, numuneyi kıran çekme kuvvetinin, kırılma alanına bölünmesi ile bulunur. Genellikle tek eksenli basınç direnci ile çekme direnci arasında lineer bir bağıntı vardır ve bu bağıntı; $\boldsymbol{\sigma_Ç = K.\sigma_B}$ **(0,1 < K > 2,25)** şeklinde verilebilir.

a) Direk Çekme Deneyi: Genellikle L/D = 2 boyutlu silindirik numuneler üzerinde yapılan bu deneyde numune, iki ucundan çekilerek içinde oluşturulan çekme gerilme altında kırılır. Ancak kaya numunesi üzerinde çekme kuvveti uygulamak zor olduğu için daha çok indirekt çekme deneyi kullanılmaktadır.

b) İndirekt Çekme Deneyi (Brazilian Deneyi): Bu deneyde, silindirik kaya numunesine paralel iki yükleme plakası arasında basınç kuvveti uygulanmaktadır. Uygulanan bu çizgisel basınç kuvveti altında, numune içinde yükleme doğrultusundan geçen düşey düzlem boyunca çekme gerilmeleri oluşmakta ve numune bu düzlem boyunca kırılmaktadır.

Numuneyi kıran kuvvet (F), numune çapı (D) ve boyu (L) ise kayacın çekme direnci: $\sigma_ç = 2F/\pi DL$ şeklinde ifade edilir.

Kayaçların çekme dirençleri ile tek eksenli basınç dirençleri arasında sabit bir katsayı ilişkisi olmamakla beraber, çekme direncinin basma direncine oranla yaklaşık 10 kat daha az olduğu bilinmektedir.

Kesme (Kayma) Direnci: Kesme kuvveti altında kayaçların kırılma, kayma ve şekil değiştirmeye karşı gösterdiği dayanıklılıktır. Kesme direnci değeri, laboratuvarda üç eksenli basınç deneyi ve kesme kutusu deneyleri ile saptanırken arazide tek veya çift hidrolik krikolu aletler yardımı ile bulunabilmektedir. Kesme direnci deneylerinin esas amacı kayaçların kırılma zarfının bulunması yani, kırılma anında normal (σ) ve kesme (τ) gerilmeleri arasındaki ilişkinin hesaplanması ve direnç parametrelerinin saptanmasıdır. Bu çalışma kapsamında, kayaçların jeomekanik özellikleri arasında değerlendirilen içsel sürtünme ve kohezyon değerlerinin de olması nedeniyle üç eksenli basınç deneyi aşağıda açıklanmıştır.

Üç Eksenli Basınç Deneyi: Laboratuvarda kayaç numuneleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri ile farklı eksenel gerilmelere maruz kalan kayaçların kayma direnci özellikleri bulunur. Bu deneyler için hazırlanan L/D = 2 boyutlu silindirik numunelere basınç hücresi içinde değişik değerlerde yanal basınçlar (σ_3) uygulanır. Her değişik yanal basınç kademesinde, numune üzerinde uygulanan düşey gerilmeler (σ_1), kayaç numunesi kırılıncaya kadar artırılır. Belirli yanal gerilme (σ_3) altında numuneyi kıran eksenel basınç gerilmesi (σ_1) saptanır. Diğer bir numune üzerinde yanal basınç gerilmesi (σ_3) artırılarak aynı deney tekrarlanır. Ortaya çıkan (σ_1) ve (σ_3) değerleri, yatay ekseni (X) normal gerilmeleri (σ), düşey ekseni (Y) ise kesme gerilmelerini (τ) ifade eden bir koordinat sistemine yerleştirilip her kırma deneyi için uygulanan (σ_1) ve (σ_3) değerlerinden bir daire geçirilir ve bu oluşan dairelere **Mohr Dairesi** adı verilir. Mohr dairelerine teğet geçen doğru ise **Mohr Kırılma Zarfı** olarak adlandırılır.

Mohr kırılma zarfının yatayla yaptığı açı, kayacın içsel sürtünme açısını (Φ), Y eksenini kestiği ordinat değeri ise kayacın kohezyon (c) değerini vermektedir. Kayaçların kesme direnci ile direnç parametreleri olan kohezyon ve içsel sürtünme arasındaki ilişki, Coulomb tarafından aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmiştir.

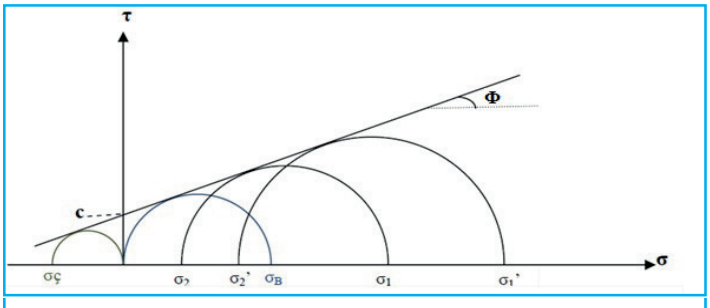
$\tau = c + \sigma .tg\ \Phi$

Bağıntıda verilen parametrelerin anlamları aşağıda verilmiştir.

τ: Kesme direnci (kg/cm^2) σ: Normal gerilme (kg/cm^2)

c: Kohezyon (kg/cm^2) Φ: İçsel sürtünme açısı

Mohr kırılma zarfı ve Mohr dairelerinin ifade edilmesi Şekil 2.12'de verilmiştir.



Şekil 2.12: Mohr daireleri ve Mohr kırılma zarfı ile tek eksenli basınç direnci (σ_B), çekme gerilmesi direnci ($\sigma_ç$), kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısının (Φ) tayini

Kayaçların kesme dirençleri üç eksenli basınç testinin yanı sıra yine laboratuvar ortamında kesme deneyi yapılarak da bulunabilmektedir. Bu deneyde özel hazırlanmış kesme kutularına yerleştirilen silindirik veya prizmatik numuneler değişik düşey yükler altında, belirli yönde ve düzlemlerde kesme kuvvetlerine maruz bırakılarak kesme mukavemetleri bulunmaktadır.

Burulma Direnci: Kayaçların burulma kuvvetlerine karşı gösterdikleri dirençtir. Bu direnç indirekt kesme deneyi ile bulunmaktadır. Silindirik kaya numunesi bir moment çifti etkisi altında deformasyona uğratılarak kayada kesme gerilmeleri oluşur ve bu gerilmeler belli bir sınırı aşınca kayaç kırılır.

Kayanın kırıldığı kesme gerilmeleri;

$$S_o = \frac{16.M_c}{\pi.D^3} \text{ x } 100$$

Bağıntısı ile hesaplanır. Bağıntıda;

S_o: Kayanın kesme direnci (kg/cm^2)

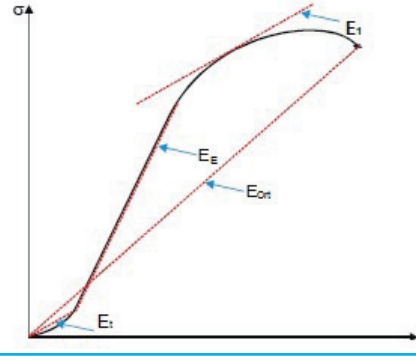
M_c: Numuneye uygulanan moment (kgcm)

D: Numunenin çapı (cm)'dir.

Kayaçların Deformasyon Özellikleri: Kayaçların elastik özellikleri, daha çok kaya ortamlarında yapılan mühendislik yapılarının zaman içerisinde etkilenimlerinin ortaya konulması amaçlı kullanılan parametrelerdir. Kaya ortamına gerilmeler etkidiğinde, kayada çeşitli şekil değişiklikleri meydana gelir. Bunlar genellikle boy uzaması, enine genişleme, hacimsel küçülme şeklinde ortaya çıkabilir. Basma ve çekme gerilmeleri, kayanın boyunda bir uzama veya kısalma meydana getirir. Bu durum deformasyon olarak tanımlanır. Kayaçların deformasyon özelliklerinin sayısal ifade edilebilmesi için aşağıdaki modüller kullanılmaktadır.

Elastisite (Young) Modülü (E): Herhangi bir malzeme için elastik sınırlar içinde gerilmenin, bu gerilmeye bağlı olarak birim uzunluktaki deformasyona oranıdır. Bu oran, Hooke kanunu sınırları içinde akma noktasına kadar sabittir. Hooke yasası sınırları içerisinde, uygulanan doğrusal gerilme ile bu gerilmenin oluşturduğu gerilme arasında mevut bir oran vardır.

Belli boyutlu (L/D = 2 ya da 10x10x20 cm) silindirik veya prizmatik kaya numuneleri üzerine basınç gerilmeleri uygulanır. Numunedeki boy değişimleri ölçülür ve bunları oluşturulan gerilmeler hesaplanır. Numune, basınç direncinin %50-60 değerine kadar yüklenir. Bu değere erişince yük azaltımı yapılır. Deformasyondaki azalmalara bağlı olarak numune üzerindeki yük değerleri okunur. Elde edilen değerler kullanılarak gerilme-deformasyon grafiği çizilir. Çizilen grafiğin üzerinden farklı elastisite değerleri belirlenebilmektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13: Standart bir kaya için gerilme eğrisi ve elastisite modülleri

Şekil 2.13'teki;

E_I= Çatlak kapanma evresindeki elastisite modülü

E_E= Elastik kısmın elastisite modülü

E_t= Teğetsel elastisite modülü

E_{Ort}= Ortalama elastisite modülü

Poisson Oranı (v): Kaya kütlesine tek yönlü bir gerilme etkidiğinde boyunda ve eninde bir değişim meydana gelir. Kayaçta meydana gelen enine deformasyonun boyuna deformasyona oranı Poisson Oranı olarak tanımlanır ve boyutsuz olan bu değer aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir.

$v = \varepsilon_{enine} / \varepsilon_{boyuna}$

Rijitlik Modülü (G): Elastik malzemelerde veya kayanın elastik davrandığı evrede, belirli limitler içerisinde kesme gerilmesi ile bunun oluşturduğu kesme gerilmesi arasında bir oran vardır. Kesme gerilmesinin, kesme deformasyonuna oranına **rijidite modülü** denir.

$G = \tau/\alpha$ (N/m^2)

Rijitlik modülü ile elastisite modülü arasında aşağıdaki bağıntı ilişkisi vardır.

$E = 2G(1+ v)$

Bulk Modülü (K): Hidrostatik gerilme altında (tüm gerilmeler birbirine eşit) kayanın ilksel hacminde ΔV kadar bir değişme olur. Uygulanan gerilme ile hacimsel deformasyon arasında ise aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

$K = \sigma / (\Delta V/V)$

Bulk modülü, elastisite modülü cinsinden aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$E = 3K(1-2v)$

2.7.2. Kaya Kütlelerinin Türleri

Kaya kütleleri, yapısal ve mekanik özellikleri açısından aşağıda açıklanan başlıca dokuz ana gruba ayrılır.

2.7.2.1. Eklemsiz Kaya Kütleleri

Bu tür kaya kütleleri, bozunma zonunun altında bulunur. Masif mermerler ve granitik kayaçlar ile foliasyon içermeyen temel kaya kütleleri bu grupta yer alır. Masif kaya kütleleri sürekli, homojen, izotrop ve doğru salelastik davranış gösteren kayaçlar olarak kabul edilir (Resim 2.26).

Resim 2.26: Masif kayaç

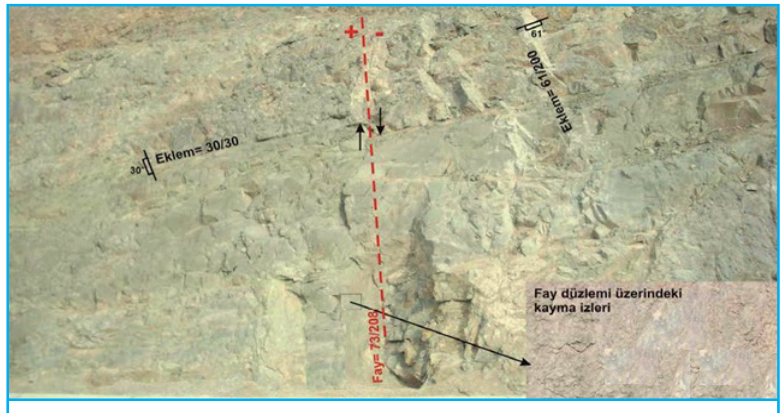
2.7.2.2. Kısmen Eklemli Kaya Kütleleri

Bunlar üçten az sayıda devamlı eklem seti içeren ve kazıldıkları zaman münferit blokların elde edilmediği kaya kütleleridir. Bu tür kaya kütleleriyle ilgili mühendislik hesaplamalarında, özellikle kırık mekaniğinin esaslarından yararlanılır (Resim 2.27).

Resim 2.27: Kısmen eklemli kaya kütlesi

2.7.2.3. Kısmen Bloklu Kaya Kütleleri

Bu tür kaya kütleleri açık veya yumuşak malzeme tarafından doldurulmuş, sayısı üçten az olan eklem setlerinin yanı sıra, kapalı ikincil süreksizlikleri içerir. Kapalı eklem setlerinden birinin deformasyona bağlı olarak açılması halinde, kaya kütlelerinde gerçek anlamda bir bloklanma gelişebilir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: Kısmen bloklu kaya kütlesi

2.7.2.4. Bloklu Kaya Kütleleri

İyi gelişmiş, açık veya yumuşak malzeme dolgulu, devamlılığı yüksek, üçten fazla sayıda süreksizlik seti içeren kaya kütleleri bloklu kaya kütleleri olarak tanımlanır. Bu tür kaya kütlelerinde kütle çok sayıda süreksizlik tarafından bölünmüş olduğu için kazı sırasında blok elde edilmesi kolaydır (Resim 2.28).

Resim 2.28: Bloklu kaya kütlesi

2.7.2.5. Çok Gözenekli Kaya Kütleleri

Bu tür kaya kütlelerinde önemli miktarda gözenekler; poro-elastisite, akışkan içeriği, akışkanın hareketi ve gerilim altında gözeneklerin tahrip olması gibi nedenlerle kayacın mekanik davranışını etkiler. Çok gözenekli kaya kütlelerine sürekli cisimler mekaniğinin ilkeleri uygulanır (Resim 2.29).

Resim 2.29: Çok gözenekli kaya kütleleri

2.7.2.6. İleri Derecede Fisürlü Kaya Kütleleri

Fisürlü kayaçlar, önemli ölçüde kırılganlığa ve anizotropiye, ayrıca tüm mekanik özellikler açısından sapmalara neden olan, sıkı aralıklı, küçük süreksizlikler içerir. Bu tür kaya kütlelerinden örnek alımı ve deney yapılması oldukça güç olup mekanik davranışı yönüyle sıkı fisürlü killerle benzerlik gösterir (Resim 2.30).

Resim 2.30: İleri derecede fisürlü kaya kütleleri

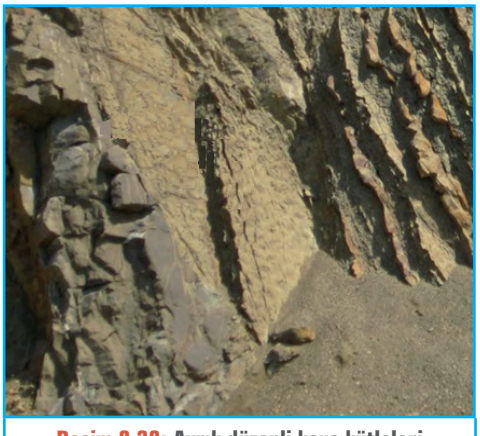
2.7.2.7. Sıkışan ve Şişen Kaya Kütleleri

Bu tür kaya kütleleri suyla temas ettiklerinde ani ve gecikmeli şekilde çatlayarak hacim değişimine uğrar ve aktif kil minerali içerir. Ayrıca yüzeyde atmosferik koşullar altında bozunma ürünlerine dönüşebilen bu tür kaya kütlelerine zemin mekaniğinin ilkeleri ve yöntemleri uygulanır (Resim 2.31).

Resim 2.31: Sıkışan ve şişen kaya kütleleri

2.7.2.8. Ayrık Düzenli Kayaçların Karışımı

İzotrop, gelişigüzel karışımları ve foliasyonlu gelişigüzel karışımları içerebilir. Düzenli bir ardalanmaya sahip litolojik birlikteliktir. Kumtaşı şeyl ardalanması örnek olarak gösterilebilir. Bu tür kayaçların mekanik anlamda değerlendirilmesi için geliştirilmiş ayrıntılı bir sınıflandırma sistemi yoktur (Resim 2.32).



Resim 2.32: Ayrık düzenli kaya kütleleri

2.7.2.9. Boşluklu Kaya Kütleleri

Kaya kütlesi içerisinde çözülme ya da farklı nedenlerle gelişmiş kırık ve çatlağın ötesinde büyük boyutlu boşluklar içeren kaya kütleleridir. Bu grupta çözülebilir özellikteki kireçtaşları, dolomit, jips, tuz, çözülebilir bir çimento ile tutturulmuş kırıntılı sedimenter kayaçlar yer alır (Resim 2.33).

Resim 2.33: Boşluklu kaya kütleleri

2.7.3. Kaya Kütleleri Sınıflaması

Kaya kütlelerinde gerçekleştirilen mühendislik yapıları için teorik olarak günümüzde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Kaya mühendisliğini kapsayan ve jeoteknik çalışmalardaki tasarım yöntemleri; analitik-sayısal, gözleme dayalı ve görgül (amprik) olmak üzere üç ana başlık altında toplanır. Genel anlamda analitik ve sayısal yöntemlerden, yapıların ve kazıların duraylılık koşullarının araştırılması ve kazı çevresindeki gerilme-deformasyon ilişkilerinin analizi için yararlanılır. Gözleme dayalı yöntemler, kazı ve yakın çevresindeki yapılan incelemeleri, arazide ve laboratuvarda gerçekleştirilen deneyler ile deformasyon, gerilme, su basıncı vb. konularla ilgili aletsel izleme çalışmalarını kapsar. Görgül yöntemler ise mühendislik çalışmalarında yapılan gözlemler ve elde edilen verilerin genellikle istatistiksel yöntemlerle veya korelasyonlarla değerlendirilmesi sonucunda mühendislik deneyimi esas alınarak geliştirilmiş yöntemlerdir.

Kaya kütleleri için geliştirilen sınıflama sistemleri aşağıda sıralanmıştır.

- Kaya Yükü (Terzaghi) Sınıflaması
- Kaya Kalitesi İndeksi (RQD) Sınıflaması
- Kayaçların Dayanımlarına Göre Sınıflaması
- Kaya Kütlesi Derecelendirmesi (RMR) Sınıflaması
- Norveç Jeoteknik Enstitüsü (NGI) Kaya Sınıflaması (Q)
- Jeolojik Dayanım İndeksi Sınıflaması (GSI)
- Hoek Brown Görgül Yenilme Ölçütü

Bu yöntemler mühendislik becerileri gerektirdiğinden Genel Jeoloji ve Zemin Etüdü dersi kapsamında sadece sınıflama sistemleri adlarına değinilmiştir.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

2.8 UYGULAMA

4 DERS SAATİ

KÜTLELERİN YAPILARI VE ÖZELLİKLERİ

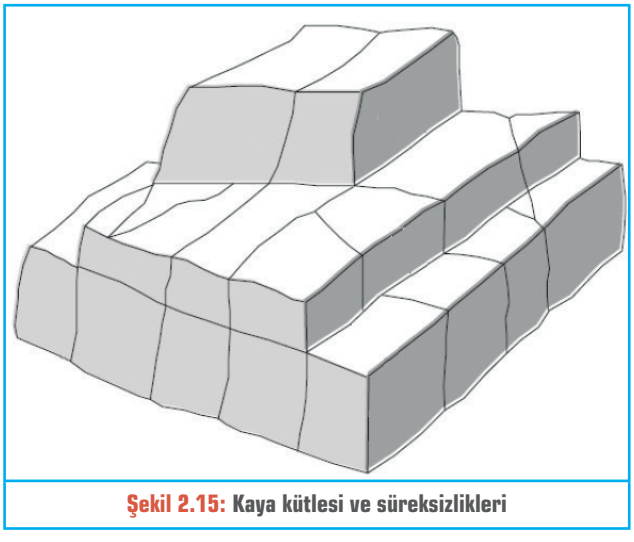
Bu çalışmanın amacı, kütlelerin yapıları ve özellikleri ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Kütlelerin yapıları ve özelliklerine ait uygulamaları, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

Şekil 2.15'te bir kaya kütlesi ve süreksizlikleri perspektif çizimi verilmiştir.



Şekil 2.15: Kaya kütlesi ve süreksizlikleri

İstenenler

Şekil 2.15'te verilen kaya kütlesini ve süreksizliklerini perspektif çizim eskiz kâğıdına çiziniz, şekil üzerinde süreksizlikleri numaralandırınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda kaya kütlesi süreksizliklerini doğru çizmeye özen gösteriniz.
- Çalışmanızı serbest el çizimi şeklinde, dimetrik perspektif çizim kurallarını kullanarak yapmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. A4 boyutunda eskiz çizim kâğıdı, kurşun kalem ve silgi edinilerek hazırlık yapılır.
2. Dimetrik perspektif çizim açılarına uygun olarak kaya kütlesi perspektifinin çizimi için yardımcı çizgiler çizilir.
3. Çizilen yardımcı çizgiler esas alınarak kaya kütlesinin süreksizlikleri oluşturulur.
4. Süreksizlikler yüzeyleri yapılacak numaralandırmaya uygun şekilde farklı tarama koyulukları ile belirtilir.
5. Süreksizliklerin numaralandırması yapılır.
6. Çizim kâğıdında gerekli temizlikler yapılır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	A4 boyutunda eskiz çizim kâğıdı, kurşun kalem ve silgi edinerek hazırlık yaptınız mı?		
2	Dimetrik perspektif çizim açılarına uygun olarak kaya kütlesi perspektifi çizimi için yardımcı çizgileri çizdiniz mi?		
3	Çizilen yardımcı çizgileri esas alarak kaya kütlesinin süreksizliklerini oluşturdunuz mu?		
4	Süreksizlikleri yüzeylerine yapılacak numaralandırmaya uygun şekilde farklı tarama koyulukları ile belirttiniz mi?		
5	Süreksizliklerin numaralandırmasını yaptınız mı?		
6	Çizim kâğıdında gerekli temizlikleri yaptınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	40	50	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

Aşağıda verilen çoktan seçmeli test maddelerinden oluşan soruları cevaplayınız.

1. **Granit, bazalt, andezit ve tüf gibi kayaçların yaygın olarak bulunduğu bir alan ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi kesin olarak söylenir?**

   A) Yağış rejimi düzenlidir.

   B) Ortalama yükseltisi fazladır.

   C) Doğal bitki örtüsü ormandır.

   D) Volkanik topraklar bulunmaktadır.

   E) Kimyasal tortul kayaçlar bulunmaktadır.

2. **Kimyasal tortul kayaçların yaygın olarak bulunduğu bir alanda aşağıda verilen yer şekillerinden hangisinin daha kolay oluşması beklenir?**

   A) Falez **B)** Kırgıbayır **C)** Lapya **D)** Peribacası **E)** Tombolo

3. Magmatik ve tortul kayaçlar yüksek sıcaklık ve basınç altında kalarak değişime uğrar. Bu şekilde oluşan kayaçlar metamorfik kayaçlardır.

   Verilen açıklamaya göre seçeneklerde verilen kayaçlardan hangisi bu şekilde oluşmuştur?

   A) Konglomera **B)** Andezit **C)** Gabro **D)** Kumtaşı **E)** Mermer

4. **Doğadaki rengi genellikle beyaz olup $CaMg(CO_3)_2$ formülü ile ifade edilen ve Mg ve Ca-CO_3ten oluşan kimyasal tortul kayaç aşağıdakilerden hangisidir?**

   A) Andezit **B)** Antrasit **C)** Dolomit **D)** Kalker taşı **E)** Şist

5. Magmanın yerkabuğu içine girmesi ve burada bulduğu çatlaklarda yavaş yavaş soğuması sonucunda bazı yer şekilleri oluşmaktadır.

   Aşağıdakilerden hangisi bu şekillerden biridir?

   A) Batolit **B)** Kaldera **C)** Krater **D)** Maar **E)** Tüf tabakası

6. **Aşağıda verilenlerden hangisi peribacalarının oluşması üzerinde etkili olmuştur?**

   A) Dış magmatik

   B) Fiziksel tortul

   C) İç magmatik

   D) Metamorfik

   E) Organik tortul

7. **Basınç ve ısının fazla olduğu katozon bölgesi karakteristik kayaçlardır. Granit bileşimli ve az çok bantlı bir yapı gösteren metamorfik kayaçlardır. Magmatik veya tortul kayaç orijinli olan bu kayaç aşağıdakilerden hangisidir?**

   A) Batolit **B)** Bazalt **C)** Gnays **D)** Jips **E)** Kalker

8. **Türkiye'de, Akdeniz Bölgesi'ndeki karstik şekiller aşağıdakilerden hangisine bağlı oluşmuştur?**

   A) Arduvaz **B)** Dolomit **C)** Jips **D)** Kaya tuzu **E)** Kireçtaşı

9. I. Elmas

II. Granit

III. Konglomera

Yukarıdaki kayaçların oluşumlarına göre sınıflandırılması aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) Tortul, magmatik, metamorfik
B) Magmatik, tortul, metamorfik
C) Metamorfik, magmatik, tortul
D) Tortul, metamorfik, magmatik
E) Magmatik, metamorfik, mortul

10. Dünya'nın iç yapısı hakkında doğrudan gözlem yapmak mümkün değildir. Bilim insanları Dünya'nın iç yapısı hakkında bilgi sahibi olabilmek için çeşitli yöntem ve teknikler kullanmıştır. Bu yöntem ve tekniklerle elde ettikleri bulgular sonucunda Dünya'nın iç yapısını yerkabuğu, manto ve çekirdek olmak üzere üç ana katmana ayırmıştır.

Bu yöntem ve teknikler arasında;

I. Deprem dalgalarının incelenmesi

II. Kayaçların incelenmesi

III. Volkanik faaliyetler sırasında yüzeye çıkan maddelerin incelenmesi

çalışmalarından hangileri gösterilebilir?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** I ve II **D)** II ve III **E)** I, II ve III

11. Büyük su kütlelerinin tabanında ya da kenarlarında kum tanelerinin doğal çimentolaşması sonucu kum taşları oluşur.

Verilen bilgi doğrultusunda kumtaşı aşağıdaki hangi kayaçlar arasında yer alır?

A) Dış magmatik
B) Fiziksel tortul
C) İç magmatik
D) Metamorfik
E) Organik tortul

12. Yerkabuğunu oluşturan bütün kayaçların kökeni magmadır. Magmanın soğumasıyla ilk önce magmatik kayaçlar oluşur. Magmatik kayaçların çözünmesi ve ayrışması sonucu farklı boyuttaki materyallerin çukur alanlarda üst üste tortulanmasıyla tortul kayaçlar oluşur. Magmatik ve tortul kayaçların yüksek sıcaklık ve basınç altında mineral ve yapılarının değişmesiyle de metamorfik kayaçlar oluşur. Oluşan bu kayaçlar, levha hareketlerinin etkisiyle tekrar magmaya karışabilir.

Buna göre;

I. Kayaç oluşumu döngü şeklindedir.

II. Metamorfik kayaçlar, tortul ve magmatik kayaçların değişime uğramasıyla oluşur.

III. Tortul kayaçlar içerisinde fosil bulunabilir.

İfadelerden hangileri söylenebilir?

A) Yalnız I **B)** Yalnız II **C)** I ve II **D)** II ve III **E)** I, II ve III

13. **Aşağıdakilerden hangisi dış magmatik kayaçlara örnek olarak gösterilebilir?**

A) Bazalt **B)** Çakıltaşı **C)** Gnays **D)** Granit **E)** Jips

14. **Granitik kabuk aşağıda verilen okyanuslardan hangisinde bulunmaz?**

A) Arktik Okyanusu

B) Atlas Okyanusu

C) Büyük Okyanus

D) Güney Okyanus

E) Hint Okyanusu

15. **1895 yılında X-ışınlarını keşfetmesi ile birlikte kristallerin iç dünyalarına girmenin yollarını açan fizikçi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Georgius Agricola

B) V. M. Goldschmidt

C) William Henry Bragg

D) Wilhelm Conrad Röntgen

E) William Lawrence Bragg

16. **Elektrik yükü bakımından nötr olan, ancak pozitif yükün ağırlık merkezi ile negatif yükün ağırlık merkezinin çakışık olmadığı moleküllerde, moleküller arasında veya moleküllerle iyonlar arasında elektrostatik çekimle oluşan bağ aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Hidrojen

B) İyonik

C) Kovalent

D) Metalik

E) Van der Waals

17. **Kayaç yapan başlıca minerallerden plajioklasların yerkabuğundaki hacimsel oranı (%) aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 5 **B)** 8,4 **C)** 11 **D)** 12 **E)** 38

18. **Aşağıda verilenlerden hangisi yerkabuğunda elde edilen ekonomik değere sahip en yaygın metalik olmayan madenlerdendir?**

A) Çinko **B)** Kuvars **C)** Platin **D)** Manganez **E)** Nikel

19. Sedimenter (tortul) kayaçların oluşumu çok uzun ve karışık süreçler içerir. Fakat bu süreçler içerisinde birbirinden farklı 5 oluşum evresi önemlidir.

Bu evrelerden;

I. Aşınma

II. Çökelme

III. Depolanma

IV. Metamorfizmalanma

V. Çimentolaşma

hangileri birbirinden farklı 5 oluşum evresi arasında yer alır?

A) I ve II **B)** II ve III **C)** II ve IV **D)** IV ve V **E)** II ve V

20. **Kumtaşının silika, kireç veya demir oksit ile yapışması sonucu oluşan, silika ile yapışmış olanları çok dayanıklı ve ince taneli kil ihtiva eden taşlara verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Breş **B)** Çakıltaşı **C)** Kumtaşı **D)** Puding **E)** Şeyl

21. **Granit tipik polimineralik (çok mineralli) kayaç örneklerinden biridir. Aşağıda verilenlerden hangisi granitlerin içindeki ana mineraller kristallerinden biri değildir?**

A) Yağ parıltılı kuvars

B) Pembemsi ortoklaz

C) Porselen görünümlü plajiyoklas

D) Koyu renkliler amfibol

E) Mavi azurit

22. **Mağaralara sızan kireç sularının buharlaşması ile aşağıdakilerden hangi oluşum meydana gelir?**

A) Jips **B)** Karst **C)** Kaya tuzu **D)** Sarkıt **E)** Tor

23. **Aşağıdakilerden hangisi organik tortul kayaçlardan birisidir?**

A) Breş **B)** Dolomit **C)** Kireçtaşı **D)** Şeyl **E)** Turba

24. **Magmanın yer altında oluşturduğu olaylara ne ad verilir?**

A) Ektruzif **B)** İntruzif **C)** Magmatizma **D)** Plütonizma **E)** Volkanizma

25. **Yüksek basınç ve/veya sıcaklık altında minerallerin tercihli yönelimi ile ortaya çıkan metamorfik kökenli zayıflık düzlemlerine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Çatlak **B)** Dayk **C)** Dokonak **D)** Fay **E)** Foliasyon

26. **Metamorfize olmuş kayaçların tekrar metamorfize olmasıyla oluşan kayaç aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Batolit

B) İntruzif kayaç

C) Poli metamorfik

D) Piroksen minerali

E) Stok

27. **Bir kayaç 10 veya daha fazla sayıda süreksizlik seti (takımı) içeriyor ise bu kayaçların yapısı ve fiziksel özelliklerinin kabulü aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?**

A) Heterojen ve anizotrop

B) Heterojen ve izotrop

C) Homojen ve anizotrop

D) Homojen ve izotrop

E) Homojen ve izoprop

28. **İleri derecede eklemli kaya kütlesinin dayanım özelliği aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?**

A) Kırılgan-elastik ve genellikle izotrop davranır.

B) Oldukça izotrop, dokunun tahrip olmasından dolayı daha az kabaran ve düşük dayanımlıdır.

C) Süreksizliklerin sayısı yönelimi ve makaslama dayanımına bağlı olarak anizotrop özelliktedir.

D) Süreksizliğin eğilimine ve makaslama dayanımına bağlı olarak oldukça anizotrop özelliktedir.

E) Zayıf sıkıştırma dönme eğilimine ve düşük dayanıma neden olur.

29. **Kaya kütlesine tek yönlü bir gerilme etkidiğinde boyunda ve eninde bir değişim meydana gelir. Kayaçta meydana gelen enine deformasyonun boyuna deformasyona oranı aşağıdakilerden hangisinde verilmiştir?**

A) Elastisite modülü
B) Permeabilite
C) Poisson oranı
D) Rijidite modülü
E) Porozite

30. Masif kaya kütlelerinde;

I. Sürekli
II. Homojen
III. İzotrop
IV. Doğrusal elastik

davranışlarından hangileri görülmektedir?

A) I ve II **B)** II ve IV **C)** I, II ve IV **D)** I, II ve III **E)** I, II, III ve IV

31. **Aşağıdakilerden hangisi boşluklu kaya kütleleri arasında sayılamaz?**

A) Dolomit **B)** Granit **C)** Jips **D)** Kireçtaşı **E)** Tuz

32. **Belirli boyutlardaki kayaçların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dayanıklılık aşağıdakilerden hangisi ile ifade edilir?**

A) Basınç direnci
B) Burulma dayanımı
C) Çekme dayanımı
D) Kopma direnci
E) Tek eksenli basınç direnci

33. **Lav akıntılarında ve bazı yüzeylere yakın sokulumlarda hızlı soğuma sonucunda oluşan çok ince taneli dokuya verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Afanetik **B)** Fanetik **C)** Hamur **D)** Porfiritik **E)** Vesiküler

34. Plütonik kayaçların tamamı ve volkanik kayaçların pek çoğu, magmadan mineraller kristallendiğinde oluşur. Kristalleşme süreci kristal çekirdeklerinin oluşması ile başlar ve bunların sonradan büyümesi ile devam eder. Magmadaki atomlar devamlı hareket halindedir. Soğuma başladığında bazı atomlar bağlanarak küçük gruplar oluşturur. Atomların düzenlenişi kristallerdeki düzene karşılık gelmektedir. Sıvıdaki diğer atomlar, bu kristal çekirdeklerine kimyasal bağlarla bağlanarak belirli geometrik düzen içinde olur ve bu çekirdekler kristal olarak büyüyerek kayaç içinde tek tek taneler şeklinde yer alan mineral tanelerini oluşturur.

Magmatik kayaçlara özgü kütle şekilleri ile ilgili paragrafta verilenler doğrultusunda aşağıdakilerden hangisi kesinlikle yanlıştır?

A) Magmada atomlar sürekli hareket etmektedir.
B) Volkanik kayaçlar genellikle magmadan minerallerin kristalleşmesi sonucu oluşur.
C) Atomların düzenlenişi ile kristallerin düzenlenişi farklıdır.
D) Sıvılardaki bazı atomlar kristal çekirdeklerine iyonik bağ ile bağlanabilir.
E) Sıvılardaki bazı atomlar kristal çekirdeklerine kovalent bağ ile bağlanabilir.

35. **Aşağıdakilerden hangisi magmatik damar kayaçlarından birisidir?**

A) Andezit **B)** Obsidyen **C)** Gabro **D)** Diyabaz **E)** Siyenit

36. I. Turba

II. Mercan

III. Linyit

IV. Tebeşir

Yukarıdakilerden hangileri kömürden daha yaşlı antrasit ile kömürden daha genç olan organik tortul kayaçlardandır?

A) Yalnız IV **B)** I ve III **C)** I ve IV **D)** I ve II **E)** I, II ve III

37. **Bileşimlerinde üretim yapılabilecek oranda metalik elementler bulunan minerallere verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Kristalografi
B) Kayaç yapan mineraller
C) Metalik maden yatağı
D) Bor madeni mineralleri
E) Maden mineralleri

38. **Yoğunluk bakımından bir sıçrama ile kendini gösteren ve ultrabazik kayalardan oluşan geçişe karşılık gelen sınıra verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

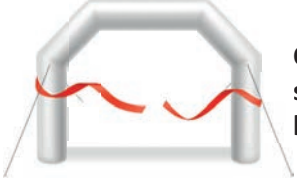
A) Mohorovicic süreksizliği
B) Wiechert-Gutenberg kesintisi
C) Okyanusal kabuk sınırı
D) Terzaghi kaya yükü
E) Hoek Brown yenilme ölçütü

39. **Aşağıdakilerden hangisi magmatik plütonik kayaçlardan birisi değildir?**

A) Diorit **B)** Fakolit **C)** Gabro **D)** Ponza **E)** Stok

40. **Aşağıdakilerden hangisi metamorfik kayaçlardan birisidir?**

A) Andezit **B)** Şist **C)** Sill **D)** Grafit **E)** Tüf



Ölçme ve Değerlendirme sorularını cevaplamayı tamamladıysanız kitabın sonunda verilen cevap anahtarından cevaplarınızı kontrol edebilirsiniz. Yanlış cevapladığınız soruları öğretmeninize sorunuz.

3. ÖĞRENME BİRİMİ
YERKABUĞUNUN HAREKETLERİ

KONULAR

3.1. TEKTONİK VE YERKABUĞUNUN TEKTONİK HAREKETLERİ

3.2. UYGULAMA: TEKTONİK VE YERKABUĞUNUN TEKTONİK HAREKETLERİ

3.3. UZUN SÜRELİ YAVAŞ HAREKETLER

3.4. UYGULAMA: UZUN SÜRELİ YAVAŞ HAREKETLER

3.5. DEPREMLER

3.6. UYGULAMA: DEPREMLER

3.7. HEYELANLAR VE ÇÖKMELER

3.8. UYGULAMA: HEYELANLAR VE ÇÖKMELER

3.9. SU TAŞKINLARI VE SELLER

3.10. UYGULAMA: SU TAŞKINLARI VE SELLER

3.11. AFETLE MÜCADELE YÖNTEMLERİ

3.12. UYGULAMA: AFETLE MÜCADELE YÖNTEMLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

. Tektonik ve yerkabuğunun tektonik hareketlerini

. Tektonik ve yerkabuğunun tektonik hareketleriyle ilgili uygulamaları

. Uzun süreli yavaş hareketleri

. Uzun süreli yavaş hareketlerle ilgili uygulamaları

. Depremleri

. Depremlerle ilgili uygulamaları

. Heyelanları ve çökmeleri

. Heyelanlar ve çökmelerle ilgili uygulamaları

. Su taşkınlarını ve selleri

. Su taşkınları ve sellerle ilgili uygulamaları

. Afetle mücadele yöntemlerini

. Afetle mücadele yöntemleriyle ilgili uygulamaları

TEMEL KAVRAMLAR

levha tektoniği, levha hareketleri, yerkabuğunun tektonik hareketleri, çatlak sistemi, fay, fay düzlemi, fay atımı, transform fay hattı, Kuzey Anadolu fay zonu, Doğu Anadolu fay zonu, Ege yitim zonu, Batı Anadolu graben sistemi, Bitlis-Zagros zonu, Kafkas bindirme zonu, Helenik-Kıbrıs yayı, Epirojenik hareketler, Orojenik hareketler, antiklinal, senklinal, volkanizma, yanardag, lav, depremler, deprem parametreleri, magnitüd, depremin şiddeti, depremin büyüklüğü, deprem şiddet cetveli, Köppen-Geiger iklim sınıflandırması, Thornthwaite iklim sınıflandırması, Erinç iklim sınıflandırması, Türkiye'nin iklim yapısı, Türkiye'nin bitki örtüsü, çökme, obruk, sel, su taşkını, akarsu havzası, afet, afetle mücadele, AFAD, risk azaltma, afete hazırlık, afete müdahele, affetlerde ilkyardım, kriz, krizlerle mücadele, afet sonrası iyileştirme

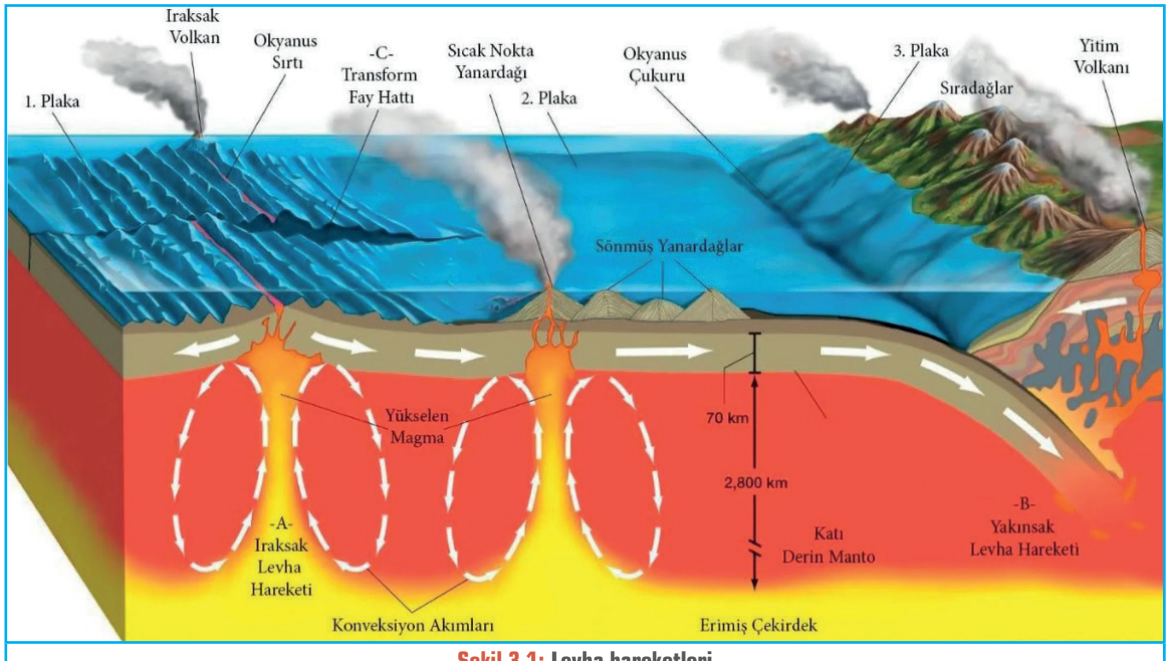
HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Çevrenizde meydana gelmiş doğal afetlerin (deprem, sel, heyelan, çığ vb.) insanlar ve diğer canlılar üzerindeki etkilerini içeren bir araştırma yapınız, edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1. TEKTONİK VE YERKABUĞUNUN TEKTONİK HAREKETLERİ

Parçalanarak dağılmış yer katmanlarının birbirleriyle olan ilişkilerini, durumlarını, biçim değiştirmelerini yani yerkabuğunun yapısını, özelliklerini ve zaman içindeki değişimlerini kontrol eden jeolojik süreç **tektonik** olarak adlandırılır. Jeolojinin alt bilim dalı olan tektonik; dünya ölçeğinde kıtaların oluşumu ile ilgili büyük epirojenik hareketleri, orojenik hareketleri ve büyük yapıları inceler.

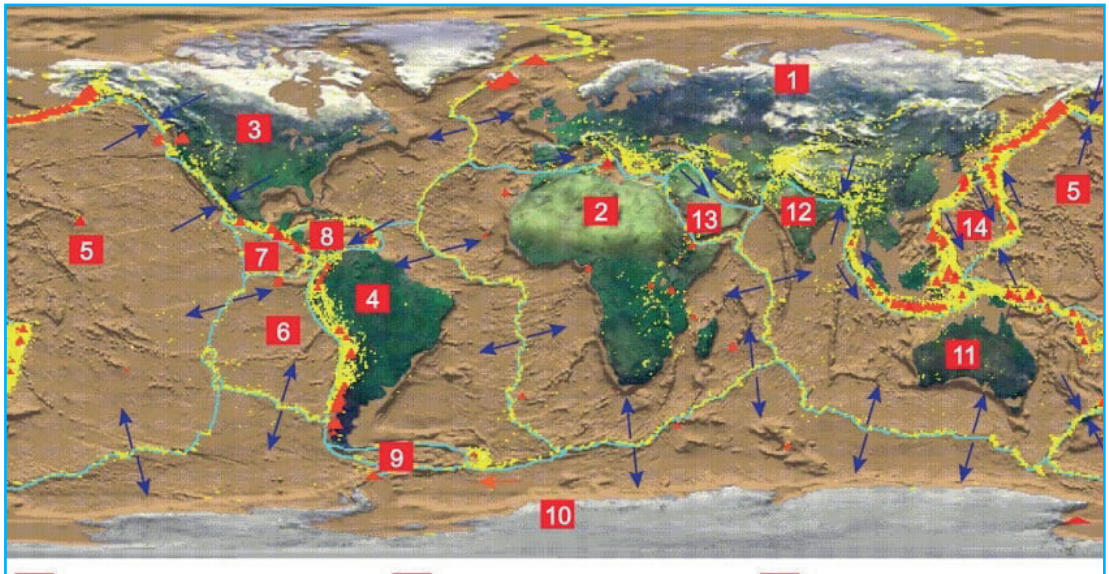
Sağlam ve değişmez olarak düşünülen yerkabuğu, gerçekte sürekli hareket halindedir ve madde değişimi içindedir. Yerkabuğunun bugünkü tektonik yapısı meydana gelen sürekli deformasyonların bir sonucudur. Tabakalı kayaçlar, sedimantasyon (çökelme) esnasındaki ilk yatay konumlarını nadir olarak özel durumlarda ancak koruyabilir. Tabakalar çökelme sonrası genellikle düşey, eğilmiş, kıvrılmış, kırılmış veya kaymıştır. Tabakalı kayaçların çökelme sonrası yatay konumdan farklı bir yapı ve şekle bürünmesi durumuna **tektonik deformasyon** denir. Tektonik deformasyon, yerkabuğu içerisinde etken olan değişik yönlü gerilmelerin ve bunların oluşturduğu tektonik hareketlerin bir sonucudur. 1960'lı yıllardan bu yana iki konu jeoloji çalışmalarının yönünü değiştirmiştir. Bunlardan birincisi **Levha Tektoniği Teorisi**'dir. Bu teoriye göre yerin dış kabuğu durağan olmayıp farklı levhalardan oluşmaktadır. Bu levhalar yavaşça hareket etmekte ve gezegenimizin haritası sürekli değişmektedir. Levhaların birbirleriyle olan etkileşimleri; deprem, volkan, dağ oluşumları, atmosfere gaz sağlanması ve yeryüzünde yaşamın dağılımına neden olmaktadır (Şekil 3.1). İkincisi teori ise **yer sistem bilimi** kavramıdır. Dünya; su alanları, kara alanları, atmosfer ve üzerindeki dinamik yaşam ile iç içe ilişki içindedir.



Şekil 3.1: Levha hareketleri

3.1.1. Levha ve Levha Hareketleri

Yerküre'nin üst katmanları tek parça olmayıp sürekli hareket eden tektonik levhalardan oluşmaktadır. Yerkabuğunu oluşturan küçük ve büyük parçaların her birine **levha** denir. Levhaları birbirlerini etkileyen yapboz şeklinde dev parçalardan oluşan bir yapıdadır. Levha hareketleri, **levha tektoniği** olarak da ifade edilir. Tektonik; Yeryuvarı'nın büyük ölçekli yapılarını, bunları oluşturan kuvvetleri, hareketleri araştırır ve inceler. Yerküre'nin oluşumundan bu yana levhalar hareket halindedir. Manto katmanındaki ısı akımlarının sebep olduğu tektonik hareketler sırasında levhalar birbirinden uzaklaşır, birbirlerine çarpar, sürtünür, birbirlerini iter ve bunların sonuncunda levhalarda kırılmalar oluşur (Şekil 3.2).



1 Avrasya Levhası	6 Nazka Levhası	11 Avustralya Levhası
2 Afrika Levhası	7 Kokos Levhası	12 Hindistan Levhası
3 Kuzey Amerika Levhası	8 Karayip Levhası	13 Arap Levhası
4 Güney Amerika Levhası	9 Skotiya Levhası	14 Filipin Levhası
5 Pasifik Levhası	10 Antarktika Levhası	

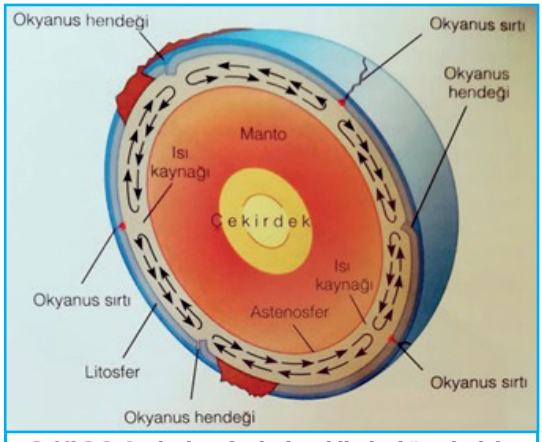
Şekil 3.2: Yeryüzündeki büyük levhalar ve hareket yönleri

Levha tektoniği teorisini açıklayınız.

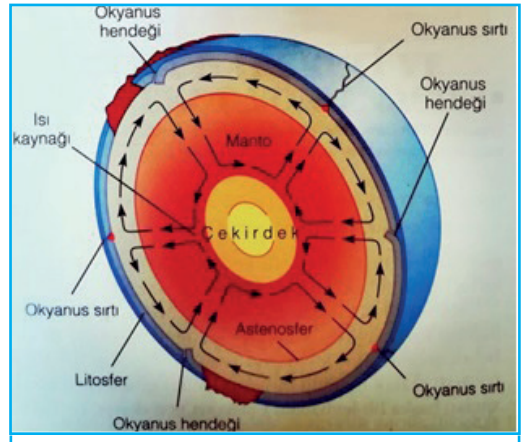
SIRA SİZDE

Levha hareketlerini açıklamak için ısıl iletim hücrelerini kapsayan iki model ortaya atılmıştır. Modelin birincisinde ısıl iletim hücreleri sadece astenosferde bulunurken bu modelde termal konveksiyon hücreleri astenosfer ile sınırlıdır (Şekil 3.3).

İkinci modelde ısıl iletim hücreleri bütün mantoda görülür (Şekil 3.4). İki modelde de yayılma sırtları, komşu iletim hücrelerinin Yerküre'nin içine doğru alçalan kısımlarına işaret eder.

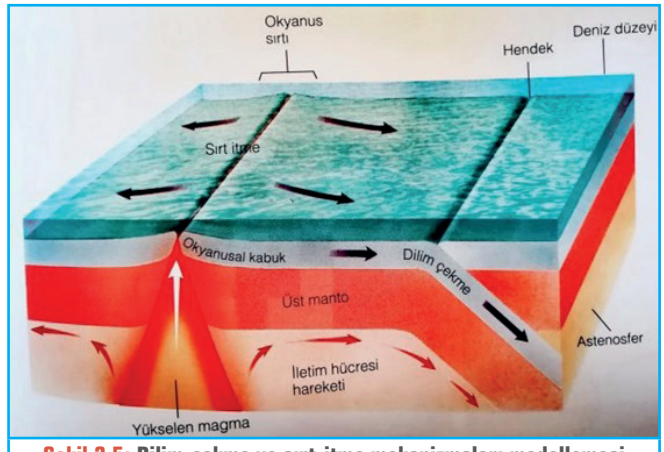


Şekil 3.3: Levha hareketleri, ısıl iletim hücrelerinin sadece astenosferde görüldüğü birinci model



Şekil 3.4: Levha hareketleri, ısıl iletim hücrelerinin bütün mantoda görüldüğü ikinci model

Yer çekimi etkili **dilim-çekme** ya da **sırt-itme** mekanizmalarının da levha hareketini oluşturduğu sanılmaktadır. **Dilim-çekme** mekanizmasında, dalan levhanın kenar Yer'in içine doğru batarken levhanın geri kalan kısmını da kendiyle birlikte aşağıya doğru sürükler. **Sırt-itme** mekanizmasında ise yükselen magma, okyanus sırtlarını okyanusal kabuğun diğer yerlerine göre daha çok yükseltir. Böylece burada oluşan gravite okyanusal litosferi sırtlardan ileriye çukurlara doğru iter (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Dilim-çekme ve sırt-itme mekanizmaları modellemesi

Bilim insanlarının (jeoloji mühendisleri, fizik mühendisleri vb.) çoğunluğu bazı iletici sistemlerin levha hareketlerinden sorumlu olduğu yönünde kanaat belirtmiş olsalar da **dilim-çekme** ve **sırt-itme** gibi başka mekanizmaların levha hareketlerine ne ölçüde katıldıkları henüz çözülememiştir. Bununla birlikte levhaların geçmişte hareket ettiği ve bugün de hareket etmekte olduğu gerçeği hiçbir şekilde kanıtlanmamıştır.

Bugüne kadar kapsamlı bir levha hareketi kuramı henüz geliştirilmemiş olup jeologların Yeryuvarı'nın içi hakkında araştırmalar yaparak öğrenecekleri daha pek çok şey olduğu açıktır. Magma hareketi aynı zamanda plakaların birbirine doğru hareket etmesine de sebep olur. Bu hareket sonucunda plakalar birbirleriyle çarpışır. Bu çarpışma çok yavaş, ancak küresel boyutta inanılmaz şiddetli olur. Dar zaman aralıklarında bu çarpışmalar ve plaka hareketleri canlılar tarafından hissedilemez. Ancak çarpışmaların sürekli devam ettiğinin en büyük kanıtı, her an olmakta olan (çoğu hissedilmez büyüklükte olsa da) depremlerdir.

3.1.1.1. Çatlak (Kırık) ve Çatlak Sistemi

Kayaçlarda tektonik deformasyonlar sonucunda düzgün yüzeyler boyunca meydana gelmiş düzlemlere **kırık/çatlak** adı verilir. Arazi çalışmalarında kayaçlara yakından bakıldığında kayaç üzerinde değişik istikametlerde gelişmiş olan kırıklar/çatlaklar görülür ve bu kırıklar/çatlaklar kütlelerde **ikincil yapılar** olarak adlandırılır. Kayacı oluşturan taneler arasındaki bağın kopması o kayacın kırılmasına ve kırık düzlemlerinin oluşmasına neden olur. Bu kırıklar, kayaç bloklarını gözle fark edilebilecek boyutlarda birbirinden ayırır; bir bakıma parçalara böler.

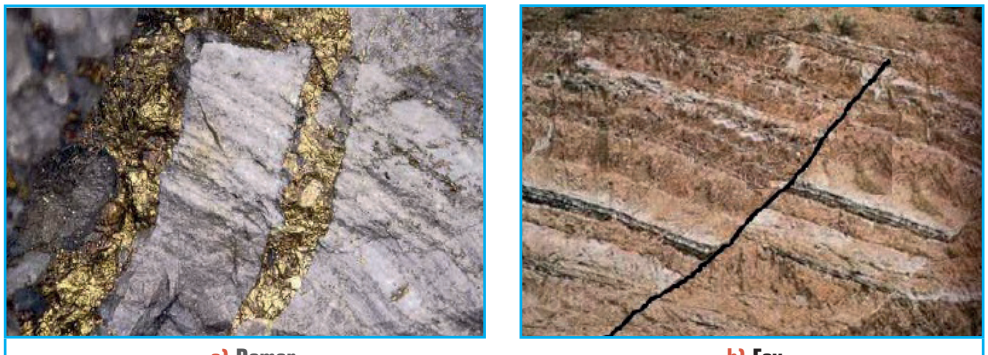
İki kırılma yüzeyi arasındaki açıklık bir veya birkaç milimetre ise **çatlak**, açıklık 1 cm ve daha büyük olursa **yarık** oluşur (Gözle fark edilebilecek boyutta bir kayma olmaz.). Birbirine paralel olan çatlak grubuna **çatlak takımı** denir. Birbirini kesen iki ya da daha fazla çatlak takımına ise **çatlak sistemi** denir [Resim 3.1(a, b)].

a) Çatlak b) Çatlak sistemi

Resim 3.1(a, b): Çatlak ve çatlak sistemi

3.1.1.2. Fay, Fay Çeşitleri ve Fay Düzlemi Üzerindeki Yapılar

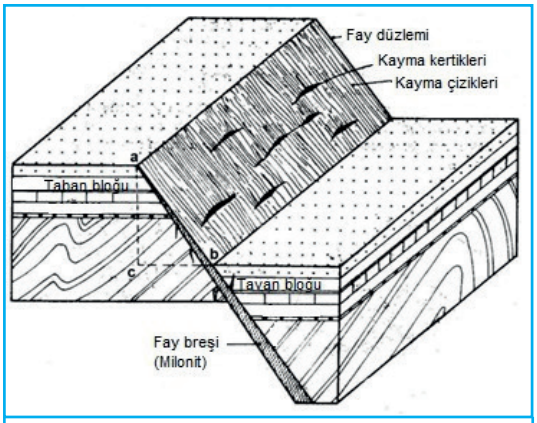
Yarık ve çatlaklar ilk oluştuklarında araları boştur. Bu yarık ve çatlakların arasının zamanla kuvarsit, kalsit, pirit gibi minerallerce dolgulanmasına **damar** denir. Kırıklar boyunca gözle görülebilen bir hareket varsa bu kırıklara **fay** adı verilir [Resim 3.2(a, b)].



a) Damar b) Fay

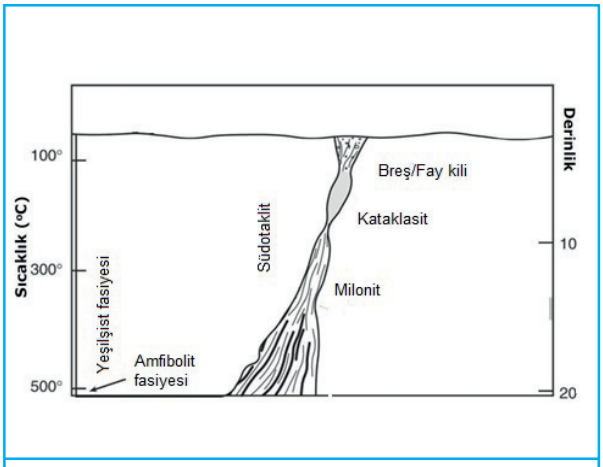
Resim 3.2(a, b): Damar ve fay

Kayma hareketinin meydana geldiği düzleme **fay düzlemi** ya da **fay aynası** denir. Fay düzlemi üzerinde, sürtünme nedeniyle kayma çizikleri ve kayma kertikleri oluşur. Bunlar meydana gelen kaymanın yönünü saptamaya yarar. Fay düzleminin alt kısmında, değişik kalınlıkta, fay breşi veya milonit zonu (ezik zon) oluşur. Bu bölge, ezilmeden dolayı maden yataklarının oluşumuna ve yer altı suyunun yüzeye çıkmasına elverişli bir ortam oluşturur. Faylarda kırılma yüzeyinin (fay düzlemi) her iki tarafında yer alan kayaç topluluklarına **blok** adı verilir. Fay düzlemi tam dik olmadığı zaman bu düzlemin üstünde bulunan kısma tavan bloğu, altında bulunan kısma ise **taban bloğu** denir (Şekil 3.6, 3.7).



ab: Eğim atım **ac:** Dikey veya düşey atım **cb:** Yatay atım

Şekil 3.6: Fay düzlemi elemanları ve fay atımları

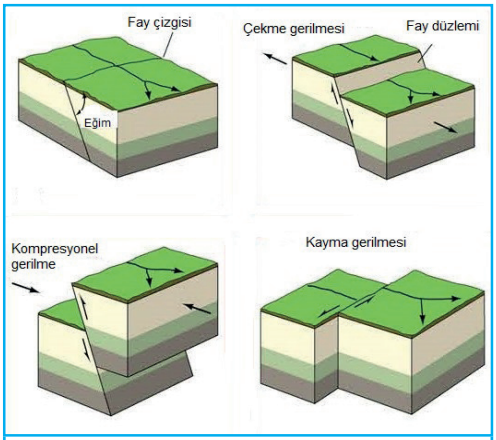


Şekil 3.7: Breş/fay kili

Faylar genelde çok belirgin düzlem veya yüzey boyunca gelişen hareketler ile temsil edilir. Deformasyonun yoğun olduğu kesimlerde bir fay yerine birbirine paralel ve yarı paralel gelişen, hatta birbirlerini kesen fay segmentlerinden oluşan fay zonları/kuşaklar meydana gelir. Mukavemeti zayıf olan kayaçlarda net bir kırık gelişmeden ötelenme ve deformasyon meydana gelebilir, böylece makaslama zonları gelişir. Fay düzlemi üzerinde kayma ile ilişkili olarak bazı yapılar oluşur. Bunların en önemlileri fay çizikleri ve fay kertikleridir. Faylarda kırılma ve blokların birbirleri üzerinde sürtünerek kaymaları, fay düzlemi ya da fay zonundaki kayaçların parçalanıp ufalanmasına yol açar.

Faylar; **eğim atımlı faylar (eğim atımlı normal ve eğim atımlı ters), doğrultu atımlı faylar (sol yönlü doğrultu atımlı ve sağ yönlü doğrultu atımlı), yan atımlı (oblik/verev) faylar (yan atımlı normal ve yan atımlı ters)** olarak sınıflandırılır.

Kayaçlar, kırıklar boyunca koparak birbirinden ayrılır. Bu ayrılma sırasında ortaya çıkan blokların birbirine göre yer değiştirmesi; birbirinden düşey yönde uzaklaşma, birbirine göre yanal olarak uzaklaşma, birinin bir diğeri üzerine doğru yükselmesi olmak üzere 3 şekilde gerçekleşir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Fay çizgisi, fay düzlemi ve gerilmeleri

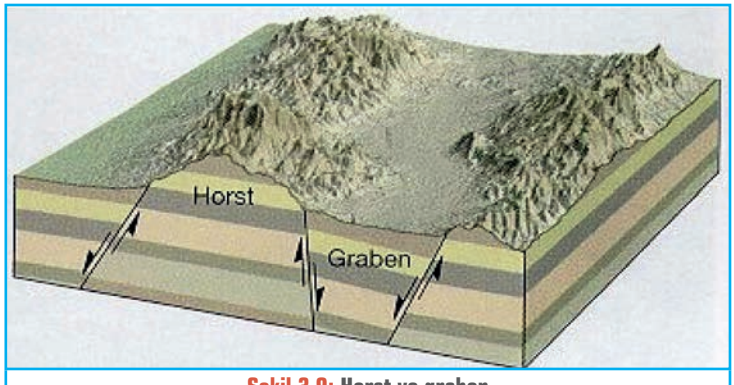
Yeryuvarı üzerinde oluşan yıkıcı depremlerin neredeyse tamamı faylarla ilişkilidir. Bu nedenle faylar, depremlerin anlaşılması açısından en önemli unsurlardan biridir. Fayların boyutları birkaç cm'den birkaç yüz hatta bin km'ye, atım miktarları ise birkaç cm'den onlarca hatta bazen yüzlerce km'ye kadar değişmektedir. Fayların boyu depremin büyüklüğü ile logaritmik olarak orantılıdır. Büyük ve sığ depremlerde yeryüzünde gözlenen fayın boyu yüzlerce km'ye erişebilmektedir.

1939 Erzincan Depremi'nde oluşan fayın boyu 360 km, üzerindeki en büyük yer değiştirme (atım) 7,5 m'dir. Faylar, tek bir kırık şeklinde olmayıp segmentler (birbirinin devamı şeklindeki fay parçaları) şeklinde de gelişmiş olabilir.

Kayaçların bir düzlem boyunca gözle görülebilecek şekilde kayma göstermesi olayına **faylanma**, bu olay sonucu oluşan kırığa ise **fay** adı verilir. Yerkabuğunu oluşturan levhaların hareketleri sonucu oluşan gerilme ve sıkışmalar, yerkabuğunun bazı bölümlerinde yüzyıllar boyunca enerji biriktirir. Bu enerjiler zaman zaman ortaya çıkar.

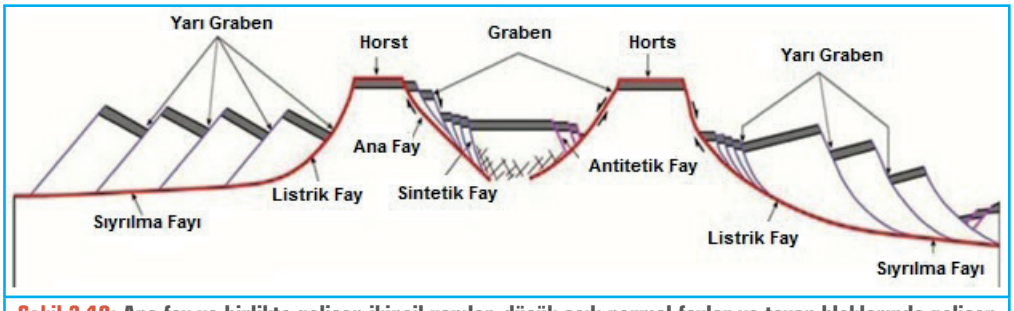
Yerkabuğundaki bu hareketli kesimler faylardır. Çok sayıda eğim atımlı fayların geliştiği, bir arada bulunduğu bölgelerde **graben** ve **horst** adı verilen özel yeryüzü şekilleri meydana gelir. **Graben**, iki normal fay arasında aşağıya doğru çöken, hendek biçiminde dar ve uzun çukurdur. İki graben arasında kalan yüksek kısma ise **horst** denir (Şekil 3.9, 3.10).

Ülkemizdeki İzmit Körfezi ve Gediz Irmağı vadisi birer çöküntü havzası (graben) olup örnek olarak gösterilebilir. Horstlar, Gediz Irmağı'nda olduğu gibi yüksek bölgelerdir (Şekil 3.9).



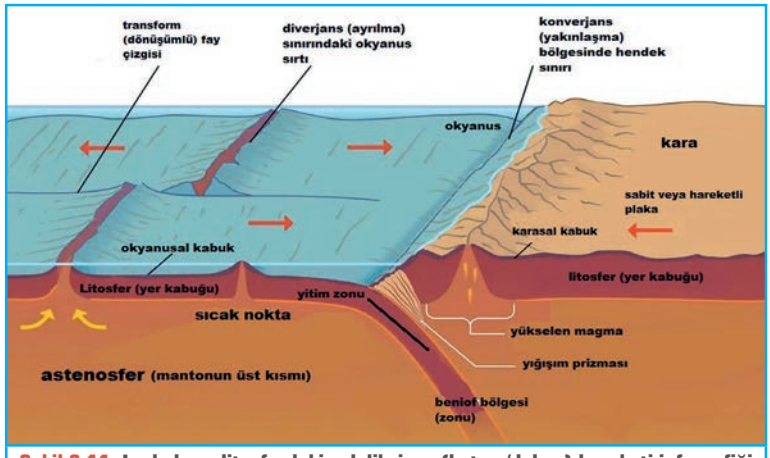
Şekil 3.9: Horst ve graben

Fay düzlemi yüzeye yakın kesimlerde oldukça dik, derinlere doğru ise düşük eğimli veya yataya yakın konumdadır. Bu tür faylara **listrik fay (kavisli fay)** denir (Şekil 3.10).



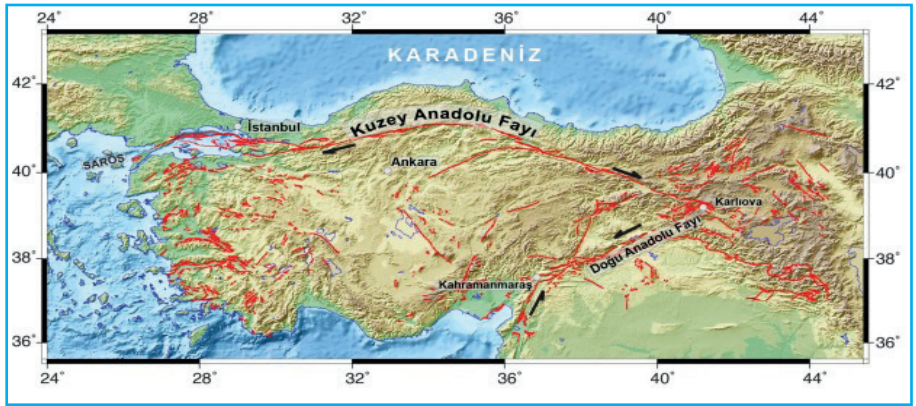
Şekil 3.10: Ana fay ve birlikte gelişen ikincil yapılar, düşük açılı normal faylar ve tavan bloklarında gelişen bindirimli fay blokları

Transform Fay Hatları: Plakaların birbirlerine paralel ama zıt yönlerde hareket etmesi sonucu oluşur. Türkiye'de Marmara Fay Hattı olarak bilinen bu hat, transform fay hatlarına örnek olarak verilebilir. Anadolu'nun üzerinde bulunduğu Afrika Plakası ile bunun kuzeyindeki Avrasya Plakası birbirlerine zıt ve paralel yönlerde hareket eder. Bu sürtünme hareketleri zaman zaman çok şiddetli depremlere sebep olabilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Levhaların litosferdeki subdiksiyon (batma/dalma) hareketi infografiği

Düzce, Kocaeli, Yalova, Sakarya, Bolu, Bursa, İstanbul, Eskişehir, Zonguldak illerini etkileyen 17 Ağustos 1999 Gölcük merkezli Marmara Depremi, transform fay hatlarından kaynaklanan depremdir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı

BİLGİ KUTUSU

Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda, Dünya'nın ergimiş çekirdeğinden gelen ısının da levha hareketlerine etkisinin olduğu belirtilmektedir. Doğu Pasifik Yükseltisi'ni inceleyen araştırmacılar, bu bölgedeki levha hareketinin önceden öne sürülen modellerden herhangi biriyle açıklanamayacağını tespit etmişlerdir. Başka kuvvetlerin de etkisi olması gerektiğini savunan araştırmacılar, levhaların yüzerliğinin (ya da alttaki yarı sıvı ortamın kaldırma kuvvetinin) Dünya'nın çekirdeğinden gelen ısı etkisiyle ortaya çıktığını ifade etmişlerdir.

Araştırmada, levha tektoniğindeki hareketliliğin %50 oranında Dünya'nın çekirdeğinden gelen ısının etkisiyle ortaya çıktığını ve Dünya'nın çekirdek ve manto tabakası arasında yaklaşık 20 Terawatt (1 Trilyon Watt = 1 Terawatt) kadarının akış gösterdiği belirtilmektedir. Bu ısı enerjisinin, insanların yıllık toplam enerji tüketiminden biraz daha fazla miktarda olduğu tahmin edilmektedir. Yarı eriyik haldeki mantonun çekirdek etkisiyle ısınan kısımları daha az yoğun ve daha yüzer hale gelerek yukarıya yani kabuğa doğru yükselirken, kabuktaki levhalar da soğuyarak negatif yüzerlik oluşturmakta ve batma eğilimi göstermektedir. Bu iki kuvvetin birlikte etkisi de levhaların manto üzerinde kayarak hareket etmesine neden olduğu belirtilmektedir. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular levha tektoniği, sismik etkinlik ve volkanik etkinlikler gibi Dünya dinamikleri üzerinde çalışan bilim insanları için önemli bilgiler sunmaktadır.

Fay düzlemi elemanlarını ve fay atımlarını şekil üzerinde çizerek gösteriniz.

SIRA SİZDE

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.2 UYGULAMA

6 (6) DERS SAATİ

TEKTONİK VE YERKABUĞUNUN TEKTONİK HAREKETLERİ

Bu çalışmanın amacı, tektonik ve yerkabuğunun tektonik hareketleri ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Yerkabuğunun tektonik hareketleri uygulamasını, öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) tektonik hareketleri.

İstenenler

Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki (KAFZ) tektonik hareketler sonucu oluşan fayların adlarını, çeşitlerini, oluşumlarını, fay hattı türlerini, fay hattı uzunluklarını ve geçtiği bölgeleri (il, ilçe, belde vb.) içeren raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki (KAFZ) tektonik hareketler ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki (KAFZ) tektonik hareketler ile ilgili bilimsel verileri kullanarak raporu hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay adları araştırılır.
2. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fayların çeşitleri araştırılır.
3. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda meydana gelen oluşumlar araştırılır.
4. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay hattı türleri araştırılır.
5. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay hatlarının uzunlukları araştırılır.
6. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay hatlarının geçtiği bölgeler (il, ilçe, belde vb.) araştırılır.
7. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) tektonik hareketlerine ait rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay adlarını araştırdınız mı?		
2	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fayların çeşitlerini araştırdınız mı?		
3	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda meydana gelen oluşumları araştırdınız mı?		
4	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay hattı türlerini araştırdınız mı?		
5	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay hatlarının uzunluklarını araştırdınız mı?		
6	Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda gerçekleşen, tektonik hareketler sonucunda oluşan fay hatlarının geçtiği bölgeleri (il, ilçe, belde vb.) araştırdınız mı?		
7	Kuzey Anadolu Fay Zonu tektonik hareketlerine ait raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	50	40	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Uzun süreli yavaş hareketlere neden olan etkenleri araştırınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.3. UZUN SÜRELİ YAVAŞ HAREKETLER

Yerkabuğu hareketleri; hızlı ve kısa süreli hareketler (depremler), yavaş ve uzun süreli hareketler (epirojenik ve orojenik hareketler) olarak iki gruba ayrılır. Hızlı ve kısa süreli hareketler kabukta, kısa sürede ani ve şiddetli değişimler meydana getirir. Depremler, kabukta meydana gelen bu tür hareketlerdendir. Yavaş ve uzun süreli hareketler, oldukça uzun jeolojik zamanlar içerisinde meydana gelmektedir. **Epirojenik (kıta oluşumu)** ve **orojenik (dağ oluşumu)** hareketler kabukta meydana gelen bu tür hareketlerdendir.

3.3.1. Yavaş ve Uzun Süreli Hareketler (Epirojenik ve Orojenik Hareketler)

Yerkabuğunun belirli bölgelerinde meydana gelen kubbe şeklinde yükselme, tekne şeklinde çökmelere **epirojenik hareketler (kıta oluşumu)** denir. Bu hareketler, litosferde oldukça yavaş ve uzun süreçlerde meydana gelen düşey hareketlerdir. Yerkabuğunun altında bulunan ateş kürede magma denilen akışkan ve sıcak madde bulunmaktadır. Magma, konveksiyonel şekilde ateş küredeki magma çekirdeğinden aldığı ısı etkisiyle yükselir ve üst katmandaki magma yoğunluğu azalarak alta gider. Magmanın bu konveksiyonel hareketi, yerkabuğunun üst katmanlarındaki levha olarak bilinen tabakalarını hareket ettirmektedir.

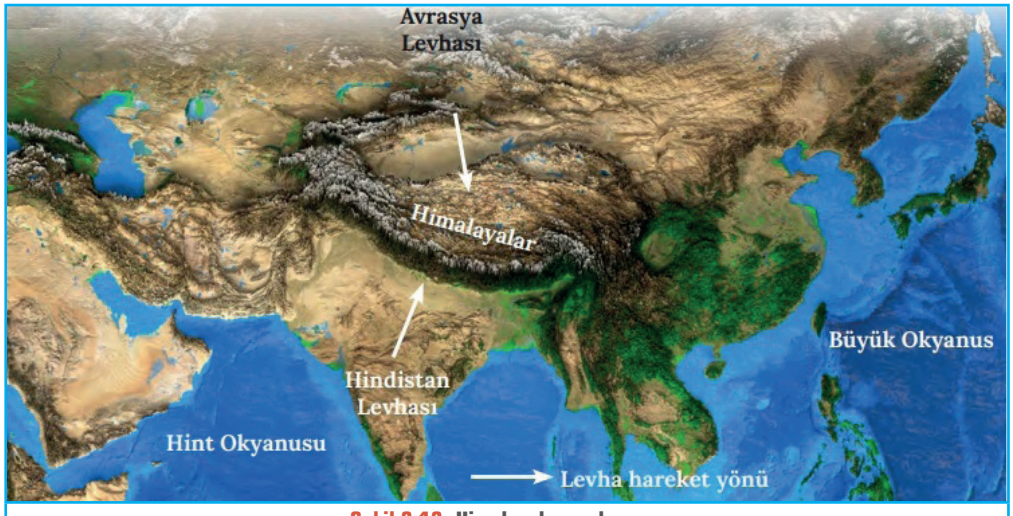
Başlangıçta tüm kıtaların Pangea adında tek bir kıta olduğu, sonradan parçalanıp dağılarak zamanla günümüzdeki yerlerine ulaştığı görüşünü Alman bilim insanı **Alfred Wegener** ortaya atmıştır. Dünyanın yüzeyi gerçekte dev boyuttaki bir yapboz gibi birbirine geçen parçalardan (levhalardan) oluşmuştur. Levhalar, yavaş ve sürekli biçimde birbirlerine göre hareket etmektedir. Bir levha, yalnızca okyanusal ya da kıtasal litosferden oluşabildiği gibi her iki litosfer türü içeren bir yapıda da olabilir. Levhalar, levha sınırı ya da levha kenarı adı verilen yerlerde son bulur. Depremler ve yanardağlar genellikle bu bölgelerde görülür. Pangea tek kıta parçasını çevreleyen deniz **Panthalassa** olarak adlandırılmıştır. Zaman içerisinde katmanlar hareket ettikçe **Pangea** ikiye ayrılarak kuzeyde **Laurasia** ve güneyde **Gondwanaland** oluşmuştur. Bu iki kıta **Tetis Denizi** ile ikiye ayrılmıştır. Katmanların hareketi ile kıtalar birbirlerinden ayrılarak 7 kıtanın oluşumu gerçekleşmiştir.

Yeryüzeyinin kabuğu, manto üzerinde **izostazi** adı verilen bir ağacın su üzerinde yüzmesi ile karşılaştırılabilecek bir denge halinde durur. Mantonun kaldırma gücü, su ve ağaç örneğinde olduğu gibi kabuğun manto içine batmış olan hacmi ile orantılıdır. Bu nedenle yükseltilerin fazla olduğu kıta bölgelerinde, artan kütle ile kabuğun manto derinliklerine uzanan kısmı daha fazla olmalıdır. Yüksek dağ sıralarının derinlere dalan kökleri yerkabuğunun böyle alanlarda 70 km kadar kalın olmasına yol açar. Öte yandan karaların yükselmesi, bağıl olarak daha hafif materyalden oluşmalarıyla ilişkilidir. Böylece okyanusal kabuk daha ince olmasına karşın daha ağır materyalden oluşmuştur ve astenosfer içine doğru kıtalara oranla daha fazla batmış durumdadır. Kıtaların manto içerisine doğru uzanan daha derin kökleri olmasına rağmen, ağırlık merkezlerinin okyanus tabanlarına oranla daha yüksekte yer alması ile sonuçlanır.

Yüzey şekillerinin jeolojik zaman boyutu içinde evrimi levha hareketleri çerçevesinde gerçekleşir. Yerkabuğu ve hemen altındaki manto katmanının birleşmesinden oluşan litosfer, yavaş bir hareketle yer değiştiren 12 ayrı levha halinde değişken bir yapboz tablosu oluşturur. Yarı akışkan astenosfer tabakası üzerinde yüzer durumda bulunan bu levhaların hareketi için gereken enerjiyi, astenosfer tabakasındaki konveksiyonel akımlar sağlar. Levhalar birbirleriyle sürekli hareketli ve temas halinde olduklarından, hareketlerinin yön ve şiddetini, yerin derinliklerinden gelen itici gücün özellikleri olduğu kadar levhaların birbiri ile olan ilişkilerini belirler. Böylece kısa dönemde belirli bir düzen içinde süren levha hareketleri, zaman aralığı büyütüldüğünde karmaşık ve önceden belirlenemeyen şekilde gerçekleşir.

Levhaların hareketlerinde yerkabuğunun bütün bu özellikleri rol oynar. Levhalar ortalama olarak yılda birkaç cm ölçeğinde hareket eder (Bu kayma hareketine en uç örnek olan Pasifik levhası için yılda 15 cm'ye ulaşır.). Hareket halindeki levhaların birbirleri arasında üç tür ilişki olabilir. Bunlar; yaklaşma, uzaklaşma ve yan yana kayma durumlarıdır. Yeryüzünün alanı sabit olduğundan yaklaşma sınırlarında bir miktar levha yüzeyinin yok olması, uzaklaşma sınırlarında ise yeni levha yüzeyi oluşmasını gerektirir. Bu nedenle birinci tür levha sınırlarına **yıkıcı sınırlar**, ikinci tür levha sınırlarına **yapıcı sınırlar**, üçüncü tür yanal doğrultulu olan levha sınırlarına ise **dönüşüm sınırları** adı verilir.

Yaklaşan levhalardan ikisi de okyanusal levha ise birinin diğerinin altına doğru kayması **dalma-batma** olarak adlandırılır. Bir okyanus levhası, bir kıta levhası ile karşılaştığında, daha ağır olduğu için onun altına doğru kayar ve yine dalma/batma durumu gerçekleşir. Dalma-batma söz konusu olduğunda manto tabakasının sıcak derinliklerine inen taş küre dilimi ısınarak erir ve akışkan halde yükselir. Bu, yaklaşma sınırlarındaki yanardağ etkinliğinin ve dağ oluşumunun temelidir. İki kıtasal levhanın yaklaşması ise çarpışma ile sonuçlanır, her iki levha da manto içine batamayacak kadar hafif ve kalın olduğundan büyük bir deformasyonla yüksek dağ sıraları ve platolar ortaya çıkar [(Himalayalar ve Tibet Yaylası vb.) (Şekil 3.13)].



Şekil 3.13: Himalayaların oluşumu

Uzaklaşan levhalar ise yeni okyanus kabuğunun oluşmasına yol açar. Bu olay, iki levha arasında açılan boşluğa üst manto kaynaklı akışkan materyalin dolması ve soğuyarak katılaşması sonucunda gerçekleşir. Bu şekilde oluşan okyanus sırtları yerkabuğunun en genç bölgeleridir. Levhalar ayrıldıkça sırt ortadan büyümeye devam eder. Sırtın her iki yanına doğru uzaklaşan genç litosfer soğudukça hacmi azalır, yoğunluğu artar; küçülme ve batma nedeniyle de yükseltisi azalır (Şekil 3.13).

Okyanus tabanının okyanus sırtından en uzak kesimleri en yaşlı olan kısımlarıdır. Bu alanların eninde sonunda bir başka levha ile karşılaşarak batmaya başlaması kaçınılmaz olduğundan okyanusal kabuğun ömrü sınırlıdır. Bilinen en yaşlı okyanus kabuğu örnekleri 190 milyon yıl yaşındadır. Bu şekilde okyanus kabuğu sürekli yenilenirken, kıta kabuğu dalma-batma mekanizması ile ortadan kaldırılamadığından yanardağ ve dağ oluşum etkinlikleri ile kıta kütlesine eklenen materyal zaman içinde giderek artar. Milyarlarca yıllık süreç içerisinde kıtalar alan ve kalınlık açısından büyümeye devam eder. Bazen bir kıta, ters yönde etki eden kuvvetlerin sonucunda ikiye ayrılabilir. Böyle bir durumda uzaklaşan parçaların arasını doldurmaya başlayan manto materyali yine okyanus kabuğu niteliğinde bir yapı oluşturmaya başlar ve bu alanın soğuyup alçalması sonucunda yeni bir okyanus doğmuş olur. Bazen de her iki yanından iki ayrı kıtanın altına kaymakta olan bir okyanus, iki kıtanın çarpışması ile sonuçlanan bir süreç sonucunda tümüyle yok olabilir.

3.3.1.1. Karalarda Epirojenik Alçalma Hareketleriyle İlgili Olaylar

Karalarda Epirojenik alçalma hareketleriyle ilgili olaylar aşağıda sıralanmıştır.

- Şimal Denizi kıyılarında görülen batmış turbalık ve ormanların suların altında olması.
- Akdeniz'de, Marsilya yakınlarında Fos Körfezi'nde, bugünkü kıyılardan 2 km uzakta 4-7 m su altında, eski Romalılara ait kiremit ve topraktan yapılmış eşya parçalarının bulunması.
- Bazı yerlerde yapılan sondajlarda, deniz diplerinde 3. ve 4. yüzyıla ait insan yapıtlarına rastlanması.
- Atlas Okyanusu'na dökülen nehirlerin birçoğunun, kıta platformu üzerine kazılmış bir denizaltı yatağı ile devam etmesi ancak vadilerin kazılmasından sonra kara kenarlarının deniz tarafından örtülmüş olması.
- Dalmaçya'da olduğu gibi çok girintili çıkıntılı kıyılarda, deniz altında kalmış olarak kabul edilebilmesi ve Dalmaçya'da deniz, senklinal vadiler içine girmesi.
- Batı Anadolu'da Reşadiye vadisi ile güneyindeki yarımada arasında sığ deniz suları altında eski bir şose kalıntısının görülmesi ve bu olayın karanın tarihsel zamanlarda bölgede çökmüş olduğunu göstermesi.
- Güney Anadolu'da, Fethiye kıyılarında kalker breşleri içerisinde kazılmış eski Likya mezarları varlığı.
- İtalya'da Napoli'nin batısında Pozzuoli'de eski Romalıların Pazaryeri kalıntısında (Serapis Tapınağı) üç sütun üzerinde, tabandan 6 m yukarıda, folasların (taş yiyen bir tür midye) açmış oldukları oyuklar ve oyuklardan bazılarının içerisinde folas kabuklarının bulunması ve bu duruma göre Romalıların Pazaryeri'ni yaptıktan bir süre sonra İtalya'nın bu kıyısının yavaş yavaş çökmesi ve daha sonra tekrar yükselmesi.

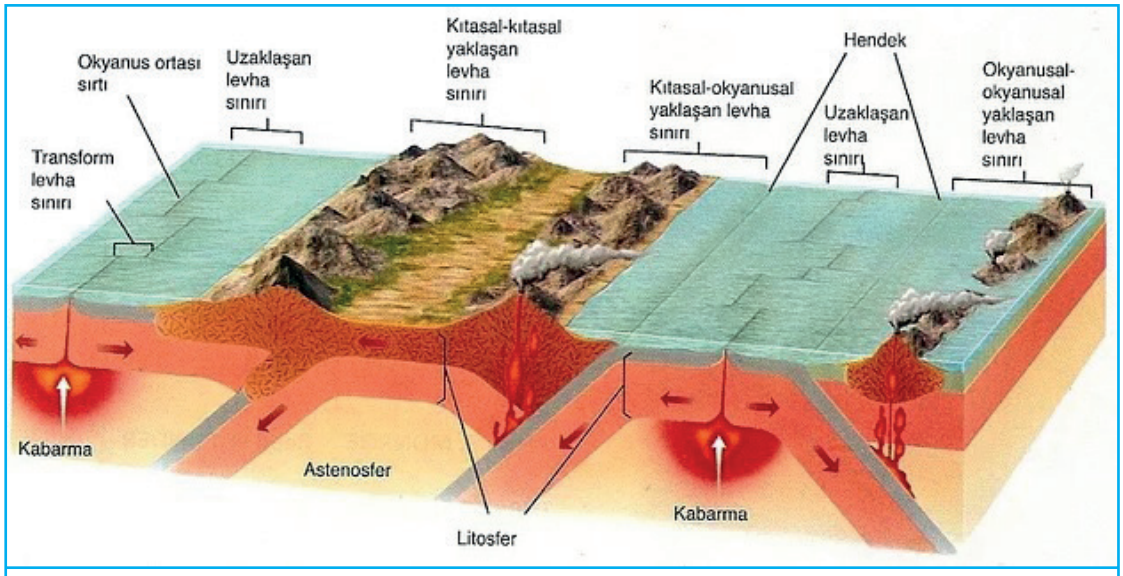
Yükselme ve alçalmalara sebep olan yerkabuğu hareketleri yalnız deniz kıyılarına özgü değildir, karalarda da meydana gelebilmektedir. 1811 yılından bu yana Missisipi havzasında geniş alanlar eski seviyesinin altına çökmüş ve bugün göllerle örtülmüştür.

Karaların alçalması ile ilgili örnekler İstanbul civarında görülür. Burada erozyonlarla kazılmış olan vadiler bugün kısmen denizin altındadır. Deniz, vadi ağızlarına girerek ince ve uzun koylar oluşturmuştur. Haliç, Büyükçekmece ve Küçükçekmece Gölleri bu şekilde batmış vadi uçlarıdır. Bir kara parçası alçalarak denizin altına girecek olursa üzerindeki tepeler adalar halinde suyun ortasında kalır. Büyükada, Heybeliada ve Kızıl Adalar bu şekilde batmış dağ tepeleridir. Bu dağların etekleri bugün Marmara'nın tabanını teşkil eder. Bu alçalma daha da devam edecek olması hâlinde Kayışdağı'nın hafif eğimli eteği sular altında kalacak ve dik tepesi ada halinde denizin üstünde yükselecektir.

Bir yerde epirojenik hareketlerin oluşabilmesi için izostatik dengenin bozulması gerekir. Katı haldeki yerkabuğunun sıvı haldeki manto üzerinde batmadan kalabilmesine izostatik denge denir. Karalarda aşınmanın, denizlerde birikmenin fazla olması, iklim değişmeleri, dağ oluşumu hareketleri izostatik dengeyi bozan faktörlerdir. Epirojenez yeryüzünü en uzun sürede şekillendiren iç kuvvettir. Yerkabuğu ay şekilde, magma tabakasının üzerinde, yarısı içe batmış şekilde durmaktadır.

Dünya'nın şeklinden dolayı ve yerkabuğunun da levhalar halinde iç içe geçmiş bütünsel bir yapı oluşturmuş olması nedeniyle sıvı magma tabakası üzerinde dengede durur. Yani ağır kısımlar magmaya daha çok batmış ve hafif kısımlar daha az batmıştır.

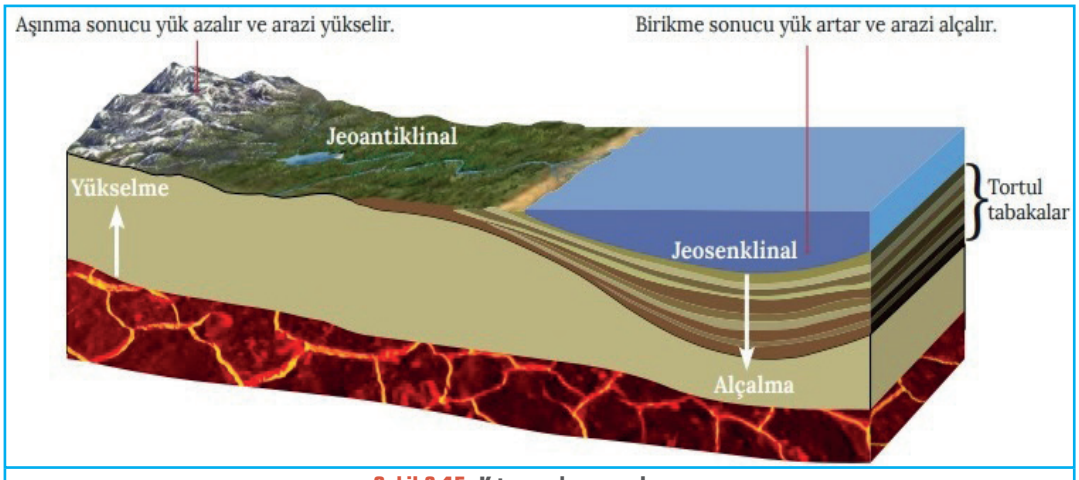
Sıvı üzerindeki büyük kaya blokları ağırlaştıkça dibe batar. Bu duruma bağlı olarak oluşan basıncı dengelemek için başka bir yer yükselir. Çünkü sıkışan magma başka bir yere ilerleyip o bölgedeki nispeten daha hafif olan kara parçasını yükseltmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Levha sınırları ve izostatik denge

Epirojenez sonucunda;

1. Jeoantiklinal (kıta) ve jeosenklinal (okyanus),
2. Deniz ilerlemesi (transgrasyon) ve deniz gerilemesi (regrasyon) meydana gelir (Şekil 3.15).

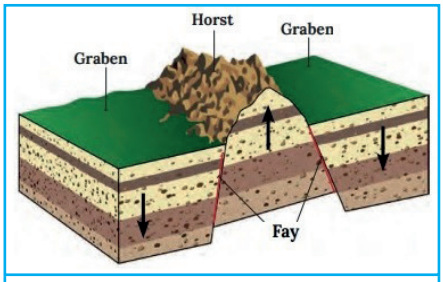


Şekil 3.15: Kıta ve okyanus oluşumu

Türkiye'de epirojenez sonucunda, Anadolu yarımadası yükselirken çevresindeki Akdeniz, Ege, Karadeniz çanakları ile Ergene Havzası çökmektedir. Dünya üzerinde ise İskandinavya Yarımadası yükselirken Almanya ve Hollanda çökmektedir. Deniz ilerlemesinin görüldüğü yerde akarsuyun ağız kısmı deniz suları altında kalır. Akarsuyun enerji potansiyeli azalır ve biriktirme yapar. Deniz gerilemesi var ise akarsuyun yatak eğimi ve aşındırma gücü artar. Eğer bir yerde akarsu vadisi deniz içinde de devam ediyorsa deniz ilerlemesinden bahsedilebilir. Kıyı şekilleri yüksekte veya kara içlerinde kalmış ise deniz gerilemesi olmuştur. Epirojenik hareketlerin yeryüzü şekilleri üzerinde büyük etkisi vardır. Kıyı ve akarsu taraçalarının, boğulmuş ve su altında kalmış vadilerin oluşumu epirojenik hareketler ile doğrudan ilgilidir. Büyük ölçüdeki horst ve graben yapıları, plato ve havza oluşum ve gelişimleri uzun süreli yükselip alçalmaların sonuçlarıdır.

3.3.1.2. Dağ Oluşumu (Orojenez) Hareketleri

Orojenez (dağ oluşumu) adı verilen yavaş hareketler ile yerkabuğunu oluşturan ve levha denilen büyük blokların yatay yönde hareketi sonucu arada sıkışan birikim alanları dağları oluşturmuştur. Alpler, Toroslar ve Himalayalar gibi kıvrımlı sıradağların oluşumu orojenik hareketlerin sonucudur. Bu tür hareketlerle tabakalı tortullar şiddetli deformasyona uğrayarak kıvrılır, kırılır ve yükselir. Orojenik hareketler ile yerkabuğunda bir daralma, bazen üst üste binme meydana gelir (Şekil 3.16).

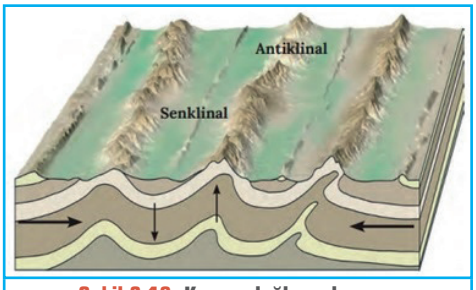


Şekil 3.16: Levha sınırları ve izostatik denge

Türkiye'de orojenik hareketler sonucu oluşan kıvrım, kırık ve volkanik dağlar Şekil 3.17'de verilmiştir.

Şekil 3.17: Türkiye'deki orojenik kıvrım, kırık ve volkanik dağlar

Levha tektoniği açısından dağ oluşumu, dalma-batma zonlarında biriken binlerce metre kalınlığındaki sedimentlerin ve magmatik ürünlerin dalma zonunu sınırlayan iki levhanın birbirine yaklaşması ve sonunda birbiri ile çarpışması nedeniyle gerçekleşir. Bu suretle kıvrımlı, kırıklı ve bindirmeli-naplı dağ şeritleri, Alpler ve Toroslar gibi sıradağları meydana getirmiştir. Orojenik bölgelerde volkanizma, sıcak su kaynakları ve deprem aktivitesi yüksektir. Bu hareketler okyanus tabanlarında başlar. Dış kuvvetlerin etkisiyle aşındırılarak okyanus tabanlarında biriken tortul tabakalar birbirine doğru hareket eden levhalar arasında kalarak sıkışır. Sıkışma sonucunda kıvrılma ve yükselme olur, kıvrım dağları oluşur. Kıvrılma ile yükselen yere **antiklinal**, çukurlaşan yere de **senklinal** denir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: Kıvrım dağları oluşumu

Türkiye'deki dağların büyük bir kısmı III. Zaman'da (Tersiyer) Alp-Himalaya kıvrımları ile oluşmuştur. Oluşan bu kıvrımlar ile kuzeyde Kuzey Anadolu Dağları ve güneyde Toros Dağları meydana gelmiştir. Yani orojenez sonucunda **kıvrım dağları, horst, graben** ve **fay hatları** oluşmuştur. Orojenik hareketlerle meydana gelmiş sıradağların derin kökleri bulunur. Sıradağları oluşturan yapılar; **açık antiklinal** ve **senklinallerin yanında sıkışık izoklinal kıvrımlar, devrik** ve **yatık kıvrımlar, bindirme** ve **naplar** şeklinde bulunur. Kıvrım eksenleri az ya da çok sıradağın gidiş yönüne paralel konumdadır.

Orojenez Evreleri: Yerin yaklaşık 700 milyon yıllık tarihinin yeni zamanlarının dört evresinde büyük dağ oluşum hareketleri meydana gelmiştir. Bu hareketlerin her birinde on binlerce km uzunlukta sıradağlar yeryüzüne doğru yükselerek ortaya çıkmıştır. Bu orojenezler sırasıyla; **Assintik, Kaedoniyen, Hersiniyen** ve **Alpin** orojenezleridir.

Assintik Orojenezi: Alt ve Üst Algonkiyen (Proterozoik) dönemleri arasında meydana gelmiştir. Kambriyen tabakaları bu formasyonlar üzerinde açılı uyumsuzlukla durur. Baltık havzasında, Kanada kalkanında ve Büyük Kolorado Kanyonu'nda bu diskordanslı durum açıkça görülür.

Kaledoniyen Orojenezi: Silüriyen'de ve özellikle bu devrin sonlarına doğru etkinliğini sürdürmüştür. Devoniyen tabakaları Silüriyen üzerinde transgressif ve açılı uyumsuz olarak bulunur. İskoçya, Norveç ve Kuzey Amerika'nın Göller Bölgesi'nde bu durum gözlemlenir.

Hersiniyen Orojenezi: Avrupa'da Karbonifer ve Permiyen Devirleri boyunca meydana gelmiştir. Trias tabakaları Üst Paleozoik oluşumlar üzerinde uyumsuzlukla durur. Orta Avrupa masifleri çevresinde ve İrlanda güneyinde durum böyledir.

Alpin Orojenezi: Jura'dan başlayarak Tersiyer sonuna kadar devam etmiş ve kıvrımlanma hareketleri birçok safhada gerçekleşmiştir. Pliyosen yaşlı tabakalar bile bu devrenin son safhasında deforme olmuştur. Yalnız Kuvaterner tortulları yatay olarak daha yaşlı formasyonları kapatır.

Orojenezle kıvrılma özelliği taşımayan sert tabakalar da kırılır. Kırılmaların olduğu yerler bir hat şeklindedir ve bu hatta **fay hattı** denir. Fay hattı boyunca yükselen yerler **horst**, çöken yerler **graben**dir. Doğu Afrika'da Mozambik sınırlarından başlayan ve Hatay çukurluğuna kadar uzanan 5000 km'lik graben çukurluğu Dünya'nın en uzun graben çukurluğudur. Türkiye'de horst ve graben oluşumu en fazla Ege Bölgesi'nde görülür. **Grabenler**; Bakırçay, Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Amik ovalarıdır. **Horstlar**; Kaz Dağı, Madra Dağı, Yunt Dağı, Bozdağlar, Aydın ve Menteşe dağlarıdır. Dünya üzerindeki başlıca kıvrım dağları III. Zaman'da (Tersiyer) oluşmuş Alp-Himalaya kıvrımları ile Amerika kıtasının batısındaki Kayalık Dağları ve And Dağları'dır.

3.3.1.3. Volkanizma, Lav ve Yanardağlar

Yerin derinliklerinde bulunan magmanın patlamalı veya durağan şekilde püskürmesine bağlı olarak yeryüzüne, okyanus tabanına veya litosfer katmanının derinliklerine çıkmasına **volkanizma** denir. Volkanik hareketler sırasında çıkan maddeler bir baca etrafında yığılarak yükselir ve volkan konileri (yanardağlar) oluşur. Magmanın yerkabuğu içerisinde yüzeye ulaşamadan soğuyarak katılaşması sürecine **derinlik volkanizması** adı verilir. Burada oluşan kayaçlara da **derinlik kayaçları** adı verilir. Bu kayaçlar, magmanın yer altında yavaş yavaş soğuması nedeniyle taneli yapıda ve iri kristalli olur. Magmanın yerkabuğunun zayıf olduğu kırıklı (fay) bölgelerden yüzeye veya yüzeye yakın yerlere çıkmasıyla **yüzey volkanizması** oluşur. Yüzey volkanizmasında derinlik volkanizmanın aksine, patlamalar ve buna bağlı olarak değişik özellikte jeomorfolojik birimler oluşturur.

Yüzey volkanizması sonucu oluşmuş kayaçlar hızlı soğumadan dolayı küçük kristalli, porfiri veya camsı yapıda görülmektedir. Bazen volkanizma faaliyetleri deniz veya buzul altında gerçekleşmektedir. Yeryüzünde bilinen volkanların sayısı binlere ulaşmasına karşın yaklaşık 450-600 arasında aktif volkan yer almaktadır. Aktivite sadece lav çıkışı şeklinde değil gaz çıkışlarıyla da tanımlanmaktadır. Yeryüzündeki küresel soğumaya yol açan sülfür gazının %70'i volkanlardan kaynaklanmaktadır (Sülfür gazının %30'u denizsel planktonlardan atmosfere geçmektedir.). Ayrıca CO_2 gazı da volkanlardan çıkan bir diğer gazdır.

Volkanik arazilerdeki tarım alanları mineral ve besin kaynakları bakımından zengindir. Buna bağlı olarak biyolojik çeşitlilik arttırmıştır. Farklı jeomorfolojik üniteler nedeniyle turizm açısından çekim noktasıdır. Ayrıca volkanik alanlar yer altı madenleri bakımından oldukça zengindir.

Volkanizma faaliyetleri insanlar için büyük tehlikeler oluşturmasına rağmen bu alanlar yoğun nüfuslu alanlardır. Örneğin Vezüv Yanardağı'nın aktif olacağı bilinmesine rağmen insanlar, buradaki bereketli toprakları bırakmamışlardır.

MS 79 yılındaki püskürmesiyle verimli topraklardaki eğlence merkezli Pompei, Herculaneum ve Stabia kentleri volkanik lavların etkisiyle yerle bir olmuştur. Günümüzde volkanik alanlar Dünya yüzeyinin %1'ini kaplamasına rağmen, Dünya nüfusunun %9'unu barındırmaktadır. Volkanlar genellikle levha sınırlarında oluşur. Bu volkanların birçoğu deniz ve okyanusların altında bulunur. Dünya'da deniz seviyesi üzerindeki aktif volkanların yarısından fazlası Pasifik Okyanusu'ndaki ateş çemberindedir. Volkanların aktif olduğu ikinci bölge Alp-Himalaya kıvrım kuşağı, üçüncü bölge ise okyanus ortaları (özellikle Atlas Okyanusu) olmak üzere yoğun üç ana bölgede yer alır. Alp-orojenezinin gerçekleşme alanları ve deprem alanlarıyla büyük benzerlikler göstermektedir.

Türkiye'de volkanizma kendisini Neojen ve Kuvaterner Dönem'de hissettirmiştir. Volkanik arazi olarak adlandırılan topoğrafyalar ülkemizde bu dönemden kalma geniş alanlar kaplamaktadır. Bunlardan Neojen volkanik arazisi, genelde yıpranmış, aşınmış ve Neojendeki oluşumlar büyük ölçüde yitirilmiştir. Kuvaterner volkanik arazisi ise zamana bağlı olarak fazla yıpranmadığından volkanik oluşumlarını korumaktadır.

Volkanizma faaliyetlerini yüzey, derinlik, deniz ve buzul altı olmak üzere **3 grupta** ele almak mümkündür.

a) Yüzey Volkanizması ve Yapıları

Bir volkanın ürettiği magma yoğun ve akışkan ise kül, cüruf ve volkan bombası üretir. Unsurlar üst üste birikerek kül konilerini oluşturur. Genellikle eski bir volkan konisinin tepe kısmının çökmesi sonucu tepede meydana gelen geniş oyuklarda kalderalar açığa çıkar. Bu kısımda su birikmesi sonucu bir göl de oluşabilir. Bu oluşuma Nemrut Krater Gölü örnek olarak verilebilir (Resim 3.3).

Resim 3.3: Yüzey volkanizması ile oluşan Nemrut Krater Gölü

Volkanik faaliyetler esnasında katı, sıvı ve gaz formunda maddeler yeryüzüne çıkmaktadır. Dünya'nın iç kesimlerindeki magmanın yeryüzüne çıktığı yere volkan denir. Volkanik faaliyetler sonucu ortaya çıkan malzemeler gaz, katı, sıvı olmak üzere üç çeşittir.

Gaz Halindeki Maddeler: Volkanizma sırasında gazlar magmadan hızla ayrışarak yeryüzüne çıkar ve büyük volkanik bulutlar oluşur. Magmanın içinde erimiş gazların %95'ini su buharı oluşturur. Bundan başka karbondioksit, kükürt, hidrojen klorür, hidrofluorik asit ve hidrojen bulunur. Bazı volkanlardan hidrojen sülfür, kükürtdioksit ve radon da çıkabilir. Magma sıcaklık ve gaz çıkışı ilişkisine göre üç evreye ayrılır.

Mofette Evresi: Sıcak su kaynakları evresidir ve 100 ^{0}C'nin altındadır. CO_2 termal kaynaklı gazlar çıkar.

Solfatar Evresi: 100-200 ^{0}C sıcaklık, su buharı, hidrojen sülfür (H_2S), CO_2 gazları çıkar.

Fumuraol Evresi: 1000-2000 ^{0}C sıcaklıktadır. Su buharı, HCL (Hidrojen Klorür), CO_2, CO, SO_2, amonyum klorür (NH_4Cl) gazları çıkar.

Katı Haldeki Maddeler: Tane boyutuna bakılmaksızın volkanlardan püsküren materyaller için tefra, volkan tüfü (piroklastik maddeler) gibi adlar kullanılır. Tefralar içerisinde daha önceki katılaşmış lavlar ve yan kayaçlara ait litik parçacıklar da bulunabilir. Tefra; **volkanik toz, volkanik kül, lapilli, blok** ve **bomba** unsurlarından oluşur.

Volkan Külü: Gaz püskürmeleri sırasında oluşan basınçlı volkan bacasından çıkan küçük taneli malzemeye kül denir.

Volkan Tüfü: Volkanik küllerin bir alanda birikmesiyle volkanik tüfler oluşur.

Volkan Bombası: Volkan bacasından atılan lav parçalarının havada dönerek soğuması ile oluşan unsurlardır.

Sıvı Haldeki Maddeler: Volkanlardan çıkarak yeryüzüne kadar ulaşan eriyik haldeki malzemeye lav denir. Lavın içerisindeki SiO_2 oranı lavın tipini ve volkanizmanın karakterini belirler.

Asit Lav: SiO_2 miktarı toplamda %66 ve fazlası ise asit lavlar (felsik) oluşur. Fazla akıcı değildir. Yer sarsıntıları yani depremler olabilir.

Orta Tip Lav: SiO_2 oranı %33-%66 ise lav orta tiptir. Bu tip lavların çıktığı volkanlarda volkanik kül miktarı azdır.

Bazik Lav: SiO_2 oranı toplamda < %33 ise lav bazik (mafik) karakterli ve akıcıdır. Patlamasız, sakin bir püskürme oluşur. Lavın yoğunluğu yanardağın şeklini de belirler. Yoğunluğu fazla olan lavlar koni biçiminde bir yanardağ oluşturabilir. Yoğunluğu az olan bir lav kütlesi ise çevreye doğru yayılarak kalkan biçiminde bir yanardağ oluşturabilir. Volkanik hareketlerin en yoğun olduğu yerler ve yerkabuğunun zayıf olduğu noktalar, çatlaklar ve yarıklar boyudur. Magmanın; merkezi, çizgisel ve alansal olmak üzere üç farklı püskürme şekli vardır.

Magma yeryüzüne bir noktadan çıkıyorsa buna **merkezi püskürme**, magma yeryüzüne bir yarık boyunca çıkıyorsa buna **çizgisel püskürme** ve magma yeryüzüne yaygın bir alandan çıkıyorsa buna **alansal püskürme** denir. Volkanların yapısı ve biçimleri; yeryüzüne çıkan magmanın bileşimine, miktarına ve çıktığı yere değişkenlik gösterir. Volkanlar püskürme şekillerine göre altıya ayrılır.

İzlanda Tipi Yanardağlar: Bu tip yanardağlarda erimiş bazalt taşı birbirine paralel yarıklardan dışarı püskürür. Bu tür akıntılar çoğunlukla lav platosu oluşumlarına yol açar.

Hawaii Tipi Yanardağlar: Hawaii tipi yanardağlar İzlanda tipi yanardağlara benzer, fakat lavlar paralel yarıklardan değil, radyal (zig zag) yarıklardan akarak kalkan yanar dağlarını oluşturur.

Stromboli Tipi Yanardağlar: Bu tip yanardağlarda genleşen gazlar orta şiddette patlamalara neden olur, bu da kesintisiz küçük püskürmelere yol açar. Bu püskürmeler meydana geldiğinde etrafa akkor halinde lav parçacıkları fırlar.

Vulcano Tipi Yanardağlar: Bu tip yanardağlarda orta şiddette gaz ve kül püskürmeleri gerçekleşir. Bu karışım, koyu renkli, çalkantılı püskürme bulutlarına yol açar; bu bulutlar hızla yükselir ve sarmal biçimler alır.

Pelée Tipi Yanardağlar: Bu tip yanardağlarda, yoğun ve şiddetli kızgın volkanik kırıntı ve gaz karışımı püskürmeleri görülür. Pelée tipi yanardağlardan, dışarı püsküren akışkanlar havadan daha ağır olmakla birlikte o kadar düşük bir ağdalıktadır ki bu lavlar yamaçtan aşağıya doğru akma hızları saatte 100 km'yi bulabilir.

Pilinus Tipi Yanardağlar: En şiddetli püsküren yanardağ tipidir. Bu yanardağlarda, gaz içeriği yüksek magmadan kaynayarak yükselen gazlar, magma sütununu da geçerek çok büyük bir şiddetle dışarı fırlar. Püsküren gazlar ve volkanik kırıntılar dikey doğrultuda, rokete benzer biçimde yükselir. Bu bulutlar stratosfere kadar yükselebilir ve bazen bir kaç saat boyunca havada kalabilir.

Pilinus tipi yanardağlarda lav akıntıları **iki şekilde** görülür.

a) Pahoehoe Lav Akıntıları: Bu tip lav akıntıları akışkan olup yüzeyleri genellikle düz ya da hafif kırışıktır. Lav soğumaya başladığında yüzeyinde düzgün bir kabuk oluşur. Lav akıntısının iç kısmı ergimiş durumda kalarak akmayı sürdürürken soğumakta olan yüzeyde zaman zaman burgul kıvrımlar oluşur.

b) Aa Lav Akıntıları: Akış hızı daha yavaş olup yüzeyi pürüzlü ve çatlaklı lavlardır. Aa lavının yüzeyi pürüzlüdür ve yanmış kömür yığınlarına benzer.

Lav akarken yüzeyi iri parçalar biçiminde kırılır ve içindeki gazlar açığa çıkar. Kırılan parçalar, sıvı haldeki lav akıntısının iç kısmı ile birlikte sürüklenir. Lav akıntısının önündeki soğumuş parçalar dönerek akan lavın altında kalır.

Volkanları oluşturan yüzey ve derinlik volkanizması yapıları aşağıda açıklanmıştır.

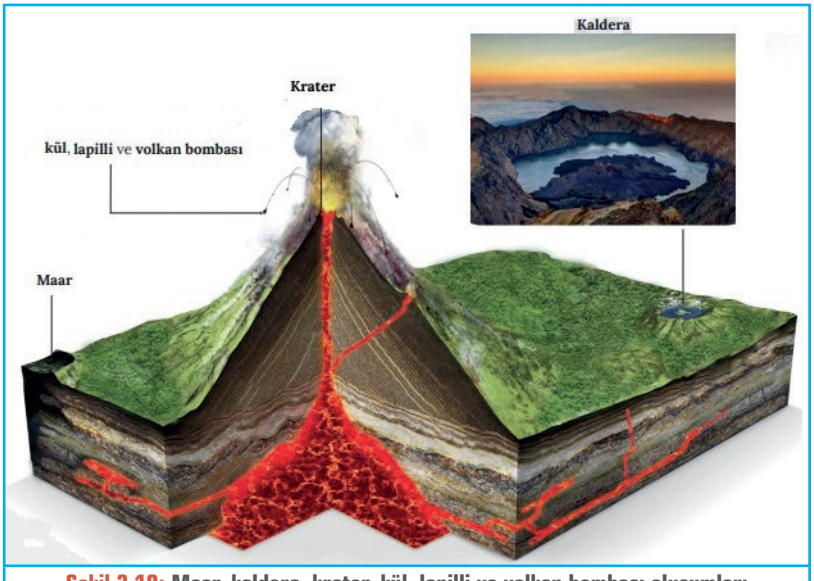
Volkan Bacası: Magmanın yeryüzüne ulaşıncaya kadar izlediği baca şeklindeki yoldur (Şekil 3.19).

Krater: Volkan konisinin üst kesiminde huni şeklindeki çukurluğa volkan ağzı veya krater denir. Kraterin dibinde yer alan yanardağ bacası, taşlaşan lav tarafından tıkandığında, yağışlar ve eriyen karlar krater içinde birikerek krater göllerinin oluşumuna yol açabilir. Nevşehir Acıgöl krateri örnek olarak verilebilir (Şekil 3.19).

Kaldera: Bazı volkan konilerinin krater kısımlarının çökmesiyle ya da ikinci bir püskürmeyle parçalanmasıyla oluşan daha büyük çukurluklara **kaldera** denir. Nemrut kalderası örnek olarak verilebilir (Şekil 3.19).

Maar: Bazı volkanizmalarda katı ve akışkan maddeler yerine sadece gaz patlamaları olur. Bu tür patlamalarla oluşan çukurluklara **maar** adı verilir. Şekilleri genellikle elips veya daireye benzer. Maarları kraterlerden ayıran en önemli fark, içlerinden lav akışının gerçekleşmemiş olmasıdır. Konya Meke Maar Gölü örnek olarak verilebilir (Şekil 3.19).

Diatremalar: Maarlara göre daha küçük patlama kraterlerine **diatrema** denir. Mısır'da, Kosta Rika'da ve Türkiye'de (Konya, Karapınar çevrelerinde) diatremalar bulunmaktadır.



Şekil 3.19: Maar, kaldera, krater, kül, lapilli ve volkan bombası oluşumları

b) Derinlik (İç) Volkanizması ve Yapıları

Magmanın yeryüzüne çıkamadan yerin derinliklerinde soğuyup katılaşmasına derinlik volkanizması denir. Bu yolla iç püskürük kayaçlar oluşur. Bu kısımlar dış kuvvetlerin etkisi ile aşınarak yeryüzüne çıkabilir. Afyon ve Ankara Kalesi'nin üzerinde bulunduğu tepe buna örnek olarak gösterilebilir. Plütonik kayaçlar yerin derinliklerinde yavaş yavaş soğudukları için kristalleri iyi gelişir, tam ve iri olur. İçerilerinde gaz kabarcıkları ve camsı maddeler bulunmaz. Plütonların dış şekilleri genellikle kubbemsidir. Derinlik volkanizmasının şekilleri aşağıda açıklanmıştır.

Sill: Yerkabuğunda bulunan tabakalardaki boşluklara sızarak burada katılaşmasıyla oluşmuş volkanik şekillere **sill** denilmektedir. Tabakalar konkordant olarak bulunur (Şekil 3.20).

Dayk: Derinliği az veya tabakalı kayaçları dik veya eğik olarak kesen magmatik kütlelere **damar, dayk** veya **filon** adı verilir. Ayrıca lakolitin sap kısmını meydana getirir. Afyonkarahisar Tepesi ve Ankara Kalesi'nin bulunduğu tepeler örnek olarak verilebilir (Şekil 3.20).

Batolit: Yerkabuğunun derin kısımlarında meydana gelmiş büyük intrüsif kütleler **batolitleri** oluşturur. Yatay kesitleri elipse benzer. Derinde meydana geldiklerinden tam kristalli kayaçlardan oluşur. Genellikle granittir. Derin taş anlamına gelir ve antiklinallerin temelini oluşturur. Alp Dağı, Mont Blanc Masifi, Uludağ, Yıldız Dağları, Karadeniz Dağları örnek olarak verilebilir (Şekil 3.20).

Nek: Topoğrafya yüzeyinde bir sütun gibi yükselen baca dolgularına ya da baca tıkacına **nek** adı verilir.

Ksenolit: Magma içerisinde yer alan ancak magmaya özgü olmayan farklı formdaki (eriyebilen, çözülebilen veya reaksiyona girebilen) yabancı mineralli kayaçlar **ksenolit** olarak adlandırılır.

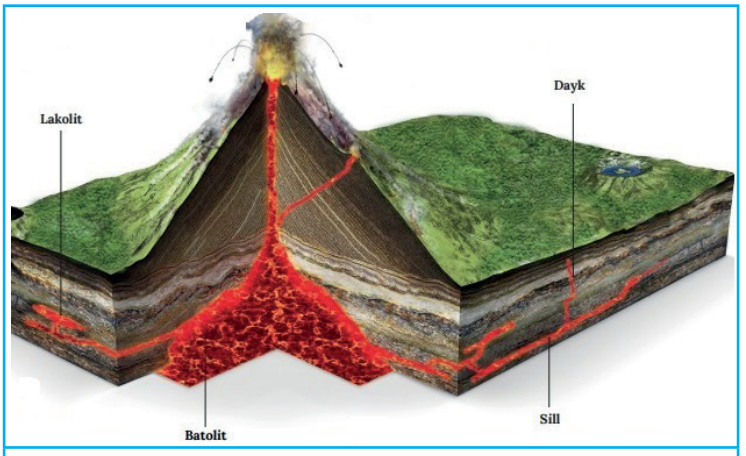
Lakolit: Yerin derinliklerinden tabakaların arasına sokulmuş bulunan magma yığınlarının bu tabakaları kabartacak şekilde toplu bulunduğu yığınlara **lokolit** denir (Şekil 3.20).

Bismalit: Lakolitten farklı olarak magmanın kubbe şeklinde yükselttiği örtü tabakalarında bir takım faylanmalar ile **bismalitler** meydana gelmiştir. Bu yüzden bismalitin yüzeyi girintili çıkıntılıdır (Şekil 3.20).

Fakolit: Kıvrımlı bölgelerde kıvrım boşluklarına yerleşip kıvrımları oluşturan tektonik hareketlerle aynı yaşta olan intrüsif kütleler **fakolitleri** meydana getirir. Antiklinal ve senklinalleri oluşturan tabakalar arasında yer alır.

Lapolit: Genelde bazaltik magmalardan oluşmuş, tavan tabanları ters kubbe veya çanak şeklindeki intrüsif kütlelere **lapolit** adı verilmektedir.

Çember Filon: İntrüsif kütlelerin üzerindeki örtü tabakalarını kesen silindire benzer şekilli filonlara **çember filon** denir.



Şekil 3.20: Volkan topoğrafyasında aşınımla yeryüzüne çıkmış şekiller

Ancak bazı yüzey volkanları kendilerine özgü oluşturduğu yeryüzü şekilleri vardır. Bunları kısaca şu şekilde özetlemek mümkündür:

Barrancoslar: Bunlar volkan konilerinin üzerinde yer alan ve ışınsal (radyal) bir diziliş gösteren "V" profilli akarsu (sel) vadilerine **barrancos** denir. Volkan konilerinin yamaç eğimlerine uygun olarak akan konsekant akarsuların açmış olduğu bu vadiler, krater kısmından eteklere doğru birbirinden uzaklaşacak şekilde bulunur.

Planez: Barroncoslarca yamaçlardan eteklere doğru birbirinden uzaklaşarak açmış oldukları ve üçgen şeklinde parçalayarak özellikle strato volkanlarda karakteristik üçgen şekilli yamaç parçalarına **planez** denir. Planezler bazı volkan konilerinde keskin doruklu, dar ve uzun sırtlar şeklinde bulunur. Vezüv Yanardağı volkanının yamaçları bu şekildedir.

Aşınım Kalderaları: Volkanik faaliyetlerin durduğu bir volkan konisinin krateri, koninin yamaçlarında yer alan ve geriye doğru aşınımla kendisine doğru sokulan akarsular, bunların kraterin iç yamaçlarından aldığı kolları tarafından aşındırılır ve gerileterek bir kaldera halinde aşınım kalderaları meydana getirilebilir. Bu mekanizmayla oluşan kalderalara **aşınım kalderası** denir. Aşınım kalderalarının oluşumunda sel, seyelan, çözünme ve kütle hareketlerinin de etkisi olabilir.

Platolar ve Kornişli Vadiler: Lav akıntıları ve lav örtülerinden meydana gelen geniş düzlüklerin akarsularla yarılıp parçalanması sonucu platolar oluşur. Bu platolar lavlar üzerinde geliştikleri için bu oluşuma **lav platosu** adı verilir. Lavlarla piroklastik maddeler veya tüfler üst üste ardalanmalı olarak bulunur. İgnimbrit örtüler geniş alanlarda yer alır. Yatay yapılı volkanik platoların yarılmalarına bağlı olarak akarsu vadisinde yumuşak volkanik tüfler kolay aşındırılırken dirençli formasyonun bulunduğu kısımlar daha zor aşındırılır. Akarsu vadisindeki sert tabakalar yumuşak tabakalara nazaran daha az geriler ve vadinin her iki yamacında da sert tabakalara tekabül eden çıkıntılar ve dik yamaçlı kornişli vadiler olur.

Mesa ve Bütler: Volkanik platoda yarılmanın ve parçalanmanın fazla olduğu kesimlerinde ortaya çıkar. Aşınımdan kurtulan kısımlar masa şeklindeki kornişli tepeler halinde geriye kalır. Üst kısımları bazaltik dayanıklı lavlardan veya ignimbritlerden oluşan bu kornişli tepelere **mesa**, küçüklerine ise **büt** adı verilir.

c) Denizaltı, Buzulaltı Volkanizması ve Yapıları

Atlantik ortasında sırt, Pasifik Okyanusu orta kesim ve çevresi boyunca denizaltı volkanik yayılmaları görülebilmektedir. Özellikle deniz ve okyanus tabanında iki levhanın birbirine çarpması, uzaklaşması ve yanal kaymaya maruz kalma alanları volkanik faaliyetler açısından çok etkin volkanizmayla karşı karşıya kalabilmektedir. Karayip ve Pasifik levhalarının çarpışması sonrasında oluşan denizaltı volkanizması bölge yani birçok küçük volkanik adanın bulunduğu alan denizaltı volkanizmasına açıktır. Özellikle bu zonların derinlerine dalan levhanın erimesi yüzünden bir volkanik etkinlik görülür. Bu volkanizma okyanus sırt ve hendeğine paralel uzanır ve gelişir.

Deniz altında gerçekleşen volkanik faaliyet esnasında açığa çıkan gazlar, doğrudan deniz ve okyanus sularına dâhil olabilmektedir. Buna ilave olarak yüksek ısı akışı gerçekleşir. Ancak bu tür volkanik faaliyetler, suyun kaldırma kuvveti ve çabuk soğutma etkisi nedeniyle okyanus tabanına çok fazla zarar veremez. Denizaltı volkanları ile oluşan lav birikintileri tabana yayılmadan ani soğumaya bağlı olarak üst üste birikerek uzun süre içinde gelişip yeni adalar oluşturabilmektedir. 150'yi aşkın ada, küçük ada ve kayalıktan oluşan Aleut Adaları bu oluşuma örnek olarak verilebilir. Buzulaltı volkanları geniş indlandsis buzullarının altında gelişir. Geniş yastık lavlarının (pillow lava) ve daha önce buzul altında oluşmuş bazalt içerikli sarımsı kahverengi renkte camsı lavlar üzerinde yani palagonitin üstünde akan yaygan lavlardan oluşur. Britanya Kolombiyası ve İzlanda'da görülür. Şayet buzullar erirse lavlarda çökmelere rastlanır. Bu tip volkanlara **masa dağları, tuya** veya **moberg volkanları** denir.

Volkanları oluşturan yüzey ve derinlik volkanizması yapılarını sıralayınız.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.4 UYGULAMA

8 (6) DERS SAATİ

UZUN SÜRELİ YAVAŞ HAREKETLER

Bu çalışmanın amacı, uzun süreli yavaş hareketler ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Uzun süreli yavaş hareketler ile ilgili uygulamayı, öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağlar.

İstenenler

Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların adlarını, oluşum şekillerini, türlerini ve yüksekliklerini içeren raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağlar ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağlar ile ilgili bilimsel verileri kullanarak rapor hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların adları araştırılır.
2. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların oluşum şekilleri araştırılır.
3. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların türleri araştırılır.
4. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların yükseklikleri araştırılır.
5. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağlara ait rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların adlarını araştırdınız mı?		
2	Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların oluşum şekillerini araştırdınız mı?		
3	Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların türlerini araştırdınız mı?		
4	Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağların yüksekliklerini araştırdınız mı?		
5	Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki uzun süreli yavaş hareketler sonucu oluşan dağlara ait raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Ülkemizde meydana gelen büyüklüğü 7.0 ve üzeri olan depremlerin gerçekleştiği şehirleri, tarihlerini ve büyüklük değerlerini araştırınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.5. DEPREMLER

Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada meydana gelen depremlerin büyük çoğunluğu, bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında, dar kuşaklar üzerinde gelişmektedir.

Yerkabuğunu oluşturan levhalar, astenosferdeki konveksiyon akımları nedeniyle hareket halinde olduklarından birbirlerini iter ve bu olayların meydana geldiği zonlar deprem bölgelerini oluşturur. Birbirlerini iten ya da diğerinin altına dalan iki levha arasında, harekete engel olan bir sürtünme kuvveti vardır. Bir levhanın hareket edebilmesi için bu sürtünme kuvvetinin giderilmesi gerekir. İtilmekte olan bir levha ile bir diğer levha arasında sürtünme kuvveti aşıldığı zaman bir hareket oluşur. Bu hareket çok kısa bir zaman biriminde gerçekleşir ve şok niteliğindedir. Sonunda çok uzaklara kadar yayılabilen deprem (sarsıntı) dalgaları ortaya çıkar. Bu dalgalar geçtiği ortamları sarsarak depremin oluş yönünden uzaklaşır ve enerjisi azalarak yayılır. Bu sırada yeryüzünde bazen gözle görülebilen, kilometrelerce uzanabilen ve fay adı verilen kırıklar oluşur. Bu kırıklar bazen yeryüzünde gözlenemez. Bu kırıklar yüzey örtüsü ile örtülmüş olabilir. Bazen de eski bir depremden oluşmuş ve yeryüzüne kadar çıkmış, ancak zamanla örtülmüş bir fay yeniden hareket edebilir.

Depremlerin oluşumu **Elastik Sıçrama Teorisi** ile açıklanır. Bu teoriye göre herhangi bir noktada, zamana bağımlı olarak yavaş yavaş oluşan birim deformasyon birikiminin elastik olarak depoladığı enerji kritik bir değere eriştiğinde, fay düzlemi boyunca var olan sürtünme kuvvetini yenerek fay çizgisinin her iki tarafındaki kayaç bloklarının birbirine göreli hareketlerini oluşturmaktadır. Bu olay ani yer değiştirme hareketidir. Bu ani yer değiştirmeler; bir noktada biriken birim deformasyon enerjisinin açığa çıkması, boşalması, diğer bir deyişle mekanik enerjiye dönüşmesiyle ve yer katmanlarının kırılma ve yırtılma hareketleriyle meydana gelmektedir.

Kayaların önceden bir birim yer değiştirme birikimine uğramadan kırılmaları olanaksızdır. Bu birim yer değiştirme hareketlerini, hareketsiz görülen yerkabuğunda, üst mantoda oluşan konveksiyon akımları oluşturmakta, kayalar belirli bir deformasyona kadar dayanıklılık gösterebilmekte ve sonra kırılmaktadır. İşte bu kırılmalar sonucu depremler oluşur. Bu olaydan sonra kayalarda zamanla birikmiş olan gerilmelerin ve enerjinin bir kısmı ya da tamamı atılmış olur. Çoğunlukla bu deprem olayı esnasında oluşan faylarda, elastik geri sekmeler (atım), fayın her iki tarafında ve ters yönde oluşmaktadır. Faylar genellikle hareket yönlerine göre adlandırılır. Daha çok yatay hareket sonucu meydana gelen faylara **doğrultu atımlı fay** denir. Fayın oluşturduğu iki ayrı blokun birbirlerine göreli olarak sağa veya sola hareketlerinden de bahsedilebilinir ki bunlar sağ veya sol yönlü doğrultulu atımlı faya örnektir. Düşey hareketlerle meydana gelen faylara **eğim atımlı fay** denir. Fayların çoğunda hem yatay hem de düşey hareket beraber gelişebilir.

3.5.1. Deprem Tanımı, Türleri, Oluş Şekilleri ve Deprem Parametreleri

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzeyini sarsma olayına **deprem** denir.

Deprem, insanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın hareket edebileceğini ve üzerinde bulunan tüm yapıların hasar görüp can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır. Depremin nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının Yeryuvarı içinde ne şekilde yayıldığını, ölçü aletlerini ve yöntemlerini, kayıtların değerlendirilmesini ve deprem ile ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına **sismoloji** denir.

3.5.1.1. Deprem Türleri

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Levhaların hareketi sonucu olan depremler genellikle **tektonik** depremler olarak nitelenir ve bu depremler çoğunlukla levhaların sınırlarında oluşur. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girer. Türkiye'de olan depremlerin büyük çoğunluğu tektonik depremlerdir.

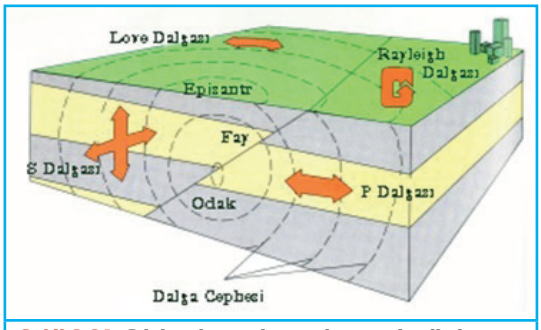
İkinci tip depremler **volkanik** depremlerdir. Bunlar volkanların püskürmesi sonucu oluşur. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bunlar yanardağlarla ilgili olduklarından yereldir ve önemli zarara neden olmaz. Japonya ve İtalya'da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Türkiye'de aktif yanardağ olmadığı için volkanik depremler olmamaktadır. Diğer tip depremler **çöküntü** depremleridir. Çöküntü depremleri; yer altındaki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukların tavan blokunun çökmesi ile oluşur. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır, fazla zarar getirmez. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir.

Odağı deniz diplerinde olan, derin deniz depremlerinden sonra kıyılara kadar ve bazen kıyılarda büyük hasarlara neden olan dalgalara **tsunami** denir.

3.5.1.2. Deprem Parametreleri

Herhangi bir deprem oluştuğunda bu depremin tanımlanması ve anlaşılabilmesi için deprem parametreleri olarak tanımlanan bazı kavramlar vardır. Aşağıda bu parametrelerin açıklamalarına yer verilmiştir.

Odak Noktası: Yer'in içinden deprem enerjisinin ortaya çıktığı noktaya **odak noktası** veya **iç merkez** denir. Gerçekte, enerjinin ortaya çıktığı bir nokta olmayıp bir alandır. Ancak pratik uygulamalarda nokta olarak kabul edilmektedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21: Odak noktası, dış merkez ve sismik deprem dalgalarının yayılışı

Dış Merkez: Odak noktasına en yakın olan yer üzerindeki noktadır. Burası aynı zamanda depremin en çok hasar yaptığı veya en kuvvetli olarak hissedildiği noktadır. Aslında bu, bir noktadan çok bir alandır. Depremin dış merkez alanı depremin şiddetine bağlı olarak çeşitli büyüklüklerde olabilir. Bazen büyük bir depremin odak noktasının boyutları yüzlerce kilometreyle belirlenebilir. Bu nedenle "Episantr Bölgesi" ya da "Episantr Alanı" olarak tanımlama yapılması gerçeğe daha yakın bir tanımlamadır.

Odak Derinliği: Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı, depremin odak derinliği olarak adlandırılır. Depremler odak derinliklerine göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırma tektonik depremler için geçerlidir. Yerin 0-60 km derinliğinde olan depremler sığ deprem olarak nitelenir. Yerin 70-300 km derinliklerinde olan depremler orta derinlikte olan depremlerdir. Derin depremler ise yerin 300 km'den fazla derinliğinde olan depremlerdir. Türkiye'de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km arasındadır. Orta ve derin depremler daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde olur. Derin depremler çok geniş alanlarda hissedilir ve buna karşılık yaptıkları hasar azdır. Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilirken bu alan içinde çok büyük hasar yapabilir.

Eş Şiddet Eğrileri: Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalara denir. Bunun tamamlanmasıyla eş şiddet haritası ortaya çıkar. Genelde kabul edilmiş duruma göre eğrilerin oluşturduğu yani iki eğri arasında kalan alan depremlerden etkilenme yönüyle, şiddet bakımından sınırlandırılmış olur. Bu nedenle depremin şiddeti eş şiddet eğrileri üzerine değil, alan içerisine yazılır.

Şiddet: Herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanır. Diğer bir ifadeyle depremin şiddeti; yapıların, doğanın ve insanların üzerindeki etkilerinin bir ölçüsüdür. Bu etki depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı, yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılıkta dahi değişiklik gösterir. Şiddet, depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak yansıtır.

Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda ve uzun yılların vermiş olduğu deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan Şiddet Cetvelleri'ne göre değerlendirilmektedir. Diğer bir deyişle Deprem Şiddet Cetvelleri depremin etkisinde kalan canlı ve cansız her şeyin depreme gösterdiği tepkiyi değerlendirmektedir. Önceden hazırlanmış olan bu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bir deprem oluştuğunda bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler Şiddet Cetveli'nde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Örneğin depremin neden olduğu etkiler, şiddet cetvelinde VIII şiddet olarak tanımlanan bulguları içeriyorsa o deprem VIII şiddetinde bir deprem olarak tanımlanır.

Deprem Şiddet Cetvellerinde şiddetler, Romen rakamıyla gösterilmektedir. Günümüzde kullanılan başlıca şiddet cetvelleri, **Mercalli Cetveli (MM) ve Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)** şiddet cetvelidir. Her iki cetvelde de XII şiddet derecesini kapsamaktadır. Bu cetvellere göre şiddeti V ve daha küçük olan depremler genellikle yapılarda hasar meydana getirmez ve insanların depremi hissetme şekillerine göre değerlendirilir.

VI-XII arasındaki şiddetler ise depremlerin yapılarda meydana getirdiği hasar ve arazide oluşturduğu kırılma, yarılma, heyelan gibi bulgulara dayanılarak değerlendirilmektedir.

Magnitüd: Deprem sırasında açığa çıkan enerjinin büyüklük ölçüsüdür. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, ABD'de Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan yöntemle depremlerde açığa çıkan enerjinin aletsel büyüklük ölçüsü olan **Magnitüd** tanımlanmıştır.

Prof. C. Richter, episantrdan 100 km uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla (2800 büyütmeli, özel periyodu 0,8 saniye ve %80 sönümü olan bir Wood-Anderson Torsiyon Sismografı) kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genişliğinin 10 tabanına göre logaritmasını **bir depremin magnitüdü** olarak tanımlamıştır. Bugüne kadar olan depremler incelendiğinde kaydedilen en büyük magnitüd değerinin 8.9 ve 9.0 olduğu görülmektedir (31 Ocak 1906 Colombiya-Ekvator, 2 Mart 1933 Sanriku-Japonya Depremleri, 11 Mart 2011 Tohoku Bölgesi-Büyük Doğu Japonya Depremi ve Tsunamisi).

Magnitüd, aletsel ve gözlemsel magnitüd değerleri olmak üzere iki gruba ayrılabilmektedir. Aletsel magnitüd, yukarıda da belirtildiği üzere standart bir sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyod değeri ve alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir. Aletsel magnitüd değeri, gerek hacim dalgaları ve gerekse yüzey dalgalarından hesaplanmaktadır. Genel olarak hacim dalgalarından hesaplanan magnitüdler (m) ile yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüdler de (M) ile gösterilmektedir. Her iki magnitüd değerini birbirine dönüştürecek bazı bağıntılar mevcuttur. Gözlemsel magnitüd değeri ise gözlemsel inceleme sonucu elde edilen episantr şiddetinden hesaplanmaktadır. Ancak bu tür hesaplamalarda, magnitüd-şiddet bağıntısının incelenilen bölgeden bölgeye değiştiği de göz önünde tutulmalıdır.

Gözlemevleri tarafından bildirilen bu depremin magnitüdü depremin enerjisi hakkında fikir vermez. Çünkü deprem sığ veya derin odaklı olabilir. Magnitüdü aynı olan iki depremden sığ olanı daha çok hasar yaparken derin olanı daha az hasar yapacağından arada bir fark olacaktır. Yine de Richter ölçeği (magnitüd) depremlerin özelliklerini saptamada çok önemli bir unsur olmaktadır. Depremlerin şiddet ve magnitüdleri arasında birtakım amprik bağıntılar çıkarılmıştır. Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümler Tablo 3.1'deki gibidir.

Tablo 3.1: Depremlerin Şiddet ve Magnitüdleri

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4 +

3.5.1.3. Depremin Diğer Özellikleri

Bazen büyük bir deprem olmadan önce oluşan küçük sarsıntılara **öncü depremler** denir. Büyük bir depremden sonra genellikle birkaç yüz adet bazen de daha fazla küçük deprem olmaya devam etmektedir. Bu küçük depremler **artçı depremler** olarak adlandırılır ve büyük depremin oluş anına göre bunların şiddetinde ve sayısında azalım görülür.

3.5.1.4. Deprem Şiddet Cetveli

Özel bir şekilde depreme dayanıklı olarak projelendirilmemiş yapılar üç tipe ayrılmaktadır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Depreme Dayanıklı Projelendirilmemiş Yapı Tipi ve Adları

Depreme Dayanıklı Projelendirilmemiş Yapı Tipleri	**Depreme Dayanıklı Projelendirilmemiş Yapı Adları**
A Tipi Yapılar	Kırsal konutlar, kerpiç yapılar, kireç ya da çamur harçlı moloz taş yapılar.
B Tipi Yapılar	Tuğla yapılar, yarım kâgir yapılar, kesme taş yapılar, beton briket ve hafif prefabrike yapılar.
C Tipi Yapılar	Betonarme yapılar, iyi yapılmış ahşap yapılar.

Şiddet derecelerinin açıklanmasında kullanılan az, çok ve pek çok deyimleri ortalama bir değer olarak sırasıyla %5, %50 ve %75 oranlarını belirlemektedir.

Yapılardaki hasar ise beş gruba ayrılmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3: Yapılardaki Hasarlar

Yapılardaki Hasar	**Hasarın Tanımı**
Hafif Hasar	İnce sıva çatlaklarının meydana gelmesi ve küçük sıva parçalarının dökülmesiyle tanımlanır.
Orta Hasar	Duvarlarda küçük çatlakların meydana gelmesi, oldukça büyük sıva parçalarının dökülmesi, kiremitlerin kayması, bacalarda çatlakların oluşması ve bazı baca parçalarının aşağıya düşmesi olarak tanımlanır.
Ağır Hasar	Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve bacaların yıkılmasıyla tanımlanır.
Yıkıntı	Duvarların yarılması, binaların bazı kısımlarının yıkılması ve derzlerle ayrılmış kısımlarının bağlantısını kaybetmesi olarak tanımlanır.
Fazla Yıkıntı	Yapıların tamamen yıkılmasıyla tanımlanır.

Şiddet çizelgelerinin açıklanmasında her şiddet derecesi üç bölüme ayrılmıştır. Bunlardan;

a) 1. bölümünde depremin kişi ve çevre,

b) 2. bölümünde depremin her tipteki yapılar,

c) 3. bölümünde de depremin arazi üzerindeki etkileri belirtilmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4: MSK Şiddet Cetveli

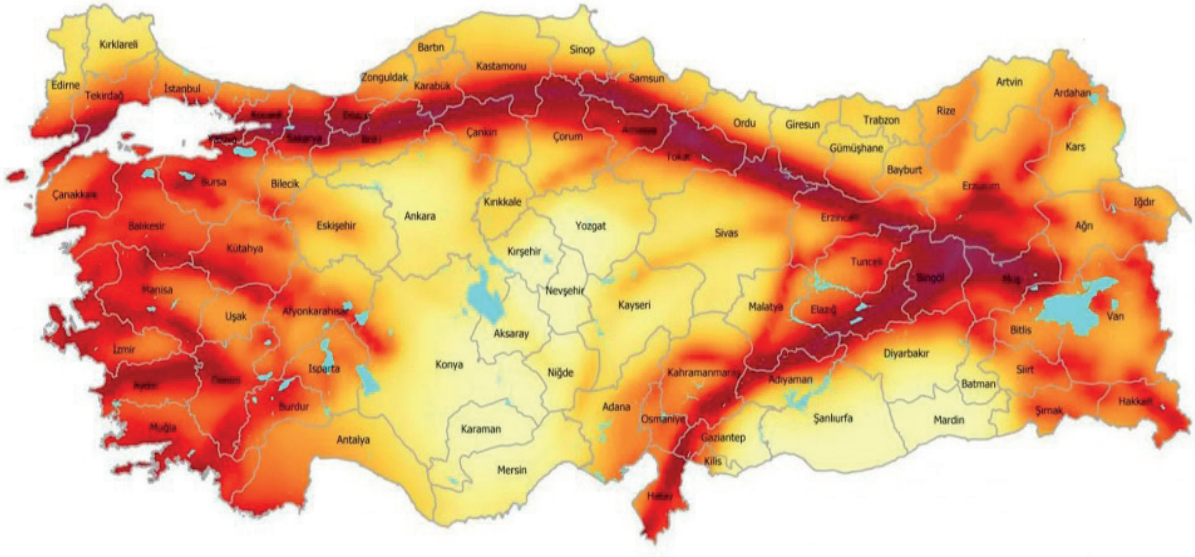
Şiddet Adı	Şiddetin Derecesi
I. Duyulmayan Şiddetli	(a): Titreşimler insanlar tarafından hissedilmeyip yalnız sismograflarca kaydedilir.
II. Çok Hafif Şiddetli	(a): Sarsıntılar yapıların en üst katlarında; dinlenme odaları, mekânları bulunan kısımlarda az kişi tarafından hissedilir.
III. Hafif Şiddetli	(a): Deprem ev içerisinde az kişi, dışarıda ise sadece uygun şartlar altındaki kişiler tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen hafif bir kamyonetin meydana getirdiği sallantı gibidir. Dikkatli kişiler, üst katlarda daha belirli olan asılmış eşyalardaki hafif sallantıyı izleyebilir.
IV. Orta Şiddetli	(a): Deprem ev içerisinde çok, dışarıda ise az kişi tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen ağır yüklü bir kamyonun oluşturduğu sallantı gibidir. Kapı, pencere ve mutfak eşyaları vb. titrer, asılı eşyalar biraz sallanır. Ağzı açık kaplarda olan sıvılar biraz dökülür. Araç içerisindeki kişiler sallantıyı hissetmezler.
V. Şiddetli	(a): Deprem, yapı içerisinde herkes, dışarıda ise çok kişi tarafından hissedilir. Uyumakta olan çok kişi uyanır, az sayıda dışarı kaçan olur. Hayvanlar huysuzlanmaya başlar. Yapılar baştan aşağıya titrer, asılmış eşyalar ve duvarlara asılmış resimler önemli derecede sarsılır. Sarkaçlı saatler durur. Az miktarda sabit olmayan eşyalar yerlerini değiştirebilir ya da devrilebilir. Açık kapı ve pencereler şiddetle itilip kapanır, iyi kilitlenmemiş kapalı kapılar açılabilir. İyice dolu, ağzı açık kaplardaki sıvılar dökülür. Sarsıntı yapı içerisine ağır bir eşyanın düşmesi gibi hissedilir. (b): A tipi yapılarda hafif hasar olabilir. (c): Kaynak sularının debisi değişebilir.
VI. Çok Şiddetli	(a): Deprem ev içerisinde ve dışarıda hemen hemen herkes tarafından hissedilir. Ev içerisindeki birçok kişi korkar ve dışarı kaçarlar, bazı kişiler dengelerini kaybederler. Evcil hayvanlar ağıllarından dışarı kaçarlar. Bazı hallerde tabak, bardak vb. cam eşyalar kırılabilir, kitaplar raflardan aşağıya düşer. Ağır mobilyalar yerlerini değiştirir. (b): A tipi çok ve B tipi az yapılarda hafif hasar ve A tipi az yapıda orta hasar görülür. (c): Bazı durumlarda nemli zeminlerde 1 cm genişliğinde çatlaklar olabilir. Dağlarda rastgele yer kaymaları, pınar sularında ve yer altı su düzeylerinde değişiklikler görülebilir.

Şiddet Adı	Şiddetin Derecesi
VII. Hasar Yapıcı	(a): Herkes korkar ve dışarı kaçar, pek çok kişi oturdukları yerden kalkmakta güçlük çeker. Sarsıntı, araç kullanan kişiler tarafından hissedilir. (b): C tipi çok binada hafif hasar, B tipi çok binada orta hasar, A tipi çok binada ağır hasar, A tipi az binada yıkıntı görülür. (c): Sular çalkalanır ve bulanır. Kaynak suyu debisi ve yer altı su düzeyi değişebilir. Bazı durumlarda kaynak suları kesilir ya da kuru kaynaklar yeniden akmaya başlar. Bir kısım kum çakıl birikintilerinde kaymalar olur. Yollarda heyelan ve çatlama olabilir. Yer altı boruları ek yerlerinden hasara uğrayabilir. Taş duvarlarda çatlak ve yarıklar oluşur.
VIII. Yıkıcı	(a): Korku ve panik meydana gelir. Araç kullanan kişiler rahatsız olur. Ağaç dalları kırılıp düşer. En ağır mobilyalar bile hareket eder ya da yer değiştirerek devrilir. Asılı lambalar zarar görür. (b): C tipi çok yapıda orta hasar, C tipi az yapıda ağır hasar, B tipi çok yapıda ağır hasar, A tipi çok yapıda yıkıntı görülür. Boruların ek yerleri kırılır. Abide ve heykeller hareket eder ya da burkulur. Mezar taşları devrilir. Taş duvarlar yıkılır. (c): Dik şevli yol kenarlarında ve vadi içlerinde küçük yer kaymaları olabilir. Zeminde farklı genişliklerde cm ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Göl suları bulanır, yeni kaynaklar meydana çıkabilir. Kuru kaynak sularının akıntıları ve yer altı su düzeyleri değişir.
IX. Çok Yıkıcı	(a): Genel panik. Mobilyalarda önemli hasar olur. Hayvanlar rastgele saga sola kaçışır ve bağrışır. (b): C tipi çok yapıda ağır hasar, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda yıkıntı, B tipi az yapıda fazla yıkıntı ve A tipi çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Heykel ve sütunlar düşer. Bentlerde önemli hasarlar olur. Toprak altındaki borular kırılır. Demiryolu rayları eğrilip bükülür, yollar bozulur. (c): Düzlük yerlerde çokça su, kum ve çamur taşmaları görülür. Zeminde 10 cm genişliğinde çatlaklar oluşur. Eğimli yerlerde ve nehir teraslarında bu çatlaklar 10 cm'den daha büyüktür. Bunların dışında, çok sayıda hafif çatlaklar görülür. Kaya düşmeleri, birçok yer kaymaları ve dağ kaymaları, sularda büyük dalgalanmalar meydana gelebilir. Kuru kayalar yeniden sulanır, sulu olanlar kurur.
X. Ağır Yıkıcı	(b): C tipi çok yapıda yıkıntı, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda fazla yıkıntı, A tipi pek çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Baraj, bent ve köprülerde önemli hasarlar olur. Tren yolu rayları eğrilir. Yer altındaki borular kırılır ya da eğrilir. Asfalt ve parke yollarda kasisler oluşur. (c): Zeminde birkaç desimetre ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Bazen 1 m genişliğinde çatlaklar da olabilir. Nehir teraslarında ve dik meyilli yerlerde büyük heyelanlar olur. Büyük kaya düşmeleri meydana gelir. Yer altı su seviyesi değişir. Kanal, göl ve nehir suları karalar üzerine taşar. Yeni göller oluşabilir.

Şiddet Adı	Şiddetin Derecesi
XI. Çok Ağır Yıkıcı	(b): İyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentleri, barajlar ve tren yolu raylarında tehlikeli hasarlar olur. Yol ve caddeler kullanılmaz hale gelir. Yer altındaki borular kırılır. (c): Yer, yatay ve düşey doğrultudaki hareketler nedeniyle geniş yarık ve çatlaklar tarafından önemli biçimde bozulur. Çok sayıda yer kayması ve kaya düşmesi meydana gelir. Kum ve çamur fışkırmaları görülür.
XII. Yok Edici	(b): Pratik olarak toprağın altında ve üstündeki tüm yapılar baştanbaşa yıkıntıya uğrar. (c): Yer yüzeyi tamamen değişir. Geniş ölçüde çatlak ve yarıklarda, yatay ve düşey hareketlerin yön miktarları izlenebilir. Kaya düşmeleri ve nehir versanlarındaki göçmeler çok geniş bir bölgeyi kaplar. Yeni göller ve çağlayanlar oluşur.

3.5.2. Türkiye'nin Tektonik Yapısı ve Levhalar

Sismik olarak aktif olan **Alpin Kuşağı** üzerinde yer alan Türkiye ve çevresinde gözlenen tektonizma; **Afrika, Ege, Arap, Anadolu, Karadeniz** ve **Avrasya, İran** ve **Hazar levhalarının** birbirlerine göre relatif hareketlerine bağlı olarak meydana gelmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22: Türkiye deprem tehlike haritası

Türkiye ve çevresinde yer alan bölgedeki önemli tektonik yapılar; **Ege Yitim Zonu, Batı Anadolu Graben Sistemi, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı, Bitlis-Zagros Zonu** ve **Kafkas Bindirme Zonu** olarak sayılabilir. Ege Yitim Zonu, Afrika levhasının kabaca kuzeye doğru Ege levhasının altına dalması ile oluşmuştur. Batı Anadolu'da Doğu-Batı yönlü graben sistemlerine bağlı olarak Kuzey-Güney yönünde bir genişleme söz konusudur. Arap levhasının kuzeye doğru hareketi Doğu Anadolu'da sıkışmaya neden olmuştur. Bu sıkışma sonucunda Anadolu Plakası batıya, Kuzey Anadolu levhası doğuya doğru kaymaktadır. İran'a (Zagros) kadar uzanan zon, **Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı (Segmenti)** olarak adlandırılır. **Kafkas Bindirme Zonu, Avrasya** ve **Hazar** levhalarının çarpışması sonucunda meydana gelmiştir.

Geçiş sınırlarında yer alan **Kuzey Anadolu Fayı** sağ yönlü ve **Doğu Anadolu Fayı** ise sol yönlü doğrultu atımlı faylardır. Kuzey Anadolu Fayı üzerinde gerçekleşen **Gölcük** ve **Düzce Depremleri** ile **Doğu Anadolu Fayı** üzerinde gerçekleşen **Pazarcık** ve **Elbistan Depremleri**nin etkilediği kesimler dikdörtgen içerisine alınarak Şekil 3.23'te gösterilmiştir.

Şekil 3.23: Türkiye'nin aktif levha tektoniği haritası

Şekil 3.23'te Türkiye'nin aktif tektonik haritasında içi dolu üçgenli çizgiler aktif dalma-batma zonlarını, içi boş üçgenli çizgiler karadaki aktif bindirme kuşaklarını, kalın çizgili hatlar doğrultu atımlı fayları ve çentikli ince çizgiler ise normal fayları göstermektedir. Büyük koyu oklar litosferik plakaların hareket yönünü işaret etmekte olup yanlarındaki değerler Avrasya plakasına göre GPS hızlarını göstermektedir.

BİLGİ KUTUSU

Türkiye deprem tehlikeleri haritaları interaktif web uygulamasına:

https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml

Ülkemizdeki şehirlerin diri fay haritalarına:

https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/yenilenmis-diri-fay-haritalari web adreslerinden ulaşılabilir.

Türkiye ve çevresindeki sismotektonik hareketlere yön veren belli başlı fay sistemleri aşağıda sıralanmıştır.

- **Kuzey Anadolu Fay Zonu**
- **Ege Graben Sistemi**
- **Doğu Anadolu Fay Zonu**
- **Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi**
- **Helenik Kıbrıs Yayı**
- **Orta Anadolu Ova Bölgesi**

Kuzey Anadolu Fay Kuşağı, ülkemizdeki en uzun fay hattını ve bu hattın çevresini oluşturmaktadır. Yaklaşık 1400 km uzunluğunda olan bu hat Saroz Körfezi'nden başlayıp Marmara Denizi, Adapazarı, Düzce, Bolu, Çankırı, Erzincan ve Erzurum üzerinden doğuya uzanır. Ülkemizde görülen yıkıcı depremlerin yarısından fazlası bu kuşakta gerçekleşmiştir. **Kuzey Anadolu Fay Hattı**, Kuzey Amerika'da yer alan **San Andreas Fayı** gibi yeryüzünde en çok deprem üreten yanal atımlı faylardan biridir. Afrika kıtasının doğusundan başlayarak Arabistan Yarımadası'nın batısındaki fay hattını izleyip **Hatay-Kahramanmaraş** oluğu üzerinden Doğu Anadolu'ya uzanan fay hattı olan ve **Doğu Anadolu Fay Kuşağı**nı oluşturan bu deprem bölgesi, **Malatya** ve **Elazığ**'dan geçerek **Bingöl Karlıova**'ya yakın bir yerde **Kuzey Anadolu Fayı** ile kesişmektedir.

Ege'nin kıyı kesimi ile Göller Yöresi'ni kapsayan bölgedeki fay hatları çoğunlukla doğu-batı doğrultusunda uzanan graben alanlarının sınırlarını izlemektedir. Bu fay hattı **Batı Anadolu Fay Kuşağı**dır. **Batı Anadolu Fay Kuşağı** da ülkemizdeki önemli deprem alanlarındandır. Türkiye'deki fay hatları, I. derecede deprem alanlarıdır. Bölge, ülkemizdeki başlıca sıcak su kaynaklarının bulunduğu yerdir. Ayrıca, ülkemizdeki birçok volkanik arazi ile fay hatlarının uzanışı paralellik gösterir.

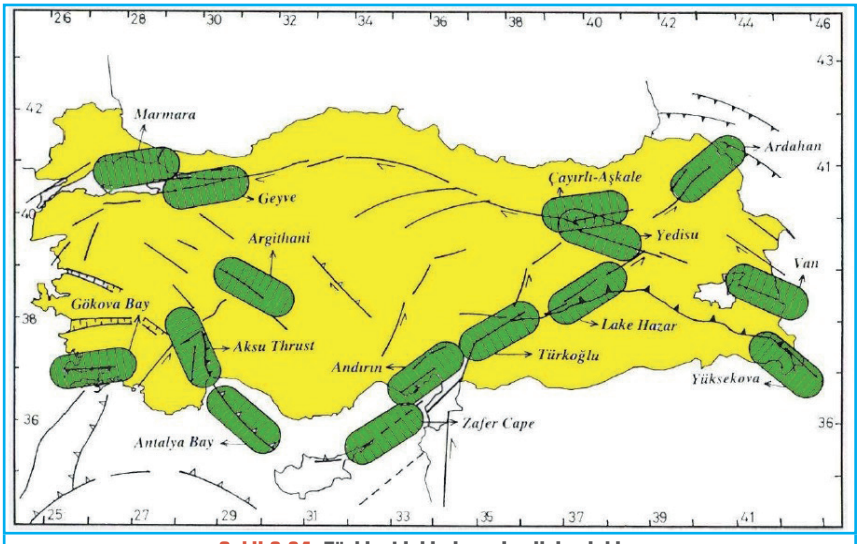
Alp-Himalaya Deprem Kuşağı üzerinde yer alan ülkemiz; **Bitlis Bindirme Kuşağı (BBK)** boyunca Arap levhası ile Avrasya levhasının 12 milyon yıl önce çarpışması sonucunda, çarpışma zonunun kuzeyinde **Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)** ve onun eşleniği **Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)** meydana gelmiştir. Bu sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı faylar boyunca **Anadolu Bloğu** batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Arap levhasının kuzeye hareketinin sonucunda Anadolu Bloğu ve Doğu Anadolu Bölgesi içsel deformasyona uğramıştır. **Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi**'nde **(DASB)** birçok ters atım bileşenli sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı faylar meydana gelmiştir. Doğu Anadolu'daki sıkışma hareketinin **Kuzey Anadolu Fay Zonu** ile batıya taşınmasının sonucu olarak büyük ve küçük çaplı grabenlerden (çöküntü) oluşan **Ege Graben Sistemi (EGS)** meydana gelmiştir. Ege Graben Sistemi'nde yer alan çok sayıda bloğun kenarları doğrultu atımlı bileşenli normal faylar ile sınırlanmıştır. Diğer taraftan, Afrika levhasının Avrasya levhasının altına dalması ile **Helenik-Kıbrıs Yayı (HKY)** oluşmuştur. Helenik Kıbrıs Yayı, Rodos ve Antalya Körfezi açıklarında 90 km derinliklerde yer almaktadır.

Tektonik depremleri açıklayınız.

3.5.3. Türkiye'de Meydana Gelmiş Depremler ve Sonuçları

Uzun faylar boyunca uzun süreden beri deprem oluşmayan segmentlerin gelecekte deprem oluşturma potansiyeli yüksektir. Gelecekte deprem oluşma potansiyeli yüksek olan segmentlerin olduğu yerler **sismik boşluk** olarak adlandırılır. Sismik boşlukların hepsinin teorik olarak deprem oluşturması şartının olmadığı bilinmelidir. Çünkü sismik kuşaklarda asismik kayma sonucu sürekli deformasyon boşalımı olabilir. Çok sık mikro depremler oluşmakla birlikte büyük magnitüdlü depremler oluşturmaz. Bu tür sismik boşluklar **sünme gösteren segmentler** olarak adlandırılır.

1900-2023 yılları arasında ülkemizde kırılmadan kalan (yersel boşluk) ve günümüzde zamansal bir boşluk modeli gösteren, deprem üretme potansiyeli mevcut 15 yerde sismik boşluk mevcuttur (Şekil 3.24). 1900-2023 yılları arasında sismik boşluklar civarında meydana gelen tüm depremlerin %55-%95'i 1970-2023 yılları arasında meydana gelmiştir. Diğer bir ifadeyle son 43 yıllık süreçte söz konusu boşlukların civarındaki sismik aktivitelerde kümülatif bir artış meydana gelmiştir. Sismik hareketlerde son dönemdeki en büyük artışlar Ardahan, Türkoğlu, Pazarcık, Elbistan sismik boşluklarında oluşmuştur. 1900-2023 yılları arası mevcut sismik boşluklar içinde sismik aktivite gözlenen yerlerden biri de Gökova Körfezi Segmenti olup bu aktivitenin %68'i 1970 yılından sonra gerçekleşmiştir. Yine sismik aktivite gözlenen diğer yerler Yedisu ve Yüksekova sismik boşluklarıdır. En az aktivite gözlenen segmentte Zafer Burnu yer almaktadır.



Şekil 3.24: Türkiye'deki olası sismik boşluklar

3.5.3.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Sismik Boşlukları

Kuzey Anadolu Fay Zonu 1940-1960 döneminde yoğun bir sismik aktiviteye maruz kalmıştır. Benzer deprem kümelenmesi daha önce de 994-1045 ve 1667-1668 döneminde gerçekleşmiştir. Türkiye'de Paleosismolojik çalışmaların yeni olması nedeni ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nda deprem tehlikesini belirleyecek herhangi bir segmentasyon ayırımı yoktur. KAFZ üzerinde 1999 yılında Marmara Depremi ve Düzce Depremi gerçekleşmiş olsa da yine deprem üretebilecek kırılmamış muhtemel **3 sismik boşluk (Yedisu, Geyve, Marmara Denizi)** kalmıştır.

Bu sismik boşluklar içinde son dönemde sismik aktivitenin çok yoğunlaştığı **Yedisu Düzlüğü** dikkatle izlenmelidir. Doğrultu atımlı olsa da düşey bileşeni olan faylar ana şoktan önce öncü depremler oluşturabilir. Örneğin 1971 Bingöl Depremi'nden yaklaşık 7 saat önce bir öncü depremin olması, 1966 Varto Depremi'nden bir kaç yıl ve bir kaç ay önce küçük ve orta depremlerin olması bu yaklaşımı desteklemektedir. Örneğin yırtılacak fayın uzunluğu fazlaysa 100 km uzunlukta ana şokun 20-30 sene öncesinden de öncü depremler görülmeye başlanabilir.

3.5.3.2. Ege Graben Sistemi (EGS) Sismik Boşlukları

Bölge karışık bir tektonik görünüm sergilemektedir. Grabenlerin kenarlarını sınırlayan ana normal faylar, kısa uzunluklara sahip çok sayıda segmentlerden oluşmaktadır. Bir segmentte oluşan deprem diğer komşu segmentleri de tetiklemektedir. 20. ve 21. yüzyılda oluşmuş depremlerin (Ms≥4.0) büyük bir çoğunluğu Büyük Menderes grabeninin doğu ucu ile Simav grabeni boyunca meydana gelmiştir. Bölgedeki depremlerin zaman içinde güneyden kuzeye doğru kaydığı gözlenmiştir. EGS üzerinde deprem üretebilecek kırılmamış tek sismik boşluk olan Argıthanı (Sultandağı) Fayı sismik boşluğunun deprem tehlikesi açısından dikkatlice izlenmesi gereklidir. Bu bağlamda 30 Ekim 2020 tarihinde İzmir-Seferihisar (Ms = 6.9) depremi ve çok sayıda artçı depremler gerçekleşmiştir Deprem Sisam Adası ile Kuşadası Körfezi arasında yer alan yaklaşık uzunluğu 40 km olan normal fay zonunda meydana gelmiştir.

3.5.3.3. Helenik Kıbrıs Yayı (HKY) Sismik Boşlukları

Plini ve Strabo çukurlukları boyunca Afrika plakası Anadolu blokunun altına Kuzey-Kuzey Doğu (KKD) doğrultusunda dalmaktadır. HKY'nin Türkiye'nin güneyinde uzanan bölümü boyunca günümüze kadar meydana gelen 13 hasar yapıcı depremin 11 tanesi Plini ve Strabo faylarında sol yönlü doğrultu atımlı meydana gelmiştir. HKY'nın Antalya Körfezi ile İskenderun Körfezi arasında kalan bölümü boyunca Kıbrıs'ın güneyindeki Ms ≥ 5.5 büyüklüğünde iki deprem dışında herhangi bir yıkıcı deprem oluşmamıştır. HKY ve üzerinde Akdeniz'deki tektonik aktivitenin en yoğun olduğu mevcut 4 sismik boşluk; Zafer Burnu, Antalya, Aksu ve Gökova segmentleri yer almaktadır.

3.5.3.4. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) Sismik Boşlukları

Doğu Anadolu Fay Zonu, 20. yüzyıl ve önceki yüzyılda sismik olarak oldukça suskun bir dönem geçirmiştir. Bu faydaki sismik boşlukların dağılımları KAFZ 1939-1967 deprem serisine benzer bir serinin DAFZ'da oluşabileceği ve bu fay sisteminde oluşacak büyük bir deprem hat üzerindeki diğer depremleri tetikleyici rol üstlenebileceğine dikkat çekilmiştir. Bu bağlamda Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde 24 Ocak 2020 tarihinde Elazığ-Sivrice merkez üslü (Ms = 6.8) deprem, 6 Şubat 2023 yılında Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş yıkıcı depremler ve çok sayıda artçı depremler gerçekleşmiştir. Deprem tekrarlanma aralığı 200-250 yıl arasında değişen Hazar Gölü (KAFZ üzerinde ise Yedisu Düzlüğü) sismik boşluğunun deprem üretme olasılığı yüksektir.

3.5.3.5. Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi Sismik Boşlukları

Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'nde kırılmadan kalan, yüksek deprem üretme potansiyeli taşıyan 4 sismik boşluk (Ardahan, Çayırlı-Aşkale, Van, Yüksekova) mevcuttur. Güncel depremler anılan sismik boşlukların uç kısımlarında ve civarlarında yoğunlaşmaktadır. Söz konusu boşlukların sismik etkinliğinde 1970'ten bu yana kümülatif bir artış mevcuttur ve özellikle de Yüksekova segmentinde yoğunlaşmaktadır. Yine tarihsel kayıtlarda Van sismik boşluğunda oldukça fazla deprem olduğuna işaret edilmektedir. Bu bağlamda 23 Ekim 2011 tarihinde Van-Erciş merkezli deprem (M_S = 7.2), 9 Kasım 2011 tarihinde Van-Edremit merkezli deprem (M_S = 5.7) ve çok sayıda artçı depremler gerçekleşmiştir.

3.5.3.6. Orta Anadolu Ova Bölgesi Sismik Boşlukları

20. yüzyılda, Orta Anadolu Ova Bölgesi'nde (OAB) hasar yapıcı ($M_S \geq 5.5$) 4 deprem meydana gelmiştir. Bu bölgede KAFZ ve DAFZ'dan ayrılan uzun fay hatları mevcut olmasına rağmen 1938 Kırşehir-Keskin Depremi (M_S= 6.6) haricinde önemli bir deprem olmamıştır. Oysa tarihsel sismik kayıtlar, örneğin Tuz Gölü Fayı üzerinde yıkıcı büyük depremlerin olduğunu belgelemektedir. Bu bölgedeki faylar sismik boşluklar olarak tanımlanmamış olmasına rağmen deprem potansiyeli taşıyan büyük faylardır.

3.5.4. Depremlerde Depremin Büyüklüğü, Can Kaybı ve Yıkık Bina İlişkileri

Ülkemizdeki $M_S \geq 7.0$ büyüklüğündeki yıkıcı depremlerde depremin büyüklüğü arttıkça ağır hasarlı+yıkık bina sayısı ile kayıp sayısı arasındaki ilişki 1939-2023 yılları arası 1:1 oranına yaklaşma eğiliminde olduğu bilinmektedir.

Bina başına 1 can kaybı sınırına en fazla yaklaşma eğilimi, 2023 yılında meydana gelen depremler ile ortaya çıkan felaketin sonuçları çok ağır olmuştur. 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Pazarcık ve Elbistan merkezli depremlerin bilimsel açıdan gerçekleşme durumları da dikkat çekicidir. Dünyadaki büyük depremlerde can kaybı sayısı ile ağır hasarlı+yıkık bina sayısı arasındaki değişimler ülkemizdeki yıkıcı depremler incelendiğinde, Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu'ndaki depremlerde gözlemlenmektedir.

Depremin büyüklüğü, can kaybı-yıkık bina oranı 1:1 sınırına yaklaşan depremler Kocaeli, 1999 (M_S = 7.8, KAFZ), Bolu-Gerede, 1944 (M_S = 7.4, KAFZ), Erzincan, 1939 (M_S = 7.9, KAFZ) ve Çaldıran, 1976 (M_S = 7.2, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'dir.). 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş Depremlerinde (Pazarcık M_S = 7.7 ve Elbistan M_S = 7.6, DAFZ) olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle Kahramanmaraş Pazarcık (M_S = 7.7) ve Elbistan (M_S = 7.6), Kocaeli, 1999 (M_S = 7.8), Erzincan (M_S = 7.9), 1939 depremlerindeki can kaybı ve yıkık bina sayısının daha büyük magnitüdlü Mexico City (M_S = 8.1, 1985) ve yakın magnitüdlü Chi-Chi, Taiwan (M_S = 7.6, 1999) depremlerinden çok daha yüksek olduğu görülmektedir.

Can kaybı-yıkık, ağır hasarlı bina sayısı arasındaki olumsuz tablonun ve bu olumsuz tablonun artış nedenleri; **aktif diri fay hatlarındaki kırılma şekli ve büyüklüğü, yapısal tehlikeler, zemin yapısı ve zemin etütlerinin yeterlilik durumu, mevcut yapı sistemine müdahaleler, yapısal olmayan tehlikeler** sayılabilir.

Ülkemizdeki can kaybı ve ağır hasarlı+yıkık sayısının fay zonlarına göre değişim oranları aşağıda açıklanmıştır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde oluşan depremlerde ($M_S \geq 5.5$) depremin büyüklüğü, ağır hasarlı+yıkık bina ve can kaybı sayısı arasında anlamlı bir üstel regresyon ilişkisi mevcuttur ve bu ilişki depremin büyüklüğü arttıkça 1:1 doğrusuna çok yaklaşmaktadır (Bu yaklaşım Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'nde de gözlenmektedir.).

Ege Graben Sistemi üzerindeki depremlerde 1:1 doğrusuna net bir yaklaşım gözlenmemektedir. Deprem büyüklüğü ile can kaybı ve ağır hasarlı+yıkık bina sayısı değişimleri Gediz (1970) hariç geniş bir bant içinde yer almaktadır.

Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki oluşan depremlerde ($M_S \geq 7.00$)depremin büyüklüğü ağır hasarlı+yıkık bina sayısı ile can kaybı sayısı 1:1 oranına en fazla yaklaşan depremler gerçekleşmiştir. Depremin büyüklüğü ile yıkık sayısı arasında anlamlı bir bağıntı mevcuttur.

Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelen örneğin $M_S = 6.0$ büyüklüğünde bir depremde ortalama olarak 200 yıkık söz konusu iken, $M_S = 7.0$ için 10000 yıkık, $M_S = 7.5$ için ise 50000 yıkık olmuştur.

Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'nde depremin büyüklüğü ile ağır hasarlı+yıkık bina sayısı çok geniş bir aralık içinde değişmektedir. Örneğin $M_S = 6.8$-6.9 için yıkık sayısı 500 ile 20000 arasında değişmesine rağmen yıkık sayısı ile can kaybı sayısı arasında anlamlı bir ilişki mevcuttur. Bu durum ancak bölgedeki karmaşık tektonik yapı nedeni ile ana depremden önce, çevresindeki ikincil faylarda çeşitli tarihlerde meydana gelen çok sayıda "daha düşük magnitüdlü" depremlerin yapıların "deprem dayanımını düşürmesi" ile açıklanabilir. Fay zonlarının kesişim bölgesinde yer alan Erzincan, Bingöl, Kığı, Varto, Karlıova, Pülümür gibi yerleşim merkezleri bu duruma örnek verilebilir. Benzer durum Ege Graben Sistemi ana fay hatları çevresindeki ikincil fay hatları üzerindeki depremlerden örneğin 2000 ve 2002 yılı Sultandağı Depremleri için de geçerlidir. 1966 yılında Varto Depremi'nde de ($M_S = 6.9$) ana şoktan 1 ve 5 ay önce iki öncü şok meydana gelmiş olup yıkık ve can kaybı sayısı artmıştır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) sismik boşlukları hakkında bilgi veriniz.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.6 UYGULAMA

10 (6) DERS SAATİ

DEPREMLER

Bu çalışmanın amacı, depremler ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Depremler ile ilgili uygulamaları, öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler.

İstenenler

Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzeri büyüklükte gerçekleşen depremlerin merkezlerini, büyüklüklerini, etkilediği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.), depremler sonrası gerçekleşen ikincil afetleri (sel, su taşkını, heyelan, kaya düşmesi, yangın, bulaşıcı hastalık vb.), can ve mal kayıplarını (insan, evcil hayvan, besi hayvanları), yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını içeren rapor hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler ile ilgili bilimsel verileri kullanarak rapor hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlerin merkezleri araştırılır.
2. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlerin büyüklükleri araştırılır.
3. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlerin etkilediği yerler (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırılır.
4. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler nedeniyle oluşan insan can kayıpları araştırılır.
5. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler sonrası gerçekleşen ikincil afetler (sel, su taşkını, heyelan, kaya düşmesi, yangın, bulaşıcı hastalık vb.) araştırılır.
6. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler sonrası evcil hayvan ve besi hayvan can kayıpları araştırılır.

7. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayıları araştırılır.
8. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlere ait rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlerin merkezlerini araştırdınız mı?		
2	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlerin büyüklüklerini araştırdınız mı?		
3	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlerin etkilediği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırdınız mı?		
4	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler nedeniyle oluşan insan can kayıplarını araştırdınız mı?		
5	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler diğer evcil hayvan ve besi hayvan can kayıplarını araştırdınız mı?		
6	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte depremler sonrası gerçekleşen ikincil afetleri (sel, su taşkını, heyelan, kaya düşmesi, yangın, bulaşıcı hastalık vb.) araştırdınız mı?		
7	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremler sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını araştırdınız mı?		
8	Doğu Anadolu Fay Zonu'nda 6.0 ve üzerinde büyüklükte gerçekleşen depremlere ait raporu hazırlandınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Yaşadığınız şehir ya da komşu şehirlerde meydana gelen heyelanları araştırınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.7. HEYELANLAR VE ÇÖKMELER

Toprak, moloz veya kaya kütlesinin yamaç aşağı hareketleri sonucu can ve mal kayıplarına yol açan doğal afetlere **heyelan** denir. Heyelanlar, dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli tahribatlara neden olmaktadır. Ülkemizin jeolojik, klimatik, coğrafik özellikleri ve yanlış arazi kullanımı nedeniyle heyelan olayları sıkça yaşanmakta ve çoğu kez tekrarlanarak afete dönüşmektedir. Uzun süreli, bol yağışın etkili olduğu ve nemli iklim yapısına sahip Karadeniz Bölgesi ülkemizde heyelanların en sık ve yoğun gözlendiği bölge olması itibarı ile heyelanların yarattığı sosyal ve ekonomik kayıpların da en fazla olduğu bölgedir. Ülkemizin jeolojik yapısı ve coğrafi özellikleri nedeniyle heyelan olayları sıkça yaşanmakta ve çoğu kez aynı bölgede tekrarlanarak doğal afete dönüşmektedir. Akma, kayma, düşme ve devrilme gibi farklı hareket mekanizmasında gelişen heyelanlar bölgesel olarak belirgin jeolojik, morfolojik ve fiziksel faktörlerin etkisi altında meydana gelmektedir.

Heyelanlar, sellerin tahrip edici gücünü artırarak can ve mal kayıplarını da artırmaktadır. Depremler, ani ve şiddetli yağışlar, ani sıcaklık değişiklikleri ve yanlış arazi kullanımı sonucunda heyelan kaynaklı afetler yaşanmaktadır. Uzun süreli ve bol yağışın etkili olduğu, nemli iklime sahip yörelerimiz, heyelanların çok sık ve yaygın olarak görüldüğü yerlerdir. Seller heyelanlara neden olurken heyelanlar da sellerin tahrip gücünü artırmaktadır. Bu şartlarda taşkınların boyutlarının artması can ve mal kayıplarının yükselmesine neden olmaktadır.

3.7.1. Heyelanların Oluşum Nedenleri

Heyelanların oluş nedenleri, hazırlayıcı (ortam faktörleri) ve tetikleyici nedenler olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.

Heyelanların oluşumu; jeolojik (litoloji, yapısal özellikler, yer altı suyu koşulları), jeomorfolojik (yamaç eğimi, yamaç yönü, topoğrafik yükseklik, yamaç şekli ve drenaj ağı özellikleri) ve çevresel (arazi kullanımı, bitki örtüsü ve yollara uzaklık) parametreler gibi hazırlayıcı koşullara bağlı olarak gelişebilir. Yine heyelanların oluşumu; hidro-meteorolojik (şiddetli yağış, ani kar erimesi), antropojenik etki (maden patlatmaları, yol yapım çalışmaları) ve deprem gibi tetikleyici parametrelere bağlı olarak da gelişebilir.

3.7.1.1. Türkiye'nin İklim Yapısı

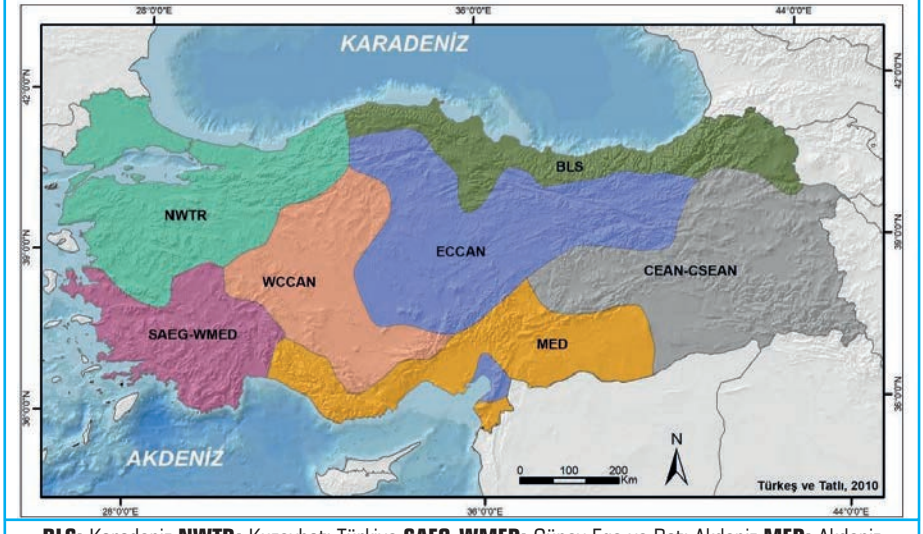
Dünyadaki farklı iklim tiplerini belirlemek amacıyla birçok farklı yöntem kullanılarak iklim sınıflandırmaları yapılmıştır. **Köppen-Geiger iklim sınıflandırması** dünyada en yaygın olarak kullanılan iklim sınıflandırmalarından biridir. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre iklim tipleri; aylık ve yıllık sıcaklıklar, yıllık yağış miktarı, yağışın yıl içindeki dağılımı ve yağış ile sıcaklığın doğal bitki örtüsü ile olan ilişkisine göre belirlenir. İlk harfler ana iklim tiplerini (A, B, C, D, E), alt tip olan ikinci harfler (S, W, s, w, f) yağış özelliğini, üçüncü harfler (h, k, a, b, c, d) ise sıcaklık özelliklerini temsil eder.

Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre en geniş alana kışları ılıman orta enlem iklimi (C) sahip iken en az alana kurak iklim (B) tipi sahiptir. B iklim tipi en fazla İç Anadolu Bölgesi'nde, C iklim tipi kıyı bölgelerinde, D iklim tipi ise (Karasal) Orta Toroslar ve İç Anadolu'nun yüksek kesimleri ile Doğu Anadolu'nun tamamına yakınında yayılış göstermektedir.

Yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de **Thornthwaite iklim sınıflandırması**dır. Thornthwaite'in iklim sınıflandırması, yağış-buharlaşma ve sıcaklık-buharlaşma arasındaki ilişkiye dayanır. Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Karadeniz kıyıları ile Batı Akdeniz nemli iklim sınıfına, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Iğdır ve Trakya çevresi yarı kurak iklim sınıfına girmektedir. Geri kalan diğer bölgelerin ise yarı kurakaz nemli ve yarı nemli iklim sınıfında olduğu görülmektedir.

İklim sınıflandırması için kullanılan başka bir yöntem de **Erinç iklim sınıflandırması**dır. Yağış ve buharlaşmanın neden olduğu su kaybına yol açan yıllık ortalama maksimum sıcaklık dikkate alınarak iklim tipleri ayırt edilmiştir. Erinç yönteminde evapotranspirasyonun neden olduğu kuraklık ve yağış ilişkisi formülüze edilerek bir indeks bulunur. Bu indeks değerlerine göre iklim tipi belirlenir. Erinç indeksine göre Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimleri, Marmara Bölgesi'nin doğusu ve Batı Akdeniz nemli iklim sınıfına girmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güney kesimi ile Iğdır dolayları kurak iklim sınıfındadır. İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin büyük bir bölümü yarı kurak iklim sınıfında olduğu görülmektedir. Diğer bölgeler ise yarı nemli iklim sınıfındadır. Benzerlik matrisine dayalı kümelenme tekniği kullanılarak Türkiye'nin yağış bölgeleri belirlenmiştir.

Yıllık yağış toplamları kullanılarak yapılan analiz ile Türkiye; Karadeniz, Kuzeybatı Türkiye, Güney Ege ve Batı Akdeniz, Akdeniz, İç Batı Anadolu ve İç Doğu Anadolu ile Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu olmak üzere yedi farklı yağış bölgesine ayrılmıştır (Şekil 3.25).



BLS: Karadeniz **NWTR:** Kuzeybatı Türkiye **SAEG-WMED:** Güney Ege ve Batı Akdeniz **MED:** Akdeniz
WCCAN: İç Batı Anadolu **ECCAN:** İç Doğu Anadolu **CEAN-CSEAN:** Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu

Şekil 3.25: Türkiye'nin yağış bölgeleri

Türkiye'de karasal iklim, Akdeniz iklimi, Marmara (Geçiş) iklimi ve Karadeniz iklimi olmak üzere genel anlamda dört farklı ana iklim tipi ayırt edilir. Karasal iklim ise dört alt tipe ayrılır (Şekil 3.26).

Şekil 3.26: Türkiye iklim bölgeleri

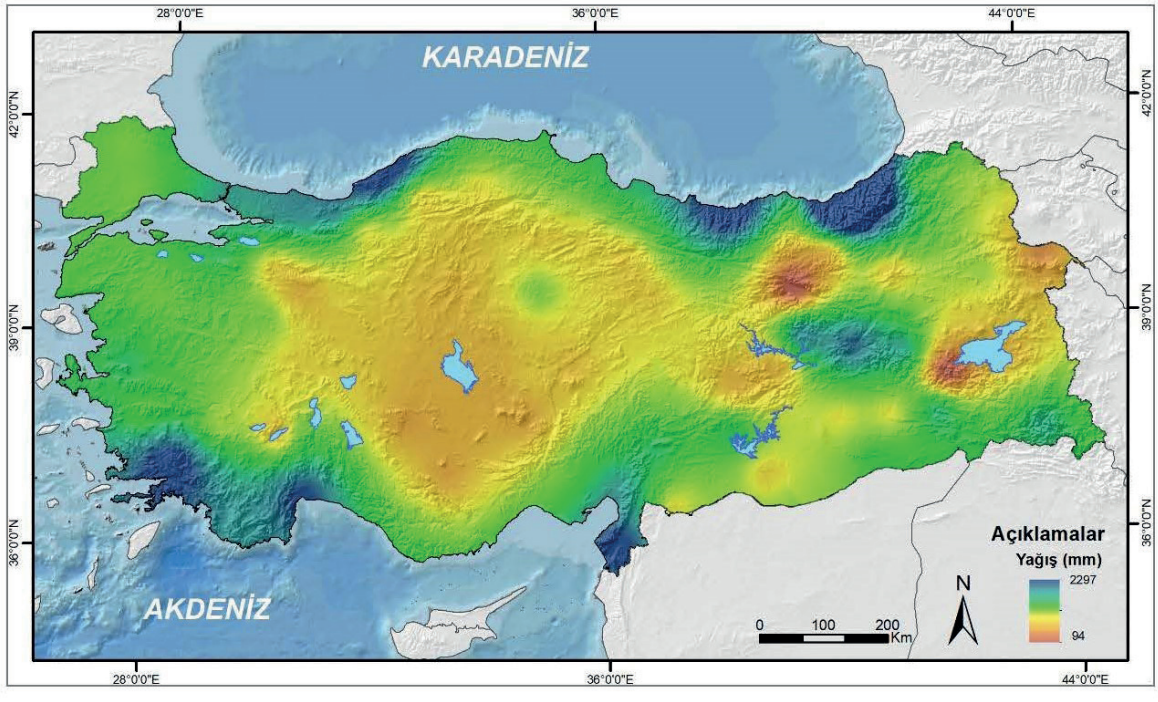
Akdeniz iklimi, Ege Bölgesi'nin büyük bir bölümü ile Anadolu platosunun batı bölümünde ve Akdeniz Bölgesi'nin kıyı bölümünde etkilidir. Ülkemizin bu bölgelerinde kışlar serin ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. Ortalama sıcaklık değerleri kış mevsiminde 9 ^{O}C, yaz mevsiminde 29 ^{O}C olup ortalama yıllık toplam yağış 580 ile 1300 mm arasında değişmektedir. Karadeniz iklimi, Karadeniz Bölgesi'nin kıyı ve kuzey kesimleri ile Marmara Bölgesi'nin kuzey kıyılarında etkilidir. Özellikle kıyı bölümlerinin daha fazla yağış aldığı bu bölgede ortalama yıllık toplam yağış 842,6 mm'dir.

Bölgenin doğu bölümü yıllık 2200 mm yağış ortalaması ile ülkenin yıl boyu yağış alan tek yeridir. Ortalama sıcaklık değerleri yaz aylarında 23 ^{O}C, kış aylarında 7 ^{O}C'dir. Marmara (Geçiş) iklimi, Ege'nin kuzeyi de dâhil olmak üzere Marmara Bölgesi'nin güney kesiminde etkilidir. Kış mevsimi Akdeniz ikliminden daha soğuk, yaz mevsimi ise Karadeniz ikliminden daha az yağışlıdır. Bu özellikleri ile Marmara ikimi, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği gösterir. Ortalama sıcaklık değerleri kış aylarında 4 ^{O}C, yaz aylarında ise 27 ^{O}C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 595,2 mm olup daha çok kış mevsiminde gerçekleşmektedir.

Ülkemizin deniz etkisinden uzak iç bölgelerinde karasal iklim özellikleri görülür. Yağış ve sıcaklık özelliklerine bağlı olarak karasal iklim tipi; Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleri ile Trakya olmak üzere dört alt tipe ayrılır.

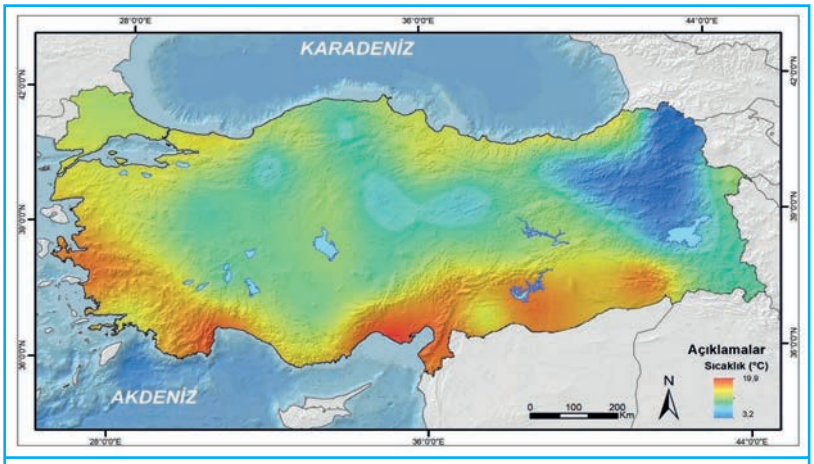
Doğu Anadolu karasal ikliminde uzun ve soğuk bir kış mevsimi yaşanmakta olup yazlar ise serin geçmektedir. Kış aylarında ortalama sıcaklık-13 ^{O}C, yaz aylarında 17 ^{O}C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış 579,4 mm olup daha çok kış ve ilkbahar mevsimde görülür. Güneydoğu Anadolu karasal ikliminde yaz mevsimi oldukça sıcak, kış mevsimi nadiren soğuk geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 16,4 ^{O}C'dir. Ortalama yıllık toplam yağış ise 565,7 mm'dir. Yağışların çoğu kış ve ilkbahar mevsiminde olup yaz mevsimi oldukça kurak geçmektedir. İç Anadolu karasal iklimi, sıcak yazlar ve soğuk kışlar ile karakterize olur. Bölgenin özellikle doğu bölümünde kış mevsimi daha soğuk geçmektedir. Yaz aylarında ortalama sıcaklık 23 ^{O}C, kış aylarında-2 ^{O}C'dir (Şekil 3.27).

Ortalama yıllık toplam yağış ise 413,8 mm olan İç Anadolu Bölgesi'nde yağışlar genellikle kış ve ilkbahar mevsimindedir. Trakya karasal ikliminde yazlar sıcak, kışlar ise nispeten soğuk geçer. Yıllık ortalama sıcaklık 12,2 ^{O}C'dir.



Şekil 3.27: Türkiye yıllık ortalama toplam yağış dağılım haritası

Ortalama yıllık toplam yağış 559,7 mm olup diğer karasal iklim tiplerinden farklı olarak yağışların çoğunu kış ve ilkbaharla birlikte sonbahar mevsiminde almaktadır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28: Türkiye yıllık ortalama sıcaklık dağılım haritası

3.7.1.2. Türkiye'nin Bitki Örtüsü

Jeolojik olarak heyelana uygun yamaçlar üzerinde statik dengenin oluşmasına katkı sağlamakta, yamacın hidrolojik ve hidrolik yapısını koruyarak suyun yamaç üzerinde heyelan oluşturma ihtimalini azaltmaktadır. Orman altında oluşan ölü örtü kendi ağırlığının 10 katı kadar suyu tutarak suyun yüzeysel akışa geçmesini engellemekte veya pik akım oluşma süresini artırmaktadır. Orman örtüsü oluşturduğu bol miktardaki organik madde sayesinde topraklardaki ıslanmaya dayanıklı agregat sayısını artırmaktadır. Havzaların orta ve yukarı kesimlerinde bulunan koruyucu orman örtüsü derelerdeki akımın kontrol edilmesi üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Türkiye; Avrupa-Sibirya flora bölgesi, Akdeniz flora bölgesi ve İran-Turan flora bölgesi olmak üzere üç farklı flora bölgesi ile temsil edilmektedir. Karadeniz'e yakın olan batı bölüm **Öksin**, İran'ın kuzeyi ve Talış Dağlarının bulunduğu bölüm ise **Hırkaniyen** olarak adlandırılır. Kafkas Dağları ile birbirinden ayrılan bu iki alan, benzer özelliklere sahip olmalarına rağmen bitki türleri açısından belirgin farklılıklar gösterir. Avrupa-Sibirya bölgesi ise Türkiye'de Öksin provensi olarak adlandırılmaktadır. Öksin saha bütün Kuzey Anadolu'yu içine alır ve Kafkasların batı bölümüne kadar uzanır. Bu alanda kışın yapraklarını döken, yayvan yapraklı orman formasyonu hâkimdir. Kayın, nemcil meşe türleri, gürgen, kestane ve ıhlamur gibi yayvan yapraklı türlerin arasına yükseltinin artmasına bağlı olarak göknar, ladin ve sarıçam gibi iğne yapraklı türler de karışır. Öksin vejetasyon sahalarında en belirgin özellik yaz yağışının yüksek olmasıdır. Yıllık yağış çoğu yerde 1000 mm'nin üzerindedir. Doğu Karadeniz Bölümü ile Orta Karadeniz Bölümü'nü birbirinden ayıran Melet Irmağı, Öksin alanını da ikiye ayırır. Öksin sahasının doğusu Kolşik olarak adlandırılır. Bu ayırım, Öksin sahasındaki bitki türlerinin yoğunluğu ve yıllık yağış miktarının doğuya doğru önemli ölçüde artmasıyla ilişkilidir (Şekil 3.29).

Şekil 3.29: Türkiye'de temsil edilen flora bölgeleri

Türkiye'de Akdeniz flora bölgesi, İtalya'nın doğusundan Lübnan'a kadar uzanan Doğu Akdeniz provensi içinde yer almaktadır. Akdeniz flora bölgesi Anadolu'nun tüm güney kıyılarını, Batı Anadolu kıyılarını ve Gelibolu yarımadasını kapsamaktadır. Akdeniz flora bölgesinde vejetatif faaliyet kesintiye uğramadan yılın önemli bir bölümünde devam etmektedir. Bu bölgede kuru ormanlar ile maki formasyonu hâkimdir. Maki formasyonu özellikle Akdeniz ve Ege kıyılarında ormanların tahrip edildiği sahalarda yayılış gösterir. Akdeniz flora bölgesi içinde Batı Anadolu olarak ayrılan alan ise Akdeniz kıyılarına benzer özellik göstermektedir. Kızılçam, kurakçıl meşe türleri, göknar, karaçam ve sedir gibi türler yayılış gösterir (Şekil 3.29).

İran-Turan flora bölgesi, İran ile merkezi Asya steplerinin ve yarı kurak iklim bölgelerinin özelliklerine sahiptir. İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerini kapsamaktadır. İran-Turan flora bölgesinde yüksek dağlık alanlar dışında iki vejetasyon alanı ayrılır. Bunlardan birincisi, büyük ölçüde tahrip edilmiş ve çoğu yerde sonradan steplere dönüşmüş orman topluluklarıdır. İkinci vejetasyon alanı ise Tuz Gölü çanağı, Ereğli havzası, Iğdır havzası ya da Akçakale-Ceylanpınar gibi alanlarda ortaya çıkan doğal step (bozkır) sahalarıdır. Bu sahalarda 300-400 mm arasında değişen yağış miktarı doğal olarak ağaç yetişmesine olanak tanımamaktadır. İran-Turan flora bölgesinde Neolitik dönemden günümüze kadar geçen sürede tarım ve hayvancılık gibi insan faaliyetleri, doğal bozkırları giderek genişletmiş ve buna karşılık orman alanlarını daraltmıştır. Bu durumun günümüze yansıması ise ormanların ancak dağlık sahaların yüksek kesimlerinde (çoğu yerde de meşe ormanı kalıntıları şeklinde) kalması şeklinde sonuçlanmıştır (Şekil 3.29).

Toprak koruma yeteneği yüksek olan bitki örtüsünün tahrip edilerek toprak koruma yeteneği az olan türlerin alana getirilmesi sonucunda heyelan olma ihtimali artmaktadır. Çölleşme Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğünün 2016 yılında yapmış olduğu Taşlıdere (Güneysu) Mikro Havzası Heyelan Duyarlılık Haritası ve Değerlendirmesi Projesi sonuçlarına göre çalışma alanında heyelanların %48'i ziraat alanında (çay bahçelerinde) olurken %30'nun bozuk ormanda çıkması dikkat çekicidir. Çay bahçeleri için drenaj projeleri geliştirilmesi gerekirken bozuk orman alanlarında drenajın yanı sıra ormanın transpirasyon ve intersepsiyon özelliklerini artırıcı biyoteknolojik yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

3.7.1.3. Türkiye'de Meydana Gelen Heyelanlar ve Yaşanan Can Kayıpları

Heyelanlar; yamaç eğimini, dağlık alanların gelişimini, erozyon oranını, drenaj ağını, sediment bütçesini, vadi tabanlarını ve havza morfolojisini etkiler. Dolayısıyla heyelanlar jeomorfolojik açıdan yaptığı şekillendirici etki ile yeryüzünün evriminde önemli rol oynar. Ancak artan nüfus ve buna paralel olarak yerleşim yerlerinin yanlış seçilmesi ve sürdürülebilir kullanım üzerinde etkili olan heyelanlar, can ve mal kayıplarına neden olmaktadır.

Heyelanlar, ülkemizde doğal afet kaynaklı kayıplar arasında depremden sonra en fazla kayba yol açan afet türü olarak ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de heyelanların neden olduğu can kaybı sayısı net olarak bilinmemekle birlikte meydana gelen olay sayısı, etkilenen yerleşim yeri ve afetzede sayısı dikkate alındığında ülkemizde heyelanların verdiği zararlar büyük bir önem arz etmektedir ve bu yönüyle dikkate alınması gerekir.

Ülkemizde meydana gelen doğal afet olay sayılarının afet türlerine göre dağılımı incelendiğinde heyelanlar birinci sırada yer almaktadır (yaklaşık olarak heyelanlar %45, depremler %30, taşkınlar %15, kaya düşmesi %10). Toplam afetzede sayısının doğal afet türlerine göre dağılımına bakıldığında ise heyelanlar ikinci sırada yer almaktadır (yaklaşık olarak depremlerde %70, heyelanlarda %20, taşkınlarda %8, kaya düşmesinde %4). Kaya düşmelerinin de bir heyelan türü olduğu göz önüne alındığında heyelanların doğal afetler içinde depremlerden sonra en çok zarar verici etkiye sahip afet türü olduğu söylenebilir. Ayrıca heyelanlar neden oldukları ekonomik kayıplar içerisinde üçüncü sırada, zarar gören toplam konut sayısı oranına göre ise ikinci sırada yer almaktadır. Ülkemizin jeolojik, topoğrafik ve meteorolojik özellikleri ile insan faktörü, heyelanların meydana gelmesinde etkin rol oynamaktadır.

Türkiye genelinde 1929-2023 yılları arasında meydana gelen heyelanlar sonucunda binlerce insan hayatını kaybetmiş, yüzlerce insan yaralanmış ve ciddi ekonomik kayıplar meydana gelmiştir. 1929-2019 yılları arasında gerçekleşen can kayıplarına en çok sebep olan 147 heyelanın meydana gelmesinde doğal faktörlerle (yağış, kar erimesi gibi hidrometeorolojik koşullar) ve yine can kayıplarına neden olan 197 heyelanın antropojenik faktörlerle (inşaat ve altyapı çalışmaları) tetiklendiği bilinmektedir. Doğal faktörlerle tetiklenen ölümlü heyelan olaylarının %65'i Karadeniz Bölgesi'nde yaşanmıştır. Antropojenik faktörlerle tetiklenen heyelanlarda ortalama 1-2 can kaybı, hidrometeorolojik koşulların daha büyük alanları etkilemesiyle oluşan heyelanlarda olay başına ortalama 3-4 can kaybı meydana gelmiştir.

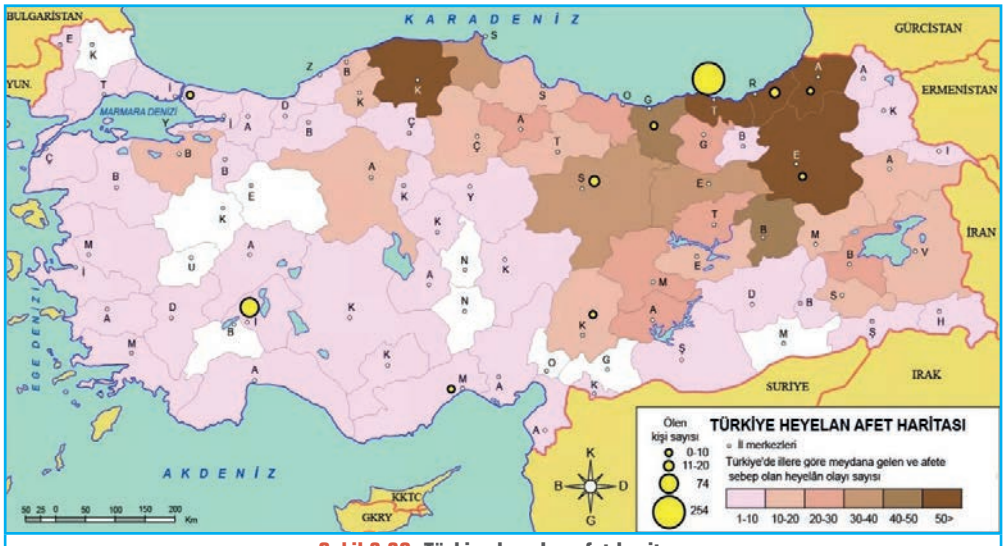
Ülkemizde son 20 yılda heyelan olaylarının 2 kat arttığı görülmektedir. Ortalama ölümlerin de heyelan sayısıyla orantılı arttığı bilinmektedir. Türkiye'de heyelan riskinin en fazla olduğu bölge Doğu Karadeniz, en az riskin olduğu bölge ise İç Anadolu Bölgesi'dir. Heyelanların artmasının en önemli nedeninin nüfus ve değişen iklim koşulları olduğu tespit edilmiştir. Karadeniz Bölgesi'ndeki ölümlü heyelanların geneli yaz dönemlerinde gerçekleşmiştir. Bu durum yaz döneminde Karadeniz'e düşen yağışının çok daha aşırı bir yağış karakteristiğine sahip olduğunu göstermektedir. Çok ani şekilde yüksek miktarda yağış düştüğü için topraktaki boşluk suyu basıncını artırmakta ve birçok ölümlü heyelan olayı yaşanmaktadır. Örneğin Batı Karadeniz, Türkiye'de heyelan olma olasılığının en yüksek olduğu yerlerden birisi olmasına rağmen ölüm sayısı düşüktür. Doğu Karadeniz'de heyelan ve ölüm olaylarının yüksek olmasının nedeni dağınık yerleşme tipi, özellikle **çay plantasyonu** ve bu alanlara ulaşmak için yapılmış çok yoğun yol ağlarıdır. Bu durum can kayıplarını daha da arttırmıştır.

Aşağıda can kayıplarına sebep olan bazı heyelanlar, kaya düşmeleri, çamur akması olayları ve gerçekleşme nedenleri verilmiştir.

- 5 Temmuz 1929 tarihinde günlerce süren aşırı yağış ile Trabzon ilinin Of ve Sürmene ilçesi civarında meydana gelen heyelanlar sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 8 Aralık 1958 tarihinde Afyon İscehisar ilçesi Seydiler köyünde yağış ile meydana gelen kaya düşmesi sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 5 Nisan 1964 tarihinde Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde yağış ile meydana gelen heyelan sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 23 Haziran 1988 tarihinde Trabzon ili Maçka ilçesi Çatak Mahallesi'nde yağış ile meydana gelen kaya düşmesi sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 13 Temmuz 1995 tarihinde Isparta ilinin Senirkent ilçesinde yağış ile meydana gelen çamur akması sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 17 Mart 1995 tarihinde Sivas ilinin Koyulhisar ilçesinde kar erimesi ile meydana gelen akma heyelan sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 23 Temmuz 2002 tarihinde Rize ili Taşlıdere, Güneysu, Çayeli ilçelerinde yağış ile oluşan heyelan sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 26 Ağustos 2010 tarihinde Rize ilinin Gündoğdu beldesinde yağış ile heyelan sonucunda can kayıpları olmuştur.
- 10 Şubat 2011 tarihinde Kahramanmaraş ilinin Afşin ilçesinde antropojenik heyelan sonucunda can kayıpları olmuştur.

Yukarıda verilen heyelan, kaya düşmesi, çamur akması doğal afetler ile heyelanların neden olduğu can ve mal kayıplarının boyutu, ülkemiz için bir heyelan sorunun var olduğunu ortaya koymaktadır.

Heyelanlar çoğu zaman deprem, aşırı yağış ve sel gibi olaylar tarafından tetiklendiği için tetikleyen ana olayın içerisinde değerlendirilmektedir. Özellikle aşırı yağışlar sonucu meydana gelen sel ve heyelan olayları sonucunda, heyelanların neden olduğu can ve mal kayıplarının tespiti her olay için sağlıklı şekilde yapılamamaktadır. Diğer taraftan ulaşım, haberleşme ve yerleşim birimlerinden uzakta meydana gelen heyelanlar ise genellikle kayıt altına alınamamaktadır. Gerek kayıt altına alınamayan gerekse sonuçlarının tespitinin net olarak yapılamadığı heyelanlar dikkate alındığında ülkemizdeki heyelan sorununun çok daha önemli boyutlarda olduğu söylenebilir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30: Türkiye heyelan afet haritası

3.7.2. Heyelanlı Sahalarda Uygulanan Jeoteknik Çözümler

Heyelanlar, yan dere ve oyuntular boyunca oluşan kıyı oyulmalarına, göçmelere ve kıyı kaymalarına neden olmaktadır. Heyelanlar aşağı kısımlara doğru yamaç, oyuntu, derecik ve yan dereler boyunca moloz akması şeklinde hareket ederek sel ve taşkın boyutunu artırmaktadır. Bu moloz akmalarına karsı harçlı ıslah sekileri, istinat, saptırma ve durdurma duvarları, miks eşik ıslah sekileri, saptırma kanalları vb. başlıca korunma ve kontrol teknikleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanmasıyla moloz akmalarının kritik bölgelere ulaşmadan yönleri değiştirilmekte, hızları kesilmekte ya da moloz akımı durdurulmaktadır. Aynı zamanda inşa edildiği alanda kıyı göçmeleri ve kaymalarına karşı topuk oluşumu sağlanarak yamacın kaymaya karşı direnci arttırılmaktadır.

Ülkemizde en fazla sığ heyelanlar Doğu Karadeniz Bölgesi'nde görülmektedir. Orta ve Batı Karadeniz'de derin kayma türü heyelanların yanı sıra yer yer sığ heyelanlara rastlanılırken Akdeniz ve Ege Bölgelerinde büyük boyutlu kayma türü heyelanlar görülmektedir. Marmara Bölgesi'nde ise derin heyelanlara daha sık rastlanırken Trakya'da düşük eğimlerde büyük boyutlu kaymalar görülmektedir. Ülkemizin en büyük kütle hareketleri ise Doğu Anadolu Bölgesi'nde görülmektedir. Heyelanların sonuçları can kayıpları ve ekonomik kayıplar olmak üzere iki gruba ayrılır. Ortaya çıkan zararlar ise doğrudan ve dolaylı zararlar olup, can kayıpları ve gözlenebilen tüm hasarlar doğrudan zararlar olarak değerlendirilmektedir. Bunların dışında kalan diğer kayıplar ise dolaylı zararlardır. Dolaylı zararlar doğrudan zararlardan daha fazla olabilir, ancak bu tür zararları kestirmek çoğu kez oldukça güçtür ve genellikle ihmal edilir.

Heyelanların sebep olduğu başlıca dolaylı zararlar aşağıda sıralanmıştır.

- Heyelanlardan etkilenen alanlarda sanayi, tarım, ormancılık ve madencilik sektörlerindeki üretim kayıpları.
- Heyelan nedeniyle ulaşım hatlarının servise kapanmasıyla ürünlerin ve hammaddelerin zamanında yerlerine ulaştırılamamasından kaynaklanan kayıplar.

- Heyelana maruz kalmış veya heyelana duyarlı bölgelerdeki yerleşimlerde binaların değerlerinin düşmesi ve vergi kayıpları, turistik bölgelerde turizm gelirlerinin azalması.
- Heyelan bölgesi dışındaki akarsularda ve sulama kanallarında su kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesi.
- Heyelanın yakın çevresinde meydana gelmesi söz konusu olan yeni heyelanlara karşı önlem alınması amacıyla uygulanabilecek iyileştirme ve koruma çalışmalarıyla ilgili harcamalar.
- Ölüm, yaralanma ve psikolojik travmalar nedeniyle ortaya çıkan iş gücü kayıpları.
- Heyelana bağlı olarak gelişebilecek su baskını, çamur akmaları vb. ikincil fiziksel etkiler.

Heyelanların sebep olduğu zararları azaltma ve iyileştirme çalışmaları aşağıda sıralanmıştır.

Yerleşim yerlerindeki heyelanlarla ilgili olarak esas alınan üç yaklaşım bulunmaktadır.

- Heyelan aktivitesinden önce ve sonra herhangi bir işlem yapılmaması.
- Heyelan meydana geldikten sonra iyileştirme çabalarının başlatılması.
- Ciddi hasarlar meydana gelmeden önce heyelanlardan kaçınılması, zarar azaltıcı ve iyileştirici önlemlerin alınması, risk azaltma faaliyetlerinin yapılması.

Heyelanların etkileri aşağıda belirtilen beş yaklaşımla azaltılabilmektedir.

- Heyelan duyarlılık haritalarından da yararlanılarak heyelana duyarlı alanlardaki yerleşimlerin gelişiminin sınırlandırılması (heyelandan kaçınma), tüm yersel planlamalarda kullanımının sağlanması.
- Kazı, kademelendirme ve inşaat kuralları.
- Şev ve yamaç iyileştirme tekniklerinin uygulanması.
- Doğal drenajın yeniden tesisi, drenaj kabiliyetli kontrol yapıları, biyoteknolojik uygulamalar.
- İzleme ve erken uyarı sistemlerinin kullanılması.

Doğu Karadeniz'de tarıma elverişli kıyı ve taban arazilerinin amaç dışı kullanılması ormanlık alanlardaki sosyal baskıyı artırmaktadır. Ayrıca taban arazilerinin yerleşim yeri olarak kullanılması, derelerdeki akımın yükselmesi ile birlikte bu alanlarda can kaybı ve yüksek oranda maddi zarar oluşturma riskini daha da artırmaktadır. Kıyı ve taban arazilerinde amaç dışı kullanım yanında dere yatakları daraltılmakta, yatağın içinde yapılan çeşitli işlemler (kum, çakıl alma vb.) yatağın hidrolik özelliklerini tahrip etmekte, derenin mansap bölümünde yapılan hatalı tesisler nedeniyle yüksek akımlar sonucu meydana gelen sel ve taşkınların oluşturduğu zararlar artmaktadır. Doğu Karadeniz'de arazinin yanlış kullanılması sebebiyle kısa süreli şiddetli sağnak yağışlar can ve mal güvenliği açısından büyük risk oluşturmaktadır. Orman örtüsünün tahrip edilmesi bu riskin şiddetini artırmaktadır. En fazla heyelan çay arazilerinde meydana gelmiştir.

Doğu Karadeniz'de yapılması gereken çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

- Arazi kullanımı değişiminde heyelan riski göz önünde bulundurulmalıdır.
- Özel mülkiyette olsa dahi üzeri boylu ağaçlarla kaplı alanların bitki örtüsünün kesilmesinde heyelan riski göz önünde bulundurulmalı ve heyelan meydana gelmemesi için gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Doğu Karadeniz illerinin kadastro-arazi mülkiyet sorunları çözülmelidir.
- Kentsel-kırsal alan planlamaları bütünleşik havza ilkelerine göre yapılmalıdır.
- Arazi kullanımlarında koruma-kullanma ilkesi titizlikle uygulanmalı, tarım alanlarında drenajı sağlayıcı arazi ıslahı ve korumalı tarım uygulamaları yapılmalıdır.
- Özellikle havzaların yukarı kesimlerinde gereksiz, aşırı ve tekniğine uygun olmayan yol yapım çalışmaları kısıtlanmalı, denetim altına alınmalıdır.

- Verimli tarım arazilerinin tarım dışı kullanımına son verilmeli, bu konudaki denetimler artırılmalıdır.
- Dere yataklarının kenar ve civarında, taşkın sınırlarında yerleşime izin verilmemeli; daha güvenli yerleşim yerleri oluşturulmalıdır.
- Tüm arazilerde yağmur suyu drenaj sistemi oluşturulmalı, atık sular denetim altına alınmalı, bu konuya ilişkin rehabilitasyon çalışmaları yapılmalıdır.
- Tekniğine uygun olmayan menfez ve benzeri drenaj yapıları ile doğal drenajın yeniden tesisi için ihtiyaç duyulan drenaj tesisleri yapılmalı; yol ve sanat yapıları yapım, bakım, onarım ve rehabilitasyon çalışmalarına hız verilmelidir.
- Dereler bütüncül havza yaklaşımıyla yönetilmeli, dere yataklarındaki usulsüz yapı ve tesisler kaldırılmalı, dere yatakları temizlenmeli, dere yataklarına müdahalelerin kontrolü ve denetimi yapılmalıdır.
- Heyelan duyarlılık haritaları ve değerlendirme projeleri yapılmalı, alt ve üstyapı planlamaları ile havza bazlı çalışma yapılacak alanların belirlenmesinde kullanılmalıdır.
- Taşkın, heyelan ve çığlar imar planlarında dikkate alınmalıdır.
- Meraların ıslahı, yönetimi ve korunması ile ilgili çalımalar yapılmalıdır.
- Dere mecralarında geçirgen yapı ve tersip bendi yapılmasına hız verilmelidir.
- Havza bazlı ağaçlandırma, rehabilitasyon, erozyon, sel ve heyelan kontrol çalışmaları yapılmalıdır.
- İhtiyaç duyulan yerlere Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonları (OMGİ) kurulmalıdır.
- Yöre halkı, suyun fazla olduğu dönemlerde nasıl davranacağı ve neler yapması gerektiği hususunda eğitilmeli, sel ve heyelan konusunda bilinçlendirilmelidir.
- Doğu Karadeniz yamaçlarının sahile yakın kesimlerinde iklim ve kayaç yapısı sebebiyle kimyasal ayrışma hızlı olmakta ve ayrışmış toprak kalınlıkları sahile doğru gittikçe artmaktadır. Artan toprak kalınlığına bağlı olarak doğal yamaçlarda izlenen heyelan sıklığı arttığından bu sahalarda kontrolsüz kazı yapılmamalıdır.

Doğu Karadeniz'de yapılması gereken drenaj faaliyetleri aşağıda sıralanmıştır.

- Genel olarak yapılacak tesisler drenaj kabiliyetli olmalıdır.
- Çay ve fındık bahçeleri çevirme hendekleri tekniğine uygun yapılarak kullanımı sağlanmalıdır.
- Çay ve fındık bahçelerinde drenaj ağırlıklı arazi ıslah projeleri geliştirerek fazla suyun tahliyesi sağlanmalıdır. Bu tür projelerin yapılması teşvik edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.
- Yukarı havzalarda yapılacak drenaj, enine yapılar vb. heyelan ve sel kontrol projeleri ile havzanın yamaç hareketlerine karşı daha dirençli hale gelmesi sağlanmalıdır.
- Köy ve orman yollarının drenajı sağlanmalıdır.
- Dere, derecik ve oyuntuların yol geçişlerinde menfez yapıları gözden geçirilmeli, rusubat ile tıkanmalarını önlemeye yönelik iyileştirme çalışmaları yapılmalı, ihtiyaç duyulan yerlere tekniğine uygun menfezler yapılmalıdır.
- Atık suların drenajı sağlanmalı, gömülü altyapı elemanlarında kaçakların olmasına engel olunmalıdır.

3.7.3. Çökme Nedenleri

Çökme, zemin yüzeyinin çok az yatay hareketle veya hiç yatay hareketle aniden batması veya kademeli olarak aşağı doğru hareket etmesidir.

Depremler, kireç taşlarının çözünmesi, madencilik faaliyetleri, doğal gaz faaliyetleri, yer altı suyunun etkisi, mevsimsel etkiler çökmelere neden olmaktadır. Türkiye, Alpin sisteminin kuzey ve güneyden etkisi altında olduğundan Hersiniyen Orojenize ait izler genelde bozulmuştur. Kuzeydeki kol, tektonik bakımdan tali bölümlere ayrılmaktadır. Kuzey Anadolu'da doğu-batı doğrultusunda uzanan devamlı bir çöküntü alanı yer alır.

Saroz Körfezi'nden başlayarak Kuzey Marmara çukurunu ve Düzce, Bolu depresyon alanını içine alan bir hat mevcuttur. Bu hat Kelkit Vadisi, Erzincan, Erzurum Pasinler'i içine alarak Aras çukurluğu ile Türkiye'den çıkmaktadır. Düzce, aktif deprem kuşağı içinde yer almaktadır (1. derece deprem kuşağı). Tektonik bakımdan çok hareketli olan bu bölge Düzce'de de etkisini gösterir. Düzce arazisi henüz oturmuş ve yerleşmiş değildir. Bu nedenle konveksiyon ve çökme hareketleri başlıca faktörlerdir.

Düzce kenti temel kayalardan uzak (en yakını 5 km) güneybatıya doğru 0,5-3 derecelik eğime sahip ovada yerleşmiştir. Akarsu, kanal ve taşkın ovası çökel alanları üzerinde bulunmakta ve genişlemektedir. Bu kesimlerde geç tortul kalınlığı 175-225 m arasındadır. Asar Suyu ve Melen Çayı şehrin içinden geçer ve düzenlenmemiş kanal yerlerinde taşma yapar. Üzerinde yerleştiği litoloji büyük ölçüde silt ve kil, daha az oranda kum ve çakıllardan oluşur. Güneydeki kırık hattına (Düzce Fayı) yaklaşık 7 km mesafededir. Taşkın ovasının, taşkından korunan bölgelerinde kalın bir toprak örtüsü gelişmiştir. Buralarda yüzeyden itibaren su tablası derinliği 2,5-3,5 m arasındadır ve güneye doğru gittikçe sığlaşır. Düşük su tablası seviyesi büyük ölçüde kanal düzenlemeleri ve Melen Çayı'nın 2,5-4,0 m arasında yatağına gömülmüş olması nedeniyle sonradan sağlanmıştır.

Gölyaka ilçesi 17 Ağustos Depremi'nde kırılma gösteren aktif fayın üzerinde bulunmaktadır. Güneydeki temel kayalardan yaklaşık 1 km, kuzeyindeki Çaycuma formasyonundan yaklaşık 1,5 km uzaklıkta akarsu egemen alüvyon yelpazesi ve gölsel çökel bölgesinde geniş alan kaplar. Bu alan üzerinde yerleştiği yerde litoloji çakıl, kum, silt ve kil şeklindedir. Efteni Gölü tüm havzanın hem su toplama merkezi hem de gittikçe derinleşen ve genişleyen depolama merkezidir. Bu nedenle göl civarında 260 m olan tortul kalınlığı gittikçe incelme gösterir. Bu gelişimin devam etmesi ile Gölyaka ilçe merkezi jeolojik gelecekte göl içinde kalacaktır. Gölyaka ilçesinde geçen akarsu yatağı düzenlenmiş ve derinleştirilmiştir. Bu nedenle yer altı su tabakası 1,5-2,5 m arasında bulunur.

Çilimli ilçe merkezi, Çaycuma formasyonu içine saplanmış göreceli eski bir alüvyon yelpazesinin üzerinde, kısmen temel kayalar üzerine oturmaktadır. Hemen önünde Çilimli fayı uzanır. Güncel akarsu yelpazeyi derin şekilde yarmış ve düşük bir rölyef yaratmıştır. Çilimli'nin hemen kuzeyindeki heyelanların oluşumuna da bu derin deşilmenin rolü vardır. İlçenin bulunduğu kesim ve kuzeyi fazlaca engebelidir. Ancak buradaki fayların (Çilimli fayı dâhil) yakın dönemde bir aktivitesi izlenmemiştir.

Gümüşova, Yığılca türü volkanit üzerinde yerleşmiştir. Burada litoloji volkanik breş ve tüflerdir. Birimin üzerinde, topoğrafyaya bağlı olarak 0,5-1,5 m kalınlığında toprak örtüsü gelişmiştir. Cumayeri, batıdan gelen mevsimlik bir akarsuyun Melen Çayı'na ulaştığı yerde yerleşmiştir. Temel kayalar kuzeyden 1 km, güney batıda 2 km mesafede bulunur. Alüvyal kökenli tortul kalınlığı 100-130 m arasında tahmin edilmektedir. Egemen litoloji ince kum, silt ve kildir. Melen Çayı'nın menderesli akışı hem drenajı hem de yöredeki tortul tipini belirlemiştir.

Çökme çukurları, özellikle karstik bölgelerde yaygın görülen doğal jeolojik yapılardan biridir. Harran Ovası'nın doğu ve batısını çeviren Eosen yaşlı kireçtaşları ile sınırlanmış olup bu birim aynı zamanda Pliyosen/Pleistosen yaşlı kil, kum ve çakıldan oluşan sedimentlerin tabanını ve ovanın taban topografyasını oluşturur. Eosen yaşlı kireçtaşları karstlaşmaya oldukça elverişli, bol çatlaklı bir formasyondur. 1998 yılında meydana gelen çökme çukuru, Miyosen yaşlı kireçtaşı formasyonu ile (Fatik serisi) Pliyosen çökellerinin (Harran serisi) dokanağına yakın bir bölgede oluşmuştur.

Özellikle GAP projesi kapsamında sulama faaliyetlerindeki yoğunlaşma ve artan yıllık yağış miktarı, taban suyu seviyesinin yükselmesine sebep olmuştur. Zemini oluşturan ana kaya içerisindeki karstik boşluklar vasıtasıyla ortamdan uzaklaşan yer altı suyu çözdüğü veya gevşettiği materyali beraberinde taşımıştır. Sonuç olarak yüzey ve yüzeye yakın kısmı oluşturan nispeten sert kütle kendi ağırlığı altında çökerek bugünkü yapıyı oluşturmuştur.

Çökme çukurlarının oluşumu için temel etken, zemini oluşturan kireçtaşı veya benzeri eriyebilir formasyonların (dolomit, jips, halit vb.) asidik bir özelliğe sahip su ile çözülmesine bağlanabilir.

Toprak zonundan sızmakta olan yağmur suları, yaşayan veya çürümüş halde bulunan bitki veya diğer organik materyal ile reaksiyona girerek asidik bir özellik kazanır. Asidik su, zemini oluşturan kireçtaşı içerisindeki kırık ve gevşek tabakalar arasına sızarak çözülmelere ve dolayısıyla boşlukların oluşmasına sebep olur. Bu kimyasal çözülme, sonuç olarak yersel boşluk ve mağara benzeri oluşumlara sebep olur. Bu boşlukların zamanla büyümesi, tavanı oluşturan örtü materyalinin kendi ağırlığı altında ani (cover-collapse sinkhole) veya yavaş yavaş çökmesine (subsi-dence sinkhole) sebep olur. Oluşum mekanizmalarına bağlı olarak bu tür oluşumlar üç gurupta toplanabilir. Bunlar; erime çukurları, dereceli çökme ve ani çökme çukurlarıdır.

Erime çukurları, özellikle kireçtaşının yüzeye yakın çıplak veya ince bir toprak ve geçirimli kum ile kaplı olduğu alanlarda yaygınlık gösterir. Erime olayının en etkili olduğu alan özellikle yüzey sularının derine sızmasına müsait olan kırık ve çatlakların birbirleriyle bağlantılı olduğu kireçtaşı yüzeyi ile bunu örten toprak tabakasının dokanak alanlarıdır. Çökme çukurlarının en yaygın tipini oluşturan bu türde erime çukurlarının gelişim hızı, zemini oluşturan kireçtaşının erime oranlarıyla tam bir paralellik gösterir. Sonuçta, yavaş yavaş çökme eğilimi gösteren arazi yüzeyleri oluşur. Depresyon şeklinde gelişen bu yüzeyler, büyüme oranlarına bağlı olarak yüzeyden akan sular için birer toplama alanı oluşturur.

Yüzey suları genellikle kum, kil ve silt partiküllerini bu depresyon alanlarına biriktirerek, özellikle merkezde daha az geçirimli bir örtü oluşturarak geçici göl veya bataklıkların (lagün) oluşumuna müsait alanlar oluşturur. Dereceli çökme çukurları (cover-subsidence sinkhole), ana kayanın (kireçtaşı) 15-30 m kalınlığında geçirimli kum ve oldukça ince kil tabakası ile örtülü olduğu alanlarda gelişme gösterir. Bu şartlar altında, gevşek yapıda olan kum taneleri sıra halinde derine doğru hareket ederek kireçtaşı içerisinde önceden oluşmuş erime çukurlarını doldurur. Bu tipteki çökme çukurları derinlik olarak birkaç metreyi geçmez. Bunun nedeni ise kireçtaşı içerisindeki erime boşluklarının kum taneleri ile doldurulmadan önce yeterli büyüklüğe erişememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Genel olarak karstik bölgelerde anakayayı (kireçtaşı) örten toprak tabakasının kalınlığı ile söz konusu toprak içerisinde bulunan kil oranı arasında doğru bir orantı olduğu ileri sürülmektedir. Bu kil tabakası, üzerinde veya içerisinde bulunduğu diğer toprak materyali için kohezif bir özellik gösterir ve böylece daha aşağılarda kireçtaşı ana materyali içerisinde oluşan mağaramsı boşluklar üzerinde kemerlenme görevi görür. Bu kemerlenmenin zaman içerisinde direncini kaybederek çökmesi durumunda ani çökme çukurları oluşur.

Çökme çukurlarının oluşumuna işaret eden başlıca belirtiler aşağıda sıralanmıştır.

- Ağaç veya istinat duvarlarında eğilme, çarpılma veya kayma belirtilerinin gözlenmesi.
- Ağaç, muhtelif istinat duvarları veya yapıların toprakla temas alanlarında taze yüzeylerin ortaya çıkması.
- Daha önceleri oluşmadığı halde arazide yağmur sonrası göllenmelerin oluşması.
- Bitki örtüsünün özellikle çökmenin oluşabileceği alanlarda dairemsi şekilde kümelenmesi.
- Çökme çukurunun ilk oluşum evrelerinde yakın civarda bulunan içme suyu temin edilen kuyularda su kalitesinin sebepsiz yere bulanıklaşması.
- Yapılardaki kapı veya pencerelerin düzenli olarak kapanmaması.
- Yapıların duvarlarında, tabanında veya sıvalarda çatlakların görülmesi.

Şanlıurfa'nın 32 km güneyinde, Akçakale ilçesinin 20 km kuzeybatısında yer alan Ortaören köyünün 1,5 km batısında, Harran Ovası'ndan karstik formasyonlu Fatik Dağlarına geçiş zonunda bir çökme çukurunun oluştuğu ilk olarak 1998 yılında yapılan arazi çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Yerinde yapılan inceleme sonucunda, çukurun 10 m çapında ve 10 m derinliğinde olduğu tespit edilmiştir. 2002 yılında yapılan incelemelerde, çukurun oval şekilli olup 10 m en, 15 m boy ve 15 m derinlikte olduğu, buna karşın 2003 yılında yapılan incelemelerde ise söz konusu oluşumun boyutlarının daha da büyüyerek yaklaşık olarak 20 m en, 22,5 m boy ve 15 m derinlikte olduğu tespit edilmiştir.

3.7.3.1. Obruklar

Yer altında kireçtaşı gibi eriyebilen kayaçların zamanla boşluklar meydana getirmesi ve bu boşlukların tavanlarının çökmesiyle oluşan karstik yer şekilleridir. Yer altı suyunun, karbondioksit ile birleşimi sonucu karbonik asit oluşur. Oluşan karbonik asit kireç taşının yoğun olduğu toprakları zamanla çözerek yer altında mağaralar oluşmasına neden olur. Belli sürelerden sonra mağaranın üstünde bulunan toprak çöker ve çökme sonucu oluşan bu derin çukurlara **obruk** denir.

Ülkemizde obrukların en fazla görüldüğü yer Konya havzasıdır. Bunlardan en önemlisi 300 m genişliği 171 m derinlikte olan Kızören Obruğu'dur. Konya havzasından sonra obrukların yaygın olduğu diğer alan ise Antalyanın Çimiköy Platosu'dur. Mucur Obruğu, Cennet ve Cehennem Obrukları önemli derinliklere sahip diğer obruklardır.

Konya-Karapınar'daki obruklardan bazıları şunlardır: Küçük Sekizli Yaylası Obruğu, Kolca Yaylası Obruğu, Akören Obruğu, Putur Obruğu, Yarım Obruk, Çifteler Obruğu, Ak Obruk, Dikmen Obruğu, Büyük Fidancı Obruğu, Hamam Obruğu.

Obruklar, karstik çözünme sonucu oluştuğu gibi, karst çukurlarının tavanlarının çökmesiyle de oluşur. Obrukların derinlikleri birkaç metreden başlayarak birkaç yüz metreye kadar inebilir. Bazılarının biçimi silindire benzer ve dipleri görünür. Bazılarında ise görünmeyen dip kısım bir mağaraya açılır ve çok derinlere kadar iner. Obrukların bazılarının dibinde su, bazılarında ise karbondioksit ve kükürtlü gazlar bulunur.

Ülkemizde oluşan başlıca obruklar Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Türkiye'deki Başlıca Obruklar

Obruk adı	Derinliği (m)	Obruk adı	Derinliği (m)
Kuru Obruk	48	Hamam Obruğu	46
Meyil Obruğu (göl düzeyi)	104	Kızıl Obruk	91
Ak Obruk	75	Celal Obruğu	20
Karain Obruğu (su düzeyi)	95	Kurk Obruğu	20
Yeni Opan Obruğu	32	Yunus Obruğu	32
Yarım Obruk	47	Kayalı Obruğu	25
Derin Obruk	90	Çifteler Obruğu I	75
Fincan Obruğu	55	Çifteler Obruğu II	70
Potur Obruğu	82	Cehennem Deresi Obruğu	25
Cennet Obruğu	135	Dikmen Obruğu	95
Cehennem Obruğu	110	Kızören Obruğu (göl düzeyi)	171
Kangallı Obruğu	62	Karkın Obruğu	56
Zincancı Obruğu	57	Güvercinli Obruğu (göl düzeyi)	72
Çıralı Obruğu (göl düzeyi)	125	Berket İni Obruğu (su düzeyi)	15

Obruklar; doğal jeolojik, hidrojeolojik, yapısal jeolojik ve jeomorfolojik koşulların etkileri ile oluşmaktadır. Obruk oluşumuna etken olan nedenler, doğal ve antropojenik nedenler şeklinde iki ana grupta ele alınır.

Obruk oluşumuna neden olan başlıca etkenler;

1. Zemine artan su girişi,
2. Su tablası düşüşü,
3. Suyun tutulması (depolanması),
4. Erozyon ve kazılar,
5. Statik yükler,
6. Dinamik yükler,
7. Donmuş zeminlerin çözünmesi,
8. Bitki örtüsünün azaltılması ve erozyon olmak üzere 8 ana başlık altında toplanmıştır (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: Obruk Oluşumunda Etkili Olan Doğal ve Antropojenik Etkenler			
Obruk Oluşumu Şekli	**Etkileri**	**Doğal Etkenler**	**Antropolojik Etkenler**
Zemine artan su girişi (örtü ve ana kaya)	• Çözülmeyi artırır. • Boğulmayı (yutulma) hızlandıran süzülmeyi artırır. • Sedimanların ağırlığını arttırır. • Sedimanların mekanik mukavemetini ve taşıma gücünü azaltabilir.	• Aşırı yağışlar • Seller • Kar ve buzul erimesi	• Tarımsal sulama • Kamu hizmetlerinden sızıntılar (boru, kanal, hendekler vb.) • Suyun depolanması • İkincil tur yoğunlaşması (şehirleşme, sulama, drenaj kuyuları) veya suyun yönünün değiştirilmesi • Bitki örtüsünün kaldırılması • Sondajlar, belgesiz kuyular • Sıvı enjeksiyonu, çözelti madenciliği
Su tablası düşüşü	• Sedimanların etkili ağırlığını arttırır (şamandıra desteği kaybı). • Yavaş ve serbest su akışı. • Yeraltı su tablası çözülebilir kaya seviyesinin altına indirildiğinde boğulma ve yutulmayı destekleyen daha hızlı aşağı süzülmeye dönüşür. • Sızma etkisi.	• İklim değişikliği • Deniz seviyesi düşmesi • Drenaj ağının sabitlenmesi • Tektonik yükseliş • İzostatik geri tepme • Halokinetik yükseliş	• Suyun tecrit edilmesi • Madencilik işlemleri için su tecrit veya susuzlaştırma • Göllerdeki su seviyesinin düşmesi (Ölü Deniz) • Drenaj görevi gören kazılar
Suyun tutulması (Suyun depolanması)	• İç erozyon ve çözülmeyi destekleyen hızlı türbülans akışlarına yol açan son derece yüksek hidrolik gradyanlar oluşturabilir. Baz seviyesinin yükselmesi yer altı suyu akış yollarını ve deşarj bölgelerinin konumunu değiştirebilir. • Su tablasındaki büyük ve sürekli değişiklikler, karst kanallarının tekrar tekrar dolma ve boşalmasına neden olur. • Yük uygular.	• Doğal göller	• Barajlar, göletler • Su depolamaları • Kanalizasyon lagünleri

Tablo 3.6: Obruk Oluşumunda Etkili Olan Doğal ve Antropojenik Etkenler			
Obruk Oluşumu Şekli	**Etkileri**	**Doğal Etkenler**	**Antropolojik Etkenler**
Erozyon ve kazılar	• Boşluk çatılarının kalınlığını ve mekanik mukavemetini azaltır. Yer altı suyu akışlarının yolunu ve hızını değiştiren yeni bir taban seviyesi oluşturabilir. • Dâhili olarak aşınmış su kaynakları için bir çıkış yaratabilir. • Yer altı suyu akışlarını bozar.	• Erozyon süreçleri • Biyojenik borular	• Kazılar • Klasik ve çözelti madenciliği • Galeri açma
Statik yükler	• Boşluk örtülerinin ve sıkıştırma işlemlerinin başarısını önler. • Daha önce var olan kırıkların ve boşlukların boşaltılmasını sağlar.	• Buzul donma ve çözülme • Çökelme süreçleri	• Mühendislik yapıları • Döküm alanları • Ağır vasıtalar
Dinamik yükler	• Örtü kayanın direncini azaltır ve toprakların mukavemetinde azalmayı sağlayan sıvılaşma işlemlerine neden olabilir.	• Depremler • Volkanik patlamalar	• Yapay titreşimler • Patlatmalar
Donmuş zeminlerin çözünmesi	• Çözünmeyi artırır. • Sedimenlerin gücünde önemli azalma oluşur.	• İklim değişikliği	• Kentsel gelişim • Ormansızlaşma
Bitki örtüsünün azaltılması ve erozyon	• Boşluk örtülerinin mekanik mukavemetini azaltır (kök çekimi). • Süzülme ve sızmayı yoğunlaştırabilir. • Yer altı suyu akışları için yerel bir taban seviyesi oluşturabilir.	• Vahşi yangınlar	• Bitki örtüsünün azaltılması

Çözünebilir nitelikte kayaçların bulunduğu bölgelerde örtü malzemesinin niteliği de oluşabilecek çökmenin yapısını kontrol edebilmektedir. Kum, silt gibi kohezyonsuz kırıntılılardan oluşan örtü malzemesinin bulunduğu alanlarda yer altındaki boşluklar kayaçların çatlak ve kırıklarından aşağı hareket eden ince kum ve silt gibi malzemelerle doldurulmakta olup yüzeyde yavaş yavaş yaklaşık dairesel geometrili değişken boyutlu çukurluklar oluşmaktadır. Bu tür obruklar sürekli olarak çöken bir yapıya sahip oldukları için çökmeler yüzeyden izlenebilmektedir (Resim 3.4). Bu obruklarda ani olarak çökme beklenmediğinden üzerinde yaşayanlar için izleme ve erken uyarı sistemleri geliştirilerek tehlikeler için önlem alma imkânı bulunmaktadır.

Resim 3.4: Konya-Karapınar'da oluşmuş bir obruk

Kil bakımından zengin kohezyonlu toprak örtülerinin olduğu yerlerde yağışlarla aşağı doğru malzeme hareket etmemekte olup alttaki boşluk giderek büyümekte ve örtü malzemesinin ağırlığı ile ani kesin kenarlı çökmeler meydana gelmektedir. Bu tip obrukların gelişiminde çökme öncesinde bazen yüzeyde herhangi bir belirti oluşmadığından önlem almak oldukça zordur (Resim 3.5). Dolayısıyla obruk riski olan kohezyonlu örtü veya tavan kayacının bulunduğu bölgelerde periyodik olarak yer altı yapısı izlenmelidir.

Resim 3.5: Konya-Karapınar'da oluşmuş obruklar

SIRA SİZDE

Obruk oluşumuna neden olan başlıca etkenleri sıralayınız.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.8 UYGULAMA

8 (6) DERS SAATİ

HEYELANLAR VE ÇÖKMELER

Bu çalışmanın amacı, heyelanlar ve çökmeler ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Heyelanlar ve çökmeler ile ilgili uygulamayı, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmeler.

İstenenler

Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerin gerçekleştiği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.), gerçekleşmesine neden olan etkenleri, can ve mal kayıplarını, yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını içeren rapor hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve İç Anadolu Bölgesi'nde çökmeler ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmeler ile ilgili bilimsel verileri kullanarak raporu hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmeler (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırılır.
2. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelerin gerçekleşmesine neden olan etkenler araştırılır.
3. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelerden kaynaklanan insan can kayıpları araştırılır.
4. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelerden kaynaklanan evcil hayvan ve besi hayvanları can kayıpları araştırılır.
5. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmeler sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayıları araştırılır.
6. Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleşen heyelan ve çökmelere ait rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanların ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerin gerçekleştiği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırdınız mı?		
2	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanların ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerin gerçekleşmesine neden olan etkenleri araştırdınız mı?		
3	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlardan ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerden kaynaklanan insan can kayıplarını araştırdınız mı?		
4	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlardan ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelerden kaynaklanan evcil hayvan ve besi hayvanları kayıplarını araştırdınız mı?		
5	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlar ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmeler sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını araştırdınız mı?		
6	Karadeniz Bölgesi'ndeki heyelanlara ve İç Anadolu Bölgesi'ndeki çökmelere ait raporu hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

BİLGİ KUTUSU

Ülkemizde ve çevremizde diri fay zonlarının ve yüksek deprem magnitüdü yaratabilecek özellikte uzun segmentlerin yer aldığı 15 sismik boşluk mevcuttur. Bu sismik boşluklar ve civarındaki sismik aktivite inceleme çalışmaları hızlandırılmalıdır. Sismik boşlukların öncelikle son yıllarda en yüksek sismik aktiviteyi gösteren yüzyıllardır suskun olan KAFZ üzerinde Yedisu düzlüğü, DAFZ üzerindeki büyük bir deprem gerçekleşmeyen Hazar gölü (Palu-Sincik) ve EGS üzerindeki Argıthanı (Sultandağı) sismik boşlukları ele alınması çalışmaları dikkatle yürütülmelidir.

Sismik boşlukların özellikle 0-25 km civarındaki yerleşkelerde bulunan okullar, konutlar, hastaneler, kamu binaları, otoyollar, barajların ve santrallerin hassasiyetle depreme dayanım testlerinden geçirilmesi ve dayanımı yetersiz olanların güçlendirme onarımları süratle yapılmalıdır. Fay hatlarının kesişim bölgelerinde yer alan Karlıova, Bingöl, Varto, Kığı, Pülümür gibi yerleşim merkezlerindeki çok sık olan küçük ve orta deprem aktivitesi nedeni ile yapıların dayanımı titizlikle incelenmelidir. Tüm sismik boşluklarda yeni yapılacak binaların da proje ve yerinde uygulaması hassasiyetle takip edilmelidir.

Ülkemizde büyük depremlerde (Ms > 7.0) ve depreme bağlı olarak gerçekleşen ikincil afetlerde; 1:1 doğrusuna yakın 1 bina başına 1 can kaybı oranın sistematik olarak eğitim, proje ve uygulama alanlarında yapılacak iyileştirmeler ve çalışmalarla kademeli şekilde 1:100 ardından 1:500 seviyesine çekilmesi hedeflenmelidir.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Yaşadığınız ilde veya yakın illerde meydana gelen su taşkını ve seller ile ilgili yaşanılan olumsuzluklar hakkında araştırma yapınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.9. SU TAŞKINLARI VE SELLER

Doğal afet olarak, bir akarsuyun muhtelif nedenlerle yatağından taşarak çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayına **sel** denir.

Seller birkaç saat veya birkaç gün içinde oluşabilir. Kısa sürede oluşan, dolayısıyla etki süreleri de kısa olan seller, **ani seller** olarak adlandırılır. Sellere oluştukları ve etkili oldukları yerlere göre akarsu selleri (taşkın), baraj selleri, kıyı selleri, dağlık alan selleri, şehir selleri gibi çeşitli adlar verilir. Bunlar arasında yaygın, sık ve etkili olanı akarsu selleri yani taşkınlardır. Her akarsuyun bulunduğu yere ve havza özelliklerine göre bir rejim, bir akım değeri söz konusudur. Bu akım değeri ani sağanak yağışları, dolu yağışları, hızlı kar erimeleri, deniz yükselmeleri ya da baraj yıkılmaları gibi bazı nedenlerle artan su kütlesine bağlı olarak yükselebilmektedir.

Akım değerini arttıran suyun büyük bir bölümünü, yan kollardan ve yamaçlardan düzensiz bir biçimde gelen yüzey suları oluşturur. Aynı zamanda bol miktarda yüke de sahip olan bu sular akarsulara karıştıklarında, akarsuyun su kütlesinde ve hızında bir artışa neden olur. Normalde belirli bir yatak içinde akan akarsu, fazla suyu taşıyamaz ve taşarak taşkın yatağından akmaya başlar. Taşkın yatağındaki fazla suyun çevredeki alanlara yayılması olayına **nehir seli** ya da **taşkın** denir. Bir başka ifadeyle taşkın; akarsularla ilişkili bir sel olup akarsuyun aşırı yağış, ani kar ve buz erimeleri gibi daha birçok nedene bağlı olarak yatağından taşarak çevresindeki düz ve çukur alanlara yayılması, canlı cansız ve kültürel çevreye zarar vermesi olarak tanımlanabilir.

Sel olayının meydana geldiği bir havzada, yukarı kesimlerde erozyon daha etkilidir. Aşağı kesimlerde ise taşınan malzemenin su ile birlikte yayılması sonucu birikme meydana gelir. Bu nedenle, yukarılarda meydana gelen selden daha az alan etkilenirken aşağı kesimlerde geniş alanlar su altında kalarak tarım arazileri, ulaşım ağları, yerleşim birimleri, turizm, ticaret ve sanayi alanları olumsuz etkilenebilmektedir. Bu bakımdan normal bir doğa olayı olarak meydana gelen sel, yanlış arazi kullanımı, çarpık yerleşme, ormanların tahribi gibi beşeri nedenlerle doğanın dengesinin bozulması sonucu afete dönüşerek büyük sosyoekonomik sorunlara yol açmaktadır.

3.9.1. Su Taşkını ve Sellerin Oluşum Nedenleri

Sel oluşumunda etkili olan temel faktörler klimatolojik-meteorolojik ve jeolojik-jeomorfolojik (yapı ve yeryüzü şekilleri) özellikler ile toprak özellikleri, bitki örtüsü ve insandır.

Dünyanın birçok bölgesinde aşırı yöresel yağışlardan veya toplu kar erimelerinden sonra yaşanan akarsu taşkınları sel olayının en yaygın örneğidir. Sel, yaşandığı bölgenin iklim koşullarına, jeoteknik ve topoğrafik niteliklerine bağlı olarak gelişen bir doğal oluşumdur. Ancak sel problemi veya afeti tamamen insan aktivitelerinin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Sel riski bulunan sahalarda önceden tedbir alınmaksızın süregelen kontrolsüz kentleşme faaliyetleri dünyanın her köşesinde sel afetinin en önemli nedenidir.

İklimsel Nedenler: Bilindiği gibi yağış ve sıcaklık, yüzey suları üzerinde doğrudan etkili olan unsurlardır. Bir yerin yağış özelliklerini yıllık toplam yağış miktarı, yağışın aylara ve mevsimlere dağılışı, cinsi ve şiddeti belirlemektedir. Ancak beklenen zamanda, yerde ve miktardaki yağış dışında meydana gelen ani ve uzun süreli sağanak yağışlar, kısa zamanda büyük su kütlesinin yamaçlar ve/veya akarsu yatakları boyunca kontrolsüz biçimde akışa geçmesi ile akarsu yataklarında taşkına ve yamaçlarda sele neden olmaktadır.

Sıcaklıkta meydana gelen ani yükselmeler, özellikle ilkbahar döneminde bir yandan buharlaşmanın artmasına, bir yandan da kar ve buz erimelerine sebep olur. Kısa zamanda ortaya çıkan büyük su kütleleri, ani sel olayının meydana gelmesinde önemli bir etkendir. Bu bakımdan yağış ve sıcaklık değerlerindeki ani ve olağan dışı artışlar seli meydana getiren olayların başında gelmektedir. Örneğin Karadeniz Bölgesi'nde sıcaklığın artışına paralel olarak akım da artmaktadır. Bu bölgede en yüksek akımlar, yağışın azaldığı ve sıcaklığın yükseldiği mayıs ayında görülmektedir. Düşük akımlar ise yağışın arttığı ancak kar şeklinde düştüğü kış aylarındadır. İç bölgelerimizde ise en yüksek akımlar, karların eridiği ilkbahar dönemine rastlamaktadır.

Jeolojik ve Jeomorfolojik Özelliklerden Kaynaklanan Nedenler: Bir havzadaki kayaçların cinsleri, geçirgenlik ve aşınmaya karşı gösterdikleri direnç durumları ile havzanın şekli, yüksekliği ve eğim özellikleri, dağların uzanışı ve bakı özellikleri, drenaj şartları gibi daha birçok özellik, sele karşı duyarlılığının artmasına veya azalmasına neden olur. Gözenekleri nedeniyle geçirgenliği fazla olan kayaçların bulunduğu yerlerde sızmanın fazlaca meydana gelmesi yüzeysel akışın azalmasına, dolayısıyla sel şiddetinin ve riskinin de azalmasına neden olur. Geçirimsiz kayaçların olduğu yerlerde ise yağışlardan ve kar erimelerinden kaynaklanan suların çok büyük bir kısmı yüzeysel akışa geçeceği için sel olayı daha sık ve şiddetli olur.

Toprağın bünyesi ve yapısına bağlı olan sızdırma kapasitesi de sel olayı bakımından büyük önem taşır. Gözenekliliği fazla, organik madde bakımından zengin toprakların sızdırma kapasitesi yüksektir. Sızma, toprak doygun hale gelene kadar devam eder. Bundan sonra yağışlardan kaynaklanan sular yüzeysel akışa geçer ve sellenme meydana gelir. Sızma kapasitesinden az olan yağışlar, yüzeysel akışa geçemez. Ayrıca, toprak neminin yüksek olması toprağın emme kabiliyetini azaltarak yüzeysel akışı hızlandırır. Buna karşılık toprak neminin azaldığı yerlerde, sızma olayı kuvvetlenir ve sel riski daha azalır.

Eğimi fazla yamaçlara sahip bir havzada, ani sağanaklar ve ani kar erimelerinin ardından yüzeysel akışa geçen su miktarı artar. Akımda hızla yükselmeler olur ve yamaçları kaplayarak akan sular sel meydana getirir. Havzanın yan kollarının taşıdığı fazla sular farklı zamanlarda havza tabanına ulaşacağı için akımda ani yükselmeler daha az meydana gelir ve sel riski azalır. Buna karşılık dairemsi şekle sahip havzalarda yan kolların hemen hemen aynı zamanda havza tabanına ulaşması, sel riskini artırmaktadır. Yamaç eğimi az olan su toplama havzalarında, suların akış hızı azalmakta, uygun zeminli alanlarda sızma daha çok gerçekleşmekte ve buharlaşma daha çok olmaktadır. Böyle alanlarda akım yavaş yavaş yükseldiği için sellenme riski diğerlerine oranla daha azdır. Dağların nemli rüzgârlara açık yamacı diğer yamacına göre daha fazla yağış alır. Bu bakımdan bakı, sellenmenin meydana gelmesi açısından önemli bir unsur olarak karşımıza çıkar.

Bitki Örtüsünden Kaynaklanan Nedenler: Bitki örtüsü yönünden zengin olan yerlerde, özellikle çayır ve ormanlarla kaplı alanlarda toprak daha gözeneklidir. Ağaç dalları ve yaprakları, yağışın toprağa ani inişini engeller. Bitki gövdeleri ise yüzeysel akışın hızını azaltır. Dolayısıyla sızma oranı artmakta ve sel riski azalmaktadır. Buna karşılık bitki örtüsü yönünden fakir olan yerlerde özellikle sağanak yağışların hemen ardından sellere daha sık rastlanmaktadır.

İnsan Etkilerinden Kaynaklanan Nedenler: İnsanların teknolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel etkinliklerinin selin afete dönüşmesinde ve kendisine zarar verebilecek hale gelmesi üzerinde çok önemli rolü vardır. İnsanların çeşitli faaliyetleri için sele hassas alanları tercih etmeleri, selin afete dönüşmesi yönünde etkili olmaktadır.

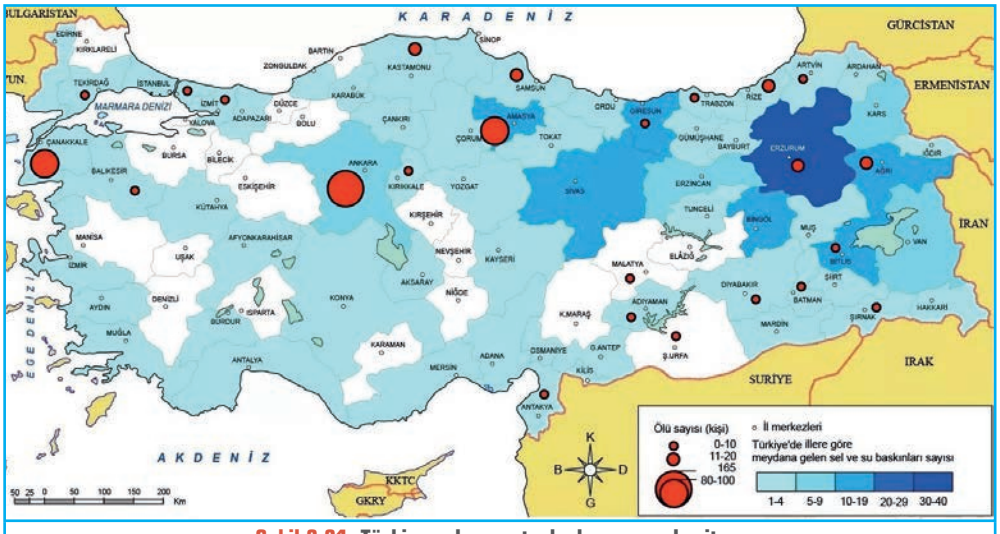
Türkiye'deki Akarsu Havzaları ve Görülen Sel Olayları

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de sel olayı, en sık görülen ve en çok zarar veren doğal afetler sıralamasında başlarda yer almaktadır. Bilindiği gibi sel, doğanın dengesinin korunabilmesi için mutlaka gerçekleşmesi gereken olaylardan birisidir ve belirli sınırlar içinde normal kabul edilebilir. Ancak sel, çoğu zaman daha önce de belirtildiği gibi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde can ve mal kaybına neden olan bir felakete dönüşebilmektedir. Ülkemizde sel ya da bir diğer ifade ile taşkın afetleri, depremlerden sonra en büyük can ve mal kayıplarına neden olan doğal afettir. Örneğin 1957 yılı Eylül ayında Ankara'nın Hatip Çayı vadisinde yaşanan taşkın sonucu 185 can kaybı yaşanmıştır. Taşkınların kontrolü ve zararlarının azaltılmasına yönelik olarak genelde yapısal önlemlerin alınması gereklidir. Selin afete dönüşmesi ve ülkelerin doğal, beşeri ve ekonomik varlıklarına zarar vermesi, insanların birtakım faaliyetleriyle yakından ilgilidir.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde sel ve su taşkını olaylarının oluşum ve afetlere dönüşmesi;

- Arazilerin yanlış kullanımı,
- Ormanların çeşitli nedenlere bağlı olarak tahrip edilmesi,
- Yerleşme ve sanayi alanlarının seçiminde yapılan hatalar,
- Altyapı yetersizliği,
- Hızlı nüfus artışı,
- Sel ve su taşkınlarına karşı gerekli teknolojiyi kullanma imkânının olmaması gibi pek çok nedenlerden dolayı sel ve su taşkınları daha etkili olmakta ve birçok ülkede doğal afetlerde neredeyse ilk sırayı almaktadır.

Ülkemizde yukarıda sayılan nedenlerden dolayı, doğal olarak meydana gelen sel olayı, genellikle afet boyutuna ulaşmakta, özellikle büyük yerleşim alanlarında çok büyük can ve mal kayıpları olmakta ve önemli sosyolojik ve psikolojik sorunlar yaşanmaktadır. Bu nedenle, ülkemizin artan nüfusunun ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için akarsularımızın özelliklerinin incelenerek değerlendirilmesi, sel/taşkın karakterinin belirlenmesi ve daha sonra planlamaların yapılması büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde 1900-2023 yılları arasında meydana gelen sel ve su taşkınları sayıları Şekil 3.31'de görülmektedir.



Şekil 3.31: Türkiye sel ve su taşkınları sayısı haritası

T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün hazırlamış olduğu taşkın yıllığında, ülkemizde özellikle son yıllarda yaşanan önemli sel olayları, akarsu havzaları dikkate alınarak incelenmiş ve 26 akarsu havzası ayırt edilmiştir. Ancak subtropikal kuşakta, Akdeniz makroklima alanı içerisinde kalan ülkemizde, yıllar arasında büyük yağış değişkenlikleri meydana gelir. Ayrıca coğrafi bölgelerdeki iklim farklılıkları nedeniyle yağışlar ülke yüzeyine eşit dağılmadığı gibi mevsimlere göre de önemli farklılıklar gösterir. Bu nedenle, yağış koşulları ve sellerin oluştuğu aylar esas alındığında Türkiye akarsu havzaları 6 grupta toplanmıştır.

1. **Karadeniz Bölgesi Akarsu Havzaları:** Çoruh, Doğu Karadeniz, Yeşilırmak, Kızılırmak, Batı Karadeniz, Sakarya ve Kuzey Marmara akarsu havzalarıdır. Buralarda sel, daha çok mayıs, haziran, temmuz aylarında meydana gelir. Bunun temel nedeni, kuzey ve batı Avrupa üzerinden gelen kararlı hava kütlelerinin Karadeniz üzerinden geçerken nem kazanması, ısınması ve kıyının hemen gerisindeki Kuzey Anadolu Dağlarının yamaçları boyunca yükselmesiyle oluşan etkili orografik yağışlardır. Kısa süreli ve saatlik şiddetli yağışlarda özellikle Doğu Karadeniz Bölümü sel riskinin yüksek olduğu bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. **Marmara Bölgesi Akarsu Havzaları:** Meriç, Ergene, Susurluk ve diğer akarsu havzalarıdır. Buralarda sel daha çok kış ve ilkbahar aylarında görülmektedir. Kışın, Balkanlar ve Akdeniz üzerinden gelen alçak basınçlar (Akdeniz ve İzlanda alçak basınçları) ve bunlara bağlı cephe sistemlerinin yol açtığı sağanak yağışlar, ilkbahar aylarında ise yükseklerdeki kar örtüsünün ani erimesi ve denizden uzak iç kesimlerde etkili konveksiyonal yağışlar, taşkınlara neden olmaktadır.
3. **Batı Anadolu Bölgesi Akarsu Havzaları:** Kuzey Ege, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Batı Akdeniz akarsu havzalarıdır. Kış mevsiminde görülen sel olayları, Akdeniz üzerinden gelen depresyonlar ve buna bağlı cephe sistemlerinin neden olduğu sağanak yağışlardan kaynaklanır. İlkbahar ve yaz başlarında görülen seller ise kar erimeleri ile konveksiyonal ve orografik yağışlarla ilgilidir. Bu alanda kıyılarda depresyonik ve orografik yağışlar etkili olurken iç kısımlarda ve çukur alanlarda konveksiyonal, dağlık kesimlerde ise orografik yağışlar etkili olmaktadır.
4. **Akdeniz Bölgesi Akarsu Havzaları:** Seyhan, Ceyhan, Asi ve Antalya çevresi akarsu havzalarıdır. Akdeniz Bölgesi, daha çok kış mevsiminin sonları ile ilkbahar mevsiminin başlarında en kuvvetli yağışlarını alırken seller en fazla kısa süreli sağanak yağışlardan kaynaklanmaktadır. Kış mevsiminde Akdeniz (Cenova, Doğu Akdeniz) ve İzlanda üzerinden gelen depresyonlar ve bunlara bağlı cephe sistemlerine bağlı olarak meydana gelen yağışlar ile ilkbaharda kar erimeleri sellere neden olur. Antalya Körfezi'nin doğu ve batısındaki dağlar üzerinde yükselen ılık ve nemli hava kütleleri, göller yöresinden gelen soğuk hava ile karşılaşarak özellikle kış aylarında şiddetli sağanak yağışları meydana getirir. Seyhan ve Ceyhan havzalarında, özellikle ilkbahar aylarında Doğu Toroslar üzerinde yükselen hava kütleleri orografik yağışlara, bu yağışlar ve taşınan ılık hava, yükseklerdeki kar örtüsünün hızla erimesine neden olur. Böylece Seyhan ve Ceyhan akarsu havzalarında ilkbaharda sık sık taşkınlar meydana gelir.
5. **Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Akarsu Havzaları:** Fırat, Dicle ve Aras Nehri akarsu havzalarıdır. Fırat ve Dicle akarsu havzalarında taşkınlar, daha çok kışın Akdeniz üzerinden gelen alçak basınç ve cephe sistemlerinin neden olduğu ve güneydoğu Torosların orografik etkisiyle oluşan yağışlarla ilişkili olarak meydana gelir. İlkbahar ve yaz aylarında ise karasallık etkisi nedeniyle bölgede kısa süreli sağanaklar ve kar erimeleri etkili olmaktadır. Aras Nehri taşkınları hem Doğu Anadolu hem de Karadeniz havzalarında görülen sellerin karakterini taşımaktadır. 15 Mart 2023 tarihinde Adıyaman ve Şanlıurfa illerinde meydana gelen, can ve mal kayıplarına neden olan sel felaketi bu havzalarda gerçekleşmiştir.
6. **İç Anadolu ve Doğu Anadolu Kapalı Havzaları:** Burdur, Afyon-Akarçay, Konya, Tuz Gölü, Van Gölü kapalı havzalarıdır. Burdur, Afyon-Akarçay havzalarındaki seller daha çok Akdeniz Bölgesi akarsu havzalarında etkili olan depresyonlara bağlıdır. Dolayısıyla kışın görülen seller, cephesel ve orografik yağışlar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. İlkbahar sellerine ise konveksiyonal yağışlar ve bunların etkisiyle ani eriyen kar suları neden olmaktadır. Konya kapalı havzasında mayıs ve haziran ayları, sellerin en fazla görüldüğü aylardır. Burada taşkınlar, orografik ve konveksiyonal sağanak yağışlara bağlı olarak meydana gelir. Van Gölü kapalı havzasında ise daha çok nisan, mayıs ve haziran aylarında, kararsızlık yağışları ve kar erimelerine bağlı olarak oluşan seller etkili olmaktadır.

DSİ (T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü) verilerine göre özellikle son 15 yılda şiddetli ve sürekli yağışlara bağlı sel ve taşkın riski, Türkiye genelinde ve özellikle kıyı bölgelerimizde etkisini artırmıştır.

Daha çok yerleşim yerleri ve civarında ortaya çıkan bu zararlar, çarpık ve kontrolsüz yerleşme ve vadi tabanlarının yerleşime açılmasıyla doğrudan ilgilidir. 2004 yılı yazında İstanbul'da meydana gelen sel olayları örnek olarak gösterilebilir. Aynı döneme ait istatistik veriler incelendiğinde, Türkiye genelinde sel ve taşkın olaylarının yıl içindeki sıklığının son yıllara doğru azaldığı görülmektedir. Bunun en önemli nedenleri teknolojik olanakların ilerlemesi, çevre bilincinin gelişmesi ve selin afet boyutuna ulaşmasını önleme konusunda uygulamaların artmış olmasıdır.

Bilindiği gibi Türkiye, sahip olduğu jeolojik-jeomorfolojik özelliği ve ikliminden kaynaklanan yağış ve sıcaklık rejimi nedeniyle, sel oluşumu için uygun koşullara sahiptir. Eğim, Karadeniz kıyıları başta olmak üzere pek çok yerde kuvvetlidir. Makroklima olarak tümüyle yarı kurak özelliğe sahip Akdeniz iklim bölgesinde yer alan Türkiye, sahip olduğu jeomorfolojik özellikleri ile matematik ve özel konumu nedeniyle, orta kuşağın denizel ve karasal iklim tiplerinin görüldüğü bir ülkedir. Kısa mesafelerde yükseltinin hızla değişmesine bağlı olarak sıcaklık değerleri değişmektedir.

Deniz üzerinden gelen nemli hava kütleleri yükselerek kıyılara bol yağış bırakırken iç kısımlarda dağların yamaçlarından aşağıya akarak oldukça kurutucu etkiler yapar. Denizlerden uzak iç kısımlarda ise yağışlar değerleri düşer. Yüksek alanlar yoğun kar yağışlarına maruz kalırken alçak yerler daha çok yağmur şeklinde yağış almaktadır. Türkiye'de görülen yağışlara çoğunlukla Balkanlar, Karadeniz ve Akdeniz üzerinden gelen alçak basınç ve cephe sistemleri ile Akdeniz üzerinde (orta ve doğu Akdeniz'de) oluşan alçak basınç ve cephe sistemleri neden olmaktadır. Buna yurdumuzun iç ve doğu bölgelerinde özellikle ilkbaharda ve yaz başlarında görülen kararsızlık yağışları (konvektif) ile dağlık kesimlerde etkili olan orografik yağışları da eklenebilir.

Selin oluşumunda en önemli faktör olan etkili yağışlar Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında ve bu bölgelerin dağlık kesimlerinde daha çok cephesel ve orografik özelliktedir. Buna karşılık Trakya'nın iç kesimleri ile İç ve Doğu Anadolu Bölgesi'nde, cephesel yağışlar yanında orografik ve yerel konvektif yağışlar da etkili olmaktadır. İstatistik veriler incelendiğinde, Türkiye'de hemen her mevsimde sel olayı yaşanmaktadır. Etkili ve sürekli yağışlara bağlı olarak sel, ülkemizde yerel koşullar, topografya, drenaj sistemi ve düzensiz şehirleşme şartları gibi daha pek çok olumsuz durum, hemen hemen her bölgede görülmektedir.

Kısa süreli yağışlarda tüm kıyı bölgelerimiz, daha çok Doğu Karadeniz ve Batı Akdeniz sel riski altındadır. Ancak ilkbahar, yaz ve kış ayları sellenmenin en sık görüldüğü aylardır. Bunun nedeni, cephesel yağışlar yanında kararsızlık sonucu havanın aniden yükselmesine bağlı olarak meydana gelen yağmur ve dolu yağışları ile ilkbahar mevsiminde görülen ani kar erimeleridir.

Bunun sonucu olarak zaten eğim değerleri yüksek olan arazide erozyon hızlanmış, verimli topraklar taşınarak yok olmuş, tarım olanakları kısıtlanmıştır. Çıplaklaşan bu yamaçlarda adeta seller için uygun ortamlar hazırlanmıştır. Çünkü sellenme, dağların bitki örtüsünden yoksun, çıplak ve eğimli kısımlarında, akarsu havzalarının yukarı bölümlerinde başlamaktadır. Bu alanlarda başlayan olay hızla gelişmekte, su kütlesinin de etkisiyle yamaçlar daha da çıplaklaşarak aşağılara inildikçe selin boyutları ve etkisi artmaktadır. Bu nedenle akarsu havzalarının yukarı bölümleri, selin kontrol altına alınması açısından daha uygun yerlerdir.

Kastamonu-Bozkurt su taşkını ve sel olayı ülkemizde son yıllarda yaşanan büyük su taşkını ve sel olayıdır. 11 Ağustos 2021 tarihinde yaşanan sel felaketinde Kastamonu, Sinop ve Bartın'da can kayıpları olmuştur (Resim 3.6).

Resim 3.6: Kastamonu ili Bozkurt ilçesi 11.08.2021 tarihli sel felaketi

Kastamonu Bozkurt ilçesinde meydana gelen sel olayında elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

- Kastamonu Bozkurt ilçesinde, 11-12 Ağustos 2021 tarihlerinde, bölgede bir yılda ölçülen yağış miktarının yaklaşık yarısı kadarı (1,84'ü) bu iki gün içerisinde düşmüştür. Bu miktar, Ağustos ayı için son 5 yılda ölçülen yağış miktarının yaklaşık 13 katı kadardır.
- Yerleşim birimi, dağlar arasındaki vadide bulunan taşkın yatağında ve Ezine Çayı'nın başladığı alan üzerinde kurulmuştur.
- Taşkın kanalındaki köprü geçiş aralıklarının sel ile gelen ağaç dalları ve tomruk ile tıkandığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple, kanal gelen suyu taşıyamamış ve yetersiz kalmıştır.
- Taşkın kanalının kâgir duvarları yetersiz kalmış ve kısmen çökmüştür.
- Çay civarındaki konutlarda, kanal seviyesi kotunda ve kanal seviyesi kotunun altında yapılaşma olduğu görülmüştür.
- Çay civarındaki yapılarda ağır hasarlar meydana gelirken çaya uzak ve yüksekte kalan yapılarda önemli bir hasar olmadığı görülmüştür.
- Yerleşim bölgesi büyük miktarda balçık, kum, sel süprüntüleri, ağaç dalları ve tomruk ile kaplanmıştır. Önemli miktarda maddi hasar oluşmuştur. Bölgede çok sayıda yaralanma ve can kayıpları meydana gelmiştir.

Meydana gelen sel felaketinden sonra yerinde yapılan incelemeler ile ilgili görsellerden ve soruşturmalardan sel felaketinin ciddi can ve mal kayıplarına yol açtığı görülmüştür. Kayıpların yaşanmasında yüksek miktardaki yağış öncelikli sebeptir. Ancak bu yağış sularının Ezine Çayı'nın yatağından çıkmadığı belirlenmiştir. Ezine Çayı yatağının daraltıldığı ve yerleşim biriminin bu alana kurulduğu görülmüştür. Diğer bir etmen olarak civardaki tomruk depolarındaki tomrukların, sel etkisi ile akıntıya kapıldığı ve yıkıcı etki oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu tomrukların su kanallarını tıkadığı ve suyun yön değiştirmesinde etkili olduğu görülmüştür. Çay üzerindeki köprülerin alçak olması ve su akış aralıkları darlığının da selin olumsuz etkilerinde rol oynadığı düşünülmektedir. Dolayısı ile yapılan gözlem ve incelemelerden, felaketin yaşanmasında insan etkisinin doğal etmenlerden daha fazla rol oynadığı çıkarımı yapılmıştır.

3.9.2. Su Taşkını ve Sellere Karşı Alınması Gereken Genel Önlemler

Su taşkınları ve sellere karşı alınması gereken önlemlere yönelik yapılan ve yapılması gereken çalışmalar aşağıda açıklanmıştır.

1. Küçük Su İşleri

Küçük su işleri kapsamında yerleşim yerlerini, sanayi tesislerini, tarım arazilerini taşkından korumak amacıyla; sedde, sel kapanı, mahmuz, tersip bendi, anroşman taş dolgu, dere yatağı ıslahı, brit, taşkın kanalı gibi taşkından koruma tesisi inşası yerleşim yerlerinin ve alanların taşkından korunması çalışmaları yapılır.

2. Büyük Su İşleri

Büyük su işleri kapsamında taşkın zararlarının azaltılması doğrultusunda barajlar inşa edilmektedir. İnşa edilen barajlardan yağışlı sezonlarda suları depolayarak mansapta yüksek akımların can ve mal kayıplarına neden olmasını önlemektedir. Taşkın olaylarında barajların işlevine yönelik birkaç örnek vermek gerekirse; şiddetli yağışlar sonucu oluşan taşkın sularının büyük bölümü, taşkınların pik dönemlerinde barajlardan mansaba kontrollü su bırakmak (veya hiç bırakmamak) suretiyle baraj rezervuarlarında depolanmıştır. Göksu Nehri'ndeki Gezende Barajı Silifke taşkınında, Berdan Barajı Tarsus taşkınında, Manavgat taşkınında Oymapınar Barajı ve Manavgat Barajı, Bursa taşkınında ise Doğancı Barajı taşkın piklerini öteleme görevlerini başarılı bir biçimde yerine getirerek mansaplarındaki yerleşim yerlerinde ve tarım arazilerinde taşkınların olumsuz etkilerinin azaltılması için çok büyük katkı sağlamıştır.

3. Taşkın Tahmini ve Erken Uyarı Sistemi

Türkiye Sel ve Deprem Felaketi Acil Yardım Projesi (TEFER) kapsamında pilot bölge olarak Batı Karadeniz, Susurluk, Gediz ve Menderes havzaları ele alınmıştır. Projenin amacı, uydu teknolojileri kullanılarak gerçek zamanlı verilerin gelmesi ile olası taşkınların boyutunun belirlenmesi ve su altında kalacak taşkın sahalarının belirlenmesine yönelik çalışmalar yürütmektir. Bu kapsamda söz konusu havzalarda DSİ ve DMİ (T.C. Devlet Meteoroloji İşletmesi Genel Müdürlüğü) tarafından meteorolojik gözlem ve akım gözlem verilerinin gerçek zamanlı tespitine yönelik uydu yer istasyonları kurulması çalışmaları yürütülmektedir. Taşkın olaylarının olduğu bölgelerdeki barajlarda su seviyeleri sürekli kontrol altında tutulmuş ve meteorolojik veriler titizlikle takip edilerek işletme çalışmaları yeniden düzenlenmiştir.

En çok taşkına uğrayan bölgelerden Rize ilinde 30 adet, Sinop ilinde 24 adet, Kayseri ilinde 79 adet, Konya ilinde 89 adet, Yozgat ilinde 50 adet DSİ tarafından inşa edilen taşkından koruma tesisi bulunmaktadır. Bu tesisler işlevlerini yaparak taşkın zararlarının artmasını önlemiştir.

Taşkınların Önlenmesi ve Olumsuz Etkilerinin Azaltılmasına Yönelik Öneriler

- 4373 sayılı Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Kanunu kapsamında olan veya olmayan akarsu yatakları içerisinde suyun kabarmasına sebebiyet veren akım rejimini değiştiren bent ve kabartıcı tesis yapılmasının önlenmesi.
- Taşkın riski taşıyan alanların önceden belirlenmesi ve afet planlarının hazırlanması.
- Taşkın riski taşıyan sahalardaki altyapı standartları ile ilgili düzenlemelerin yapılması.
- Taşkın tesislerinin plan, proje, inşaat ve bakım onarımlarında yerel yönetimlerin ve tesisin hizmet alanında kalacak yerleşim birimlerinde yaşayanların katılımının sağlanması.
- Taşkın tesislerine her türlü müdahalenin önlenmesi.
- Dere yataklarında, yatak stabilitelerinin temelini bozacak ve kıyı oyulmalarına meydan verecek şekilde kum ve çakıl ocaklarının açılmasının ve kontrolsüz, aşırı malzeme alımlarının önlenmesi (Resim 3.7).

Resim 3.7: Kastamonu ili Bozkurt ilçesi 11.08.2021 tarihli sel felaketi

- Yerel yönetimlerce düzenlenen imar planlarının çeşitli kararnamelerle tespit ve ilan edilen taşkın alanlarını göz önüne alarak hazırlanması, dere yataklarına ve taşkın tesislerine müdahale edecek uygulamaların engellenmesi.
- İmara açılmış veya açılacak alanlarda ve gecekondu bölgelerinde ıslahı henüz yapılmamış akarsu yataklarında taşkın önleyici tesislerin DSİ tarafından projelendirilmesi veya belediyelerce hazırlanan projeler hakkında DSİ'nin görüşünün alınması.
- Büyükşehir ve diğer belediye sınırları içerisinde yapılmış ve yapılacak olan taşkın kontrol tesislerinin işletilmesi ve akarsu yataklarının korunması, ilgili görev, yetki, denetim esas ve usulleri ile gerekli hizmetlerin kurumlar arası görev dağılımı ile ilgili düzenlemelerin yapılması.
- Doğal afetlerin zararlarının azaltılması çalışmalarının tüm süreçlerindeki en önemli faaliyetlerden birisi olan afet yönetimi içerisinde yer alan, her aşamadaki yerel ve merkezi yönetim görevlilerinin eğitimi ile halkın bu yönde bilinçlendirilmesini amaçlayan eğitim ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması sonucu taşkın zararlarının etkilerinin azaltılmasına yönelik katkılar sağlanabilir.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.10 UYGULAMA

6 (6) DERS SAATİ

SU TAŞKINLARI VE SELLER

Bu çalışmanın amacı, su taşkınları ve seller ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Su taşkınları ve seller ile ilgili uygulamaları, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve seller.

İstenenler

Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerin gerçekleştiği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.), gerçekleşmesine neden olan etkenleri, can ve mal kayıplarını, yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını içeren rapor hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve seller ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve seller ile ilgili bilimsel verileri kullanarak rapor hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve seller (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırılır.
2. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerin gerçekleşmesine neden olan etkenler araştırılır.
3. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerden kaynaklanan insan can kayıpları araştırılır.
4. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerden kaynaklanan evcil hayvan ve besi hayvanları can kayıpları araştırılır.
5. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve seller sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayıları araştırılır.
6. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellere ait rapor hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerin gerçekleştiği yerleri (bölge, il, ilçe, belde vb.) araştırdınız mı?		
2	Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerin gerçekleşmesine neden olan etkenleri araştırdınız mı?		
3	Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerden kaynaklanan insan can kayıplarını araştırdınız mı?		
4	Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellerden kaynaklanan evcil hayvan ve besi hayvanları kayıplarını araştırdınız mı?		
5	Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve seller sonucu oluşan yıkık bina, acil yıkılacak bina, ağır hasarlı ve orta hasarlı bina sayılarını araştırdınız mı?		
6	Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde gerçekleşen su taşkınları ve sellere ait rapor hazırladınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

BİLGİ KUTUSU

Ülkemizde sel ve taşkın olayları en fazla ilkbahar, yaz ve kış aylarında meydana gelmektedir. Sel/taşkın olaylarının %53'ü Karadeniz Bölgesi'nde olmakla birlikte en fazla Akdeniz ve Marmara Bölgelerinde görülmektedir. Daha çok kıyı bölgelerinde meydana gelen sel olayları, aşırı yağışlarla birlikte doğal dengenin insanlar tarafından tahrip edildiği yerlerde etkili olmaktadır. Bu nedenle pek çok doğal faktör sel/taşkın olaylarında etkili olurken pek çok beşeri faktör de sel/taşkın olaylarının afet boyutuna erişmesinde önemli rol oynamaktadır.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Çevrenizde meydana gelen afetlerden sonra yapılan çalışmalar ile ilgili gözlemlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.11. AFETLE MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Afet; toplumun veya toplumun bir kesiminin kendi imkân ve kaynakları ile başa çıkmakta yetersiz kalacağı düzeyde fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara uğramasına yol açarak normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durduran, kesintiye uğratan doğal, teknolojik veya insan kaynaklı tehlikelerin yarattığı sonuçtur.

Afetle Mücadele Yönetimi: Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında, hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturulabilmesi için toplumca yapılması gereken topyekûn bir mücadele sürecidir.

Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması; afet öncesi, afet sırasında ve afet sonrasında alınması gereken önlemler ile yapılması gereken çalışmaların planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, desteklenmesi ve etkin olarak uygulanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, imkân ve kaynaklarını belirlenen stratejik hedefler ve öncelikler doğrultusunda kullanılmasını gerektiren çok yönlü, çok disiplinli, dinamik ve karmaşık bir yönetim sürecidir.

Afet yönetimi ile hedeflenen; mevcut tehlike ve riskleri önlemek, değilse mümkün olduğunca bu durumun etkilerini zayıflatmak, azaltmak ve nihayetinde güvenli yaşam alanı oluşturmaktır. Bu sayede hem ekonomik hem sosyal hem de çevresel faktörlere olumlu katkıda bulunmak mümkün olabilir.

Afetle Mücadele Yönetimi Süreci: Bir afet olayını izleyen ve bir sonraki afete kadar birbirini takip eden afete müdahale, iyileştirme, yeniden inşa, zarar azaltma ve afete hazırlık aşamalarının tamamı olarak tanımlanır. Afetle mücadele yönetiminin evreleri olarak da anılır. Afetlerin büyük bir kısmının tamamen önlenmesi imkânsızdır. Bu nedenle afetlerin tamamen önlenmesinden ziyade önceden haber alma, uyarma ve meydana geldikten sonra yol açacağı kayıpları azaltmak için önlemler alınabilir. Buradan da anlaşılacağı üzere afetle mücadele bir organizasyon ve yönetim sistemi olduğu söylenebilir. Afetle mücadele yönetimi; afetlerin önlenmesi ve zararların azaltılması amacıyla bir afet olayının ana safhalarında yapılması gereken çalışmaların yönlendirilmesi, koordine edilmesi ve uygulanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla kaynaklarının bu ortak amaç doğrultusunda yönetilmesini gerektiren çok geniş bir kavramdır.

Türkiye'deki olası afetler; depremler, kuraklıklar, şiddetli yağış ve seller, heyelanlar, kaya düşmeleri, orman yangınları, sanayi patlamaları ve yangınları, rüzgâr ve kar fırtınaları, çığlar, sıcak hava dalgası, sis, ulaşım kazaları ve terör saldırılarıyla bağlantılıdır. Türkiye'nin büyüklüğü ve başlıca afet şeklinin deprem olduğu göz önüne alınınca çoğu afetin belirli bölge veya şehirlerle sınırlanmış olduğu ve tüm ülkeyi etkilemediği görülmektedir. Ülkemizde afetler konusunda en yetkili kurum olan T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı (AFAD) afetleri, doğal afetler ve insan kaynaklı afetler olarak iki grupta incelemektedir.

Afetlerin sınıflamasında belirleyici olan etmenler; toplumun gelişmişlik düzeyi, yaşadığı coğrafya, sosyal ve ekonomik durumudur. Bu nedenle sosyal ve ekonomik anlamda gelişmiş toplumlar için bazı olaylar afet olarak kabul edilirken bu durum bazı sosyal ve ekonomik olarak geri sıralarda yer alan toplumlar için afet olmayıp olağan karşılanmaktadır. Ayrıca önceleri afet olarak algılanmayan olayların daha sonra afet olarak algılandıkları da yaşanan süreçte görülmektedir. Örneğin 1968 tarihli 1051 sayılı Kanun ile getirilen düzenlemede sadece doğal kaynaklı afetlere yer verilmiştir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra çıkarılan 1999 tarihli 583 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile acil durum gerektiren olayları; doğal, beşer ve teknolojik kaynaklı olaylar şeklinde ele alındığı görülmektedir. Bu değişiklik Türkiye'de afetin tanımının ve algılamasının olumlu yönde geliştiğini ve genişlediğini göstermektedir. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonraki süreçlerde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde düzenlemeler yapılarak yürürlüğe konulmuştur.

Dünyada gözlenen afet türleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Jeolojik Afetler: Deprem, heyelan, kaya düşmesi, volkanik patlamalar, çamur akıntıları, tsunami.

Klimatik Afetler: Sıcak dalgası, soğuk dalgası, kuraklık, dolu, hortum, yıldırım, kasırga, tayfun, sel, siklonlar, tornado, tipi, çığ, aşırı kar yağışları, asit yağmurları, sis, buzlanma, hava kirliliği, orman yangınları.

Biyolojik Afetler: Erozyon, orman yangınları, salgınlar, böcek istilası.

Sosyal Afetler: Yangınlar, savaşlar, terör saldırıları, göçler.

Teknolojik Afetler: Maden kazaları, biyolojik silahlar ve kazalar, nükleer silahlar ve kazalar, kimyasal silahlar ve kazalar, sanayi kazaları, ulaşım kazaları.

Türkiye sahip olduğu jeolojik, sismik, topoğrafik ve iklimsel yapısı gereği doğal afetlere sıklıkla maruz kalmaktadır. Su baskını, sel, çığ, heyelan, yangın ve bunlardan en önemlisi de depremlerdir. Ülkemizde depremlerden etkilenen insan sayısı oldukça fazladır. Ortalama olarak her yıl 5 ile 6 arasında değişen büyüklüklerde en az bir deprem yaşanmaktadır.

Türkiye'de meydana gelen afetlerle ilgili istatistiksel verilere göre 1999 Marmara Depremi, 1999 Düzce Depremi, 2011 Van Depremi, 2020 Elazığ Depremi, 2021 İzmir Depremi, 2023 Kahramanmaraş Depremleri de dâhil edildiğinde son 60 yılda Türkiye'de afetlerden kaynaklanan can ve mal kaybının %82'sine depremler neden olmuştur. Depremler dışında sırasıyla afetlerin yarattığı hasar durumları; %8 heyelan, %7 su baskınları, %2 yangınlar ve %1 oranında çığ, fırtına, yer altı suyu yükselmeleri gibi meteorolojik kökenli diğer afetler gözlenmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'de afet denilince akla genelde deprem gelmekte ve alınan önlemler bu kapsamda olmaktadır. 1999 Marmara Depremi ve 2023 Kahramanmaraş Depremleri 20. ve 21. yüzyıllarda yaşanan en büyük doğal afetlerdir.

AFAD doğal afetleri; **yavaş gelişen doğal afetler** (şiddetli soğuklar, kuraklık, kıtlık vb.), **ani gelişen doğal afetler** (deprem, seller, su taşkınları, toprak kaymaları, kaya düşmeleri, çığ, fırtınalar, hortumlar, volkanlar, yangınlar ve benzerleri) olmak üzere iki gruba ayırmaktadır.

Türkiye Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığının (AFAD) Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğünde "deprem, sel, heyelan, çığ, kuraklık, fırtına, dolu, hortum, göktaşı düşmesi vb. oluşumu engellenemeyen jeolojik, meteorolojik, hidrolojik, klimatolojik, biyolojik ve kaynağı dünya dışında olan tehlikelerden kaynaklanan doğa olaylarının sonuçlarına verilen genel ad **doğal afetler** ya da **doğa kaynaklı afetler** olarak tanımlanmıştır.

Dünya genelindeki doğal afetler ele alındığında doğal afetlerden birkaçı hariç hemen hemen hepsi meteorolojik afetlerdir. Doğal afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye değişmektedir. Örneğin Akdeniz Bölgesi'nde doğal afetler kuraklık, seller, orman yangınları, heyelan, dolu fırtınaları, çığlar ve donlardır. Ülkemizde ise en sık görülen meteorolojik karakterli doğal afetler dolu, sel, su taşkını, don, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, şiddetli rüzgâr, yıldırım, çığ, kar ve fırtınalardır.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) verilerine göre göre sadece 1980'li yıllarda dünyada 700 bin kişi meteorolojik afetlerden dolayı hayatını kaybetmiştir. Yine Dünya Meteoroloji Örgütü'nün son 50 yılı kapsayan araştırma verilerine göre 1970'ten bu yana hava koşulları kaynaklı afetlerin sayısı 5 kat arttığı ve aşırı hava koşulları kaynaklı afetlerde 2 milyondan fazla kişinin hayatını kaybettiği, en çok can kaybının ise kuraklık nedeniyle olduğu belirtilmiştir.

Afetlerin genel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Afetler, insan toplulukları ve yerleşmeleri üzerinde kayıplar meydana getirir; şaşkınlık, panik, şok, yaralanma, sakatlanma ve ölümlere neden olur; bulaşıcı ve salgın hastalıklara yol açabilir.
- İnsan faaliyetlerini kesintiye uğratarak yerleşme birimini etkiler, sosyal ve teknik altyapıyı tahrip eder.

- Nüfus artışı, kentleşme ve sağlıksız yapılaşma gibi nedenlerle günümüzde afetlerin yol açtığı can ve mal kayıpları geçmişe oranla çok daha fazla olmaktadır.
- Az gelişmiş ülkelerde afetlerin yol açtığı can ve mal kayıpları gelişmiş ülkelerden daha fazla olmaktadır.
- Bölgedeki imkânlarla afetle başa çıkılamadığından bölge dışından yardım talep edilir.
- Ülkelerin afetlerle kendi imkân ve öz kaynaklarıyla başa çıkamamaları, uluslararası yardım ve iş birliğini talep etmesine, böylece afetlerin küresel etkilere yol açmasına sebep olur.

Bir doğal olayın afete dönüşmesinde olaydan önceki ve sonraki dönemlerde yapılanlar önemli rol oynamaktadır. Tehlikenin gerçekleşmesinden sonra yapılanlar bir sonraki tehlikenin afete dönüşmesinin engellenmesi ya da afete dönüşürse yol açacağı kaybın azaltılması açısından önemlidir.

Afet öncesi ve sonrası dönemlerin bir süreç dâhilinde ele alınmasıyla;

- Tehlikeler doğru tanımlanabilmekte,
- Tehlikelerin doğuracağı riskler analiz edilebilmekte,
- Toplum riskler hakkında bilgilendirilebilmekte ve olası afetlere karşı gerekli seviyede eğitilebilmekte,
- Risklerin azaltılmasına yönelik faaliyetler planlanabilmekte,
- Tehlike gerçekleştiğinde tehlikenin afete dönüşmesini önleyici ya da gerçekleşen afetle kontrollü bir şekilde başa çıkılmasını sağlayacak müdahale önlemleri alınabilmekte,
- Afet kalkınma ilişkisi gözetilerek kalkınmanın mevcut riskleri artırmak yerine azaltan bir şekilde gerçekleşmesi sağlanabilmektedir.

Bu sürecin ayrıntılı ve bütüncül bir şekilde ele alınması, toplumun afetlere karşı direncini artırmak ve afetlerin etkilerini en aza indirmek için daha sistemli yaklaşımlar geliştirilmesine imkân vermektedir. Bu amaçla afetle mücadele yönetimini; afet öncesi ve sonrasında yapılan tüm faaliyetler dikkate alınarak risk azaltma, müdahale, yeniden inşa/iyileştirme ve kalkınma bileşenlerinden oluşan bir afet döngüsü şeklinde ifade etmek mümkündür. Bir afet sonrasında en az can ve mal kaybı yaşanması amacıyla afet öncesinde risk azaltma ve afetlere hazırlık çalışmaları ile afet sonrasında müdahale, iyileştirme ve yeniden inşa çalışmalarını kapsayan etkin bir afetle mücadele yönetimi gereklidir.

Afetle Mücadele Yönetimi, afet öncesi ve sonrasında yapılan tüm faaliyetler dikkate alınarak **risk azaltma, hazırlık, müdahale, yeniden inşa/iyileştirme** ve **kalkınma** bileşenleri planlamaları yapılmalıdır.

Risk Azaltma Çalışmaları: Afetler nedeniyle büyük kayıpların oluşmaması için afet tehlike ve risklerinin belirlenmesi, önleyici tedbirlerin alınması, risk azaltmaya yönelik yatırımların yapılması gibi faaliyetlerle risk azaltma çalışması yapılmalıdır. Afetlerin oluşmasının engellenmesi veya olma olasılığının azaltılması için afet tehlikesi ve riskinin belirlenmesi; hukuki, kurumsal, idari ve mali yapının geliştirilmesi için politika, stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması; mekân planlaması ve yapılaşmaya ilişkin yasaların çıkartılması ile uygulanmasına yönelik önlemlerin alınması, alarm ve erken uyarı sistemlerinin kurulması ve geliştirilmesi, araştırma-geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi; toplumun afet tehlikeleri ve riskleri konusunda bilinçlendirilerek afetlerle baş edebilme kapasitesinin güçlendirilmesi faaliyetlerini içerir.

Afetlere Hazırlık Çalışmaları: Afetlere zamanında, hızlı ve etkili müdahale edebilmek için afet öncesinde gerekli planlama, eğitim ve tatbikatların yapılması, erken uyarı sistemlerinin kurulması, acil yardım malzemelerinin depolanması, halkın afetlere karşı bilgilendirilmesi gibi faaliyetler afetlere hazırlık çalışmaları olarak adlandırılır. Acil durum planlarının hazırlanması, geliştirilmesi ve güncellenmesi, bu planlarda görev ve sorumluluk verilen personelin eğitim ve tatbikatlarla bilgi düzeylerinin artırılması, arama ve kurtarma faaliyetlerinin örgütlenmesi, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, acil yardım malzemelerinin stoklanması, toplumun afetlere hazır olma konusunda bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi faaliyetlerini kapsamaktadır.

Afetlere Müdahale: Afetin oluşundan hemen sonra başlayıp afetin yol açtığı kayıp ve zararların büyüklüğüne bağlı olarak 1-2 aylık süre içinde gerçekleştirilen ve afetten etkilenen yerleşim yerlerinde arama ve kurtarma çalışmalarının yapılması, yaralıların tedavi edilmesi, açıkta kalanların geçici barınma, beslenme, güvenlik ve moral desteği gibi hayati ihtiyaçların karşılanması gibi çalışmalar afetlere müdahale olarak adlandırılır. Afetin oluşumundan hemen sonra en kısa süre içerisinde mümkün olabilecek çok sayıda insan hayatının kurtarılması, ilk yardım, yaralıların tedavisinin sağlanması, haber alma ve ulaşım, ihtiyaçların tespiti, açıkta kalanların acil barınma, beslenme, tahliye, korunma, ısınma, güvenlik, koruyucu hekimlik ve psikolojik destek gibi hayati gereksinimlerinin en kısa süre içerisinde en uygun yöntemlerle sağlanması, hasar tespit çalışmaları, tehlikeli yıkıntıların kaldırılması, yangınlar, patlamalar, bulaşıcı hastalık gibi ikincil afetlerin önlenmesi, kamuoyunun bilgilendirilmesi, ulusal ve uluslararası koordinasyon ve iş birliğinin sağlanması faaliyetlerini içerir.

Afetler Sonrası Yeniden İnşa/İyileştirme: Yaşanılan afetlerin büyüklüğü doğrultusunda afetin büyüklüğüne bağlı olarak 1-2 aylık müdahale çalışması yapıldıktan sonra afetten etkilenenlerin ihtiyaçlarının karşılanması ve günlük hayatın normale döndürülmesi için afet bölgesinde afete dayanıklı konutların yapılması, altyapıların ve üstyapıların iyileştirilmesi ya da yenilerinin yapılması; tarım, hayvancılık, sanayi, ticaret, eğitim, sağlık gibi alanlarda destek sağlanarak ekonomik ve sosyal hayata canlılık kazandırılması; toplumun muhtemel afetlere karşı dayanıklılığının sağlanması; afete maruz bölgenin eski durumundan daha iyi olacak şekilde kalkındırılması çalışmaları iyileştirme çalışması olarak adlandırılır.

Müdahale sürecinin tamamlanmasından hemen sonra başlayarak belirli bir sürede afete uğramış yerleşim yerlerinde oluşması muhtemel yeni riskleri tespit ederek afet öncesinden daha güvenli ve gelişmiş bir yaşam çevresinin oluşturulması amacıyla haberleşme, ulaşım, su, elektrik, kanalizasyon, eğitim, sosyal ve kültürel faaliyetler ile ekonomik faaliyetlerin yeniden tesisi ve geliştirilmesi; geçici/daimi iskân çalışmalarının yürütülmesi faaliyetlerini içerir.

Ülkemizde afetlerin oluşturacağı zararları maddi açıdan karşılamaya yönelik olarak devlet kurumlarının yeniden inşa/iyileştirme çalışmaları yanında zorunlu deprem sigortası uygulaması afet bölgelerinde bayındır hizmetleri ve çalışmaları açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Afet-Kalkınma İlişkisi: Doğal afetlerin ekonomik gelişme ve büyüme süreci üzerindeki makro ve mikro olumsuz etkileri, günümüzün en önemli sorunlarından biri olarak değerlendirilir. Ekonomik ve toplumsal az gelişmişliğin başlı başına büyük bir risk oluşturması, doğal afetlerin olumsuz etkilerinin katlanarak artmasına yol açar. Afetlerin neden olduğu sosyal ve ekonomik maliyetlerin giderek artması ve afetlerin özellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomik ve sosyal kalkınma çabalarını boşa çıkarabilecek en önemli etkenlerden birisi haline gelmesi, kalkınma politikaları içerisine afetler konusunun dâhil edilmesini gerektirmektedir.

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'na (UNDP) göre afet-kalkınma ilişkisi, ikisi olumlu ikisi olumsuz dört farklı biçimde belirlenmiştir.

- Afetler kalkınmayı engelleyebilir.
- Kalkınma afet riskini artırabilir.
- Kalkınma afet riskini azaltabilir.
- Afetler kalkınma fırsatı yaratabilir.

3.11.1. Afetle Mücadele Kapsamında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Afet sonrası kriz yönetim merkezleri ile kurtarma ve ilk yardım başkanlıklarının karşılaştıkları genel sorunlar; kurtarma, ilk yardım çalışmalarında ve sağlıkta karşılaşılan sorunlar, ulaşımda yaşanan sorunlar, güvenlik ve asayiş sorunları, insani yardım hizmetlerinde yaşanan sorunlar, geçici barınma sorunları, altyapı sorunları, mühendislik açısından karşılaşılan sorunlar olarak ele alınabilir.

3.11.1.1. Kriz Yönetim Merkezleri İle Kurtarma ve İlk Yardım Başkanlıklarının Karşılaştıkları Genel Sorunlar ve Çözümleri

Herhangi bir afet meydana geldikten sonra merkezi otoriteye durumun zamanında bildirilmesi, merkezi ve yerel otorite arasında koordineli çalışmaların gerçekleştirilmesi kriz yönetim merkezlerinin/kurtarma ve ilk yardım komitelerinin acil olarak toplanması ile mümkündür. Söz konusu merkezlerin/komitelerin zamanında toplanması ve afete müdahale etmesi kararların zamanında alınması ve ilgili birimlere ulaştırılması gecikme ve kargaşa vb. sıkıntıları kısmen azaltır. Merkezde/komitede görevli kişilerin yaralanması, hayatını kaybetmesi veya afetzede olması halinde birçok görevli etkili bir hizmet veremeyebilir. Bu nedenle merkezde/komitede görevli olanların yedek görevlileri de belirlenmeli ve ilgililere tebliği yapılmalıdır.

Afetin hemen sonrasında göreve başlayan kriz merkezlerinin kendilerine yardımcı olmak, özellikle yurtdışından gelen teknik eleman ve malzeme yardımlarında değerlendirilmek üzere sabit tercümanlar görevlendirilmemesi, söz konusu hizmetlerin etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Afetlerden sonra kriz yönetimi çalışmalarına yardımcı olmaları amacıyla afet bölgesine merkezden gönderilen geçici personelin gelişigüzel seçilerek gönderilmesi, deneyimli personeller olmaması, en az bir hafta kendilerine yetecek araç gereç, giyecek, yiyecek ve çadırlar ile birlikte gönderilmemesi sorunlara yol açmakta, sorun çözmek amacıyla gönderilmiş personelin kendisi sorun kaynağı haline gelebilmektedir.

Afet sonrası kriz yönetim faaliyetleri il merkezlerinde yoğunlaştığı ve kırsal alanlar ihmal edildiği için gönderilen yardım malzemeleri ve araçlardan kırsal kesimdeki afetzedeler yararlanamamaktadır. Yerel yönetimlerin yeterli teknik eleman istihdam etmemeleri ve merkezi yönetimin uzman personel göndermemesi nedeniyle afet sonrası hasar tespit çalışmaları basit gözlemlerle gerçekleştirilmektedir. Böylesi gözlemler sağlıklı değerlendirmeler yapılmasına engel olduğu gibi kişisel husumet, kayırmacılık gibi olumsuz durumlara yol açmaktadır.

3.11.1.2. Kurtarma, İlk Yardım Çalışmalarında, Sağlıkta Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Meydana gelen afetlerde genel olarak arama-kurtarma ve ilk yardım çalışmaları ile ilgili olarak hâkim görüşler; koordinasyonda aksaklıklar oluştuğu, çalışmaları yürütmekle görevli yerel yöneticilerin kendilerinin de afetzede konumunda bulundukları ve/veya afet yönetimi konusunda deneyimsiz oldukları ve çalışmaların düzensiz olduğu yönündedir. Kurtarma ve ilk yardım aşamasında yapılan çalışmaların daha düzenli olmasını sağlayacak bölgesel düzeyde hazırlıklı ve eğitilmiş uzman ekipler bulundurulması önem arz etmektedir. Ülke genelinde etkili ve eğitilmiş uzmanlardan oluşan bir afet ağı oluşturulmalıdır.

Afetlerden hemen sonra 0-6 saatleri arası ilk müdahale ve acil yardım planlamaları harekete geçirilmelidir. Afete ilk müdahale, afetin olduğu bölgenin yerel birimleri ve yakın bölgeden yapılması (resmi kurum ve kuruluşların arama-kurtarma birimleri, itfaiye birimleri, ilk müdahale, acil yardım ve sağlık kuruluşları, güvenlik birimleri, STK'lar) akabinde en geç 12. saatte yurt içi diğer bölgelerden ve ihtiyaç varsa yurt dışı arama-kurtarma ekiplerinin planlamaları organize edilerek afet sonrası arama-kurtarma faaliyetlerine AFAD koordinasyonunda önceden hazırlanmış planlar gerekli ise revize edilerek uygulanmalıdır. Kurtarma, ilk yardım, sağlıkla ilgili destek hizmetleri için altyapı tesislerinin onarımı gibi hayati önemde olan aksaklıkların giderilmesi çalışmalarına afet sonrası hemen başlanmalıdır.

Sivil toplum örgütlerinin organize ettiği gönüllü kurtarma ve ilk yardım hizmeti sunacak ekiplerin afet bölgesine ulaştırılmasında, resmi gruplar için gereken bürokratik süreçler söz konusu olmadığı için kolaylıkla mobilize edilebilmektedir.

Türkiye'de afetlerde kurtarma ve ilk yardım faaliyetlerinde gönüllü olarak görev alacak yardım için var olan ekipler, afet bölgesine ulaştıklarında kriz merkezleri tarafından iyi koordine edilemediğinden kendilerinden beklenen hizmetleri tam anlamıyla sunamamaktadır. Bu sorunun ortadan kaldırılması için gönüllü STK ve diğer birimlerin kriz merkezleri tarafından önceden yapılan planlamalar içerisine dâhil edilmelidir.

İtfaiye teşkilatları ilk kurulduğundan bu yana belediyelerin bünyesinde hizmet vermektedir. Belediyelerin itfaiye hizmetleri asli ve zorunlu bir hizmet olması yanında geleneksel bir hizmettir. Sınırlı mali olanaklara ve donanıma sahip belediyelerin bu hizmetleri istenilen şekilde yürütmesinde kısmen de olsa bazı aksaklıklar olabilmektedir. Yapılacak planlamalar kapsamında itfaiye teşkilatlarının asli görevlerini etkili şekilde yerine getirebilmesi, afetlere müdahalelerde etkin rol almalarını sağlamak için ilk müdahale becerilerine sahip yerel ve afet bölgesine yakın itfaiye teşkilatlarının yangın söndürme ile birlikte yangın önleme, afetlerde arama-kurtarma ve ilk yardım hizmetlerini de yerine getirebilecek şekilde örgütlenmesi gereklidir. İtfaiye teşkilatlarının arama-kurtarma teknik ekipmanlar ve malzemeler ile donatılması, gerekli uygulamalı eğitimlerin alınması sağlanmalıdır.

3.11.1.3. Ulaşımda Yaşanan Sorunlar ve Çözümler

Özellikle büyük çaplı afetlerde, afetin büyük bir sahada meydana gelmesi nedeniyle, ülkenin dört bir tarafından afet bölgesine araç ile gelmek isteyen akraba, dost ve insanların sayıca fazlalığı trafiği tıkamakta, bunun sonucu olarak ülke içi ve uluslararası yollar devre dışı kalmakta, yerel yöneticilerin diğer illerden ve merkezden talep ettikleri yardımların gelmesi gecikmektedir. Ulaşım sorunlarının çözümü için yetkili kamu kurumları; afet öncesinde, afet sırasında ve afet sonrasında alınacak tedbirler kapsamında Ulaşım ve Koordinasyon Afet Eylem Planı hazırlamalıdır. Planların gerçekçi ve uygulanabilir olması yardımların zamanında ulaştırılmasını sağlayacaktır.

3.11.1.4. Güvenlik, Asayiş Sorunları ve Çözümler

Büyük çaplı afetler meydana geldikten sonra afet bölgesinde karmaşa ve kaos hali yaşanır. Kriz yönetimlerinin bu aşamada gerçekleştirmeleri gereken öncelikli faaliyetlerden biri güvenlik ve asayişin sağlanmasıdır.

Afetlerden sonra karşılaşılan güvenlik ve asayiş sorunlarından birisi, afet bölgesi dışından gelerek afetzede kimliğine bürünüp dağıtılan yardımlardan yararlanmak isteyenlere karşı gereken önlemlerin alınamamasıdır. Kriz merkezlerinde afet bölgesinde yaşayan nüfusun güncelleştirilmiş kayıtları bulunmadığı için art niyetli bu kişilerin saptanması genellikle mümkün olamamaktadır.

Her afetten sonra afet bölgesinde yağmacılık ve hırsızlık olayları meydana gelmekte, insani yardımların fırsatçıların ellerine geçtiği, gerçekten ihtiyaç duyanlara ulaşılmasında sorunlar yaşandığı gözlemlenmektedir. Afet sonrasında adeta can pazarına dönen afet bölgesinde kimi insanların hırsızlık, yağmacılık gibi ahlak dışı yollara başvurmaları ahlaki dejenerasyonun trajik bir göstergesidir.

Güvenlik ve asayiş sorunları kapsamında bazı kesimlerin istismarı ile karşılaşılmakta, yardıma gelen bazı yabancı unsurlar istihbarat faaliyetinde bulunabilmekte, güvenlik güçlerinin sevk ve idaresinde koordinesizlik yaşanmakta, yeterli aydınlatma olmadığından geceleri alınan önlemler yetersiz kalmaktadır. Yeterli aydınlatma ile ilgili olarak depremde yapılacak ilk iş aydınlatmanın en kısa sürede sağlanması, kurtarma çalışmalarına hemen başlanmasıdır. Gece karanlığı, artçı depremler halkın moralini, ruh sağlığını bozmaktadır. Gece karanlığında kurtarma çalışmalarına aralıksız devam edebilmek için aydınlatmaya gereksinim son derece önem arz etmektedir. Bu nedenle öncelikli felaket bölgelerinde AFAD koordinasyonunda Kızılay ve/veya Sivil Savunma ile ilgili birimlerin seyyar jeneratör ekiplerinin bulundurması ve aydınlatma ekiplerinin hemen felaket bölgesine gönderilecek şekilde planlanması son derece önemlidir.

Güvenlik ve asayiş sorunlarının yaşanmaması için yerel düzeydeki güvenlik hizmetleri polis, jandarma ve askeri birliklerin yer alacağı şekilde, 24 saat hizmet esasına göre tek merkezden planlanmalı, afet bölgesi giriş-çıkışları ve tüm enkazlar afet sonrası hemen kontrol altına alınmalıdır.

3.11.1.5. İnsani Yardım Hizmetlerinde Yaşanan Sorunlar ve Çözümler

Afet bölgesinde en önemli konu yardım dağıtımı olmadığı hâlde, gerek kamuoyunda gerekse kriz yönetimlerinde böyle bir yanlış anlayış hâkim olmaktadır. Afet sonrasında yardım gönderen ve kabul eden tarafların telaşlı davranış sergilemeleri, yardım hizmetlerinde organizasyonsuzluğa, koordinasyonsuzluğa ve karmaşa yaşanmasına neden olmaktadır.

Tamamen insani kaygılarla afetzedelere gönderilen yardımların büyük oranda kullanılmış giyim eşyaları, kullanma süreleri geçmiş tıbbi ve gıda malzemeleri olduğu görülmektedir. Oysaki yardımda bulunacak bir insanın kendisinin kullanmayacağı ve tüketmeyeceği malzemeleri afetzedelere layık görmemesi gerekir. Gönderilen yardımların yerine ulaşıp ulaşmadığı konusunda tereddüde düşen kimi insanların yetkili mercilere danışmadan yardım malzemelerini kendi olanakları ile afet bölgesine götürüp dağıttıkları ve bu fiilleri ile zamansız, gereksiz dağıtıma neden oldukları görülmektedir.

Bilinçli şekilde düzenlenecek yardım kampanyaları ile yardımseverlerin çabuk bozulmayan, uzun ömürlü gıda, temizlik malzemeleri, kullanışlı giyim eşyası vb. yardımlarda bulunmaları sağlanabilir. Ayrıca yardım kampanyalarını düzenleyen resmi veya resmi olmayan kuruluşlar afet bölgesindeki AFAD ve yerel yöneticilerle sürekli iletişim halinde olmalı, afetzedelerin hangi yardım malzemelerine ihtiyaç duydukları belirlenmeli, kampanyalar bu ihtiyaçlara göre planlanmalıdır. Afetlerde insani yardım süreci uzun bir dönemi kapsayacağından yardımların planlı, kademeli ve sürekli olmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

3.11.1.6. Geçici Barınma Sorunları ve Çözümleri

Afet sonrasında ortaya çıkan ilk ve acil talep, afetzedelerin barınma ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Afetler sonrası afetzedelere çadır dağıtımında organizasyon bozuklukları yaşandığı görülmektedir. Bu tür sorunların yaşanmaması için hazırlıkların ve organizasyon planlamalarının etkin, eksiksiz ve uygulanabilir şekilde yapılması gereklidir. Bunun için kapsamlı afet senaryoları hazırlanmalı ve hazırlıklar bu doğrultuda yapılmalıdır. Özellikle büyük afetlerden sonra enkaz altında kalmış yakınlarını aramak, yıkılmış veya hasar görmüş evlerindeki eşyalarını kurtarmak isteyen afetzedelerin bina enkazlarının hemen yanına çadırlar kurması sonucunda düzensiz çadır toplulukları ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise afet sonrası sağlık, gıda, giyecek, vb. yardımların dağıtımında karmaşaya yol açmakta, düzensiz yerleşmeden kaynaklanan bulaşıcı hastalıklara ortam oluşturmaktadır. Bu tür durumların yaşanmaması için geçici barınma merkezlerine afetzedeler yönlendirilmeli, hijyen şartları sağlanmalı ve bu önlemlerin alınması hususunda özellikle özen gösterilmelidir.

3.11.1.7. Altyapı Sorunları ve Çözümleri

Büyük çaptaki afetlerden sonra afetin meydana geldiği bölgenin altyapısı büyük zarar görmektedir. Örneğin Erzincan depreminde merkez PTT binası, direk tipi ve bina türü trafolar, kente su veren isale hatları ile suyun sağlandığı kuyular hasar görmüştür. Bu nedenle haberleşme kesilmiş, kent elektriksiz ve susuz kalmıştır. Kara ve demiryollarının belli kesimleri de hasara uğradığı için ulaşım bir süre aksamıştır. Benzer durumlarla Dinar'da da karşılaşılmıştır.

1999 Gölcük merkezli Marmara Depremi; İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Bolu, Bursa, Eskişehir, Zonguldak illerini etkilemiştir. Deprem sonrasında özellikle İstanbul, Sakarya, Yalova, Bursa ve Bolu illerinin olduğu bölgede doğalgaz, içme suyu ve atık su şebekeleri, depolama tesisleri, arıtma tesisleri, elektrik ve trafo merkezleri ile haberleşme sistemi zarar görmüştür. Uydu bağlantılı cep telefonları dâhil haberleşme kesilmiş, mahalli telsiz sistemleri dışında haberleşme olanağı kalmamıştır.

2023 Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş Depremlerinde; Kahramanmaraş, Adıyaman, Hatay, Malatya, Gaziantep, Kilis, Diyarbakır, Osmaniye, Şanlıurfa ve Adana olmak üzere 10 ilimizi kapsayan geniş bir alanda doğalgaz, içme suyu ve atık su şebekeleri, depolama tesisleri, elektrik ve trafo merkezleri ile haberleşme sistemleri zarar görmüştür. Uydu bağlantılı cep telefonları dâhil haberleşme kesilmiştir. Mahalli telsiz sistemleri dışında haberleşme olanağı nerdeyse kalmamıştır. Kara ve demiryollarının belli kesimleri de hasara uğradığı için ulaşım bir süre aksamıştır.

Afet sonrası elektrik ve trafo, uydu bazlı haberleşme, doğalgaz, içme suyu ve depolama tesisleri, atık su ve kanalizasyon sistemleri gibi teknik altyapı çalışmalarının güçlü hale getirilmesi için yetkili kurumların koordinasyon içerisinde çalışarak teknik altyapı sorunlarını en aza indirecek planlanma yapma ihtiyacı bulunmaktadır. Teknik altyapı sorunlarının çözümü için yasal düzenlemeler gözden geçirilmeli ve eksiklikler bölge bazında ele alınarak tamamlanmalıdır.

Afet haberleşmesi kapsamında altyapı çalışmaları gözden geçirilmeli ve aksaklıklara neden olabilecek unsurlar tespit edilerek afet haberleşme ağı güçlendirme çalışmaları önemle ele alınmalıdır.

3.11.1.8. Mühendislik Açısından Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Ülkemizde özellikle büyük kent merkezlerinde çok hızlı ve plansız bir yapılaşma sorunu olduğu gözlemlenmektedir. Yasal düzenlemelerin güncellenmesi bir yana var olan mevzuata uygunluğun denetlenemediği, denetim görevini yerine getirecek yerel yönetimlerin büyük çoğunluğunun nitelikli teknik eleman istihdamının azlığı ve imar ile ilgili problemler olduğu görülmektedir. Afetlerde oluşan yapı hasarlarının başlıca nedenlerinin yer seçimindeki hatalar, tasarım hataları, yapım hataları ve denetim eksikliği olduğu görülmektedir. Bu nedenlerden bir kaçını barındıran yapılar afetler karşısında özellikle depremlerde ağır hasar görmekte ve/veya yıkılmaktadır.

Afetlerin oluştuğu yerleşim yerlerinin kurulduğu bölgede afet zararlarını arttıran olumsuz zemin yapısı önemli bir faktördür. Örneğin 1999 Gölcük merkezli Marmara Depremi; İstanbul, Bolu, Bursa, Eskişehir, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Zonguldak illerini etkilemiş olup yüksek sayıda can ve mal kaybına neden olmuştur. 1999 Düzce Depremi yüksek sayıda can ve mal kayıplarına neden olmuştur. 2023 Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş Depremlerinde Adıyaman, Hatay, Malatya, Gaziantep, Kilis, Diyarbakır, Osmaniye, Şanlıurfa ve Adana illeri büyük hasara uğramış, can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Büyük yıkıma uğrayan bu yerleşimlerin ortak özellikleri bağlantısız bir alüvyal malzeme üzerinde bulunmasıdır. Söz konusu alüvyal kesimlerde zeminin güvenli taşıma gücü çok zayıftır ve deprem dalgaları kaynaktan uzağa doğru büyüyerek ilerlemektedir. Bu depremler sonucunda yaşanan afetlerin etkilerinin ve hasarların büyük olmasına, elverişsiz zemin koşulları ile birlikte inşa tekniklerinin ve yapım hatalarının neden olduğu görülmektedir. Özellikle 1999 Marmara ve 2023 Kahramanmaraş Depremlerinde, bazı bölgelerde zeminin yatay yönde yer değiştirmesi ve zeminde sıvılaşmaların olması ile birlikte normal zemin koşulları tümüyle ortadan kalkmıştır.

Afetlerde yıkılan ve ağır hasar alan yapıların (binalar, tesisler vb.) aşağıda sıralanan önemli teknik hatalardan birinden veya birkaçından kaynaklandığı bilinmektedir.

a) Kullanılan yapı malzemesinin standartlara uygun olmaması ve kalitesizliği.

b) Dolgu duvar olarak cam vb. kırılgan delikli tuğla kullanılması.

c) Yıkılan yapıların büyük çoğunluğunda üst katlarda yoğun dolgu duvar bulunması ancak giriş katlarda dükkân, market ve restoran vb. ticari amaçlı nedenlerle dolgu duvarı veya deprem perdesi bulunmaması.

d) Yapının planlanacağı alanın jeofizik etütlerin yapılmaması.

e) Yapının deprem yüklerini temele aktaracak ve deplasmanları kontrol altında tutacak betonarme deprem perdelerinin yapılmaması.

f) Kolonların boyutlandırma hatası, aplikasyon planında kolonların çift yönde statik dengelerinin zayıflığı ve kolon donatılarında deprem etriyeleri ve çirozların yetersizliği nedeniyle taşıma gücü zayıf olan kolonlar.

g) Yapı taşıyıcı ve yardımcı elemanlar üzerinde sonradan yapılan değişiklikler.

h) Çekiçleme etkisi, yani yapıların bitişik nizam olarak ya da yetersiz boşluk mesafesi ile inşa edilmesi sonucu sarsıntılarda birbirine çarpışma potansiyelinden kaynaklanan yapısal düzensizlikler.

Afetler içinde büyük çapta tahribata yol açan deprem afetinin sıklıkla yaşandığı ülkemizde inşaat mühendisi, mimar, kent plancısı, sismolog yetiştiren üniversite, akademi ve yüksekokulların çok azında deprem mühendisliği ve mühendislik sismolojisi eğitimi yer almaktadır.

Bu eksikliğin doğal sonucu olarak ülkemizdeki binlerce inşaat mühendisinin çok az bir kısmı depreme dayanıklı inşaat teknolojisi ve mühendislik sismoloji becerilerine sahiptir. Bu kapsamda deprem mühendisliği ve mühendislik sismolojisi eğitimi eksikliklerinin giderilmesi önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra tekniker, kalfa, usta, işçi ve inşaat sahiplerinin de afetler konusunda bilinçlendirilmesi ihtiyacı bulunmaktadır. Uygulamada büyük görevler düşen meslek sahibi bireylerin afet etkilerine karşı dayanıklı yapı üretimi ve afet zararlarının azaltılması ile ilgili eksiklikleri giderilmelidir.

Kentleşmenin düzensizliği, 1999 Marmara ve 2023 Kahramanmaraş Depremleri ile daha da görünür hâle gelmiştir. Plan yetkisinin, planlama sorumluluğunun, mülkiyete ilişkin hakların, satışa ilişkin hakların, kayıt ve tescile ilişkin hakların farklı kurumların sorumluğunda olması sağlıklı kentler oluşturulmasının önündeki engeller arasındadır. Düzenli ve sağlıklı kentleşme ile ilgili engellerin ortadan kaldırılması için sorumlulukların merkezi ve yerel olmak üzere iki çatı altında koordineli şekilde yapılandırılmasına önem verilmelidir.

3.11.2. Afetle Mücadelede Normale Dönüş Önlemleri

İyileştirme aşaması, genellikle müdahale aşamasından hemen bitiminde başlayıp yıllarca devam edebilen bir süreçtir. Afet sonrasında yapılan iyileştirme ve yeniden yapılandırma çalışmalarının amacı afetten etkilenenlerin ve afet bölgesinde ekonomik ve sosyal hayatın afetten önceki normal duruma, hatta daha gelişmiş bir duruma getirilmesinin sağlanmasıdır. İyileştirme aşaması, afetin panik havası geçtikten sonra günlük hayatın yeniden düzenlenmesi ve canlandırılması için yoğun çalışmaların ve düzenlemelerin yapılması gereken bir süreçtir.

İyileştirme çalışması, kısa dönemde hayatın normal akışı içinde toplumun ihtiyaç duyduğu elektrik, su, kanalizasyon, doğalgaz ve haberleşme gibi çağdaş altyapıların yenilenmesi ile uzun dönemde afetten etkilenenlerin normal hayata dönmelerini sağlayacak sistemin yeniden yapılandırılmasına yönelik faaliyetleri kapsamaktadır. Afet sonrası iyileştirme çalışması, afet yönetimi kapsamında yürütülen çalışmaların en kapsamlısı olup vatandaşlar, kuruluşlar ve çıkar grupları tarafından en fazla müdahil olunan ve maliyeti en fazla olan çalışmadır. Ancak afet yönetiminde bu güne kadar afet farkındalık eğitimlerinin verilmesi, afet tehlike haritalarının hazırlanması, binalarda iyileştirme yapılması, Türkiye Afet Müdahale Planı'nın hazırlanması gibi afetlere hazırlık ve afet sonrası müdahale için çalışmalar yapılmış olmakla birlikte risk azaltma ve afet sonrası iyileştirme konularında kapsamlı bir çalışma yapılması ihtiyacı bulunmaktadır.

Afet sonrası iyileştirme çalışmalarının yapılması oldukça önemli bir süreçtir. Afet sonrası iyileştirme planı hazırlanması afet yönetimi alanında en çok önem verilen konulardan biri olmalıdır. Afet sonrası iyileştirme planı yapılmaya çalışılmamalıdır. Afet planın nasıl yapılacağının usul ve esaslarının eksikliklerinden afet sonrasında bir iyileştirme planının yapılması yöneticileri içinden çıkılmaz bir kararsızlığa düşürür, bu nedenle planlamalar önceden yapılmalıdır. Ayrıca afete uğrayanların beklentilerinin bir an önce karşılanması yönündeki toplumsal baskılar arttığından ve yöneticilerin bu baskılar karşısında gerekli iyileştirme çalışmalarını, plan yapılmasını beklemeden günübirlik kararlarla yerine getirmek istediklerinden, iyileştirme planları kesintiye uğratılmadan uygulanmalıdır. Yaşanılan her büyük afet sonrasında acıların bir an önce dindirilmesinin baskısı altında plansız bir şekilde aceleyle kararlar alınmamalı ve iyileştirme çalışmaları önceden hazırlanan planlamalar doğrultusunda yürütülmelidir.

Afet sonrası iyileştirme planlarının hazırlanması usul ve esaslarının afet öncesinde belirlenmiş olması gerekir. Belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde afet olması muhtemel olan yerleşim yerleri ve bölgeler için afet senaryosu çalışması yapılıp taslak iyileştirme planları hazırlanmalıdır. Afet olduktan sonra uğranılan zararın ön tespitinin ve etki değerlendirilmesinin yapılması ile taslak plandaki parametreler değiştirilip sorumlu kuruluş tarafından uygulamaya geçirilmelidir. İyileştirme çalışmalarının, afetten etkilenenlerin ihtiyaçları en az afetten önceki veya mümkünse daha ileri bir düzeyde karşılanana kadar devam etmesi son derece önemlidir.

Depremler başta olmak üzere tüm afetler sadece ev ve iş yerlerini tahrip etmemektedir. Afet olan yerde/bölgede; elektrik, su, doğalgaz, telefon hatları, yollar, köprüler, boru hatları, barajlar ve limanlar gibi ülkenin kritik öneme sahip altyapılarının kullanılamaz hale gelmesine neden olur. Afet sonrasında yapılan iyileştirme çalışmaları sadece afetten zarar görenlerin konut ihtiyacının karşılanması ile sınırlı tutulmamalı; altyapıların, kamu hizmetlerinin, sosyal hayatın, iş hayatının ve günlük hayatın afet öncesinden daha iyi olacak şekilde yeniden düzenlenmesini de kapsamalıdır.

Marmara Bölgesi'nde olması muhtemel bir deprem sonrasında İstanbul'daki altyapılarda ve binalarda olabilecek zararların, yaralı ve can kaybının oldukça yüksek olacağı tahmin edilen bir deprem senaryo çalışması yapılmıştır. Bu senaryo çalışmasının günün şartlarına göre yenilenerek ve yeni deprem senaryosu doğrultusunda karşılaşılacak zararın boyutuna bağlı olarak **İstanbul Deprem İyileştirme Planı** hazırlanarak İstanbul'u etkileyecek bir depremde yaşanılacak zararın kısa sürede telafi edilmesi ve hayatın normale çevrilmesi için etkin bir iyileştirme çalışmasının hayata geçirilmesi ihtiyacı bulunmaktadır. İstanbul Deprem İyileştirme Planı'nın hazırlık, revize çalışmaları ve planın uygulanmasına yönelik tüm süreçlerde çevre etki değerlendirmesi raporlarının dikkate alınarak yürütülmesi sürdürülebilirlik, kalkınma ve inşa/iyileştirme süreçleri açısından önem arz etmektedir.

3.11.2.1. Afet Sonrası İnşa/İyileştirme Çalışmaları ve Aşamaları

Bir afet yaşanmasından sonra yürütülen iyileştirme çalışmaları düzenli ve planlı bir şekilde yapıldığı takdirde afete uğrayan yerlerin eski durumundan daha iyi bir duruma getirileceği açıktır.

Afet sonrası iyileştirme süreci dört aşamada ele alınır. İyileştirme sürecinde ele alınan aşamalarda süreler afetin büyüklüğüne, etkilediği alana ve iyileştirme için ayrılan ekonomik kaynaklara bağlı olarak değişir.

Müdahale Dönemi: 1-2 haftalık süreci içeren dönemdir. Arama-kurtarma çalışmaları, geçici barınma ihtiyaçlarının (çadır, konteynır, seyyar WC ve duş konteynırları, sahra hastaneleri, temel gıda, temizlik, hijyen malzemeleri) temini, hasar tespit ve enkaz kaldırma çalışmalarını kapsar.

Normale Dönüş Dönemi: 1-2 aylık süreci içeren dönemdir. Sınırlı da olsa ekonomik ve sosyal faaliyetlere geri dönülmesine ilişkin çalışmaları kapsar.

Yeni Yerleşimlerin Kurulması Dönemi: 1-2 yıllık süreçte gerçekleşir. Risk değerlendirmeye dayalı yerleşime uygun alanların seçilmesine, kalıcı konutlar, eğitim öğretim kurumları, sosyal yapılar ve işletme yapılarının inşası, ekonomik ve sosyal hayatın eskisinden daha iyi hale getirilmesine ilişkin çalışmaları kapsar.

Kalkınmaya Yönelik Yeniden İnşa Dönemi: 1-5 yıllık olan sürdürülebilir ve afete uğrayan bölgenin kalkındırılmasına yönelik çalışmaları kapsar.

3.11.2.2. Afet Sonrası İnşa/İyileştirme Planının Hazırlanması

Afet sonrası iyileştirme çalışmalarının verimli olabilmesi için afet olmadan önce muhtemel bir afet sonrasında yapılacak iyileştirme çalışmalarının çerçevesini belirleyecek olan iyileştirme planlarının nasıl hazırlanacağının usul ve esaslarının belirlenmesi, muhtemel afet bölgeleri için iyileştirme planı taslağının hazırlanması, iyileştirme planının hangi kuruluşun sorumluluğunda yürütüleceğinin çıkarılacak bir mevzuat ile belirlenmesi gerekir. Afet olan yerleşim yerlerinin yeniden inşa edilmesi kapsamında özerk bir afet bölgesi iyileştirme merkezi kurulmalı ya da kamu kuruluşlarından biri sorumlu koordinatör olarak görevlendirilerek hazırlanmış bir iyileştirme planı doğrultusunda çalışmalar yürütülmelidir. Çıkarılacak mevzuatın afet bölgesi iyileştirme merkezi başkanı, yönlendirme komisyonu üyeleri, merkezin sekreterya işlerinin hangi kuruluşun yapacağı gibi hususlara açıklık getiren ve merkezin çalışma usul ve esaslarını belirleyen bir içerikte olması gerekir.

5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı İle İlgili Bazı Düzenlemeler Hakkında Kanunun 38. Maddesi 1. Bendi d) paragrafında "Afetten etkilenen bölgelerde, kamu kurum ve kuruluşları, mahalli idareler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları ile iş birliği içinde afet sonrası yeniden yapılanma ve iyileştirme planlarını hazırlamak, hazırlanan planların uygulanmasını koordine etmek, uygulamaya ilişkin ilerleme raporlarını hazırlamak" şeklinde iyileştirme planı yapılmasına ilişkin hüküm yer alır.

7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanuna göre afet sonrası iyileştirmelere ilişkin yapılacak çalışmalar; acil müdahale, arama kurtarma, hasar tespiti, geçici iskân, hak sahiplerinin tespiti, yeni yerleşim yerlerinin temini ve planlaması, kalıcı konutların yapımı ve hak sahiplerine teslimi gibi sadece konut yapımına ilişkin hükümleri içermektedir.

7269 sayılı Kanunda afet sonrasında yapılacak iyileştirme çalışmaları ve 5902 sayılı Kanunda afet sonrasında yeniden yapılanma ve iyileştirme planlarının hazırlanması, uygulanması ve uygulamanın izlenmesi görevleri belirlenmiştir. Ancak afet sonrası iyileştirme çalışmalarının nasıl bir yol izlenerek yapılacağına ilişkin bir yönetmelik ya da usul ve esasların belirlenmesi gerekliliği bulunmaktadır.

Afet sonrası iyileştirme çalışmalarında yanlış anlaşılan hususlardan biri de iyileştirme çalışmasının sadece afetten etkilenenlere kalıcı konut yapılması olarak algılanmasıdır. Afet sonrası yeniden yerleştirme çalışmaları, afet olan yerin doğal (coğrafi, jeolojik) yapısına ve afetin büyüklüğüne bağlı olarak afet olmadan önce yaşanılan bölgede ya da yeni alanlar belirlenerek yapılabilir. Afet konutlarının ve diğer tüm tesislerin jeolojik verilere göre yerlerinin seçiminde, mimarisinin belirlenmesinde, hak sahiplerine dağıtımında, altyapı eksikliği, eski yerleşim yerine uzaklığı, sosyal ve idari hizmetlerin eski duruma göre yetersizliği gibi durumlarda sorunlar oluşmayacak şekilde planlanma yapılmalıdır.

Etkin bir iyileştirme planı hazırlanabilmesi için yapılması gerekenler aşağıda sıralanmıştır.

- Afet sonrası iyileştirme planı hazırlanması için ek mevzuat çıkarılmalıdır.
- Afet sonrası iyileştirme planı hazırlanmasına ilişkin usul ve esaslar belirlenmelidir.
- Afet sonrası iyileştirme planının hazırlanmasından ve uygulanmasından sorumlu olacak kurum belirlenmiş olmalıdır.
- Afet sonrası geçici konutların ve kalıcı iskânın nerede olacağı afet olmadan önce belirlenmiş olmalıdır. Bu yapılmazsa afet sonrasında kalıcı konutların ve yeni yerleşim yerinin belirlenmesi zorlaşmakta ve çoğunlukla yer bilimleri verilerine dayalı risk değerlendirilmesi yapılmadığından yanlış yerler seçilebilmektedir.
- Hasar tespitinin yapılması, kamulaştırma, altyapıların yenilenmesi ve yeniden yerleşim faaliyetlerindeki kurumsal sorumluluklar belirlenmiş olmalıdır.
- Afet öncesinde afet sonrası iyileştirme çalışması yapabilecek akredite firmalar belirlenmiş olmalıdır.

Afet sonrası iyileştirme planı hazırlanmasında dikkate alınacak hususlar aşağıda sıralanmıştır.

- Halkın katılımı sağlanmalıdır.
- Tarihi yerleşimlerin nasıl iyileştirileceğine açıklık getirilmelidir.
- Planı uygulayacak kuruluşlar belirlenmelidir.
- İyileştirme planları bilimsel verilere dayalı gerçekçi bir afet senaryosu esas alınarak hazırlanmalıdır.
- İyileştirme planları afetler öncesinde hazırlanmalıdır.
- İyileştirme planları gerçekçi ve uygulanabilir olmalıdır.

Afet sonrası iyileştirme planının genel çerçevesi aşağıda belirtilen unsurları içermelidir.

- Afetler sonrası afetin etkileri ayrıntılı olarak ele alınmalı ve mevcut durum ortaya konulmalıdır.
- Afetler sonrası öncelik alanları etkin müdahaleler için net bir şekilde belirlenmelidir.
- Planın amacı, hedefleri ve faaliyetlerini içeren uygulama stratejileri belirlenmelidir.
- İyileştirme planı kapsamında yapılacak faaliyetlerin hangi kuruluşlar tarafından yapılacağı, ne zaman yapılacağı, iş birliği yapılacak kuruluşları, maliyetlerini ve elde edilecek sonuçları içerecek şekilde eylem planı hazırlanmalıdır.
- İyileştirme planlarının bileşenlerini oluşturan faaliyet planları; ulaştırma planı, enerji temin planı vb. faaliyet planları hazırlanmalıdır.

Afet sonrası iyileştirme planının etkin bir şekilde uygulanabilirlik şartları aşağıda sıralanmıştır.

- Hasar tespiti doğru ve zamanında yapılmalıdır.
- Etkin koordinasyon ve yeterli kaynak sağlanmalıdır.
- İyileştirme döneminde risk azaltmaya ilişkin politikalar yasalaştırılmalıdır.
- İyileştirme planın uygulanması ve yönetimi için gerekli personel, yer, makine/teçhizat, ulaşım ve benzeri imkânlar sağlanmalıdır.
- Planın uygulanması konusunda kamuoyu bilgilendirilmelidir.
- İyileştirme planının uygulanmasında edinilen tecrübeler ve yaşanılan aksaklıklar dikkate alınarak 5 yılda bir mutlaka revize edilmelidir.
- Yerleşim yerlerinin yeniden yapılandırılmasında halkın katılımı sağlanmalıdır.

Afet sonrası yapılan iyileştirme çalışmaları daha sonra oluşabilecek afetler için yapılan hazırlık çalışmaları niteliğindedir. Afet sonrası iyileştirme planlarında afetle ilgili kurumların üstleneceği görevler, koordinasyonun nasıl sağlanacağı, kaynakların nasıl kullanılacağı, izleme ve değerlendirmenin nasıl yapılacağı gibi hususların açık bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Afet sonrası iyileştirme planı uygulanırken yaşanılan tecrübelere bağlı olarak günün şartlarına uygun şekilde en fazla 5 yılda bir yenilenerek belirlenen iyileştirme hedeflerine ulaşılması hususuna dikkat edilmelidir.

Afetlerde yıkılan ve ağır hasar alan yapıların (binalar, tesisler vb.) yıkılma ve ağır hasar nedenlerinin hangi teknik hatalardan kaynaklandığını yazınız.

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

3.12 UYGULAMA

6 (12) DERS SAATİ

AFETLE MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Bu çalışmanın amacı, afetle mücadele yöntemleri ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Afetle mücadele yöntemleri ile ilgili uygulamayı, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş Depremleri.

İstenenler

6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş, Hatay, Malatya, Adıyaman, Gaziantep, Şanlıurfa, Kilis, Diyarbakır, Adana ve Osmaniye illerinde yıkım, hasar ve can kayıplarına neden olan Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş Depremleri sonrasında müdahale, normale dönüş, yeni yerleşimlerin kurulması, kalkınmaya yönelik yeniden inşa dönemlerinde yapılması gereken çalışmaları şehir merkezlerini, ilçeleri, beldeleri ve köyleri ele alarak planlayınız.

Her bir öğrenci depremlerin gerçekleştiği şehirlerdeki yalnız şehir merkezini veya bir ilçeyi seçerek planlama yapacaktır. Tüm planlamalar; Gerçekleştirilecek Çalışma Adı, Çalışma Kapsamında Yürütülecek Faaliyetler, Çalışmanın Koordinasyonunda Sorumlu Kurum/Kuruluşlar, Çalışmanın Başlama ve Bitiş Süreleri başlıkları doğrultusunda yapılacaktır.

YÖNERGE

- Çalışmanızda inşa/iyileştirme çalışmalarının her aşamasını detaylı olarak sıralamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda afetlerden sorumlu kamu kurumları ve üniversitelerin ilgili bölümlerinin kaynaklarından yararlanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Sizlere verilen kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI Müdahale Dönemi Planlaması

1. Afet sonrası arama-kurtarma çalışmaları, etkilenen her şehrimizdeki (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) tüm bina ve diğer yapılar dikkate alınarak planlanır.
2. Afet sonrası arama-kurtarma çalışmaları, her şehrimizdeki (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) tüm bina ve diğer yapılarda bitirilecek şekilde planlanır.
3. Afetten etkilenen her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) vatandaşlar için geçici barınma amaçlı çadır, konteynır, seyyar WC ve duş konteynırları, sahra hastaneleri kurulması çalışmaları planlanır.
4. Afetten etkilenen her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) vatandaşların temel gıda, temizlik ve hijyen malzeme ihtiyaçlarının karışlanmasına yönelik planlar hazırlanır.
5. Her şehrimiz için (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) hasar tespit çalışmalarının planlaması yapılır.
6. Afetten etkilenen her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) enkaz kaldırma çalışmaları gerekli güvenlik önlemleri dikkate alınarak planlanır.

İŞLEM BASAMAKLARI Normale Dönüş Dönemi Planlanması

1. Afet bölgesindeki her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) eğitim-öğretim faaliyetleri en kısa sürede başlayacak şekilde planlanır.
2. Afet bölgesindeki her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) psiko-sosyal çalışmalar planlanır.
3. Afet bölgesindeki her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) iş yerlerinin açılması ve sürdürülmesine yönelik planlamalar yapılır.
4. Afet bölgesindeki her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) sosyal faaliyetler (özellikle çocuklar, yaşlılar ve engelli bireyler) sürdürebilir şekilde planlanır.

İŞLEM BASAMAKLARI Yeni Yerleşimlerin Kurulması Planlaması Dönemi

1. Afetten etkilenen her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) yeni yerleşim yerlerinin seçimi için risk değerlendirmeleri ve zemin etütleri planlaması yapılır.
2. Afetten etkilenen her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) kalıcı konutların inşa çalışmalarına yönelik planlamalar yapılır.
3. Afetten etkilenen her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) eğitim-öğretim kurumlarının inşa çalışmalarına yönelik planlamalar yapılır.
4. Afetten etkilenen her şehrimizde (şehir merkezi, ilçeler, beldeler, köyler) sosyal yapıların ve işletme yapılarının inşa çalışmalarına yönelik planlamalar yapılır.

İŞLEM BASAMAKLARI Kalkınmaya Yönelik Yeniden İnşa Dönemi Planlaması

1. Afet bölgesi kalkınmasına yönelik ekonomik paketleri içeren iyileştirme planları yapılır.
2. Afet bölgesine yönelik ek kalkınma yasalarıyla destekleme ve iyileştirme çalışmaları sürdürülmesine yönelik çalışma planları yapılır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
Müdahale Dönemi			
1	Afet sonrası arama-kurtarma çalışmalarını etkilenen her binayı ve diğer yapıları dikkate alarak planladınız mı?		
2	Afet sonrası arama-kurtarma çalışmalarının tüm bina ve diğer yapılar bitirilene kadar devam edecek şekilde planlamalarını yaptınız mı?		
3	Afetten etkilenen vatandaşlar için geçici barınma amaçlı çadır, konteynır, seyyar WC ve duş konteynırları, sahra hastaneleri kurulmasına yönelik çalışma planları hazırladınız mı?		
4	Afetten etkilenen vatandaşların temel gıda, temizlik ve hijyen malzeme ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik çalışmaları planladınız mı?		
5	Hasar tespit çalışma planlarını hazırladınız mı?		
6	Enkaz kaldırma çalışma planlarını hazırladınız mı?		
Normale Dönüş Dönemi			
1	Afet bölgesinde eğitim-öğretim faaliyetlerinin en kısa sürede başlayacak şekilde planlamasını yaptınız mı?		
2	Afet bölgesinde psiko-sosyal çalışmaları planladınız mı?		
3	Afet bölgesinde iş yerlerinin açılması ve sürdürülmesine yönelik planlamaları yaptınız mı?		
4	Afet bölgesinde sosyal faaliyetleri (özellikle çocuklar, yaşlılar ve engelli bireyler) sürdürebilir şekilde planladınız mı?		
Yeni Yerleşimlerin Kurulması Dönemi			
1	Yeni yerleşim yerlerinin seçimi için risk değerlendirmeleri ve zemin etütleri planlamasını yaptınız mı?		
2	Kalıcı konutların inşa çalışmalarına yönelik planlamaları yaptınız mı?		
3	Eğitim-öğretim kurumlarının inşa çalışmalarına yönelik planlamalarını yaptınız mı?		
4	Sosyal yapıların ve işletme yapılarının inşa çalışmalarına yönelik planlamalarını yaptınız mı?		
Kalkınmaya Yönelik Yeniden İnşa Dönemi			
1	Afet bölgesi kalkınmasına yönelik ekonomik paketleri içeren iyileştirme planlarını yaptınız mı?		
2	Afet bölgesine yönelik ek kalkınma yasalarıyla destekleme ve iyileştirme çalışmalarının sürdürülmesine yönelik çalışma planlarını yaptınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

Aşağıda verilen çoktan seçmeli test maddelerinden oluşan soruları cevaplayınız.

1. I. Graben

II. Kaldera

III. Horst

Yukarıda verilen yer şekillerinden hangilerinin oluşumunda iç kuvvetler etkili olmuştur?

A) I ve III **B)** I ve II **C)** Yalnız II **D)** II ve III **E)** I, II ve III

2. I. Antiklinal ve senklinal

II. Jeoantiklinal ve jeosenklinal

III. Traverten

Yukarıda verilen yer şekillerinden hangilerinin oluşumunda iç kuvvetlerin etkisi yoktur?

A) I ve III **B)** I ve II **C)** Yalnız II **D)** II ve III **E)** I, II ve III

3. İtalya'da Napoli'nin batısında Pozzuoli'de eski Romalıların Pazar yeri kalıntısında (Serapis Tapınağı) üç sütun üzerinde, tabandan 6 m yukarıda folasların açmış oldukları oyuklar yer almakta ve oyuklardan bazılarının içerisinde folas kabukları bulunmaktadır.

Verilen metindeki folas aşağıdakilerden hangisidir?

A) Deniz kabuğu
B) İstakoz kabuğu
C) Kayalaşmış bir tür yengeç
D) Sertleşmiş karides kabuğu
E) Taş yiyen bir tür midye

4. **Aşağıdakilerden hangisi yeryüzündeki büyük levhalardan biri değildir?**

A) Avrasya **B)** Afrika **C)** Himalaya **D)** Pasifik **E)** Stokiya

5. **Tabakalı kayaçların çökelme sonrası yatay konumdan farklı bir yapı ve şekle bürünmesi durumuna ne ad verilir?**

A) Iraksak levha hareketi
B) Okyanus sırtı
C) Sıradağlar
D) Tektonik deformasyon
E) Transform fay hattı

6. Levhaların hareketlerini açıklamak için ortaya atılan modellerle ilgili aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?

A) Levha hareketlerini açıklamak için ısıl iletim hücrelerini kapsayan iki model ileri sürülmüştür.

B) Birinci modelde ısıl iletim hücreleri sadece astenosferde bulunur.

C) İkinci modelde ısıl iletim hücreleri bütün mantoda görülür.

D) İkinci modelde termal konveksiyon hücreleri troposfer ile sınırlıdır.

E) İki modelde de yayılma sırtları komşu iletim hücrelerinin Yer'in içine doğru alçalan kısımlarına işaret eder.

7. Yarık ve çatlaklar ilk oluştuklarında araları boştur. Yarık ve çatlakların boş araları zamanla kuvarsit, kalsit, pirit gibi minerallerle dolmaktadır. Bu dolgulanma olayına ne ad verilir?

A) Amfibolit **B)** Blok **C)** Damar **D)** Fay **E)** Milonit

8. İki normal fay arasında aşağıya doğru çöken, hendek biçiminde dar ve uzun çukurlara ne ad verilir?

A) Antitetik fay **B)** Graben **C)** Horst **D)** Kavisli fay **E)** Sıyrılma fayı

9. 17 Ağustos 1999 Gölcük merkezli Marmara Depremi aşağıdaki hangi fay hattından kaynaklı olarak meydana gelmiştir?

A) Ana **B)** Kavisli **C)** Sintetik **D)** Sıyrılma **E)** Transform

10. 1811 yılından bu yana Missisipi havzasında geniş alanlar eski seviyesinin altına çökmüştür. Bu çökmeler sonucu günümüzde bu havza aşağıdaki yer şekillerinden hangisiyle örtülmüştür?

A) Çukurlarla **B)** Göllerle **C)** Ovalarla **D)** Platolarla **E)** Vadilerle

11. Bir yerde izostatik dengenin bozulması halinde aşağıdaki hareketlerden hangisi oluşur?

A) Deprem **B)** Epirojenik **C)** Orojenik **D)** Tsunami **E)** Volkanizma

12. Transgrasyon sözcüğü aşağıda verilenlerden hangisiyle eş anlamlıdır?

A) Deniz sızıntısı

B) Deniz gerilemesi

C) Deniz ilerlemesi

D) Okyanus sızıntısı

E) Kıta çökmesi

13. Dağların oluşumu aşağıda verilen hangi hareketler sonucu oluşur?

A) Deprem **B)** Epirojenik **C)** Orojenik **D)** Tsunami **E)** Volkanizma

14. Magma yeryüzüne bir yarık boyunca çıkıyorsa volkanın püskürme şekli aşağıda verilen hangisiyle adlandırılır?

A) Alansal **B)** Çizgisel **C)** Derin **D)** Merkezi **E)** Kesitsel

15. I. Volkanizma

II. Sıcak su kaynakları

III. Deprem

Verilenlerden hangilerinin orojenik bölgelerdeki hareket aktiviteleri yüksektir?

A) I ve II **B)** Yalnız II **C)** II ve III **D)** I, II ve III **E)** Yalnız III

16. **Bazı volkanizmalarda katı ve akışkan maddeler yerine sadece gaz patlamaları olur. Bu tür patlamalarla oluşan çukurluklara ne ad verilir?**

A) Diatremalar **B)** Horst **C)** Kaldera **D)** Krater **E)** Maar

17. Doğu Afrika'da Mozambik sınırlarından başlayan ve Hatay çukurluğuna kadar uzanan 5000 km uzunluğunda olan Dünya'nın en uzun çukurluğudur.

Hakkında bilgi verilen çukurluk aşağıdakilerden hangisiyle adlandırılır?

A) Graben **B)** Horst **C)** Kaldera **D)** Krater **E)** Maar

18. **Maarlara göre daha küçük patlama kraterleri olan diatremalar Türkiye'de aşağıda verilen şehirlerden hangisinde bulunur?**

A) Adıyaman **B)** Ağrı **C)** Iğdır **D)** Konya **E)** Malatya

19. **Kaz Dağı, Madra Dağı, Yunt Dağı, Bozdağlar, Aydın Dağları ve Menteşe Dağları aşağıda verilen oluşumlardan hangisi içerisinde yer alır?**

A) Graben **B)** Horst **C)** Kaldera **D)** Maar **E)** Volkanizma

20. **Aşağıda verilen dağlardan hangisi Türkiye'de bulunan volkanik dağlardan biridir?**

A) Bolkar **B)** Ilgaz **C)** Madra **D)** Menteşe **E)** Nemrut

21. **Derinliği az veya tabakalı kayaçları dik veya eğik olarak kesen magmatik kütlelere verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Batolit **B)** Dayk **C)** Ksenolit **D)** Lakolit **E)** Sill

22. **Düşey hareketlerle meydana gelen faylara verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Doğrultu atımlı
B) Dik atımlı
C) Eğim atımlı
D) Kavisli
E) Sintetik

23. **Alp-Himalaya kıvrımları ile Amerika kıtasının batısındaki Kayalık ve And Dağları Dünya üzerindeki başlıca kıvrım dağlarıdır. Bu kıvrım dağları hangi jeolojik zamanda oluşmuştur?**

A) Kauterner
B) Mezozoik
C) Paleozoik
D) Prekambriyen
E) Tersiyer

24. **Türkiye'de volkanizma kendisini aşağıda verilen hangi iki dönemde hissettirmiştir?**

A) Neojen ve Kuvaterner
B) Neojen ve Paleozoik
C) Tersiyer ve Mezozoik
D) Mezozoik ve Paleozoik
E) Tersiyer ve Kuvaterner

25. **En şiddetli püsküren yanardağ tipi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Hawaii **B)** İzlanda **C)** Pilinus **D)** Stromboli **E)** Vulcano

26. **Sismik olarak aktif olan Alpin Kuşağı üzerinde yer alan Türkiye ve çevresinde gözlenen tektonizma aşağıda verilen hangi levhalarının birbirlerine göre relatif hareketlerine bağlı olarak meydana gelmiştir?**

A) Afrika, Ege, Arap, Anadolu, Karadeniz ve Avrasya, İran ve Hazar
B) Afrika, Ege, Akdeniz, Anadolu, Marmara ve Avrasya, İran ve Hazar
C) Nazka, Ege, Arap, Anadolu, Karadeniz ve Avrasya, Irak ve Hazar
D) Afrika, Ege, Hindistan, Anadolu, Akdeniz ve Avrasya, İran ve Hazar
E) Arap, Ege, Nazka, Anadolu, Karadeniz ve Avrasya, Irak ve Hazar

27. **Depremde enerjinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığına verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Dış merkez **B)** Odak derinliği **C)** Odak noktası **D)** Şiddet **E)** Magnitüd

28. **Amerika Birleşik Devletleri'nde Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü aşağıdakilerden hangisiyle tanımlanmıştır?**

A) Dış merkez
B) Odak derinliği
C) Odak noktası
D) Şiddet
E) Magnitüd

29. **Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK) şiddet cetveline göre en yüksek şiddet derecesi aşağıda verilenlerden hangisidir?**

A) XIII **B)** IX **C)** X **D)** XI **E)** XII

30. **Avrasya ve Hazar levhalarının çarpışması sonucunda aşağıdakilerden hangisi meydana gelmiştir?**

A) Bitlis-Zagros Zonu
B) Batı Anadolu Graben Sistemi
C) Kafkas Bindirme Zonu
D) Ege Yitim Zonu
E) Helenik Kıbrıs Yayı

31. **6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Elbistan ve Pazarcık merkezli Kahramanmaraş Depremleri 10 ilimizde can ve mal kayıplarına yol açan büyük bir felaketle sonuçlanmıştır. Söz konusu depremler aşağıda verilen hangi fay hattı üzerinde gerçekleşmiştir?**

A) Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi

B) Doğu Anadolu Fay Zonu

C) Kuzey Anadolu Fay Zonu

D) Ege Graben Sistemi

E) Helenik-Kıbrıs Yayı

32. **17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Gölcük merkezli Marmara Depremi 8 ilimizde can ve mal kayıplarına yol açan büyük bir felaketle sonuçlanmıştır. Söz konusu depremler aşağıda verilen hangi fay hattı üzerinde gerçekleşmiştir?**

A) Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi

B) Doğu Anadolu Fay Zonu

C) Kuzey Anadolu Fay Zonu

D) Ege Graben Sistemi

E) Helenik-Kıbrıs Yayı

33. **Aşağıda verilen sismik boşluklardan hangisi Akdeniz`deki tektonik aktivitenin en yoğun olduğu Helenik Kıbrıs Yayı üzerinde yer alan segmentlerden biri değildir?**

A) Aksu **B)** Antalya **C)** Gökova **D)** Muğla **E)** Zafer

34. I. Jeolojik

II. Jeomorfolojik

III. Çevresel

Verilen parametrelerin hangileri heyelanların oluşumunda hazırlayıcı koşullara bağlı olarak gelişebilir?

A) Yalnız II **B)** I ve III **C)** II ve III **D)** Yalnız I **E)** I, II ve III

35. **Dünya'da en çok kullanılan iklim sınıflandırması aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Aydeniz **B)** C. Richter **C)** Erinç **D)** Köppen-Geiger **E)** Thornthwaite

36. **Ülkemizde en fazla sığ heyelanlar aşağıda verilen hangi bölgemizde görülmektedir?**

A) Batı Karadeniz

B) Doğu Karadeniz

C) Doğu Anadolu

D) Güneydoğu Anadolu

E) Orta Karadeniz

37. **Ülkemizde en büyük kütle hareketleri aşağıda verilen hangi bölgemizde görülmektedir?**

A) Batı Karadeniz
B) Doğu Karadeniz
C) Doğu Anadolu
D) Güneydoğu Anadolu
E) Orta Karadeniz

38. **Aşağıda verilenlerden hangisi ülkemizde oluşan başlıca obruklar arasında sayılamaz?**

A) Cennet Obruğu
B) Cehennem Deresi Obruğu
C) Çifteler Obrukları
D) Pars Obruğu
E) Yunus Obruğu

39. **Ülkemizde obrukların en fazla görüldüğü yer aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Antalya
B) Burdur
C) Konya
D) Mersin
E) Nevşehir

40. I. Arazilerin yanlış kullanımı

II. Altyapı yetersizliği

III. Kaya düşmeleri

IV. Hızlı nüfus artışı

V. Ormanların tahrip edilmesi

VI. Yerleşme ve sanayi alanlarının hatalı seçilmesi

Verilenlerden hangileri özellikle gelişmekte olan ülkelerde sel ve su taşkını olaylarının afete dönüşmesi nedenleri arasında sayılamaz?

A) Yalnız III **B)** Yalnız IV **C)** II ve III **D)** I, II ve IV **E)** IV ve VI

Ölçme ve Değerlendirme sorularını cevaplamayı tamamladıysanız kitabın sonunda verilen cevap anahtarından cevaplarınızı kontrol edebilirsiniz. Yanlış cevapladığınız soruları öğretmeninize sorunuz.

4. ÖĞRENME BİRİMİ

GENEL JEOLOJİ UYGULAMALARI

KONULAR

4.1. SUYUN JEOLOJİK İŞLEVLERİ

4.2. UYGULAMA: SUYUN JEOLOJİK İŞLEVLERİ

4.3. YER ALTI SULARI

4.4. UYGULAMA: YER ALTI SULARI

4.5. SU VE ZEMİN İLİŞKİSİ

4.6. UYGULAMA: SU VE ZEMİN İLİŞKİSİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

. Suyun jeolojik işlevlerini

. Suyun jeolojik işlevleri uygulamalarını

. Yer altı sularını

. Yer altı suları uygulamalarını

. Su ve zemin ilişkisini

. Su ve zemin ilişkisi uygulamalarını

TEMEL KAVRAMLAR

Dünya su rezervi, yer altı suyu, suyun fiziksel özellikleri, suyun kimyasal özellikleri, su türleri, akifer, Darcy kanunu, mağara oluşumu, karst topoğrafyası, jeotermal yer altı suları, su kaynakları, yüzey suyu, yüzey suyu hidrolojisi, kapiler su, kapiler potansiyel, hidrolojik döngü, su döngüsü, su bütçesi, su havzası, yer altı suyu kirlilik kaynakları, tuzlu su girişimi

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Çevrenizdeki su kaynaklarını araştırınız ve edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.1. SUYUN JEOLOJİK İŞLEVLERİ

Ekonomik olarak fazla miktarda suyu depolayabilen (yüksek permeabilite) ve yeterince hızlı taşıyabilen (iletken) geçirimli jeolojik birimler, akiferlerdir. Su rezervleri, zemindeki sular, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri, yer altı ve yüzey suları, suyun jeolojik işlevleri kapsamında ele alınır.

4.1.1. Dünyada Su Rezervleri Dağılımı

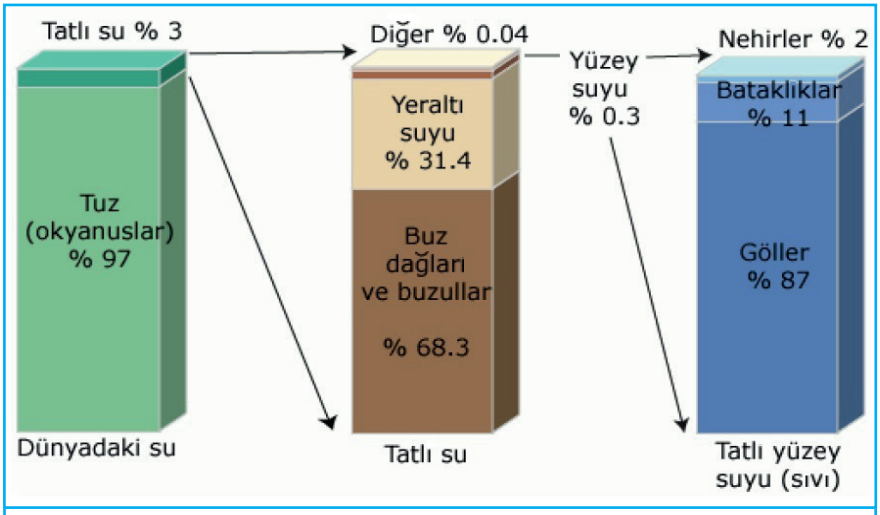
Dünyadaki su rezervlerinin %97'sini deniz ve okyanuslardaki sular oluşturmaktadır. Yer altı suları dünyamızdaki tatlı su kaynaklarının 4/3'ünü oluşturur. Tatlı su rezervlerinin kullanılabilen kısmı buzullar hariç, yer altı suları hemen hemen tatlı su kaynaklarının tamamına yakın bir kısmını oluşturur (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Tatlı Su Kaynakları

Yer altı suları	%95
Göl, nehir, bataklık, ırmak, çay, dere vb.	%3,5
Topraktaki nem	%1,5

Su kaynakları genel olarak dört ana grupta toplanır (Şekil 4.1).

1. Yüzey suları (nehir, bataklık, göl, deniz, okyanus suları, buzullar)
2. Atmosferik sular (yağmur, kar ve dolu)
3. Yer altı suları
4. Kozmik sular (meteoritlerle gelmiş olan sular)



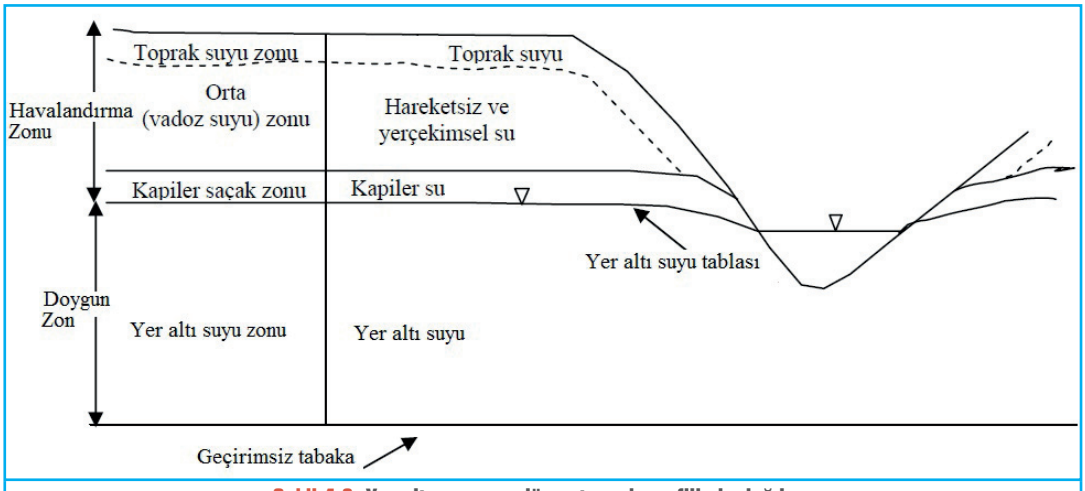
Şekil 4.1: Dünya'daki su dağılımı

Suyun sistemlerdeki kalış süreleri; nehirlerde yaklaşık 2 haftadır, yer altı suyunda ise daha yavaş hareket ettiğinden bu süre 2 hafta ile 10000 yıl arasında bir değişir.

$$\text{Suyun yenilenme zamanı (Suyun sistemde kalış süresi)} = \frac{\text{Rezervuar hacmi}}{\text{Rezervuara akan suyun debisi}}$$

Yer Altı Suyunun Düşey Topraktaki Dağılımı

Yer altı suyu, gözeneklerin suyla doluluk oranına göre düşey yönde iki zona ayrılabilir. Doygun zonda gözeneklerin tamamı su ile doludur. Bu zonun üstünde yer alan havalanma zonunda, gözeneklerde hem hava hem de su bulunmaktadır. Şekil 4.2'de yer altı suyunun dağılımı görülmektedir. Yağmur suları yer altına süzülürken yer çekiminin etkisi altında derinlere doğru hareket etmekte ve belli bir geçirimsiz tabaka üzerinde bulunan yapının gözeneklerinde toplanmaktadır.



Şekil 4.2: Yer altı suyunun düşey toprak profilinde dağılımı

Doygun zonun üst kısmı su tablası ile sınırlanmaktadır. Toprağın suya doygunluğu aslında su tablasının üstünde belli bir mesafeye kadar devam eder. Bu mesafe toprağın türüne göre değişmektir. Kuyular, pınarlar ve nehirler doygun bölgedeki sudan beslenir. Havalanma zonu, yer altı suyu tablası ile yer yüzeyi arasında kalan bölgedir. Havalanma zonu genelde üç alt zondan oluşur. Bu zonlar; toprak suyu zonu, orta zon (vadoz suyu zonu) ve kapiler (kılcallık saçağı) zonudur.

Toprak suyu zonu yer yüzeyine yakın bir zon olup aşağıya doğru kök zonuna kadar uzanmaktadır. Bu zondaki su dağılımı, yer yüzeyindeki mevsimsel ve günlük yağışlardaki, sulamadaki, hava sıcaklığındaki ve nem oranındaki değişimlerden ve sığ bir su tablasının varlığından etkilenmektedir. Toprak suyu zonunda yer alan su süzülmeyle aşağıya doğru, buharlaşma ve bitkisel terleme ile de yukarıya doğru hareket etmektedir (Şekil 4.2). **Orta zon**, toprak suyu zonunun alt sınırı ile kapiler zonun üst sınırı arasında kalan bölgedir. Yer altı suyu seviyesinin çok yüksek olduğu durumlarda orta zon mevcut değildir. Kısa süreli normalin üstündeki yağışlarda, geçici olarak orta zondaki toprak, suya tamamıyla doygun hale gelebilir. Bu gibi durumlarda kapiler saçağı, toprak suyu zonuna kadar hatta yer yüzeyine kadar uzanabilir. Bu zondaki suya **yer çekimi ile akan su** denilmektedir.

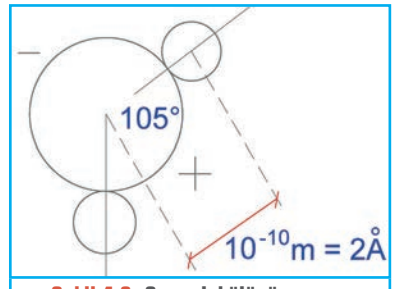
Yağışın az olduğu zamanlarda uzun bir süre yer çekiminin ve drenajın etkisi altında, topraktaki geri kalan su miktarı **arazi kapasitesi** olarak adlandırılır. Arazi kapasitesinin altında, toprak kapiler su içerir.

Kapiler sular, tanelerin çevresini devamlı bir film şeklinde kaplamakta olup yüzeysel gerilim etkisi ile tanelerin etrafında ince bir tabaka şeklinde tutunur. Yüzeysel gerilim, sıvıların yüzeylerine özgü bir olaydır. Burada yüzey moleküllerinin birbiri arasında, sıvı kitlesinin içindeki moleküller arasında bulunandan daha fazla bir kohezyon mevcut olup bu nedenle sıvı yüzeyi gerilmiş elastik bir ince tabaka şeklinde hareket etmektedir. Bu sular, kapiler kuvvetlerin etkisi altında hareket ederek bitkiler tarafından kullanılabilmektedir. Belli bir nem oranının altında bulunan topraktaki su, bitkiler tarafından alınamaz. Bu su atmosferik su buharı ile dengeli olarak havalanma bölgesi içinde bulunur. Topraktaki tanelerinin yüzeylerine son derece kuvvetli tutunan bu tür sulara **higroskopik su** denir. Su yer çekimi hareketi ile veya kapiler kuvvetle hareket etme becerisine sahip olmayıp sadece sıcaklık vasıtasıyla atılabilir (Şekil 4.2).

Kapiler zon veya kılcal saçağı, yer altı suyu tablasından yukarıya doğru uzanan bir zondur. Bu zonun kalınlığı toprağın özelliklerine ve gözenek boyutlarının üniformluğuna bağlıdır. Kapiler saçağının kalınlığı iri taneli malzemelerde sıfır ile 2/3 m arasında, ince taneli malzemelerde (örneğin killerde) daha fazladır. Yer altı suyu tablasının hemen üst kısmında bulunan toprak suya doygundur. Kapiler saçak zonunda suyun hareketi yatay ve düşey yönde olabilir. Eğer yer altı suyu tablasının altındaki doygun zonun kalınlığı kapiler zonun kalınlığından fazla ise kapiler saçak zondaki suyun hareketi dikkate alınmayabilir.

4.1.2. Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Sınıflandırılması

Suyun Fiziksel Özellikleri: Suyun ısısı, tadı, reaksiyonu, (pH) özellikleri, duyu organlarıyla anlaşılan özellikler fiziksel özelliklerdir. Suyun özgül ağırlığı, dinamik viskozitesi, kinematik viskozitesi ve sıkıştırabilirlik durumu suyun fiziksek özellikleri arasındadır. Su, bir oksijen atomu ile iki hidrojen atomunun düzenlenmesi ile oluşur. Oksijen atomu, hidrojen atomlarına simetrik olmayan bir şekilde bağlanır (Şekil 4.3). Bu, simetri olmayan dengesiz bir yük dağılımına sebep olmakta ve su molekülüne polar yani kutuplu bir özellik kazandırmaktadır. Suyun bu özelliği çok iyi bir çözünür olmasını sağlar.



Şekil 4.3: Su molekülünün yapısı

Katı haldeki suyun (buz) yoğunluğu sıvı haldeki suyun yoğunluğundan önemli derecede düşüktür. Sıvı fazda su en yüksek yoğunluğuna 4 ^{0}C'de ulaşır. Bu sıcaklığın altında, sıcaklık azaldıkça suyun yoğunluğunda önemli bir derecede düşüş gözlenir.

Suyun Kimyasal Özellikleri: Suyun izotopik bileşiminde oksijenin üç kararlı izotopu vardır. Bunlar; 16O (yaygın, %99.76), ^{18}O (nadiren, %0.20),^{17}O (çok nadiren, %0.04) izotoplarıdır. Hidrojenin iki kararlı izotopu vardır. Bunlar; ^{1}H (yaygın, %99.984), ^{2}H Deteryum (Deterium) (nadir, %0.016) izotoplarıdır. Hidrojenin radyoaktif izotopu; ^{3}H Trityum (Tritium), Trityumun yarılanma süresi ise 12,3 yıldır.

^{3}H ve ^{3}He beta yarılanması, beta parçacıklarının ya da elektronların üretilmesi ve nötronların protonlara dönüşümü sonucunda meydana gelir. Trityumun yarılanması, genç (birkaç on yıl) yer altı sularının yaşlarının tespiti için kullanılır. Farklı oksijen ve hidrojen izotoplarının kombinasyonu aşağıda verilen üç çeşit suyu üretir.

$^1H^{16}O$ normal su

$^2H^{16}O$ ağır su

$^2H^{18}O$ ağır su

Yüzey ve yer altı sularının kaynağı yağışlar olmasına rağmen yer altı suları yüzey sularından daha fazla miktarda mineral madde içerir. Yağmurun yere düşmesi, süzülmenin başlaması, suyun toprak ve kayaçların boşluklarından geçmesiyle su, temas ettiği bazı maddeleri eritir ve yer çekimine bağlı olarak aşağıya doğru süzülen suya mineraller eklenir. Yer altı sularının kimyasal bileşimi temas ettiği maddelerin fiziksel özelliklerine, bileşimlerine ve temas süresine bağlı olarak belirlenir. Suyun söz konusu maddelerle temas süresi uzadıkça suda daha fazla miktarda mineral çözünür.

Yer altı sularının beslenmesinde etkili olan faktörler aşağıda sıralanmıştır.

- Yağış miktarı
- Yağış türü (Kar yağışları ile beslenme fazla olur.)
- Zeminin geçirimliliği (Alüvyal ve karstik alanlarda geçirimlilik fazladır.)
- Arazinin eğimi (Eğimin az olduğu alanlarda beslenme daha fazladır.)
- Bitki örtüsü (Yüzeysel akımı engeller.)

Yer altı sularının kimyasal yapısının % 95'ini meydana getiren 6 ana iyon Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Yer Altı Sularının Kimyasal Bileşimini Oluşturan Ana İyonlar

Katyonlar	**Anyonlar**
Sodyum (Na)	Klorür (Cl)
Kalsiyum (Ca)	Bikarbonat (HCO_3)
Magnezyum (Mg)	Sülfat (SO_4)

Yer altı suyunda çözünmüş olarak bulunan ana elementlerin sayısı sınırlıdır ve bu elementlerin farklı doğal bileşikleri sanıldığı kadar fazla değildir. İçinden geçtikleri organik maddelerin, minerallerin ve aynı zamanda geçirdikleri kimyasal reaksiyonların karmaşıklığına rağmen yer altı suyunda sadece 6 adet element, kimyasal kompozisyonun çoğunluğunu meydana getirir. Bu elementlerden en yaygınları, yer altı sularındaki mineral tuzların çoğunluğunu oluşturan Na, Ca, Mg ve bunlarla kimyasal bileşik halinde bulunan klorür, bikarbonat ve sülfattır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Yer Altı Suyundaki Kimyasal Elementler

Ana Elementler	**İz Elementler**
Kalsiyum	Alüminyum
Magnezyum	Arsenik
Sodyum	Kadmiyum
Potasyum	Krom
Bikarbonat	Kobalt
Karbonat	Bakır
Klorür	Kurşun
Sülfat	Civa
Silis	Nikel
Tali Elementler	Fosfat
Demir	Radyum
Manganez	Selenyum
Stronsiyum	Gümüş
Florür	Uranyum
Nitrat	Çinko

Yerkabuğu bazı bakterilere ve kirleticilere karşı doğal filtre olarak görev yaptığından yer altı suları, çoğu yüzey sularından daha temizdir.

Çoğu yer altı suyu asılı tanecik, bakteri veya organik madde içermez. Bu sebeple yer altı suları berrak ve kokusuzdur. Çoğu çözünmüş mineraller düşük konsantrasyonlarda olması durumunda sağlık için yok denecek kadar az tehlike oluşturmakla birlikte suya hoş bir tat da vermektedir. Çözünmüş minerallerin bazıları sağlık için gereklidir. Bu minerallerin bir kısmı suda çok fazla olması hâlinde zehirli olabilir ve tat, koku problemine neden olur. Sudaki çözünmüş maddelerin bir kısmının kabul edilebilir değerler içinde olması veya sağlığa zararlı olduğunun anlaşılması, içme suyu standartlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Bu standartlar, kimyasal analiz neticelerinin değerlendirilmesini esas alır ve kabul edilebilir madde miktarları, özellikleri (tat, renk, koku, çözünmüş madde vb.) ve ters fizyolojik etkilere sahip maddelerin varlığı bakımından temel bir gösterge oluşturur. Yer altı sularında bulunan kimyasal elementler suyun içme, kullanma, sanayi ve tarımsal amaçlı olmak üzere kullanım türlerini belirler.

4.1.3. Zemindeki Su Türleri

Zemindeki sular, serbest su ve tutulan su olmak üzere ikiye ayrılır. Serbest sular; durgun yer altı suyu (YAS) ve hareketli yer altı sularıdır. **Tutulan su, adsorbe su (higroskopik su)** ve **kılcal (kapiler)** su olmak üzere ikiye ayrılır.

Durgun yer altı suları, serbest yer altı suları ve basınçlı yer altı suları olmak üzere ikiye ayrılır. Zemin suyu, serbest su ve tutulan sulardır. Yer çekimi etkisi altında serbestçe akabilen sulara **serbest su** denir. Serbest yer altı suyunun altındaki zemin, doygun zemindir. Suya doygun çakıl ve kum tabakalarındaki su, serbest sudur. Bu sular, içme vb. amaçlı su temininde önemli kaynaklardır. Bu tür sular kuyu açılarak elde edilir. Serbest su, durgun (hareketsiz veya statik, basınçsız veya basınçlı) veya hareketli (akış durumunda) olabilir. Taneler arası boşluklarda bazı kuvvetlerce tutulan sulara **tutulan su** denir. **Adsorbe sular**; zemin taneleri tarafından havadan çekilen ve tanelerin dış yüzünü, ince bir film tabakası gibi saran sudur. Bu sular, zemin tanelerinin adeta bir parçası gibidir.

Etüt ortamında kurutulan zeminde, bu sular buharlaşır ve zeminden ayrılır. Ancak kuru zemin nemli havada bırakılırsa higroskopik kapasitesine göre havadan bu tür suyu alır. **Kılcal (kapiler) sular**, zemin boşluklarında ve yüzey gerilim kuvvetleri tarafından tutulan su olup zemin içinde serbest akamayan sulardır. Yer altı sularının yeryüzüne çıktığı yerlere **kaynak** denir. Farklı adlarla anılan kaynaklar; çıktığı yere, suların kimyasal özelliklerine ve sıcaklıklarına göre gruplandırılabilir. Türkiye; kumlu, çakıllı ve alüvyal sahalar ile başta karstik alanlar olmak üzere, geçirimli kayaçlara bağlı olarak yer altı suları bakımından özellikle ovalar, deltalar ve yer altı suları bakımından en zengin alanları oluşturur.

Yer altı suları çıktıkları yere göre taban, tabaka, yamaç (vadi), karstik (voklöz), fay ve basınçlı (artezyen) yer altı suları olmak üzere beş grupta sınıflandırılabilir.

Yamaç (Vadi) Yer Altı Su Kaynakları: Yer altına sızan suların toplandığı tabakaların, bir vadi ile kesilmesi sonucunda oluşan ve genellikle vadi yamaçlarında, geçirimsiz tabakanın hemen üstünde görülen su kaynaklarıdır. Türkiye'de dağlık yerlerde yaygındır. Soğukluğu ve akımları yıl içerisinde değişir. Kurak mevsimlerde akarsuların kurumasını önleyen yer altı su kaynaklarıdır.

Karstik (Voklöz) Yer Altı Su Kaynakları: Kalker tabakaları arasında biriken yer altı sularının, yüzeye çıktığı kaynak tipidir. Geçirimli ve gözenekli bir yapıya sahip olan kireçtaşları içindeki galeri ve boşluklarda tutulan sulardır. Bu alanların çevresinde gür karstik kaynaklar bulunmaktadır. Kireç içeriği yüksek voklöz olarak da adlandırılan ve bol miktarda su içeren karstik kaynaklar, ülkemizde Toros Dağlarının karstik alanlarında yaygın olarak bulunur.

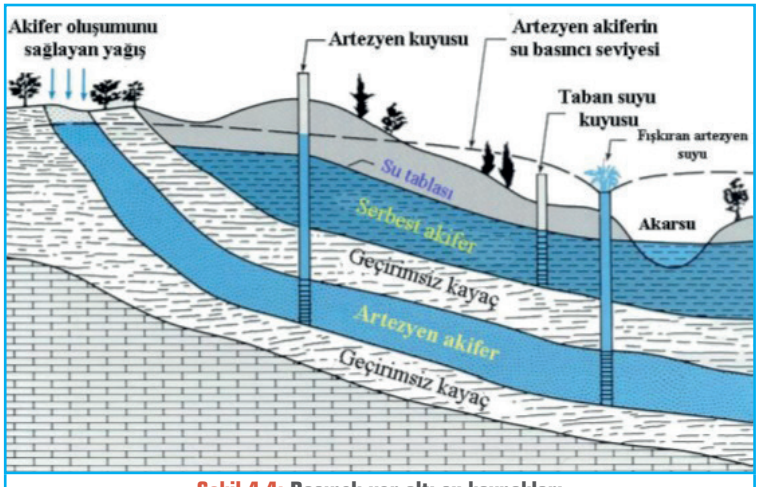
Taban Yer Altı Su Kaynakları: Kum, çakıl gibi geçirimli depo ve tabakalardan oluşan bölgelerdeki suların, topoğrafya yüzeyi ile kesiştikleri yerlerden yüzeye çıkmasıyla oluşan kaynaklardır. Bunların dışında, birikinti konisi veya yelpazeleri çevresindeki kaynaklar, acı-tuzlu sulu kaynaklar, soğuk ya da sıcak sulu kaynaklar biçiminde rastlanır. Alt kısmında geçirimsiz, üst kısmında geçirimli tabakalardan oluşan yerlerde bulunur. Taban yer altı su kaynakları, alüvyal ovalarda yaygın olup genellikle yüzeye yakındır. Ege Bölgesi'ndeki çöküntü ovaları, Muş, Erzurum ve Pasinler ovalarındaki yer altı suları tabaka yer altı sularıdır.

Tabaka Yer Altı Su Kaynakları: Geçirimli tabakaların topoğrafya yüzeyi ile kesiştikleri yerden suların yüzeye çıkmasıyla oluşan kaynaklardır.

Fay Yer Altı Su Kaynakları: Yerin derinliklerindeki yer altı kaynaklarının fay kırıklarından yüzeye çıkması ile oluşur. Kırıklı yapının olduğu yerlerde, örneğin ülkemizde fay kaynaklarına Ege Bölgesi'nde sık rastlanır. Fay su kaynaklarından elde edilen enerjiye **jeotermal enerji** denir. Suları ılık veya sıcaktır. **Kaplıca** ya da **ılıca** olarak adlandırılır. İçerisinde bol miktarda mineral barındıran sulardır.

Gayzer Yer Altı Su Kaynakları: Volkanik bölgelerde yer altındaki sıcak suyun belirli aralıklarla fışkırması ile oluşan kaynaklardır.

Basınçlı (Artezyen) Yer Altı Su Kaynakları: Kıvrımlı yapılarda iki geçirimsiz tabaka arasında biriken suların, doğal olarak ya da insan eliyle yüzeye çıkmasıyla oluşur. Ergene havzası ve iç ovaların büyük kısmında artezyenler bulunmaktadır. Son yıllarda tarımsal sulama amacıyla çok fazla su çekilmesi nedeniyle su seviyeleri çok derinlere inmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Basınçlı yer altı su kaynakları

Su kaynaklarını genel olarak sınıflandırınız.

SIRA SİZDE

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

4.2 UYGULAMA

4 (6) DERS SAATİ

SUYUN JEOLOJİK İŞLEVLERİ

Bu çalışmanın amacı, suyun jeolojik işlevleri kapsamında ele alınan su kaynakları ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Suyun jeolojik işlevleri kapsamında ele alınan su kaynakları araştırma uygulamasını, öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Ülkemizdeki basınçlı (artezyen) su kaynakları.

İstenenler

Ülkemizdeki basınçlı (artezyen) su kaynaklarını yedi coğrafik bölge bazında araştırarak basınçlı su kaynaklarına ait raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda basınçlı su kaynakları ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda basınçlı su kaynakları ile ilgili bilimsel verileri kullanarak rapor hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Akdeniz Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yapılır.
2. Doğu Anadolu Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yapılır.
3. Ege Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yapılır.
4. Güney Doğu Anadolu Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yapılır.
5. İç Anadolu Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yapılır.
6. Karadeniz Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yapılır.
7. Marmara Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yapılır.
8. Ülkemizin yedi bölgesine ait basınçlı su kaynakları verileri raporlaştırılır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Akdeniz Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
2	Doğu Anadolu Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
3	Ege Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
4	Güney Doğu Anadolu Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
5	İç Anadolu Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
6	Karadeniz Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
7	Marmara Bölgesi basınçlı su kaynakları ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
8	Ülkemizin yedi bölgesine ait basınçlı su kaynakları verilerini raporlaştırdınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Yer altı sularının içme suyu olarak kullanımı için uygulanan yöntem ve işlemleri araştırınız. Uygulanan yöntem ve işlemleri içeren bir sunu hazırlayarak sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.3. YER ALTI SULARI

Yer altı suyunun hareketi ve kuyulardan elde edilmesi, içinden geçtiği malzemelerin gözeneklilik (porozite) ve geçirgenlik (permeabilite) özelliğine bağlı olarak değişir. Gözeneklilik ve geçirimlilik, Yeryuvarı'nı oluşturan malzemelerin önemli fiziksel özellikleri arasındadır ve yer altı suyunun hareketi, elde edilmesi ve miktarında büyük oranda rol oynar.

Suyun yer altına süzülmesinin nedeni toprağın, çökellerin ya da kayaçların boşluklara ya da gözeneklere sahip olmasındandır. Gözeneklilik (porozite) kayacın boşluklarının toplam hacmine oranıdır. Çoğunlukla toprak, çökel ya da çökel kayaçlardaki partiküller arası boşlukları içerirken diğer gözeneklilik türleri çatlaklar, kırıklar, faylar ve volkanik kayaçlardaki boşluklardan oluşur.

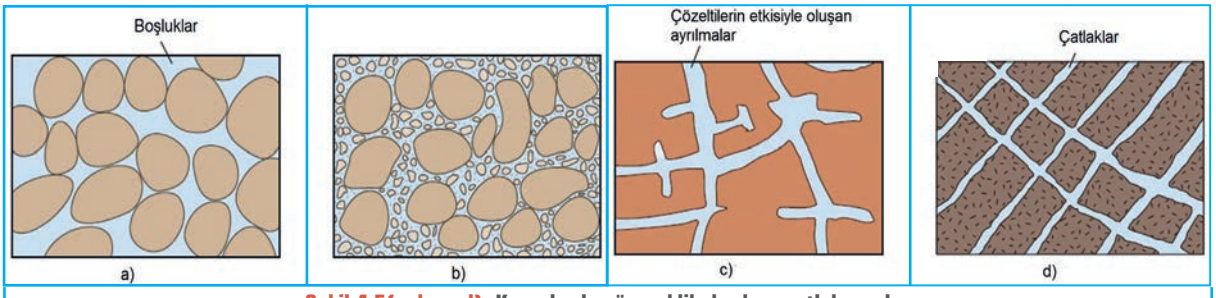
Gerçekte yer altında bulunan su, regolit (sedimen+toprak) ve kaya içerisindeki küçük boşluklarda bulunur. Regolit ve kaya içerisindeki küçük boşluklar **gözenek** (pore), materyal içerisindeki toplam boşluk alanın miktarı da **gözeneklilik** (porosity) olarak adlandırır ve % ile ifade edilir.

Farklı kayaç türlerinin gözeneklilikleri değişkendir ve kayacın büyüklüğüne, şekline ve kayacı oluşturan malzemelerin dağılımına bağlı olarak değişir. Birçok magmatik ve metamorfik kayaç tıpkı kireçtaşları ve dolomitler gibi düşük gözeneklidir. İçerisindeki kristaller birbirlerine sıkı bir şekilde bağlanmıştır. Ancak bu kayaçlar kırıklı haldeyse ya da yer altı suyunun etkisi ile ayrışırsa gözeneklilik değerleri artış gösterir. Bunun tersi olarak iyi boylanmış ve yuvarlaşmış tanelerden oluşan kırıntılı çökel kayaçlar yüksek gözenekliliğe sahiptir. Herhangi iki tane, birbirlerine sadece bir noktada temas etmekte ve bu taneler arasında büyük boşluklar yer almaktadır. Kötü boylanmalı çökel kayaçlar ise daha küçük taneler ve daha büyük taneler arasındaki boşlukları doldurduğundan gözeneklilik düşer ve böylece düşük gözenekli hâle gelir. Taneler arasındaki çimentolanma da gözenekliliği azaltır.

Gözenekli ortamlardan yer altı suyunun kolayca alınabileceği garanti değildir. Jeolojik ortamlar, gözenekli olmalarının yanı sıra geçirimlilik (permeabilite) olarak bilinen sıvıları iletme yeteneğine sahip olmalıdır. Gözeneklilik ve geçirimliliğin ikisi birlikte yer altı suyu hareketinde ve suyun elde edilmesinde önemli rol oynar.

Kayacın gözenekliliği kayacın büyüklüğüne, şekline ve kayacı oluşturan bileşenlerin dağılımına bağlıdır.

İyi boylanmış bir çökel kayaç yüksek gözenekliliğe sahipken (Şekil 4.5.a), kötü boylanmış bir çökel kayaç düşük gözeneklidir (Şekil 4.5.b). Kireçtaşı gibi çözülebilen kayaçlarda gözeneklilik erimeye bağlı olarak artarken (Şekil 4.5.c), kristalin metamorfik ve magmatik kayaçlarda gözeneklilik kırık yapıları ile kendini belli eder (Şekil 4.5.d).



Şekil 4.5(a, b, c, d): Kayaçlarda gözeneklik, kırık ve çatlak yapılar

Kil ya da silt çökelleri çakıl ya da kumdan daha gözeneklidir. Ancak taneler arasındaki boşluklar çok küçük olduğundan ve taneler ile su molekülü arasındaki çekim kuvveti de suyun hareketini önleyecek ölçüde büyük olduğundan düşük geçirimliliğe sahiptir. Tersine konglomera ve kumtaşlarında taneler arasındaki boşluk miktarı oldukça büyük ve moleküler çekim gücü de bu nedenle küçüktür. Bol çatlaklı kireçtaşı ve dolomit gibi kimyasal ve biyokimyasal çökel kayaçlar ile birçok magmatik ve metamorfik kayaçta çatlaklar birbirleri ile bağlantılı oldukları için geçirgenlikleri yükselir ve suyun hareketini kolaylaştırır. Bilinen maddelerin gözeneklilik ve geçirimliliği arasındaki ayrıma en iyi örnek kil ve kumdur. Kuma biraz su döküldüğünde hızla içine çökerken kile su döküldüğünde su yüzeyde kalır. Yeryüzündeki suların bir kısmı, geçirimli tabakalardan ya da kaya çatlaklarından yer altına sızar. Yer altına sızan sular, kumtaşı ve çakıltaşı gibi gözenekli kayaçların arasında ya da kalker (kireçtaşı vb.) gibi kayaçların oyuklarında ve çatlaklarında birikerek yer altı suyunu oluşturur.

Yer altı suyu taşıyan geçirgen katmana **akifer (aquifer)** denir. Latince aqua sözcüğü su anlamına gelir. Taneleri iyi boylanmış ve yuvarlaşmış olan kum ve çakıl çökelleri, en iyi olan akiferlerdir. Çatlakları ve tabaka arası yüzeyleri çözünme ile genişleyen kireçtaşları da iyi akifer özelliği gösterir. Şeyller ile birçok magmatik, metamorfik kayaçlar çatlaklı ve geçirimli olmamasından dolayı kötü akiferlerdir. Bu tür kayaçlara ve yer altı suyunun hareketini engelleyen diğer malzemelere **akiklüd (aquiclude: geçirimsiz malzeme)** veya **akitard (aquitard: düşük geçirimli malzeme)** denir.

Akifer: Suyu depolayan ve iletebilen jeolojik birimdir (pekişmemiş kum ve çakıl).

Akiklüd: Suyu depolayan ama iletemeyen jeolojik malzemelerdir (kil, kireçtaşı).

Akifüj: Su bulundurmayan ve geçişine izin vermeyen geçirimsiz jeolojik birimdir (granit).

Akitard: Suyu depolayan ancak iletme kabiliyeti sınırlı jeolojik birimdir (killi kum).

Serbest Akifer: Alttan geçirimsiz birim ile sınırlanan, üst sınırı yer altı su tablası olan jeolojik birimdir.

Basınçlı Akifer: Alttan ve üstten geçirimsiz birim ile sınırlı akiferdir.

BİLGİ KUTUSU

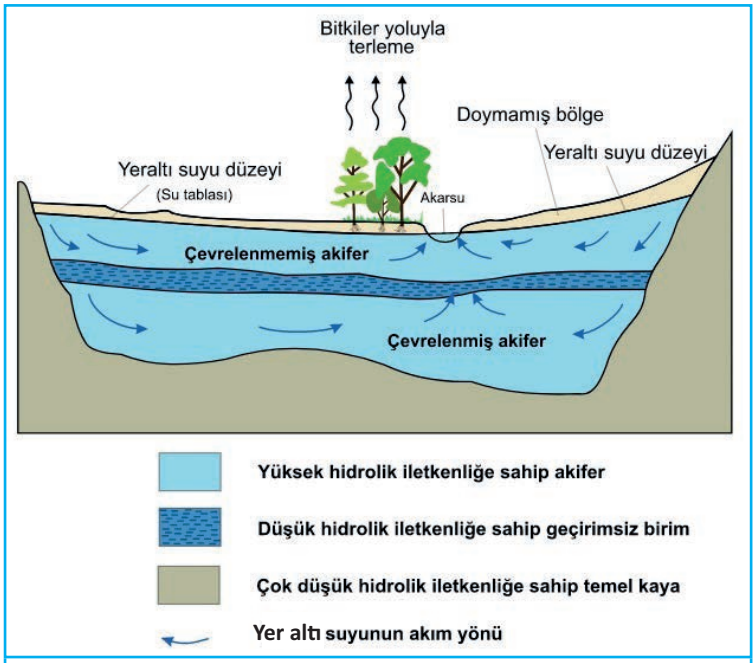
Yer altı suları, yer üstüne yağış sularının düşmesiyle birlikte yer altına sızan suların gözenekli tabakaların (kumtaşı, çakıltaşı) veya kırıklı, çatlaklı (kireçtaşı) kayaçların içerisindeki boşluklara dolmasıyla oluşur. Yer altı sularının oluşabilmesi için gözenekli kayaçların veya tabakaların yeryüzünde bağlantısının olması gerekir.

Yer altı suyu, yer altındaki geçirimli jeolojik ortamın doygun bölgesinde bulunan kuyuları, kaynakları ve akarsu, göl, denizleri besleyen sudur. Bütün yer altı sularının kaynağı yağıştır. Yüzeye düşen yağış zemini ıslatarak yerçekimi etkisi ile doymamış bölgeden geçerek aşağı doğru hareket eder. Su seviyesi olarak adlandırılan doymuş bölgenin üst sınırına ulaşarak akiferlerde (su taşıyan tabakalarda) depolanmış olan yeraltı sularını besler.

Yer altı suları yüzey sularından daha fazla miktarda mineral madde içerir. Yağmur, dolu, kar vb. yağışların toprağa düşmesi, süzülmenin başlaması ile suyun toprak ve kayaçların boşluklarından geçmesi sonucu su temas ettiği bazı maddeleri eritir. Yerçekimine bağlı olarak aşağıya doğru süzülen suya mineraller karışır. Yer altı sularının kimyasal bileşimi; temas ettiği maddelerin fiziksel özelliklerine, bileşimlerine ve temas süresine bağlı olarak belirlenir. Suyun söz konusu maddelerle temas süresi uzadıkça suda daha fazla miktarda mineral çözünür.

Dünyada yer altı sularının %65'i tarımsal sulama, %25'i içme ve kullanma suyu , %10'u ise endüstri suyu olarak kullanılmaktadır. Yer altı suları; kısa süre içinde işletmeye alınabildiğinden genellikle arıtma gerektirmediğinden içme, kullanma, tarımsal sulama ve endüstri suyu olarak kullanılmaktadır.

Akiferler, yüzeye yakın yerden 9000 metreden daha derinlerdeki kısımlarda oluşur. Yüzeye yakın olanların sadece su temini ve sulama için kullanılması ile birlikte aynı zamanda yerel yağışlarla yenilenme olasılığı daha yüksektir (Şekil 4.6). Birçok çöl bölgesinin içinde veya yakınında yer altı su kaynakları olarak kullanılabilecek kireçtaşı tepeleri veya dağları mevcuttur. Yer altı suyu, Dünya'nın sığ yer altının hemen hemen her noktasında bir dereceye kadar bulunabilir ve akiferlerin tatlı su içermesi şart değildir. Yerkabuğunun doymuş bölgesinde, yer altı suyu bölgesinde tüm alanlar su ile doludur (su havzası akitardlar). Doymamış bölge hala biraz su içeren, ancak daha fazla suyla doldurulabilen hava cepleridir.



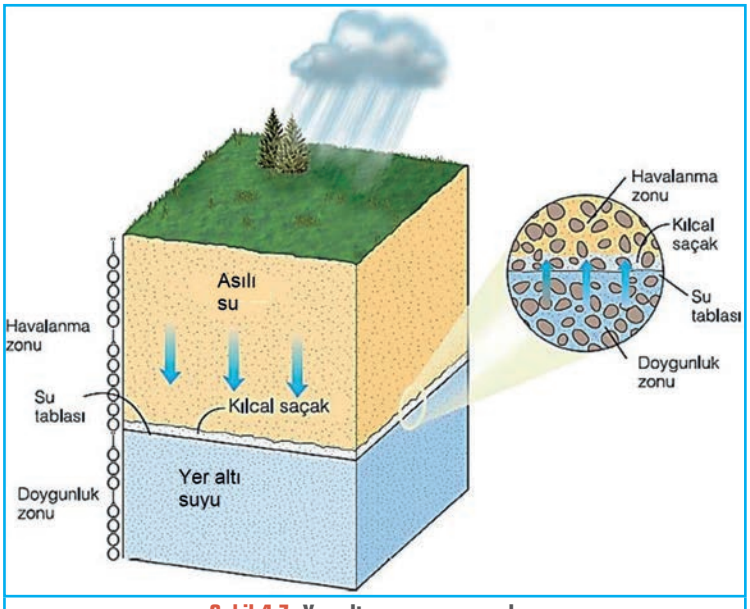
Şekil 4.6: Yer altı su düzeyi ve akımı

Yerkabuğunun doymuş bölgesi, suyun basınç yüksekliğinin atmosferik basınçtan daha yüksek olduğunu gösterir. Su tablası, basınç yüksekliğinin atmosferik basınca eşit olduğu yüzeydir. Basınç yüksekliğinin negatif olduğu su tablasının üzerinde doymamış koşullar, akifer malzemesinin gözeneklerini tam olarak doldurmayan suyun emilmesini sağlar. Su içeriği doymamış bölge yüzeyi tarafından yerinde tutulur. Yapışma kuvvetlerinin ve su tablasının kapiler etkisi, yer altı su yüzeyi üzerinde küçük bir bölgenin doyurulması için (kılcal saçak) atmosferik basınçtan daha düşüktür ve bu durum gerilim doygunluğu olarak adlandırılır. Kılcal bir saçaktaki su içeriği, serbest yüzeyden uzaklaştıkça azalır. Kılcal başlık, toprak gözenek boyutuna bağlıdır. Daha büyük gözenekli kumlu topraklarda baş, çok küçük gözenekli killi topraklarda olduğundan daha az olur.

Su tablası, akifere inen ve atmosfere açık olan büyük çaplı bir boruda suyun yükseleceği seviyedir (örneğin bir kuyu). Karaya düşen yağmurun bir kısmı buharlaşır ve bir kısmı da ırmaklar aracılığıyla okyanuslara yüzeysel akışla taşınır, geriye kalanı ise toprağın içine süzülür.

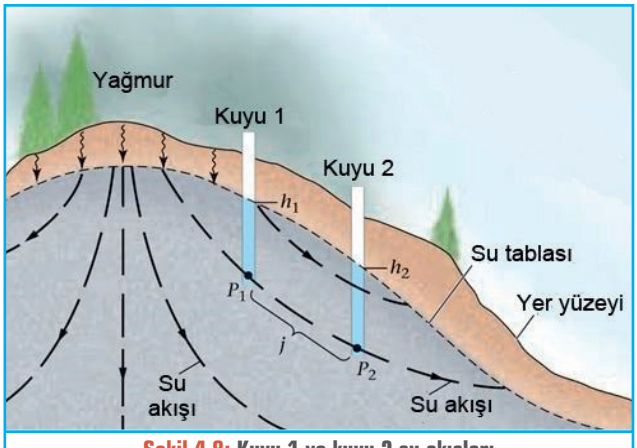
Yerin altında hareket eden bu suyun küçük bir miktarı, içinde hareket ettiği malzeme tarafından tutulur ve aşağı doğru ilerlemesi durur. Bu sulara **asılı su** denir. Geriye kalanı ise daha aşağıya doğru süzülür ve erişebildiği tüm gözenek boşlukları doluncaya kadar birikir. Bu şekilde boşlukları büyük ölçüde havadan oluşan havalanma kuşağı (doygun olmayan zon/kuşak) ile altındaki su ile dolu doygunluk kuşağı tanımlanır. Bu iki kuşağı ayıran yüzeye **su tablası** denir.

Doygunluk kuşağının taban derinliği bölgeden bölgeye değişim gösterse de genellikle altında geçirimsiz tabakaya rastladığı derinliğe kadar uzanır. Doygunluk kuşağından düzensiz olarak yukarı doğru kalınlığı birkaç cm ile birkaç m arasında değişen bölgeye **kılcal saçak** denir. Yüzey gerilmesi yüzünden bu bölgede su, yukarı doğru hareket eder (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Yer altı suyu ve su zonları

Havalanma zonu (doygun olmayan zon) açık boşluklarda hava ve su içerir. Doygunluk kuşağında yer alan bütün boşluklar ise yer altı suyu ile doludur. Su tablası havalanma kuşağı ile doygunluk kuşağını ayıran yüzeydir. Kılcal saçağın içinde, su yüzey gerilmesi ile doygunluk kuşağından havalanma kuşağına yükselir. Su tablası yüzeyi, kaya veya regolitteki farklı iki zonun arasındaki sınırı temsil eder. Yer altı su tablasının üzerinde yer alan doygun olmayan seviyenin taban kesiminde, kılcal saçakların olduğu ince bir kesim yer alır. Yer altındaki suyun bu durumu **Darcy Kanunu** olarak adlandırılır (Şekil 4.8). Darcy Kanunu'na göre gözenekli bir ortamda suyun akış hızı yük kaybı ile doğru, suyun aktığı yolun uzunluğuyla ters orantılıdır.



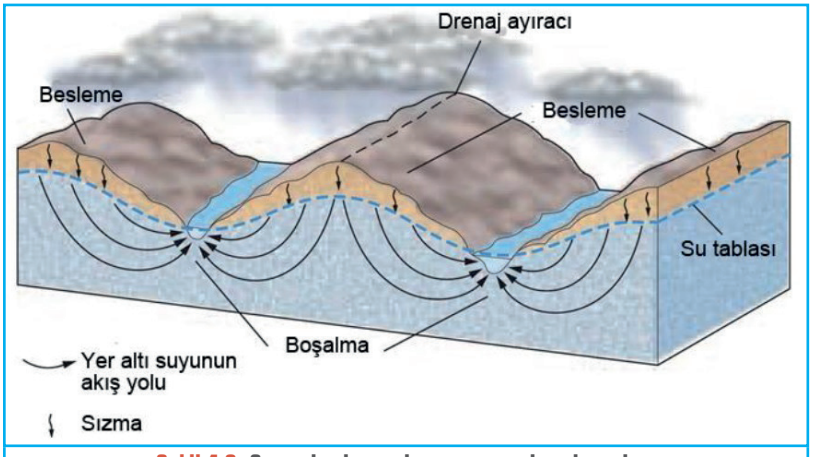
Şekil 4.8: Kuyu 1 ve kuyu 2 su akışları

Kuyu 1'deki su seviyesi (h_1) ile kuyu 2'deki su seviyesi (h_2) arasındaki fark: $\Delta h = h_1 - h_2$

Kuyu 1'deki su akışı (P_1) ile kuyu 2'deki (P_2) su akışı arasındaki uzunluk (j) ise

$HG = \frac{\Delta h}{j}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Yuvarlak bir cismin (örneğin bir futbol topu) farklı eğimli düzlemlerde farklı hızla yuvarlandığı gibi su da yamaç aşağı doğru gravite kuvvet etkisiyle yer altında hareket eder. Darcy Kanunu, permeabilite ne kadar büyükse akışın da o kadar hızlı olacağını belirler. Ölçümlerde, akiferlerdeki yer altı suyu hareketinin günde birkaç cm, çok geçirgen çakıllı seviyelerde ise 15 cm olduğu belirlenmiştir. Yağmurun yağması ve yağmur suyunun yer altına girdiği kesim **suyun besleme alanı**, yer altı suyunun su akış yollarını takip edip tekrar yüzeye çıktığı kesimler ise **suyun boşalma alanı** olarak tanımlanır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Suyun besleme alanı ve suyun boşalma alanı

4.3.1. Yer Altı Suyu Türlerinin Sınıflandırılması

Yer altı suları; kimyasal bileşimlerine, su akış hızı ve derinliklerine göre sınıflandırılır.

Yer altı sularının kimyasal bileşimi, suyun kalitesini belirlemede önemli bir faktördür. Kimyasal bileşime göre yer altı suları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Tatlı Sular: İçme ve endüstriyel kullanım için uygun olan sulardır. Tatlı sular, genellikle düşük mineral içeriğine sahiptir.

Tuzlu Sular: Yüksek mineral içeriği ve tuzluluk seviyesi nedeniyle içme suyu kaynağı olarak kullanılamayan sulardır. Tuzlu sular, genellikle deniz suyunda olduğu gibi yüksek tuzluluk seviyelerine sahiptir ve endüstriyel kullanım için uygun olabilir.

Mineralli Sular: Yer altı kaynaklarından gelen mineraller ile zenginleştirilmiş sulardır. Mineralli suların mineral içeriği, sıcaklık, pH ve diğer özellikleri çeşitli kaynaklardan farklılık gösterebilir. Mineralli suların bazı türleri içme suyu olarak kullanılabilir, ancak diğerleri sadece endüstriyel kullanım için uygundur.

Meteorik Sular: Günümüz hidrolojik döngüsüne katılan atmosferik kökenli olan sulardır. Yağmur sularının zemin içerisine süzülmesiyle oluşur. Günümüz hidrolojik döngüsüne katıldıkları için bu tür sular yağmur sularıyla aynı kimyasal bileşime sahiptir. Zamanla bulundukları ortam ile bir kimyasal dengeye ulaşır. Meteorik sular, hidrojeolojinin kapsamında ele alınır. Bunun sebebi sığ yer altı ortamlarda bulunmasından kaynaklanır.

Konne (Formasyon) Suları: Sedimenlerin gözeneklerinde, sedimantasyon sırasında hapsolmuş olan konne sular bir zamanlar hidrolojik döngünün bir parçası olmuştur. Çok yavaş hareket ettiklerinden bulundukları ortamla bir kimyasal dengeye ulaşma imkânı bulmuştur.

Juvenil Sular: Yerkabuğunun derinliklerinde ortaya çıkan sulardır. Bu tür sular günümüz hidrolojik döngünün bir parçası değildir, fakat daha önceki dönemlerde hidrolojik döngüye katılmış olabilir. Magmatik sular juvenil sulara örnek olarak verilebilir. Duraylı oksijen ve hidrojen izotopları, meteorik sular içerisinde %1'den fazla olmayan juvenil sular bulunduğuna işarettir.

Fosil Sular: Çok eski sular olup yaşları Kuvaterner Dönemi'ne kadar uzanır. Örneğin Sahra Çölü birkaç bin yıl önce yer altına süzülmüş önemli miktarlarda tatlı su içerir. Hidrolojik döngünün bir parçasıdır. Fosil sulara diğer bir örnek de konne sulardır. Genelde tuzludur ve yaşları çökellerin oluşum zamanını gösterir.

Termal Sular: Yer altında ısıtılan ve karışık yollar izleyerek yer yüzeyine ulaşan sıcak kaynak sularıdır. Hidrolojik döngünün bir parçasıdır.

Su akış hızı ve derinliği, yer altı sularının hareketini ve kaynakların yenilenme hızını belirleyen önemli faktörlerdir. Bu nedenle, su akış hızı ve derinliği, yer altı sularının sınıflandırılmasında dikkate alınan diğer bir faktördür. Termal sular, akış hızı ve derinliğine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

Yüzey Suyu Beslemeli Akiferler: Yer altı sularının çoğunluğunu oluşturan akiferlerdir. Bu akiferler, yüzey sularının yer altına sızması sonucu oluşur. Yüzey suları, akiferin yenilenme hızını belirler ve akiferin su akış hızı ve derinliği gibi özelliklerini etkiler.

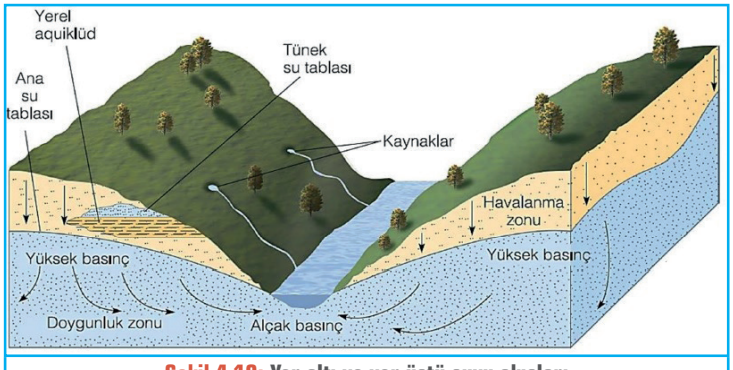
Kapalı Akiferler: Yer altı sularının hareket ettiği kısıtlı alanlardır. Bu akiferler genellikle sert kayalarla kaplıdır ve su akış hızları yavaştır. Kapalı akiferler, genellikle daha az yenilenme hızına sahiptir ve suların kalitesi daha yüksektir. Yer altı sularının sınıflandırılması, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı için önemlidir. Akiferlerin jeolojik özellikleri, kimyasal bileşimi, su akış hızı ve derinliği gibi faktörler, yer altı sularının özelliklerini belirleyen temel faktörlerdir.

4.3.2. Yer Altı, Yer Üstü Suyu Akışı Arasındaki İlişkiler ve Suyun Yüzey Altındaki Dağılımı

Yer altı suyunun aşağı yönlü hareketi için gereken enerjiyi yer çekimi sağlar. Yer altına giren su havalanma kuşağından doygunluk kuşağına doğru hareket eder. Süzülen sular yer altı su tablasına ulaştığında su tablasının yüksekte olduğu alanlardan daha alçakta olduğu ırmaklar, göller ya da bataklıklar gibi yerlere doğru hareketini sürdürür. Sadece süzülen suyun bir kısmı doğrudan su tablasının eğimini izler. Çoğu ise düşey yönde büyük kavisli yollar alarak ırmağa, göle ya da bataklığa katılır. Bunun nedeni ise doygunluk kuşağı içindeki yer altı suyunun yüksek basınçlı alanlardan düşük basınçlılara doğru hareket etmesidir.

Yer altı suyunun hızı birçok faktöre bağlı olarak büyük oranda değişir. Yer altı suyunun hızları, oldukça geçirimli bazı malzemelerde 250 m/gün ile hemen hemen geçirimsiz malzemelerde birkaç cm/yıl arasında çeşitlilik gösterir. Birçok sıradan akifer için ortalama yer altı suyu hızı birkaç cm/gün olarak ölçülmüştür. Türkiye'de yer altı sularından yararlanma 1950'lerden sonra hızla artmıştır. Kuyu açma yöntemlerinin uygulanması ile elde edilen yer altı suları, geniş ovaların sulanmasında; şehir, kasaba ve köy gibi yerleşim merkezlerinin içme suyu ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılmıştır.

Yer altı suyu havalanma kuşağından doygunluk kuşağına doğru hareket eder. Bir kısmı yer altı su tablasının eğimi boyunca hareket ederken diğerleri doygunluk kuşağının içinde yüksek basınçlı alanlardan düşük basınçlı alanlara doğru ilerler. Bazı sular ise şeyl tabakası gibi yerel bir akiklüd üzerinde toplanır ve böylece tünek bir su tablası oluşur. Yanal devamlılıkları sınırlı oluşumlardaki su tablasına **tünek su tablası** denir (Şekil 4.10).

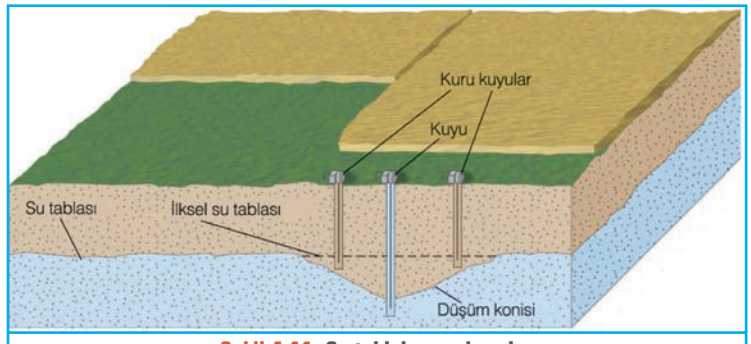


Şekil 4.10: Yer altı ve yer üstü suyu akışları

Yer altı suyunun yeryüzü üzerinde akışa geçtiği ya da süzüldüğü kısımlar kaynakları oluşturur. Kaynaklar, yatay olarak hareket eden yer altı suyunun yer yüzeyini kestiği yerlerde oluşur.

- Kaynaklar, süzülen suların geçirimsiz tabakaya ulaştığı ve yatay hareketle devam ederek yüzeyden boşalıma geçtiği noktalarda meydana gelir.
- Bu kaynaklar, arka plandaki dağın eteğinde bulunan kayaçlardan çıkar.

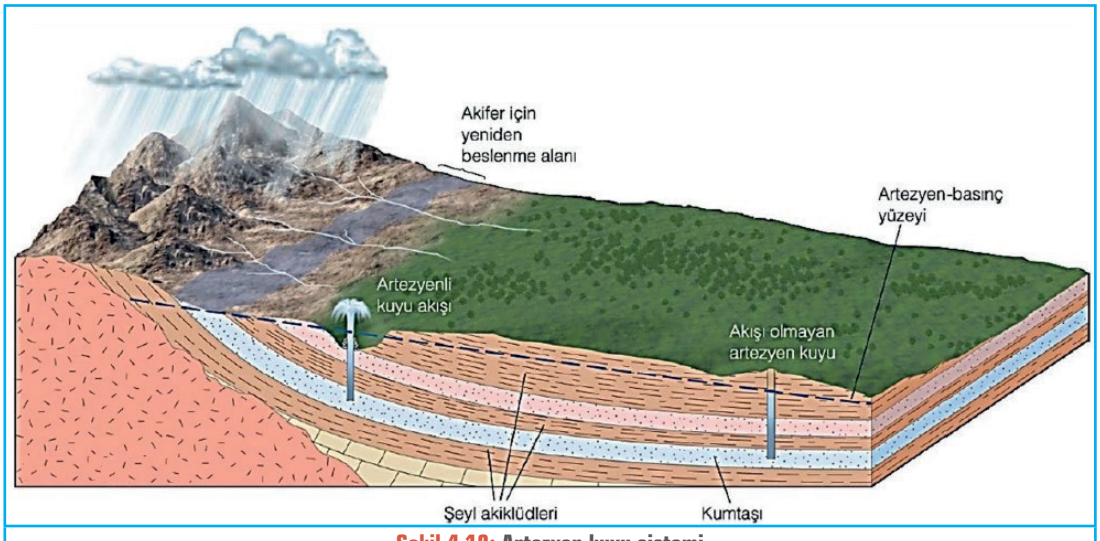
Su Kuyuları: Doygunluk kuşağının içine doğru sondaj ya da kazı ile yapılan açıklıktır. İlk aşamada doygunluk kuşağına geçilir. Su, kuyu içine doğru süzülerek kuyuyu su tablası seviyesine kadar doldurur. Kuyudan su çekilmeye başlandığında bir düşüm konisi oluşur. Eğer su, beslenebildiğinden daha hızlı çekilirse düşüm konisinin derinliği ve çevre uzunluğu büyür. Dolayısıyla bölgedeki su tablası alçalır ve yanında açılan sığ kuyuların kurumasına neden olur (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: Su tablaları ve kuyular

Artezyen Sistemi: Yer altı suyunun kapalı ve yüksek hidrostatik basınç oluşturduğu sistemdir.

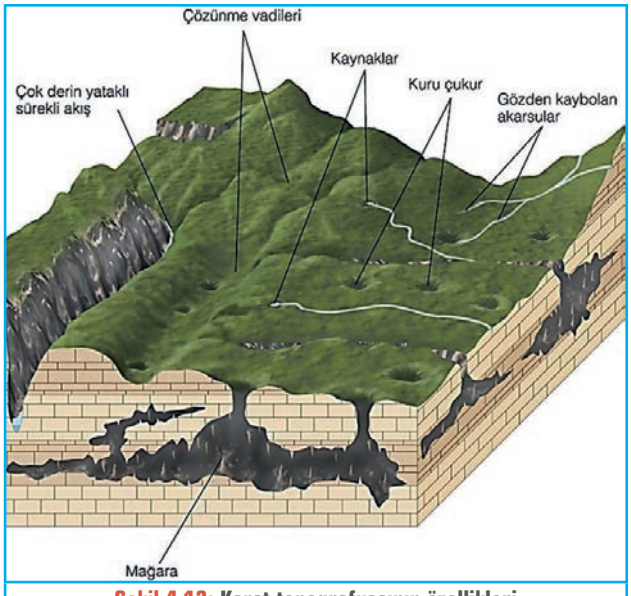
Artezyen bir sistemin basınçlı bir akiferi ve bu akiferi alttan ve üstten sınırlayan akiklüdleri olmalıdır. Ayrıca akifer yüzeye çıkmış olmalı ve suyun beslenme alanında akiferi dolduracak ölçüde yağış bulunmalıdır. Kesikli çizgi ile gösterilen beslenme alanındaki su tablasının yükselimi (artezyen basınç yüzeyi), kuyu suyunun yükselebileceği en yüksek düzeyi belirler (Şekil 4.12). Kuyu başının yükseltisi (kotu), hidrostatik basınç yüzeyinden aşağıda ise kuyudan su serbest olarak boşalır. Çünkü su, kuyu başı yükseltisinden daha yüksekte olan artezyen basınç yüzeyine doğru çıkacaktır. Eğer kuyu başı yükseltisi hidrostatik basınç yüzeyinin altında ya da ona eşit ise kuyudaki su boşalmayacaktır.



Şekil 4.12: Artezyen kuyu sistemi

Dolinler (Obruklar) ve Karst Topoğrafyası: Çözünebilir kayaçların bulunduğu bölgelerde yeryüzü, boyut ve şekilleri çeşitlilik gösteren çok sayıda çöküntüyle doludur. Bu tür kayaçların bulunduğu bölgeleri belirleyen bu çöküntülere **dolin** denir.

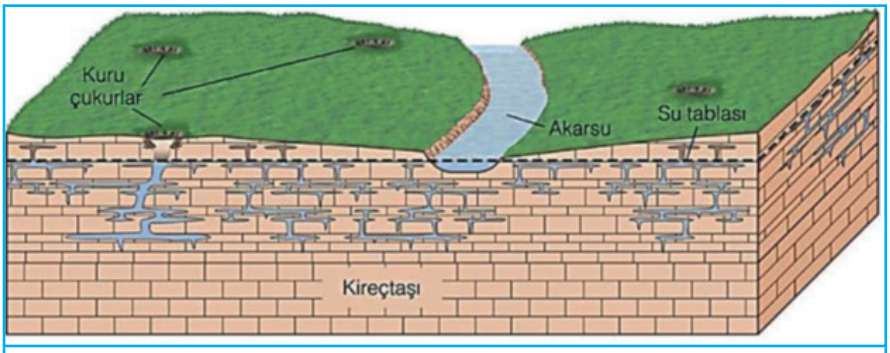
Dolinlerin çoğu iki şekilde oluşur. Birincisi alttaki eriyebilen kayaçlar topraktan sızan sularla çözünür, kayaç içinde bulunan doğal boşluklar genişler ve üzerlerinde bulunan toprakla doldurulur. Yer altı suyu kayacı çözmeye devam ettikçe toprak sonunda ortadan kalkar ve geride yamaç eğimi düşük, derinliği fazla olmayan çöküntüler bırakır. Komşu dolinler birleştiğinde ise çözünme vadileri (uvalalar) denilen daha büyük, düzensiz, kapalı bir çöküntüler ağını oluşturur. Bir diğer oluşum şekli ise mevcut mağara tavanlarının çökmesidir. Yer altı suyu karbonatlı kayaçların içinden süzüldüğü zaman kayacı çözerek ilksel boşlukları ve kırıkları genişletir; ortaya birbirine bağlantılı yarıklar, mağaralar, derin mağaralar ve yer altı ırmaklarından oluşan bir sistem çıkartır. Genellikle bir insanın gireceği kadar büyük ve yüzeyle bağlantılı olan doğal yer altı boşluklarına **mağara** denir. Çok büyük bir mağara ya da birbiriyle bağlantılı mağaralardan oluşan sistem **derin mağara** olarak adlandırılır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Karst topografyasının özellikleri

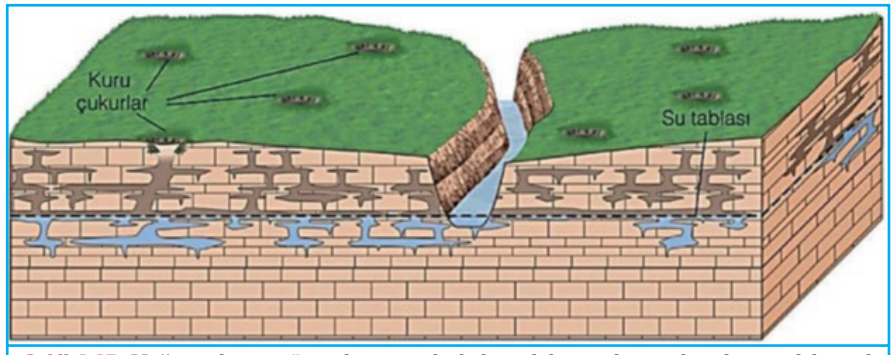
Mağaraların oluşum aşamaları Şekil 4.14, 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir.

a) Yer altı suyu havalandırma kuşağına süzülüp doygunluk kuşağına doğru hareket edince kayacı çözer ve dereceli olarak **galeriler sistemi** meydana getirir (Şekil 4.14).



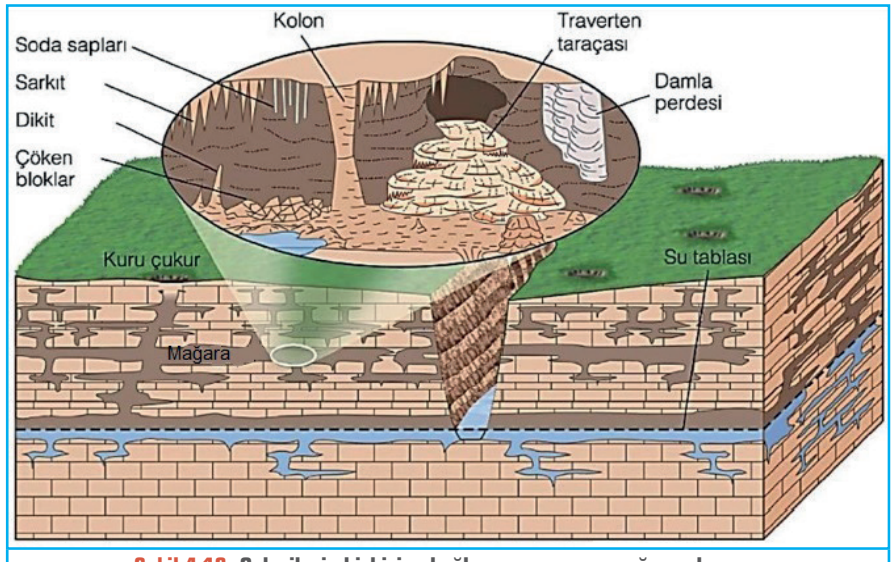
Şekil 4.14: Mağara oluşumu öncesi galeri sisteminin meydana gelmesi

b) Su tablası yüzeyi boyunca hareket eden yer altı suyu, çözünmüş kayacın çözelti olarak yüzeydeki ırmaklara taşındığı bir **yatay galeri sistemi** oluşturur ve galeriler genişlemeye başlar (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Mağara oluşumu öncesi yatay galeri sisteminin meydana gelmesi ve genişlemesi

c) Yüzeydeki ırmaklar derin vadileri aşındırdıkça su tablası düşer ve boş kalan galeriler birbiri ile bağlantılı mağaralar sistemini oluşturur (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: Galerilerin birbirine bağlanması sonucu mağara oluşumu

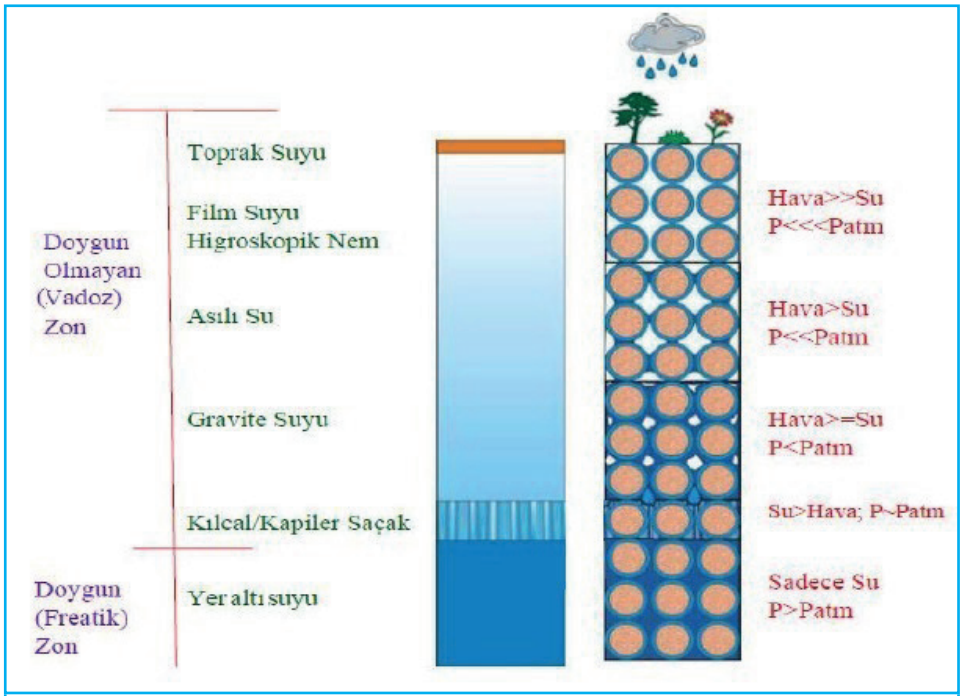
Jeotermal Yer Altı Suları: Yerin derinliklerinden gelen sıcak ve mineral içeriklerinden dolayı şifalı kabul edilen sular **kaplıca suları** olarak adlandırılır. Bazıları içme suyu olarak da kullanılan kaplıca suları, tedavi amacıyla da kullanılmaktadır. Türkiye bu tür sular bakımından çok zengindir. Tektonik açıdan aktif olan sahaların yaygın olması kaplıca kaynaklarının fazla olmasını sağlamıştır. Türkiye'nin hemen her bölgesinde kaplıcalara rastlanmakla birlikte bu alanlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Güney Marmara'daki tektonik hatlar üzerinde Bursa, Balıkesir, Yalova, Gönen ve çevresinde çok sayıda kaplıca bulunur (Şekil 4.17).
- Batı Anadolu kaplıcalarının başlıcaları İzmir, Denizli, Manisa, Aydın ve Muğla kaplıcalarıdır. Pamukkale, Sarayköy, Balçova, Şifne, Alaşehir, Kurşunlu, Sultaniye ve Germencik kaplıcaları bu alandaki önemli kaplıcalar arasındadır (Şekil 4.17).
- İç Batı Anadolu'da Afyonkarahisar, Kütahya, Bilecik, Eskişehir ve Bolu çevresi zengin bir kaplıca alanıdır (Şekil 4.17).
- Orta Anadolu kaplıcalarının başlıcaları Ankara, Aksaray, Kayseri, Sivas, Kırşehir, Niğde, Yozgat ve Çorum çevresindeki kaplıcalardır. Ayaş, Haymana, Kızılcahamam, Boğazköprü, Çermik, Karakurt, Kazaklı kaplıcaları önemli kaplıcalar arasındadır (Şekil 4.17).

- Güney Anadolu kaplıcaları Hatay'da Reyhanlı, Malatya'daki İspendere ve Mersin, Tarsus ve Mut, kaplıca sahaları arasındadır (Şekil 4.17).
- Doğu Anadolu'da Erzurum, Erzincan, Malatya, Bingöl ve Siirt illeri kaplıca ve içmeler bakımından zengindir (Şekil 4.17).

Şekil 4.17: Türkiye'nin jeotermal kaynakları

Suyun yüzey altındaki durumu, doygun olmayan zon ve doygun zon olmak üzere iki zonda incelenir. Suyun yüzey altındaki bu dağılımı Şekil 4.18'de olduğu gibi ifade edilebilir.



Şekil 4.18: Suyun yüzey altındaki dağılımı

Bu uygulama öğretmen gözetimi ve rehberliğinde uygulama ödevi şeklinde gerçekleştirilecektir.

4.4 UYGULAMA

8 (6) DERS SAATİ

YER ALTI SULARI

Bu çalışmanın amacı, yer altı su kaynakları türleri ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Ülkemizdeki yer altı su kaynakları türleri araştırma uygulamasını, öğretmeninizin gözetiminde/rehberliğinde **uygulama ödevi** şeklinde yerine getiriniz.

Verilenler

Ülkemizdeki yer altı su kaynakları türleri.

İstenenler

Ülkemizdeki yer altı su kaynakları türlerini yedi coğrafik bölge bazında araştırarak ülkemizdeki yer altı su kaynakları türlerine ait araştırma raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda yer altı su kaynakları türleri ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda yer altı su kaynakları türleri ile ilgili bilimsel verileri kullanarak raporu hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Akdeniz Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yapılır.
2. Doğu Anadolu Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yapılır.
3. Ege Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yapılır.
4. Güney Doğu Anadolu Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yapılır.
5. İç Anadolu Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yapılır.
6. Karadeniz Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yapılır.
7. Marmara Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yapılır.
8. Ülkemizin yedi bölgesine ait yer altı su kaynakları türleri verileri raporlaştırılır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Akdeniz Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
2	Doğu Anadolu Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
3	Ege Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
4	Güney Doğu Anadolu Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
5	İç Anadolu Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
6	Karadeniz Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
7	Marmara Bölgesi yer altı su kaynakları türleri ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
8	Ülkemizin yedi bölgesine ait yer altı su kaynakları türlerinin verilerini raporlaştırdınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Suyun doğa döngüsü içerisinde hangi olayların oluşabileceğini araştırınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

4.5. SU VE ZEMİN İLİŞKİSİ

Zemin tanelerinin su moleküllerini çekme kuvveti, dış tarafa doğru giderek azalır. İlk birkaç su katmanındaki moleküller, yüksek bir kuvvetle tutulur. Higroskopik veya adsorbsiyon, suyun yoğunluk ve viskozitesi gibi temel özellikleri sıvı sudan farklılık gösterir. Zemin tanesi, etki eden adhezyon ve yer çekimi kuvveti eşit oluncaya kadar suyu tutar. Böylece su molekülleri zemin tanesinin çevresinde katmanlar halinde dizilir. Zemin tanesinin su molekülünü çekme kuvveti, dış tarafa doğru giderek azalır. Ancak ilk birkaç su katmanındaki moleküller yüksek bir kuvvetle tutulur.

4.5.1. Yüzey Suyu Hidrolojisi

Yeryüzünün yüzeyinde bulunan su daha az mineral içeriğine sahiptir. Yeryüzünün zemin seviyesinde bulunan su ise daha fazla mineral içeriğine sahiptir. Yüzey suyu, daha az mineral içerdiğinden **yumuşak su** olarak da adlandırılır. Yer altı suyu ise güçlü mineral içeriği nedeniyle **sert su** olarak adlandırılır. Dünya yüzeyinde bulunan su kütlesine **yüzey suyu** denir. Yüzey suyu akarsuları, gölleri ve dereleri içerir. Hidrolojik döngü ve su döngüsü yüzey suyunu içerir. Yüzey suyu aynı zamanda **mavi su** olarak da adlandırılır.

Yüzey Suyu ve Yer Altı Suyu Arasındaki Temel Farklar

- Nehirler ve göller gibi yeryüzünün üst tarafında bulunan sular yüzey suyu, yeryüzünün altında hapsolmuş sular ise yer altı suyudur.
- Yüzey sularına göre yer altı suları daha az kirlenmiştir.
- Güneş ışığına maruz kalan yüzey suları buharlaşmaya neden olurken yer altı suları güneş ışığına maruz kalmaz.
- Yüzey suyunun sıcaklığı çevresine göre değişir, ancak yer altı suyu sabit bir sıcaklığa sahiptir.
- Yüzey sularında patojenler bulunurken yer altı sularında bulunmaz.

BİLGİ KUTUSU

Yüzey suyu ve yer altı suyu, yeryüzündeki su rezervuarlarıdır.

Higroskopik Su: Zemin tanelerinin yüzeyinde net bir elektrik yükü bulunur. Buna karşılık su molekülündeki pozitif ve negatif yüklerin merkezleri üst üste gelmediği için mıknatıs gibi iki kutuplu özellik gösterir. Zemin tanelerinin yüzeyindeki elektrik yükünün etkisi alanında bulunan su moleküllerini çekme kuvveti, **adsorbsiyon** veya **adhezyon** olarak adlandırılır. Bir zemin tanesi, etki eden adhezyon ve yer çekimi kuvveti eşit olana kadar su tutar. Böylece su molekülleri zemin tanesinin çevresinde birkaç katman halinde dizilir. Zemin tanesinin su molekülünü çekme kuvveti, dış tarafa doğru giderek azalır. Ancak ilk birkaç su katmanındaki moleküller, yüksek bir kuvvetle tutulur.

Higroskopik veya adsorbsiyon olarak belirtilen bu suyun yoğunluk ve viskozitesi gibi temel özellikleri, sıvı sudan farklılık gösterir. Zemin tanelerinin çevresinde bulunan higroskopik su, yer çekimi ve kapiler kuvvetle hareket etmez. Bu nedenle higroskopik sulara bağlı su da denmektedir. Kuşkusuz bütün sıvılar, aynı derecede adsorbsiyon kuvvetine sahip değildir ve bu durum molekül yapılarından kaynaklanır.

Adsorbsiyon kuvveti, tanelerin yüzeyinde meydana geldiği için bu kuvvetle tutulan suyun miktarı tanelerin özgül yüzeyine bağlıdır. Oldukça ince taneli ve iyi derecelenmiş bir zeminin adsorbsiyon gücü, iri taneli ve iyi derecelenmemiş zeminlerden daha fazladır. Zemin tanelerinin yüzeyinde tutulan higroskopik su ile boşluk hacim azalır. Bunun bir sonucu olarak da suyun kuru zemin yüzeyinden giriş hızı giderek azalır ve taneler, su tutma kapasitesine ulaştıktan sonra değişiklik göstermez (Şekil 4.19).

Şekil 4.19: Yer altı suyu bölümleri

Kapiler Su: Zeminin taneleri arasında bulunan ve yüzey gerilme zarı etkili olduğu için kapiler olarak belirtilen boşluklarda su tutulur. Buna kapiler su ve bunun tutulmasını sağlayan güce de kapiler kuvvet denir. Zeminin içerisindeki kapiler su, yer çekimi kuvvetinin etkisi ile sızmaz, ancak düşey ve yatay doğrultularda hareket eder. Kapiler su ile doygun duruma gelen zeminin taşıma kapasitesi azalır. Zemindeki kapiler kuvvet; yüzey gerilme, suyun atmosfere göre basıncı ile gözeneklerin büyüklüğü ve düzenlenme durumuna bağlıdır (Şekil 4.19).

Yüzey Gerilme: Sıvı suyun içindeki moleküller aynı miktarda kohezyon kuvvetinin etkisi altındadır. Atmosfer ile temas eden yüzeylerde bulunan moleküller atmosferdeki atom ve moleküller tarafından çekilir. Yani adhezyon kuvvetinin etkisinde kalır. Su yüzeyinde bulunan moleküllere etki eden kohezyon kuvveti adhezyon kuvvetinden büyük olduğu için bunlar, serbest yüzeye dik ve yönü doğru etkili olan bir bileşke kuvvetinin etkisinde bulunur. Bu kuvvetin etkisi ile serbest su yüzeyinde bulunan moleküller, küçük bir yüzey oluşturacak şekilde birbirine bağlanır ve böylece bir zar gibi davranır. Esnek bir özelliği olan bu yapıya yüzey gerilme zarı denir. Yüzey gerilme zarı, kütlenin hacmi ile suyun bulunduğu kabın şekline bağlıdır.

Yüzey gerilme zarının tansiyonu, yüzey gerilme kuvveti veya çekme gerilmesi olarak belirtilir. Sıvıların önemli bir fiziksel özelliği olan yüzey gerilme kuvveti, birim yüzey genişlik için belirtilir ve genellikle, din/cm veya g/sn^2 birimleri kullanılır. Sıvı suyun ısısı artıkça genleşme meydana geldiği için yoğunluğu azalır. Bunun bir sonucu olarak sıvı suyun kohezyon kuvveti küçülür ve yüzey gerilme kuvveti azalır.

Boruların girişinde bulunan sıvılara farklı kuvvetler etki eder. Adhezyon kuvveti, kohezyon kuvvetinden büyük olduğu durumda sıvı, boruda kapiler kuvvet ile ağırlığı dengelenene kadar bir miktar yükselir ve bu kuvvetlerin bir sonucu olarak sıvının yüzeyi yukarı doğru kıvrılır (iç bükey). Buna karşılık kohezyon kuvveti adhezyon kuvvetinden büyük olduğu zaman, sıvının yüzeyi aşağıya doğru bükülür (dış bükey). Bu durumlardan birincisine sıvı su, ikincisine civa (özgül ağırlığı 13,6 g/cm^3) örnek olarak gösterilir.

Yüzey gerilme ve adhezyon kuvvetlerinin birlikte etkili olduğu borulardaki sıvıların belli bir yere kadar yükselmesi veya alçalmasına **kapilarite** ve bunu sağlayan kuvvete **kapiler kuvvet** denir. Kapilarite aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$h = \frac{2.\sigma.\text{Cos}\theta}{(r.\gamma)}$$

Bağıntıdaki semboller aşağıdaki gibidir.

h = Kapilarite, cm

σ = Suyun yüzey gerilme kuvveti, din/cm

θ = Yüzey gerilme kuvvetinin birleşme açısı, derece

r = Borunun yarıçapı, cm

γ = Suyun hacim ağırlığı, g/cm^3

Yer altı suyunun üzerinde kapiler kuvvetin etkili olduğu boşluklarda su yükselir. Bu durumdaki boşluklar, zeminin tane boyutu ve yapısı ile ilgilidir. Zeminin tane dağılımı ve gözenek oranına göre kapilarite, aşağıda verilen ilişkiye göre de yaklaşık olarak bulunabilir. Zeminin tane dağılımı ve gözenek oranlarına göre kapilarite aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$h=\frac{c}{e.D_{10}}$$

Bağıntıdaki semboller aşağıdaki gibidir.

h = Kapilarite, cm

c = Zemin tanelerinin şeklini niteleyen sabit, (0,1-0,5 cm^2)

e = Zemin gözenek oranı

D_{10} = Zemin tanelerinin effektiv çapı, cm

Yukarıda verilen bağıntıda görüldüğü gibi kapilarite, borunun çapı ile ters orantılı olarak değişir. Çapı küçük olan kapiler bir borudaki suyun yüksekliği, çapı büyük olandan daha fazladır. Zeminde meydana gelen kapilarite; suyun sıcaklığı, mineral içeriği, tanelerin şekli, sıkışma derecesi ve boşluklardaki nemin basıncına göre değişir. İnce taneli ve oturmamış sediment zeminlerde yaklaşık olarak 1-2 m kapilarite meydana gelir. Buna karşılık killi zeminlerde 2-4 m kadar kapilarite olur.

Kapiler Potansiyel: Zeminlerin kapiler su tutma kapasitesi, kapiler potansiyel olarak belirtilir. Zeminin herhangi bir noktasındaki kapiler potansiyelinin sayısal değeri, aynı noktadaki tansiyona eşittir, fakat işareti terstir. Kapiler potansiyel her zaman negatif bir niceliktir. Kapiler su, elektrik ve ısıda olduğu gibi yüksek potansiyel bölgesinden düşük potansiyele doğru hareket eder. Sözü edilen potansiyel, cebirsel anlamda değerlendirilir. -10, -5 ve 0 değerleri kapiler potansiyelin artışını gösterir. Sızma hızının yavaş olması ve iklim koşullarının etkisi ile zemindeki kapiler su, denge durumunda bulunmaz.

Kapiler bir tüp, su içine daldırıldığı zaman hemen kapilarite olur. Zeminde kapileritenin olması için oldukça uzun bir zamana gerek vardır. Diğer taraftan zeminin yüzeyinden sızan yağmur, taneleri ıslatarak bir yüzey halinde ve yavaş olarak derine sızar. Bu sırada buharlaşma olduğu için zeminin üst katmanı kurur ve böylece buradaki nem, genellikle dengeli olmaz. Bunun bir sonucu olarak bu katmanın kapiler potansiyeli, önemli ölçüde azalır. Bu koşul altında, ıslama yüzeyinden itibaren yukarıya doğru bir potansiyel eğim meydana gelir. Böylece yer çekimi kuvvetinin etkisi ile derine sızan suyun bir bölümü ters yöne döner ve yukarıya doğru hareket eder.

Yer Çekimi Suyu: Yeryüzünden sızan su adsorbsiyon, diğer bir deyişle adhezyon kuvveti ile tanelerin çevresinde ve kapiler kuvvetle boşluklarda tutulur. Bitkiler bu suyu kullanır ve zeminden olan buharlaşma bundan meydana gelir. Bu unsurların kapasitesinden daha fazla olan su, yer çekimi kuvvetinin etkisi ile derine sızar.

Yer çekimi gücü ile zeminin taneleri arasından sızan su, geçirimsiz bir katmanın üzerindeki boşluklarda birikir ve bu su **yer altı suyu** olarak adlandırılır. Bu boşluklarda serbest olarak bulunan su, kuyulara akıtılır ve buradan yeryüzüne çıkarılır. Yer altı suyu, serbest yüzeyinin üstünde bulunan ve su ile dolu olmayan sadece kapiler kuvvetin etkili olduğu boşluklarda yükselir. Kapileritenin meydana geldiği katman, suya doygun duruma gelir ve bu katmanın mekanik özellikleri önemli derecede değişir.

Drenajın Serbest Su Yüzeyine Etkisi: Yer altı suyunun serbest yüzeyi genellikle yataydır. Bu suyun lateral olarak sızması, serbest su yüzeyinin alçalmasına neden olur. Bu durumdaki yer altı suyunun serbest yüzeyi, kuyu anlamına gelen **friatik yüzey** terimi ile adlandırılır. Yer altı suyunun serbest yüzeyi doğal suyun boşalma yerinden daha derinde inşa edilen kapalı dren veya kanallar ile yapay olarak düşürülür. Yer altı suyunun serbest yüzeyi, drenlerin seviyesine kadar alçalmaz. Drenlerden uzaklaştıkça serbest su yüzeyi artma eğilimi gösterir. Serbest su yüzeyinin drenlerin arasındaki eğimi zeminin karakterine bağlıdır. Bu yüzey permeabilitesi yüksek zemin, düşük olana göre daha yatıktır.

4.5.2. Hidrolojik Döngü

Suyun atmosfer, karalar ve okyanuslar arasındaki sürekli döngüsüne **hidrolojik döngü** denir. Hidrolojik döngü, güneş enerjisiyle desteklenen açık bir sistemdir. Bu sistemde yer alan süreçler Şekil 4.18'de gösterilmektedir. Su okyanuslar ve kara yüzeyinden buharlaşmaktadır. Buharlaşan su buharı kara ya da okyanuslar üzerinde yoğunlaşıncaya ve yağış olarak düşünceye kadar atmosferde taşınır ve yükselir. Karalar üzerine düşen yağışın bir kısmı bitki örtüsü tarafından yakalanabilir, yüzeysel akışa dönüşebilir, yer altına süzülebilir, yer altı akışı haline geçebilir ve yüzey akışı olarak akarsulara taşınabilir.

Bitkiler tarafından tutulan suyun ve yüzey akışının büyük bir kısmı ise atmosfere terleme ve buharlaşma yoluyla tekrar geri dönebilir. Yer altına süzülen su daha derinlere sızarak yer altı suyunu ve akiferleri besleyebilir, daha sonra kaynaklar olarak ortaya çıkabilir, akarsulara sızabilir ve son olarak denizlere boşalabilir ya da hidrolojik döngü devam ederken atmosfere geri buharlaşabilir (Şekil 4.20). Döngünün parçası olan bu süreçler sürekli olarak meydana gelmektedir. Suyun Dünya'nın kara parçası, okyanusu ve atmosferi aracılığıyla nasıl değiştirildiğini (döndüğünü) açıklar.

Su; göller ve nehirler, buzullar ve buz tabakaları, okyanuslar ve denizler, yer altı akiferleri, hava ve bulutlardaki buhar gibi birçok biçimde bulunur. Su döngüsü; buharlaşma, yoğunlaşma ve yağış olmak üzere üç ana süreçten oluşur. Hidrolojik döngü basit bir kavram olmasına rağmen görünümü çok karmaşık ve girifttir. Hidrolojik döngü; kıtasal, bölgesel ve yerel boyutta birbiriyle bağlantılı birçok döngüden meydana gelir.

Küresel hidrolojik döngüde toplam su hacmi esasen sabit kalmasına rağmen suyun dağılımı kıtalar üzerinde, bölgeler ve yerel drenaj havzaları içerisinde sürekli olarak değişmektedir (Şekil 4.20).

Şekil 4.20: Suyun doğada döngüsü

Buharlaşma: Bir sıvı yüzeyinin gaza dönüşme sürecidir. Su döngüsünde sıvı su (okyanuslarda, göllerde veya nehirlerde) buharlaşır ve su buharı olur. Su buharı, solunan havanın önemli bir parçası olarak çevrelenir. Su buharı önemli bir sera gazıdır. Su buharı ve karbondioksit gibi sera gazları Dünya'yı izole eder ve gezegeni yaşamı sürdürecek kadar sıcak tutar. Su döngüsünün buharlaşma süreci güneş tarafından yönlendirilir. Güneş, okyanus yüzeyindeki sıvı su ile etkileşime girdiğinde su, görünmez bir gaz (su buharı) haline gelir. Suyun buharlaşması ayrıca rüzgâr, sıcaklık ve su kütlesinin yoğunluğundan da etkilenir (Şekil 4.20).

Yoğuşma: Bir gazın sıvıya dönüşme sürecidir. Su döngüsünde atmosferdeki su buharı yoğunlaşır ve sıvı hale gelir. Yoğuşma atmosferde yüksek veya yer seviyesinde olabilir. Bulutlar, su buharının yoğunlaşması veya daha konsantre (yoğun) hale gelmesiyle oluşur. Su buharı, bulut yoğunlaşma çekirdekleri (CCN) adı verilen küçük parçacıkların etrafında yoğunlaşır. CCN; toz, tuz veya kirletici maddeler olabilir. Yer seviyesindeki bulutlara **sis** denir. Buharlaşma gibi yoğuşma da güneşten etkilenir. Su buharı soğudukça doyma sınırına veya çiğ noktasına ulaşır. Hava basıncı bir alanın çiğ noktası üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Şekil 4.20).

Yağış: Buharlaşma ve yoğuşmada olduğu gibi yağış da bir süreçtir. Yağış, atmosferdeki yoğunlaşmanın bir sonucu olarak Dünya'ya düşen herhangi bir sıvı veya katı suyu tanımlar. Yağış yağmur, kar ve dolu içerir. Sis yağış değildir. Sisin içindeki su, çökelmek veya sıvılaşıp Dünya'ya düşmek için yeterince yoğunlaşmaz. Yağış, sis ve süspansiyon adı verilen su döngüsünün bir parçasıdır. Yani atmosferde asılı kalan sıvı sulardır. Yağış, suyun atmosferden karaya veya okyanusa çevrilmesinin birçok yolundan sadece birisidir (Şekil 4.20).

Su Döngüsünün Diğer Süreçleri: Suyun karada hareket ettiği yollar akış olarak tanımlanır. Örneğin karın ve buzulların erimesi, bu olayların sonucunda akarsuların veya havuzların oluşması önemli bir akış türüdür. Terleme, su döngüsünün bir diğer önemli parçasıdır. Terleme, su buharının bitkilerden ve topraktan salınması sürecidir. Bitkiler, su buharını stoma adı verilen mikroskobik gözeneklerden salar.

Stomanın açılması ışıktan güçlü bir şekilde etkilenir ve bu nedenle genellikle güneş, buharlaşma süreci ile ilişkilidir. Evapotranspirasyon, buharlaşma ve terlemenin birleşik bileşenleridir ve bazen suyun atmosferdeki hareketini değerlendirmek için kullanılır (Şekil 4.20).

Su Döngüsü ve İklim: Su döngüsünün Dünya'nın iklimi ve ekosistemleri üzerinde dramatik bir etkisi vardır. İklim, bir bölgenin belirli bir zaman diliminde değerlendirilen tüm hava koşullarıdır. İklime katkıda bulunan iki hava koşulu nem ve sıcaklıktır. Bu hava koşulları su döngüsünden etkilenir. Nem, basitçe havadaki su buharı miktarıdır. Su buharı, su döngüsü tarafından eşit olarak dağılmadığından bazı bölgeler diğerlerinden daha yüksek neme maruz kalır. Bu durum farklı iklimlere katkıda bulunur. Atmosferdeki su buharı adalar veya kıyı bölgelerinde daha fazladır. Su buharının daha az olduğu iç bölgelere göre çok daha nemli olur. Bir bölgenin sıcaklığı da su döngüsüne bağlıdır. Su döngüsü boyunca ısı alışverişi yapılır ve sıcaklıklar dalgalanır. Örneğin su buharlaştıkça enerjiyi emer ve yerel ortamı soğutur. Su yoğunlaştıkça enerji açığa çıkarır ve yerel ortamı ısıtır (Şekil 4.20).

Su Döngüsü ve Peyzaj: Su döngüsü Dünya'nın fiziksel coğrafyasını etkiler. Suyun neden olduğu buzul erimesi ve erozyon, su döngüsünün Dünya'nın fiziksel özelliklerini oluşturmasına yardımcı olan iki yoldur. Buzullar bir manzara boyunca yavaşça genişledikçe tüm vadileri oyup dağ zirveleri oluşturabilir ve kayalar kadar büyük molozlar bırakabilir. ABD'nin California eyaletindeki Yosemite Ulusal Parkı'nın bir parçası olan Yosemite Vadisi, bir buzul vadisidir. İsviçre ve İtalya arasındaki Alplerdeki Matterhorn Zirvesi, buzullar çarpışıp dünyayı aralarında sıkıştırırken oyulmuştur. Kanada'daki Big Rock, Dünya'nın en büyük buzul düzensizliklerinden biridir. Bir buzul ilerlerken veya geri çekilirken geride kalan kayaları ortaya çıkarır. Böylelikle buzul erimesi de yer şekilleri oluşturabilir.

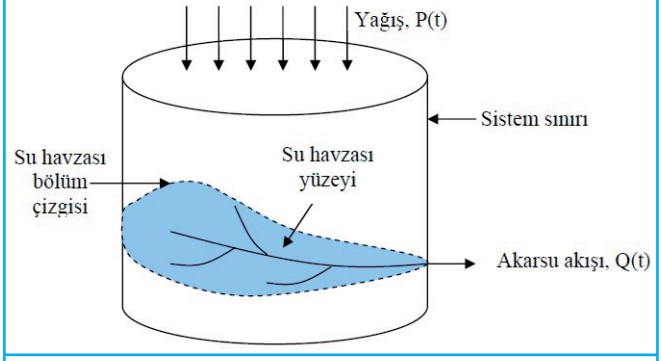
Örneğin Büyük Göller, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'nın Orta Batı manzarasının bir parçasıdır. Büyük Göller, çok büyük bir buz tabakasının erimesi ve geri çekilmesiyle sıvı havuzlar bırakarak oluşmuştur. Erozyon süreci ve yüzey akışının hareketi, dünyanın sıvı su, rüzgâr veya buz tarafından aşındırılması sürecidir. Erozyon, yüzey akışının hareketini içerebilir. Örneğin su akışı muazzam kanyonların oyulmasına yardımcı olabilir. Bu kanyonlar, yüksek yaylalarda (ABD'nin Arizona eyaletindeki Colorado Platosu'ndaki Büyük Kanyon gibi) nehirler tarafından oyulabilir. Ayrıca okyanusun derinliklerindeki akıntılar tarafından da oyulabilir (ABD'nin Kaliforniya eyaletinin kıyısındaki Pasifik Okyanusunda Monterey Kanyonu gibi).

Rezervuarlar ve Kalma Süresi: Rezervuarlar, su döngüsünün herhangi bir noktasında suyun bulunduğu yerdir. Örneğin bir yer altı akiferi sıvı su depolayabilir. Okyanus bir rezervuardır. Buz tabakaları rezervuarlardır. Atmosfer su buharı deposudur. Kalma süresi, bir su molekülünün bir rezervuarda geçirdiği süredir. Örneğin antik yer altı suyu rezervuarları olan fosil suyun kalma süresi binlerce yıl olabilir. Antarktika buz tabakasında suyun kalma süresi yaklaşık 17000 yıldır. Bu, bir su molekülünün yaklaşık olarak bu süre boyunca buz olarak kalacağı anlamına gelir. Suyun okyanusta kalma süresi çok daha kısadır ve yaklaşık 3200 yıldır. Suyun atmosferde kalma süresi, hepsinden daha kısadır ve yaklaşık dokuz gündür. Kalma süresinin hesaplanması, geliştiriciler ve mühendisler için önemli bir araç olabilir. Mühendisler, örneğin bir kirleticinin rezervuardan ne kadar hızlı yayılacağını değerlendirirken rezervuarın kalış süresine başvurabilir. Kalma süresi, toplulukların bir akiferi nasıl kullandığını da etkileyebilir.

SIRA SİZDE

Higroskopik suları açıklayınız.

Hidrolojik Sistem ve Su Bütçesi: Bir sınırla çevrilen, su ve diğer girdileri kabul eden, onları içerisinde yöneten ve çıktılar üreten uzayda tanımlanan bir yapı ya da hacimdir. Hidrolojik sistem olarak su havzası, belirli bir yerde akarsuya doğru drenaj olan kara alanıdır (Şekil 4.21). Su havzası bölüm çizgisi ise drenajı belirli bir akarsuya doğru akan alanı, drenajı akarsudan uzağa akan alandan ayıran bölüm hattıdır.



Şekil 4.21: Hidrolojik sistem olarak su havzası

Herhangi bir hidrolojik sistem için oluşturulan su bütçesi denklemi belirli bir zaman içerisinde, sisteme giren ve sistemden ayrılan tüm akımları ve sistemde depolanan su miktarını hesaba katmaktadır. Bütçe denkleminde sisteme giren akışlar pozitif miktarlar, sistemden ayrılan akışlar ise negatif miktarlar olarak gösterilir. Su bilanço analizi kütlenin korunumu prensibine dayanmaktadır ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$I-Q = \frac{dS}{dt}$$

Bağıntıda ifade edilen değişkenler aşağıda verilmiştir.

I= Sisteme giren akım miktarı (m^3/yıl)

Q= Sistemden ayrılan akım miktarı (m^3/yıl)

dS/dt= Belirli bir zamanda depodaki su miktarındaki değişim (m^3/yıl)

Hidrolojik döngünün ana elemanları yağış (P), buharlaşma (E), terleme (T), süzülme ya da infiltrasyon (I), akış (R), yer altı suyu akımı (G) gibi süreçlerden oluşmaktadır. Genelde hesaplamalarda kolaylık açısından, buharlaşma ve terleme süreçleri tek bir terim olan evapotranspirasyon (ET) olarak ifade edilir. Yukarıda basitçe ifade edilen su bütçe denklemi Şekil 4.21'de ifade edilen küresel hidrolojik sistem için yazılırsa genel su bütçesi denklemi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

P- R- G- E- T = ΔS (depodaki değişim)

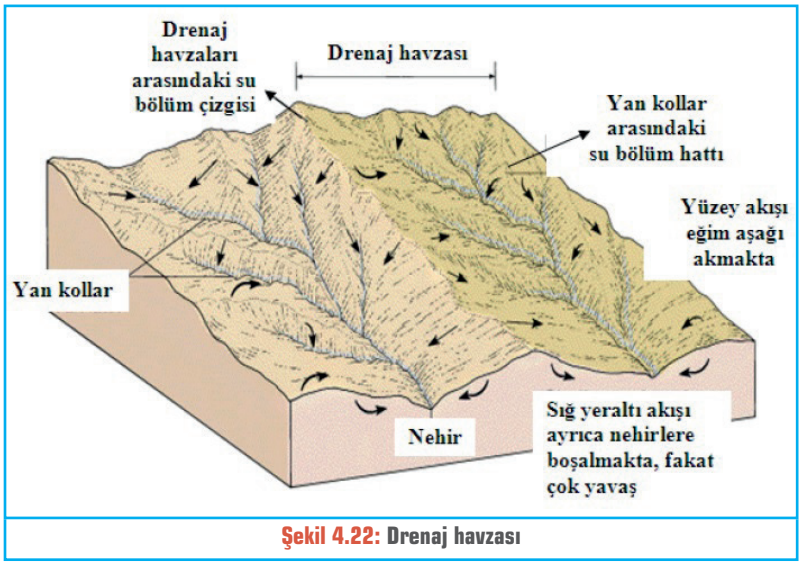
Bu denklemde dikkat edilmesi gereken husus, süzülmenin (I) yüzey sisteminden kayıp ve yer altı suyuna kazanç olmasından dolayı genel bütçede birbirlerini iptal etmesi ve yer almamasıdır. Hidrolojik denklemdeki her bir değişkenin birimi drenaj havzası üzerindeki su derinliği (cm) cinsiden temsil edilebilir. Bu ölçüler, drenaj alanının ya da su havzasının yüzey alanı ile çarpıldığında su hacmini temsil eder. Sisteme giren ve sistemden ayrılan ölçü miktarları ve türleri sistemin ölçeğine ve aynı zamanda hidrojeolojinin, hidrolojik döngünün hangi bölümüyle ilgilendiğine bağlı olarak değişebilir.

Hidrolojik denklemdeki tüm süreçler uygulanan her dönem için mutlaka eşit olmalıdır. Bu eşitlik belli bir zaman dilimindeki sisteme gelen ve sistemden ayrılan tüm akımları doğru olarak hesaba katmamızla mümkün olacaktır. Tam bir eşitlik elde etmek; veri eksikliği, ölçüm aletlerinin yetersizliği ve uygulanan varsayımlardan dolayı zordur. Su bütçesi denklemleri, tüm hidrolojik modellemelerin temelini oluşturur.

Su bütçe analizlerinin kullanım şekillerinden biri de bütçeyi oluşturan diğer değişkenlerin miktarları ile ilgili tahminlerin makul olması durumunda, bir bölgede meydana gelen Evapotranspirasyon (ET) miktarının hesaplanabilmesidir. Geniş akarsu havzalarında (binlerce km^2) yer altı suyu sistemi sınırları, çoğunlukla yüzey suyu ayırım hattını izler. Bu varsayımın geçerli olduğu durumlarda, sisteme giren ve sistemden ayrılan yer altı suyu akımları yok varsayılabilir (G= 0). Ayrıca uzun dönemlerde (genellikle ≥ 5 yıl) sistemde depolanan su miktarında normalin üzerinde mevsimsel azalmalar ve artışlar genellikle büyük su havzalarında birbirlerini dengeleme eğilimindedir. Bu tür durumlarda, depodaki değişimin (Δs)= 0 olduğu varsayılabilir. Bu iki varsayım altında, su bütçesi denklemi aşağıdaki gibi sadeleştirilebilir.

P- R- ET= 0

Drenaj Havzası: Akarsuların üzerinde aktığı ve yağışlarından kaynaklanan yüzey akışını toplayan alandır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Drenaj havzası

Türkiye 26 adet hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Havzaların ortalama yıllık toplam akışları 186 milyar m^3'tür. Havza verimleri birbirlerinden farklı olup Fırat ve Dicle havzalarının toplam ülke potansiyelinin yaklaşık % 28,5'ine sahip olduğu bilinmektedir. Bir havzaya düşen ortalama yağış miktarını belirlemenin en basit yolu, incelenen havzada mevcut yağışölçerlere ait yağış miktarı değerlerinin aritmetik ortalamasını almaktır. Bir havzaya düşen ortalama yağış miktarı;

$P_{Ortalama} = \frac{P1+P2+.....+Pn}{n}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Bağıntıda; $P_{Ortalama}$ havzaya düşen yağışın ortalama su derinliği (mm) ve n toplam istasyon sayısıdır.

Yer Altı Suyu Kirliliğinin Kaynakları: Yer altı suyu kirlilik kaynakları; şehir atıkları, sanayi atıkları ve tarımsal kirleticiler olarak sınıflandırılabilir. Kirlilik kaynakları ya noktasal kaynak olarak adlandırılan tek bir alandan ya da noktasal olmayan kaynak olarak adlandırılan geniş alana yayılmış sayısız alanlardan oluşabilir (Tablo 4.4). Sanayi gelişiminin az, belediye hizmetlerinin sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde arazi atık çukurları, atık su lagünleri veya yer altı depoları gibi noktasal kirlilik kaynaklarına daha az rastlanmaktadır. Bu ülkelerde yer altı suyu kirliliği riski daha ziyade tarımsal faaliyetler, kanalizasyon şebekesi olmayan yerleşim birimleri, kirlenmiş cadde ve sokaklardaki yüzey akışları gibi noktasal olmayan kaynaklardan meydana gelir.

Tablo 4.4: Yer Altı Suyu Kirlilik Kaynaklarının Gruplandırılması	
Sanayi, Sıvı Atık Tahliyesi	**Çevre, Tuzlu Su Girişimi**
Tehlikeli atık depolaması ve tahliyesi	Yağış içindeki erimiş maddeler ve tanecikler
Depolama alanları ve boru hatlarından sızıntılar	Doğal kirleticiler
Kimyasalların dökülmesi	**Şehir Sıvı, Katı Atık Tahliyesi**
Maden atıkları (çamur lagünleri)	Atık su çukurları ve havuzları
Enjeksiyon kuyuları	Kanalizasyon çamuru tahliyesi
Atık yığınları	Kanalizasyon sızıntısı
Petrol alanlarındaki tuzluluk	Yer altı depolarından sızıntı
Tarım, Hayvan Besleme Yerleri	Tekniğine aykırı terk edilen kuyular
Hayvan atık depoları ve çukurları	**İçme, Kullanma, Foseptik Çukur ve Kanallar**
Gübre kullanımı ve depolama	Tekniğine uygun olmayan ve terk edilen kuyular
Tarımsal ilaç kullanımı ve depolama	Yeşil alanların gübrelenmesi
Tarımdan dönen su	
Silaj (depolanmış yüksek nem içeren fermente edilmiş yem)	

Yer Altı Suyunun Korunması: Yer altı suyu, dünyadaki en büyük hacimli tatlı su kaynağıdır. Son yıllarda özellikle gelişen ülkelerde yer altı suyunun geliştirilmesinde ve kullanımında yoğun bir artış olmuştur. Yer altı suyunu çeşitli amaçlarda kullanırken onun kirleticilerden de uzak tutulması gereklidir. Fakat gerçek tehlike aslında kirlilik değil, kirlilik sorununun göz ardı edilmesidir. Yer altı suları yüzey sularına göre kirliliğe daha az maruz kalırken yer altı suları kirliliğinin etkisi yüzey suları kirliliğine nazaran daha uzun sürer. Yer altı suyu kirliliği kolayca fark edilemez ve çoğu durumda kirleticilerin içme, kullanma sularında fark edilmesi ile saptanır. Yer altı sularında kirleticiler fark edilinceye kadar büyük bir alan kirlilikten etkilenmiş olur.

Yer altı suyu kirliliği tamamen giderilemese de azaltılabilir veya rehabilite edilebilir. Fakat uygun koruma önlemleri alınmadan ve uygulanmadan önce yer altı suyu kirliliği ile kirletici kaynaklar belirlenmeli ve çevre kirliliğine karşı olan hassasiyet değerlendirilmelidir. Yer altı suyunun kalitesine etki eden potansiyel tehlikeleri saptamak için mevcut ve potansiyel kirletici kaynakların sistematik ve ayrıntılı bir envanteri çıkarılmalıdır. Yer altı suyunda mevcut olan kirliliğin yaygınlık derecesi ve özellikle çevredeki şüpheli kirletici kaynaklar belirlenmelidir. Bunu başarmanın yollarından birisi de izleme yapmaktır. Herhangi bir aktiviteden kaynaklanan yer altı suyu kirliliğini, kirliliğin derecesini belirlemek ve içme suyu temininin yapıldığı önemli su kaynaklarına yaklaşmakta olan kirlenme tehlikesine karşı uyarı yapabilmek için izleme kuyuları açılmalıdır.

Yer altı suyunun kirliliğe karşı olan hassasiyeti bakımından yapılan değerlendirmeler, fiziki çevrenin doğal ve yapay etkilere karşı bir miktar koruma sağlayabileceği düşüncesi üzerine dayanır. Bu hassasiyet toprak tipi, doygun olmayan zondaki materyalin karakteristikleri ve kalınlığı, yer altı suyunun derinliği, akiferin tipi, geçirimliliği ve beslenme oranı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.

Yer altı suyu kirliliğini gidermek için birçok yöntem kullanır. Uygun koşullarda yerkabuğunun doğal arıtma işlemlerini yapması, kirlenmiş suyun yer altı suyuna girişini azaltabilir ve kirliliği kabul edilebilir bir düzeye düşürebilir. Kirlenmiş yer altı suyunu temizlemeye yönelik olarak son 20 yılda birçok yöntem ve yeni teknoloji geliştirilmiştir. Fakat temizleme işlemi hem zor hem de pahalı olup uzun zaman gerektirir. Bu nedenle esas çaba kirliliğin oluşmasını önlemeye yönelik olmalıdır. Yer altı suyunun kirliliğe karşı önlem alarak korunmasının maliyeti, oluşan kirliliği gidermek için gösterilen çabaların maliyetinden çok daha düşüktür.

Yer Altı Suyunun Kalitesi: İnsanların toprak dolgu alanlarından, septik sistemlerden, toksik atık alanlarından ve sanayi artıklarından gelen kirliliğin azaltması ile yer altı suyunun kalitesi büyük oranda;

1. Akiferi oluşturan malzemelerin türlerine,
2. Suyun akiferde yerleşme süresine,
3. Kayaçlar ve minerallerin çözünürlüğüne bağlıdır.

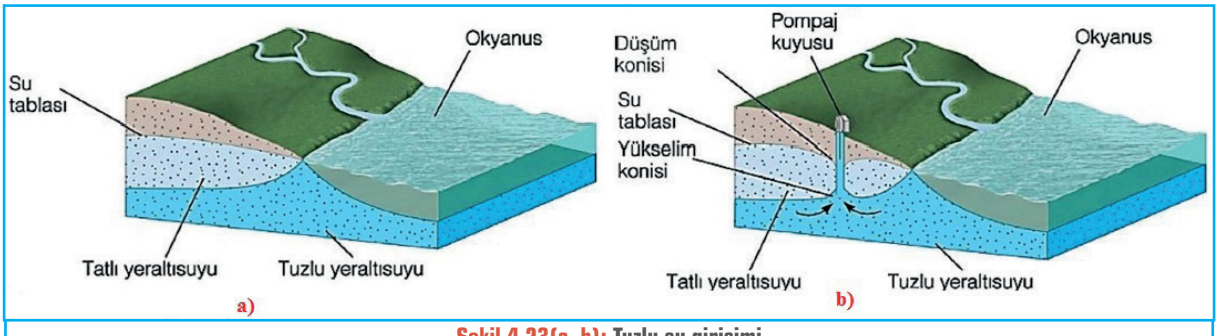
Bu etmenler; kalsiyum, demir, flüorit ve başka birkaç madde gibi yer altı suyunda çözünmüş malzeme miktarını belirler. Bunların birçoğu sağlık için bir tehlike yaratmaz. Bazıları ise su boruları ve ısıtıcılarda minerallerin birikmesi ve kötü tat ya da koku gibi istenmeyen etkiler bırakır ya da giysileri ve demirbaş malzemeleri boyayıp deterjanların etkinliğini kısıtlar. Suyun sert ya da yumuşaklığını, çözünmüş kalsiyum (Ca^{+2}) ve magnezyum (Mg^{+2}) miktarı belirler. 60 mg/L'den az **yumuşak sular**, 61-120 mg/L arası **orta sertlikte sular**, 121-180 mg/L arası **sert sular** ve 180 mg/L'den daha fazlası **çok sert sular**dır. Su boruları ve ısıtıcılar ile bulaşık makineleri, bardaklar ve yemek takımlarında kireç (Ca ve Mg tuzları) bağlaması sert suyun olumsuz bir yanıdır.

İnsanların Yer Altı Suyunu Etkileme Şekilleri: Su tablasının düşmesi sonucunda kuyuların kuruması, hidrostatik basıncın azalması ile serbest boşalan basınçlı akiferlerde açılmış kuyuların pompajla alınması, tuzlu su girişimi, çökme (sübsidans) ve kirlilik insanların yer altı suyunu etkileme şekilleridir.

Tuzlu Su Girişimi

a) Tuzlu su, tatlı su kadar yoğun olmadığı için tatlı su altındaki tuzlu suyun üzerinde mercek şeklinde bir kütle oluşturur (Şekil 4.23.a).

b) Aşırı pompalama yapıldığında ise tatlı yer altı suyu içinde bir düşüm konisi gelişir ve alttaki tuzlu yer altı suyunda, kuyunun tuzlu su ile kirlenmesi nedeniyle bir yükselim konisi meydana gelir (Şekil 4.23.b).



Şekil 4.23(a, b): Tuzlu su girişimi

Suyun beslenme kuyularından pompalanması ile tekrar yer altı suyu sistemine verilmesi, tatlı yer altı suyu ile tuzlu yer altı suyu arasındaki ara yüzeyi daha aşağı indirir ve böylece tuzlu suyun girişi azalır.

SIRA SİZDE

Yer altı suyu kirlilik kaynakları gruplarını yazınız.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

4.6 UYGULAMA

4 (4) DERS SAATİ

SU VE ZEMİN İLİŞKİSİ

Bu çalışmanın amacı, su ve zemin ilişkisi ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Su ve zemin ilişkisi uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

Ülkemizdeki su zemin ilişkisi kapsamında su döngüsü.

İstenenler

Ülkemizdeki su zemin ilişkisi kapsamında su döngüsü içerisinde yer alan buharlaşma, yoğuşma, yağış ve su döngüsünün diğer süreçleri ile ilgili raporu hazırlayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda su döngüsü ile ilgili yetkili kamu kurumlarının ve üniversitelerin raporlarını, verilerini kullanmaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda su döngüsü ile ilgili bilimsel verileri kullanarak rapor hazırlamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Ülkemizdeki su döngüsü sisteminde buharlaşma ile ilgili araştırma yapılır.
2. Ülkemizdeki su döngüsü sisteminde yoğuşma ile ilgili araştırma yapılır.
3. Ülkemizdeki su döngüsü sisteminde yağış ile ilgili araştırma yapılır.
4. Ülkemizdeki su dönüsü sisteminde akış, terleme gibi diğer süreçler ile ilgili araştırma yapılır.
5. Ülkemizdeki su döngüsü ve su döngüsünün diğer süreçlerini içeren araştırma raporu yazılır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Ülkemizdeki su döngüsü sisteminde buharlaşma ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
2	Ülkemizdeki su döngüsü sisteminde yoğuşma ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
3	Ülkemizdeki su döngüsü sisteminde yağış ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
4	Ülkemizdeki su dönüsü sisteminde akış, terleme gibi diğer süreçler ile ilgili araştırma yaptınız mı?		
5	Ülkemizdeki su döngüsünü ve su döngüsünün diğer süreçlerini içeren araştırma raporu yazdınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	45	45	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

Aşağıda verilen çoktan seçmeli test maddelerinden oluşan soruları cevaplayınız.

1. Dünya'daki göl, nehir, bataklık, ırmak, çay, dere vb. tüm tatlı su kaynaklarının oranı % kaçtır?

A) 1,50 **B)** 2,00 **C)** 3,50 **D)** 68,50 **E)** 95,00

2. Toprak suyu zonunun alt sınırı ile kapiler zonun üst sınırı arasında kalan bölgeye verilen ad aşağıdaki maddelerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) Arazi zonu
B) Orta zon
C) Sınır bölgesi
D) Kılcal saçağı
E) Yer çekimi zonu

3. Belli bir nem oranının altında topraktaki su, artık bitkiler tarafından alınamamaktadır. Bu su atmosferik su buharı ile dengeli olarak havalanma bölgesi içinde bulunur. Topraktaki tanelerinin yüzeylerine son derece kuvvetli tutunan bu tür sulara ..... denir

Noktalı olarak ifade edilen yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?

A) Adsorbe su
B) Higroskopik su
C) Kılcal su
D) Tutulan su
E) Serbest su

4. Taban yer altı su kaynakları aşağıda verilen yerlerin hangisinde yaygın olarak bulunmaz?

A) Ege Bölgesi'ndeki çöküntü ovaları
B) Muş Ovası'ndaki yer altı suları
C) Erzurum Ovası'ndaki yer altı suları
D) Ergene havzası ve iç ovaları
E) Pasinler Ovası'ndaki yer altı suları

5. Volkanik bölgelerde yer altındaki sıcak suyun belirli aralıklarla fışkırması ile oluşan kaynaklardır.

Verilen tanım aşağıdakilerden hangisine aittir?

A) Artezyen yer altı kaynakları
B) Fay yer altı kaynakları
C) Gazyer yer altı kaynakları
D) Taban yer altı kaynakları
E) Tabaka yer altı kaynakları

6. **Aşağıdakilerden hangisi yanlış verilmiştir?**

A) Birçok magmatik ve metamorfik kayaç tıpkı kireçtaşları ve dolomitler gibi yüksek gözeneklidir.

B) Gözeneklilik (porozite) kayacın boşluklarının toplam hacmine oranıdır.

C) Regolit ve kaya içerisindeki küçük boşluklar gözenek (pore) olarak adlandırılır.

D) Regolit, sedimen+toprak olarak ifade edilir.

E) Yer altı suyunun hareketi ve kuyulardan elde edilmesi, içinden geçtiği malzemelerin gözeneklilik (porozite) ve geçirgenlik (permeabilite) özelliğine bağlı olarak değişir.

7. **Su bulundurmayan ve geçişine izin vermeyen geçirimsiz jeolojik birime ne ad verilir?**

A) Akifer **B)** Akiklüd **C)** Arkiter **D)** Akitard **E)** Akifüj

8. Kılcal saçağın içinde su, yüzey gerilmesi ile doygunluk kuşağından havalanma kuşağına yükselir. Su tablası yüzeyi, kaya veya regolitteki farklı iki zonun arasındaki sınırı temsil eder. Yer altı su tablasının üzerinde yer alan doygun olmayan seviyenin taban kesiminde kılcal saçakların olduğu ince bir kesim yer alır.

Verilenlere göre yer altındaki suyun bu durumu aşağıdakilerden hangisi ile adlandırılır?

A) Poisson Oranı

B) Kinematik

C) Porozite

D) Darcy Kanunu

E) Permealbilite

9. **Günümüz hidrolojik döngüsüne katılan atmosferik kökenli sulara ne ad verilir?**

A) Juvenil sular

B) Meteorik sular

C) Fosil sular

D) Konne suları

E) Mineralli sular

10. Çözünebilir kayaçların bulunduğu bölgelerde yeryüzü, boyut ve şekilleri çeşitlilik gösteren çok sayıda çöküntüyle doludur. Bu tür kayaçların bulunduğu bölgeleri belirleyen bu çöküntülere ..... denir.

Boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?

A) Çukur

B) Dolin

C) Galeri

D) Karst

E) Mağara

11. I. Yağmurun yağması ve yağmur suyunun yer altına girdiği kesim besleme alanıdır.

II. Yer altı suyunun su akış yollarını takip etmesi ve ardından tekrar yüzeye çıktığı kesim suyun boşalma alanıdır.

III. Darcy Kanunu; permeabilite ne kadar büyükse akışın da o kadar hızlı olacağını belirler.

Yüzey suyu ve yer altı suyu arasındaki temel farklar ile ilgili verilenlerden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I **B)** I ve II **C)** Yalnız III **D)** I ve III **E)** Yalnız III

12. I. Yüzey sularında patojen bulunurken yer altı sularında patojenler bulunmaz.
II. Yüzey sularına göre yer altı suları daha fazla kirlenmiştir.
III. Yüzey suyu ve yer altı suyu, yeryüzünde bulunan iki farklı su rezervuarıdır.

Yüzey suyu ve yer altı suyu arasındaki temel farklar ile ilgili verilenlerden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I **B)** I ve II **C)** Yalnız III **D)** I ve III **E)** Yalnız III

13. Zemin tanelerinin yüzeyindeki elektrik yükünün etkisi alanında bulunan su moleküllerinin çekme kuvvetine ne ad verilir?

A) Adsorbsiyon kuvveti
B) Kapiler kuvvet
C) Yüzey gerilme
D) Yüzey gerilme zarı
E) Yer çekimi kuvveti

14. Kapilarite aşağıda verilen hangi bağıntıyla hesaplanır?

A) $h = \frac{3.\sigma.Sin\theta}{r.\gamma}$

B) $h = \frac{2.\sigma.Cos\theta}{r.\gamma}$

C) $h = \frac{2.\sigma.Cot\theta}{r.\gamma}$

D) $h = \frac{\sigma.Cos\theta}{r.\gamma}$

E) $h = \frac{2.\sigma.Cos\theta}{r.2\gamma}$

15. Suyun atmosfer, karalar ve okyanuslar arasındaki sürekli döngüsüne ne ad verilir?

A) Kapiler potansiyel
B) Friatik yüzey
C) Hidrolojik döngü
D) Kapiler döngü
E) Yüzey gerilme döngüsü

16. Bitkilerin su buharını saldığı mikroskobik gözeneklere ne ad verilir?

A) Akış **B)** Peyzaj **C)** Pore **D)** Sis **E)** Stoma

17. Suyun sert ya da yumuşaklığını çözünmüş kalsiyum (Ca+2) ve magnezyum (Mg+2) miktarı belirler. Buna göre 180 mg/L'den fazla sular aşağıdakilerden hangisi ile adlandırılır?

A) Sert su
B) Yumuşak su
C) Orta sertlikte su
D) Çok sert su
E) İnce su

18. Aşağıda verilenlerden hangisi yer altı suyu kirlilik kaynaklarından tarım-hayvan besleme yeri kirlilik grubu içerisinde yer alır?

A) Tehlikeli atık depolanması ve tahliyesi
B) Atık su çukurları ve havuzları
C) Enjeksiyon kuyuları
D) Yeşil alanların gübrelenmesi
E) Silaj

19. Su döngüsünün herhangi bir noktasında suyun bulunduğu yer aşağıda verilen terimlerin hangisi ile adlandırılır?

A) Rezervuar
B) Terleme deposu
C) Peyzaj
D) Hidrolik sistem
E) Kapiler su deposu

20. Çok eski sular olup yaşları kuvaterner Dönemi'ne kadar uzanan sular aşağıdakilerden hangisidir?

A) Fosil
B) Juvenil
C) Meteorik
D) Mineral
E) Termal

Ölçme ve Değerlendirme sorularını cevaplamayı tamamladıysanız kitabın sonunda verilen cevap anahtarından cevaplarınızı kontrol edebilirsiniz. Yanlış cevapladığınız soruları öğretmeninize sorunuz.

5. ÖĞRENME BİRİMİ
ZEMİNLER VE ZEMİN ETÜDLERİ (UYGULAMALI JEOLOJİ)

KONULAR

5.1. ZEMİN ÇEŞİTLERİ

5.2. UYGULAMA: ZEMİN PARAMETLERİNİN HESAPLANMASI

5.3. ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ

5.4. UYGULAMA: ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ

5.5. ZEMİN ETÜDÜ METOTLARI

5.6. UYGULAMA: ZEMİN ETÜDÜ METOTLARI

5.7. ZEMİN JEOLOJİK ETÜTLERİ

5.8. UYGULAMA: ZEMİN JEOLOJİK ETÜTLERİ

5.9. HEYELAN ETÜTLERİ

5.10. UYGULAMA: HEYELAN ETÜTLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

. Zemin çeşitlerini ve oluşumunu
. Zeminlerin bileşenlerini ve faz ilişkilerini
. Zeminlerin sınıflandırılmasını
. Zeminlerin kıvam limitlerini
. Zemin parametrelerinin hesaplanmasını
. Zeminlerin özelliklerini
. Zemin sınıflandırma sistemlerini
. Zeminlerin özellikleri uygulamalarını
. Zemin etüdü metotlarını ve kategorilerini
. Zemin etüdü verilerinin toplanmasını
. Zemin etüdü metotları uygulamalarını
. Zemin jeolojik etütülerini
. Kategorilerine göre inşa edilecek yapı türlerini
. Zemin jeolojik etüd uygulamalarını
. Heyelan oluş nedenlerini ve şekillerini
. Heyelan etütlerini
. Heyelan etütleri uygulamasını

TEMEL KAVRAMLAR

Zemin çeşitleri, granülometri, zemin faz ilişkileri, zemin endeks özellikleri, birim hacim ağırlık, boşluk oranı, porozite, zemin bileşenleri, zemin sınıfları, dane çapı, granülometrik analiz, elek analizi, ıslak analiz, plastik limit, likit limit, rötre limit, plastisite indisi, plastisite kartı, pipet yöntemi, efektif çap, üniformluk katsayısı, süreklilik katsayısı, hidrometre yöntemi, Atterberg limitleri, zemin sensivitesi, zemin aktivite katsayısı, konsistans indisi, zemin parametreleri, kaolinit, illit, montmorillonit, havlosit, rötre, adsorbsiyon, kohezyon, folikülent yapı, dispers yapı, rölatif sıkılık, doygunluk derecesi, su muhtevası, zemin sınıflandırma sistemleri, TS 1500, dane dağılım eğrisi, zemin etütleri, zemin etüt kategorileri, sondaj, sondaj logu, sondaj sayısı, sondaj derinliği, yer altı su seviyesi, arazi deneyleri, laboratuvar deneyleri, jeofizik etütler, geoteknik kategoriler, kategori 1, kategori 2, kategori 3, ön etüt, tasarım etütleri, araştırma çukurları, jeofizik araştırmalar, heyelan, heyelan etütleri, heyelan oluş şekilleri, heyelan oluş nedenleri, jeofizik teknikler, heyelan arazi etütleri, heyelan plankotesi

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Yaşadığınız bölgedeki yapıların inşa edildiği zeminleri araştırınız ve edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.1. ZEMİN ÇEŞİTLERİ

Zeminler, toprak işleri ve granülometri bakımından çeşitlendirilir ve gruplandırılır. Toprak işleri bakımından zemin çeşitleri gevşek ve sert (kaya) zeminler olmak üzere iki grupta incelenir. Granülometri bakımından zemin ise ince ve iri daneli zeminler olmak üzere iki grupta ele alınır.

5.1.1. Toprak İşleri Bakımından Zeminler

Toprak işleri bakımından zeminler, gevşek ve kaya (sert) zeminler olmak üzere iki gruba ayrılır.

a) Gevşek Zeminler: Önceden parçalanmadan el aletleri ve mekanik araçların küçük bir basınçla içlerine girebildikleri veya aletlerin vurulmasıyla gevşetilerek kazılabilen zeminlerdir. El aletleri veya başka araçlarla bloklar halinde çıkarılabilen çatlak veya ayrışmış kayalar da gevşek zemin olarak düşünülebilir.

Gevşek zeminler aşağıdaki gibi dört sınıfa ayrılır.

1. **Hafif Zeminler:** Kuru veya nemli bitkisel zemin; kuru kum, toprakla karışık kum, ince veya kalın çakıldan oluşur.
2. **Ağır veya Killi Zeminler:** Taş, ince veya kalın çakılla karışık killi zeminler; killi toprak, kompakt marnlar, tüfler, yumuşak grelerden oluşur.
3. **Plastik Killer:** İçinde az veya çok oranda su bulunan killerdir. Kazıldıklarında çok yapışkandır ve kazıları güçtür.
4. **Tabaka Halinde Çürük Kayalar:** Ayrışmaya başlamış ve tabakalar halinde çökelmiş kayalardır.

b) Kaya (Sert) Zeminler: Patlayıcı maddelerle parçalanması gereken büyük kütleli zeminlerdir.

Kaya Zeminler aşağıdaki gibi dört sınıfa ayrılır.

5. **Yumuşak Kayalar:** Tebeşir, arduvaz, kalker vb.
6. **Yarı Sert Kayalar:** Gre, jips, spat vb.
7. **Sert Kayalar:** Mermer, granit, bazalt vb.
8. **Çok Sert Kayalar:** Kuartz, pudingler, breşler vb.

5.1.2. Granülometri Bakımından Zeminler

Zeminler granülometrik açıdan iri daneli ve ince daneli çakıllar olmak üzere aşağıda verildiği gibi iki gruba ayrılır.

a) İri Daneli Zeminler (Çakıllar): Dane çapları 20 mm'den büyük olan çakıllardan oluşur ($D > 20$ mm).

b) İnce Daneli Zeminler (Kumlar): Dane çapları 2 mm ile 20 mm arasında olan iri kumlardır ($2 \text{ mm} > D > 0{,}2$ mm).

İnce taneli zeminler çaplarına göre aşağıdaki gibi dört gruba ayrılır.

1. **İnce Kum:** $0{,}02 < D < 0{,}2$ mm arasında olan kumlardır.
2. **Silt:** 2 mikron $< D <$ 0,02 mikron arasında olan kumlardır.
3. **Kil:** $D <$ 2 mikron olan kumlardır.
4. **Kolloid Killer:** $D < 0{,}2$ mikron olan kumlardır.

Zemin malzemeleri arazide taş, kum, lem, siltli lem, killi lem, kil, organik kil, organik silt, turba şeklinde bulunur. Bunlar aşağıda açıklanmıştır.

Taş: Boyutları 200 mm-60 mm arasında kalan, yuvarlaktan çok köşeliye kadar değişen kaya parçalaradır.

Kum: Daneleri ayrıktır. Kuru iken elle sıkılıp bırakılırsa hemen bölünür, parçalanır. Islak iken sıkılırsa kalıplı bir biçim alır, bırakılsa bile şeklini korur, ancak dokunulduğu zaman bölünür.

Lem: Farklı boyutlardaki kum, silt ve kil karışımıdır. Kuru iken kolayca bölünür. Kuru iken elde sıkıldığında, kalıplanmış gibi biçimlenir. Özenle dokunulursa bölünmez. Islak zeminin kalıplı gibi sıkılmış olanına kırmadan rahatça dokunulabilir.

Siltli Lem: İnce gradasyondaki kumu orta oranda, kili az ölçüde, silt danelerini de çok oranda içerir. Kuru iken topak halindedir. Ancak kolayca ufalanıp toz haline getirilebilir. Zemin elde yumuşak ve unumsu bir duyum verir. Yaş veya kuru siltli leme kırılmaksızın dokunulabilir.

Killi Lem: İnce daneli bir yapıdadır. Kuru iken topaklar veya parçalar halinde kırılabilir. Islak bir zemin topağı parmaklar arasında sıkılır ise ince bir şerit şeklini alacak ve hemen kırılacaktır. Islak zemin plastiktir ve kalıplanmış gibi biçimlidir ve elleşmeye dayanıklıdır.

Kil: İnce daneli yapıdadır. Kuru iken çok parça ve topaklar halinde kırılabilir. Islak iken plastiktir ve çok yapışkandır. Islak zemin topağı parmaklar arasında sıkılırsa uzun süre şerit şeklinde kalır.

Organik Killi Zemin: Ana özelliklerini etkileyecek ölçüde organik madde ihtiva eden, etüvde kurutulduktan sonra ölçülen likit limitin, doğal su içeriğinde ölçülmüş değerinin %75'inden küçük çöktüğü kil türüdür.

Organik Siltli Zemin: Organik siltli zemin, siltin içinde etüvde kurutulduktan sonra ölçülen likit limitinin doğal su içeriğinde ölçülmüş değerin %75'inden küçük çıkmasıyla tanımlanacak oranda organik madde bulunan türüdür.

Turba: Genellikle organik koku (çürüme kokusu) veren, değişik ayrışma aşamalarında rengi koyu kahverengiden siyaha kadar değişen, kıvamı süngerimsi, dokusu lifli veya amorf görünümde olan organik malzemedir.

5.1.3. Zeminlerin Oluşumu

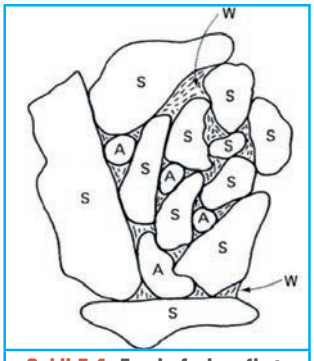
Zeminler kullanım alanlarına göre farklı şekillerde tanımlanır. Jeoloji mühendisleri, zeminleri oluşumuna göre tanımlarken ziraat mühendisleri tarımsal açıdan değerlendirir. İnşaat mühendisleri için ise zemin bir malzemedir. Zeminin orijini alınırken jeoloji mühendisinin görüşünden faydalanılır, ancak sınıflandırmada inşaat mühendisliği tanımları kullanılır. Tüm zeminler; direkt veya endirekt olarak kayaların aşınması veya ayrışması sonucu oluşmuş, birbirine yapışık veya ayrık boşluklarında su veya hava bulunduran mineral parçacıklar topluluğudur.

Zeminlerin kayalardan oluşmasındaki metot kimyasal ve fiziksel yollardır. Fiziksel oluşum rüzgârın, suyun ya da buzulların meydana getirdiği erozyonlardır. Ayrıca kaya içindeki suyun donma ve çözünmesiyle de zeminler oluşur. Bu şekilde oluşan zeminler ana kayanın özelliklerini gösterir. Bu parçacıklar çeşitli boyutlarda olup aralarında bağ olmaksızın gevşek, sıkı veya oldukça sıkı bir topluluk şeklinde temas hâlinde bulunur. Su, oksijen ve karbondioksit ana kayanın mineral yapısında veya diğer bir ifadeyle kimyasal kompozisyonunda çeşitli değişikliklere yol açabilir. Bu etkileşim kil mineralleri olarak bilinen kolloidal boyutlu kristal parçacıklar grubunu oluşturur.

Zeminler eğer kayanın aşınması sonucu oluşup yerinde kalıyorsa **yerinde (residual) zeminler** olarak adlandırılır. Aşınma sonucu oluşan zemin başka bölgeye taşınması durumda ise bu zeminler **taşınmış (transported) tortul ya da sedimenter zeminler** olarak adlandırılır. Yerinde ve taşınmış zeminlerin herhangi bir nedenle başka bir bölgede dolgu olarak kullanılmasıyla oluşan zeminler de dolgu zeminler olarak adlandırılır.

5.1.4. Zeminlerin Bileşenleri ve Faz İlişkileri

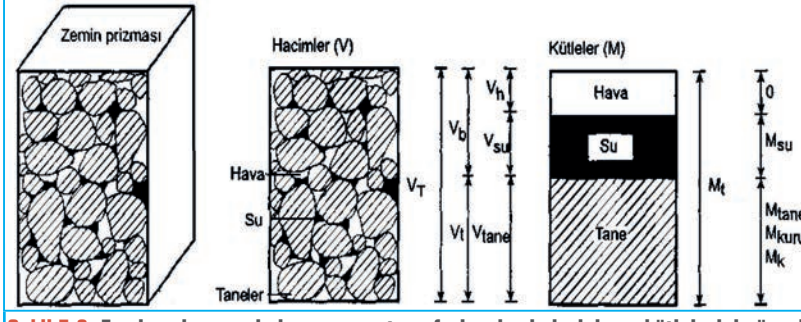
Zeminler üç fazdan oluşur. Bunlar katı zemin taneleri sıvı olan su ve hava fazlarıdır. Genel olarak bir zemin kütlesi katı taneler ile bu tanelerin arasındaki boşluklardan oluşur. Katı taneler, farklı minerallerin küçük tanelerinden oluşur. Boşluklar ise su veya havayla doludur veya kısmen doludur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Zemin fazları (katı zemin taneleri, su ve hava)

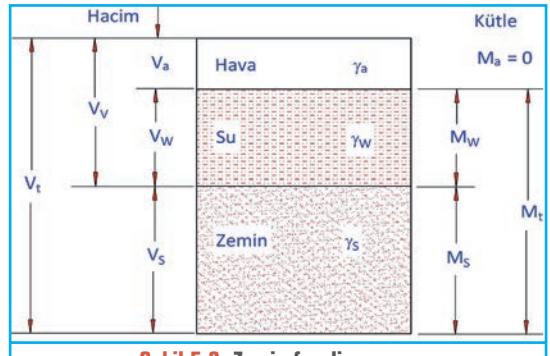
Şekil 5.1'de W: katı zemin tanelerini, S: Sıvı suyunu ve A: havayı ifade etmektedir.

Şekil 5.2'de zemin prizmasında zemini oluşturan hava, su ve katı tane fazlarının hacimleri ve kütlelerine ait örnek bir gösterim verilmiştir.



Şekil 5.2: Zemin prizmasında hava, su ve tane fazları hacimlerinin ve kütlelerinin örnek gösterimi

Zemin fazlarını ifade eden parametreler; zemin kütlesinin toplam hacmi V_t, katı tanelerin hacmi V_s ile boşlukların hacmi V_v veya V_b ve boşluk hacmi genel olarak suyun hacmi V_w ile havanın hacmi V_a Şekil 5.3'teki gibi bir faz diyagramında gösterilmiştir. Şekil 5.3'teki faz diyagramında; hava yoğunluğu γ_a, su yoğunluğu γ_w ve zemin yoğunluğu γ_s ile gösterilmiştir. Diyagramın sol tarafında genellikle üç faza ait hacim bileşenleri ve sağ tarafında bunlara karşılık gelen kütle bileşenleri yer alır. Faz diyagramında görülen hacimler için m^3 veya cm^3 birimleri ve kütleler için kg, g, mg birimleri kullanılır.



Şekil 5.3: Zemin faz diyagramı

Geoteknik uygulamalarda kullanılan üç hacimsel oran Şekil 5.3'teki faz diyagramından doğrudan tanımlanır.

Boşluk oranı = $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1 - n}$ bağıntısı ile hesaplanır.

Bağıntıdaki Vv boşlukların hacmi V_s'de katı tane hacmidir. Boşluk oranı (e) genellikle ondalık olarak ifade edilir. Boşluk oranının alabileceği maksimum değer sıfır ile sonsuz aralığında bir sayıdır. Ancak kum için tipik değerler 0,4 ile 1,0 arasında; kil için ise 0,3 ile 1,5 arasındadır. Organik zeminlerde çok daha yüksek değer alabilir.

Porozite = $n = \frac{V_v}{V_t} x100$ bağıntısı ile hesaplanır.

Bağıntıdaki V_v boşlukların hacmi; V_t'de toplam hacimdir. Porozite (n) yüzde olarak ifade edilir. Porozitenin alabileceği değer %0 ile %100 arasındadır. Boşluk oranı ve porozite eşitliklerinden;

$n = \frac{e}{1 + e}$ ve $n = \frac{n}{1 - n}$ bağıntıları yazılabilir.

Doygunluk derecesi = $S = S_r \frac{V_w}{V_v}$ veya $S_r \frac{\gamma_s (1 - n) W}{n}$ bağıntısı ile hesaplanır.

Doygunluk derecesi boşlukların hacminin yüzde kaçının suyla dolu olduğunu ifade eder. Zeminin tamamen kuru olması halinde S_r = %0; boşlukların tamamının suyla dolu olması halinde zemin tamamen doygun ve S_r = %100'dür. Şekil 5.3'teki faz diyagramının kütle kısmında, öncelikle bir zemin hakkında bilinmesi gereken en önemli özellik olan bir kütle oranı, bir zeminde katı tanelere kıyasla ne kadar su bulunduğu ve buradan hareketle su muhtevası;

$W \frac{M_w}{M_s} x100$ bağıntısıyla ifade edilir.

Bağıntıda M_w suyun kütlesi, M_s katı tanelerin kütlesidir.

Bir zeminin bünyesinde bulunan su miktarının zemin tanelerinin miktarına oranını belirlemede zeminin toplam kütlesi değil kuru kütlesi esas alınır. Genellikle yüzde olarak ifade edilen su içeriğinin değeri sıfır (kuru zemin) ile yüzde birkaç yüz arasında değişir. Bazı denizel killerde veya organik zeminlerde %500 veya daha yüksek değerlere çıkabilse de çoğu zeminlerin doğal su içeriği %100'ün çok altındadır. Su içeriğinin laboratuvarda belirlenmesi ASTM D2216 standardında açıklanmıştır. Standarda göre öncelikle zeminden temsilci bir numune alınır ve toplam veya ıslak kütlesi belirlenir. Daha sonra bu zemin örneği 110 ^{O}C ısıdaki etüvde ağırlığı sabit kalana kadar kurutulur. Zemin örneğinin etüvde bir gece bırakılması genellikle kuruma için yeterli görülür. Numunenin konduğu kabın darası ıslak ve kuru kütlelerden mutlaka çıkarılmalıdır. Daha sonra yapılması gereken su kütlesinin $W = \frac{M_w}{M_s} x100$ eşitliğine göre belirlenmesidir.

Geoteknik mühendisliği uygulamalarında yaygın kullanılan birkaç yoğunluk çeşidi vardır. Bunlar, doğal yani ıslak yoğunluk (ıslak birim hacim ağırlık, γ), katı tane yoğunluğu (katı tane birim hacim ağırlık, γ_s) ve suyun yoğunluğudur (suyun birim hacim ağırlığı, γ_w). Şekil 5.3'ten kütle ve hacimlerden hareketle: Doğal zeminlerde yoğunluğun değeri boşluklarda bulunan suyun miktarına ve mineral tanelerinin kendi yoğunluklarına bağlı olarak değişecektir. γ'un değeri genellikle 1000 kg/m^3 ile 2400 kg/m^3 arasında değişmektedir (1,0-2,4 mg/m^3).

$\gamma_k = \frac{M_t}{V_t} = \frac{M_s + M_w}{V_t}$ bağıntısıyla, $\gamma_s = \frac{M_s}{V_s}$ bağıntısıyla ve $\gamma_w = \frac{M_w}{V_w}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Çoğu zeminler için γ_s'nin tipik değeri 2500-2800 kg/m^3 (2,5-2,8 mg/m^3) aralığındadır. Kumlarda bu değer 2,6-2,7 mg/m^3 arasındadır. Örneğin çok yaygın bir mineral olan kuvars için γ_s=2,65 mg/m^{3}tür. Zeminde çoğunluk olan mineralin türüne bağlı olarak γ_s killerde 2,65-2,80 mg/m^3 arasındadır. Sonuç olarak; γ_s için spesifik bir değer verilmediği sürece geoteknik mühendisliği uygulamalarındaki birçok faz problemlerinde γ_s=2,65 veya 2,70 mg/m^3 kabul edilir. Sıcaklığa bağlı olarak suyun yoğunluğu az da olsa değişebilir. Su 4 ^oC'de en yoğun hâldedir ve γ_w tam olarak 1000 kg/m^3=1 g/cm^3 'e eşittir. Bu yoğunluk bazen γ_o sembolü ile ifade edilir. Genellikle geoteknik mühendisliği hesaplarında $\gamma_w.\gamma_o$=1000 kg/m^3=1 mg/m^3 olarak alınır. Zemin mühendisliği uygulamalarında bunların dışında üç yoğunluk çeşidi daha vardır. Bunlar; kuru yoğunluk (kuru birim hacim ağırlık, γ_k), doygun yoğunluk (doygun birim hacim ağırlık, γ_d) ve batık yoğunluktur (su altındaki birim hacim ağırlık, γ').

$\gamma_d = \frac{M_s}{V_t}$ bağıntısıyla $\gamma_k = \frac{M_s + M_w}{V_t}$ (V_a = 0 ve S_r = %100) bağıntısıyla ve $\gamma' = \gamma_d - \gamma_w$ bağıntısıyla hesaplanır.

$\gamma_d = \frac{M_s + M_w}{V_t}$ (V_a = 0 ve S veya S_r = %100) eşitliğinde γ_d yerine doğal yoğunluk γ kullanılır. Çoğu durumlarda tamamen batık zeminler tam doygundur veya en azından doygun oldukları kabul edilir. Kuru yoğunluk γ_k toprak dolgularda sıkışma derecesini belirlemede önemli bir ölçüttür. Değişik zemin grupları için γ_k, γ_d ve γ' ait tipik değerler Tablo 5.1'de verilmiştir.

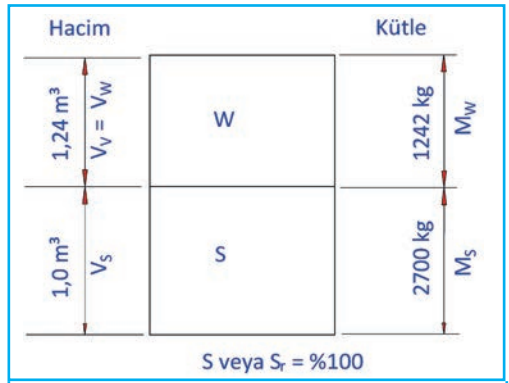
Tablo 5.1: Yaygın Olan Bazı Zemin Malzemelerine Ait Farklı Yoğunlukların Tipik Değerleri

Zemin Türü	Yoğunluk (mg/m^3)		
	γ_d	γ_k	γ'
Kum ve çakıl	1,9-2,4	1,5-2,3	1,0-1,3
Silt ve kil	1,4-2,1	0,6-1,8	0,4-1,1
Buzul tili	2,1-2,4	1,7-2,3	1,1-1,4
Ezilmiş kaya	1,9-2,2	1,5-2,0	0,9-1,2
Turba	1,0-1,1	0,1-0,3	0,0-0,1
Organik silt, kil	1,3-1,8	0,5-1,5	0,3-0,8

Problem: Siltli kil türü bir zemin için γ_s = 2700 kg/m^3, doygunluk derecesi S_r = %100 ve su içeriği %46'dır. Boşluk oranını (e), doygun birim hacim ağırlığını (doygun yoğunluk) ve batık birim hacim ağırlığını (batık yoğunluk) kg/m^3 cinsinden hesaplayınız.

Çözüm:

- Verilen bilgiler faz diyagramı çizilerek üzerine aktarılır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4: Siltli kil türü bir zemin için faz diyagramı

- V_s = 1 m^3 alınır. Buradan da $M_s = V_s$ ve γ_s = 2700 kg verildiğinden boşluk oranı doğrudan aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$e = \frac{W.\gamma_s}{\gamma_w.S_r} = \frac{0,46 \times 2700}{1000 \times 10} \Rightarrow e = 0,1242$$

- V_s = 1,0 olduğu için e ayrıca V_v'ye eşittir. Benzer şekilde, γ_w=1000 kg/m^3 ve M_w sayısal olarak V_w'ye eşit olduğundan M_w= 1242 kg'dır. Bilinmeyenler bulunduğundan doygun yoğunluk aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_s + \gamma_w.e}{1+e} = \frac{2700 + 1000 \times 1,242}{1+1,242} \Rightarrow \gamma_d = 1758\,kg/m^3$$

- Bir zemin su altında kaldığı zaman, zeminin gerçek birim ağırlığı suyun kaldırma kuvveti tarafından azaltılır. Suyun kaldırma kuvveti, yer değiştiren suyun ağırlığına eşittir. Buradan hareketle batık yoğunluk aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\gamma' = \gamma_d - \gamma_w = 1758 - 1000 = 758\ kg/m^3$$

Problem: Doğal hâldeki porozitesi 0,50 ve su içeriği %25 olan bir zeminden 5840 m^3 alınarak bir miktar su eklenip karayolu dolgusu olarak sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılan bu zeminin su içeriği %35, boşluk oranı ise 0,40 olarak hesaplanmıştır. Karayolu için yapılan dolgunun hacmini hesaplayınız.

Çözüm:

- Doğal halde bulunan zemin ile dolgu zeminin hacimleri eşit olacağından dolgu zemini için V_b hesaplanırsa $V_t = V_b + V_s$ bağıntısından öncelikle Vs bulunur.

$n = \frac{V_b}{V_t}$ bağıntısından $0,50 = \frac{V_b}{5840}$ ise V_b = 0,50 x 5840 olur. Buradan da V_b = 2920 m^3 olur.

$V_{t\,doğal} = V_b + V_s$ bağıntısından 5840 = 2920 + V_s olur. Buradan da V_s = 2920 m^3 bulunur.

- Dolgu zemin için V_s her iki durumda da sabit olacağından sıkıştırılan zeminde de V_s aynı V_b'nın bulunması sorunun çözümü için kullanılır.

$e = \frac{V_b}{V_s}$ bağıntısından $0,40 = \frac{V_b}{2920}$ ise $V_b = 0,40 \times 2920 = 1168\ m^3$ bulunur.

- Tanelerin hacmi her iki durumda da (doğal ve sıkıştırıldıktan sonra) sabit kalacağından sıkıştırılan dolgunun hacmi hesaplanır.

$V_{t\,dolgu} = V_b + V_s$ bağıntısından $V_{t\,dolgu}$ = 1168+2920 buradan da $V_{t\,dolgu}$ = 4088 m^3 olarak hesaplanır.

5.1.5. Yapı Zemin Çeşitleri ve Zeminlerin Sınıflandırılması

Yapı zeminleri; yapı temellerinin oturtulduğu zeminler, yapı zemininin içerisinde inşa edilen tünel, boru hatları, gömülü tüm yapıların içinden geçen zeminler ve barajlar, karayolları, demiryolları, kanallar, temel altı dolgular, geçirimsiz kil şilteler gibi dolgu malzemesi olarak kullanılan zeminler olarak sayılabilir.

Yük Taşıma Durumuna Göre Zemin Çeşitleri

Çürük Zemin: Fazla yük altında kayan, sıkışmaya uygun ince kum, ıslak kil, killi toprak, batak arazi, bitkisel ve dolma toprak zeminlerdir. Basınca dayanımı 0,2-0,8 kgf/cm^2 arasında değişmektedir.

Orta Zemin: Sıkışmaya uygun, 3-4 m kalınlığında zemin tabakalarından oluşur. Gravyer, kumlu ve killi zeminlerdir. Basınca dayanımı 0,4-0,5 kgf/cm^2 arasında değişir.

Sağlam Zemin: Sıkışmaya uygun olmayan, 2-3 m kalınlığında tabakalar halinde oluşmuş zeminlerdir. Basınç ve çekme gerilmelerine karşı oldukça dayanıklıdır. Bunlar arasında püskürük, tortul ya da metamorfik zeminler örnek olarak gösterilebilir. Yerel zemin sınıfları Tablo 5.2'de, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre zemin grupları Tablo 5.3'te, temel zemin türleri ve emniyet gerilme değerleri Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.2: Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 5.3'e Göre Zemin Grubu ve En Üst zemin Tabakası Kalınlığı (h1)
Z1	(A) grubu zeminler
	h1≤15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	h1>15 m olan (B) grubu zeminler
	h1≤15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < h1≤ 50 m olan (C) grubu zeminler
	h1≤10 m olan (D) grubu zeminler
Z4	h1> 50 m olan (C) grubu zeminler
	h1> 50 m olan (D) grubu zeminler

Tablo 5.3: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Zemin Grupları

Zemin Grubu	Tanımı	Standart Penetrasyon(Adet)	Rölatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kg/cm²)	Kayma Dalgası Hızı (m/sn)
A	Masif volkanik kayaçlar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar, sert çimentolu kayaçlar	-	-	> 10,0	> 1000
	Çok sıkı kum, çakıl	> 50	85-100	-	> 700
	Sert kil ve siltli kil	> 32	-	> 4,0	> 700
B	Tüf ve anglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar	-	-	5,0-10,0	700-1000
	Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	-	400-700
	Çok katı kil ve siltli kil	16-32	-	2,0-4,0	300-700
C	Yumuşak süreksiz düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar	-	-	< 5,0	400-700
	Orta sıkı kum, çakıl	10-30	35-65	-	200-400
	Katı kil, ve siltli kil	8-16	-	1,0-2,0	200-300
D	Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	-	-	-	< 200
	Gevşek kum	< 10	< 35	-	< 200
	Yumuşak kil, siltli kil	< 8	-	< 1,0	< 200

Tablo 5.4: Temel Zemin Türleri ve Emniyet Gerilme Değerleri (kg/cm²)		
Temel Zemin Tipi	**Açıklama**	**Emniyet Gerilmesi (kg/cm²)**
Kohezyonlu	Balçık	0,00
	Yumuşak	0,40
	Katı Sık Kohezyonlu	1,00
	Yarı Sert Kohezyonlu	2,00
	Sert Yoğrulamayan	4.00
Kohezyonsuz	Kuru Gevşek Kum	1,00-2,00
	Sulu Gevşek Kum	0,50-1,00
	Kuru Sıkı Üniform Kum	2,00-4,00
	Sulu Sıkı Üniform Kum	1,00-2,00
	Kuru İyi Dereceli Kum-Çakıl	4,00-6,00
	Sulu İyi Dereceli Kum-Çakıl	2,00-3,00

5.1.5.1. Zeminlerin Sınıflandırılması

Zeminleri sınıflandırmaktaki amaç özelliklerine göre yapılan sınıflandırmadır. Buradan hareketle zeminler, yapı temellerinde taşıyıcı yol, baraj, karayolları, demiryolları, kanallar vb. yerlerde dolgu malzemesi ve tünel, boru hatları vb. yapıları içerisinden geçiren malzemeler olarak sınıflandırılabilir. Sınıflamalar için zeminlerden alınan temsili numuneler kullanılarak dane dağılımları, elek analizleri, ıslak analizler ile tane ayrım deneyleri yapılır. Zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılan deneyler aşağıda sıralanmıştır.

- Dane Çapı Dağılımı: Granülometrik Analiz (Elek Analizi ve Islak Analiz)

  (A)-Standart Yöntem: Yıkamalı Eleme Yöntemi

  (B)-Kuru Eleme Yöntemi

  (C)-İnce Daneli Zeminlerde Önerilen Yöntem: Pipet Yöntemi

  (D)-İnce Daneli Zeminlerde Yedek Yöntem: Hidrometre Yöntemi

- Likit Limitin Ölçümü

  (A)-Önerilen Yöntem: Konik Penetrometre Yöntemi

  (B)-Yedek Yöntem: Casagrande Yöntemi

- Plastik Limitin Ölçümü ve Plastisite İndisi
- Su Muhtevasının Ölçümü
- Tek Eksenli Büzülme Ölçümü
- Zemin Danelerinin Özgül Ağırlığının (Bağıl Yoğunluk) Ölçümü

  (A)-İnce Daneli Zeminler Deneyi

  (B)-Orta ve İri Daneli Zeminler Deneyi

5.1.5.2. Dane Çapı Dağılımı: Granülometrik Analiz (Elek Analizi ve Islak Analiz)

Sınıflandırma sistemlerinin hepsinde zemindeki danelerin büyüklüğü, bunların kuru ağırlık olarak zemindeki yüzde oranlarının bilinmesi prensibine dayanır. Bunun için dane büyüklüğü analizi veya mekanik olarak adlandırılır. Mekanik analiz, elek analizi ve ıslak analiz (çökeltme) olmak üzere iki aşamada yapılır.

Elek Analizi: Yuvarlak ya da kare şekilli elekler kullanılarak yapılır. Elek numaraları; 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 vb. şeklinde adlandırılır. Genellikle kare gözlü olup her eleğin adı vardır. Kare gözün kenar uzunluğuna **elek göz çapı** denir. Bu değer aynı zamanda dane çapının karşılığıdır.

Aşağıda Amerikan (ASTM) ve İngiliz (BS) standartlarına göre elekler verilmiştir (Tablo 5.5, Tablo 5.6).

Tablo 5.5: ASTM Elek ve Çapları

Elek No	Elek Çapı
2''	50,800
1 ½''	38,100
3/4''	19,100
3/8''	9,510
4''	4,760
10''	2,000
40''	0,420
100''	0,149
200''	0,074

Tablo 5.6: Elek Analizi Örneği

Elek No	Elek Çapı (mm)	Elek Üstü (gr)	Elekten Geçen (gr)	Geçen Yüzde (%P)
3''	76,2	-	1000	-
2''	54,8	125	875	100
1 ½''	-	75	800	87,5
3/4''	-	150	-	80
3/8''	-	68	-	70
4''	4,76	250	-	65
10''	-	-	-	50
40''	0,42	-	-	40
100''	-	-	-	16
200''	0,074	-	-	-
PAN (Toplama) Tepsisi	-	-	-	-

Eleme işlemi elle veya sarsma şeklinde yapılır. Eleme sonucunda her eleğin üstünde kalan zemin miktarı tartılarak belirlenir. Her bir elekten geçen % oranı aşağıdaki bağıntıyla belirlenir.

$$\%\ P = \frac{\text{Elekten geçen zemin miktarı}}{\text{Elemeye tabi tutulan toplam zemin}}$$

Islak Analiz: Zeminin 200 No.lu elekten geçen daha küçük danelerin büyüklüğü ıslak analiz ile bulunur. Bu yöntemde 200 No.lu elekten geçen malzeme cam silindir içinde damıtık su ile karıştırılarak süspansiyon hâline getirilir. Tanecikler su içerisinde çökmeye bırakılır. Bunların çökme hızlarından faydalanılarak dane büyüklükleri tespit edilebilir. Bu analiz hesaplarında **Stoke Yasası**'ndan faydalanılır. Bu yasa küresel tanelerin bir sıvı içindeki çökelme hızlarını verir. Eğer "D" çaplı dane süspansiyon yüzeyinden itibaren "He" derinliğine "t" zamanda çökerse "He" derinliğindeki çökme hızı "V" cm/sn cinsinden aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$V = \frac{He}{60t}$ Bu bağıntı **Stoke** yasasının yerine konulursa $D = M\sqrt{\frac{He}{t}}$ bağıntısı elde edilir.

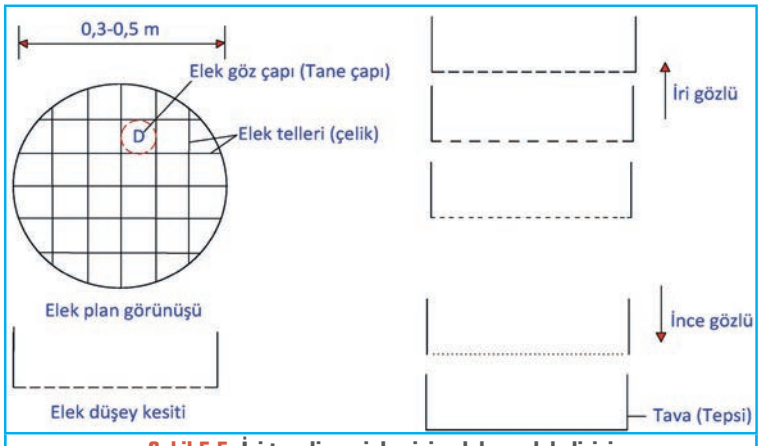
He: Suyun viskozitesine ve tanelerin birim hacim ağırlığına bağlı olarak çeşitli değerler alır. Örneğin 20 °C'deki su viskozitesi ve ortalama yoğunluk $\gamma_s = \rho_s$ = 2,65 g/cm^3 alındığında;

$V = 90D^2$ ve $D = M\sqrt{D1} = M\sqrt{\frac{He}{90t}}$ bağıntılarıyla hesaplanır.

Bağıntıdaki parametrelerin birimleri; He: cm, V: cm/sn, D: mm ve t: sn olarak alınır.

Tane Ayrım Deneyleri: Tane ayırma deneylerinin amacı zeminde bulunan her tane boyutunun zeminde bulunması ve herhangi bir oranda olduğunun belirlenmesidir. İri taneli zeminler (çakıl ve kum) doğrudan eleme yöntemiyle; ince taneli zeminler (200 No.lu elekten geçen) hidrometre, pipet vb. yöntemlerle belirlenir. Deney için gerekli malzemeler: elek takımı, fırça, etüv terazisi (0,1 hassasiyette), etüv fırını, desikatör, vibratör (elek sarsma makinesi).

Elekler standart boyutlarda kare veya daire delikli olur. Elek takımı deneyi yapılacak zemine göre belirlenir. En büyük açıklıklı elek üstü olacak şekilde elek açıklıkları ve en altta 200 No.lu elek ve toplayıcı kap olacak şekilde sıralanır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5: İri taneli zeminler için elek ve elek dizisi

Düzgün bir çap sıralaması elde etmek için (granülometri) elek takımı, birbirini izleyen her elek açıklığı bir alttaki elek açıklığının iki katı büyük olacak şekilde seçilmelidir (Tablo 5.7).

Tablo 5.7: Elek Sıralaması

Elek No.	Elek Açıklığı (mm)
3''	76,200
1,5''	36,100
3/4''	19,100
3/8''	9,520
No 4	4,76
No 8	2,38
No 16	1,190
No 30	0,590
No 50	0,297
No 100	0,149
No 200	0,074

Deneye tabi tutulacak numune 4 No.lu elek boyutundan büyük malzeme içeriyorsa çift elek metodu uygulanmalıdır. Yani 4 No.lu elek altında ve üstünde kalan malzemeler ayrı ayrı deneye tabi tutularak değerler tespit edilir. Daha sonra bulunan değerler birleştirilerek granülometri eğrisi çizilir.

Çift Elek Yöntemi

Çift elek yöntemi deneyinin yapılışına ait işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

- Kurallara uygun olarak alınan numune 76,200 mm'lik (3″) elekten elenir ve elek üstünde kalan malzeme tartılarak yüzde olarak kaydedilir.
- Kalan numune 4 No.lu elekten geçirilir ve elenerek ikiye ayrılır.
- 4 No.lu elek üzerinde kalan malzemeye sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır.
  - 4 No.lu elekten geçen tüm malzeme etüvde 24 saat bekletilerek kurutulur.
  - Etüvden çıkarılan malzeme 0,1 g hassasiyetle tartılır ve kuru ağırlık (etüv kurusu ağırlığı) olarak kaydedilir.
  - Geniş bir kaba kapatılarak üzerine su ilave edilir ve 2-24 saat arasında bekletilir.
  - Malzeme 4 No.lu elekten kayıp verilmeden yıkanır.
  - Eleğin üzerinde kalan malzemeler tekrar etüve konur ve 24 saat bekletilerek kurutulur.
  - Kuruyan malzeme 0,1 g hassasiyetle tartılır ve yıkama sonrası kuru ağırlık olarak kaydedilir.
  - Malzeme 4 No.lu ve üstü elek takımında elenir.
  - Yapılan eleme sonucu her eleğin üzerinde kalan kuru malzeme ağırlığı tartılır ve deney kâğıdına işlenir.
- 4 No.lu elekten geçen malzemeye aşağıdaki işlemler sırasıyla uygulanır.
  - 4 No.lu elekten geçen malzeme doğal durumda tartılır ve laboratuvarda ağırlığı tartılır.
  - Numunenin içinden kurallara uygun şekilde 500 g temsili malzeme alınır, etüvde kurutulur ve kuru ağırlık tartılarak kaydedilir. Daha sonra malzemenin su içeriği bulunur.
  - Malzemeden 400 g alınarak bir tepsi içerisinde ıslatılır ve üzerinde kalan malzeme 2-24 saat arasında bekletilir.
  - Malzeme 200 No.lu elek üzerinde yıkanır ve 200 No.lu eleğin üzerinde kalan malzeme tekrar etüve konur.
  - Kuruyan bu malzeme etüvden çıkarılarak desikatörle soğutulur ve 0,1 g hassasiyetle tartılarak yıkama sonrasında kuru numune ağırlığı olarak kaydedilir.
  - Bu malzeme 8, 16, 30, 50, 100 ve 200 No.lu eleklerden elenir.
  - Her eleğin üzerinde kalan malzeme 0,1 g hassasiyetle tartılır ve deney kâğıdına yazılır.

Örnek:

- Belli bir miktar alınan numune 4 No.lu elekten elenir.
- 4 No.lu elekte kalan malzeme etüvde 24 saat bekletildikten sonra etüvden çıkartılır.
- Malzeme 0,1 g hassasiyetle tartı sonucu 34400 g bulunmuştur.
- Yıkama öncesi numunenin kuru ağırlığı 34400 g ve yıkama sonrası numunenin kuru ağırlığı 31092 g ve numunenin tamamının laboratuvardaki kuru ağırlığı 54409,8 g olarak tartılmıştır.
- 4 No.lu elekten geçen numune ağırlığı = 34400 - 31092 = 3308 g olur.
- Laboratuvar kurusunun tamamının ağırlığı = 54409,8 g
- 4 No.lu elek üstü ağırlık = 35209,8 g

- 4 No.lu elek altı ağırlık 19200,0 g (elek altına inen malzeme)
- 4 No.lu elekten 500 g laboratuvar kurusu yeterlidir. Etüv kurusu 488,5 g, bu malzeme içinden 400 g malzeme alınır.
- Su muhtevası hesaplanır.

$W = \frac{500 - 488,5}{488,5} = 0,02354 \Rightarrow 2,354$ bulunur.

- 24 saat bekletildikten sonra yıkama öncesi etüv kurusu ağırlık = 400 g ve yıkama sonrası etüv kurusu ağırlık 254,9 g
- Yıkama öncesi etüv kurusu ağırlık- yıkama sonrası etüv kurusu ağırlık = 400 - 254,9 = 145,1 g bulunur.
- 254,9 g malzeme sırasıyla 8, 16, 30, 50, 100 ve 200 No.lu elek takımından elenir.

Elek No.	Elek Üstünde Kalan Malzeme
8	53,5
16	45,8
30	52,8
50	44,9
100	38,4
200	19,2

- Numune kuru yoğunluğundan (kuru birim hacim ağırlığından) kuru malzeme ağırlığı hesaplanır.

$\gamma_k = \frac{\gamma n}{1 + w} = \frac{19200}{1 + 0,02354} = 18758,4$ kuru malzeme ağırlığı bulunur ve daha önce bulunan

4 No.lu elekten geçen 3308 gr, buradan hareketle 18758,4- 3308 = 22066,4 g olur. Buradan da;

400 g	53,5 g
22066,4 g	x

x = 2,952 g olarak bulunur.

- Toplam kuru ağırlık hesaplanır.

Toplam kuru ağırlık $= \frac{54409,8}{1 + 0,02354} = 53158,4$ g elek analizinde ele alınan numune ağırlığı

53158,4 g	2951,3 g
100	x

x = 5,6 g olarak bulunur.

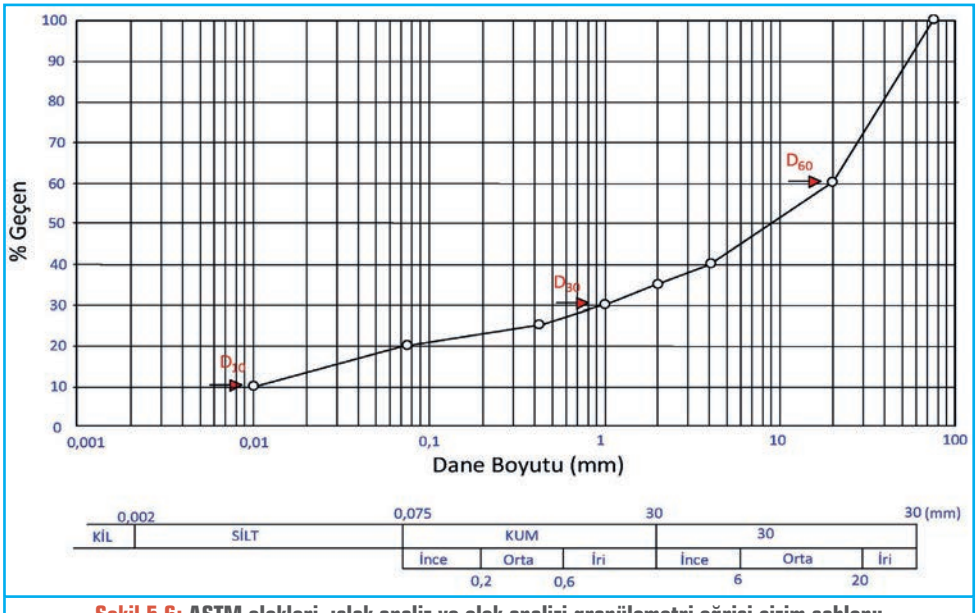
Tek Elek Yöntemi

Zeminden alınan numunede 4 No.lu elek boyutundan küçük malzemeler fazla ise çift elek yöntemi yerine bu numuneler tek elek metodu kullanılır.

Tek elek yöntemi deneyinin yapılışına ait işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

- Açık havada kurutulan numune çeyrekleme yöntemiyle bölünerek yeterli miktarda malzeme alınır.
- Malzeme etüvde 24 saat kurutulur.
- Kuru malzeme 0,1 g hassasiyetle tartılır ve deney kâğıdına işlenir.
- Malzeme bir kaba konulur ve üzerine temiz su ilave edildikten sonra 2-24 saat bekletilir.
- 200 No.lu eleğin üzerinde kalan malzeme fire verilmeden yıkanır.
- 200 No.lu eleğin üzerinde kalan malzeme tekrar etüve konur ve 24 saat bekletilir.
- Etüv sonrası desikatörde soğutulur ve tartılır.
- Malzeme uygun sıradaki elek takımından elenir.
- Eleme sonrası 0,1 g hassasiyetle her elek üzerinde kalan malzeme tartılır ve deney kâğıdına yazılır.

Tek elek ve çift elek yöntemleri, ASTM eleklerine göre ıslak analiz ve elek analizi granülometri eğrisi çizimi için %P elekten geçen ve tane çapı değerleri Şekil 5.6'da verilmiştir.



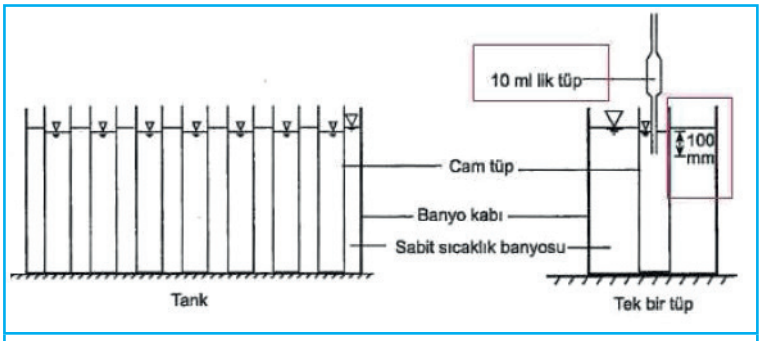
Şekil 5.6: ASTM elekleri, ıslak analiz ve elek analizi granülometri eğrisi çizim şablonu

BİLGİ KUTUSU

Tek elek yöntemi deneyinde, malzemenin iyice ufalanmasına ve ince taneli zeminlerde suda bekletme işleminin yeterli sürede yapılması önem arz eder. Eleklere fazla malzeme konulmamasına ve eleme işleminin yeterli sürede yapılmasına dikkat edilmelidir. Elek tellerinin yırtık olması deliklerin biçim değiştirmesine neden olacağından elek tellerinde yırtık olmamalıdır. Eleme sonrası yapılan tartı işlemlerinde hassas olunmalıdır. Eleklerde kalan kuru malzeme ağırlıkları toplamı deney sonu toplam malzeme ağırlığının ±%3'ünden fazla saparsa deneyin tekrarlanması gereklidir. Lifler arasındaki hata elekler arasında bölüştürülerek dağıtılmalıdır.

Pipet Yöntemi

200 No.lu elekten geçen zeminden bir miktar (25-100 g) alınarak cam bir tüp içinde toplam 500 cm^3lük bir süspansiyon hazırlanır. İçine danelerin kümeleşmeyi engelleyici dağıtıcı madde konularak iyice karıştırılır. Karıştırılan süspansiyon cam tüpe aktarılır ve deney boyunca sabit sıcaklık sağlayan bir su banyosuna yerleştirilir. Deneye başladıktan sonra başlangıçtan itibaren belli süreler sonunda genellikle 1, 2, 4, 15, 30 dakikada 1, 2, 4, 15, 24 saat gibi zamanlarında pipet denilen aletle süspansiyon yüzeyinden 10 cm derinliğinde 10 cm^3lük örnekler alınır. Bu örnekler etüvde kurutularak kuru ağırlıklar hassas teraziyle belirlenir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7: Pipet yöntemi

W_k, kuru ağırlıklar hassas terazilerde tartılarak tespit edilir. Başlangıçtan itibaren t_1 zaman sonra süspansiyonda yüzden itibaren 10 cm'lik derinlikte $D_1 = \frac{He}{90t}$ bağıntısıyla hesaplanan D_1 çaplı veya daha büyük çaplı dane bulunmaz. Çünkü D_1 çaplı veya daha büyük çaplı taneler, Stokes Yasasına göre, en az 10 cm çökmüştür. Bu olaya, zemini D_1 çaplı elekten eleme gibi bakılabilir.

$$D_1 \text{ çaplı geçen yüzde } \%P' = \frac{\text{Numunenin 1 } cm^3\text{teki zemin miktarı}}{\text{Başlangıçta süspansiyonda 1 } cm^3\text{teki zemin miktarı}}$$

200 No.lu elekten geçen zemine göre tanımlanan %P' mekanik analize tabi tutulan tüm zemine göre

$$\%P = \%P' \left(\frac{\text{Numunenin 1 } cm^3\text{teki zemin miktarı (g)}}{\text{Başlangıçta süspansiyonda 1 } cm^3\text{teki zemin miktarı (g)}} \right)$$

Islak analiz için kullanılacak zemin, 2 mm'lik elekten (10 No.lu elek) geçen zeminin, ince tanelerin, kum tanelerine yapışmış olması olasılığına karşı 200 No.lu elek üzerinde su ile yıkanması tavsiye edilmektedir. Yıkama suyuna bir miktar dağıtıcı katılır. 200 No.lu elek üzerinde kalan zemin kurutularak takip eden eleklerde elenir. 200 No.lu elek altına geçen süspansiyon kurutularak veya kurutulmadan ıslak analiz için kullanılır.

Zeminin Efektif Çapı, Üniformluk Katsayısı ve Süreklilik Katsayısı

Efektif Çap: Granülometri (tane dağılım) eğrisinde %10'u geçen karşılık gelen başka bir ifadeyle zeminin en ince %10'luk bölümünün en büyük dane çapı olarak adlandırılır ve D_{10} ile gösterilir.

Üniformluk Katsayısı (C_u): Dane çapı dağılım eğrisinde %60'a karşılık gelen çapın (D_{60}), efektif çapa (D_{10}) oranıdır. $C_u = (D60)/(D10)$ bağıntısıyla hesaplanır.

Süreklilik Katsayısı (C_r): Dane çapı dağılımı eğrisinden %60, %30 ve %10'a karşılık çapların okunmasından bulunan D_{60}, D_{30}, D_{10} değerleri kullanılarak hesaplanan değerdir.

Süreklilik katsayısı = Eğrilik katsayısı = C_c veya C_R ile gösterilir. $\mathbf{C_R = (D_{30})^2/D_{10}xD_{60}}$ bağıntısıyla hesaplanır. Üniform zeminlerde üniformluk katsayısı (C_u) 1'e yakın çıkar. İyi derecelenmiş bir zeminde süreklilik yani eğrilik katsayısı (C_c) 1 ile 3 arasında değer alır. Çakıllarda üniformluk katsayısı (C_u) 4'ten ve kumlarda ise üniformluk katsayısı (C_u) 6'dan büyüktür.

D30 = %30 geçen yüzeye karşılık gelen çap (mm) iyi derecelenmiş zemindir. İri, orta ve ince taneler dengelidir. İyi derecelenmemiş zemin kötü derecelenmiş zemindir ve hemen hemen eşit taneler içerir. Büyük ve küçük taneler içeren ancak orta büyüklükte taneleri eksik olan kötü derecelenmiş zemin, aralıklı derecelenmiş zemindir.

Problem: Bir zeminden alınan 1562,5 g ağırlığındaki kuru bir miktar zemin numunesi önce eleme işlemine daha sonra 200 No.lu elekten geçen kısmından 40 g alınarak pipet yöntemiyle ıslak analize tabi tutulmuştur. 40 g zeminle toplam hacmi 500 cm^3 olan bir süspansiyon hazırlanmıştır. Bu süspansiyondan belli süreler sonunda 10 cm derinlikte 10 cm^3lük numuneler alınmış ve etüvde kurutulmuştur. Eleme ve ıslak analizle ilgili sonuçlar Tablo 5.8'de verilmiştir. Verilenler doğrultusunda Islak Analiz %P, %P´ ve D (mm) değerlerini hesaplayınız.

Tablo 5.8: Pipet Yöntemi Elek Analizi ve Islak Analiz

Elek Analizi						Islak Analiz				
S. No.	Elek No	Elek Çapı	Elek Üstü	Elekten Geçen (g)	Geçen %P	Geçen Süre (Dakika)	10 cm^3teki w_k (g)	%P´	%P	D (mm)
1	3″	76,2	0	1562,5	100	60	0,703			
2	2″	50,8	31.25	1531,25	98	240	0,549			
3	1″	25,4	46,87	1484,38	95	900	0,451			
4	3/8″	9,58	171,88	1312,50	84	3600	0,302			
5	4″	4,76	140,64	1171,86	75	14400	0,198			
6	10″	2,00	187,48	984,38	63	57600	0,104			
7	20″	0,84	187,50	796,88	51	-	-			
8	40″	0,42	203,13	593,75	38	-	-			
9	70″	0,21	156,25	437,50	28	-	-			
10	200″	0,074	187,50	250	16	-	-			

Çözüm: Islak Analiz kısmında 10 cm^3teki W_k (g) sütununda verilen kuru ağırlıklara göre %P' ve %P değerleri tek tek bulunur.

$$\%P_1' = \frac{0,703}{0,8} = 0,8788 \times 100 = \%87,88 \Rightarrow \%P_1 = 87,88 \times \frac{250}{1562,5} = 14$$

$$\%P_2' = \frac{0,549}{0,8} = 0,6863 \times 100 = \%68,63 \Rightarrow \%P_2 = 68,63 \times \frac{250}{1562,5} = 11$$

$$\%P_3' = \frac{0,451}{0,8} = 0,5637 \times 100 = \%56,37 \Rightarrow \%P_3 = 56,37 \times \frac{250}{1562,5} = 9$$

$$\%P_4' = \frac{0,304}{0,8} = 0,3735 \times 100 = \%37,35 \Rightarrow \%P_4 = 37,35 \times \frac{250}{1562,5} = 6$$

$$\%P_5' = \frac{0,198}{0,8} = 0,2475 \times 100 = \%24,75 \Rightarrow \%P_5 = 24,75 \times \frac{250}{1562,5} = 4$$

$$\%P_6' = \frac{0,104}{0,8} = 0,13 \times 100 = \%13 \Rightarrow \%P_6 = 13 \times \frac{250}{1562,5} = 2$$ olarak bulunur ve Tablo 5.8'de %P' ile %P sütununa sırasıyla yazılır.

500 cm^3lük hacimli malzeme içinden alınan 40 g malzeme 10 cm^3lük hacimde 0,8 g olur. Dolayısıyla hesaplanan % oranlar 40 g malzeme içindir.

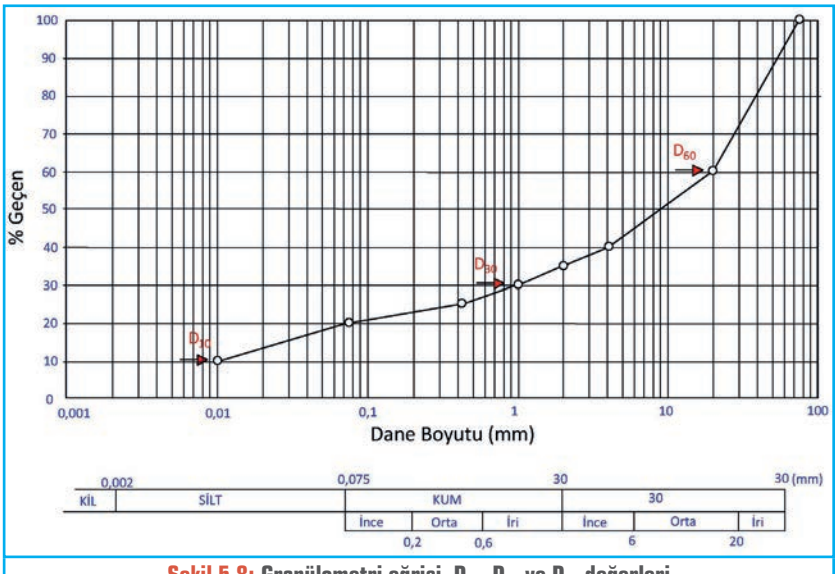
Islak Analiz kısmında yer alan dane çapları D (mm) ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$D = \sqrt{\frac{He}{90t}}$ bağıntısından $D_1 = \sqrt{\frac{10}{90x60}} = 0,04$; $D_2 = \sqrt{\frac{10}{90x240}} = 0,02$;

$D_3 = \sqrt{\frac{10}{90x900}} = 0,01$; $D_4 = \sqrt{\frac{10}{90x3600}} = 0,006$; $D_5 = \sqrt{\frac{10}{90x14400}} = 0,003$; ve

$D_6 = \sqrt{\frac{10}{90x57600}} = 0,001$ Hesaplanan dane çapları Tablo 5.8'de D (mm) sütununa sırasıyla yazılır.

Problem: Elek analizi ve ıslak analizi yapılan bir zemin örneğinin granülometri eğrisi Şekil 5.8'deki gibi çizilmiştir. Verilen granülometri eğrisinde görülen D_{10}, D_{30} ve D_{60} dane çapları doğrultusunda üniform katsayısını ve süreklilik (eğrilik) katsayısını hesaplayınız.



Şekil 5.8: Granülometri eğrisi, D_{10}, D_{30} ve D_{60} değerleri

Çözüm:

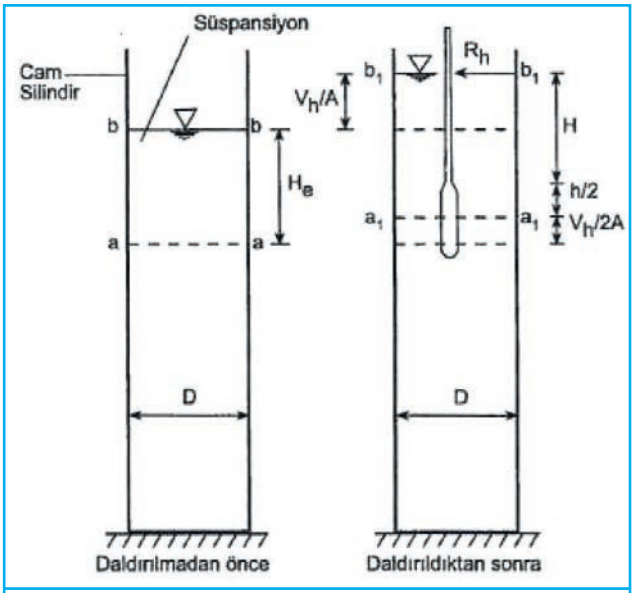
Üniformluk Katsayısı = $C_u = (D_{60})/(D_{10}) = 20/0,01 \Rightarrow C_u = 2000$ bulunur.

Süreklilik Katsayısı = $C_R = (D_{30})^2/D_{10}xD_{60} = (1)^2/0,01x20 \Rightarrow C_R = 5$ bulunur.

Hidrometre Yöntemi

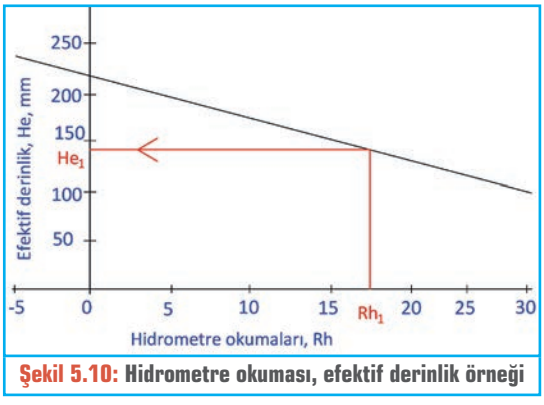
200 No.lu elekten geçen zeminden bir miktar alınarak (M_k), pipet yöntemine benzer şekilde silindirik bir cam kap içinde 1000 ml'lik süspansiyon hazırlanır. Deney başlangıcından itibaren belli süreler sonunda, süspansiyon yoğunluğu, hidrometre aleti ile ölçülür. Hidrometre; bir gövde ve bir ince uzun boyun kısmından oluşan cam alettir. Hidrometre He (efektif derinlik) için kalibre edilir. Kalibrasyon için Hidrometre süspansiyona daldırıldıktan sonra süspansiyon düzeyi b-b'den b_1-b_1'e yükselirse yükselme miktarı Vh/A kadardır. V_h, Hidrometrenin hacmidir. Hacim bölümlü içi damıtık su ile dolu bir kaba daldırılıp taşan suyun hacmine eşit alınabilir.

Efektif derinlik (He) = (H + h / 2+V_h / 2A) - V_h / A= H + 1/2 (h- V_h / A) bağıntısıyla hesaplanır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9: Hidrometre yöntemi

Çeşitli R_h (hidrometre okuması) değerleri için "H" değerleri hidrometre üzerinde ölçülerek "He" için kalibrasyon eğrisi çizilir. Çizilen eğriden deney sırasında bir "t" anındaki "R_h" okumasına karşılık gelen "He" efektif derinlik belirlenir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10: Hidrometre okuması, efektif derinlik örneği

$$\%P = \frac{\frac{Rh_1}{1000} \times \frac{\gamma_s}{\gamma_s - 1}}{M_k / 1000} \quad \text{ve} \quad D_1 = \sqrt{\frac{He_1}{90t_1}}$$ bağıntılarıyla hesaplanır.

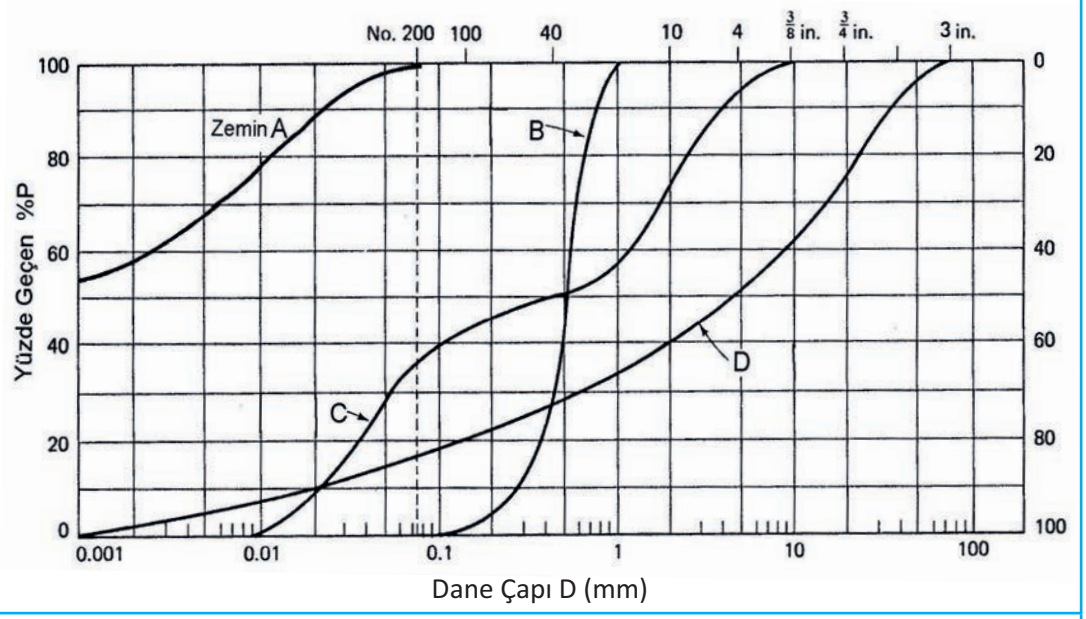
$$\%P = \%P' \frac{\text{200 No.lu elekten geçen zemin miktarı}}{\text{Elemeye tabi tutulan toplam zemin miktarı}}$$ bağıntısıyla da %P´ değeri hesaplanır.

Zeminler granülometri eğrilerine göre iyi derecelenmiş zemin ve kötü derecelenmiş zemin olarak sınıflandırılır. Şekil 5.11'de verilen granülometri eğrisinde görülen A, B ve C eğrilerinin temsil ettiği zeminlerin derecelenme durumları aşağıda açıklanmıştır.

A: Tüm tane boyutlarından dengeli olarak içeren, yüksek sığlığa sahip ise taşıma gücü, kayma direnci vb. yüksek olarak değerlendirilen zeminlerdir ve iyi derecelenmiş zemin olarak adlandırılır.

B: Eşit çaplı tanelerden oluşmuş kötü derecelenmiş zemindir ve üniform zemin olarak adlandırılır.

C: Büyük ve küçük taneler içeren orta büyüklükteki taneleri eksik olan kötü derecelenmiş zemine aralıklı derecelenmiş zemin adı verilir.



Şekil 5.11: Tipik dane dağılım (granülometri) eğrisi

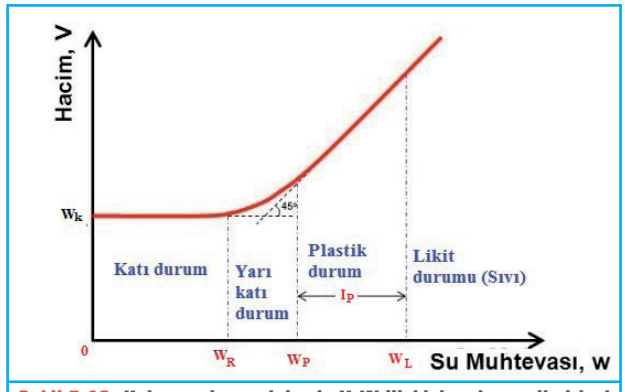
5.1.5.3. Kıvam Limitleri (Likit, Plastik ve Rötre Limit)

Killi bir zeminin kıvamı, yalnızca içindeki su miktarı artırılarak çok katı bir kıvamdan viskoz bir sıvı kıvama kadar çok geniş bir aralık içinde değişebilir. Buna bağlı olarak da mukavemet; yük altında şekil değiştirme ve sıkışma gibi mühendislik özelliklerinde su içeriğine bağlı olarak meydana gelen değişikliklere, esas olarak daneleri oluşturan minerallerin kristal yapısına, zeminin arazideki çökelme koşullarına ve boşluklardaki zemin suyunun kimyasal özelliklerine bağlıdır. Bu bakımdan doğal zeminlerin kıvamında ve mühendislik özelliklerinde su muhtevasına bağlı olarak gözlenen değişimler büyük farklılıklar gösterebilir. Killerin kıvamının su muhtevasına bağlı olarak katı, plastik ve viskoz sıvı kıvamları arasında değişmesinin nedenlerinin anlaşılabilmesi için daneleri oluşturan minerallerin kristal yapısını ve daneler ile boşluklardaki suyun ve içindeki kimyasal maddelerin çökelme sırasında ve daha sonraki arazi koşullarında karşılıklı etkileşimini incelemek gerekir.

Kıvam limitleri, killi zeminlerin danelerini oluşturan minerallerin ince plakalardan oluşan bir kristal yapısına sahip oldukları anlaşılmıştır. Bu nedenle kil daneleri plakalar şeklindedir. Bu plakaların genişlik, uzunluk ve kalınlık oranları mineral yapılarına bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Plaka şeklindeki kil danelerinin yüzeylerinde negatif elektrik şarjları, kenarlarında ise negatif veya pozitif elektrik şarjları bulunmaktadır. Su molekülleri ise bir ucu negatif, bir ucu pozitif elektrik yüklü çift polariteli bir karaktere sahiptir.

İnce daneli zeminlerin kıvamı ve kıvam limitleri, kil danelerinin yüzeyinde ve su molekülleri ile kimyasal maddelerde birbirinden farklı elektrik yüklerinin mevcut olması sonucu aralarında elektriksel çekim ve itki kuvvetleri ortaya çıkar. Bu kuvvetlerin şiddeti büyük oranda danelerin mineral yapısına bağlıdır. Zemindeki su oranı azaldıkça danelerin birbirine göre hareketi zorlaşır, bunun sonucunda da zemin katılaşır. Su oranı arttıkça danelerin hareketi kolaylaşır ve zemin yumuşar.

Atterberg (Kıvam) Limitleri: Killerin kıvamında su muhtevasına bağlı olarak meydana gelen değişimleri deneysel olarak saptayabilmek için bazı sınır su muhtevası değerleri tanımlamıştır. Kıvam limitleri olarak bilinen bu su muhtevası değerlerini belirlemek için kullanılan deney yöntemleri Atterberg tarafından geliştirilmiştir. Başlıca üç kıvam limiti veya Atterberg limiti tanımı kullanılır. Bu kıvam limitleri aşağıda açıklanmıştır (Şekil 5.12).



Şekil 5.12: Kohezyonlu zeminlerde V-W ilişkisi ve kıvam limitleri

Likit Limit (W_L veya L_L): Zemin malzemesinin akıcı (viskoz sıvı) kıvamdan plastik kıvama geçtiği sınır su muhtevasıdır.

Plastik Limit (W_P veya P_L): Zemin malzemesinin plastik kıvamdan yarı plastik kıvama geçtiği sınır su muhtevasıdır.

Rötre Limiti (W_R, R_L veya S_R): Zemin malzemesinin yarı plastik kıvamdan katı kıvama geçtiği sınır su muhtevasıdır.

$$W_R = \frac{\gamma_w}{\gamma_k} - \frac{\gamma_w}{\gamma_s}$$

Plastisite (Plastiklik) İndisi (I_P veya P_I) $\Rightarrow$ $I_P = W_L - W_P$ bağıntısıyla hesaplanır.

Kıvam İndisi = Relatif Konsistans = I_C = (Likit Limit - Su Muhtevası)/Plastiklik İndisi = $\frac{W_L - W}{I_P}$

bağıntısıyla hesaplanır.

w: Kıvam indisi tanımlanacak zeminin su muhtevası

I_C = l zemin plastik limitte (w = wp), I_C = 0 zemin likit limitte ($W = W_L$)

$I_C > 1$ zemin yarı katı veya katı durumda ($W < W_P$)

$0 < I_C < 1$ zemin plastik durumda ($W_P < W < W_L$)

$IC < 0$ zemin likit durumda ($W > W_L$)

Likitlik İndisi = $I_L = \frac{W_n - W_p}{I_p}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Zemin Aktivite Katsayısı = A = $\frac{I_p}{\text{Kil oranı}}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Zeminin Sensivitesi = $\frac{\text{Örselenmemiş basınç mukavemeti}}{\text{Yoğrulmuş serbest basınç mukavemeti}}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Problem: Bir kohezyonlu zemin numunesi üzerinde yapılan Atterberg (Kıvam) Limitleri deneyinden; W_L = %38, W_P = %13 değerleri elde edilmiştir. Zeminin tabii su muhtevası Wn = %20 olduğuna göre bu zeminin;

a) Plastiklik (plastisite) indisini,

b) Kıvam (konsistans) indisini,

c) Likitlik indisini,

d) Konstistansını (kıvamını) hesaplayınız?

Çözüm:

a) $I_P = W_L - W_P = 38 - 13 = \%25$

b) $I_c = \frac{W_L - W_P}{I_P} = \frac{38 - 20}{25} = 0,28$

c) Likitlik İndisi = $I_L = \frac{W_n - W_P}{I_P} = \frac{20 - 13}{25} = 0,28$

d) Verilen zeminin tabii su muhtevası W_n, likit limit ve plastik limit arasında $13 < 20 < 38$ olduğundan plastik zemindir.

$I_C > 1$ ise zemin çok katı veya sert durumdadır.

$I_C \leq 1$ ise zemin plastik durumdadır.

$I_C \leq 0$ ise zemin likit (sıvı) yumuşak durumundadır.

Problem: Bir kilin etüvde kurutulduktan sonra ağırlığı 11,26 g tartılmıştır. Hacmi, civaya batırılmak suretiyle 5,83 cm^3 bulunmuştur. Dane birim hacim ağırlığı 2,67 g/cm^3 olduğuna göre rötre limiti bulunuz.

Çözüm:

$W_S = 11,26$ g

$V = 5,83\ cm^3$

$\gamma_s = 2,67\ g/cm^3$

$W_R = ?$

$$\gamma_k = \frac{W_{kuru}}{V_{tüm}} = \frac{11,26}{5,83} = 1,93\ t/m^3 \text{ve } W_R = \frac{1}{\gamma_k} = \frac{1}{\gamma_s} \Rightarrow W_R = \frac{1}{1,93} - \frac{1}{2,67} = \%14,3$$

Problem: Killi bir zemin numunesi 40 No.lu elekten geçirilmiş ve su ile karıştırılarak kıvamı kendi ağırlığı altında yayılacak hale getirilmiştir (Yani su muhtevası likit limitten daha fazladır.). Numune ağırlığı W_1= 14,10 g ve hacmi V_1= 20,05 cm^3 olan porselen rötre limiti kabına içine hava girmeyecek şekilde doldurulmuştur. Bundan sonra tartılarak (kap+numune) ağırlığı W_2= 47,80 g elde edilmiştir. Numune çatlamayı önlemek için önce havada sonra etüve konarak 105 °C'de kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra (kap+kuru numune) ağırlığı W_3= 36,30 g tartılmıştır. Kurutulan numunenin hacmi civaya batırılarak V_3= 11,90 cm^3 bulunmuştur. Verilenlere göre rötre limitini hesaplayınız.

Çözüm:

Rötre limiti, kuruma ile kilin hacmindeki küçülmenin oturduğu andaki su muhtevasıdır. Buna göre kuru ağırlık (Wk);

$W_k = W_3 - W_1 = 36{,}30 - 14{,}10 = 22{,}20$ g deneyin bütün safhasında W_k sabit kalır. Deney başından rötre limitine kadar su muhtevasındaki kayıp; $W_1.W_k - W_R.Wk$ olur. Aynı zamanda $(V1 - V2).\gamma_w$'ye eşittir.

Buna göre $W_1 . W_k - W_R . W_k = (V_1 - V_2)\ \gamma_w \Rightarrow W_R = W_1 - \dfrac{(V_1 - V_2)\ .\ \gamma_w}{W_k}$

Değerler yerine konulursa $W_1 - \dfrac{47{,}80 - 36{,}30}{22{,}20}$ ve $W_R = 0{,}518 - \dfrac{20{,}05 - 11{,}90}{22{,}20} \Rightarrow W_R = \%15{,}09$

Problem: Killi bir zemin numunesi 40 No.lu elekten geçirilmiş ve su ile karıştırılarak kıvamı kendi ağırlığı altında yayılacak hâle gelmiştir. Numune ağırlığı $W_1 = 14{,}10$ g ve hacmi $V_1 = 20{,}05$ cm^3 olan porselen rötre limiti kabına içi hava geçiremeyecek şekilde doldurulmuştur. Bundan sonra içine hava girmeyecek şekilde (kap+numune) ağırlığı $W_2 = 47{,}80$ g elde edilmiştir. Numune çatlamaya mani olmak için önce havada sonra etüve konularak kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra (kap+kuru numune) ağırlığı $W_3 = 36{,}30$ g olarak tespit edilmiştir. Kurutulan numunenin hacmi civaya batırılarak $V_2 = 11{,}90$ cm^3 olarak belirlenmiştir. Verilenlere göre rötre limitini hesaplayınız.

Çözüm:

$W_k = W_3 - W_1 = 36{,}30 - 14{,}10 = 22{,}20$ g

$W = \dfrac{W_2 - W_3}{W_k} = \dfrac{47{,}80 - 36{,}30}{22{,}20} \Rightarrow W = \%51{,}80$

$W_R = W - \dfrac{(V_1 - V_2)\ .\ \gamma_W}{W_k} = \dfrac{(20{,}05 - 11{,}90)\ .1}{22{,}20} \Rightarrow W_R = \%14{,}90$ bulunur.

Problem: Bir kil örneği etüvde kurutulduktan sonra ağırlığı 11,26 g tartılmıştır. Kil örneği civaya batırılmak suretiyle 5,83 cm^3 bulunmuştur. Dane birim hacim ağırlığı 2,67 g/cm^3 olduğuna göre rötre limitini bulunuz?

Çözüm:

$W_s = W_k = 11{,}26$ g

$\gamma_s = 2{,}67$ gr/cm^3

$V_{toplam} = 5{,}83$ cm^3

$\gamma_s = \dfrac{W_s}{V_s} \Rightarrow 2{,}67 = \dfrac{11{,}26}{V_s}$ buradan da $V_s = 4{,}22$ cm^3 bulunur.

$V_b = V_{toplam} - V_s = 5{,}83 - 4{,}22 \Rightarrow V_s = 1{,}61$ cm^3 olur.

$e = \dfrac{V_b}{V_s} = \dfrac{1{,}61}{4{,}22} \Rightarrow e = 0{,}382 = \%38{,}2$ olur.

$W_R.\gamma_s = e.\gamma_w \Rightarrow W_R \times 2{,}67 = 0{,}382 \times 1$ olur. Buradan da $W_R = 0{,}143 = \%14{,}3$ bulunur.

Problem: Bir kohezyonlu zemin numunesi üzerinde yapılan Atterberg (kıvam) limitleri deneyi sonucunda W_L = %38 ve W_p = %13 değerleri elde edilmiştir. Zeminin tabii su muhtevası W_n = %29 olduğuna göre;

a) Plastisite indisini,

b) Kıvam (Konsistans) indisini,

c) Likitlik indisini,

d) Konsistansını (kıvamını) hesaplayınız.

Çözüm:

a) Plastisite İndisi = $I_p = W_L - W_p = 38 - 13 \Rightarrow I_p = \%25 = 0,25$ olur.

b) Kıvam (Konsistans) İndisi = $I_C = \frac{V_L - V_n}{I_p} = \frac{38 - 20}{25} \Rightarrow I_C = 0,72 = \%72$ olur.

c) Likitlik Limiti = $I_L = \frac{V_n - V_p}{I_p} = \frac{20 - 13}{25} \Rightarrow I_C = 0,28 = \%28$ olur.

d) Konsistans (Kıvam)

$0 < I_C \leq 1$ olduğundan zemin plastik kıvamdadır.

Bir kil örneği etüvde kurutulduktan sonra ağırlığı 20,25 gr gelmiştir. Kil örneği civaya batırılmak suretiyle 10,92 cm³ bulunmuştur. Dane birim hacim ağırlığı 2,70 gr/cm³ olduğuna göre rötre limitini hesaplayınız.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

5.2 UYGULAMA

12 DERS SAATİ

ZEMİN PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Bu çalışmanın amacı, zemin çeşitleri kapsamında zemin parametrelerinin hesaplanması ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Zemin çeşitleri kapsamında zemin parametrelerinin hesaplanması uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

Organik siltli kil türü bir zemin için γ = 1,76 mg/m^3 (doğal yoğunluk) ve W = %10 (su içeriği) olarak verilmiştir.

İstenenler

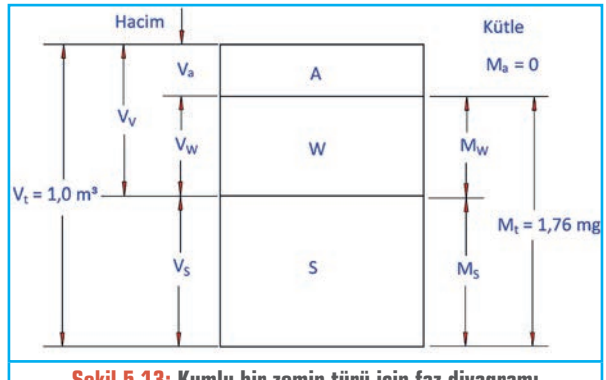
γ_k (kuru yoğunluk), e (boşluk oranı), n (porozite), S veya S_r (doygunluk derecesi) ve γ_d (doygun yoğunluk) değerini hesaplayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda zemin parametrelerinde kullanılacak parametre bağıntılarını ve birimlerini doğru alamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda faz diyagramlarını doğru çizmeye dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Sizlere verilen kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. V_t = 1 m^3 kabul edilerek verilenler faz diyagramında çizilir ve üzerine aktarılır (Şekil 5.13).



Şekil 5.13: Kumlu bir zemin türü için faz diyagramı

- Su içeriği ve doğal yoğunluk tanımlarından M_s ve M_w bulunur.

Hesaplamalarda su içeriğinin ondalık olarak alınmasına dikkat edilmelidir.

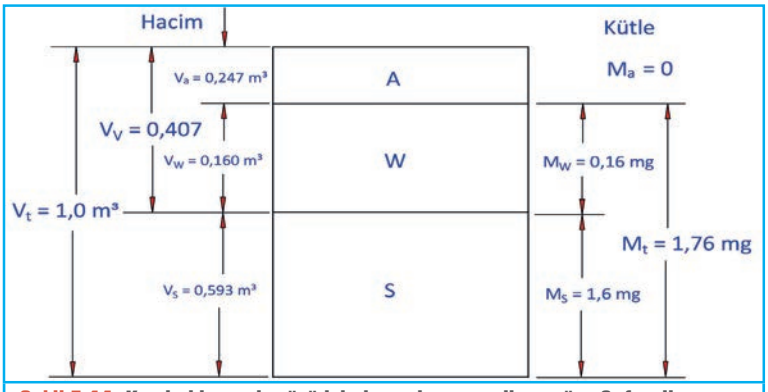
$$W = \frac{M_w}{M_s} \Rightarrow 0,1 = \frac{M_w}{M_s}; \gamma = \frac{M_w}{M_s}; 1,76 = \frac{M_t}{V_t} = \frac{M_w + M_s}{1}$$

$M_w = 0,1\ M_s$ eşitlikteki yerine konulduğunda $1,76 = \frac{0,1M_s + M_s}{1}$ buradan $M_s = 0,16$ mg bulunur.

- Bulunan değerler faz diyagramının (Şekil 5.14) kütle tarafına yerleştirilir ve bulunması gerekli diğer büyüklükler hesaplanarak γ_w'nin tanımından V_w bulunur.

$$V_w = \frac{M_w + M_s}{\gamma_w} = \frac{0,16}{1} \Rightarrow 0,16\ m^3$$

- Bulunan V_w değeri de faz diyagramına aktarılır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14: Kumlu bir zemin türü için hesaplanan verilere göre 2. faz diyagramı

- V_s'yi hesaplamak için katı tanelerin yoğunluğuna (γ_s) dair bir varsayımda bulunulur. $P_s = 2,70$ mg/m^3 kabul edilirse γ_s'nin tanımından V_s doğrudan hesaplanır.

$$V_s = \frac{M_s}{\gamma_s} = \frac{1,60}{2,70} \Rightarrow V_w = 0,593\ m^3$$

- $V_t = V_a + V_w + V_s$ olduğundan ve V_w ile V_s değerleri bilindiğinden V_a hesaplanır.

$V_a = V_t - V_w - V_s = 1,0 - 0,593 - 0,160 = 0,247\ m^3$

- Faz diyagramına tüm değerler işlendikten sonra öncelikle kuru yoğunluk aşağıdaki gibi hesaplanır.

Kuru yoğunluk: $\gamma_k = \frac{M_s}{V_t} = \frac{1,6}{1} \Rightarrow \gamma_k = 1,6$ mg/m^3

- Zeminin boşluk oranı aşağıdaki gibi hesaplanır.

Boşluk oranı: $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_a + V_w}{V_t} \Rightarrow e = \frac{0,247 + 0,160}{0,593} = 0,686 = \%68,6$ olur.

- Zeminin porozitesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

Porozite: $n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_a + V_w}{V_t} \Rightarrow n = \frac{0,247 + 0,160}{1} = 0,407 = \%40,7$ olur.

- Zeminin doygunluk derecesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

Doygunluk derecesi: $S = S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{V_a + V_w}{V_a + V_w} \Rightarrow S_r = \frac{0,160}{0,247 + 0,16} = 0,393 = \%39,3$ olur.

- Zeminin doygun yoğunluğu (doygun birim hacim ağırlığı) aşağıdaki gibi hesaplanır.

Doygun yoğunluk (γ_d) tüm boşlukların suyla dolu olduğu yani S = %100 olduğu durumdaki yoğunluktur. Bu nedenle V_a hacmi suyla dolarsa kütlesi 0,247 m^3 x 1 mg/m^3 = 0,247 mg olur. Bu durumda doygun yoğunluk aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\gamma_d = \frac{M_w + M_s}{V_t} = \frac{(0,247 + 0,16 + 1,6)}{1} = 2,01\ mg/m^3$$

- Zemin çeşitleri kapsamında hesaplanan zemin parametrelerinin kontrolü yapılır ve varsa hatalar düzeltilir.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	V_t = 1 m^3 kabul ederek verilenleri faz diyagramını çizerek üzerine aktardınız mı?		
2	Su içeriği ve doğal yoğunluk tanımlarından M_s ve M_w kütle değerlerini hesapladınız mı?		
3	Bulunan değerleri faz diyagramının kütle tarafına yerleştirip yeniden faz diyagramını çizerek bulunması gereken diğer büyüklükleri hesapladıktan sonra γ_w'nin tanımından Vw değerini hesapladınız mı?		
4	Bulunan Vw değerini çizdiğiniz faz diyagramına aktardınız mı?		
5	V_s'yi hesaplamak için katı tanelerin yoğunluğuna (γ_s) dair bir varsayım ile γ_s= 2,70 mg/m^3 kabul ederek ρ_s'nin tanımından V_s değerini doğrudan hesapladınız mı?		
6	$V_t = V_a + V_w + V_s$ bağıntısı ve V_w ile V_s değerlerine göre V_a değerini hesapladınız mı?		
7	Faz diyagramına tüm değerleri işleyip daha sonra öncelikle kuru doygun yoğunluğunu hesapladınız mı?		
8	Zeminin boşluk oranını hesapladınız mı?		
9	Zeminin porozitesini hesapladınız mı?		
10	Zeminin doygunluk derecesini hesapladınız mı?		
11	Zeminin doygun yoğunluğunu hesapladınız mı?		
12	Zemin çeşitleri kapsamında hesaplanan zemin parametrelerinin kontrolünü yapıp varsa hataları düzelttiniz mi?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

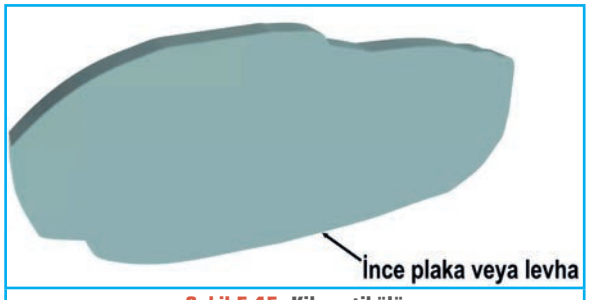
- Yaşadığınız bölgenin zemin türlerini araştırınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.3. ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ

Zeminlerin parçalanıp ufalanmaları, taşınmaları ve çökelmeleri iç ve dış etkilerin şiddetine bağlıdır. Bu şiddet, jeolojik zamanlarda (ilkel zaman: Prekambriyen ve dört jeolojik zaman: Paleozoik, Mesozoik, Tersiyer, Kuvaterner) farklılıklar göstermiştir. Bu farklılıklar sonucunda zeminlerin tabakalı anzitrop ve heterojen yapıda olmalarını sağlamıştır.

5.3.1. Zemin Türleri ve Yapısal Özellikleri

Zeminlerde; tür, yapı, kıvam, tane dağılımı, renk, mineral vb. yönden meydana gelen tabakalaşma tortul zeminlerde görülür. Zemin taneciklerinin şekil ve büyüklüklerine göre çeşitli hâllerde zamanla tek tek üzerine çökerek meydana getirdiği yapıya **zemin strüktürü** denir. Terzaghi, rastlanan zemin strüktürleri; ayrık taneli yapı, toprak yapı, petek yapı ve süngersi yapı şeklinde gruplandırılmıştır. Zeminler büyüklüklerine göre en küçük çaplıdan en büyük çaplıya kadar kil, silt, kum ve çakıl olmak üzere dört ayrı grupta ele alınabilir. Bu gruplamada en küçük çaplı olan killer kimyasal ayrışma ile oluşur. Su ile beraber bulunduğunda çok dikkat edilmesi gereken zemindir. Kilde dane çapları küçüldükçe plastikleşir. Karışımda silt oranı arttıkça topak halden ayrık hale dönüşür. Killer ıslak olduklarında deformasyon mukavemetleri düşüktür ve kuruyunca sertleşir. Killer, pratik olarak geçirimsiz olduklarından, sıkıştırılmaları zor ve drene edilmeleri çok güç zeminlerdir. Kolloid killer, su içinde çökelmeyerek askıda kalan zeminlerdir. Elektrik yüklü danelerinin sürekli birbirlerini itmelerinden dolayı sürekli hareket halindedir (Şekil 5.15).

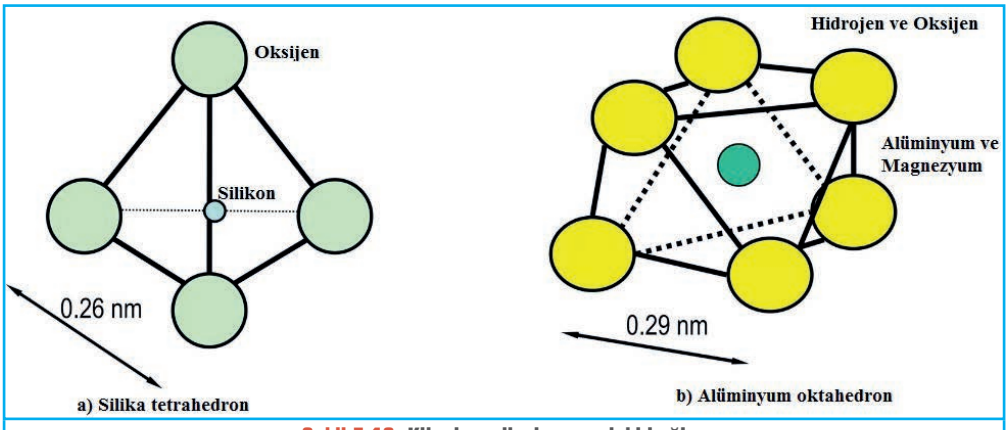


Şekil 5.15: Kil partikülü

Siltler, ince kum danelerine benzemekle birlikte, mekanik aşınmadan daha çok kimyasal ayrışma sonucu oluşur. Su ile temasları halinde kesmeye karşı mukavemeti azalır. Su ile doygun hale geldiğinde akıcı hal alır. Siltler; oldukça geçirimsiz, sıkıştırılması güç, deformasyon sırasında hacim değiştiren ve dondan etkilenen zeminlerdir. Kumlar, su ve atmosfer koşullarıyla az veya çok yuvarlak şekil almış kuvartz, granit, bazalt ve kalker gibi mineral bileşenlerden oluşan küçük parçalardır. Çakıllar ise su ve atmosfer koşullarıyla az veya çok yuvarlak şekil almış kaya parçalarıdır. Çakıllar ile aynı minerallerden oluşur. Çakıllarında bileşenleri kuvartz, granit, şist, bazalt ve kalker gibi minerallerdir.

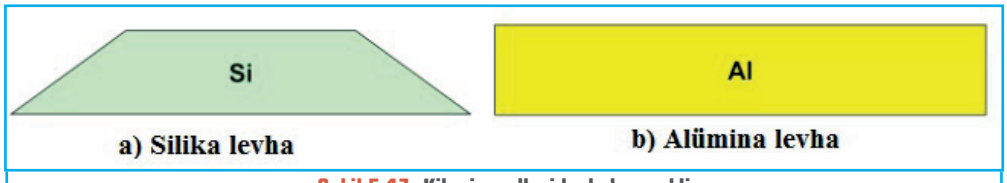
Dünya'nın yerkabuğunu oluşturan (Litosfer) kayaçların ana yapısından zeminler meydana gelmiştir. Doğa olayları sonucunda gerçekleşen parçalanma ve ufalanmalar 0,0001-0,002 mm boyutuna kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Dört jeolojik dönemden sonraki ufalanmalar ise kimyasal olarak devam eder ve fiziki parçalanmadan daha fazla etkilidir.

Fiziki parçalanma sonucu tanelerin kristal yapısı bozulmamaktadır. Kimyasal etki sonucunda 0.001-0.002 mm boyuttan küçük kayacın en küçük boyuttaki zeminin kil ve kil kolloididir. Oluşan kil minerallerinin bileşimi kısmen orjin kayanın bileşiğine bağlı olarak ancak kristal yapısı değişikliğe uğramış hâldedir. Kil mineralleri; karmaşık, alüminyum, magnezyum ve demir silikatlarıdır. Boyutları oldukça küçük olup (< 0.002 mm) ince levhamsı şekilleri nedeniyle oldukça büyük yüzey alanına sahiptir. Bu yüzeyler genellikle (-) elektrik yük taşır. Bundan dolayı mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynar. Birçok kil mineralinin temel yapı ünitelerinde bir silika tedra-hedron ve bir alümina oktahedron bulunur (Şekil 5.16).



Şekil 5.16: Kil mineralleri arasındaki bağlar

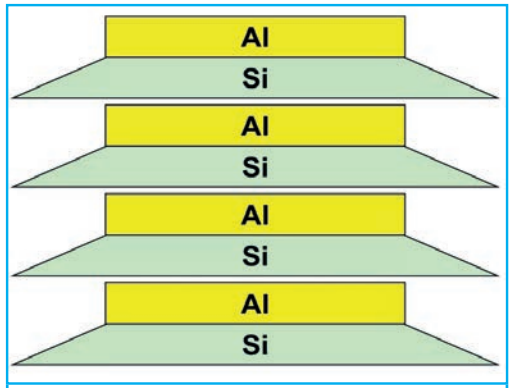
Temel üniteler, aşağıda yapıların sembolik olarak ifade edilen levhaları oluşturmak için bir araya gelir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17: Kil mineralleri levhaları şekli

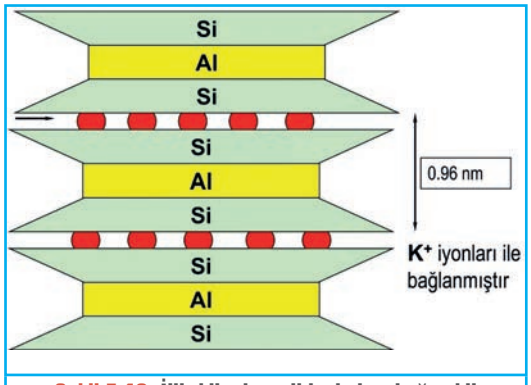
Kil mineralleri, bu levhaların farklı şekillerde çeşitli bağlayıcılar ile oluşturduğu kombinasyonlardır. Kil minerallerinin başlıcaları aşağıda açıklanmıştır.

Kaolinit: Yapısında bir silika tetra hedron ile bir alümina okta hedron bulundurur. Silika-alümina levha kombinasyonu aralarında bulunan güçlü bir hidrojen bağı ile bir arada tutulur. Hidrojen bağı nispeten kararlı bir kafes sistem oluşturur. Bu nedenle suyun penetrasyonu kolay olmaz ve kaolinit düşük su adsorbsiyonunu sergiler. Su muhtevası değişiminde de şişme rötreye karşı düşük hassaslıktadır (Şekil 5.18).



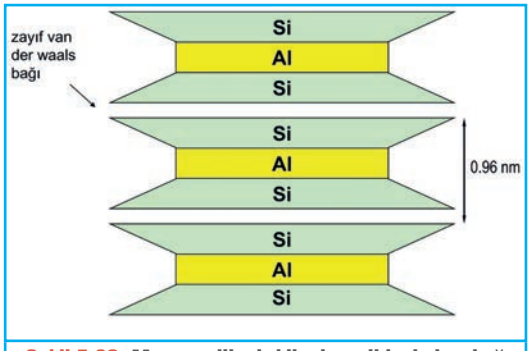
Şekil 5.18: Kaolinit kil minerali levhaları bağ şekli

İllit: İki silika tetra hedron levha arasında bir alümine okta hedron levha bulunan mineraldir. Birleşik levhalar birbirlerine potasyum iyonlarının neden olduğu zayıf bir bağ ile tutunur. Bu nedenle kaolinite nazaran su emmeye karşı oldukça eğilimlidir. Dolayısıyla şişme ve rötreye karşı hassastır (Şekil 5.19).



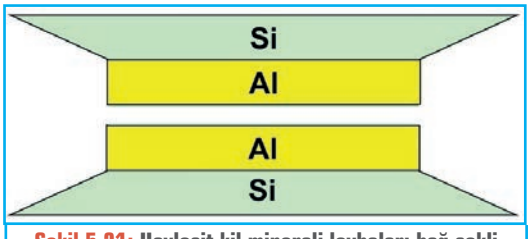
Şekil 5.19: İllit kil minerali levhaları bağ şekli

Montmorillonit: İllite benzer yapıya sahip olup birleşik levhalar arasındaki boşluk suyu molekülleri ve potasyum dışında yer değiştirebilir. Katyonlarla kaplıdır. Bu nedenle levhalar arası zayıf bir bağ vardır. Montmorillonitlerin önemli derecede şişme yapması levhalar arasında adsorbe edilen sudan kaynaklanır (Şekil 5.20).



Şekil 5.20: Montmorillonit kil minerali levhaları bağ şekli

Havlosit: Kaolinite benzer bir yapıya sahip birleşik levhalar arasında su bulunur. Bu su havlositin tüp şeklinde oluşmasına neden olur. Ayrıca havlositler oldukça düşük birim hacim ağırlığa sahiptir (Şekil 5.21).



Şekil 5.21: Havlosit kil minerali levhaları bağ şekli

Kil Minerallerinin Önemli Özellikleri

Mühendislik açısından kil minerallerinin en önemli özelliği levhamsı şekilde olmasıdır. Buna ek olarak dane boyutunun çok küçük olması ve yüzeyinde negatif elektrik yükü taşımasıdır. Bu açıdan killerin göz önünde bulundurulması gereken özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

1. Yüzey Alanı: Zemin parçacığı ne kadar küçük ve yassı (levhamsı) olursa yüzey alanı o kadar büyük olur. Yüzey alanının gram kütleye oranı özgül yüzey kavramını verir. Bazen yüzey alanının hacme bölünmesiyle de elde edilir.

Tablo 5.9'da birim küp elemanı göz önüne alındığında toplam yüzey alanı görülür.

Tablo 5.9: Birim Küp Elemanının Toplam Yüzey Alanı

Küpün kenar uzunluğu (cm)	Dane sayısı	Toplam hacim (cm^3)	Toplam yüzey alanı (cm^2)	Spesifik yüzey (dm/g)
1	1	1	6	6
$1\mu = 10^{-4}$	10^{12}	1	60000	60000
$1\mu = 10^{-7}$	10^{21}	1	60000000	60000000

Aşağıdaki Tablo 5.10'da ise bilinen kil minerallerinin spesifik değerler verilmiştir.

Tablo 5.10: Kil Minerallerinin Spesifik Değerleri

Dane adı	Spesifik Yüzey (cm^2/g)	Dane boyu
0,1 mm kum	300	
Kaolinit	100000-200000	0,3-3
İllit	8000000-1000000	0,1-2
Montmorillonit	8000000	0,1-1
Havlosit	40000	0,07-0,5

Tablo 5.10'da görüldüğü gibi montmorillonitler oldukça büyük özgül yüzeye sahiptir. Örneğin 12 g'lık bir montmorillonit bir futbol sahasını örtülebilecek alana sahiptir.

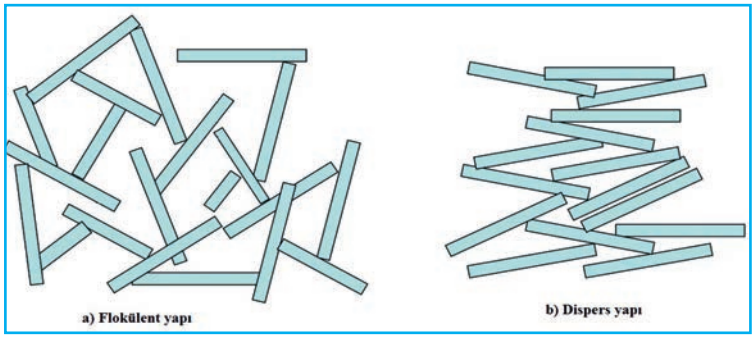
2. Yüzey Yükü ve Adsorbsiyon: Her kil taneciği yüzeyinde elektrik yükü taşır ve elektriksel nötralizeyi sağlamak için bu yüzeylere iyonlar cezbedebilir. Bu iyonlar sırasıyla su moleküllerini çeker ve tane yüzeyine tutunur. Kil yüzeyine yakın oluşan bu tabakaya **adsorbsiyon** denir. Normal su tabakası özelliklerinden oldukça farklıdır. Viskozite, yoğunluk ve kaynama noktası yüksektir. Bir kil numunesinin su muhtevası belirlenirken 105 °C de kurutulması gereklidir.

3. Yük Alışveriş Kapasitesi: Kil mineralleri tarafından taşınan toplam negatif yük farklı yollarla nötr hâle gelir. Bu nötürleşmede kısmen iç katyonlar, kısmen iç katyonlar, kısmen adsorbe suda bulunan hidrojen bağları ve katyonlar rol oynar. Negatif yüzey yükü içsel olarak ortaya çıkar. Belirli katyonların varlığı adsorbe tabakanın kalınlığını arttırılabilir veya azaltılabilir.

4. Rötre ve Şişme: Su moleküllerinin adsorbe tabaka içine ve/veya dışına hareketiyle oluşan sabit çevre basıncı ve sıcaklık şartları altında daneler arası ve adsorbe tabaka kuvvetleri bir dengeye varır. Bu denge anındaki su muhtevası "denge su muhtevası" olarak adlandırılır. Çevre şartlarındaki herhangi bir değişim su muhtevasında da değişikliklere neden olur. Eğer bünyeye su alınırsa hacimsel büyüme söz konusu olur. Dolayısıyla bir şişme basıncı oluşur. Eğer adsorbe tabaka sıkıştırılır ya da evaporasyon (buharlaşma) sonucu emme oluşursa su muhtevası azalacağından rötre meydana gelir. Rötre, büzülme yüzünden aşağıya doğru olan çatlaklardan anlaşılır.

5. Plastisite ve Kohezyon: Killerin en önemli özelliği, sıkıştırıldığında ve yoğrulduğunda şekil alabilmesi ve şeklini koruyabilmesidir. Kilin büyüklüğü mineral parçacıkların yapısı kilin plastisite yapısında önemli rol oynar. Örneğin yüzeyi fazla olan bir kil yüksek plastiklik değerine sahip olup oldukça iyi sıkışabilen malzemedir. Montmorillonit bu tür bir malzemedir. Su muhtevası değişebilir (kilin plastik kıvamı). Düşük su muhtevalarında kil daneleri birbirlerine oldukça güçlü bir çekim kuvveti uygular. Bu bağlayıcı etkiye **kohezyon** denir. Su muhtevası arttıkça çekme kuvveti azalır. Dolayısıyla kohezyon azalır.

6. Topraklaşma ve Dağılma: Birbirine yakın iki tane arasındaki kuvvetler, çekme ve itme kuvveti olmak üzere iki şekilde ifade edilir. Çekme ve itme kuvvetleri danelerin diziliş şeklini etkiler. Daneler arası çekim kuvveti Vander Walls kuvveti veya 2. bağ kuvveti olarak bilinir. Danelerin yakınlaşması ile bu kuvvetler artar. Burada adsorbe tabaka rol oynar. Eğer adsorbe tabaka burada ince ise Vander Walls kuvvetleri hâkimdir. Bu durumda daneler kenarlarıyla temas halinde topaklaşma (dispers) oluşturur. Adsorbe tabakasının ve dane yüzeyinin elektriksel yüklü yapısından meydana gelen kuvvetler itme kuvvetleridir. Adsorbe tabaka kalın ise itme kuvvetleri büyüktür. Bu durumda daneler dağılmış haldedir. Genel olarak topraklaşmış (flokülent) zemin elemanı, aynı boşluk oranına sahip dağılmış yapılı zemin elemanından daha yüksek mukavemete sahiptir. Bunun yanında düşük sıkışabilirlik ve yüksek permeabilite değerleri görülür (Şekil 5.22).



Şekil 5.22: Flokülent ve dispers yapı

5.3.2. Zeminlerin Endeks Özellikleri

Zeminlerin endeks özelliklerini daha iyi tanımlayabilmek için kullanılan bazı basit fiziksel ve kimyasal özelliklerdir. Zeminlerin dane özellikleri; dane biçimi, dane çapı, dane çapı dağılımı, mineralojik özellikleridir. Zeminlerin kütle özellikleri; zemini oluşturan katı, sıvı ve gaz kısımların birbirine göre hacim veya ağırlık oranları ile zeminin dokusu, zemin kıvamı ve zeminin iç yapısına ait özelliklerdir. Zeminlerin belirli standart sistemlere göre sınıflandırılmasını sağlayan ve mühendislik özellikleri hakkında bazı önemli ipuçları veren bu özellikler **endeks özellikleri** olarak adlandırılır. Endeks özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Süreklilik (Eğrilik) Katsayısı (C_C)
- Üniformluk Katsayısı (C_U)
- Ağırlıkça %10'dan Daha İnce Çap (D_{10})
- Ağırlıkça %30'dan Daha İnce Çap (D_{30})
- Ağırlıkça %60'dan Daha İnce Çap (D_{60})
- Plastik Limit (P_L, W_P)
- Likit Limit (L_L, W_L)
- Rötre Limit (W_S, W_R)
- Plastisite İndisi (I_P, P_I)
- Kıvam İndisi (I_C)
- Likitlik İndisi (I_L)
- Su Muhtevası (W)
- Boşluk Oranı (e)
- Porozite (n)
- Havanın Hacmi (V_A)
- Katı Partikül Hacmi (V_S)
- Havanın Hacmi (V_A, V_h)
- Toplam Hacim (V_t)
- Boşluk Hacmi (V_b, V_s)
- Toplam Kütle (M_{toplam})
- Katı Partikül Kütlesi (M_S)
- Suyun Kütlesi (M_W)
- Katı Partikül Yoğunluğu (γ_s)
- Toplam veya Islak Yoğunluk (γ)
- Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)
- Batık Birim Hacim Ağırlık (γ')
- Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)
- Rölatif Sıkılık (D_r)
- Doygunluk Derecesi (S, S_r)
- Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)
- Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ')

Yaş Birim Hacim Ağırlık (Yaş Yoğunluk) (γ_n): Zeminin yaş kütlesinin tüm hacmine oranı olarak tanımlanır. Doğal zeminler için doğal yoğunluk adını alır.

Kuru Birim hacim Ağırlık (γ_k): Yaş veya kuru zemindeki kuru kütlenin (tane kütlesinin, Mtane veya Mkuru) toplam hacme (Vtoplam) oranı olarak tanımlanır.

Doygun Birim hacim Ağırlık (γ_d): Suya tam doygun zeminlerde toplam kütlenin toplam hacme oranı olarak tanımlanır.

Tane Birim hacim Ağırlık (γ_s): Tane kısmının (boşluksuz) yoğunluğu olarak tanımlanır ve tane kütlesinin tanelerin toplam (boşluksuz) hacmine oranı olarak tanımlanır.

Özgül Birim hacim Ağırlık (G_s): Tane yoğunluğunun suyun yoğunluğuna oranı olarak tanımlanır.

Boşluk Oranı (e): Boşluklu bir yapıya sahip olan zeminde boşlukluluk durumunu ifade eder. Boşluk hacminin tane hacmine oranı olarak tanımlanır.

Porozite (n): Zeminin boşlukluluk durumunu yansıtır ve boşluk hacminin toplam hacme oranı olarak tanımlanır.

Su Muhtevası (W): Yaş zeminin taneler arası boşluklarında içerdiği su durumunu ifade eder. Su kütlesinin kuru kütleye oranı olarak tanımlanır.

Doygunluk Derecesi (S_r): Zemindeki boşlukların hangi oranda su ile dolu olduğunu ifade eder. Su hacminin boşluk hacmine oranı olarak tanımlanır.

Rölatif Sıkılık (D_r): İri daneli zeminlerin sıkılık derecesini ifade eden kavram rölatif sıkılıktır. Zeminin tabii haldeki (arazideki) sıkılık derecesinin aynı zeminin danelerinin en gevşek ve en sıkı yerleşim konumlarına karşılık gelen sıkılık dereceleri ile karşılaştırılması rölatif sıkılığı verir. En gevşek ve en sıkı yerleşimdeki boşluk oranları (veya kuru yoğunlukları), laboratuvarda basit deneysel yöntemlerle saptanabilmektedir. İri daneli zeminlerin sıkılık derecesini tanımlamak için kullanılan terimler ve bunlara karşılık gelen rölatif sıkılık dereceleri Tablo 5.11'de gösterilmiştir.

Tablo 5.11: Rölatif Sıkılık (Dr) Oranları ve Sıkılık Durumu Adı

Rölatif Sıkılık (D_r), %	**Sıkılık Durumu Adı**	
0-15	Çok gevşek	Gevşek
15-35	Gevşek	
35-65	Orta sıkı	Orta
65-85	Sıkı	Sıkı
85-100	Çok sıkı	

$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$ bağıntısıyla hesaplanır.

Problem: Tabii birim hacim ağırlığı 150 t/m^3 ve dane birim hacim ağırlığı 2,65 t/m^3 olan bir kumun relatif sıkı derecesini bulmak için aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

Kumun en gevşek hâldeki boşluk oranını bulmak için kum hacmi 940 cm^3 olan bir silindire huniden aktarılarak doldurulmuştur. Silindire doldurulan kumun ağırlığı 1316 g bulunmuştur. Aynı kum zemin silindire sarsılarak ve sıkıştırılarak doldurulduğunda zeminin ağırlığı 1551 g olmuştur. Kumun relatif sıkılık derecesini hesaplayınız ve zeminin rölatif sıkılık durumunu belirleyiniz?

Çözüm:

Kum zeminin en gevşek hâldeki birim hacim ağırlığı $\gamma_{min} = \frac{W}{V} = \frac{1316}{940} \Rightarrow \gamma_{min} = 1,40\ t/m^3$

En sıkı haldeki birim hacim ağırlığı $\gamma_{max} = \frac{W}{V} = \frac{1551}{940} = 1,65\ t/m^3$

e_{max} zeminin en gevşek durumunda ve zeminin en sıkı durumunda kabul edilen boşluk oranlarıdır.

$\gamma_{kmin} = \frac{\gamma_s}{1 + e_{max}} \Rightarrow \gamma_{kmin} = \frac{2,65}{1 + e_{max}} = 1,40 \Rightarrow e_{max} = 0,892$ bulunur.

$\gamma_{kmax} = \frac{\gamma_s}{1 + e_{min}} \Rightarrow \gamma_{kmin} = \frac{2,65}{1 + e_{min}} = 1,40 \Rightarrow e_{min} = 0,606$ bulunur.

Tabii haldeki zeminin $\gamma_k = \frac{\gamma_s}{1 + e} \Rightarrow \frac{2,65}{1 + e} = 1,50 \Rightarrow e = 0,766$

Bulunan değerler yerine konulursa;

$D_r = \frac{0,862 - 0,766}{0,892 - 0,606} \Rightarrow D_r = 0,44$ olur. Tablo 5.13'ten zeminin rölatif sıkılık durumu D_r = 0,44 yani 0-15 arasında olduğundan zemin çok gevşek zemindir.

Problem: Bir zemin numunesinin hacmi 185 cm^3, ağırlığı 354 g, su muhtevası %25,7 olup dane birim hacim ağırlığı 2,70 g/cm^{3}tür. Buna göre zemin numunesinin ihtiva ettiği su ağırlığını, dane ağırlığını, su hacmini, dane hacmini, boşluk hacmini, hava hacmini ve doygunluk derecesini bulunuz.

Çözüm:

Kuru ağırlık: $W_k = \frac{W_n}{1 + W} = \frac{354}{1 + 0,257} = 281,5$ g bulunur.

Dane ağırlığı: $W_s = W_k$ olduğundan $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \Rightarrow W_s = \frac{281,5}{2,70} = 104,25\ cm^3$ bulunur.

Boşluk hacmi: $V_b = V - V_s = 185\text{-}104,25 \Rightarrow V_b = 80,75\ cm^3$ bulunur.

Su ağırlığı: $W = \frac{W_w}{V_{kuru}} \Rightarrow W_w = 0,257x281,5 \Rightarrow W_w = 72,34$ g bulunur.

Hava hacmi: $V_h = V_b - V_W = 80,75\text{-}72,34 \Rightarrow V_h = 8,41\ cm^3$ bulunur.

Doygunluk derecesi: $S_r = \frac{V_w}{V_b} = \frac{72,34}{80,75} \Rightarrow S_r = 0,89 = \%89$ bulunur.

Boşluk oranı: $e = \frac{V_b}{V_s} = \frac{80,75}{104,25} \Rightarrow e = 0,775 = \%77,5$ bulunur.

Porozite: $n = \frac{V_b}{V_n} = \frac{80,75}{185} \Rightarrow n = 0,436 = \%43,6$ bulunur.

Problem: Ağırlığı 475 g olan bir numune parafinle sıvanmıştır (parafin+numune) ve ağırlığı 485 g bulunmuştur. Parafinle sıvalı zemin numunesinin hacmi, numunenin suya batırılması suretiyle 310 cm^3 olarak tespit edilmiştir. Numunenin su muhtevası W = %5, γ_s = 2,60 g/cm^3 ve Parafinin γ = 0,90 g/cm^3 olduğuna göre boşluk oranını hesaplayınız.

Çözüm:

Parafinin ağırlığı = 485 - 475 = 10 g

Parafinin hacmi = 10/0,9 = 11,1 cm^3

Zeminin toplam hacmi = 310 - 11,11 = 298,9 cm^3

Buradan; $V_{kuru} = \frac{W}{1+W} = \frac{475}{1+0,05} = 452\ g$

$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \Rightarrow V_s = \frac{452}{2,60} \Rightarrow V_s = 174\ g$

Boşluk hacmi = V_b = 298,9 - 174 $\Rightarrow$ V_b = 124,9 cm^3

Boşluk oranı = $e = \frac{124,9}{174} \Rightarrow e = 0,718$ buradan da e = %71,8 bulunur.

Problem: Su muhtevası 0,07 olan 2,5 ton ağırlığındaki bir miktar yaş zeminin su muhtevasını 0,18'e çıkarmak için zemine ne kadar su ilave edilmelidir.

Çözüm:

$W_1 = \frac{W_{yaş} - W_k}{W_k}$ bağıntısından $0,07 = \frac{2,5 - W_k}{W_k} \Rightarrow W_k = 2,34$ ton

$W_2 = \frac{(W_{yaş} + W) - W_k}{W_k}$ bağıntısından $0,18 = \frac{(2,5 + W) - 2,34}{2,34}$ bağıntısından

0,4214 = W + 0,16 $\Rightarrow$ W = 0,26 ton su ilave edilmelidir.

Problem: Bir zeminin porozitesi 0,40 ve tane birim hacim ağırlığı 2,70 g/cm^3 ise bu zemine ait;

a) Kuru birim hacim ağırlığını,

b) Doygunluk yüzdesi %50 olursa doğal birim hacim ağırlığını,

c) Suya tam doygun olursa doygun birim hacim ağırlığını hesaplayınız.

Çözüm:

a) $e = \frac{V_b}{V_s} = \frac{n}{1-n}$ bağıntılarından $e = \frac{0,40}{1-0,40} \Rightarrow e = 0,67 = \%67$ olur.

b) $\gamma_k = \frac{W_{kuru}}{V_{toplam}} = \frac{\gamma_s(1-n)}{1} = 2,70(1-0,40) \Rightarrow \gamma_k = 1,62\ g/cm^3$ bulunur.

$S_r = \frac{W_{su}}{V_b} = \frac{\gamma_s(1-n)W}{1} \Rightarrow \frac{2,70(1-0,40)W}{0,40} = 0,50$ buradan da W = 0,12 = %12 bulunur.

$\gamma_n = \frac{W_{toplam}}{V_{toplam}} = \frac{\gamma_s(1-n)(1+W)}{1} \Rightarrow \gamma_n = \frac{2,70(1-0,40)(1+0,12)}{1}$ ve buradan da γ_n = 1,82 g/cm^3 olur.

d) $\gamma_d = \frac{W_{doygun}}{V_{toplam}} = \frac{\gamma_s (1 - n) + n}{1} \Rightarrow \gamma_d = \frac{2,70 (1 - 0,40) + 0,40}{1}$ ve buradan da $\gamma_d = 2,02$ g/cm^3 olur.

5.3.2.1. Zemin Sınıflandırma Sistemleri

Zemin sınıflandırma sistemleri; tane çaplarına göre sınıflandırma, üçgen sınıflandırma, AASHO sınıflandırma ve birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi (UCS) olarak sayılabilir.

Tane Çaplarına Göre Sınıflandırma Sistemi: Belirli çaplar arasında kalan zemin gruplarına belirli adlar verilir. Tane çapına göre zeminleri gruplandıran başka sistemler de bulunmaktadır. Tane çapına göre sınıflandırmada zeminin tane çapı dağılım eğrisi doğrultusunda her bir grubun zemin içindeki ağırlıkça yüzdesi (%) bulunur. Bunlar içinde grup veya gruplar büyükse zemin bunlara göre sınıflandırılır (Tablo 5.12).

Tablo 5.12: Dane Boyutuna Göre Ayırım, Bazı Metrik Elekler ve ASTM Karşılıkları

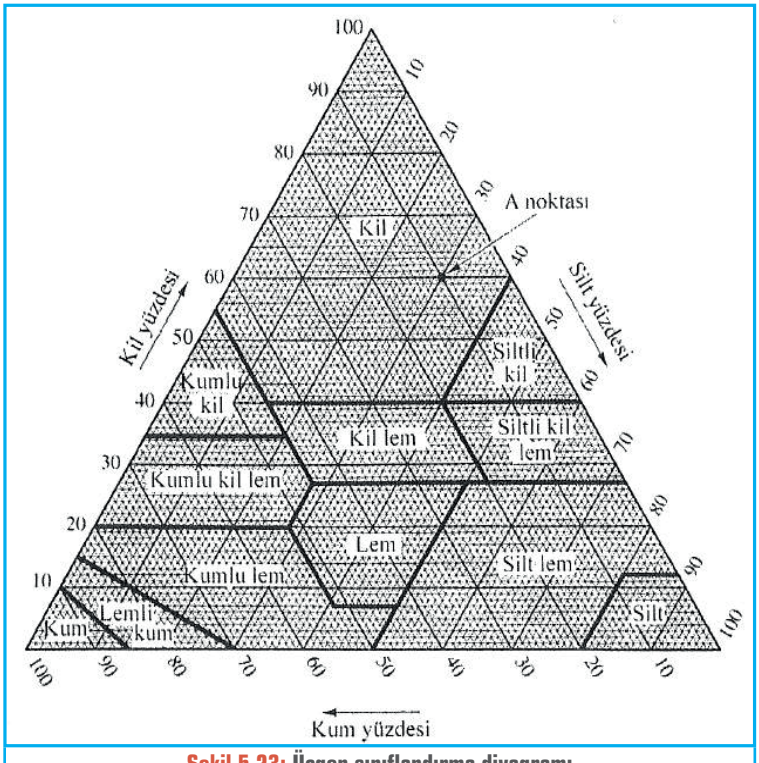
Dane Boyutuna Göre Ayırım (TS1500/2000)			
İsim	**Sembol**	**Boyut**	**Elek No**
Çakıl	G	60 - 2.0 mm	No. 10
Kum	S	2.0 - 0.076 mm	No. 200
Silt	M	0.076 - 0.002 mm	Çöktürme Analizi
Kil	C	< 2 µm	

Bazı Metrik Elekler ve ASTM Karşılıkları					
Elek No	No. 4	No. 10	No. 40	No. 100	No. 200
Metrik (mm)	4.65	2.00	0.425	0.147	0.074

Problem: Bir zeminden alınan numunedeki bileşenlere ait oranlar; %45 çakıl, %15 silt, %30 kil ve %10 kum olarak belirlenmiştir. Zeminin zemin sınıfı adlandırmasını yapınız.

Çözüm: Zemin bileşenlerine ait yüzde oranları büyükten küçüğe, **çakıllı killi siltli kum** şeklinde zemin sınıfı adlandırılır.

Üçgen Sınıflandırma Sistemi: Üçgen sınıflandırma sisteminde zeminin kum, silt ve kil yüzdeleri değerlendirmeye alınır. Zeminin granülometri eğrisinden kum, silt ve kil bileşenin yüzdeleri (%) belirlenir. Çakıl yüzdesi çıkarılarak bu üç bileşenin % oranları toplamı 100 olacak şekilde düzeltilmiş yüzde hesabı yapılır. Daha sonra Şekil 5.23'te görüldüğü gibi üçgen diyagram üzerinde bu yüzdeler belirlenir ve anahtar yönler kullanılarak diyagramda düştüğü bölge zeminin sınıfını verir (Şekil 5.23).



Şekil 5.23: Üçgen sınıflandırma diyagramı

Problem: Bir zemin granülometri eğrisinden çakıl %18, kum %20, silt %54 ve kil %8 olarak bulunmuştur. Üçgen sınıflandırma diyagramına göre zeminin sınıfını bulunuz (Şekil 5.23).

Çözüm:

1. Çakıl yüzdesi çıkarılır. 100-18 = %82

2. Kum %20 $\Rightarrow \left(\frac{100}{100 - 18}\right) x20 = \%24,4$

   Silt %54 $\Rightarrow \left(\frac{100}{100 - 18}\right) x54 = \%65,8$

   Kil %8 $\Rightarrow \left(\frac{100}{100 - 18}\right) x8 = \%9,8$

Oranlar üçgen sınıflandırma diyagramı olarak verilen Şekil 5.23'te kesiştirildiğinde **çakıllı siltli lem** zemin sınıfında olduğu görülür.

AASHO Sınıflandırma Sistemi: AASHO sistemi yol ve hava alanlarının temellerine yöneliktir. Zemine ait bazı bilgiler yanında Grup İndisi (GI) olarak tanımlanan değerde kullanılır.

Grup İndisi (GI) = 0,20 + 0,005.a.c + 0,01.b.d bağıntısı ile hesaplanır. Bağıntıda;

a: 200 No.lu eleğe ait %P'lerin (geçen) 35-75 arasında kalan kısmıdır. Bu değer tamsayı olarak alınır.

b: 200 No.lu eleğe ait geçen yüzdelerin 15-55 arasında kalan kısmıdır.

c: Likit limit değerinin 40-60 arasında kalan kısmıdır. Bu değer tamsayı olarak alınır.

d: Plastisite indisinin 10-30 arasında kalan kısmıdır. Bu değer tamsayı olarak alınır.

Zeminin granülometri eğrisinden elde edilen No: 10, No: 40, No: 50 ve No: 200 eleklere ait yüzde oranları, plastisite indisi ve grup indisi hesap değeri kullanılarak, soldan sağa doğru eliminasyon (eleme) yapılarak bütün şartları sağlayan özelliğin belirlendiği sınıflandırma esasına dayanır (Tablo 5.13).

Tablo 5.13: AASHTO Sınıflandırma Sistemi

GENEL SINIFLANDIRMA		Daneli Zeminler (%35 veya daha az No. 200' den geçen)							Silt-Kil Malzemeler (%35 veya daha fazla No. 200' den geçen)				
GRUP SINIFLANDIRMASI		A-1		A-3[1]	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ELEK ANALİZİ Yüzde Geçen	No: 10	50 Max	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	No: 40	30 Max	50 Max	51 Min	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	No: 200	15 Max	25 Max	10 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35 Max	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min
No 40 Altına Geçen Kısmın Özellilleri	Likit Limit (w_L)	---	---	---	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	41 Min
	Plastisite İndisi (IP)	6 Max	6 Max	NP	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min IP≤(wL-30)	11 Min IP> (wL-30)
Grup İndisi (G.I.)		0	0	0	0	0	4 Max	4 Max	8 Max	12 Max	16 Max	20 Max	20 Max
Ana Malzemenin Ekseriya Görünüm Tipleri		Taş Parçaları Çakıl ve Kum		İnce Kum	Siltli veya Killi Çakıl ve Kum				Siltli Zeminler		Killi Zeminler		
Taban Olarak Genel Değerlendirme		Fevkelade ile İyi			Orta ile Kötü								

[1] – A-3' ün A-2' den önce konulması "soldan sağa eleme" işlemi için gereklidir ve A-3' ün A-2' den üstün olduğunu belirtmez.
[2] – A-7-5 ara grubunun plastisite indisi (w_L-30) a eşit veya daha azdır. A-7-6 ara grubunun plastisite indisi (w_L-30) dan daha fazladır.

Problem: Bir zemin numunesine ait elek çapları ve yüzde geçen oranları aşağıdaki gibidir.

Elek No. Çapı	No. 10	No. 40	No. 50	No. 200	0,05	0,005
Yüzde Geçen	100	97	90	69	65	33

$W_L = L_L$ = %66 ve W_P = %27 olduğuna göre Grup İndisini hesaplayınız ve AASHO Sınıflandırma Sistemine göre zemin sınıfını belirleyiniz.

Çözüm:

a = 69 - 35 = 34

b = 69 - 15 = 54

c = 66 - 40 = 26

P_I = 66 - 27 = 39 $\Rightarrow$ d = 39 - 10 = 29

G_I = 0,2.a + 0,005.a.c + 0,01.b.d = (0,2 x 34) + (0,005 x 34 x 20) + (0,01 x 40 x 20)

G_I = 18,2

AASHO Sınıflandırma Sistemi Tablo 5.13'ten A-7-5 kısmından $P_I \leq (L_L-30)$ ve A-7-6 kısmından $P_I > (L_L-30)$ olduğu görülür. Buradan da 39 >36 durumuna göre zemin sınıfı A-7-6 kısmında **orta ile kötü killi zemin** olduğu bulunur.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma (UCS: Unified Soil Classification System): Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sisteminde öncelikle 200 No.lu elekten geçen değerlere göre ince ve kaba taneli olarak ve çok organik, organik olup olmamalarına göre sınıflandırılır. Organik zeminler Pt sembolüyle gösterilir. Her grup iki harf ile gösterilir ki bunlardan ilk harf zemindeki hacim dane sınıfını gösterir. Bu harfler;

G: Çakıl, **S:** Kum, **M:** Silt, **C:** Kil, **O:** Organik silt veya killer

İkinci harfler ise zeminin plastikliğini yani sıkışabilirliğini (kompressibilite) veya zeminin derecelenme durumunu gösterir.

W: İyi derecelenmiş, **D:** Kötü derecelenmiş, **L:** Düşük orta sıkışma veya likit limit, **H:** Yüksek kompressibilite veya likit limit, **C** ve **M:** Kalın daneli zeminlerin plastiklik karakteristiklerini gösterir.

USCS sisteminde;

a) Malzemenin 200 No.lu elekten geçen yüzdesi,

b) İri bölümün 4 No.lu elek üzerinde kalanı,

c) Dane dağılımı kriterleri,

d) Kıvam limitleri (doğal su muhtevasında ve kurutulmuş örnekler üzerinde deneyle),

e) 40 No.lu elekten geçen bölümün plastisite kartındaki yeri, bu kriterlerin uygulanması sonucunda zemin, iri daneli, ince daneli, organik zemin ve turba olarak dört ana gurupta toplanmakta ve numuneye iki veya dört harfli bir ad verilmektedir (Tablo 5.14).

Tablo 5.14: Dane boyutuna göre ayrım (ASTM)

Dane Boyutuna Göre Ayırım (ASTM)	
İsim	**Boyut**
Blok	D>300 mm
Taş	75<D<300 mm
Çakıl (G)	4.76<D<75 mm
Kum (S)	0.076<D<4.76 mm
İnceler	< 0.076 mm

Silt (M) ve kil (C) inceler (ince taneler) olarak nitelendirilmekte, bunlar için dane boyutu ayırımı verilmemektedir. Malzemenin yarısından fazlası 200 No.lu elek üzerinde kalıyorsa zemin kaba daneli, azı kalıyorsa ince daneli zemindir.

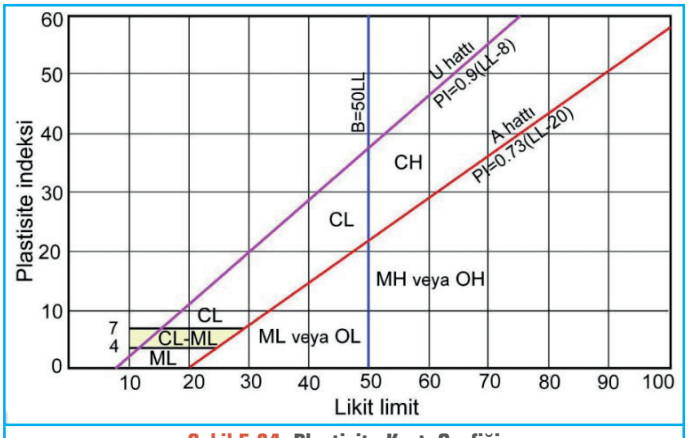
İri daneli zeminlerde, $C_u \geq 6$ (kumlarda), $C_u \geq 4$ (çakıllarda) ve ayrıca her iki gurupta $1 \leq C_r \leq 3$ olan zeminler "iyi derecelenmiş (W)", C_u ve C_r'den herhangi biri bu duruma uymazsa "üniform (P)" simgesi alır. İnce daneli zeminlerde ayrım plastisite kartı ile yapılır. Likit limit 50'den küçükse düşük plastisiteli (L), büyükse yüksek plastisiteli (H) zemin olarak adlandırılır.

$\frac{W_{Lkurutulmuş}}{W_{Ldoğal}} < 0,75$ ise organik zemin (O)

Kalın daneli zeminlerde üniformluk katsayısı (C_U), derecelenme sayısı (C_R, C_S) ile ince danelerin miktarı ve Atterberg limitleriyle ikinci harf belirlenir. İnce daneli zeminler ise likit limit ve I_p (plastisite indisi) değerleri yardımıyla Plastisite kartından faydalanılarak sınıflandırılabilir. Bunlar; **I_p = 0,73 (L_L-20)** denklemiyle verilen A hattı doğrusu ile grafiği ikiye böler.

Plastisite Kartı: İnce daneli zeminlerin tanımlanması için deneysel olarak geliştirilmiş, A-doğrusunun killer ve şiltleri, 35 ve 50 likit limit değerlerinden geçen düşey doğruların düşük, orta ve yüksek plastisiteli zeminleri ayırdığı bir grafiktir. Plastisite kartında yatayda likit limit değerleri, düşey eksende plastisite indisi değerleri yer alır.

Grafikte A hattı doğrusunun üst kısmı kil, alt kısmı silt bölgesini ifade eder. Plastisite Kartı L_L= 50 olan noktadan düşey bir doğru ile tekrar ikiye bölünür ki A hattı doğrusu ile grafik dört bölgeye ayrılmıştır. Bu düşey doğrunun sol kısımları düşük, sağ kısımları yüksek plastisite durumunu açıklar. Plastisite Kartından görüleceği üzere A hattı doğrusunun alt kısmında ML veya OL, MH veya OH sembolleri görülür ve zemin organik özellik taşıyorsa OH ve OL sınıflaması yapılır (Şekil 5.24).



Şekil 5.24: Plastisite Kartı Grafiği

Birleştirilmiş zemin sınıfına göre 4 No.lu ve 200 No.lu elek, üniformluk katsayısı, süreklilik katsayısı, likit limit, plastik limit ve plastisite indisine göre sınıflandırma örnekleri Tablo 5.15'te verilmiştir.

Tablo 5.15: Birleştirilmiş Zemin Sınıfına Örnekler

S. No.	No 4 %P	No 200 %P	C_U	C_C	W_L	W_P	I_P	Sınıfı
1	26	4	5,2	2,9	-	-	0	GW
2	100	3	3,9	0,7	-	-	-	SP
3	15	7	5,9	2,9	42	14	28	GW-GC
4	99	52	-	-	39	17	22	CL

5.3.2.2. TS 1500: İnşaat Mühendisliğinde Zemin Sınıflandırılması

TS 1500 standardında zemin sınıflandırma; likit limit, plastik limit, elek analizi ve gerekirse çöktürme analizi deney sonuçları kullanılarak zemini bir veya iki simge ve bir ad vererek inşaat mühendisliğinde kullanılan sınıflandırma metodunu kapsamaktadır.

Sınıflandırma için ön işlemler aşağıda sıralanmıştır.

- Bu sistemle sınıflandırılacak zeminlerin 60 mm elekten geçen bölümleri üzerinde dane dağılımı ve kıvam limitleri deneyleri öncelikle TS 1900'e göre yapılır.
- Dane dağılımı ölçümlerinde 75 µm'den küçük boyutların pipet veya hidrometre deneylerinde (TS 1900) ölçümü kural olarak gerekli değildir. Ancak bazı özel durumlarda kullanılması dane dağılımı eğrisinin çiziminde yarar sağlayabilir.
- Malzemenin varsa içinde bulunan 60 mm'den iri bölümü ek bilgi olarak saptanır. Bu arada en büyük dane çapı da belirtilir.
- Dane çapı dağılımı ölçülürken 63 mm, 20 mm, 4 mm, 2 mm, 425 µm, 147 µm, 75 µm'lik elekler sırayla dizilir. Ancak diğer (TS 1225'e uygun) elekler de malzemenin özelliğine göre araya ve üste yerleştirilebilir.
- Numunenin içerdiği inceler (75 µm'den küçük daneler) %5'ten az olan zeminlerde 75 µm'den iri bölüm için elek analizi yapılarak dane dağılımı eğrisinin çizilmesi yeterlidir. İnceleri %5-%15 arasındaki örneklerde dane dağılımı yanında likit limit (W_L) ve plastik limit (W_p) ölçülmelidir.
- Zemin içindeki inceler %15 veya daha fazla ise çakılın, kumun ve incelerin oranları; likit limit ve plastik limit deneyleri ile ölçülmelidir. İncelerin oranı %90'ı aşıyorsa sonuçları etkilemeyeceğinden dane çapı dağılımı eğrisinin bulunması gerekli değildir.
- İri daneli zeminlerde, dane dağılımı eğrisi çizildikten sonra üniformluk ve süreklilik katsayıları hesaplanır.
- Bu sisteme göre zeminin sınıflandırılması ve sınıflandırma simgeleri Tablo 5.16'da verilmiştir.

Tablo 5.16: Türk Zemin Sınıflandırma Sistemi

				SINIFI	
				SİMGE	GRUP ADI [B]
İRİ DANELİ ZEMİNLER (% 50'den Fazlası 75 µm 75 µm'den büyük)	ÇAKILLAR Kaba Danelerin % 50'den Fazlası	Temiz Çakıllar (% 5'ten az ince içeriyor)	$C_u \geq 4$ ve $1 \leq C_r \leq 3$	GW	Düzgün dane dağılımlı çakıl[C]
			$C_u < 4$ ve/veya $1 > C_r > 3$	GP	Üniform çakıl[C]
		Kirli Çakıllar (İncesi % 5'ten fazla)[A]	İnceleri ML, MI veya MH	GM	Siltli çakıl[C]
			İnceleri CL, CI veya CH	GC	Killi çakıl[C]
	KUMLAR Kaba Danelerin % 50'den Fazlası	Temiz Kumlar (% 5'ten az incesi var)	$C_u \geq 6$ ve $1 \leq C_r \leq 3$	SW	Düzgün dane dağılımlı kum[D]
			$C_u < 6$ ve/veya $1 > C_r > 3$	SP	Üniform kum[D]
		Kirli Kumlar (İncesi % 5'ten fazla)[A]	İnceleri plastisite kartında ML, MI veya MH	SM	Siltli kum[D]
			İnceleri plastisite kartında CL, CI veya CH	SC	Killi kum[D]
İNCE DANELİ ZEMİNLER (% 50'den Fazlası 75 µm'den küçük)	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 35'ten düşük)	Anorganik	$I_p \geq 4$ ve A-doğrusunun üstünde	CL[E]	Düşük plastisiteli kil
			$I_p < 4$ ve A-doğrusu altında	ML[E]	Düşük plastisiteli silt
	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 35'e eşit veya 50'den küçük)	Anorganik	I_p A-doğrusunun üstünde veya üzerinde	CI[E]	Orta plastisiteli kil
			I_p A-doğrusu altında	MI[E]	Orta plastisiteli silt
	SİLTLER VE KİLLER (Likit limiti 50 veya yüksek)	Anorganik	I_p A-doğrusunun üstünde veya üzerinde	CH[E]	Yüksek plastisiteli (yağlı) kil
			I_p A-doğrusu altında	MH[E]	Yüksek plastisiteli (elastik) silt
ORGANİK ZEMİN	Koyu renkli, Kokulu, Aşırı organik malzeme içeriyor			PT	Turba

A: İncelerin oranı %5 - %12 arası ise çift simge kullanılır.
B: Zemin moloz içeriyorsa grup adına eklenir.
C: Örnekte %15'ten fazla kum varsa grup adına 'kumlu' terimi eklenir.
D: Örnekte %15'ten fazla çakıl varsa grup adına 'çakıl' terimi eklenir.
E: W_L kurutulmuş / W_L doğal < 0.75 ise 'O' terimi eklenir.

Zeminleri sınıflandırmadaki semboller aşağıda verilmiştir.

D_{10}: Efektif çap

C_u: Üniformluk katsayısı

C_r: Süreklilik (eğrilik) katsayısı

C: Kil

O: Organik

N_p: Plastik değil

L: Düşük plastisiteli

I: Orta plastisiteli

H: Yüksek plastisiteli

S: Kum

M: Silt

P: Üniform dane dağılımı

W: Düzgün dane dağılımı

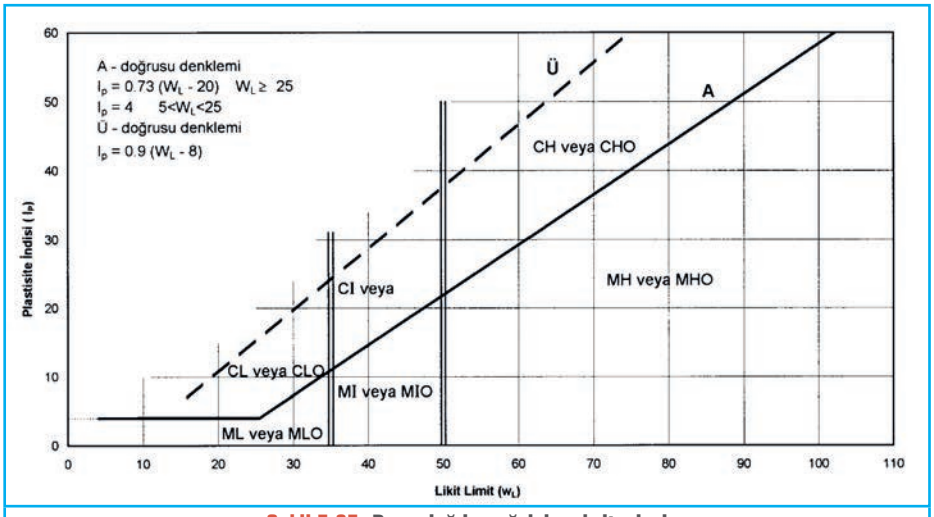
W_L: Likit limit

W_p: Plastik limit

I_p: Plastisite indisi

PT: Turba

Dane dağılım eğrisi, dane dağılım kriterleri Şekil 5.25'de verilmiştir. Bir zeminin I_p-W_L noktası Ü-doğrusu üzerinde çıkamaz. Ü-doğrusu üzerinde çıkması durumunda deneyler tekrarlanır.

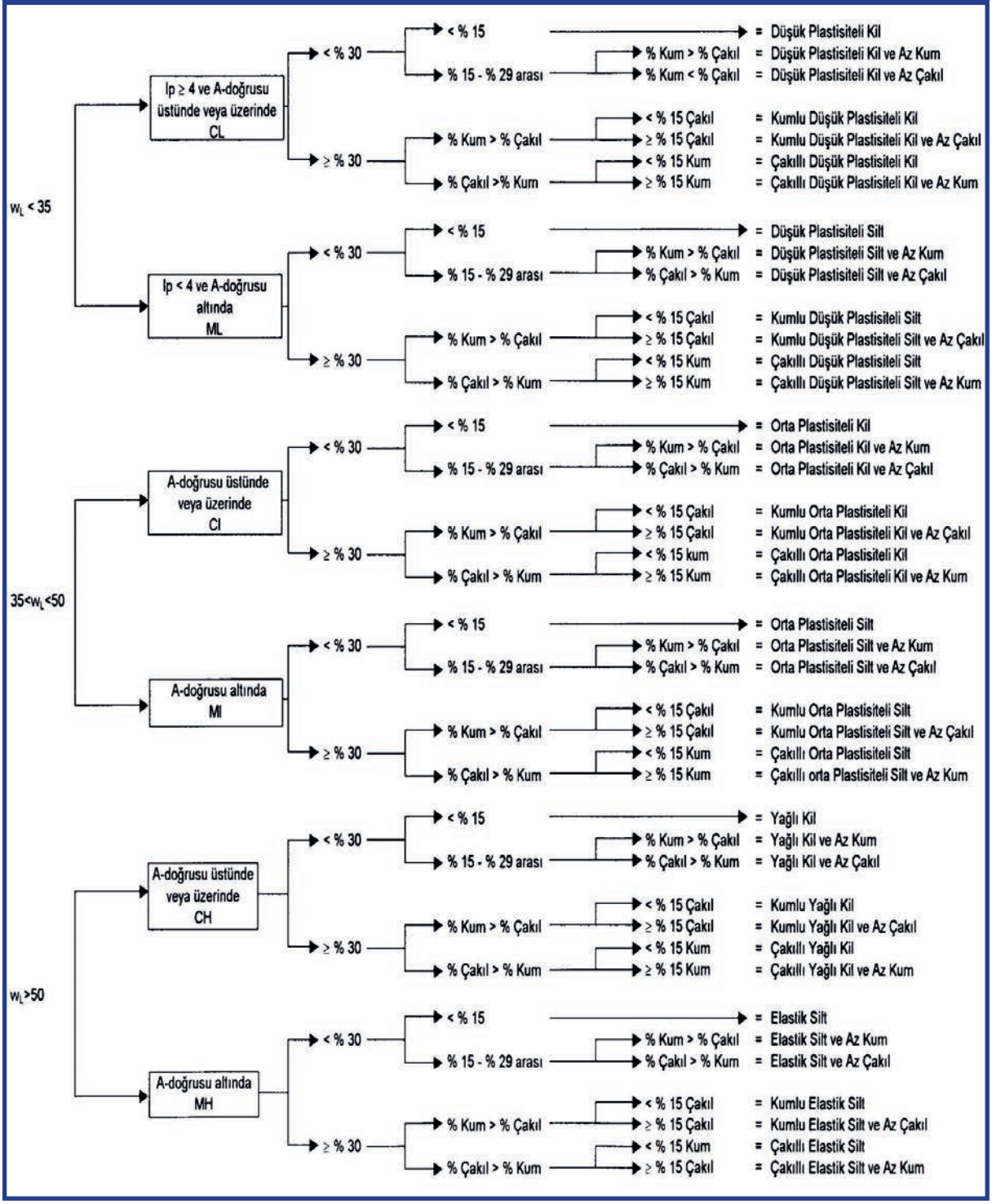


Şekil 5.25: Dane dağılım eğrisi ve kriterleri

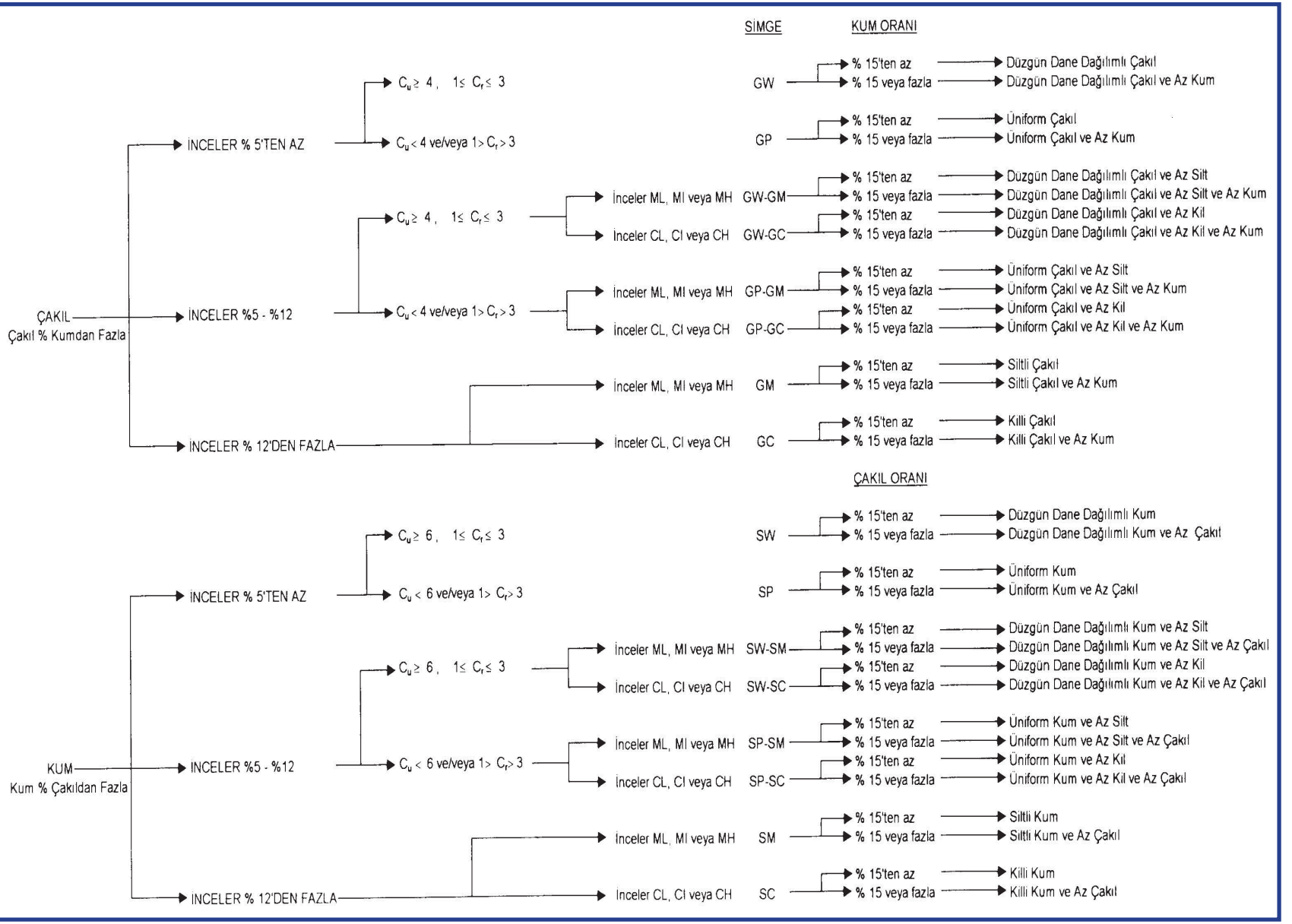
Zemin Sınıflandırması Ön Gruplandırma

Numunenin %50 veya fazlası 75 μm'den küçük ise zemin ince daneli olarak tanımlanır ve işlemler ince daneli zeminlerin sınıflandırılmasına göre yürütülür (Tablo 5.17). Numunenin %50'sinden fazlası 1,75 μm'den iri ise zemin iri daneli olarak tanımlanır ve işlemler iri daneli zeminlerin sınıflandırılmasına göre yürütülür (Tablo 5.18).

Tablo 5.17: İnce Daneli Zeminlerin Sınıflandırılması İçin Akış Diyagramı (% 50 ve fazlası 75 mm'den küçük)



Tablo 5.18: İri Daneli Zeminlerin Sınıflandırılması İçin Akış Diyagramı (% 50'den fazlası 75 μm'den büyük)



İnce Daneli Zeminleri Sınıflandırmada İzlenecek Yol

Bir zeminin likit limit-plastisite indisi noktası, plastisite kartında A-doğrusu üzerinde, veya üstünde çıkıyorsa ve plastisite indisi 4 veya 4'ten büyükse **kil** olarak sınıflandırılır (C).

Bir kilin likit limiti 35'ten küçükse **düşük plastisiteli** olarak nitelendirilir ve **CL** simgesini alır.

Bir kilin likit limiti 35-50 arasında ise **orta plastisiteli** olarak nitelendirilir ve **CI** simgesini alır.

Bir kilin likit limiti 50'den daha büyükse kil **yüksek plastisiteli** veya **yağlı** olarak tanımlanır ve **CH** simgesi ile gösterilir. Likit limitin 110, plastisite indisinin 60'tan yüksek olması ve noktanın dışarıya düşmesi durumunda plastisite kartının kullanılabilmesi için A-doğrusu ve eksenler plastisite kartının dışına uzatılır.

İnce daneli zemin A-doğrusu altında noktalanıyorsa **silt (M)** olarak sınıflandırılır.

Likit limiti 35'ten küçük olan siltler **düşük plastisiteli silt** olarak nitelendirilir ve **ML** simgesini alır.

Siltin likit limiti 35-50 arasında ise **orta plastisiteli silt** olarak nitelendirilir ve **MI** simgesini alır.

Siltin likit limiti 50'den daha büyükse **yüksek plastisiteli silt** veya **elastik silt** olarak tanımlanır ve **MH** simgesi ile gösterilir.

Nemli, yaş ve ılık durumdayken koyu renk gösteren ve koku veren zeminlerde doğal durumda yapılan likit limit deneyine ek olarak (110±5) ^{0}C'de değişmez kütleye kurutulmuş ikinci bir numune üzerinde deney yapılır.

Numune etüvde kurutulduktan sonra ölçülen likit limiti, doğal durumda ölçülmüş değerinin %75'inden küçük çıkarsa kil ve silt simgelerine **organik (O)** terimi eklenir.

Örnek: CHO-yüksek plastisiteli organik kil.

Likit limit ve plastisite indisi arasında Ip = 0,9 (W_L-8) üst limiti geçerli olduğundan zemin noktasının plastisite kartında Ü-doğrusu (Şekil 5.15) üstüne çıkması mümkün değildir. Böyle bir durumda deneyler tekrarlanır.

Deney numunesinin %30'undan azı, ancak %15'inden fazlası 75 µm'den iri ise grup adına ve az kum ve/veya ve az çakıl terimi eklenir.

Örnek: CL-düşük plastisiteli kil ve az kum; MH-elastik silt ve az kum ve çakıl gibi.

Numunenin %30 ve fazlası 75 µm'den iri ise grup adına **kumlu** veya **çakıllı** terimi eklenir. Numunenin %30 veya fazlası 75 µm'den iri ise ve bu kısmın daha büyük yüzdesi **kum** ise **kumlu**; %30 veya fazlası 75 µm'den iri ise ve bu kısmın daha büyük yüzdesi **çakıl** ise **çakıllı** terimi eklenir.

Örnek: CH-kumlu yağlı kil; ML-çakıllı düşük plastisiteli silt gibi.

İri Daneli Zeminleri Sınıflandırmada İzlenecek Yol

İri daneli zeminin kaba bölümünün (75 µm'den iri danelerinin) %50'den fazlası 2 mm'den büyük ise bu zemin, **çakıl (G)** olarak sınıflandırılır.

Zeminin kaba bölümünün yarısı veya yarısından fazlası 2 mm'den küçükse bu zemin, **kum (S)** olarak sınıflandırılır.

Zeminin %12 veya daha azı 75 µm'den küçükse dane dağılımı eğrisi çizilir ve üniformluk ile süreklilik katsayıları hesaplanır. Efektif çap (D_{10}) eğriden okunamıyorsa dane dağılımı eğrisi bu değeri okumak üzere uzatılabilir.

Çakıl numunesinin %5'ten daha azı,75 µm'den küçükse ve $Cu \geq 4$, $1 \leq Cr \leq 3$ şartları sağlanıyorsa zemin **GW-düzgün dane dağılımlı çakıl**; kum numunesinin %5'ten azı 75 µm'den küçükse ve $Cu \geq 6$ ve $1 \leq Cr \leq 3$ şartları sağlanıyorsa **SW-düzgün dane dağılımlı kum** olarak nitelendirilir.

Numunenin %5 veya daha azı 75 µm'den küçükse ve düzgün dane dağılımı için Cu ve Cr şartları sağlanmıyorsa zemin, **GP-üniform çakıl** veya **SP-üniform kum** olarak nitelendirilir.

Numunenin %12 veya fazlası 75 µm'den küçükse bu zemin, inceler içeren zemin olarak kabul edilir. İncelerin killi ya da siltli olması zeminin plastisite kartındaki yerine bağlıdır.

İncelerin killi olması, yani zeminin plastisite kartında A-doğrusu üstünde veya üzerinde noktalanması durumunda zemin **GC-killi çakıl** veya **SC-killi kum** olarak nitelendirilir.

İncelerin siltli olması yani zeminin plastisite kartında A-doğrusu altında noktalanması durumunda zemin **GM-siltli çakıl** veya **SM-siltli kum** olarak adlandırılır.

Numunenin 75 µm'den küçük danelerinin oranı %5-%12 arasında ise bu çift simge verilmesini gerektiren özel durumu gösterir.

Çift simgeden birincisi %5'ten az inceler içeren çakıl ve kuma (GW, GP, SW, SP), ikincisi ise % 12'den çok incesi olan çakıl ve kuma (GC, GM, SC, SM) karşılık verilir.

Grup adı birinci simgeyle birlikte incelerin plastisite özelliklerini göstermek üzere **ve az kil** veya **ve az silt** ekini alır.

Örnek: GW-GC düzgün dane dağılımlı çakıl ve az kil; SP-SM üniform kum ve az silt.

Likit limit ve/veya plastik limiti ölçülemeyen zeminler ile plastik limitin likit limite eşit çıktığı zeminler NP (plastik değil) simgesini alır.

Numunede hâkim bölüm kum veya çakıl iken bunlardan az olanın oranı %15 veya fazlaysa **ve az kum** veya **ve az çakıl** terimi grup adına eklenir.

Örnek: Üniform çakıl ve az kum, killi kum ve az çakıl.

Araziden gelen numunede iri taşlar (moloz) bulunuyorsa grup adına **taşlı** veya **bloklu** terimi eklenir.

Örnek: GM-bloklu siltli çakıl, SC-taşlı killi kum.

Zemin Sınıflandırma Deney Raporu

Zeminin tanımlanması için hazırlanacak raporda grup adı, grup simgesi ve bu amaç için yapılmış laboratuvar deney sonuçları belirtilir. Dane dağılımını belirtmek için çakıl, kum ve incelerin (silt+kil) yüzdesi çizilmişse, dane dağılımı eğrisinin bütünü verilir. Tanımlamada, varsa zeminin jeolojik, yerel veya ticari adı diğer bilgilere eklenir. Bu şekilde yapılan tip bir sınıflandırma aşağıdaki örnekte gösterildiği gibi verilir.

Zemin Tip Sınıflandırma Örneği

GC-Bloklu killi çakıl ve kum

%45 ince-kaba çakıl

%15 ince-kaba sert, yarı yuvarlak kum

Likit limit W_L = 38, Plastik limit W_P = 19

Arazi numunesinde %20 sert, yarı yuvarlak bloklar (Dmax = 150 mm)

Doğal durum: Katı, homojen, kuru, kahverengi, su muhtevası = %5

Jeolojik tanım: Alüvyon yelpazesi

SIRA SİZDE

Zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılan sembolleri ve anlamlarını yazınız.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

5.4 UYGULAMA

12 DERS SAATİ

ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmanın amacı, zeminlerin özellikleri kapsamında zeminlerin yoğunluk, su muhtevası, yoğunluk, doygunluk derecesi, boşluk oranı, porozitesi hesapları ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Zeminlerin yoğunluk, su muhtevası, doygunluk derecesi, boşluk oranı, porozitesinin hesaplanması uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

3,8 cm çapında, 7,6 cm yüksekliğindeki bir örselenmemiş kohezyonlu zemin örneğinin doğal (yaş) ağırlığı 155 g tartılmıştır. Aynı zemin örneğinin etüvde kurutulduktan sonraki ağırlığı 143 g tartılmıştır. Zeminin γ_s = 2,64 g/cm^3 olarak belirlenmiştir (Zemin örneğinin doygun duruma getirilmesiyle hacminin artmadığı kabul edilecektir.).

İstenenler

Doğal birim hacim ağırlığını, su muhtevasını, porozitesini, boşluk oranını, doygunluk derecesini, kuru birim hacim ağırlığını, doygun birim hacim ağırlığını, su altındaki birim hacim ağırlığını hesaplayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda suyun birim hacim ağırlığını 1 g/cm^3 ve toplam birim hacmi 1 cm^3 almaya dikkat ediniz.
- Çalışmanızda işlem hatası yapmamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Sizlere verilen kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. $\gamma_n = \frac{W_{toplam}}{V_{toplam}}$ bağıntısı ile zeminin doğal birim hacim ağırlığı hesaplanır.

Bunun için öncelikle zemin örneğinin toplam hacmi hesaplanır.

$V_{toplam} = \frac{\pi . r^2}{4} xh = \frac{3,14.(3,8)^2}{4} \times 7,6 = 86,15\ cm^3$ olur.

Doğal birim hacim ağırlık $= \gamma_n = \frac{155}{86,15} = 1,8\ g/cm^3$ bulunur.

2. $W = \frac{W_{yaş} - W_{kuru}}{W_{kuru}}$ bağıntısından zeminin su muhtevası hesaplanır.

$W = \frac{155-143}{143} = 0,084 = \%8,4$ bulunur.

3. $\gamma_n = \frac{W_{toplam}}{V_{toplam}} = \frac{\gamma_s (1-n)(1+W)}{1}$ bağıntısından zeminin porozitesi hesaplanır.

$1,8 = \frac{2,64\ (1-n)(1+0,084)}{1} \Rightarrow n = 0,37 = \%37$ bulunur.

4. $e = \frac{W_b}{W_s} = \frac{n}{1-n}$ bağıntısından zeminin boşluk oranı hesaplanır.

$e = \frac{0,37}{1-37} \Rightarrow e = 0,59 = \%59$ bulunur.

5. $S_r = \frac{V_{su}}{V_b} = \frac{\gamma_s (1-n).W}{n}$ bağıntısından zeminin doygunluk derecesi hesaplanır.

$S_r = \frac{2,64\ (1-0,37)\ 0,084}{0,37} = 0,38 = \%38$ bulunur.

6. $\gamma_k = \frac{W_{kuru}}{V_{toplam}} = \frac{\gamma_s (1-n)}{1}$ bağıntısından kuru birim hacim ağırlık hesaplanır.

$\frac{2,64\ (1-0,37)}{1} = 1,66\ g/cm^3$ bulunur.

7. $\gamma_d = \frac{W_{doygun}}{V_{toplam}} = \frac{\gamma_s (1-n) + n}{1}$ bağıntısından zeminin doygun birim hacim ağırlık hesaplanır.

$\gamma_d = \frac{2,64\ (1-0,37) + 0,37}{1} = 2,03\ g/cm^3$ bulunur.

8. $\gamma' = \gamma_d - \gamma_w$ bağıntısından zeminin su altındaki birim hacim ağırlık hesaplanır.

$\gamma' = 2,03-1 = 1,03\ g/cm^3$ bulunur.

9. Hesaplanan zemin özellikleri kapsamında istenen parametrelerin kontrolü yapılır ve hata varsa düzeltilir.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	$\gamma_n = \frac{Wtoplam}{Vtoplam}$ bağıntısı ile zeminin doğal birim hacim ağırlığını hesapladınız mı?		
2	$W = \frac{Wyaş\text{-}Wkuru}{Vkuru}$ bağıntısı ile zeminin doğal birim hacim su muhtevasını hesapladınız mı?		
3	$\gamma_n = \frac{Wtoplam}{Vtoplam} = \frac{\gamma_s (1 - n)(1 + W)}{1}$ bağıntısı ile zeminin porozitesini hesapladınız mı?		
4	$E = \frac{Vb}{Vs} = \frac{n}{1 - n}$ bağıntısından zeminin boşluk oranını hesapladınız mı?		
5	$S_r = \frac{V_{su}}{V_b} = \frac{\gamma_s (1 - n).W}{n}$ bağıntısından zeminin doygunluk derecesini hesapladınız mı?		
6	$\gamma_k = \frac{Wkuru}{Vtoplam} = \frac{\gamma_s (1 - n)}{1}$ bağıntısından kuru birim hacim ağırlığını hesapladınız mı?		
7	γ_d = Wdoygun/Vtoplam=(γ_s(1- n) + n) / 1 bağıntısından zeminin doygun birim hacim ağırlığını hesapladınız mı?		
8	$\gamma' = \gamma_d - \gamma_w$ bağıntısından zeminin su altındaki birim hacim ağırlığını hesapladınız mı?		
9	Hesaplanan zemin özellikleri kapsamında istenen parametrelerin kontrolünü yapıp hata varsa düzelttiniz mi?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Çevrenizdeki yapı türlerini inceleyiniz ve yapıların inşa edildiği zemin ve temel etütlerini araştırınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.5. ZEMİN ETÜDÜ METOTLARI

Zemin ve temel etütleri, temel tasarımı ile zemin, temel ve yapı etkileşiminin irdelenmesinde kullanılacak zemin özellikleri ve zemin parametrelerinin belirlenmesi için yapı alanı ve çevresinde zemin ve yer altı suyu ile ilgili bütün verilerin toplanması amacıyla yapılan çalışmalar olup bu çalışmaların sonucunda temel ön tasarımı belirlenir. Yer altı katmanlarının lokasyonlarını, hangi tür jeolojik yapılardan oluştuklarını, hangi derinlikte ve kalınlıkta olduklarını, kayaçların yoğunluğunu, katmanların sismik hızlarını, elektriğe karşı öz dirençlerini ve ortamlar arası ivmelerini, yer altı suyu derinliğini ve deprem esnasındaki duruşlarını tespit amacıyla yapılan analize **zemin etüdü** denir. O bölgede yapılan sondajlar ile çeşitli derinliklerden örnekler alınıp kayaç tipleri tespit edilerek zeminin sertliği, su ile etkileşime girildiğinde verdikleri tepkiler, yer altı suyu bulunup bulunmadığı öğrenilmektedir. Bu veriler ile alanın inşaata elverişli olup olmadığı belirlenmektedir.

5.5.1. Zemin Etüdünün Planlanması ve Kategorileri

Zemin etüdü planlaması; yerel zemin yapısı, yapı özellikleri, depremsellik, çevre ile ilgili ve yapıma ilişkin tüm olası sorunlar göz önüne alınarak yapılmalıdır. Etüt sonuçları planlamayı değiştirir tarzda olursa ek etüt gerekip gerekmediği gerekliliği irdelenmelidir. Zemin ve temel etüdü ile görevlendirilen uzman, amaçlanan yapı ve yapım yöntemleri konusunda teknik bilgiye sahip ve deneyimli olmalı, yapıya ilişkin kararların her aşamasında yer almalıdır.

Zemin ve temel etütlerinin planlaması, bina tasarımına ilişkin parametrelerin belirlenmesi için sahada karşılaşılabilecek mühendislik problemlerin çözümüne olanak sağlayacak şekilde yapılmalı ve aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

a) Plana Esas Jeolojik Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Etüt Raporunda, parselin bulunduğu alanın yerleşime uygunluğunun değerlendirilmesi bölümünde belirtilen önlem ve öneriler,

b) İnşa edilecek yapının kategorisine göre etüt aşamaları (ön etüt, tasarım etüdü, kontrol etüdü),

c) Üstyapı ve bileşenlerinin özellikleri, zemin birimlerinin niteliği ve yapısı, yapı temeli için uygun zemin tabakası derinliği ile binadan zemine aktarılacak yükler gibi hususlar,

d) Yer altı suyunun varlığı ve yer altı suyu değişiminin neden olacağı problemler,

e) Yer üstü su kaynakları ile yüzey sularının olası etkileri,

f) Yapının inşası esnasında çevresinde meydana getirebileceği muhtemel sorunlar,

g) Bölgesel deprem özellikleri,

h) Şev duyarlılığı analizleri ve dayanma yapıları tasarımı yapılması gerekebilecek sahalarda bunlara yönelik yeterli nitelik ve nicelikte veri toplanması gerektiği hususlar dikkate alınmalıdır.

Etüt aşamaları ve/veya çalışmaları sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, gerekçesi belirtilerek etüt kategorisi değiştirilebilir ya da ek etüt talep edilebilir.

Gerekli etüdü planlamak, muayene çukuru, sondaj, arazi ve laboratuvar deneylerini gözetip denetlemek, etüt bulgu ve sonuçlarından tasarım ve yapım için gerekli verileri üretmek, rastlanan temel zemini ile tasarlanan yapı arasındaki etkileşimleri proje müellifine ve gerekli yerlere sunmak zemin ve temel konularında uzman mühendisin görevidir. Zemin ve temel raporu bu uzman tarafından düzenlenir.

Zemin ve temel etütlerinin kapsam ve içeriğini belirleyen incelemeler, irdelemeler, hesaplar ve denetim yöntemleri yapı ve zemin koşullarının; (1) az riskli, (2) normal riskli, (3) yüksek riskli olmasına göre 3 kategoride toplanır.

Bir yapının aşağıda tanımlanan kategorilerden hangisine gireceği etütler öncesi kararlaştırılır. Ancak bu kategori, etütlerin herhangi bir aşamasında gerekçesi belirtilerek değiştirilebilir.

5.5.1.1. Zemin Etütleri Kategori 1

Yapılar Yönünden: Bu kategoride küçük ve basit yapılar yer alır. Risk, mal ve canyönünden ihmal edilebilir düzeydedir. Bu yapıların etüdü ilgili mühendis tarafından deneyim, gözlem, standartların ve kabul görmüş tablo verilerinin kullanımı suretiyle gerçekleştirilebilir (arazide gözlem çukuru açtırıp gözlemek, çevrede mevcut bazı kanal gibi zemin yapısını gösteren yerleri incelemek varsa civardaki yapıların durumunu incelemek vb.).

Zemin Koşulları Yönünden: Düz veya çok eğimli olmayan tabii sahalardır. Şişme veya yüksek oturma potansiyeli gösteren zeminler, yumuşak, gevşek veya organik madde içeren ve daha önce karşılaşılmamış değişik nitelikli zeminler ile tekniğine uygun olarak sıkıştırılmamış dolgular bu kategori içinde değildir.

Civar Yapılar Yönünden: Komşu yapılara, altyapı şebeke sistemlerine (su kanalizasyon, tabii gaz, telefon, elektrik vb.) zarar riski olmamalıdır.

Yeraltı Suyu Yönünden: Su tablası altında kazı yapılmamalı veya su tablası altında kazı yapmanın hiçbir sorun yaratamayacağı deneyimle söylenebilmelidir.

Depremsellik Yönünden: Deprem riski düşük veya depreme hassas olmayan yapılar.

Çevre Yönünden: Hidroloji, tabii bitki örtüsü, yüzeysel su rejimi, toprak kayması, zemin çökmesi vb. konularda sorun olmamalıdır.

5.5.1.2. Zemin Etütleri Kategori 2

Yapılar Yönünden: Bu kategoride anormal risk taşımayan, alışılmamış unsurlar içermeyen, analiz ve hesap gerektiren ve fakat klasik metotlarla zemin ve temel tasarımı tamamlanarak yapımı gerçekleştirilebilen yapılar ve temeller yer alır.

Zemin Koşulları Yönünden: Temel tasarımı için gerekli zemin parametreleri alışılmış arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bulunabilmelidir (standart penetrasyon deneyi, arazi permeabilite deneyleri, laboratuar konsolidasyon, üç eksenli basınç, serbest basınç, sınıflandırma deneyleri vb.).

Civar Yapılar Yönünden: Kazılar, kazıklı temel inşaatları, yer altı suyunun indirilmesi ve drenajı gibi faaliyetlerin civar yapılara zararlı olmayacağı söylenebilir.

Yeraltı Suyu Yönünden: Bu kategoriye giren işlerde, yer altı su seviyesinin indirilmesi uygulamalarında meydana gelebilecek aksamalar, civar yapılar veya yük taşıyan tabakalar için herhangi bir uyarı veya önlem gerektirebilecek riskler taşımamalıdır.

Depremsellik Yönünden: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte önerilen standart yöntemlerle projelendirilebilen dinamik yapı-zemin etkileşimi analizi ve/veya özel bir analiz ve çalışma gerektirmeyen yapıların zemin ve temel etüdü bu kategori içindedir.

Çevre Yönünden: Çevreye etki açısından özel bir önlem gerektirmeyen, çevreyle ilgili sorunların, bu konudaki alışılmış yöntemlerle çözülebildiği işler bu kategori kapsamındadır. Yüzeysel (tekil, sürekli veya radyeler) temeller, kazıklı temeller, istinat duvarları, köprü ayakları, dolgular, seddeler, toprak işleri, zemin ankrajlar, diğer ankraj sistemleri bu kategoriye giren işlere örnektir.

Zemin Koşulları Yönünden: Zor zemin koşulları, mühendislik tasarımı için alışılmış olmayan, deneyler ve/veya hesap metotları ile özel irdeleme ve yorum gerektiren işler bu kategori içindedir.

Civar Yapılar Yönünden: Civar yapılar yönünden risk olasılığı taşıyan tüm işler.

Yeraltı Suyu Yönünden: Değişken permeabiliteye sahip tabakaların, değişik su tablalarının bulunması gibi yer altı suyundan kaynaklanan riskleri taşıyan durumlar.

Depremsellik Yönünden: Yüksek deprem riski olan bölgelerdeki depreme hassas ve özel yapılar.

Çevre Yönünden: Çevre yönünden zor ve karışık sorunlara neden olabilecek işler.

Genel kural olarak, Etüt Kategorisi 1 ve Etüt Kategorisi 2'ye girmeyen tüm işler bu kategori içinde ele alınmalıdır.

5.5.1.3. Zemin Etütleri Kategori 3

Yapı ve Bileşenlerin Özellikleri ve Büyüklükleri Yönünden: Kategori 1 ve 2'ye girmeyen tüm binalar, özel veya büyük risk taşıyan, çok büyük açıklıklı, özel taşıyıcı sistemli, alışılmamış ve/veya karmaşık yük durumlarına sahip yapılar ile Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) 1-3 arasında kalan yapılar bu kategoride yer alır.

Zemin Birimlerinin Özellikleri Yönünden: Mühendislik tasarımı için alışılmamış ve ender olarak karşılaşılan problemli zemin koşulları, çok gevşek-gevşek kum-çakıl ve çok yumuşak-yumuşak kil zeminler, sahaya özel değerlendirme ve araştırma gerektiren zemin koşulları (turba, yüksek organik içerikli, karstik bölgeler, zemin profilinde ani yanal değişimli, çöken zeminler, sıvılaşabilir zeminler, hassas killer, kalın kontrolsüz yapay dolgu alanları, doğal radyoaktivite ve tehlikeli gaz çıkışları vb.), tasarıma ilişkin çok özel deneysel yöntemleri ve model çalışmalarını gerektiren, özel hesap, irdeleme ve yorum gerektiren işler, ayrı araştırmalar veya özel önlemler gerektiren, muhtemel kütle hareketleri ya da sürekli zemin hareketleri içeren sahalar bu kategori içindedir.

Civar Yapılar Yönünden: Yapılacak/mevcut olan yapının ve yapı ile ilgili her türlü uygulamanın (her türlü kazılar, iksa sistemleri, yer altı suyu seviyesinin düşürülmesi ve drenaj gibi faaliyetler vb.) civar yapılara zarar verebileceği durumlar bu kategori içerisinde değerlendirilir.

Yer Altı Suyu Yönünden: Yer altı suyu seviyesinin altında yapılan veya yer altı suyundan kaynaklanan risk etkilerine (basınçlı akiferler, temel çukuruna gelecek ve standart yöntemlerle bertaraf edilemeyecek su girişleri, jeotermal sahalar) maruz yapılar bu kategori içinde değerlendirilir.

Bölgesel Deprem-Sismik Tehlike Özellikleri Yönünden: Çalışma sahasında aktif fayın görülebildiği veya sahaya özel deprem tehlike analizi gerektiren sahalar bu kategoride değerlendirilir.

Çevre Koşulları Yönünden: Çevre yönünden aşılması güç ve karmaşık sorunlara neden olabilecek yapılar bu kategori içerisinde değerlendirilir.

5.5.2. Zemin Koşullarının Belirlenmesi, Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları, Zemin Araştırmaları

Sahada ve çevresinde gerek jeolojik haritalar gerekse plankote ve hava fotoğraflarıyla ilişkilendirilerek aşağıdaki yüzey özellikleri tespit edilir.

- Yüzey özelliklerinin tipi ve değişkenliği
- Dolgu, yarma ve zemin kaymaları
- Fay, kırık veya büyük yer altı boşluklarına işaret edebilecek yüzey anomalileri
- Mevcut yapılarda ve yollarda oturma problemine işaret edebilecek çatlak ve hasarlar

- Geçmiş heyelan veya muhtemel heyelanlara işaret edebilecek teraslamalar, eğilmiş ağaçlar veya benzer işaretler
- Yumuşak malzeme ile dolu yüzeye yakın boşluklara işaret edebilecek krater tipi çöküntüler (özellikle kireçtaşı birimlerinde)
- Eski göl alanları gibi yumuşak, gevşek ve organik zeminlerin varlığına işaret edebilecek düşük kotlu düz alanlar

Açık kazı aynalarındaki veya mostralardaki zemin koşulları incelenerek kaydedilir. Yer altı ve yüzey sularının varlığı ve kotları ile kuyu ve kaynakların, artezyen akışlarının varlığı incelenir ve kaydedilir. Bitki örtüsünün cinsi ve nemliliği, saha genelinin dışında yeşillenme bulunup bulunmadığı tespit edilir. Zemin ve temel etütlerine yönelik olarak çalışma kolaylığı sağlayacak bilgiler, alınması gereken tedbirlerin önceden tespiti ve etüt planlamasında etken olabilecek aşağıdaki hususlar gözlenir ve tespit edilir.

- Sahanın konumu ve ulaşım yollarının durumu
- Altyapı hatları ve diğer engellerin mevcudiyeti
- Gerekli olabileceği durumlar için depolama, ofis ve saha laboratuvarı olarak kullanılabilecek alanlar
- Uygun bir su kaynağının mevcudiyeti
- Malzeme ve iş gücü teminine yönelik yerel imkânlar

Elde edilen dokümanlar, ön bilgiler ve sahada ön inceleme sırasında toplanan ilave bilgiler büro çalışması ile değerlendirilerek yapılacak zemin ve temel etüdünün kapsamı belirlenir. Zemin ve temel etütlerinin kapsamı, bina tasarımına ilişkin parametrelerin elde edilebilmesi ve sahada karşılaşılabilecek mühendislik problemleri çözümlerinin geliştirilebilmesine yönelik yeterli nitelik ve nicelikte veri toplayabilecek şekilde planlanır ve aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulur.

- Plana Esas Jeolojik-Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Etüt Raporunda, parselin bulunduğu alanın yerleşime uygunluk değerlendirmesi bölümünde belirtilen önlem ve öneriler,
- Daha önce parsel ve yakın çevresi için gerçekleştirilmiş jeolojik-hidrojeolojik-mühendislik jeolojisi-jeokimya vb. etütlerde ve tıbbi jeolojik araştırmalarda ulaşılan sonuçlar,
- Etüt kategorisine göre aşamaları (ön etüt, tasarım etüdü, kontrol etüdü),
- Üstyapı ve bileşenlerinin özellikleri, zemin birimlerinin niteliği ve yapısı, yapı temeli için uygun zemin tabakası derinliği ile binadan zemine aktarılacak yükler vb. gibi hususlar,
- Yer altı suyunun varlığı ve yer altı suyu değişiminin neden olacağı problemler ile jeotermal kaynaklar ve doğal mineralli sular ile yer üstü ve yer altı suyu havzalarına etkileri,
- Yer üstü su kaynakları ile yüzey sularının olası etkileri,
- Yapının inşası esnasında çevresinde meydana getirebileceği muhtemel sorunlar,
- Bölgesel deprem özellikleri,
- Şev duraylılığı analizleri ve dayanma yapıları tasarımı yapılması gerekebilecek sahalarda bunlara yönelik yeterli nitelik ve nicelikte veri toplanması gereken durumlar dikkate alınır.

5.5.3. Zemin Araştırmaları Kapsamında Gözlem, Sondaj, Muayene ve Deneylerin Planlaması

Görsel İnceleme: Yapı alanında ve çevresinde görsel inceleme yapılmalı ve yerel bilgiler (topoğrafya, su kaynakları, çevre yapıların durumu vb.) toplanmalıdır.

Muayene Çukurları: Zemin birimlerinin düşeyde ve yataydaki dağılımı ile özelliklerinin incelenmesi için yapı etki bölgesini kapsayacak şekilde muayene çukurları açılmalıdır.

Muayene Çukurlarında Arazi Deneyleri ve Alınacak Örneklerde Laboratuvar Deneyleri: Açılan muayene çukurlarından numuneler alınarak temel zemin özelliklerinin tanımasına yeterli olacak arazi ve laboratuvar deneyleri yapılmalıdır.

Muayene Çukurları

- Sayısı: Zemin profilinin belirlenmesini sağlayacak şekilde 3 ve daha fazla sayıda planlanır.
- Derinliği: Temel alt kotundan en az 4 m aşağıya kadar veya yeterli taşıyıcı niteliğe sahip zemin tabakasına inilecek derinlikte olmalıdır.
- Boyutları: En az bir kenarı düşeye yakın inceleme yapmaya ve numune almaya yetecek boyutlarda, en az yaklaşık 2 m x 2 m olmalıdır.
- Zemin birimlerinin cins ve özellikleri, yatay ve düşeydeki yayılım yer altı suyunun bulunup bulunmadığı hususundaki bilgiler toplanır.
- Laboratuvar deneyleri için araziyi temsil edecek nitelikte ve yeter sayıda örselenmiş (D-disturbed) ve zemin koşulları uygunsa örselenmemiş (UD-undisturbed) deney numuneleri alınır.
- Gerekli inceleme, ölçüm ve deneyler yapıldıktan sonra aynı gün içinde kapatılır.

5.5.3.1. Kategori 2 ve Kategori 3'e Giren Yapılarda Veri Toplanması

Ön Etütler: Genel zemin durumunun tespiti, seçilen yapı yerleşim yerinin genel uygunluk değerlendirilmesi veya gerekiyorsa alternatif yapı yerleşim yerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılır. Sınırlı sayıda muayene çukurları, sondalama ve sondajlar gerekli görülürse jeofizik inceleme yapılır.

Ayrıntılı Etütler: İnşa edilecek yapının etki bölgesindeki temel zeminine (zemin tabakalarına) ait bütün veri ve mühendislik özelliklerinin tespiti ve tanımlanması amacıyla yapılır.

Yapı Etki Bölgesi: İnşa edilecek yapıdan dolayı oluşacak ilave düşey efektif gerilmelerin (Boussinesq, Westergaard, iki düşey bir yatay dağılım vb.) kabul görmüş basınç dağılım yöntemleri ile temel taban basıncının %10'una eşit olduğu derinlik veya mevcut efektif örtü yükünün %10'una eşit olduğu derinlik olarak tanımlanabilir. Bu iki derinlikte büyük olan inceleme derinliği olarak alınır.

Ayrıntılı Etütlerde Amaç: Ayrıntılı etütlerde amaç, zemin ve kaya profilinin (tabakalaşma, süreksizlikler, karstik boşluklar vb. özelliklerinin), cinslerinin ve litolojik özelliklerinin, fiziksel ve mukavemet özelliklerinin, sıkışma ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesidir. Ayrıca yer altı su seviyesi, niteliği (yer altı su tablası, mercek/askı suyu vb.), zemin ve kaya birimlerinin permeabilitesinin belirlenmesi de diğer amaçlardandır.

Verilerin Toplanması Ayrıntılı Etütlerde Yöntemler

- Muayene çukurları
- Jeofizik yöntemler (sismik kırılma/yansıma, elektrik özdirenç, mikrotremör vb.)
- Sondajlar
- Yer altı suyu gözlemleri
- Arazi deneyleri (Standart Penetrasyon Deneyi-SPT, Koni Penetrasyon Deneyi-CPT, Kanatlı Kesici Deneyi, Presiyometre Deneyi vb.)
- Örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin alınması
- Laboratuvar deneyleri

Sondajların Sayısı

- Zemin birimlerinin arazideki dağılımı, planlanan yapının temel boyutları, derinliği ve aktardığı yükler ile çevre yapılar vb. unsurlar dikkate alınarak 3'ten az olmamak üzere belirlenir.
- Minimum sondaj sayısı, yapının önemine göre 500 m^2 ve üzerindeki taban alanına sahip yapılarda bina taban alanının her 500 m^2 artışında bir sondaj ilave edilecek şekilde planlanır.
- Ancak bina taban alanının 1000 m^2yi geçmesi durumunda sondajlar birer adet bina köşe noktalarında ve bir adet de orta noktasında olmak üzere toplam en az 5 adet olacak şekilde planlanır.
- Sondajlar, dilatasyonla ayrılmış geniş oturum alanına sahip yapılarda, dilatasyonla ayrılan her blok altına en az birer adet gelecek şekilde planlanır. Sondajların aralığı hiçbir durumda 40 m'yi geçmez.
- Sondaj derinliği, yapı etki derinliğini kapsamalıdır.

Sondajların Derinliği: "t" derinliği temel taban seviyesinden itibaren başlamalıdır. Alternatifli durumlarda büyük olan "t" değeri geçerlidir.

- Yüksek yapılarda, minimum sondaj derinliği $t \geq 6.0$ m olmak üzere; $t \geq 3.BT$ olmalıdır (BT: Temel kısa kenar uzunluğu, m).
- Radye temelli yapılarda: $t \geq 1{,}5.BT$ olmalıdır.
- Yük etki alanları kesişen, birden fazla tip ve boyuttaki yüzeysel temelli yapılarda: $t \geq 1{,}5.BT$ olmalıdır (BT büyük temelin kısa kenar uzunluğu, m).
- Kazıklı temel sistemi olan yapılarda kazık uç seviyesinden başlamak üzere $t \geq 1.BG$ ve $t \geq 4$ m (BG: Kazık uç seviyesinde kazık grubunun oluşturduğu dikdörtgenin kısa kenarı, m)
- Hedeflenen sondaj derinliklerinden önce kaya ile karşılaşılması durumunda ayrışmış kayalar içinde 5 m, sağlam kayalar içinde ise 3 m ilerledikten sonra sondaj bitirilebilir.
- Örselenmemiş numune almaya müsait olan zeminlerde en az her 5 m'de bir veya her tabaka değişiminde numune alınır. Örselenmiş numuneler en az her 1,5 m'de bir alınır.

Sondaj Logu: Zemin sondaj logu aşağıdaki bilgileri içerir.

- Sondaj tarihi
- Sondaj makinesinin türü, delgi yöntemi, sondörün ve sorumlu mühendisin adı soyadı
- Koordinatlar ve sondaj sayısı
- Her sondajdaki yüzey kotu (sondaj ağız kotu)
- Plaka, numara vb. ilgili sondaj makinesine özgü bilgiler
- Zemin ve kaya tabakalarının kalınlıkları ve tanımlamaları
- Yapılan arazi deneylerine ilişkin veriler (örneğin SPT düzeneği tipi)
- Serbest statik yeraltı suyu derinliği
- Kullanıldıysa muhafaza boru çapı ve derinliği
- Alınan numunelerin türü (örselenmiş veya örselenmemiş) ve numunenin üst ve alt derinlikleri
- Sondaj sıvısının kullanımı, sıvı kaybı yüzdesi
- Kullanılan numune alıcısının türü

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Zemin Araştırmalarında Genel Kurallar

Sondaj Sayıları: Çok değişken zemin koşullarının bulunduğu haller dışında, her 300 m^2 için en az bir adet noktada sondaj yapılacaktır. Ancak üzerine çok katlı bina (> 8 kat) inşa edilecek küçük inşaat alanlarında ve değişken durumlarda sondaj sayısı 3'ten az olmamalıdır.

Sondaj Yerleri: Topoğrafik ve jeomorfolojik koşullar özel yerlere işaret etmiyorsa her 300 m^2 için bir adet nokta olmak üzere, en az yapı planının köşeleri ve ortasında sondaj yerleri seçilmelidir. Geniş alanlarda yapı tipleri ve yerleri belirli ise yapı yerleşimine uygun olarak sondaj noktaları seçilmelidir. Yerleşimi belirsiz proje sahalarında, bir karelaj (grid) üzerinden sondaj yerleri planlanmalıdır. Şev duraysızlığı potansiyeli olan eğimli arazilerde, sondajların yerleri yamaç duraylılık (stabilite) analizine veri sağlayacak hatlar boyunca planlanacak, yapı alanı dışında da sondaj yerleri seçilmelidir.

Sondaj Derinlikleri: Sondaj derinliği, bina temelleri için temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1,5 katı veya net temel taban basıncından kaynaklanan zemindeki gerilme artışının ($\Delta\sigma$) zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan efektif gerilmenin %10'una eşit olduğu derinlikten daha elverişsizi olacak şekilde seçilmelidir.

- Yüksek dayanıma ve rijitliğe sahip bir tabakanın daha sığ derinliklerde rastlanması durumunda sondaj, bu tabaka içine en az 3 metre girerek tabaka sürekliliğinin belirlenmesi ile sonlandırılabilir.
- Kazıklı temel uygulamasının gerekebileceği durumlarda, sondaj derinliği kazık taşıma gücü ve oturma hesaplamalarını yapmaya olanak sağlayacak şekilde seçilmelidir.
- Sondajlar, şev duraylılığı çalışmalarında olası kayma yüzeyi derinliklerinin yeterince altına kadar, derin kazılarda ise kazı tabanından kazı derinliğinin en az yarısı kadar derinliklere inilmelidir.
- Deprem tasarım sınıfları DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olan bölgelerde, yer altı suyu düzeyi temel tabanından itibaren 10 metre derinlikten daha yukarıda ve gevşek yerleşimli iri (kaba) daneli zeminlerin yer aldığı sahalarda, sondaj derinliği temel tabanından itibaren en az 20 m olmalıdır.

Yer Altı Su Seviyesi: İnceleme alanında yer altı suyunun gözlendiği en düşük ve en yüksek seviyeler ile ölçüm noktaları esas alınarak statik su seviyenin yakalanmasına kadar gözlenen değerler tablo halinde verilir. Yer altı suyu seviyesi, yeterli rijitlikte delikli boru ile teçhiz edilmiş olan sondaj kuyularından, sondaj sıvısı kullanılması durumunda kuyunun boşaltılması ve ortamı temsil edebilecek seviyenin oluşabilmesi için statik su seviyesi (en az ardışık 3 gün takip edilerek) elde edildikten sonra yapılacak ölçümlerle belirlenir. Yer altı su seviyesinin hassas olarak ölçülmesi için Casagrande Tipi veya Kapalı Tip Piyezometre yöntemleri ile kuyu içinde piyezometre seviyesinin alt ve üst kısmında bentonit tıkaçlar oluşturularak ölçüm yapılır.

Jeolojik Bilgiler

- İnceleme alanının genel jeolojik yapısı tanımlanır. Bölgenin jeolojisi özet olarak açıklanarak kıvrım, kırık, fay (diri, ölü), heyelan kütlesi vb. önemli yapısal özelliklere değinilir.
- Mühendislik jeolojisi tanımlanır.
- Birimlerin yatay ve düşey yöndeki değişimi ve bunların jeolojik yaşı ile ilişkisi açıklanır.
- Kaya düşmesi gibi stabilite bozuklukları ve benzeri riskler değerlendirilir.
- Sondaj ve arazi çalışmalarına katılan personelin gözlemlerine özellikle yer verilir.

Jeofizik Çalışmalar

Kategori 3'e giren ve sorumlu mühendisin talebi halinde Kategori 2'ye giren yapılar için jeofizik mühendisinin denetiminde aşağıdaki yöntemlerden biri veya birkaçı kullanılabilir.

- Sismik Kırılma ve Yansıma Yöntemi

- Elektrik Özdirenç Yöntemi
- Mikrotremör Ölçümü Yöntemi
- Yüzey Spektral Analiz Yöntemi
- Yer Altı Radarı (GPR) Yöntemi
- Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) Yöntemi

Yapılacak jeofizik çalışmaların amaçları tam olarak belirtilerek alınan tüm kayıtlar ve yapılan hesaplamalar sunulur. Yanal ve düşey yöndeki değişimler ve zemin birimlerine ait parametreler belirlenir. Ölçü noktaları ve serim hatlarının konumu, inceleme alanını en iyi derecede yansıtacak şekilde ve gürültü kaynaklarından en az derecede etkilenecek şekilde seçilir. Yapılan her bir ölçüm yeri ve vaziyet planı plankote üzerinde gösterilip her noktanın koordinatı tablo olarak verilir. Zeminlerin özelliklerinin belirlenmesi, zemin sınıflandırmaları kapsamında aşağıda verilen arazi ve laboratuvar deneyleri yapılır.

Arazi Deneyleri

- Standart Penetrasyon (SPT)
- Koni Penetrasyon (CPT)
- Presiyometre (PMT)
- Kanatlı Kesici (Vane)
- Dilatometre
- Arazi Permeabilite
- Plaka Yükleme
- Arazi Birim Hacim Ağırlık (Kum Konisi)

Laboratuvar Deneyleri

- Elek Analizi
    - Islak Analiz (Hidrometre Deneyi)
    - Su İçeriği
    - Özgül Ağırlık
    - Doğal Birim Hacim Ağırlık
    - Minimum Kuru Birim Hacim Ağırlık
    - Maksimum Kuru Birim Hacim
- Ağırlık
    - Likit Limit
    - Plastik Limit
    - Serbest Basınç
    - Kesme Kutusu
    - Vane (Kanatlı Sonda)
    - Konsolidasyon

- Şişme Deneyi
- Üç Eksenli Basınç
- Sabit Seviyeli Permeabilite
- Düşen Seviyeli Permeabilite
- Zeminler ve Yer altı Suyu Üzerinde Yapılan Kimyasal Deneyler

Zemin etüdü Kategori 2 ve Kategori 3'e giren yapılar için sondaj logu hangi bilgileri içerir. Sıralayınız.

Zemin etüdü Kategori 2 ve Kategori 3'e giren yapılar için arazi deneylerin adlarını sıralayınız.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

5.6 UYGULAMA

8 DERS SAATİ

ZEMİN ETÜDÜ METOTLARI

Bu çalışmanın amacı, zemin etüdü metotları ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Zemin etüdü metotları uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

Kategori 2 ve Kategori 3'e giren yapılar.

İstenenler

Kategori 2 ve Kategori 3'e giren yapılarda veri toplanmasında ayrıntılı etütlerde kullanılan yöntemler kapsamında yapılması gereken çalışma planlarını belirleyiniz.

YÖNERGE

- Çalışmanızda ayrıntılı etütlerde veri toplanması ile ilgili sıralamaya dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Sizlere verilen kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Muayene çukurları açılması gereken yerlerin belirlenmesi planlanır.
2. Jeofizik yöntemlerle zemin hakkında gerekli bilgiler toplanır.
3. Sondajların yerinin, derinliğinin ve sayısının belirlenmesi ile ilgili planlama yapılır.
4. Yer altı suyu gözlemleri kapsamında gerekli çalışma planları yapılır.
5. Arazi deneylerinden hangilerinin yapılması gerektiği ile ilgili çalışma planı yapılır.
6. Örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin alınması çalışmaları planlanır.
7. Laboratuvar deneylerinden hangilerinin yapılması gerektiği ile ilgili çalışma planı yapılır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Muayene çukurları açılması gereken yerlerin belirlenmesini planladınız mı?		
2	Jeofizik yöntemlerle zemin hakkında gerekli bilgileri topladınız mı?		
3	Sondajların yerinin, derinliğinin ve sayısının belirlenmesi ile ilgili planlama yaptınız mı?		
4	Yer altı suyu gözlemleri kapsamında gerekli çalışma planlarını yaptınız mı?		
5	Arazi deneylerinden hangilerinin yapılması gerektiği ile ilgili çalışma planını yaptınız mı?		
6	Örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin alınması çalışmalarını planlandınız mı?		
7	Laboratuvar deneylerinden hangilerinin yapılması gerektiği ile ilgili çalışma planını yaptınız mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

BİLGİ KUTUSU

Araştırma çukurları, jeofizik çalışmalar, arazi ile laboratuvar deneyleri Kategori 1'deki yapıların Zemin ve Temel Etüt Raporunun hazırlanması için kullanılan yöntemlerdir. Kategori 1'e giren etütler, kaya ve zemin birimlerin bina oturum alanında yer alması durumunda yapılır. Yapılan arazi ve laboratuvar deneyleri sahadaki zemin/kaya birimlerin özellikleri ile ilgili değerlendirmeler yapılmasına olanak verecek şekilde planlanır.

Araştırma çukurunun, bina temeli altındaki zemin yapısının görülebileceği, amacına uygun bir derinliğe kadar ve yapılacak yapının temel kazısına zarar vermeyecek şekilde ve sayıda olması gerekir. Araştırma çukurunun, nasıl ve ne zaman açıldığı, hangi gözlem ve ölçümler yapıldığı, hangi özellik ve sayıda numune alındığı anlatılmalı ve çukur açılan yerin konumu vaziyet planı üzerinde gösterilir. Yer altı suyuna rastlanması halinde, derinliği belirtilir ve çukur aynalarının kendini tutabilme süreleri, gözlenen akmalar ve kazılabilirlik ile ilgili değerlendirmeler yapılır.

Çukur içinde yerinde deney yapılmış ise, deneyin ne olduğu, ne amaçla yapıldığı ve sayısı, alınan numune ya da numunelerin özelliği, sayısı, alındığı derinlik, nasıl muhafaza edildiği ve amacı hazırlanacak rapora yazılır. Bütün araştırma çukurlarının, yeri (kot ve koordinat), sayısı, derinliği ve gözlenmiş ise yer altı suyu seviyesi derinliğinin belirtildiği bir tablo hazırlanır, Araştırma Çukuru Logları, çukurun fotoğrafları ile birlikte hazırlanan raporun ekinde verilir.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Çevrenizde yapılan büyük çaplı inşaat projeleri için yapılan zemin jeolojik etütlerini araştırınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.7. ZEMİN JEOLOJİK ETÜTLERİ

Zeminlerde jeolojik etütler; sondajlar, enjeksiyonlar, jeofizik etütler, arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler doğrultusunda raporlaştırılır.

Zemin jeolojik etütleri kapsamında yapılacak sondajlar aşağıda verilmiştir.

- Yatay-Düşey ve Eğimli Sondaj Çalışmaları
- Maden Sondajları
- Derin Sondajlar
- Deniz-Göl Sondajları

Enjeksiyonlar kapsamında yapılacak sondajlar aşağıda verilmiştir.

- Tünel Enjeksiyonları (Kontak-Konsolidasyon)
- Baraj-Gölet Enjeksiyonları
- Alüvyon ve Taneli Zemin Enjeksiyonları
- Derz Enjeksiyonları

Zemin jeolojik etütleri kapsamında yapılan jeofizik etütler; sismik kırılma ve yansıma yöntemi, Maws-Remi yöntemi, mikrotremör yöntemi, sismik ultrasonik yöntem, çok elektrotlu elektrik yöntem-elektrik tomografi, doğal uçlaşma yöntemi, yapay uçlaşma yöntemi, sığ-orta derin çalışmalar, yüksek frekanslı cihaz ile yapı incelemeleri, manyetotellürik yöntem, audio manyetotellürik yöntem, gravite yöntem ve manyetik yöntemdir. Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

5.7.1. Jeofizik Etütler

Sismik Kırılma ve Yansıma Yöntemi: Sismik yöntemlerin esası elastik dalgaların yer içinde kırılma ve yansıma ilkelerine bağlıdır. Yüzeyde yapay bir kaynak vasıtasıyla oluşturulan deformasyondan (gerilme ve yamulma) dolayı oluşan boyuna (P-dalgaları) ve enine (S-dalgaları) dalgalar yer içinde elastik empedans değişimi olan yüzeylerde yansır, kırılır ve tekrar yüzeye dönerek alıcılarda zamanın fonksiyonu olarak kaydedilir. Kaydedilen bu varışlar amaca göre analiz edilerek yer içine ait boyuna ve enine dalga hızları ve bu hızlara bağlı olarak birçok mühendislik parametreleri hesaplanarak yer altı geometrisi, tabakalanma durumu, ara yüzey topoğrafyaları, kırıklı yapılar, litolojik değişim, zemin ve kaya kütlesine ait jeoteknik ve sökülebilirlik\kazılabilirlik değerlendirmeleri yapılmaktadır.

Masw-Remi Yöntemleri: Sismik kırılma ve/veya yansıma kayıtlarının yüzey dalgası (Rayleigh ve Love yüzey dalgaları) bileşenleri analiz edilerek yer altının 1B, 2B ve 3B'lu S-dalgası hız-derinlik profilleri ve dağılımı haritalanabilmektedir.

Mikrotremör Yöntemi: Mikrotremörler, zamansal olarak 1 saat ve uzaysal olarak 1-2 km çap içerisinde çok küçük ve farklı kaynaklardan yayılan sürekli titreşimler olup genlikleri 0,1 mikron ile 1 mikron, periyotları ise 0,05 sn ve 2 sn arasında değişir. Bu titreşimlerin kaynağı Yerküre'nin belli bir eksende dönmesi, gelgit etkisi, jeotermal aktiviteler, yer altındaki sismik aktiviteler, atmosfer etkiler, rüzgâr, trafik, endüstriyel aktiviteler ve diğer bazı insan kaynaklı etkiler olarak bilinmektedir. Mikrotremörler kullanılarak zemine ait zeminin baskın periyodu, zemin büyütmesi, kesme dalgası hızı (V_s) ve yumuşak zeminlerin kalınlığı gibi parametrelerin belirlenmesi mümkündür. Ayrıca, mikrotremör yönteminden elde edilen hakim titreşim frekans (veya periyot) değerleri ile girişim (rezonans) meydana gelip gelmeyeceği de araştırılmaktadır.

Sismik Ultrasonik Yöntem: Ultrasonik yöntem bina, köprü, yol, tünel ve daha birçok yapının denetiminde uygulanmaktadır. Temel, köprü ve yol incelemelerinde, beton niteliğini bulmada (kırılma, burkulma, esneme, sıkışma direnci), beton kalite ve dayanımının tespitinde, duvar içi çatlaklarını bulmada, kırıkları, boşlukları bulmada ve dinamik parametrelerin tespitinde kullanılmaktadır.

Çok Elektrotlu Elektrik Yöntem-Elektrik Tomografi (ERT): Elektrik özdirenç yöntemi yere verilen akımın yer içinde yayılırken yer içi malzemelerinin elektrik akımına karşı direnç özelliklerine göre oluşan potansiyel farkın değişiminin ve dolayısıyla görünür özdirencin ölçülmesi esası üzerine geliştirilen yöntemdir. Elektrik özdirenç uygulamasında temel hedef yer altı su seviyesinin ve su akış rejiminin belirlenmesi olmakla birlikte, kaya kütlelerinin ayrışma dereceleri hakkında oldukça güvenilir bilgi sağlamaktadır. Çünkü kaya kütleleri kırıklı, çatlaklı ve gözenekli yapıya sahip olabilir. Bununla birlikte geçirimlilik, nemlilik ve tuzluluğun, arkeolojik kalıntıların, gömülü nesnelerin ve yer altı boşluklarının belirlenmesinde çok etkin ve yaygın kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca, sismik yöntemlerle karşılaştırma yapma açısından temel kaya derinliği ve topoğrafyası, yanal ve düşey yöndeki litolojik değişim, fay ve çatlak sistemleri gibi kırıklı yapılar tespitinde etkin olarak kullanılmaktadır.

Doğal Uçlaşma (SP) Yöntemi: Bu yöntemde yapay akımlar kullanılmadan yerin doğal potansiyelinden yararlanarak herhangi iki nokta arasındaki gerilim farkının ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Doğada kaynak kullanmadan gerilim farkı oluşturacak iklim değişimleri, topoğrafya, jeolojik koşullar ve benzeri birçok neden vardır. Çok yağışlı veya çok kurak iklimlerde yer altı su seviyesinin değişimi, kayaçların farklı petro fiziksel özellikte bulunmaları SP değişimine neden olan başlıca faktörlerdir. Ayrıca metal su boruları, trafo merkezleri, tuzlu su dokanakları, kuyular, cüruf yığınları küçük de olsa SP değişimlerine neden olur. SP yöntemi, yerin doğal potansiyelinin belirli koşullar altında, en yüksek değerini sülfürlü maden yataklarında göstermesi nedeniyle bu tip yatakların aranmasında en çok kullanılan yöntemdir.

Yapay Uçlaşma (IP) Yöntemi: Bu yöntemde yer altına gönderilen akımın aniden kesilmesinden sonra ölçülen gerilim farkının aynı anda sıfıra düşmemesi ve belli bir süre azalarak devam etmesine neden olan yerin IP etkisi incelenir. IP etkisine neden olan yer altındaki fiziko-kimyasal tepkimelerin kaynağı, metalik mineral varlığında oluşan metalik polarizasyon ve kil minerallerinin varlığında oluşan zar polarizasyonu olarak adlandırılır. Yer içindeki IP etkisine neden olan makroskobik ve mikroskobik olayların oluşum nedenlerinden dolayı, yapay uçlaşma yöntemi daha çok metalik maden yataklarının aranmasında kullanılır.

Sığ-Orta Derin Çalışmalar: Yer radarı yöntemi, yüzeyin sığ derinliklerinin araştırılması için yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların kullanıldığı jeofizik yöntemdir. Yüzeye yakın kırık, çatlak, boşluk, gömülü nesneler bu yöntem ile oldukça hızlı bir şekilde tespit edilir. Yöntemin kullanımının kolay olması ve çok hızlı veri toplanabilmesi, veri toplama sırasında çalışma alanında herhangi bir tahribat oluşturmaması, santimetre düzeyinde yüksek çözünürlüklü iki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) yer altı görüntülemenin yapılabilmesi bu yöntemin en önemli avantajlarıdır.

Yüksek Frekanslı Cihaz ile Yapı İncelemeleri: Betonarme yapıların donatı, pas payı ve beton kalınlık tespitleri Yer Radarı (GPR) Yöntemi ile yapılmaktadır. Yüksek frekanslı cihaz kullanılır. Cihazla yatay ve düşey yönde ölçümler alınarak donatı sayısı, yeri, pas payı ve çapı tespit edilebilir, profiller birleştirilerek 3 boyutlu görüntü elde edilebilir.

Manyetotellürik (MT) Yöntem: Bu yöntemde doğal elektromanyetik alanın yer içerisinde yayılımının frekansa ve yer altı özdirenç dağılımına bağlı olma özelliğinden yararlanılır. Zamana karşı ölçülen elektrik ve manyetik alanlara veri-işlem tekniklerinin uygulanması ile frekans bölgesinde çeşitli MT nicelikleri türetilir ve ters-çözüm işlemi ile yer altı özdirenç dağılımını betimleyen bir model üretilir. Bu fiziksel model, jeotermal sistem ve jeolojik yapılar ile ilişkilendirilerek jeotermal aramalar açısından yorumlanır.

Derin yer altı bilgileri elde etmeye uygun olduğundan özellikle ısıtıcı kayaç rezervuar araştırmalarında kullanılır. Etki derinliği yaklaşık 150 km'dir. Yerden ilk 300 m'lik derinliklerde yüksek çözünürlüğe sahip değildir. Derin amaçlı çalışmalarda kullanılır.

Audio Manyetotellürik (AMT) Yöntem: Uygun derinliklerdeki elektriksel iletkenlik değişimlerini incelemek için kullanılır. Özellikle jeotermal araştırmalarda bulunan iletken ortamdaki değişimler bu yöntem yardımıyla saptanır. Yöntemin yerin 2-3 km altından bilgi sağlayabilme ve uygun derinlikler için özdirenç değişimlerini inceleme özelliği vardır.

Gravite Yöntemi: Yerküre'nin çekim ivmesinin (g) ölçülmesi esasına dayanan bu yöntem ile yer altında farklı yoğunlukta olan kayaçların haritalanması yapılır.

Manyetik Yöntem: Dünya'nın manyetik (mıknatıslanma) dağılımındaki değişimlerini inceleyen bu yöntem ile genellikle yer altının manyetik dağılımı alan vektörünün toplam alan değeri (T) ölçülmektedir.

5.7.2. Arazi Deneyleri

İnşa edilecek/mevcut yapının ve zemin birimlerinin özellikleri dikkate alınarak zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde aşağıda genel hatlarıyla açıklanan arazi deney yöntemlerinden en az biri seçilerek uygun sayıda deney yapılır.

Arazi deneylerinin standartların öngördüğü zemin koşullarında yapılmasına önem verilmelidir. Hangi arazi deneylerinin yapılacağı, zemin koşullarına-dayanımına uygun olarak belirlenir. Örneğin çok yumuşak killerde arazi veyn veya CPT, örselenmemiş numune alınamayan zeminlerde presiyometre deneyi ilave olarak yapılır.

Yapılan tüm deneylere ait veriler tablolar halinde raporda verilir; deneyler sırasında belirlenen aşırı farklı değerler, parametrelerdeki sapmalar ve nedenleri açıklanır. Deneyler sırasında karşılaşılan olumsuz etkenler ve güçlükler nedenleriyle birlikte raporda belirtilir.

5.7.3. Laboratuvar Deneyleri

Araştırma çukuru veya sondaj çalışmaları sırasında alınan deney numuneleri (zemin, kaya veya yeraltı suyu) TS EN ISO 22475-1'e uygun biçimde alınmalı ve en kısa sürede yetkilendirilmiş laboratuvarlardan birine verilen numune alma tutanağı ile birlikte iletilmelidir. Laboratuvar deneyleri, yapı ve zeminin özelliklerine göre projeden sorumlu inşaat mühendisi tarafından planlanır ve deney sonuçları rapor ekinde verilir.

Dayanım ve gerilme-deformasyon ilişkisini veren laboratuvar deneyleri ile zeminin yerindeki fiziksel özelliklerini ifade eden doğal su muhtevası ve doğal birim hacim ağırlığı gibi indeks deneyler örselenmemiş numuneler üzerinde yapılır. Proje tasarım hesaplarında kullanılacak olan geoteknik parametreler, hem laboratuvar hem de arazi deney sonuçları ile birlikte değerlendirilmek suretiyle belirlenir.

Kohezyonlu zeminler için uzun vadede etkin olan "drenajlı durum" parametrelerinin (efektif gerilme parametreleri) sahadan alınmış olan örselenmemiş numuneler üzerinde laboratuvarda yapılacak "Konsolidasyonlu-drenajlı" (CD) üç eksenli basınç deneylerinden veya "Konsolidasyonlu-drenajsız" (CU) boşluk suyu ölçümlü üç eksenli basınç deneyinden veya konsolidasyonlu-drenajlı direk kesme deneylerinden elde edilir. Zemin birimlerinin indeks, gerilme-deformasyon, dayanım ve kimyasal özellikleri ile yer altı suyu etkilerinin belirlenmesi amacıyla TS EN 1997-2'de belirtilen ve/veya aşağıda tanımlanan deney türlerinden gerekli olanlar yapılır.

Zemin Sınıflama ve Tanımlama Deneyleri

- Boşluk oranı veya porozite
- Su içeriği ve doygunluk derecesi
- Doğal birim hacim ağırlık
- Özgül ağırlık
- Dane boyu dağılımı (elek ve hidrometre/pipet analizleri)
- Kıvam limitleri (Atterberg limitleri)
- Rölatif (göreli) sıkılık
- Dona karşı hassasiyet

Zeminlerde Gerilme-Deformasyon ve Dayanım Deneyleri

- Tek eksenli basınç deneyi
- Üç eksenli basınç deneyi (UU, CU, CD)
- Kesme kutusu deneyi
- Konsolidasyon deneyi
- Zeminlerin sıkışabilirlik deneyleri
- Kaliforniya taşıma oranı deneyi (CBR deneyleri)
- Proktor deneyleri (standart veya modifiye)
- Şişme potansiyeli (şişme basıncı ve yüzdesi)

Permeabilite Deneyleri

- Düşen seviyeli permeabilite
- Sabit seviyeli permeabilite

Zemin ve Yer Altı Suyu Numuneleri Üzerinde Yapılan Kimyasal Deneyler

- Organik madde içeriği
- Karbonat içeriği (aşındırıcı karbondioksit)
- Sülfat içeriği
- pH değeri (asitlik ve alkalite)
- Klorür içeriği

Tablo 5.19 : Laboratuvar Deneyleri

Geoteknik Parametre	Zemin Tipi					
	Çakıl	Kum	Silt	Normal Konsolide (NC) Kil	Aşırı Konsolide (OC) Kil	Turba Organik Kil
Ödometre modülü (E_{oed}); sıkışma katsayısı (C_c); [bir boyutlu sıkışabilirlik]	ÖD (ÜBD)	ÖD (ÜBD)	ÖD (ÜBD)	ÖD (ÜBD)	ÖD (ÜBD)	ÖD (ÜBD)
Young Modülü (E); Kayma Modülü (G)	ÜBD	ÜBD	ÜBD	ÜBD	ÜBD	ÜBD
Drenajlı (efektif) kayma da-yanımı (c'), (ϕ')	ÜBD KKD	ÜBD KKD	ÜBD KKD	ÜBD KKD	ÜBD KKD	ÜBD KKD
Kalıcı kayma dayanımı (c'_R), (ϕ'_R)	HKD (KKD)	HKD (KKD)	HKD (KKD)	HKD (KKD)	HKD (KKD)	HKD (KKD)
Drenajsız kayma dayanımı (c_u)	-	-	ÜBD DKD DİD	ÜBD DKD (KKD) DİD	ÜBD DKD (KKD) DİD	ÜBD DKD (KKD) DİD
Birim hacim ağırlık (ρ)	BHA	BHA	BHA	BHA	BHA	BHA
Konsolidasyon katsayısı (c_v)	-	-	ÖD ÜBD	ÖD ÜBD	ÖD ÜBD	ÖD ÜBD
Geçirgenlik (k)	ÜSGD TBA		SGD ÜSGD (DGD)	ÜSGD (DGD) (ÖD)	ÜSGD (DGD) (ÖD)	ÜSGD (DGD) (ÖD)

- = uygun değil

( ) = sadece kısmen uygulanabilir; detaylar için TS EN 1997-2 standardı bölüm 5'e bakınız.

Laboratuvar deneyleri için kısaltmalar:

BHA	Birim hacim ağırlığın belirlenmesi	KKD	Kesme kutusu deneyi
DKD	Direkt basit kesme deneyi	DİD	Dayanım indeks deneyleri (Normalde sadece ilk fazda uygulanır.)
ÖD	Ödometre deneyi	TBA	Tane boyutu analizi
DGD	Sabit seviyeli geçirimlilik deneyi	ÜBD	Üç eksenli basınç deneyi
SGD	Düşen seviyeli geçirimlilik deneyi	ÜSGD	Üç eksenli hücrede sabit seviyeli geçirimlilik deneyi (veya esnek dayanma duvarı permeametresi)
HKD	Halka kesme deneyi (Halka kesme kutusu deneyi)		

5.7.4. Kaya Türü Ortamlarda Arazi ve Laboratuvar Deneyleri

Kaya kalite ve özelliklerinin belirlenmesinde, kayaların karot numuneleri üzerinde belirlenen davranışı ile sahada çok geniş bir alandaki kayanın davranışı, sahadaki kaya kütlelerinin yapısal süreksizlikler (tabakalaşma, eklemler, ezilme bölgesi ve erime boşlukları gibi) gösterdiği göz önüne alınarak birbirinden ayrı düşünülmelidir.

Kaya eklemlerinin aşağıdaki özellikleri göz önünde bulundurulur.

- Aralığı
- Doğrultusu
- Açıklığı
- Sürekliliği
- Sıklığı
- Sıkılığı
- Pürüzlülüğü
- Dolgu maddesi

İlgili olduğu takdirde göz önüne alınacak diğer hususlar;

- Su basıncı,
- Çeşitli tabakaların özelliklerindeki önemli değişiklikler.

Kaya kalite indisi (RQD) kayaların genel kaya kalite göstergesi olarak kullanılabilir. Kaya özellikleri tahmininde (mukavemet, sertlik gibi) tünel işlerinde uygulanan kaya kütle sınıflandırılmaları kullanılabilir. Kayaların mevsim ve gerilme değişimi gibi faktörlerle duyarlılığı belirlenmelidir. Temel zemini olarak kayaların kimyasal ayrışmasının sonuçları irdelenmelidir.

Kayaların veya kaya kütlelerinin kalitesinin tespitinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Bazı boşluklu, yumuşak kayaların atmosferik etkilerle kısa sürede bozularak düşük mukavemetli zeminlere dönüşebildiği,
- Bazı kayaların zemin suyu etkisi ile çabuk eridiği ve boşluk, kavite, delikler oluşturduğu ve bunların zemin yüzeyine kadar gelişebildiği,
- Bazı kayaların yük boşaltması ve hava ile temas sonucu kil minerallerinin su emmesi yolu ile şişebildiği göz önünde tutulmalıdır.

Kaya zemin birimlerinin indeks, gerilme-deformasyon, dayanım ve kimyasal özellikleri ile yer altı suyu etkilerinin belirlenmesi amacıyla TS EN 1997-2'de belirtilen ve/veya aşağıda tanımlanan deney türlerinden gerekli olanlar yapılır.

Kaya Zeminlerin Sınıflamasına İlişkin Deneyler

- Kaya tanımlaması
- Su içeriği ve birim hacim ağırlık
- Porozite

Kaya Zeminlerin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesine İlişkin Deneyler

- Geçirgenlik/hidrolik iletkenlik
- Şişme basıncı ve yüzdesi
- Tek eksenli basınç deneyi
- Nokta yükü dayanım indeksi
- Disk makaslama dayanım indeksi
- İğne batma indeksi (iğne penetrometresi) deneyi
- Çekme dayanımı deneyi (dolaylı belirlenmesi için “Brazilian” deneyi)
- Üç eksenli basınç deneyi
- Direkt kesme deneyi
- Kaya tanımlaması
- Su içeriği ve birim hacim ağırlık
- Porozite

Permeabilite ve Konsolidasyon Parametreleri

Permeabilite ve konsolidasyon parametreleri belirlenmesinde göz önüne alınacak hususlar aşağıdaki gibidir.

- Homojen olmayan zemin koşullarının etkisi
- Zemin anizotropisi etkisi
- Zemin ve kayada fisür ve faylanma etkisi

Laboratuvarda küçük numune üzerinde ölçülen permeabilite değeri, arazi değerini temsil etmeyebilir. Bu nedenle, büyük zemin kütlesini temsil edecek ortalama değerlerin elde edilebildiği arazi deneyleri tercih edilmelidir. Bazı hallerde dane dağılım eğrisi verilerinden permeabilite tahmin edilebilir.

Konik Penetrometre Mukavemeti

Konik penetrometre deneyine ait üç mukavemeti (qc) ve çevre sürtünmesi (fs) bulunurken göz önüne alınacak hususlar aşağıda verilmiştir.

- Konik uç ve kılıfın şekli sonuçları önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle kullanılan alet ve uç cinsine göre sonuçlar gözden geçirilmelidir.
- Sonuçlar ancak zemin tabakalarının dizilişi bilindiğinde güvenli olacağından bu deney çoğu zaman sondajlarla beraber yapılır.
- Homojen olmayan zeminlerde büyük sapmalar görüleceğinden tasarım için uygun zemin matrisini temsil eden penetrasyon değerleri göz önüne alınmalıdır.
- Varsa diğer deneylerle (yoğunluk ölçümü, diğer tip penetrasyon deneyleri gibi) korelasyonlar kullanılabilir.

Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Dinamik Sondalama

SPT darbe sayısı bulunurken göz önüne alınacak hususlar aşağıda verilmiştir.

- Deneyin tipi
- Deneyin yapılışı (kaldırma yöntemi vb.)
- Yer altı suyu etkisi
- Derinlik etkisi
- Taş, iri çakıl varlığı

Presiyometre Deneyleri

Presiyometre deneyi, limit basınç modülü veya presiyometre modülünün belirlenmesinde;

- Presiyometre aletinin tipi,
- Presiyometreyi zemine yerleştirme şekli dikkate alınmalı ve fazlaca bozukluk gösteren eğriler kullanılmamalıdır.

Eğrinin sadece başlangıç kısmının belirlenebildiği deneyler, aynı yerde yapılan diğer deneylerin sonuçları ile karşılaştırılarak limit basıncının ve presiyometre modülünün konservatif olarak tahmini için kullanılabilir.

Sıkıştırılabilme Özelliği

Dolguların sıkıştırılabilme özelliğinin belirlenmesinde göz önüne alınacak hususlar aşağıda verilmiştir.

- Malzemedeki taş içeriği
- Malzemenin homojenlik durumu
- Doygunluk derecesi

Sıkıştırılabilme özelliğinin zemin veya kaya için doğrudan bulunabilmesi amacı ile söz konusu malzeme kullanılarak seçilen tabaka kalınlığı ve düşünülen sıkıştırma ekipmanı ile test dolgusu yapılmalıdır. Buradan elde edilen yoğunluk, standart metotla bulunan laboratuvar değeri ile ilişkili olduğu gibi aynı zamanda kullanılacak arazi kontrol cihazı ve metodu ile bulunulacak yoğunluk değeri ile de ilişkilidir (sondalama, dinamik kompaksiyon deneyi, plaka yükleme deneyi, oturma ölçümü gibi).

Temellerin oturacağı bir dolgu için normal şartlarda ortalama %100 proctor maksimum yoğunluğu veya en az %97 proctor yoğunluğu yeterlidir. Ayrıca boşluk hava hacmi %12'den daha az olmalıdır. Kayalarda, proctor yoğunluğu kullanılmaz. Bunun yerine sıkıştırma işlemi sonucu ulaşılan oturmalar değerlendirilir.

5.7.5. Geoteknik Kategoriler Kapsamında İnşa Edilecek Yapı Türleri

Kategori 1 kapsamında inşa edilecek yapı türleri aşağıda verilmiştir.

- Konut türü yapılar ve BYS (Bina Yükseklik Sınıfı) 7-8 arasında kalanlar binalar
- Basit atölye tipi yapılar
- Alt ve üst toprak seviyeleri arasında yükseklik farkının 2,00 m'yi geçmediği istinat yapıları ve kazı iksaları
- Tarım ve hayvancılık amaçlı basit zirai yapılar ile köy yerleşim alanı içerisinde yer alan bakkal, manav, berber, köy fırını, köy kahvesi, köy lokantası, tanıtım ve teşhir büfeleri
- Kooperatif işletme binaları

Yapı yönünden Kategori l'e giren binalara örnekler aşağıda verilmiştir.

- Lojman-afet konutları (1, 2, 3, 4 katlı olanlar)
- Jandarma sınır karakolu ve bucak karakolu
- Polis karakolu
- 150 Kişilik cezaevi
- E ve K tipi cezaevi
- Jandarma ilçe birlik merkez karakolu
- İl Jandarma alay komutanlığı alay binası
- Şehir içi il ve bölge trafik binası
- Garaj binası
- İlçe tipi veteriner sağlık merkezi
- Küçük tip halk eğitim merkezi ve kütüphane
- 200-300 kişilik yurt
- 12-20 derslikli ticaret lisesi ve spor salonu
- Bağımsız pratik sanat okulu ve atölyeleri
- 250 kişilik ticaret turizm meslek lisesi
- 8-12-24 derslikli temel eğitim okulu
- 5-8-12-16-21 derslikli ortaokul ve spor salonu
- Sabit ilçe kurs binası (70 kişilik)
- 1-2-5-6-8-10-12 derslikli ilkokullar
- Endüstri meslek lisesi ve atölyeleri
- Yatılı ilköğretim bölge okulu
- Huzurevleri
- Köy tipi sağlık ocağı
- Veteriner sağlık merkezi ve lojmanı
- Hastane-dispanser (1, 2, 3 katlı olanlar)
- Eğitim ve dinlenme tesisleri

Kategori 2 kapsamında inşa edilecek yapı türleri aşağıdaki verilmiştir.

- Yüzeysel (tekil, sürekli veya radyeler) temeller
- Kazıklı temeller
- İstinat duvarları
- Köprü ayakları
- Dolgular, şeddeler, toprak işleri
- Zemin ankrajlan, diğer ankraj sistemleri
- BYS (Bina Yükseklik Sınıfı) 4-6 arasında kalanlar binalar

Yapı yönünden Kategori 2'ye giren binalara örnekler

1. Büyük tip ilçe hükümet konağı
2. İlçe tipi hükümet konağı ve adliye binası
3. Lojman, afet konutu (5 kat ve daha fazla katlı olanlar)
4. 500 kişilik toplum polisi sitesi
5. 2500 kişilik spor salonu
6. 1500 kişilik spor salonu
7. Hastane-dispanser (4 kat ve daha fazla olanlar)
8. 75-125 yataklı doğumevi
9. Sağlık meslek lisesi ve spor salonu
10. İl tipi sağlık ocağı

Kategori 3 kapsamında inşa edilecek yapı türleri aşağıda verilmiştir.

- Yerleşim bölgelerinde civar yapıları etkileyebilecek çok bodrumlu derin kazılar
- Çok özel yük taşıyan yapılar
- Ağır dinamik yük etkisindeki makine temelleri
- BYS (Bina Yükseklik Sınıfı) 1-3 arasında kalan yapılar
- Zararlı kimyasal maddeler içeren veya depolayan tesisler, silolar
- Büyük açıklıklı köprüler
- Tüneller
- Büyük su yüküne maruz yapılar, barajlar, seddeler
- Açık deniz yapıları
- Şişme veya çökme özelliği gösteren zeminlere oturan yapılar

Yapı yönünden Kategori 3'e giren binalara örnekler

1. 5000 kapasiteli ve üzeri büyük çaplı alışveriş merkezleri
2. Gökdelen türü binalar
3. Üniversite kampüsleri
4. Çok katlı binalardan oluşan büyük çaplı konut siteleri
5. Büyük çaplı makine üretim fabrikaları
6. Hava alanları
7. Limanlar
8. Çimento, kimyasal ürünler ve demir üretim fabrikaları
9. Uçak, araba vb. üretim fabrikaları
10. Büyük çaplı depolama tesisleri

5.7.6. Kategori 1, Kategori 2 ve Kategori 3'te Yer Alan Yapılar İçin Uygulanacak Zemin ve Temel Etütleri

Kategori 1, Kategori 2 ve Kategori 3'e göre uygulanacak zemin ve temel etütlerinin kapsamları ile verilerin raporlanması aşağıda açıklanmıştır.

5.7.6.1. Kategori 1 Etüt Kapsamı

Etüt Kategorisi 1'de yer alan yapılar için yapılacak etütlerin kapsamı aşağıda belirtilmiştir.

- Yapı alanında gözlem yapmak ve yerel bilgileri toplamak.
- Derin olmayan muayene çukurları açmak suretiyle zemini incelemek.
- Gerekirse burgu ile delik açmak, sondalama deneyleri yapmak.

Bu kategorideki etütler, ilgili standartlara ve kabul görmüş yayınlara atıf yapılarak sorunu çözebilecek bir mühendis tarafından yapılmalıdır. Bu etüdü yapanın inşaat mühendisi olmaması halinde yapıya ilişkin bilgi ve irdelemeler bir inşaat mühendisi ile birlikte yapılmalıdır.

Etüdün Kategori 1 kapsamına giren şartların sağlaması zorunluluğu ile birlikte zemin birimlerinin arazi yüzeyinde, temel taban kotunda ve temel etki derinliği içerisinde, araştırma çukurlarında gözlenmesi gereklidir. Etüt kapsamı belirlenirken öncelikle Plana Esas Jeolojik-Jeoteknik ve Mikro-bölgeleme Etüt Raporunun ilgili parselin bulunduğu alana ilişkin bölümleri temin edilmelidir. Yapı alanı ve çevresinde gözlem yapılmalı ve yerel bilgiler toplanmalıdır (jeoloji, morfoloji, yüzey suları, arazi kullanımı, civar yapılar ve çevre koşulları vb.).

Yapı etki alanı ve çevresini kapsayacak şekilde yapılan gözlemsel incelemeler ile temel taban seviyesindeki zemin sınıfı, hiçbir şüpheye yer bırakmayacak şekilde aşağıda belirtilen çalışmalar ile belirlenmelidir.

1. Arazi koşulları ve bina oturum alanına göre en az 3 adet olacak şekilde sayısı belirlenen araştırma çukurlarında karşılaşılan zemin birimlerinden yeterli nitelik ve nicelikte örselenmiş ve/veya örselenmemiş numuneler alınmalıdır.
2. Çukur aynasında görülen killi birimlerde, arazide cep penetrometresi ve el tipi kanatlı kesici (hand vane) deneyler yapılmalıdır.
3. Killi birimlerden alınan numuneler üzerinde laboratuvarda elek analizi ve kıvam limitleri deneyleri yapılmalıdır. Örselenmemiş numune alınmış ise doğal su muhtevası, doğal birim hacim ağırlığı belirlenmeli ve tek eksenli basınç deneyi yapılmalıdır.
4. Örselenmemiş numuneler TS EN ISO 22475-1 standardına uygun olarak alınmalıdır.
5. Kaya numuneleri üzerinde laboratuvarda nokta yükleme ve/veya tek eksenli basınç deneyi yapılmalıdır.
6. Araştırma çukurlarının kesitleri, alınan deney (yer altı suyu ve zemin/kaya) numunelerinin yer, adet ve derinliklerini gösteren ve araştırma çukuru logunda belirtilen asgari bilgileri sağlayacak şekilde kayıt altına alınmalı, araştırma çukurlarında karşılaşılan zemin birimleri TS ISO 710 serisi baz alınarak tanımlanmalı, çizim ve kesitler ile arazi araştırmaları sırasında çekilen fotoğraflar raporda sunulmalıdır.
7. Araştırma çukurlarında kaya biriminin gözlenememesi halinde sismik yöntemler, sondaj veya sondalama yöntemleri kullanılarak da zemin sınıfı belirlenebilir. Jeofizik yöntemlerin kullanılması halinde profillerin birbirini çapraz kestiği en az 2 adet sismik ölçü (MASW, sismik kırılma, REMİ vb.) ile VS30 hızının 360 m/sn'den büyük olduğu gösterilmelidir. Yapılan jeofizik çalışmalar için kabul tutanağı doldurulmalı, arazi çalışmaları sırasında alınan ham ölçüler, çekilen fotoğraf, video vb. dokümanlar tutanakla birlikte verilmelidir.

Kategori 1 kapsamında değerlendirilen yapılardan zemine aktarılan maksimum temel taban gerilmesi gerek statik gerekse de dinamik yükleme durumunda 200 kN/m^{2}yi aşmamalıdır.

5.7.6.2. Kategori 2 Etüt Kapsamı

Etüt Kategorisi 2 ve 3'te genellikle bir ön etüt, bir tasarım etüdü (son etüt), gerekirse kontrol etütleri ve yapı evresi gözlemleri ile özel ölçümler yer alır. Ön etüt, seçilen yerin uygunluğunun tespiti, alternatif yerlerin belirlenmesi ve tasarım etüdünü planlamak için yapılır. Ön etütler sırasında dâhil edilmesi düşünülebilecek hususlar aşağıdaki gibidir.

- Topoğrafik durum
- Hidrolojik koşullar, boşluk suyu dağılımı
- Komşu yapılar ve kazıların incelenmesi
- Jeolojik kayıtların incelenmesi
- Hava fotoğraflan
- Civarda yapılmış önceki etütler
- Eski haritalar
- Yerel depremsellik
- Diğer ilgili bilgiler

Tasarım etüdü (son etüt) ise yapılacak yapının ekonomik ve güvenilir projelendirilmesine esas olacak bilgi ve verileri sağlayacak inşaat metodunun ve inşaat sırasında doğabilecek sorunların belirlenmesini temin edecek şekilde olmalıdır.

Bu etüdün amacı proje için gerekli bütün zemin verileri ve özelliklerinin güvenilir bir şekilde tespit ve tanımlanması yoluyla zemin-yapı etkileşiminin irdelenip yorumlanabilmesidir. Bu etüde dâhil edilecek hususlar;

- Zemin tabakalarının belirlenmesi,
- Zeminlerin mukavemet özelliklerinin belirlenmesi,
- Zeminlerin deformasyon özelliklerinin belirlenmesi,
- Zemin profili boyunca boşluk suyu basıncının belirlenmesi,
- Permeabilitenin belirlenmesi,
- Zeminlerin sıkışabilirliğinin belirlenmesi,
- Yer altı suyunun zararlı etkilerinin tespiti,
- Zemin ıslah imkânlarının belirlenmesi olarak sıralanabilir.

Bu amaçla, kayalarda erime boşlukları, kaya ve zeminlerin dolgu malzemelerinin bozuşma durumu, yer altı suyu hidrolojisi, faylar, zemin ve kayaların krip (sünme) durumu, şişme ve göçme potansiyeli olup olmadığı gibi bilgilerin toplanması da gerekli ve yararlı olabilir. Bu etütler için uygulanacak alışılmış yöntemler aşağıda verilmiştir.

- Yerinde arazi deneyleri
- Sondajlar, inceleme çukurları
- Laboratuvar deneyleri

Zemin araştırmaları, sorumlu mühendisin daha fazla derinliklerin yapının davranışını etkilemeyeceğini belirlediği derinliğe kadar yapılır. Bu derinlik genel olarak yapı ve zemin özelliklerine müştereken bağlıdır. Sondajlar ve arazi çalışmaları bir jeoloji mühendisi, jeolog, inşaat veya maden mühendisinin gözetiminde gerçekleştirilmelidir.

Etüdün büyük bir alanı kapsadığı durumlarda, inceleme noktaları bir ağ üzerinde seçilebilir. Noktalar arası uzaklık normal hallerde 20-40 m olabilir. Üniform zeminlerde sondaj ve çukur aralıkları arttırılabilir ve/veya bir kısım sondaj ve çukurların yerine jeofizik yöntemler veya sondalama uygulanabilir. Tekil ve şerit temellerde sondaj veya sondalama derinliği temel genişliğinin 1-3 katı dolayında olabilir. Daha derin tabakaların etüdünde özel olarak belirlenen bazı noktalarda oturma özellikleri ve zemin suyu ile ilgili sorunlar ayrıca araştırılmalıdır.

Radye temellerde etüt edilen zemin veya sondaj derinliği, bu derinlikte kaya tabakasına rastlanmazsa normal olarak temel genişliği kadar veya daha fazla olmalıdır. Dolgu alanlarında ve sedde yapılarında etüt derinliği oturmalara katkısı olabilen bütün tabakaları içerecek şekilde seçilmelidir. Etüt noktaları arasındaki uzaklık ise normal hallerde 100-200 m alınabilir.

Kazıklı temeller için sondaj, penetrasyon veya yerinde deney derinliği güvenliği sağlayacak kadar olmalıdır. Normal olarak bu derinlik kazık ucundan itibaren kazık çapının 5 katı veya 5 m aşağıya ulaşan bir derinlikten daha az olamaz. Daha fazlası gerekmiyorsa bu derinlik kazık grubu için kazık grubunu oluşturan dikdörtgenin küçük kenarının uzunluğu kadar kazık uç seviyesinin altına inmelidir.

Kategori 2'de yer alan yapılar için zemin ve temel etütleri aşağıda verilmiştir.

a) Ön etütler **b)** Tasarım etütleri **c)** Kontrol etütleri

Planlama aşamasında belirlenen etüt kapsamı, etüt çalışmaları aşamasındaki gözlem ve aletsel ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi neticesinde gerekli görüldüğü takdirde genişletilebilir.

a) Ön Etütler: Yapı yerinin genel uygunluk değerlendirmesi veya gerekiyorsa alternatif yapı yerlerinin belirlenmesi, inşaat faaliyetlerinin yapı alanı ve çevresindeki muhtemel etkilerinin tahmin edilmesi, yapı davranışı üzerinde önemli etkiye sahip olacak zemin özelliklerinin belirlenmesi ile tasarım ve kontrol araştırmalarının planlanması amacıyla yapılır. Ön etütler, büro ve arazi çalışmaları olmak üzere 2 aşamada yapılır. Bu kapsamda toplanacak veriler ve yapılacak çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Büro çalışmaları sırasında;

1. İmar çapı ve kroki gibi imar bilgileri ve plan notları,
2. Plankote,
3. Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları,
4. Bölgenin jeolojisi hakkında daha önce yapılan çalışmalar ve jeolojik haritalar,
5. Varsa, bina ve çevresinde önceden yapılmış zemin ve temel etüt çalışmalarına ilişkin raporlar,
6. Plana Esas Jeolojik-Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Etüt Raporunun parselin bulunduğu alana ilişkin bölümleri,
7. İnsan sağlığı açısından önem arz eden jeoloji haritaları (radyoaktivite veya tıbbi jeoloji amaçlı haritalar vb.) ile ilgili raporlar,
8. Eski haritalar,
9. Bölgenin depremselliği,
10. Yerel iklim koşulları hakkında bilgi ve belgeler toplanmalıdır.

Arazi çalışmaları sırasında;

1. Topoğrafik durumun belirlenmesi,
2. Komşu yapıların ve kazıların incelenmesi,
3. Varsa civarda mostra vermiş jeolojik birimlerin incelenmesi,
4. Yüzey ve yer altı su kaynaklarının tespiti,
5. Araştırma çukurlarının açılması,
6. Sahanın büyüklüğüne göre ihtiyaç duyulması halinde jeofizik araştırmalar ve/veya zemin türlerinin ve tabaka kalınlıklarının belirlenmesine yetecek sayı ve derinlikte sondaj yapılması gereklidir.

Ön etütlerin sonuçlarına göre planlama aşamasında belirlenen etüt kapsamı yeniden değerlendirilmeli, gerekirse revize edilmelidir. Ön etüt kapsamında yapılan arazi çalışmaları nitelik ve nicelik açısından uygun olduğu takdirde tasarım etütleri sırasında da veri olarak değerlendirilebilir.

b) Tasarım Etütleri: Tasarım etütleri, mevcut/inşa edilecek yapının etkilediği zemin/kaya ortamına ilişkin tüm veri ve özellikler ile yapının beklenen performansı karşılama yeteneğine etki eden faktörlerin güvenilir bir şekilde saptanması ve tanımlanması amacıyla yapılır. Bu etütler, TS EN 1997-1 ve TS EN 1997-2 standardında belirtilen hususlar göz önüne alınarak belirlenmelidir.

Tasarım etütleri kapsamında zemin ve kaya birimlerine ait aşağıdaki özelliklerin belirlenmesi gereklidir.

a) Zemin sınıfı, kıvamı, sıkılığı, indeks ve fiziksel özellikleri

b) Yanal ve düşey yöndeki değişimleri

c) Litolojik ve stratigrafik özellikleri

d) Mukavemet parametreleri

e) Gerilme-deformasyon ilişkileri ve modüller

f) Sıkışabilirlik özellikleri

g) Şişme, oturma, çökme, karstik boşluk, sıvılaşma potansiyeli

h) Kayalardaki ayrışma durumu, kaya kalitesi, kayaların dayanımı

i) Faylar ve süreksizliklerin durumu

j) Atık veya yapay dolgu varsa özellikleri

k) V_{S30} kayma dalgası hızı, yerin altının esneklik direnişleri, zeminin iletkenliği ve korozyon etkisi

Tasarım etütleri kapsamında yer altı suyu ile ilgili aşağıdaki özelliklerin belirlenmesi gereklidir.

a) Yer altı suyunun varlığı ve derinliği

b) Yer altı suyunun ve zeminin betona ve betonarme yapı elemanlarına olası zararlı etkileri
Ayrıca gerekli olması durumunda aşağıdaki özellikler de belirlenmelidir.

c) Yer altı suyu taşıyan birimin niteliği (serbest akifer, basınçlı akifer, tünek akifer, mercek/sızıntı suyu vb.) ve olası zararlı çevresel etkiler

d) Yer altı suyu depolama ve iletme (permeabilite) özellikleri

e) Bölgesel don derinliği

Tasarım etütlerinde yapının oturacağı alandaki zemin birimlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları; standartlaşmış ve genel kabul gören, araştırma çukurları, sondajlar, jeofizik çalışmalar, arazi ve laboratuvar deneylerini kapsar. Bu kapsamdaki bütün çalışmalar ilgili standartlara uygun olarak yapılmalıdır.

Tasarım araştırmaları kapsamında uygulanacak yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

b.1. Araştırma Çukurlarının Kapsamı

Araştırma çukurları, yüzeysel temelli ve az katlı yapıların inşa edileceği alanlarda yüzeye yakın kotlardaki zemin durumunu detaylı olarak belirleyebilmek amacı ile açılır. Bu çukurlar, binanın oturduğu alanda yapı temel taban kotunun en az 2,00 m altında bir derinliğe veya inşa edilmesi planlanan üstyapı açısından yeterli taşıyıcı niteliğe sahip zemin birimlerine inilecek şekilde planlanmalıdır.

Planlanan araştırma çukurları; arazide yapılan gözlem, numune alma ve deneye tabi tutma işlemini gerçekleştirmek için yeterli büyüklükte ve derinlikte olmalı, yerleri vaziyet planı ve plankote üzerine işlenmelidir. Araştırma çukurlarında, zemin veya kaya birimlerinin litolojik özellikleri, yatay ve düşey yönlerdeki dağılımı, yer altı suyunun bulunup bulunmadığı gibi hususlarla ilgili veri toplanmalı, laboratuvar deneyleri için araziyi temsil edecek yeter sayıda numuneler alınmalıdır. Numuneler TS EN ISO 22475-1 standardına uygun olarak alınmalıdır.

Araştırma çukurlarının yerleri ve büyüklükleri üstyapı temel zeminini örselemeyecek ve bir zayıf zon oluşturmayacak şekilde planlanmalı ve gerekli incelemeler tamamlandıktan sonra aynı gün içinde doldurularak kapatılmalıdır. Lokasyon ve boyutu itibariyle temel zemininde zafiyet yaratabilecek araştırma çukurları ise uygun malzeme kullanılarak usulüne uygun doldurulmalı ve bu durum raporda belirtilmelidir.

Araştırma çukurlarının kesitleri, alınan deney (yer altı suyu ve zemin/kaya) numunelerinin yer, adet ve derinliklerini gösteren **araştırma çukuru logunda** belirtilen asgari bilgileri sağlayacak şekilde kayıt altına alınmalı, çizim ve kesitler ile arazi araştırmaları sırasında çekilen fotoğraflar raporda sunulmalıdır. Araştırma çukurlarının incelenen saha üzerindeki yeri **araştırma noktaları vaziyet planına** benzer bir plan üzerinde verilmelidir.

Mevcut binaların deprem performansının belirlenmesi amacıyla yapılacak araştırmalar sırasında açılan araştırma çukurları; zemin birimlerinin özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra, bina temelinin derinliği, boyutu ve tipi gibi parametreler ile temel altında bir iyileştirmenin yapılıp yapılmadığının belirlenmesine hizmet edecek biçimde ve bina kenarlarında olacak şekilde planlanmalı, yapılan tespitler rölöve çalışmasına kaydedilmelidir. Kontrol mühendisi tarafından araştırma çukuru ile ilgili bilgileri içeren tutanak doldurularak imzalanmalı ve bu tutanak rapor ekinde verilmelidir.

b.2. Sondajların Kapsamı

Sondajlar, yapı etki bölgesindeki zemin birimlerinin yatay ve düşey yöndeki dağılımı ile fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılır. Sondajların bir diğer amacı; yer altı suyu seviyesinin belirlenmesi, kuyu içi arazi deneyleri yapılması ve gerekli laboratuvar deneylerinin yapılması için zemini karakterize edecek sayıda örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmasıdır. Sondajların planlaması, aşağıda belirtilen hususların tümü bir arada değerlendirilerek en gayri müsait durum, etüdün amacı, arazi koşulları, çevre yapılar, yapılacak/mevcut yapı karakteristikleri ve en ekonomik çözüm dikkate alınarak yapılacaktır.

Sondajlar TS EN ISO 22475-1 standardına uygun olarak yapılmalı ve sondajlarda aşağıda belirtilen hususlara uyulmalıdır:

1. Sondaj sayısı ve derinlikleri, yapı etki derinliği, bina oturum alanının ve parselin büyüklüğü, arazi eğimi ve stabilite problemleri, temel taban kotu, temel boyutları ve zemin birimlerinin özellikleri dikkate alınarak en az 3 adet olacak şekilde yeter sayıda planlanmalıdır.
2. Sondaj yerleri, vaziyet planı ve plankote üzerine işlenmelidir.
3. Sondajların kot ve koordinatları (WGS84 koordinat sistemi), sondaj makinesinin türü, trafik tescil veya ruhsat tarihi, sondörün adı ve soyadı, sondajın başlangıç ve bitiş tarihleri, hava durumu, yer altı suyuna ilişkin olarak sondajlar sırasında ve sondajların tamamlanmasından sonra yapılan gözlemler, zemin birimlerinin düşey yöndeki değişimleri, zemin tanımlamaları, deneyler için alınan numunelerin kalitesi ve sınıfı (örselenmiş veya örselenmemiş), arazide yapılan deneyler, sondajdan sorumlu olan ve logu hazırlayan jeoloji mühendisi tarafından logda belirtilen asgari bilgileri sağlayacak şekilde kayıt altına alınmalı ve imzalanarak raporda sunulmalıdır.
4. Sondaj verisiyle çizilen kesitlerde sondaj yerleri gösterilmeli, jeolojik veriler kesitte farklı renklerde verilmeli, yer altı suyu seviyesinin en düşük ve en yüksek kotları açık bir şekilde gösterilmelidir.
5. Sondajlar sırasında alınan numune ve/veya karotlar TS EN ISO 22475-1 standardına göre alınmalı (kalite sınıfı belirtilmeli), etiketlenmeli, muhafaza edilmeli ve fotoğrafları çekildikten sonra bu bilgiler raporda sunulmalıdır.
6. Sondajlar sırasında yapılacak Standart Penetrasyon Testi'nde (SPT) otomatik şahmerdan kullanılmalıdır.
7. Sondaj kuyusu boyunca her 1,50 m'de bir Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmalıdır. Her kuyuda en az 2 SPT numunesi (örselenmiş numune) alınarak laboratuvar analizi yaptırılmalıdır.
8. Kohezyonlu (killi ve/veya siltli) zeminlerde açılacak sondaj kuyularının en az 2 adedi içinde Standart Penetrasyon Testleri'ne ek olarak düşeyde en çok 3,00 m arayla Presiyometre veya Kuyu İçi Veyn (Kanatlı Kesici) deneyleri yapılmalıdır.
9. Killi/çakıllı ve bloklu zeminlerde en çok 3,00 m arayla Presiyometre deneyi yapılmalıdır.
10. Yapay dolgu tabakalarında açılacak sondaj kuyuları içinde Standart Penetrasyon Testleri'ne ek olarak düşeyde en çok 3,00 m arayla Presiyometre deneyi yapılmalıdır.

11. Kohezyonlu zeminlerde açılacak sondaj kuyularında düşeyde her 5,00 m'de bir, her tabaka değişiminde (hangisi küçükse) ve temel alt kotu seviyesinde 1 adet örselenmemiş numune (UD) alınmalıdır.

12. Yer altı suyunun gözlendiği durumlarda, projenin ihtiyaçlarına göre en yüksek ve en düşük seviye ile akım yönü tespit edilmeli, debisi ve suyun kimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için numune alınmalıdır.

13. Sondajlarda geçilen birimler, loglarda, plan ve kesitlerde, ilgili Türk Standardında (TS ISO 710-1/2/3/4/5/6/7 serisi) verilen semboller ve renkler kullanılarak gösterilmelidir.

14. Kaya ortamda tamamen karotlu ilerlenmeli, killi zemin ortamlardan örselenmemiş numune alınmalıdır. Zemin ortamda yapılan sondajlarda, karotlu ilerlenebileceği gibi delgi işleminin burgulu sondaj takımı ile kuru yapılması da istenebilir.

15. Karot yüzdeleri (TCR, SCR, RQD) belirlenerek sondaj loglarına işlenmelidir. Üç başlık altında değerlendirilen karot yüzdelerinden Toplam Karot Yüzdesi (TCR) yüksek (%80-100 aralığında) olmalıdır. Bu oranın tanımlanan değerlerden düşük olması halinde nedenleri açıklanmalı, karot kaybı karot sandığında ilgili derinliklerde işaretlenerek belirtilmelidir. Karot verimini yükseltmek için en az çift tüplü karotiyer vb. daha gelişmiş sistemler kullanılmalıdır.

16. RQD değeri sıfıra yakın, ayrışmış, zayıf kayaların doğru tanımlanması için bu birimlerde SPT deneyi (refü değeri elde edilmesi durumunda Presiyometre deneyi) yapılması ve numune alınması gereklidir.

17. Sondaj kuyularının çeperlerindeki göçmeler ile yüzeyden düşebilecek parçalar nedeniyle kuyunun kapanmasının önlenmesi amacıyla kuyu tabanına kadar alt kısmı delikli PVC boru indirilmelidir. Ayrıca; kuyu ağzına kapak yapılarak kuyu etrafı betonlanmalı, uzun süreli yer altı suyu seviyesi ölçümü yapılma sına olanak sağlanmalıdır.

18. Mühendislik problemleri, yerel jeolojik ve hidrojeolojik şartlar esas alınarak sondaj içindeki numune alım noktalarının sayısı ve derinliği belirlenmelidir.

19. Kontrol mühendisi tarafından, sondaj sırasında yapılan arazi deneyleri, yer altı suyu ölçümleri ile yeterli sayıda deney numunelerinin aldığını gösteren tutanak doldurularak imzalanır ve bu tutanak rapor ekinde verilir.

b.2.1. Sondaj Sayılarının Kapsamı

1. Temel taban alanı 300 m^2den az olan ve tek bloktan oluşan yapılarda en az 3 adet sondaj yapılmalıdır. Taban alanının her 300 m^2 artışında bir sondaj ilave edilmelidir.

2. Site tipi çoklu blokların bulunduğu sahalarda blokların temel tabanının bulunduğu alanlarda zemin birimlerini tanımlayacak ve sahayı tarayacak şekilde sondaj adedi belirlenebilir.

3. Sondaj sayısı, taban alanı 1000 m^2yi geçen binalarda birer adet bina köşelerinde ve 1 adet ortada olmak üzere en az 5 adet olacak şekilde planlanmalıdır.

b.2.2. Sondaj Yerlerinin Kapsamı

1. Topoğrafik ve jeomorfolojik koşullar özel yerlere işaret etmiyorsa sondaj yerleri yapı planının köşelerine ve ortasına gelecek şekilde seçilebilir.

2. Yapı tipleri ve yerleri belirli ise geniş sahalarda yapıların yerleşimine uygun olarak ve sahayı tarayacak şekilde sondaj noktaları seçilebilir.

3. Yerleşimi belirsiz proje sahalarında, bir karelaj üzerinden sondaj yerleri planlanabilir.

4. Dilatasyonla ayrılmış binalarda her blok altına en az 1 adet sondaj gelecek şekilde planlama yapılmalıdır.

5. Sondajlar arasındaki mesafeler 40-50 m'yi geçmeyecek şekilde belirlenmelidir.

6. Derin kazı yapılması gereken, şev açısı yüksek olan sahalarda ilgili stabilite analizlerinin (örneğin ankraj kök bölgelerinin yer aldığı bölgede) yapılabilmesi için arsa sınırı dışında da yeterli derinlikte sondaj yapılması önerilir.

7. Yer altı suyu varlığı durumunda sondajlar aynı zamanda, üçgenleme yöntemiyle kot cinsinden yer altı suyu seviye konturları çizilerek yer altı suyu akım yönü belirlenebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

8. Sondajlardan en az 3'ü, planda üçgen oluşturacak şekilde ve 3 zemin kesiti tanımı yapılabilecek şekilde seçilmelidir.

9. Jeofizik ölçümlerde anomaliler ve farklı zemin profillerinin gözlenmesi halinde sondaj noktaları bu bölgedeki birimleri tanımlayacak şekilde planlanmalıdır.

b.2.3. Sondaj Derinliklerinin Kapsamı

Aşağıda belirtilen derinlik kriterleri projenin büyüklüğü, önemi ve zemin koşullarına göre belirlenen sondaj adedinden en az 3'ünde uygulanmalıdır.

1. Sondaj derinliklerinin, yapı etki bölgesi içindeki tüm zemin birimlerini kapsadığından emin olunmalıdır. Saha veya yakınında şev bulunması veya derin kazı yapılması durumunda, şev stabilite hesaplarını yapabilecek ve olası istinat yapılarını tasarlayabilecek verileri elde edecek şekilde sondaj derinlikleri belirlenmelidir.
2. Şevli yüzeylerde sondaj derinliği muhtemel kayma yüzeyinin altına inecek, kayma yüzeyi altındaki zemin birimleri de tespit edilebilecek şekilde seçilmelidir.
3. Yer altı suyu altında kalan temel kazısı çukurlarında veya su geçirimsizliği sağlanması gereken durumlarda sondaj derinliği belirlenirken ayrıca hidrojeolojik koşullar göz önünde bulundurulmalıdır.
4. Derin kazı gereken projelerde, sondaj derinliği kazı tabanından kazı derinliğinin en az yarısı kadar derinliklere inecek şekilde planlanmalıdır.
5. Sondaj derinliği, bina temelleri için temel tabanından başlayarak yapı genişliğinin en az 1,5 katı veya net temel taban basıncından kaynaklanan zemindeki gerilme artışının ($\Delta\sigma$) zeminin kendi ağırlığından kaynaklanan efektif gerilmenin ($\sigma'vo$) %10'una eşit olduğu derinlikten ($\Delta\sigma = 0{,}10\ \sigma'vo$) daha elverişsizi olacak şekilde seçilir.
6. Yük etki alanları kesişen bitişik nizam veya birden fazla binanın bulunduğu alanlarda sondaj derinliği, kesişim bölgesinde, temel alt kotundan itibaren en büyük temelin kısa kenar uzunluğunun 1,5 katı derinliğinde olmalıdır.
7. Kazıklı temel uygulamasının gerekebileceği durumlarda, sondaj derinliği kazık taşıma gücü ve oturma hesaplamalarını yapmaya olanak sağlayacak şekilde seçilir.
8. Sondaj derinliği, kazıklı temel sistemlerinde öngörülen kazık uç kotundan başlamak üzere, kazık grubunun oluşturduğu dikdörtgenin kısa kenarı uzunluğunda seçilmelidir. Seçilen bu sondaj derinliği en az 4 m olmalıdır.
9. Hedeflenen sondaj derinliklerinden önce yapı etki bölgesi içinde tamamen ayrışmış kaya (W5) ve çok ayrışmış kaya (W4) (ISRM) birimler hariç olmak üzere kaya birimler ile karşılaşılması durumunda en az 3,00 m daha karotlu sondaja devam edilmelidir. Ayrışmış ve rezidüel birimler için en az 5,00 m daha sondaja devam edilmelidir.

10. Sondajlarda üstyapıdan gelen yükler açısından yeterli taşıyıcı niteliğe sahip zemin birimlerine inilmelidir.

11. Temel alt kotundan itibaren 10,00 m'lik zemin birimleri içerisinde yer altı suyu ve sıvılaşabilir zemine rastlamış ise sondaj derinliği temel alt kotundan itibaren en az 20,00 m olacak şekilde belirlenmelidir.

12. Sondaj derinliği, kazıklı temel gerektiren yapılar için kazık ucundan itibaren kazık çapının 5 katı veya kazık ucunun soketleneceği derinlikten az olamayacağı kabulü (en az 5,00 m) ile planlanmalı ve yapılmalıdır.

b.2.4. Numune Almanın Kapsamı

Numune alma esnasında aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir.

1. Numune alma sırasında TS EN ISO 22475-1 standardına uyulmalıdır.

2. Numune alma yöntemi; zeminlerin tanımlanması, sınıflandırılması ve yapılacak laboratuvar deneyleri için gerekli numune alma kategorisi ve kalite sınıfına göre seçilmelidir.

3. Zeminlerde her 1,5 metrede 1 adet veya her zemin birimi değişiminde en az 1 adet numune alınacak şekilde numune alımı planlanmalıdır. Büyük taneler içeren zeminlerde, numune çapı, numune alınan malzemenin en büyük tane boyutuna göre seçilmelidir.

4. Sondajlar sırasında zemin ve/veya kaya numuneleri alınırken, bu numuneler üzerinde yapılacak laboratuvar deneyleri ve bu deneylerde kullanılacak numune çapları (3-eksenli hücre, konsolidasyon halkası, makaslama kutusu vb.) önceden belirlenerek, numuneler bu deneylerin gerektirdiği uygun çap ve boyda alınmalıdır.

5. Numune alma, taşıma, sınıflama ve depolama süreçleri dikkate alınarak laboratuvar deney numunelerinin seçimine dikkat edilmeli, deney sonuçlarında bu husus göz önüne alınmalıdır.

6. Sert zeminlerde, yüksek kalitede numune elde etmek için doğru sondaj teknikleri kullanılmalıdır.

7. Durağan olmayan gevşek zeminlerde kuyular, muhafaza ve/veya sondaj sıvısıyla desteklendikten sonra deney numuneleri alınmalıdır.

8. Sondaj sıvısı veya çamurunun kullanıldığı tekniklerde örselenmemiş numune alım işlemlerinde numunelerin kuru tutulması sağlanmalıdır.

9. Çakma yöntemiyle numune alma işleminde, numune alıcılar yavaşça ve döndürülmeden kullanılmalıdır.

10. Örselenmemiş numune alımında zeminin su içeriğinin korunması için gerekli önlemler hemen alınmalıdır.

11. Numuneler bozulma olmayacak şekilde taşınmalı, depo edilmeli, ısı, donma, titreşim ile şok etkisinden korunmalıdır.

12. Kayalarda sondajdan numune alımı en azından çift tüplü karotiyerle ilerleme sağlanarak yapılmalı, alınan karotlar, karot sandıklarına standartlara uygun olarak yerleştirilerek laboratuvarlara gönderilmelidir.

13. Yer altı suyundan numune alımında, öncelikle sondaj ve araştırma çukuru açımı sırasında kirlenmiş suyun dışarı atılması ve sonrasında numune alınması uygun olup gözlem kuyularının her akiferden ayrı numune alınacak şekilde açılmalı ve techiz-tecrit edilmelidir.

14. Numune alma işlemi kayıt altına alınmalı ve numuneler etiketlenmelidir.

b.3. Jeofizik Araştırmaların Kapsamı

Aşağıda verilen jeofizik araştırmalardan zeminin özelliklerine göre ihtiyaç duyulanlar, zemin/kaya birimlerinin özellikleri ve yerin anizotrop durumu dikkate alınarak 2 ya da 3 boyutlu modellemeye uygun örneklendirilir. Yeter sayıda, tasarım etütlerinde kullanılan diğer yöntemler ile birlikte yapılarak değerlendirilmelidir. Jeofizik araştırmalar yapının etki alanını tam olarak içine alacak şekilde, yeterli tür ve sayıda, yeterli açılımı sağlayarak yapılmalı, araştırılan zemin/kaya birimlerinin yanal ve düşey yöndeki yayılımları belirlenmelidir. Uygulanacak yüzey jeofizik yöntemlerin seçiminde ASTM D 6429-99 standardından yararlanılır.

Jeofizik araştırmalar kapsamında sahadaki zemin ve kaya ortamı ile ilgili aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir.

1. Fiziksel, mekanik ve dinamik özellikleri,
2. Karstik boşlukları,
3. Yapay dolgu alanları,
4. Potansiyel veya mevcut kütle hareketleri,
5. Sıvılaşma potansiyelini ve taşıma gücü,
6. Deprem dalgalarının yayılma özellikleri, frekans içerikleri ve büyütme özellikleri,
7. Yer altı suyunun varlığı, derinliği ve yanal yöndeki değişimi,
8. Yer altında gömülü doğal ya da yapay yapıları,
9. Problemlerin çözümüne katkı sağlayacak tamamlayıcı verileri yeterli detayda belirleyebilecek şekilde planlanmalıdır. Jeofizik araştırmaların yapılacağı yerlerin seçimi Zemin ve Temel Etüt Ekibi tarafından yapılmalı, vaziyet planı ve plankote üzerine kot ve koordinat verilerek işlenmeli ve raporda sunulmalıdır.

Bodrum kat hariç toplam bina yüksekliği 10,50 m'yi aşan yapılarda, sondaj makinesinin çalışmasını engelleyecek şekilde dar-uzun, eğimli vb. sahalarda, zemin enjeksiyonu, derin temel ve iksa sisteminin öngörüldüğü durumlarda, temel taban oturum alanı 200 m^2'yi geçen sahalarda jeofizik yöntemler kullanılmalıdır. Jeofizik çalışmalar sonucunda yanal yönde değişimlerin veya zayıf zonların belirlendiği yerlerde, değişimin sınırını ve değişim zonundaki zemin durumunu daha detaylı olarak belirleyebilmek amacıyla ilave mekanik sondajlar yapılabilir veya mekanik sondajların derinliği artırılabilir. Bunun yanında; jeofizik araştırmalar, gerektiğinde mekanik sondaj sayısını azaltacak şekilde arada geçilen zemin tabakalarının belirlenmesi, özellikleri ve sınırlarının anlaşılması için kullanılabilir.

Jeofizik çalışmaların amacı, yöntemi, kullanılan cihaz ve gereçlerin ad ve özellikleri, alınan ölçüm sonuçları, ölçümler sırasında karşılaşılan problemler, ulaşılabilen araştırma derinliği, örnekleme aralığı, kullanılan süzgeçler, hesaplanan parametrelerin tabloları, jeofizik verilerin değerlendirme grafikleri, haritaları ve 2 ya da 3 boyutlu yer altı kesitleri, ölçüm yerlerinin kot ve koordinat çizelgesi, ölçümü yapan jeofizik mühendisinin adı ve soyadı, hava durumu, tarihi, rapor içinde ilgili yerlerde ve/veya rapor ekinde verilmelidir.

Kontrol mühendisi tarafından jeofizik çalışmalarla ilgili bilgileri içeren matbu tutanaklardan ilgili olanlar doldurularak imzalanır ve bu tutanak/tutanaklar rapor ekinde verilir. Tasarım etütleri kapsamında yapılabilecek jeofizik araştırma yöntemlerinin hangi amaçla kullanılacağı ve hangi verilerin elde edilebileceği hakkında özet bilgiler aşağıda verilmiştir.

b.4. Elektrik Yöntemlerinin Kapsamı

Jeolojik birimlerinin yatay ve düşey yöndeki değişimlerini tanımlamak, elektriksel özelliklerini belirlemek, mekanik sondaj noktalarını birbirine bağlayabilmek ve zemin yapısını sürekli olarak tanımlayabilmek, yer altı su seviyesi ile akım yönünü belirleyebilmek amacıyla örneklendirilir ve Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) ölçüm çalışması yapılır. DAÖ ölçüm çalışmaları ASTM D6431-18 standardında belirtilen yöntemler esas alınarak yapılmalıdır.

Elektrik yöntemlerle yapılan ölçümlerde araştırma derinlikleri, mekanik sondaj derinliklerinin en az 2 katı kadar olmalıdır. Elde edilen veriler sürekli kesit üreten yazılımlar ile değerlendirilmeli, münferit yorumdan uzak durulmalıdır.

Heyelan ve kütle hareketi olan alanlarda potansiyel kayma yüzeyini ve suya doygun bölgeleri belirlemeye yönelik olarak eğime dik yönde birbirine paralel, heyelan alanının topuk ve taç kısmı içinde kalacak şekilde en az 2 profil ve bunlara dik 2 profil Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) çalışması yapılmalıdır.

Korozyona yönelik çalışmalarda ise TS 4363 ve TS EN 12954 (5141 İptal) 'e göre görünür özdirenç ile zemin içinde korozyona neden olabilecek birimlerin tanımlaması yapılabilir.

Yer altı su seviyesi ve akış yönünün belirlenmesi için (Self/Spontaneous Potential-SP) ve (Induced Polarızation-IP) yöntemleri de kullanılabilir. IP ve SP yöntemlerin uygulanmasında uluslararası standartlara uyulmalıdır.

b.5. Mikrotremör Ölçümü Kapsamı

Mikrotremör ölçümleri; patlatma, balyoz, vibratör gibi herhangi bir yapay kaynağa ihtiyaç duymadan, yerin doğal titreşimi dinlenerek zemin hâkim titreşim periyodunun bulunması amacıyla kullanılır.

Açılım ve dizilim gerektirmeyen bir yöntem olduğundan yerleşimin yoğun olduğu dar alanlarda rahatça uygulanabilir. Mikrotremör ölçümleri ayrıca zemindeki tabakalanma ile büyütme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da kullanılabilir. Ölçümler yapay gürültülerin en az olduğu zamanlarda yapılmalıdır. Ana kayanın mostra verdiği yerlerde bir ölçü de ana kaya üzerinde alınmalıdır.

Bina Yükseklik Sınıfı, BYS≤4 olan binalarda ve mikrobölgeleme etütlerinin bulunmadığı alanlarda uygun koşullar sağlanabiliyorsa en az 1 adet mikrotremör ölçümü yapılmalıdır.

b.6. SPAC (Spatial Auto Correlation/Uzaysal Özilişki) Yöntemi Kapsamı

Çalışma alanı için derin S dalga hızının belirlenmesine ihtiyaç duyulması halinde (örneğin V_{S50} veya V_{S100}) bu yöntem etkin olarak kullanılır. Yöntemde kullanılan mikrotremör kayıtçılarının yerleşimi (merkezde 1, çevresinde eşit aralıklarda dairesel ve üçgensel dizilmiş en az 3 adet), yüzey ve istenilen derinlikteki S dalga hız bilgisi verilebilecek şekilde belirlenmelidir. Kayıtlar yerel zaman diliminde aynı anda başlatılmalıdır. Alternatif olarak f-k (Frequency-Wavenumber/Frekans-Dalga Sayısı) Yöntemi kullanılabilir.

b.7. Sismik Kırılma Ölçümü Kapsamı

Sismik kırılma ölçümleri jeolojik birimlerin yatay ve düşey yöndeki değişimlerini tanımlamak, dinamik esneklik direnişlerini belirlemek, sıvılaşma analizlerine yönelik veri toplamak amacıyla yapılan 2 boyutlu jeofizik çalışmalardır.

Ölçümler, boyuna (P) ve enine (S) dalga hızları ölçülecek şekilde, ölçüme uygun jeofonlar kullanılarak yapılır. Sismik kırılma ölçümlerinde düz, ters ve orta atış olmak üzere en az 3 atış yapılmalı, her atışta yapılacak vuruş için yığma sayısı enerjinin son jeofona kadar iletilebileceği şekilde ayarlanmalıdır. Sismik kırılma çalışmalarında elde edilebilecek veriler aşağıda verilmiştir.

1. Anakaya ve üzerindeki sedimanların tabakalanma ve fiziksel özellikleri
2. Tabakaların dinamik elastik parametreleri
3. Heyelanların birincil ve ikincil kayma yüzeyleri (sismik tomografi)
4. Yer altı suyunun varlığı
5. Tabakaların taşıma gücü
6. V_{S30} hızı

Sismik kırılma S dalgası ölçümü yapıldığında polarite ölçümleri de yapılmalıdır. Sismik kırılma ölçüm çalışmaları ASTM D5777-00 (2011) e1 standardında belirtilen yöntemler esas alınarak yapılmalıdır. Sismik kırılma profil sayısı, her iki doğrultuda en az birer adet olacak şekilde belirlenmeli, ihtiyaç duyulması halinde yapının taban alanına bağlı olarak örneklendirilerek profil sayısı arttırılmalıdır.

Heyelan geometrisi belirlenirken; topuk ve taç bölgesini kapsayacak şekilde, eğime dik yönde, en az 3 profilde birbirine paralel sismik kırılma ölçümü yapılmalıdır. Heyelan geometrisi belirlenirken topuk ve taç bölgesini kapsayacak şekilde, eğime dik yönde, en az 2 profilde ve bunlara dik en az 2 profil birbirine paralel sismik kırılma tomografi ölçümü yapılmalıdır. Sismik tomografi ölçümleri klasik yönteme ek olarak her jeofon arasından vuruş yapılarak alınan verilerin birlikte değerlendirilmesi şeklinde uygulanır.

b.8. Sismik Yansıma Yöntemi Kapsamı

Sismik yansıma yöntemi jeolojik birimlerin yatay ve düşey yöndeki değişimlerini tanımlamak, sığ ve çok sığ yer altı problemlerinin yüksek çözünürlükte araştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Sismik yansıma ölçüm çalışmaları başta ASTM D7128-18 olmak üzere uluslararası kabul görmüş standartlarda belirtilen yöntemler esas alınarak yapılmalıdır.

Sismik yansıma çalışmalarında toplanan veriler ile ilgili olarak koordinatlar (başlangıç ve bitiş olmak üzere x-y/koordinat sistemi belirtilmelidir), kullanılan cihaz bilgisi ve kanal sayısı (minimum 48 kanal), profil sayısı, numarası ve boyu, jeofon türü ve frekansı, jeofon aralığı ve ofset mesafesi, kaynak türü, kaydırma sayısı, CDP sayısı (minimum 24), kullanılan filtreler, kayıt uzunluğu, örnekleme aralığı, yığma sayısı bilgileri Veri Raporunda belirtilmelidir.

Veri işlem aşamalarında ham veri konmalı ve yapılan veri işlem aşamaları adlarıyla yazılmalı, neden uygulandıkları ve veride ne gibi bir değişiklik yapıldığından kısaca bahsedilmelidir. Sismik yansıma sonuç kesitlerinin sunumunda verilecek kesitler üzerinde görülen tabaka ara yüzeyleri, fay konumu süreksizlikleri, boşluklar, temel kaya derinliği ve konumu vb. yer altı unsurları çizilerek yorumlamalar yapılmalıdır.

b.9. Aktif (MASW) ve Pasif (REMİ) Kaynaklı Yüzey Dalgası Analizi Kapsamı

Aktif kaynaklı yüzey dalgası (MASW) analizleri özellikle şehir içlerinde açılım mesafesi az ve sinyal/gürültü oranı fazla olan, yer altı suyu bulunan, düşük hız zonları (düşük dayanımlı ara tabakaları) barındırabilecek formasyonların (alüvyon birimler, yapay ya da doğal dolgu alanları vb.) bulunduğu parsellerde S dalgası hızlarının belirlenmesi ile ana kaya ve üzerindeki sedimanların tabakalanma, yumuşaklık-katılık, gevşeklik-sıkılık gibi zemin profillerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Ölçümlerde düşey bileşenli jeofonlar kullanılır. Sığ çalışmalar için jeofon frekansı yükseltilebilir. Profil boyu (kaynak-son jeofon arası) hedeflenen araştırma derinliğinin yarısı olarak alınır. Minimum ofset mesafesi jeofon aralığının 4 katı olarak seçilmelidir. MASW çalışmalarıyla gerekli araştırma derinliğine ulaşılamaması durumunda aynı profilde REMİ ölçüsü alınarak veriler birlikte değerlendirilir. Pasif kaynaklı yüzey dalgası (REMİ) analizi ise özellikle yüksek gürültülü ortamlarda, kısa serimle derin tabakalardan veri alınması, V_{S30} hızının ve S dalgası hızlarının tespitinin gerektiği durumlarda kullanılmaktadır. Bu yöntemler arazi yüzeyinde rijit kaplamaların (saha betonu, asfalt, kaldırım vb.) bulunması durumunda da uygulanabilmektedir.

b.10. Yer Radarı (GPR) Yöntemi Kapsamı

Yer Radarı (GPR) yöntemi, kullanılan anten frekansına göre derindeki ya da arazi yüzeyine yakın jeolojik birimlerin, yapıların ya da boşlukların araştırılması ve bu birimlerin sürekliliğini 2 ve 3 boyutlu tanımlanabilmesi amacıyla kullanılan, yüksek çözünürlüklü, hızlı ve tahribatsız bir yöntemdir. Çalışmalarda ASTM D6087-08, ASTM D6432-11 ve ASTM D4748-10 standartlarına uyulmalıdır.

Yer radarı çalışmalarından elde edilebilecek bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

1. Doğal ya da yapay yer altı yapılarının (doğalgaz, akaryakıt, su, kanalizasyon, elektrik, telefon vb. hatlar, LPG ve akaryakıt tankları, mağara, karstik boşluk, gömülü katı atık depoları vb.) yer, ebat ve derinlikleri
2. Arkeolojik yapıların yerleri ve konumları
3. Yüzeye yakın yer altı su seviyesi ve akım yönü
4. Su ve kanalizasyon hatlarından, endüstriyel atıklardan kaynaklanan kaçak ve sızıntılar
5. Heyelan alanlarındaki kayma yüzeyleri (2-3 boyutlu olarak)
6. Yakın yüzeye ait tabakalar, kırık ve çatlakların tespiti

b.11. Kuyu Logu ve Kuyu İçi Sismik Ölçümü Kapsamı

Açılan mekanik sondaj kuyularında gözlenen birimlerin kuyu çevresindeki yanal değişimlerinin belirlenmesi, kuyu içerisine gelen sıvı vb. girişimlerin tespiti, detaylı P ve S dalga hız bilgisi elde etmek ve açılan sondaj kuyuları arasındaki boşluklu alanların belirlenmesi ve birimlerin detaylı olarak incelenmesi amacıyla kuyu içerisinden yapılan jeofizik ölçüm teknikleri [(rezistivite, doğal potansiyel, yoğunluk, sonik, radyoaktif loglar, down-hole (yüzey-kuyu), up-hole (kuyu-yüzey) ve cross-hole (karşıt kuyu)] kullanılır. Cross Hole ölçümleri ASTM D5753-18, ASTM D4428M-14, yüzey-kuyu (down-hole) sismik ölçümleri ASTM D7400-17 standartlarına göre yapılmalıdır.

b.12. Arazi Deneylerinin Kapsamı

İnşa edilecek/mevcut yapının ve zemin birimlerinin özellikleri dikkate alınarak, zemin koşulları ile uyumlu ve proje gereksinimlerini karşılayacak şekilde aşağıda genel hatlarıyla açıklanan arazi deney yöntemlerinden en az biri seçilerek uygun sayıda deney yapılmalıdır. Arazi deneylerinin standartların öngördüğü zemin koşullarında yapılmasına önem verilmelidir.

Hangi arazi deneylerinin yapılacağı, zemin koşullarına-dayanımına uygun olarak belirlenmelidir. Örneğin çok yumuşak killerde arazi veyn veya CPT, örselenmemiş numune alınamayan zeminlerde presiyometre deneyi ilave olarak yapılmalıdır.

Yapılan tüm deneylere ait veriler tablolar halinde raporda verilmeli, deneyler sırasında belirlenen aşırı farklı değerler, parametrelerdeki sapmalar ve nedenleri açıklanmalıdır. Deneyler sırasında karşılaşılan olumsuz etkenler ve güçlükler nedenleriyle birlikte raporda belirtilmelidir.

b.12.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT) Kapsamı

Standart Penetrasyon Testi (SPT), esas olarak kohezyonsuz zeminlerin sıkılık, yoğunluk ve içsel sürtünme açısının belirlenmesi ile kohezyonlu zeminlerin kıvamının belirlenmesinde kullanılır. Bu deneyin TS EN ISO 22476-3 standardına göre yapılması gerekmekte olup deney sonuçları (araziden elde edilmiş ham SPT verileri) ile deney sonuçlarının gerekli tüm düzeltme faktörlerine (derinlik düzeltmesi, tij boyu düzeltmesi, numune alıcı tipi düzeltmesi, sondaj delgi çapı düzeltmesi, enerji oranı düzeltmesi, ince dane içeriğine göre düzeltme vb.) bağlı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. SPT deneyi yapılırken herhangi bir 15 cm ilerleme için 50'den fazla darbe gerekiyorsa veya art arda gelen iki aşamada toplam 30 cm ilerleme için 100'den fazla darbe gerekiyorsa refü tanımlaması yapılmalı ve sondaj loguna darbe sayısı ve penetrasyon miktarı yazılmalıdır (50 darbe/penetrasyon miktarı).

b.12.2. Koni Penetrasyon Testi (CPT) Kapsamı

Koni Penetrasyon Testi (CPT) özellikle yumuşak kil ve siltler ile kumlu zeminlerde iyi sonuçlar veren, ancak çakıllı ve bloklu zeminler ile kayada sonuç alınamayan bir deneydir.

Zemin profili ve özelliklerinin sürekli ve sağlıklı olarak belirlenmesi için sondajlarla paralel şekilde planlanmış, Koni Penetrasyon Testleri (CPT ve boşluk suyu basıncı ölçümlü-CPTU) yapılması önerilir. Bu deneyde ekipmanın ağırlığı, uygulanacak basınca karşı koyacak şekilde seçilmeli, boşluk suyu basıncı ölçen cihazlardaki poroz taşlarda polimer ile doygunlaştırma yapılmalıdır.

Bu deneyin TS EN ISO 22476-1, TS EN ISO 22476-12 standartlarına göre yapılması gerekmekte olup deneyde kullanılan aletin markası, mekanik veya elektronik olup olmadığı, penetrometrelerin açık veya kapalı uçlu olup olmadığı gibi özellikleri, kalibrasyon tarihi ile ölçüm cihazından kaynaklanan hatalar raporda belirtilmelidir.

b.12.3. Presiyometre Deneyi Kapsamı

Presiyometre deneyi; radyal basınç altında zemin ve kaya (yumuşak/zayıf kaya) birimlerinin gerilme-deformasyon ilişkisinden faydalanılarak bu tür birimler üzerinde veya içinde inşa edilecek sığ ve derin temellerin taşıma gücü ve oturma miktarlarının hesaplanması, dayanma yapılarında zemin basınçlarının belirlenmesi ve kazıkların yatay yönde yüklenmelerindeki davranışlarının belirlenmesi amacıyla yapılır.

Sondaj sırasında deneyin beklenmeden uygulanması, sondaj çapının presiyometreye uygun seçilmesi, aksi takdirde presiyometrenin burgu ile açılmış sondaja yerleştirilmesi gerekmektedir. Deneyin yapılışında TS EN ISO 22476-4 ve ASTM D4719-00 standartlarına uyulur. Bu deneyin hangi yönteme göre yapıldığı, kullanılan cihazların tipi, kalibrasyonuna ait bilgileri, deneyin mahallinde uygulanışıyla ilgili bilgiler ve karşılaşılan sorunlar veri raporunda belirtilmelidir. Arazide elde edilen deney eğrisi ve düzeltilmiş deney eğrisi ayrı ayrı verilmeli, eş değer net limit basınç ile presiyometre modülünün bulunmasında kullanılan formüllerin hangi kaynaklardan alındığı ve geçerlilik koşulları belirtilmelidir. Ayrıca deney sonuçları tablo halinde raporda yer almalıdır.

b.12.4. Kanatlı Kesici Deneyi (Veyn Deneyi) Kapsamı

Veyn deneyi, kohezyonlu zeminlerin drenajsız kayma dayanımının arazide belirlenmesinde kullanılır. Özellikle de örselenmemiş numune alınmasının güç olduğu yumuşak kıvamdaki kil ya da siltli killer gibi yumuşak/hassas zemin koşullarının oluştuğu deniz çökellerinde başarılı sonuçlar vermektedir. Bu deney kum, çakıl veya benzeri zeminler için uygun değildir.

Bu deneyin EN ISO 22476-9 standardına göre yapılması gerekmekte olup kullanılan cihazın özellikleri belirtilmelidir. Hesaplamalar, cihazın el kitabında belirtilen özellikler dikkate alınarak yapılmalıdır.

b.12.5. Plaka Yükleme Deneyi Kapsamı

Plaka yükleme deneyi, uygulandığı noktadaki gerilme-deformasyon ilişkisi ile deformasyon modülünü bulmak ve bu eğriden yararlanarak temel taşıma gücü, yatak katsayısının hesaplanmasına yönelik veri elde etmek amacıyla, kaya dışındaki tüm zeminlerde yapılabilir.

Deney yapılırken kullanılan plakanın çapının 3 katından daha derinde, deney yapılan birimden daha sağlam birimin olmasına dikkat edilmelidir.

Kaya birimlerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi için büyük çaplı plaka yükleme deneyi yapılmalıdır. Bu mümkün olmadığında hem kaya malzemesi özelliklerini hem de süreksizlik özelliklerini dikkate alan ampirik yöntemler (kaya kütle sınıflandırma sistemleri, RMR, Q vb. gibi) kullanılarak kaya kütlesi puanı, buna bağlı olarak kaya biriminin deformasyon modülü belirlenmelidir.

Bu deneyin EN ISO 22476-13 ve TS 5744 standartlarına göre yapılması gerekmekte olup kullanılan cihazın plaka çapı ve özellikleri ile deneyin yapıldığı yerin koordinatı ve derinliği, plankoteli vaziyet planı üzerinde gösterilmeli ve rapor ekinde sunulmalıdır.

b.12.6. Kayalarda Dilatometre Deneyi Kapsamı

Dilatomatre deneyi, radyal bir basınç altında kayalarda meydana gelen şekil değiştirmenin ölçülmesi ile yapılan ve kaya türü zeminlerin gerilme-deformasyon özelliklerinin tespit edilmesinde kullanılır. Elde edilen veriler kayaya oturan temellerin taşıma gücü ve oturma hesaplamalarında kullanılmaktadır. Bu deneyin hangi yönteme göre yapıldığı, kullanılan cihazların tipi ve kalibrasyonuna ait bilgiler ile zemin parametrelerinin bulunmasında kullanılan formüllerin hangi kaynaklardan alındığı belirtilmeli, deneyler CEN ISO/TS 22476-11 standardına göre yapılmalı, deney sonuçları tablo ve grafik halinde raporda yer almalıdır.

b.13. Hidrojeoloji Çalışmaları Kapsamı

Mühendislik yapılarına ilişkin zemin araştırmalarında yer altı suyu ile ilgili çalışmalar, yapıların üzerinde veya içinde inşa edileceği zeminlerin geoteknik özelliklerini doğrudan etkilemesi nedeniyle, gerekli bilgileri elde edecek kapsamda detaylı olarak planlanmalı ve gerçekleştirmelidir.

Hidrojeolojik araştırmalar gerekli olduğu durumlarda;

1. Yer altı suyu bulunan zemin ve kaya birimlerinin derinliği, yayılımı, kalınlığı, gözeneklilik ve hidrolik iletkenlik durumu,
2. Kaya zeminlere ait gözeneklilik ve geçirgenlik bilgilerinin elde edilmesinde kullanılmak üzere kırık ve çatlak, eklem sistemi ile tabaka düzlemlerine ilişkin aralık, açıklık, sıklık, dolgu varlığı ve türü,
3. Yer altı suyunun veya akiferlerin piyezometrik seviyelerinin kotu, bunların seviyelerindeki farklılıkların zamanla değişimleri ve gerçekleşmesi muhtemel ekstrem koşullardaki yer altı su seviyesi ve bunların oluşma sıklıkları,
4. Yer altı suyunun debisi, kimyasal özellikleri ve sıcaklığı ile boşluk suyu basıncı dağılımı bilgilerini sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.

Ölçümler ve planlama yapılırken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

1. Yer altı suyu ölçümlerinde kullanılan ekipman türü zeminin tür ve geçirimliliğine, gereken gözlem süresine, beklenen yer altı suyu seviyesi değişimlerine, zemin ve kullanılan ekipmanın tepki süresine uygun olarak seçilmelidir.
2. Ölçüm istasyonlarının sayısı, konumları ve derinlikleri; ölçüm amacını, topoğrafyayı, stratigrafi ve zemin koşullarını, özellikle geçirimlilik ya da belirlenmiş akiferleri dikkate alarak belirlenmelidir.
3. Çok kısa süreli değişimlerin ya da hızlı değişimlerin izlenmesi gerektiğinde tüm zemin ve kaya türleri için sensörler ve veri toplayıcılar kullanılarak sürekli ölçümler yapılmalıdır.
4. Mevcut/yapılacak yapının imalatı aşamasında ya da yapı tamamlandıktan sonra, izleme amacıyla yapılan ölçümlerde, örneğin yer altı suyu seviyesi düşürme çalışmalarında, kazılarda, dolgularda ve yer altı yapılarında, yer altı suyu ölçüm noktaları beklenen değişiklikleri yansıtacak şekilde seçilmedir.
5. Referans oluşturması amacıyla yer altı suyundaki doğal değişimler belirlenmeli, mümkünse projeden etkilenen alanın dışında da gözlem yapılmalıdır.
6. Zemin ya da kaya tabakasında amaçlanan noktada boşluk suyu basıncını belirleyecek ölçümlerin elde edilebilmesi için ölçülen noktanın diğer tabakalardan veya akiferlerden etkilenmemesi için yeterince yalıtıldığından emin olunmalıdır.
7. Kullanılacak ölçüm kriterleri ilk okumalarda gözlenen değişimler dikkate alınarak belirlenmelidir.

8. Sondajlarda gün sonunda yapılan su seviyesi ölçümü ile ertesi gün başında (delgi başlamadan) yapılan su seviyesi ölçümü yer altı suyu durumunu gösteren önemli bir gösterge olup kayıt edilmelidir.
9. Sondaj sırasında ani su gelişi veya kaybı önemli bilgiler olduğundan kayıt edilmelidir.
10. Yer altı suyu seviyesi altında yapılacak kazılarda, kazı çukuru içerisinde kalacak sondaj kuyuları, kazı içerisine su gelişinin engellenmesi için enjeksiyonlanarak kapatılmalıdır.
11. Çalışma alanında yer altı suyuna rastlanması ve yer altı su seviyesinin temel seviyesine yakın olması durumunda, yer altı suyunun kimyasal özellikleri açısından betona ve diğer imalatlara yapabileceği zararlı etkilerin belirlenmesi, yer altı drenaj sistemlerinde ve filtrelerde tıkanma ve buna benzer etkiler nedeniyle oluşacak risklerin ortaya konulabilmesi, yapım işleri sonucunda yer altı suyunda meydana gelen kalite değişikliklerinin tanımlaması ve yapı malzemeleri için karışım suyu olarak uygunluğunun tespit edilebilmesi için yer altı suyu numuneleri alınmalı ve bu numuneler tutanak ile etiketlenmelidir.
12. Yer altı suyu numuneleri üzerinde laboratuvar deneyleri (sülfat içeriği, pH (TS EN ISO 10523) vb.), hidrojeolojik deneyler TS EN ISO 22282-1'e göre yapılmalı ve sonuçları raporda verilmelidir.
13. Delikli PVC boru ile teçhiz edilmiş olan sondaj kuyularında, sondaj sıvısı kullanılmış ise sondaj kuyusu boşaltıldıktan sonra yer altı suyu seviyesi ve debisi ölçümü yapılmalıdır.
14. Sondaj kuyusundaki yer altı suyu gözlemleri ve ölçümleri yer altı suyu seviyesinin kuyuda dengeye ulaşmasına yetecek kadar uzun bir süre boyunca yapılacaktır. Su seviyesi en az ikişer gün ara ile yapılacak 3 ardışık ölçümde aynı seviyede kalmış ise dengeye ulaşmış kabul edilir. Ölçümler sonunda yer altı suyu seviyesinde değişim devam ettiği takdirde bu durum raporda belirtilmeli, seviye ölçümleri tablo halinde raporda verilmelidir.
15. Yer altı suyu laboratuvar deney sonuçları değerlendirilerek buna ilişkin sonuçlar raporda belirtilmelidir.

c) Kontrol Etütlerinin Kapsamı

Arazi çalışmalarının üzerinden 1 yıldan fazla zaman geçmesi, parsel topoğrafyasının değişmesi (dolgu veya kazı nedeniyle), çevredeki yapılaşma nedeni ile parsele komşu iksa yapılarının yapılması, yer altı suyu seviyesinde değişiklik olması, parselin doğal afetlerden etkilenmesi, komşu parsellerdeki yapılaşmaya bağlı geri dolgu yapılması durumunda ilave kontrol etütleri yapılmalıdır.

Ayrıca tasarım etütleri safhasında belirlenen zemin ve yer altı suyu koşullarının teyidi ve/veya proje revizyonundan dolayı ihtiyaç duyulan ilave zemin incelemeleri (arazi ve laboratuvar deneyleri, jeofizik çalışmalar vb.) için kontrol etütleri yapılabilir.

5.7.6.3. Kategori 3 Etüt Kapsamı

Kategori 2'ye giren etütlerin kapsamına ek olarak Kategori 3'e giren etütlerde işin özelliğini gerektiren çalışmalar yapılmalıdır. Özel bir deney veya etüt uygulandığında takip edilen yöntem, deney usulleri ve yorumu ile ilgili hususlar belgelenmeli ve kaynak gösterilmelidir.

Ayrıca sahaya özel deprem tehlikesinin belirlenmesi, deprem etkisi altında doğrusal olmayan zemin davranış analizleri, deprem etkisi altında doğrusal olmayan yapı-kazık-zemin etkileşimi analizleri için yapılan zemin ve temel etütleri de Kategori 3 kapsamında olup Zemin ve Temel Etüdünün planlanması aşamasında, belli ise Tasarım Gözetimi ve Kontrolü hizmetini veren kişinin görüşlerinin alınması önerilir.

Etüt kapsamı belirlenirken yapının hangi yönden (yapı bileşenlerinin özellikleri, zemin birimlerinin özellikleri, civar yapılar, yer altı suyu, bölgesel deprem özellikleri veya çevre koşulları) Kategori 3'e girdiği dikkate alınmalı ve yapılacak ek araştırmalar bu doğrultuda gerekli bilgileri elde edecek şekilde planlanmalıdır.

Kategori 3'e giren zemin ve temel etütlerinde, Kategori 2 için belirtilen zemin ve temel etüdü çalışmalarının yanında Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (TBDY) belirtilen "Deprem Etkisi Altında Sahaya Özel Zemin Davranış Analizleri" için gerekli tüm arazi ve laboratuvar çalışmaları da yapılmalıdır.

5.7.7. Zemin ve Temel Etüdü Raporu

Zemin ve temel etüdü raporu üç kısımda sunulur. Birinci kısımda mevcut zeminle ilgili ve gerekiyorsa jeolojik özellikler ile ilgili veriler, ikinci bölümde verilerin değerlendirilmesi, kabul edilen zemin parametreleri ve izahı, üçüncü kısımda (sonuç ve öneriler) zemin temel ön tasarımı ve inşaat tarzı yer alır. Rapor, önemsiz ve sorunsuz işlerde birkaç sayfa olabileceği gibi gerekli durumlarda çok kapsamlı da olabilir.

5.7.7.1. Zemin Bilgi ve Verilerinin Sunulması

Bu kısımda arazi ve laboratuvar çalışmaları ve bunların sonuçları, kullanılan yöntemler yer alacaktır. Gerektiği ve ilgili olduğu hallerde dâhil edilebilecek hususlar aşağıda verilmiştir.

- Etüdün amaç ve kapsamı
- Projenin kısa tanıtımı, yapılacağı alan, yapıların büyüklüğü, taşıyıcı sistemi, geometrisi, beklenen yükler, yapı elemanları, inşaat malzemeleri
- Ön görülen etüt kategorisi
- Arazi ve laboratuvar çalışmalarının tarihleri
- Kullanılan arazi ekipmanı
- İlgili firmalar ve danışmanların adları
- Arazi gözlemleri

1. Yer altı suyu mevcudiyeti ve seviye gözlemleri
2. Komşu yapıların davranışı
3. Faylar
4. Mevcut kazılar ve ocakların gözlem sonucu
5. Stabilize yönünden sorunlu bölgeler
6. Kazı güçlükleri
   - Seçilen yerin tarihçesi
   - Seçilen yerin jeolojisi
   - Varsa hava fotoğraflarından elde edilen bulgular
   - Yerel sismisite
   - Arazi ve laboratuvar çalışmalarının tablolarla sunulması, sondaj ve arazi çalışmalarına katılan personelin gözlemleri
   - Arazi tanımlamaları ve laboratuvar deneylerine dayalı olarak zemin tabakakalarının belirlenmesi yolu ile sondaj loglarının derlenmesi (Laboratuvar ve arazi deney sonuçları gruplanarak ekte verilecektir.).

5.7.7.2. Zemin Verilerinin Değerlendirilmesi

Verilerin değerlendirilmesinde aşağıdaki hususlar yer almalıdır.

1. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının özeti, varsa eksik veriler. Yanlış veya geçersiz veriler varsa bunların belirtilmesi, mühendisin kendi görüş ve yorumları. Beklenmeyen deney sonuçlarının dikkatle incelenmesi, bunların yanlış veya doğru ve gerçek durumu yansıtır olup olmadığının incelenmesi.

2. Gerekirse yapılacak ek arazi ve laboratuvar çalışmalarının tarifi ve bu yönde öneriler ve bunların gerekçesi.

Gerekli ve ilgili olduğu hallerde dâhil edilecek hususlar aşağıda verilmiştir.

- Arazi ve laboratuvar verilerinin tablolar, grafikler halinde verilmesi, bunların projede istenen koşullar ile ilgisi, gerekirse değerlerin aralıklarını gösterir histogramlar
- Yer altı su tablası seviyesi ve mevsimsel değişimleri
- Yer altı tabakalarının farklılıkları ile beraber gösterimi
- Her formasyonun detaylı tarifi, çeşitli fiziksel, mukavemet, sıkışabilirlik özelliklerinin tanımı, cep, boşluk gibi kısımların durumu ve bunların etkisi
- Her tabaka için zemin değerlerinin sınırları (Bu değerler tasarım için en uygun değerlerin seçiminde yol gösterici olacak şekilde sunulmalıdır.)

Tasarım etütleri kapsamında zemin ve kaya birimlerine ait hangi özelliklerin belirlenmesi gerekir. Yazınız.

Kategori 3 kapsamında inşa edilecek yapı türlerini yazınız.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

5.8 UYGULAMA

12 DERS SAATİ

ZEMİN JEOLOJİK ETÜTLERİ

Bu çalışmanın amacı, zemin jeolojik etütleri ile ilgili uygulamalar yapmaktır.

GÖREV

Zemin jeolojik etüt uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

Jeolojik Kategori 2 kapsamında 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş Depremleri sonucunda ağır hasar alarak yıkılan Hatay Devlet Hastanesi yeniden inşa edilecektir.

İstenenler

Hatay Devlet Hastanesi'nin inşa edileceği yerin zemin jeolojik etütlerinden tasarım etütleri kapsamında yapılması gereken uygulamaları belirleyiniz.

YÖNERGE

- Çalışmanızda bölgenin zemin özellikleri ile ilgi daha önce etüt çalışmalarının yapılıp yapılmadığına dikkat ediniz.
- Çalışmanızda jeolojik tasarım etütleri kapsamında yapılan çalışmaların sıralamasına dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Sizlere verilen kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Zemin sınıfı, kıvamı, sıkılığı, indeks ve fiziksel özelliklerin belirlenmesi deney ve çalışmaların planlaması yapılır.
2. Zeminde yanal ve düşey yöndeki değişimler incelenir.
3. Zeminin litolojik ve stratigrafik özelliklerinin incelenmesine yönelik planlama yapılır.
4. Zeminin mukavemet parametrelerinin belirlenmesi planlaması yapılır.
5. Zemin gerilme-deformasyon ilişkileri ve modüllerin belirlenmesi planlaması yapılır.
6. Sıkışabilirlik özelliklerinin tespiti için gerekli çalışmaların planlaması yapılır.
7. Zeminin şişme, oturma, çökme, karstik boşluk, sıvılaşma potansiyeli tespit edilir.
8. Zeminde kayalık olması durumunda kayalardaki ayrışma durumu, kaya kalitesi, kayaların dayanımı belirleme çalışmaları planlaması yapılır.

9. Faylar ve süreksizliklerin durumu inceleme planlaması yapılır.
10. Atık veya yapay dolgu varsa özellikleri incelenir.
11. V_{S30} kayma dalgası hızı, yerin altının esneklik direnişleri, zeminin iletkenliği ve korozyon etkisi durumları inceleme planlaması yapılır.
12. Yer altı suyunun varlığı ve derinliği ile ilgili incelemeler yapılır.
13. Yer altı suyunun ve zeminin betona ve betonarme yapı elemanlarına olası zararlı etkileri araştırılır.
14. Yer altı suyu taşıyan birimin niteliği (serbest akifer, basınçlı akifer, tünek akifer, mercek/sızıntı suyu vb.) ve olası zararlı çevresel etkileri belirlenir.
15. Yer altı suyu depolama ve iletme (permeabilite) özellikleri tespit edilir.
16. Bölgesel don derinliği tespit edilir.
17. Araştırma çukurlarından elde edilen veriler belirlenir ve raporlanır.
18. Yapı etki bölgesindeki zemin birimlerinin yatay ve düşey yöndeki dağılımı ile fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için uygun yerlerde, sayıda ve derinlikte sondaj planlaması yapılır.
19. Zeminden numuneler alınması için çalışma planı hazırlanır.
20. Zeminin fiziksel, mekanik ve dinamik özellikleri araştırılır.
21. Bölgenin karstik boşlukları hakkında bilgiler toplanır.
22. Bölgenin zemin yapay dolgu alanları araştırılır ve belirlenir.
23. Bölgenin potansiyel veya mevcut kütle hareketleri durumu incelenir.
24. Zeminin sıvılaşma potansiyeli ve taşıma gücü hakkında gerekli çalışmalar ve incelemeler yapılır.
25. Deprem dalgalarının yayılma özellikleri, frekans içerikleri ve büyütme özellikleri belirlenir.
26. Yer altı suyunun varlığı, derinliği ve yanal yöndeki değişimi incelenir.
27. Yer altında gömülü doğal ya da yapay yapılar incelenir.
28. Zeminde olabilecek problemlerin çözümüne katkı sağlayacak tamamlayıcı verilerin belirlenmesinde yeterli detayda belirlenecek şekilde planlama yapılır.
29. Jeofizik araştırmaların yapılacağı yerlerin seçimi, zemin ve temel etüt ekibi çalışmaları planlanır.
30. Vaziyet planı ve plankote üzerine kot ve koordinatlar verilerek işlenir ve raporda sunulur.
31. Bölge zemini ile ilgili jeofizik araştırmalar kapsamında elektrik yöntemleri, sismik kırılma ölçümü yöntemi, sismik yansıma yöntemi, aktif ve pasif kaynaklı yüzey dalgası analizi, yer radarı yöntemi, kuyu logu ve kuyu içi sismik ölçümü, arazi deneyleri planlaması yapılır.
32. Bölgenin hidrojeoloji araştırmaları planlaması yapılır.
33. Kategori 2 kapsamında zemin ve temel etüdü raporu hazırlanır.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	Hayır
1	Zemin sınıfı, kıvamı, sıkılığı, indeks ve fiziksel özelliklerin belirlenmesi için deney ve gerekli çalışmalar belirlendi mi?		
2	Zeminde yanal ve düşey yöndeki değişimlerin inceleme planı yapıldı mı?		
3	Zeminin litolojik ve stratigrafik özellikleri incelendi mi?		
4	Zeminin mukavemet parametrelerinin belirlenmesi için çalışma planı yapıldı mı?		
5	Zemin gerilme-deformasyon ilişkileri ve modüllerin belirlenmesine yönelik çalışma planı hazırlandı mı?		
6	Zeminin sıkışabilirlik özelliklerinin tespiti için çalışma planı yapıldı mı?		
7	Zeminin şişme, oturma, çökme, karstik boşluk, sıvılaşma potansiyeli tespit edildi mi?		
8	Zeminde kayalık olması durumunda kayalardaki ayrışma durumu, kaya kalitesi, kayaların dayanımı çalışmaları planlandı mı?		
9	Faylar ve süreksizliklerin durumu incelenmesine yönelik çalışma planı hazırlandı mı?		
10	Atık veya yapay dolgu varsa özellikleri incelendi mi?		
11	V_{s30} kayma dalgası hızı, yerin altının esneklik direnişleri, zeminin iletkenliği ve korozyon etkisi durumlarının incelenmesi için çalışma planı yapıldı mı?		
12	Yer altı suyunun varlığı ve derinliği ile ilgili inceleme planı yapıldı mı?		
13	Yer altı suyunun ve zeminin betona ve betonarme yapı elemanlarına olası zararlı etkileri araştırıldı mı?		
14	Yer altı suyu taşıyan birimin niteliğinin (serbest akifer, basınçlı akifer, tünek akifer, mercek/sızıntı suyu vb.) ve olası zararlı çevresel etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışma planı hazırlandı mı?		
15	Yer altı suyu depolama ve iletme (permeabilite) özelliklerinin tespiti için planlama yapıldı mı?		
16	Bölgesel don derinliği tespit edildi mi?		
17	Araştırma çukurlarından elde edilen veriler belirlenip raporlandı mı?		
18	Yapı etki bölgesindeki zemin birimlerinin yatay ve düşey yöndeki dağılımı ile fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için uygun yerlerde, sayıda ve derinlikte sondajlar için çalışma planı hazırlandı mı?		
19	Zeminden numuneler alma planı hazırlandı mı?		
20	Zeminin fiziksel, mekanik ve dinamik özelliklerinin araştırılmasına yönelik çalışma planı hazırlandı mı?		
21	Bölgenin karstik boşlukları hakkında bilgiler toplandı mı?		
22	Bölgenin zemin yapay dolgu alanları araştırılıp belirlendi mi?		
23	Bölgenin potansiyel veya mevcut kütle hareketleri durumu incelendi mi?		
24	Zeminin sıvılaşma potansiyeli ve taşıma gücü hakkında gerekli çalışmalar ve incelemeler için çalışma planı yapıldı mı?		
25	Deprem dalgalarının yayılma özellikleri, frekans içerikleri ve büyütme özellikleri belirlendi mi?		
26	Yer altı suyunun varlığı, derinliği ve yanal yöndeki değişimi incelendi mi?		

27	Yer altında gömülü doğal ya da yapay yapılar için çalışma planı hazırlandı mı?		
28	Zeminde olabilecek problemlerin çözümüne katkı sağlayacak tamamlayıcı verilerin belirlenmesinde yeterli detayda belirlenecek şekilde planlama yapıldı mı?		
29	Jeofizik araştırmaların yapılacağı yerlerin seçimi zemin ve temel etüt ekibi çalışma planı yapıldı mı?		
30	Vaziyet planı ve plankote üzerine kot ve koordinat verilerek işlenip raporda sunuldu mu?		
31	Bölge zemini ile ilgili jeofizik araştırmalar kapsamında elektrik yöntemleri, sismik kırılma ölçümü yöntemi, sismik yansıma yöntemi, aktif ve pasif kaynaklı yüzey dalgası analizi, yer radarı yöntemi, kuyu logu ve kuyu içi sismik ölçümü, arazi deneyleri planlaması yapıldı mı?		
32	Bölgenin hidrojeoloji araştırmaları çalışma planı hazırlandı mı?		
33	Kategori 2 kapsamında zemin ve temel etüdü raporu hazırlandı mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	60	30	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

BİLGİ KUTUSU

Yapısal jeoloji ve aktif tektonik bakımdan inceleme alanı ve bölgenin yapısal jeolojisi, bölgedeki ana yapısal unsurların kıvrımları, kırıklar, varsa bindirme zonlarını gösteren jeolojik harita ve kesitler hazırlanır. Özellikle kırık sistemleri, oluşumu, konumu, tipi, hâlihazırda aktif olup olmadığı, sistemin biçimi, fayın cinsi, aktivitesi gibi hususlar belirtilerek, böyle bir kırığın hangi büyüklükte bir depreme kaynaklık ettiği ya da edebileceği, yatay ve düşey atım miktarı belirtilir.

Kırık sisteminin aktifliğinde, geçmişte deprem üretmiş olan kırıklar ve bu kırıkların potansiyelleri, inceleme alanına uzaklığı gibi bilgiler yer alır. Ayrıca inceleme alanı merkez olacak şekilde, çevresinde 50 km yarıçaplı bölgedeki diri fay haritası ve aletsel magnetüdü 4.0'dan büyük olan eski deprem merkez üsleri belirtilir ve bunlar ile ilgili değerlendirmeler yapılır. Varsa aktif fay etrafındaki tampon bölge mesafeleri belirlenir.

Arazi araştırmaları kapsamında kullanılan yöntem, araştırmalarda kullanılan araçların adı, özellikleri, ölçüm yapılacak sahanın özelliklerine göre ihtiyaç duyulan tüm jeofizik ölçümler (sismik yöntemler, elektrik yöntemler, mikrotremör çalışmaları vb.) ayrı ayrı yapılır. Sondaj logları ile korelasyonu yapılan değerlendirmeler (karstik ve erime boşlukları, süreksizlikler, zemin birimlerinin kalınlıkları) ayrıntılı raporda belirtilir.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

- Heyelanların (yamaç hareketlerinin) önlenmesi için yapılan çalışmalar hakkında araştırma yapınız ve edindiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.9. HEYELAN ETÜTLERİ

Kütle hareketleri meydana geldiği jeolojik formasyonun cinsi, yapısal özellikleri, fay, çatlak, şistozite, tabakalanma, ayrışma-dayanım ve yer altı suyu gibi birçok etkenlerin etkisi altında farklı geometrik yapıda (düzlemsel, dairesel, karışık), farklı hızda (çok hızlı, hızlı, yavaş, krip gibi) ve farklı yayılım özelliğinde gelişebilir.

5.9.1. Heyelanların Oluş Nedenleri ve Şekilleri

Toprak kayması olarak da ifade edilen heyelan; kaya, döküntü örtüsü ya da topraktan oluşan kütlenin, yer çekimi, su ve eğim gibi dış etkenlerin tetiklemesiyle yer değişmesi olarak tanımlanabilir. Heyelanlar türlerine göre gruplanırken hareket tipi, malzeme, toprak hareketinin hızı, yeni gelen malzemenin yayıldığı alanın geometrisi, toprağın yaşı, tetikleyici dış etmenler, ayrılan kütlenin kopma oranı, jeolojik yapı ve kayma düzlemi arasındaki ilişki, oluşum düzeyi, hareketliliğin konumu ve aktiflik durumu gibi faktörler göz önüne alınır.

1. Jeolojik Nedenler

- Zayıf malzeme
- Hassas malzeme
- Makaslamaya uğramış malzeme
- Eklemli ve fissürlü malzeme
- Tersine uzanan yapının kırılması (fay, uyumsuzluk, dokanak vb.)
- Tersine uzanan kütle süreksizliği (tabakalarıma, yapraklanma vb.)
- Geçirgenlikteki zıtlık
- Sertlikteki zıtlık (katı, plastik malzeme üzerindeki yoğun malzeme)

2. Morfolojik Nedenler

- Tektonik ve volkanik yükselme
- Buzul gerilemesi
- Yamaç topuğunun akarsu tarafından aşındırılması
- Yamaç topuğundaki dalga aşındırması
- Yamaç topuğundaki buzul aşındırması
- Yer altı aşındırması (çözülme, kanal sistemiyle aktarma)
- Yamaç üzerine veya yamacın tepesine yük konulması
- Bitki örtüsünün ortadan kaldırılması (orman yangınları, kuraklık)

3. Fiziksel Nedenler

- Şiddetli yağmurlar

- Karın hızlı erimesi
- Taşkın ve gelgit olayında suların hızlı çekilmesi
- Deprem
- Volkanik püskürme
- Çözülme
- Donma ve çözülme yoluyla ayrışma
- Şişme-büzülme yoluyla ayrışma
- Olağanüstü yağışların devam etmesi

4. İnsani Nedenler

- Yamacın veya topuğunun kazılması
- Yamaca veya tepesine yük konulması
- Göl suyu seviyesinin aşağı doğru çekilmesi
- Ormansızlaştırma
- Toprağı sulama
- Maden kazıları
- Yapay titreşimler
- Kullanımdan kaynaklanan su kaçakları

Heyelanın (yamaç hareketinin) hâkim tipine göre malzeme ve yamaç hareketleri aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

Düşme: Düşecek malzemenin ana birimden ayrılmasıyla başlar. Malzeme bundan sonra büyük ölçüde havada düşme, takla atma veya yuvarlanmayla yamaç aşağı taşınır.

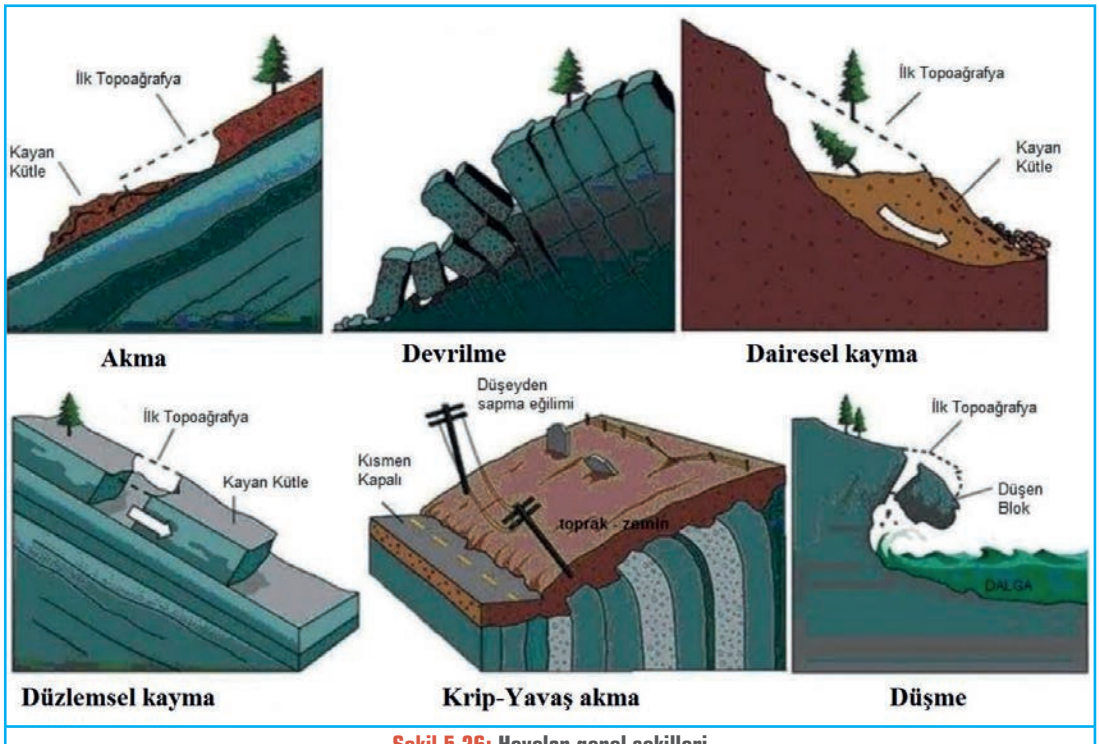
Jeolojik formasyonun cinsine göre kaya düşmesi, moloz düşmesi ve toprak düşmesi şeklinde adlandırılır. Jeolojik birimin cinsi, tabakalanma ve şistozite özellikleri, ayrışma, dayanım, süreksizlik özellikleri (çatlak ara uzaklıkları, çatlak açıklıkları, çatlak yüzey özellikleri, pürüzlülük, çatlak dolgu özellikleri ve çatlak yüzeylerindeki ayrışmalara bağlı olarak), bloklaşmış jeolojik yapıda yamaç molozu türündeki malzemede ve rezidüel veya taşınarak depolanmış zeminleşmiş birimlerde yer altı suyu durumu ve yüksek topoğrafik eğim koşullarında, topuk oyulmaları, donma-çözülme etkilerine bağlı olarak hidrostatik basınç etkisiyle kendi ağırlığı ile direk düşme, kopma şeklinde eğimin düştüğü düzlemlerde hareketin sonlandığı kayma türleridir (Şekil 5.26).

Devrilme: Bir zemin veya kaya kütlesinin yamaç dışına, kendi ağırlık merkezi altında bir nokta veya eksen boyunca öne doğru dönmesi, eğilmesi, devrilmesi ile oluşur. Kaya formasyonların yapısal özelliklerine ve devrilme olan yamaç eğimine bağlı olarak gelişmesi durumunda kaya düşmesi, eğimin yüksek olduğu yamaçlarda jeolojik birimin cinsine göre (yamaç molozu veya toprak, zemin olma durumuna göre) moloz devrilmesi veya toprak devrilmesi olarak adlandırılmıştır. Jeolojik formasyonun kaya olması durumunda bu birimin yapısal özellikleri (çatlak, tabaka ve şistozite özelliği, konumu ve yamaç düzlemi ile verdiği geometrik konuma göre) kinematik olarak tanımlanan kayma şeklidir. Bu yapısal özelliklere bağlı olarak yapısal özelliğin ekseninden dönme, devrilme şeklinde bir yenilme gerçekleşmektedir. Moloz ve toprak devrilmesi daha ziyade birimin kohezyonu ve yamaç eğimi daha etkin parametre olup yer altı suyu, çökelme hızı, geometrisi, donma-çözülme gibi etkiler de hareketin gerçekleşmesinde önemli etkenlerdir (Şekil 5.26).

Kayma: Bir kaya veya zemin kütlesinin kayma yüzeyleri veya ince ve yoğun bir makaslama bölgesi boyunca yamaç aşağı hareketidir. Kaymalar genel olarak dairesel kaymalar ve ötelenmeli düzlemsel kaymalar şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Dönel kaymalar; bloklaşmış kaya formasyonlarda tek dairesel kayma, moloz biriminde çoklu dairesel kayma veya zeminleşmiş birimlerde ardışık dairesel kayma olarak sınıflandırılır. Ötelenmeli düzlemsel kaymalar, kaya formasyonlarda süreksizlik düzlemlerinin konumu ve kesişimlerinin kayma yönü yüzeyle yaptığı arakesit oluşturma özelliğine bağlı olarak **düzlemsel kayma** ve **kama tipi kayma** olarak adlandırılır. Yamaç eğimine bağlı olarak jeolojik birimin cinsine ve tane dağılımına bağlı olarak (yamaç molozu veya toprak, zemin olma durumuna göre) **moloz kayması** ve **toprak kayması** olarak adlandırılmıştır (Şekil 5.26).

Yayılma: Kohezyonlu zemin veya kaya kütlesinin alttaki yumuşak tabaka içinde kırılarak batması sonucu uzamasıdır. Bu türde kayma yüzeyi yoğun makaslama yüzeyi oluşturmaz. Yayılma daha yumuşak zeminin sıvılaşması, akması, dışarı itilmesi veya genişlemesi sonucu belirebilir.

Akma: Makaslama yüzeylerinin çok sık ancak kalıcı ve belirgin olmadığı üç boyutlu sürekli bir harekettir. Hareket eden kütle içinde hız dağılımı akışkan sıvıdakine benzer. Akmalar genel olarak parçalı kaya, moren ve moloz birimlerinde moloz akması şeklinde tabandaki dayanımlı ve sağlam formasyonun sınırının geometrisine bağlı olarak veya vadiler boyunca moloz akması şeklinde kendini gösterir. Toprak akması ise ayrık zemin birimlerinin veya rezidüel zeminin su içeriğine bağlı olarak sıvı hale gelmesi ile toprak veya çamur akması şeklinde izlenir (Şekil 5.26).



Şekil 5.26: Heyelan genel şekilleri

Heyelanlar aşağı kısımlara doğru yamaç, oyuntu, derecik ve yan dereler boyunca moloz akması şeklinde hareket ederek sel ve taşkın boyutunu artırmaktadır. Moloz akmalarına karşı harçlı ıslah şekilleri, istinat, saptırma ve durdurma duvarları, miks eşik ıslah sekileri, saptırma kanalları vb. başlıca korunma ve kontrol teknikleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin uygulanmasıyla moloz akmalarının kritik bölgelere ulaşmadan yönleri değiştirilmekte veya hızları kesilmekte ya da durdurulmaktadır. Aynı zamanda inşa edildiği alanda kıyı göçmeleri ve kaymalarına karşı topuk oluşumunu sağlayarak yamacın kaymaya karşı direncini artırmaktadır.

5.9.2. Jeofizik Yöntemler (Özdirenç, Doğal Gerilim, Sismik ve Mikro Sismik)

Toprak hareketin takibi, bölgenin korunması için alınması gereken önlemlerin belirlenmesinde yüksek önem taşır. Hareketin nasıl devam edeceğini belirlemek olası kayıpları engellemenin en etkili yöntemlerindendir. Toprak hareket olasılıklarını belirlerken alanın duraylığı takip edilmelidir. Duraylık tanım olarak cismin konumunu koruması koşuludur. Toprak hareketlerinin başlıca sebebi şev duraysızlığıdır. Bu kavramı da şevi oluşturan materyalin aşağı yönde stabilitesini kaybetmesi olarak tanımlayabiliriz. Hareket karakterinin betimlenmesi için aşağıda yer alan jeolojik tekniklerden destek alınır.

İnklinometre: Toprak hareketleri ve zemin deformasyonlarının ölçülmesinde en sık kullanılan yöntemler arasında yer alır. Ölçümler sahada belli aralıklarla açılan inklinometre sondaj kuyularında belirlenen derinlikte, düzenli aralıklarla inklinometre cihazı aracılığıyla yapılır.

Piyozometre: Zeminde yer alan suyun basıncını ölçmekte kullanılan araçlara piyozometre adı verilir. Farklı derinliklerdeki basınç cihaz aracılığıyla ölçülür ve özelleşmiş bir yazılım aracığıyla grafik verilere dönüştürülür.

Manyetik Oturma Kolonları: İnklinometre borularının yakınına konumlandırılarak kullanılır. Oturma kolonları, kuyu içerisinde bulunan boruya yerleştirilmiş manyetik halkalardan oluşur. İki halkanın düşey hareketi ölçülür ve özelleşmiş bir yazılımla veri aktarımı yapılır.

Şev Stabilite Analizi: Zemin yüzeylerinin geometrik biçimine **şev** denir. Şev stabilitesi analizi; limit denge ve çoklu elemanlar yöntemi, 2 boyut/3 boyut etkisi yöntemleriyle yapılabilir.

5.9.2.1. Toprak Stabilitesini Ölçmede Kullanılan Jeofizik Teknikler

Heyelanların jeofizik özellikleri takip edilerek olası toprak hareketleri hakkında tahmin yürütülebilir. Bu kapsamda kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Elektrik Özdirenç: Yer altı jeolojik yapısını elektrik özdirencine göre haritaya dökmek olarak tanımlanabilir.

Doğal Gerilimi (Doğal Potansiyel): Yerin kendi doğal potansiyeli kullanılarak iki nokta arasında oluşan gerilim farkının ölçülmesi yöntemidir.

Elektromanyetik: Yapay yer altı akımları oluşturularak gerilim farkının ölçülmesi yöntemidir.

Sismik Yansıma ve Sismik Kırılma: Yapay bir kaynak kullanılarak oluşturulan sismik dalgaların yansıma ve kırılma ile yol alış zamanlarının ölçülmesiyle analiz yapılır.

Yüzey Dalgalarının Analizi: Yöntem kırılma ve yansıma verilerini bir arada kaydedebildiği için artan popülariteye sahiptir.

Mikrotremor Ölçümleri: 0,01 ile 0,001 mm genliğe sahip, maksimum 20 saniye periyotlu küçük titreşimler yardımıyla yapılan ölçümdür.

Uydu Tabanlı Yöntemler: Toprağın yapısını ve olası hareketlerini belirlemek için gelişen teknolojiden faydalanılır. Son gelişmelerin ışığında uydu tabanlı yöntemlerle alanınızda yer alan toprağın yapısıyla ilgili detaylı bilgi toplanması ve bu verilerin sınıflandırılması çok daha detaylı olarak yapılabilir.

PSInSAR: Deprem, volkanik hareketler ve heyelan gibi etmenlerle oluşan deformasyon ve çökmelerin belirlenmesinde kullanılan yeni teknolojiler arasındadır. SAR uydu görüntüleri kullanılarak bir bölgedeki heyelan net bir şekilde belirlenebilmektedir. Bir zaman aralığında, heyelanın hareket miktarı zaman serileri yardımıyla gösterilir.

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin kısaltmasıdır. Bu yöntem yeryüzüne ait verilerin sanal ortama aktarılması, işlenmesi ve sınıflandırılması olarak tanımlanabilir. Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak uydu tabanlı verilerin ve heyelan mekanizmasında etkili olacak diğer verilerin işlenmesi ve analiz edilmesiyle Heyelan Duraylılık Haritaları hazırlanır.

5.9.3. Heyelanlara Karşı Arazi Etüdü ve Heyelan Plankotesinin Hazırlanması

Heyelanlara karşı gerekli tedbirlerin alınması ve heyelan plankotesinin hazırlanması aşamaları aşağıda verilmiştir.

1. Heyelanlı sahasında etütlerin yapılması, plankote ve acil önlemlerin alınması

- Jeolojik, hidrolojik, topoğrafik, geoteknik, su durumu ve çevre yapılarla ilgili bilgileri tespit etmeye yönelik etütlerin yapılması
- Heyelan sınırlarının, yönünün, heyelan öncesi durumu ve saha etütlerinden elde edilen verilerin plankote ve en kesitlere işlenmesi, kotlandırılması
- Heyelan probleminin çözüm projesi hazırlanmasına kadar alınması gereken acil önlemlerin tespit edilmesi

2. Heyelan sahasında detaylı araştırmalar yapılması

- Arazi deneylerinin (sondajlar, presiyometre deneyi, jeofizik etütler) yapılması
- Zemin-kaya mekaniği laboratuvar deneylerinin yapılması
- İnklinometre, piyezometre vb. ölçümlerin yapılması

3. Saha etüdü ve plankote bilgileri kapsamında kayma hareketlerinin tanımlanması parametrelerinin belirlenmesi

- Kayma yüzeyi derinliğinin belirlenmesi
- Kayma hareketinin tipinin belirlenmesi
- Kaymanın ekseni, yönü, boyutlarının belirlenmesi

4. Kayma hareketinin geoteknik bakımdan modellenmesi

- Kaymadan önceki durumun modellenerek geri analizle (G.S. = 1,00-1,05) kayma yüzeyine ait kayma dayanımı parametrelerinin belirlenmesi
- Geri analiz sonuçları ile araştırma çalışma sonuçlarının karşılaştırılması ve hesaplamalara esas kayma yüzeyi zemin kayma dayanımı parametreleri ve geometrisinin belirlenmesi

5. Heyelan probleminin çözüm ve uygulama projesinin hazırlanması

- Stabilite analizlerinin yapılması
- Önlemlerin etkisinin araştırılması, kısa ve uzun dönem stabilitesinin sağlanması (G.S. = 1,30 geri analizle)
- Drenaj etkisinin belirlenmesi
- Şev düzenlemesinin yapılması
- Topukta destek çalışmalarının yapılması
- Kazıklı, ankrajlı duvar sistemleri vb. çalışmalarının yapılması
- Drenaj (yatay dren, drenaj şaftı vb.) çalışmalarının yapılması

5.9.3.1. Karayolunda Heyelan Oluşumları, Heyelan Etüt, Araştırma Çalışmaları, Çözümler ve Önleyici Yapım Çalışmaları

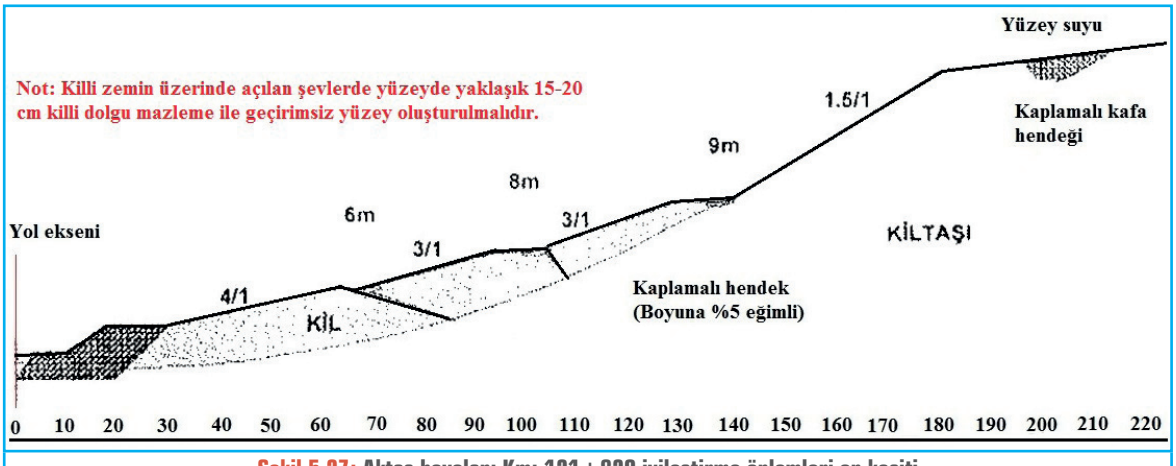
Karayollarında heyelanların oluşumuna yönelik etüt araştırma çalışmaları, heyelana karşı alınan geçici önlemler, geoteknik değerlendirmeler, şev stabilitesi analizleri, çözümleri ve heyelanı önlemeye yönelik yapım çalışmalarına ait uygulanmış bir örnek aşağıda verilmiştir.

Aktaş Heyelanı Oluşumu: Ankara-İstanbul D-100 Devlet Yolu'nun Km: 121+800-121+900 arasında ve yolun sağ yamacında kısa süre arayla ardalanmalı iki kez heyelan olmuştur. İlk ardalanma 2001 yılında sonbaharda aşırı yağışların etkisiyle olan yolun sağ platformunu içine alacak şekilde yamaç tarafında geriden gelen suları toplayan su hatlarının, suları killi siltli namlı malzemeden oluşan heyelan kütlesine taşması, heyelanın oluşumuna neden olmuştur. Birinci heyelan sonrası oluşan göllenmeye uygun çanaklardan ve çatlaklardan yüzey sularının içeri girmesi hareketin kısa süre sonra ikinci kez tekrarlanmasını getirmiştir. Mevcut devlet yolu trafiğe kapanmış, yamacı tutan şev dibindeki yaklaşık 1-2 m yüksekliğinde olan istinat duvarı kırılmış ve sağ taşıt yolu, refüj ile sol yolun bir kısmı yaklaşık 2 metre yükselerek topuk oluşturmuştur.

Aktaş Heyelanı Araştırma Çalışmaları ve Geçici Önlemler: Heyelanın plankote en kesit ve sondajlarla incelenmesinden sonra; kısa dönemde heyelanın ilerlemesini önleyici olarak heyelan oluşmuş şev geçici olarak sıyırma kazısıyla düzenlenerek mevcut çatlaklar kapatılmış, yüzey sularının akışı ve su hattı yeniden düzenlenerek suyun uygun şekilde deşarjı sağlanmıştır. Alınan bu geçici acil önlemlerden sonra heyelanın hızı oldukça yavaşlamıştır. Kalıcı önlemleri içeren iyileştirme projesinin hazırlanabilmesi için 6 adet sondaj yapılmış, yüzey jeolojisi, hidroloji, arazi gözlemleri, plankote, jeolojik en kesitler, boy kesitler hazırlanmıştır. Bu çalışmalara göre zemin; yaklaşık 1,5 m kalınlıkta değişen molozlu, çakıllı, kumlu-kil, bunun altında yaklaşık 3-7 m kalınlığında bozuşmuş kiltaşı ve en altta SPTN>50 değerinde olan kiltaşı birimleri gözlemlenmiştir.

Aktaş Heyelanı Araştırma Çalışmaları ve Geoteknik Değerlendirme: Heyelanın esas aynası şev dibinden itibaren yaklaşık 130 m, yamaç tarafında 10-15 m yüksekliğinde ve kireçtaşı blokları içeren kiltaşı özelliğindedir. Heyelan ayrışmış suya doygun kile dönüşmüş kiltaşının stabil kiltaşı üzerinde hareketi ile oluşmuştur. Dairesele yakın bir kayma geometrisi söz konusudur. Kayan heyelan malzemesi (bozuşmuş kiltaşı ve kil) heyelan sonrasında, sızan yağış sularının yumuşatma etkisi de dikkate alınarak stabilite hesaplarında kil olarak değerlendirilmiştir.

Aktaş Heyelanı Şev Stabilite Analizleri ve Çözümün Oluşturulması: Yağış ve boşluk suyu basıncındaki değişikliklere bağlı olarak su durumunda ve heyelan topoğrafyasında ikinci oluşan değişiklikler stabilite analizlerine yansıtılmıştır. Yine çözüm önerisi oluşturulurken drenaj tedbirleri ile stabilideki artış, şev düzenlemesinin etkisi, topukta uygulanacak destek dolgusunun etkisi değerlendirilmiştir (Şekil 5.27).



Şekil 5.27: Aktaş heyelanı Km: 121+820 iyileştirme önlemleri en kesiti

Heyelanın yola etkilerinin bertaraf edilmesi için alınan iyileştirme önlemleri kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir (Şekil 5.27).

- Yüzey sularının kafa hendeğiyle toplanması
- Palyelerde kaplamalı hendek yapılması
- Topukta oluşturulacak kaya dolgu altında borulu drenaj gibi drenaj tedbirleri ve heyelanlı gevşek malzemenin büyük ölçüde sıyırılıp atılmasına imkân verecek şekilde 3Y/1D eğimde şev yatırılması
- Topukta kaya dolgu ile destek oluşturulması

Ayrıca heyelan aynasında çekme çatlaklarını içine alacak şekilde şev düzenlemesi öngörülmüştür. Yapılan tüm düzenlemelerde drenaj tedbirlerinin etkisi göz önüne alınmış ancak söz konusu heyelanlı sahanın geniş bir alan oluşu ve killi geçirimsiz zeminden planlanan şekilde drenaj tedbirleriyle suyun yeterince uzaklaştırılamayacağı göz önüne alınarak yolun ömrü nedeniyle kaya dolgu gibi destek yapısı ek olarak değerlendirilmiştir.

Aktaş Heyelanı Önleyici Yapım Çalışmaları: Heyelan öteleyici imalatları, özellikte topukta oluşturulacak kaya dolgusunun teşkili sırasında yapılacak kazının güvenliği için kuru mevsimde yapılması; kaya destek dolgusunun stabil kiltaşı soketlenmesi, şev düzenlemesinin öncelikle yapılarak yük hafifletilmesi; şev ve topuk dolgusu tabanındaki drenaj; boyuna yönde aşamalı kazı ile hemen geri dolgu yapılarak kaya dolgunun teşkili planlanmıştır. Hâlihazırda heyelanlı alanda kayan kütle tarafında şev düzenlemesi tamamlanmış, topukta projede belirtildiği şekilde altta drenaj tedbirleriyle birlikte boyuna yönde kademeli kazıyla topuktaki kaya dolgusunun imalatı tamamlanmak üzere yüzey ve yer altı suyu drenajı çalışmaları yürütülmüştür.

SIRA SİZDE

Heyelanların jeolojik ve fiziki nedenlerini yazınız.

SIRA SİZDE

Toprak stabilitesini ölçmek için kullanılan jeofizik yöntemlerin adlarını yazınız.

Bu uygulama öğretmen ile yapılacaktır.

5.10 UYGULAMA

4 DERS SAATİ

HEYELAN ETÜTLERİ

Bu çalışmanın amacı, heyelan etütleri ve heyelan sahasında önleyici tedbirler ile ilgili çalışmaların planlanması uygulamaları yapmaktır.

GÖREV

Heyelan etütleri, projelendirme ve heyelan sahasında önleyici tedbirler ile ilgili planlama uygulamalarını, aşağıdaki işlem basamaklarını ve verileri dikkate alarak öğretmeninizin gözetiminde yerine getiriniz.

Verilenler

Bakacak Heyelanı, D-100 karayolunun üzerindeki Bolu Dağı Geçişi olarak bilinen Kuzey Anadolu Fay Zonu heyelanlı saha içinde yer almakta olup nemli bir meteorolojik kuşak içerisindedir. 1995 yılında Bakacak mevkiinde meydana gelen stabilite bozukları için en kritik olan 90 m'lik kesimde sığ yer alt suyu ve yüzey suyu drenajı ve kazıklı dayanma yapısı çözümleri uygulanmıştır. Yoğun trafik akışının rahatlatılması amacıyla 1997 yılında ülkemizin trafiğinde ana arter konumundaki söz konusu kesimin kapasitesinin arttırılması ve standardının yükseltilmesi için yol bölünmüş yola dönüştürülmüştür. Proje çalışmaları sırasında ağır trafik koşulları altında sürdürülen yapım çalışmaları planlanırken Bakacak, Kabaclar ve Taşaltı gibi en kritik üç büyük heyelan bölgesi özel olarak inceleme kapsamına alınarak projelendirilmiştir.

İstenenler

Bakacak heyelan bölgesi araştırma çalışmaları ve geoteknik değerlendirmelerini, çözümleri, heyelan bölgesi önleyici tedbir, etüt ve yapım çalışmaları planlamalarını sıralayınız.

YÖNERGE

- Çalışmanızda heyelan etütleri akış sıralamasına dikkat ediniz.
- Çalışmanız aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Sizlere verilen kontrol listesinde bu ölçütleri daha net görebilirsiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Bakacak heyelan sahası jeolojik, hidrolojik, topoğrafik, geoteknik, su durumu ve çevre yapılarla ilgili bilgileri tespit etmeye yönelik hangi etütlerin yapılacağı belirlenir.
2. Bakacak heyelan sınırlarının, yönünün, heyelan öncesi durumu ve saha etütlerinden elde edilen verilerin plankote, en kesitlere işlenmesi ve kotlandırması planlaması yapılır.
3. Bakacak heyelan probleminin çözüm projesi hazırlanmasına kadar alınması gereken acil önlemler tespit edilir.
4. Arazi deneylerinden (sondajlar, presiyometre deneyi, jeofizik etütler) hangilerinin yapılacağı belirlenir.

5. Zemin-kaya mekaniği laboratuvar deneylerinden hangilerinin yapılacağı belirlenir.
6. İnklinometre, piyezometre vb. ölçümlerden hangilerinin yapılacağı belirlenir.
7. Kayma yüzeyi derinliği belirlenir.
8. Kayma hareketlerinin tipi tespit edilir.
9. Kaymanın ekseni, yönü ve boyutları belirlenir.
10. Kaymadan önceki durumun modellenerek geri analizle kayma yüzeyine ait kayma dayanımı parametreleri belirlenir.
11. Geri analiz sonuçları ile araştırma çalışma sonuçlarının karşılaştırılması ve hesaplamalara esas kayma yüzeyi zemin kayma dayanımı parametrelerinin ve geometrisinin belirlenmesi için planlama yapılır.
12. Stabilite analizleri planlaması yapılır.
13. Önlemlerin etkisinin araştırılması, kısa ve uzun dönem stabilitesinin sağlanması çalışmaları planlaması yapılır.
14. Drenaj etkisinin belirlenmesi çalışmaları planlanır.
15. Şev düzenlemesi çalışmaları planlanır.
16. Topukta destek çalışmaları planlaması yapılır.
17. Kazıklı, ankrajlı duvar sistemleri vb. çalışmaların planlaması yapılır.
18. Drenaj (yatay dren, drenaj şaftı vb.) çalışmalarının planlaması yapılır.
19. Bakacak heyelanı yapılan çalışmalar ve çözümler raporu hazırlanır.

Bakacak Heyelanı Çalışmalar ve Çözümler Raporu

Bolu Dağı geçişinde otoyolun ileride yakın dönemde açılması planlandığından ve trafiğin önemli bir bölümü otoyola kayacağından en önemlisi de ağır trafik altında mevcut trafiği etkilemeden yapılabilirliği öne çıkması nedeniyle yol dolgusunun dayanma yapısı ile tutulması ve drenaj önlemlerinin alınması çözümü üzerinde çalışmalar yürütülmüştür.

Uzun dönemde stabilitenin korunması için dayanma yapısı önündeki kütlenin bir kısmının zaman içinde kayabileceği düşünülmüştür. Dayanma yapısı olarak kayaya 5 m soketli 2 m çaplı teğet kazıkların 4 sıra öngermeli ankrajlarla desteklenmesi durumu için Plaxsis yazılımı ile yapılan analizlerde yeterli güvenliğin sağlandığı görülmüştür.

Kazık forajı sırasındaki örselenmeler dikkate alınarak soket boyları ve kazık boyları yapım sırasında revize edilmiştir. 12 Kasım 1999 tarihinde merkez üssü Düzce, büyüklüğü 7,2 olan deprem sonrasında Bakacak ve benzer çözümlerin uygulandığı Kabaclar, Taşaltı ve Varan heyelan bölgelerinde oluşan deformasyonlar kabul edilebilir sınırlar içinde kalmış olup projelerin ve uygulamaların yolun sismik stabilitesinin de sağladığı görülmüştür.

UYGULAMA KONTROLÜ

Bu uygulama kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için "Evet", kazanamadığınız beceriler için "Hayır" kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	ÖĞRENCİ UYGULAMA KONTROL LİSTESİ	Evet	
1	Bakacak heyelan sahası jeolojik, hidrolojik, topoğrafik, geoteknik, su durumu ve çevre yapılarla ilgili bilgileri tespit etmeye yönelik hangi etütlerin yapılacağı belirlendi mi?		
2	Bakacak heyelan sınırlarının, yönünün, heyelan öncesi durumu ve saha etütlerinden elde edilen verilerin plankote ve en kesitlere işlenmesi, kotlandırması ile ilgili planlama yapıldı mı?		
3	Bakacak heyelan bölgesi probleminin çözüm projesi hazırlanmasına kadar alınması gereken acil önlemler tespit edildi mi?		
4	Arazi deneylerinden (sondajlar, presiyometre deneyi, jeofizik etütler) hangilerinin yapılacağı belirlendi mi?		
5	Zemin-kaya mekaniği laboratuvar deneylerinden hangilerinin yapılacağı belirlendi mi?		
6	İnklinometre, piyezometre vb. ölçümlerin yapılacağı belirlendi mi?		
7	Kayma yüzeyi derinliği belirlendi mi?		
8	Kayma hareketlerinin tipi tespit edildi mi?		
9	Kaymanın ekseni, yönü, boyutları belirlendi mi?		
10	Kaymadan önceki durumun modellenerek geri analizle kayma yüzeyine ait kayma dayanımı parametreleri belirlenmesi için planlama yapıldı mı?		
11	Geri analiz sonuçları ile araştırma çalışma sonuçlarının karşılaştırılması ve hesaplamalara esas kayma yüzeyi zemin kayma dayanımı parametreleri ve geometrisi belirleme çalışmaları planlandı mı?		
12	Stabilite analizleri planlaması yapıldı mı?		
13	Önlemlerin etkisinin araştırılması, kısa ve uzun dönem stabilitesinin sağlanması çalışmaları planlaması yapıldı mı?		
14	Drenaj etkisi belirlemesi çalışmaları planlandı mı?		
15	Şev düzenlemesi çalışmaları planlaması yapıldı mı?		
16	Topukta destek çalışmaları planlaması yapıldı mı?		
17	Kazıklı, ankrajlı duvar sistemleri vb. çalışmaların planlaması yapıldı mı?		
18	Drenaj (yatay dren, drenaj şaftı vb.) çalışmaları planlaması yapıldı mı?		
19	Bakacak heyelan bölgesinde yapılan çalışmalar raporlandı mı?		

Aşağıda yer alan değerlendirme puanları, bilgi ve becerilerinizin ölçme değerlendirme işlemlerinde kullanılacağından ön bilgi olması amacıyla verilmiştir. Ana başlıklar hâlinde verilen bilgi, beceri, temizlik/düzen ve süre kullanım ölçütleri; ders öğretmeninin hazırlayacağı teorik ve uygulamalı beceri testleri doğrultusunda öğrenme birimi kazanım puanınızın belirlenmesi için kullanılacaktır.

DEĞERLENDİRME					
Değerlendirme Alanları	Bilgi	Beceri	Temizlik/Düzen	Süre Kullanımı	Toplam
Alanlara Verilen Puan	30	60	5	5	100
Takdir Edilen Puan					
Öğrencinin Adı Soyadı :		Numarası :		Onay :	
Öğretmenin Adı Soyadı :		Tarih : ..... /..... / 20.....			

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

Aşağıda verilen çoktan seçmeli test maddelerinden oluşan soruları cevaplayınız.

1. İçinde az veya çok oranda su bulunan killerdir. Kazıldıklarında çok yapışkandır ve kazıları güçtür.

Verilen tanım aşağıdaki gevşek zemin sınıflarından hangisidir?

A) Ağır veya killi zeminler
B) Hafif zeminler
C) Plastik killer
D) Tabaka halinde çürük kayalar
E) Kumlu zeminler

2. **Aşağıdakilerden hangisi çok sert kayalardandır?**

A) Arduvaz
B) Gre
C) Jips
D) Kuartz
E) Spat

3. İnce gradasyondaki kumu orta oranda, kili az ölçüde, silt danelerini de çok oranda içerir. Kuru iken topak halindedir. Ancak kolayca ufalanıp toz haline getirilebilir. Zemin elde yumuşak ve unumsu bir duyum verir.

Verilen bilgiler aşağıdaki zemin malzemelerinden hangisine aittir?

A) Kil
B) Killi lem
C) Organik killi zemin
D) Siltli lem
E) Turba

4. **Zeminler eğer kayanın aşınması sonucu oluşup yerinde kalıyorsa aşağıda verilen hangi zemin oluşumlarındandır?**

A) Ayrışmış zeminler
B) Dolgu zeminler
C) Organik zeminler
D) Taşınmış tortul (sedimenter) zeminler
E) Yerinde (residual) zeminler

5. **Zeminin boşluk hacmi ile toplam hacminin oranlanmasıyla aşağıdakilerden hangisi hesaplanır?**

A) Boşluk oranı
B) Doğal birim hacim ağırlık
C) Porozite
D) Tane birim hacim ağırlık
E) Tane kütlesi

6-11. soruları aşağıdaki veriler doğrultusunda cevaplayınız.

Suya doygun killi zemin numunesinin miktarı 500 gram ve kuru kütlesi 420 gramdır. Danelerin özgül ağırlığı 2,7 gr/cm³tür.

6. Suya doygun killi zemin numunesinin su içeriği (w) oranını hesaplayınız?

A) 0,19 **B)** 0,23 **C)** 0,26 **D)** 0,29 **E)** 0,32

7. Suya doygun killi zemin numunesinin boşluk (e) oranını hesaplayınız?

A) 0,354 **B)** 0,512 **C)** 0,513 **D)** 0,542 **E)** 0,653

8. Suya doygun killi zemin numunesinin porozite (n) oranını hesaplayınız?

A) 0,18 **B)** 0,22 **C)** 0,29 **D)** 0,34 **E)** 0,53

9. Suya doygun killi zemin numunesinin kuru birim hacim ağırlığı (γ_k) kaç gr/cm³tür?

A) 1,78 **B)** 1,73 **C)** 1,65 **D)** 1,58 **E)** 1,07

10. Suya doygun killi zemin numunesinin doygun birim hacim ağırlığı (γ_d) kaç gr/cm³tür?

A) 2,356 **B)** 2,385 **C)** 2,452 **D)** 2,535 **E)** 2,675

11. Suya doygun killi zemin numunesinin su altındaki birim hacim ağırlığı (γ´) kaç gr/cm³tür?

A) 2,03
B) 1,988
C) 1,757
D) 1,528
E) 1,385

12. Bir zeminden alınan numunedeki bileşenlere ait oranlar; %40 kil, %20 silt, %30 çakıl ve %10 kum olarak belirlenmiştir.

Bileşen oranları verilen zeminin, zemin sınıfı adlandırması aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) Çakıllı siltli kil
B) Çakıllı siltli kumlu kil
C) Siltli çakıllı kumlu kil
D) Killi çakıllı siltli kum
E) Killi kumlu çakıllı silt

13. Zemin malzemesinin akıcı (viskoz sıvı) kıvamdan plastik kıvama geçtiği sınır su muhtevasıdır.

Verilen tanım aşağıdakilerden hangisine aittir?

A) Likit limit
B) Kıvam indisi
C) Plastik limit
D) Rötre limit
E) Plastisite indisi

14-18. soruları aşağıdaki veriler doğrultusunda cevaplayınız.

Bir kil tabakasından alınan zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçları aşağıdaki gibidir.

Zeminin doğal su muhtevası, W_n = %35; likit limiti, W_L = %65, plastik limiti, W_p = %25; Zemin numunesindeki kil oranı %40, Doğal (örselenmemiş) serbest basınç mukavemeti 200 kN/m² olarak belirlenmiştir.

14. Zeminin plastisite indisini (I_P) hesaplayınız?

A) %35 **B)** %40 **C)** %43 **D)** %54 **E)** %58

15. Zeminin likitlik indisini (I_L) hesaplayınız?

A) 0,58 **B)** 0,49 **C)** 0,42 **D)** 0,34 **E)** 0,25

16. Zeminin relatif konsistansını (I_C) hesaplayınız?

A) 0,98 **B)** 0,94 **C)** 0,75 **D)** 0,71 **E)** 0,65

17. Zeminin aktivite katsayısını (A) hesaplayınız?

A) 1,0 **B)** 1,3 **C)** 1,52 **D)** 1,64 **E)** 2,0

18. Zeminin sensitivitesini (S_t) hesaplayınız?

A) 1,88 **B)** 1,95 **C)** 2,0 **D)** 2,35 **E)** 2,50

19. I. Temellerin oturacağı bir dolgu için normal şartlarda ortalama %88 proctor maksimum yoğunluğu yeterlidir.

II. Temellerin oturacağı bir dolgu için normal şartlarda en az %97 proctor yoğunluğu yeterlidir.

III. Boşluk hava hacmi %12'den daha az olmalıdır.

Zeminlerin sıkıştırılabilme özellikleri ile ilgili aşağıdaki seçeneklerde verilenlerden hangisi doğrudur?

A) Yalnız II **B)** I ve II **C)** I ve III **D)** II ve III **E)** I, II ve III

20. Aşağıdakilerden hangisi yapı yönünden Kategori1'e giren binalara örnek olarak verilebilir?

A) Küçük tip halk eğitim merkezi ve kütüphane
B) Sağlık meslek lisesi ve spor salonu
C) Hastane-dispanser (4 kat ve daha fazla olanlar)
D) 5000 kapasiteli ve üzeri büyük çaplı alışveriş merkezleri
E) Büyük açıklıklı köprüler

21. I. Sondaj sayısı en az 3 adet olacak şekilde yeter sayıda planlanmalıdır.

II. Sondajlar arasındaki mesafeler 40-50 m'yi geçmeyecek şekilde belirlenmelidir.

III. Sondaj kuyusu boyunca her 1,50 m'de bir Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmalıdır.

IV. Sondaj sayısı, taban alanı 1000 m^2'yi geçen binalarda birer adet bina köşelerinde ve 1 adet ortada olmak üzere en az 5 adet olacak şekilde planlanmalıdır.

V. Şevli yüzeylerde sondaj derinliği muhtemel kayma yüzeyinin altına inecek, kayma yüzeyi altındaki zemin birimleri de tespit edilebilecek şekilde seçilmelidir.

Sondajlar ile ilgili aşağıdaki seçeneklerde verilenlerden hangileri doğrudur?

A) Yalnız III
B) I, II ve IV
C) I, III ve IV
D) II, III ve V
E) I, II, III, IV ve V

22. Sondaj derinliği, kazıklı temel sistemlerinde öngörülen kazık uç kotundan başlamak üzere, kazık grubunun oluşturduğu dikdörtgenin kısa kenarı uzunluğu kadar seçilir.

Seçilen sondaj derinliği en az kaç metre olmalıdır?

A) 8
B) 6
C) 5
D) 4
E) 3

23. Aşağıdakilerden hangisi heyelanların oluş nedenlerinden jeolojik nedenler arasındadır?

A) Buzul gerilemesi
B) Deprem
C) Makaslamaya uğramış malzeme
D) Şiddetli yağmurlar
E) Yamaç topuğundaki buzul aşındırması

24. Zeminde yer alan suyun basıncını ölçmekte kullanılan araçlara verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

A) Casagrande
B) İnklinometre
C) Penetrometre
D) Piknometre
E) Piyozometre

25. Aşağıdakilerden hangisi Kategori 2 kapsamında yapılan tasarım etütlerinde zemin ve kaya birimleri özellikleri belirlenmesi kapsamında değildir?

A) Zemin sınıfı, kıvamı, sıkılığı, indeks ve fiziksel özellikleri
B) Yanal ve düşey yöndeki değişimleri
C) Topoğrafik durumun belirlenmesi
D) V_{S30} kayma dalgası hızı, yerin altının esneklik direnişleri, zeminin iletkenliği ve korozyon etkisi
E) Faylar ve süreksizliklerin durumu

26. Aşağıdakilerden hangisi Kategori 2 kapsamında yapılan tasarım etütlerinde yer altı suyu ile ilgili özelliklerin belirlenmesi kapsamında değildir?

A) Bölgesel don derinliği
B) Yüzey ve yer altı su kaynaklarının tespiti
C) Yer altı suyunun ve zeminin betona ve betonarme yapı elemanlarına olası zararlı etkileri
D) Yer altı suyunun varlığı ve derinliği
E) Yer altı suyu taşıyan birimin niteliği

27. Aşağıdakilerden hangisi Kategori 2 kapsamında yapılan ön etütlerde arazi çalışmaları kapsamındadır?

A) Bölgenin depremselliği
B) Bölgenin jeolojisi hakkında daha önce yapılan çalışmalar ve jeolojik haritalar
C) Komşu yapıların ve kazıların incelenmesi
D) Plankote
E) Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları

28. Betonarme yapıların donatı, pas payı ve beton kalınlık tespitleri aşağıda verilen hangi yöntemle yapılır?

A) Gravite Yöntemi
B) Manyetotellürik (MT) Yöntemi
C) Manyetik Yöntem
D) Yer Radarı (GPR) Yöntemi
E) Yapay Uçlaşma (IP) Yöntemi

29. Zemin etüt çalışmalarında Mikrotremor Yöntemi ile zeminin aşağıda verilen hangi parametresi belirlenebilir?

A) P-dalgası hızı
B) Poisson oranı
C) Hooke katsayısı
D) Makaslama modülü
E) Zemin hâkim periyodu

30. Manyetik yöntem ile yapılan ölçümler aşağıdaki amaçlardan hangisi için yapılır?

A) Deniz suyu ısısının belirlemek
B) Yeryüzünün topoğrafyadaki değişimlerini incelemek
C) Yer altının yoğunluk dağılımını belirlemek
D) Yer altının mıknatıslanma dağılımını incelemek
E) Yer altının kayaç dağılımını belirlemek

31. Aşağıdakilerden hangisi Kategori 3 kapsamında inşa edilecek yapı türleri arasındadır?

A) Çok özel yük taşıyan yapılar
B) İstinat duvarları
C) Kazıklı temeller
D) Dolgular, şeddeler, toprak işleri
E) Köprü ayakları

32. Sismik yöntemlerin esası elastik dalgaların yer içinde kırılma ve yansıma ilkelerine bağlıdır. Yüzeyde yapay bir kaynak vasıtasıyla oluşturulan deformasyondan (gerilme ve yamulma) dolayı boyuna dalgalar oluşur.

Oluşan bu boyuna dalgalar aşağıdakilerden hangisi ile adlandırılır?

A) Love dalgaları
B) P dalgaları
C) Rayleigh dalgaları
D) S dalgaları
E) Stonely dalgaları

33. **Aşağıdakilerden hangisi zemin sınıflama ve tanımlama deneyleri arasındadır?**

A) Kaliforniya taşıma oranı deneyi
B) Kesme kutusu deneyi
C) Proktor deneyleri
D) Rölatif (göreli) sıkılık
E) Şişme potansiyeli

34. I. Bazı boşluklu, yumuşak kayaların atmosferik etkilerle kısa sürede bozularak düşük mukavemetli zeminlere dönüşebildiği

II. Bazı kayaların yük boşaltması ve hava ile temas sonucu kil minerallerinin su emmesi yolu ile şişebildiği

III. Bazı kayaların zemin suyu etkisi ile çabuk eridiği ve boşluk, kavite, delikler oluşturduğu ve bunların zemin yüzeyine kadar gelişebildiği

Kayaların veya kaya kütlelerinin kalitesinin tespitinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdakilerden hangileri doğru verilmiştir?

A) Yalnız I
B) I ve II
C) II ve III
D) I ve III
E) I, II ve III

35. **Zeminin limit basınç modülünün belirlenmesinde aşağıdaki deneylerden hangisi kullanılır?**

A) Konik Penetrometre Mukavemeti
B) Konsolidasyon Deneyi
C) Presiyometre Deneyi
D) Permeabilite Deneyi
E) Standart Penetrasyon Deneyi

36. **Zeminin kesin taşıma gücü, deformasyon modülüne ve yatak kat sayısının hesaplanmasına yönelik veriler elde edilmesi amacıyla yapılan arazi deneyi aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Dilatomatre Deneyi
B) Kanatlı Kesici Deneyi (Veyn Deneyi)
C) Koni Penetrasyon Testi (CPT)
D) Plaka Yükleme Deneyi
E) Presiyometre Deneyi

37. **Heyelan ve kütle hareketi olan alanlarda potansiyel kayma yüzeyini ve suya doygun bölgeleri belirlemeye yönelik olarak eğime dik yönde birbirine paralel, heyelan alanının topuk ve taç kısmı içinde kalacak şekilde en az 2 profil ve bunlara dik 2 profil şeklinde aşağıdaki çalışmalardan hangisi yapılmalıdır?**

A) Aktif (MASW) ve Pasif (REMİ) Kaynaklı Yüzey Dalgası
B) Doğru Akım Özdirenç (DAÖ)
C) Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT)
D) SPAC (Spatial Auto Correlation/Uzaysal Özilişki)
E) Yer Radarı (GPR)

38. **Radyal bir basınç altında kayalarda meydana gelen şekil değiştirmenin ölçülmesi ile yapılan ve kaya türü zeminlerin gerilme-deformasyon özelliklerinin tespit edilmesinde kullanılan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Dilatomatre Deneyi
B) Kanatlı Kesici Deneyi (Veyn Deneyi)
C) Koni Penetrasyon Testi (CPT)
D) Plaka Yükleme Deneyi
E) Presiyometre Deneyi

39. **Kohezyonlu zemin veya kaya kütlesinin alttaki yumuşak tabaka içinde kırılarak batması sonucu uzaması durumu heyelanın hâkim tipine göre malzeme ve yamaç hareketlerinden aşağıdakilerden hangisi ile adlandırılır?**

A) Akma
B) Devrilme
C) Düşme
D) Kayma
E) Yayılma

40. **Deprem, volkanik hareketler ve heyelan gibi etmenlerle oluşan deformasyon ve çökmelerin belirlenmesinde kullanılan yeni teknolojiler arasında olan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?**

A) CBS
B) Mikrotremor
C) PSInSAR
D) Sismik Kırılma
E) Sismik Yansıma

Ölçme ve Değerlendirme sorularını cevaplamayı tamamladıysanız kitabın sonunda verilen cevap anahtarından cevaplarınızı kontrol edebilirsiniz. Yanlış cevapladığınız soruları öğretmeninize sorunuz.

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

A

afet döngüsü : Afeti izleyen ve bir sonraki afete kadar birbirini takip eden etki ve ihtiyaç analizi, müdahale, iyileştirme, yeniden inşa, zarar azaltma, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afetler olarak tanımlanan evrelerin tümü.

afet haberleşmesi : Normal haberleşme imkânlarından ayrı olarak, afet sonrası acil durumlarda gerekli iletişimi sağlamak için önceden veya geçici olarak tesis edilen yollardan yapılan haberleşme.

afete maruz bölge : Deprem, yangın, sel, heyelan, kaya düşmesi, çığ ve benzeri afetlere uğramış olduğu veya uğrayabileceği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı teknik elemanlarınca tespit edilen ve afete maruz olduğu Başkanlığın teklifi üzerine Bakanlar Kurulunca kararlaştırılan bölge.

afete müdahale kapasitesi : Afete müdahalesi için toplumda var olan imkân ve kaynakların tamamı.

ağır hasar : Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve bacaların yıkılmasıyla oluşan hasar.

aktif fay : Son on bin yılda en az bir kez hareket etmiş ve deprem üretmiş olan fay.

alüvyon : Kil, silt, kum ve çakıl boyutlu malzemenin akarsular tarafından belirli bölgelere biriktirilmesi ile oluşmuş, tutturulmamış tortullar.

ana şok : Öncü depremlerle artçı depremler arasında meydana gelen ve hepsinden daha şiddetli olan deprem.

ankraj : Bir elemanın bir başka malzeme veya elemanın içine sokulup sabitlenerek beraber çalışır hale getirilmesi.

artçı depremler : Ana depremden sonra meydana gelen ve ana şokun büyüklüğünü geçmeyen depremler.

B

bayındır : Gelişip güzelleşmesi, hayat şartlarının uygun duruma getirilmesi için üzerinde çalışılmış olan, bakımlı, imar edilmiş yer.

bölgesel afet : Birden çok il, ilçe veya köyde hasar ve kayıplara yol açan ya da bir il, ilçe veya bölgenin fiziksel, ekonomik ve sosyal yapısını etkileyen büyük afetler.

Ç

çamur akıntısı : Kurak ve yarı kurak bölgelerde şiddetli yağışlar sonucu su ile doygun haldeki toprak ve kaya malzemesinin dağ yamaçları ve vadilerden aşağı akarak hızlı hareket etmesiyle oluşan kütle hareketi.

çevresel etki değerlendirmesi : Birden çok il, ilçe veya köyde hasar ve kayıplara yol açan ya da bir il, ilçe veya bölgenin fiziksel, ekonomik ve sosyal yapısını etkileyen büyük afetlerin ayrıntılı değerlendirilmesi.

D

depremsellik : Belirli bir bölgedeki deprem oluşma potansiyeli.

deprem yönetmeliği : Türkiye Deprem Bölgeleri haritasıyla belirlenmiş tehlike bölgelerde yapılacak bina türü yapıların, depreme dayanıklı olarak inşa edilebilmesi için gereken hesap esasları ile yapım kurallarını, binaların önem derecesi ve yerel zemin koşullarını da dikkate alarak belirleyen yönetmelik.

dolgu zemin : Üzerinde yapı veya tesis inşa etmek amacıyla deniz ve göl kıyıları ile diğer gerek duyulan yerlerin kaya, taş ve toprak gibi malzemeler doldurulması sonucu elde edilen zeminler.

E

episantr (dış merkez) : 1. Odak noktasına en yakın olan yeryüzündeki nokta. 2. Odak noktasının yeryüzündeki izdüşümü.

erken uyarı : Afet riskini engellemek veya bu riskleri azaltmak için ya da afete daha etkili müdahaleye imkân verecek gerekli bilgilerin, ilgili makamlarca topluma duyurulması.

F

filon : 1. Farklı katmanların ortasında uzanan, uzun kütleli metalik cevher veya mineraller. 2. Maden damarı.

G

güçlendirme : Bir yapının mevcut dayanım kapasitesi ve güvenlik düzeyini yükselterek muhtemel afet riskini azaltmayı amaçlayan faaliyet.

H

hafif arama kurtarma : Yerel afet gönüllüleri tarafından hafif ve orta hasar görmüş yapılarda, profesyonel ekipler gelinceye kadar gerçekleştirilen arama ve kurtarma faaliyetleri.

hipotermi : Vücut sıcaklığının, normal kas ve beyin etkinliğinin zarar göreceği kadar düşmesi.

İ

ikincil afet : Bir afet sonrasında, onun etkisiyle meydana gelen yeni bir afet olayına veya olaylarına verilen ad.

ilk 72 saat : Afet ve acil durum sonrası profesyonel yardım ulaşıncaya kadar geçen sürenin önemini vurgulayan, afet veya acil durumun olduğu andan ilk 72 saatte afetzedelerin kendi başlarına kalabileceklerini ve bu nedenle önceden hazırlıklı olmaları gerektiğini anlatan zaman dilimi.

J

jeolog : Jeoloji ile ilgilenen bilim insanı.

K

kentsel gelişme : Bir ülkede, kentsel nüfusun artması, kentlerin çoğalması ve bayındır duruma getirilmesi süreci.

kritik altyapı : Kamu hizmetleri, ulaşım, haberleşme, sağlık tesisleri ile elektrik, su, kanalizasyon gibi teknik altyapı tesislerine verilen genel ad.

konveksiyonel hareket : 1. Soğuk hava ile sıcak havanın karşılaşması, yer değiştirmesi.
2. Isı iletimi, ısı hareketi.

L

lav domu : Riyolit, dasit ve trakit gibi asit karaktere sahip çok yapışkan ve yoğun lavların içinden çıktıkları bacanın ağız kısmında meydana getirdikleri kubbe şeklindeki tepe.

love dalgası : Deprem sonrası yeryüzünde çatlaklar ve derin yarıklar oluşturan dalgalar.

M

marn : Çok ince taneli kil minerallerinden ve kalsitin değişik oranlardaki karışımından oluşan tortul kayaç.

merkez üssü : Yeryüzünde, odak noktasına en yakın olan ve depremin en güçlü olarak hissedildiği yer.

mikro bölgeleme : Yerleşime açılması düşünülen boş alanlardaki tüm afet tehlikelerini, yapılaşmış alanlarda ise tüm afet risklerini büyük ölçekli hâlihazır haritalar üzerinde belirleyen çalışmalara verilen genel ad.

mikro bölgeleme haritaları : Mikrobölgeleme çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin yer aldığı harita. Yapılmak istenen fiziksel planlama çalışmalarının ölçeğine bağlı olarak, 1/100 000, 1/50 000, 1/25 000, 1/10 000, 1/5 000 ve 1/2 000 ölçeklerde yerel afet tehlikesi ve riskini gösteren haritalar.

O

odak derinliği : 1. Deprem enerjisinin açığa çıktığı noktanın yeryüzüne olan en kısa uzaklığı.
2. Kırılan fayın derinliği.

odak noktası : Depremi oluşturan fayın bulunduğu yer.

orografik yağış : Denizden gelen nemli hava kütlesinin dağ yamaçları boyunca yükselip soğumasıyla oluşan yağış türü.

Ö

öncü deprem : Büyük bir depremden önce bazen gerçekleşen küçük sarsıntı.

P

p dalgası : Bir depremde açığa çıkan dalganın hareket yönünde ilerleyen yere ilk önce varan deprem dalgası.

plankton katmanı : Okyanus, deniz, göl ve akarsularda hareket yeteneği akıntıya bağımlı olan canlıların oluşturduğu katman.

R

rayleigh dalgası : Tıpkı bir su birikintisinde (göl, deniz vb.) yayılan dalgalar gibi yerin yüzeyi boyunca yuvarlanarak ilerleyen dalga.

richter Ölçeği : Deprem sonucu açığa çıkan enerjinin sayısal büyüklük ölçeği.

risk : Tehlikenin yaratabileceği kötü sonuçlar. Risk = Tehlike x Hasar görebilirlik.

risk yönetimi : Afet riskinin azaltılabilmesi için genel politika ve stratejik planlarla, uygulama planlarının hazırlanması ve hayata geçirilmesi.

S

s dalgası : Deprem sırasında P dalgasından sonra kayıt merkezine ulaşan ikinci dalga.

sığınak : İnsanların bombalama, nükleer, biyolojik ve kimyasal tehditler ile fırtına, gibi bazı afetlerden münferit veya topluca korunmaları için yapılmış güvenli yerler.

sıvılaşma : Suya doygun ince taneli kum ve siltli katmanların, depremin etkisi ile boşluk suyu basıncının artmasıyla taşıma gücünü tamamen yitirmesi ve sıvı gibi davranması.

sismik boşluk : Şu anda sessiz olan fakat geçmişte deprem üretmiş bir fayın (kırığın) bir bölümü.

sismik segment : Fayın ya da fay zonunun yüzey kırığı oluşturan bir deprem sırasında aktif hale gelen kısımları.

sismograf : Yer sarsıntılarının büyüklüğünü, süresini, merkezini ve saatini saptamaya yarayan aygıt.

T

taşıyıcı eleman : Bir yapıya etki eden düşey ve yatay yükleri karşılayan düşey ya da yatay eleman.

taşıyıcı sistem : Herhangi bir yapıda dış yükleri güvenli bir şekilde taşımak amacıyla taşıyıcı elemanların bir araya gelerek oluşturduğu sistem.

tehlike haritaları : Deprem, sel, taşkın, çığ, heyelan vb. gibi farklı türdeki doğal afetlerin muhtemel yaygınlık ve şiddet derecelerini ortaya koymak için, belirli kriterlere göre hazırlanmış haritalar.

tüf : Yanardağların püskürttüğü kül, kum ve lav parçacıklarından oluşan çoğunlukla açık renkli hafif gözenekli çökelti taşı.

tsunami : Okyanus ya da denizlerin tabanındaki deprem, volkan patlaması, heyelan sonucu oluşan deniz dalgası.

V

viskozite : Sıvıların akmaya karşı gösterdikleri direnç.

Y

yapısal segment : Fayın ya da fay zonunun yapısal düzensizliklerle (bükülme, kollara ayrılma, sağa ve sola sıçrama) sınırlanan kısımları.

yapısal olmayan tehlikeler : Yapıların, yük taşıyan ve aktaran elemanları dışındaki bölme ve kalkan duvarlar, iç ve dış cephe kaplamaları, tesisatlar, avizeler, tavan kaplamaları gibi elemanlarıyla yapı içerisindeki eşyalar, ekipman ve malzemelerden kaynaklanan tehditler.

yapısal tehlikeler : Yapıların kolon, kiriş, döşeme, temel gibi yük taşıyan ve yük aktaran elemanları ile zemin özelliklerinden kaynaklanan tehditler.

yapı denetim firması : 4708 sayılı Yasa ile yürürlüğe giren ve yapıların tasarım ve uygulama aşamalarında kontrolden sorumlu olan bağımsız kuruluşlar.

yumuşak kat : Genellikle binaların zemin katlarında olmak üzere, diğer katlara oranla daha esnek inşa edilmiş katlar.

yük aktarma sistemi : Yapıya etki eden tüm yüklerin taşıyıcı elemanlar tarafından en güvenli ve en kısa yoldan zemine aktarılması için oluşturulan sistem.

Z

zorunlu Deprem Sigortası : 27 Aralık 1999 tarihinde çıkarılan 587 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile kurulan Doğal Afet Sigortaları Kurumu (DASK)'nun olası bir deprem sonucunda belediye sınırları içinde bulunan konut sahiplerine, uğrayacakları maddi zararları telafi etmek üzere uyguladığı sigorta güvencesi.

CEVAP ANAHTARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	A	C	E	A	B	E	D	C	B
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E	E	D	D	C	A	D	D	C	A
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
C	C	E	C	E	C	C	E	C	B
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
D	B	C	D	D	E	B	D	A	D

2. ÖĞRENME BİRİMİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	C	E	C	A	A	C	E	C	E
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
B	C	D	C	D	E	E	B	C	E
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E	D	E	D	E	C	D	A	C	E
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
B	E	A	C	D	B	E	A	D	B

3. ÖĞRENME BİRİMİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	B	E	C	D	D	C	B	E	B
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
B	C	C	B	D	E	A	D	B	E
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
B	C	E	A	C	A	B	E	E	C
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
B	C	D	E	D	B	C	D	C	A

4. ÖĞRENME BİRİMİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	B	B	D	C	A	E	D	B	B
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E	D	A	B	C	E	D	E	A	A

5. ÖĞRENME BİRİMİ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	D	D	E	C	A	C	D	A	B
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E	D	A	B	E	C	A	E	D	A
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
E	D	C	E	C	B	C	D	E	D
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
A	B	D	E	C	D	C	A	E	C

KAYNAKÇA

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Afet Yönetiminde Risk Azaltma ve Türkiye'de Yaşanan Sorunlar, Ankara, 2010.

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Teoride ve Pratikte Afet Sonrası İyileştirme Çalışmaları, 2012, Ankara.

T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Kaya Düşmelerinden Kaynaklı Afetlerin Değerlendirilmesine Yönelik Teknik Klavuz, Ankara, 2020.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ankara, 2018.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Yer altı Suyu Miktarındaki Değişimin Yer altı Suyu Kalitesine Etkileri ve Çözüm Önerileri, Ankara, 2015

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Heyelanlar, Ankara, 2016.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Ulusal Strateji ve Eylem Planı 2019-2030, Ankara, 2019.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri, Jeoteknik Hizmetler ve YAS Dairesi Başkanlığı, Jeoteknik Etüt Şartnamesi, Ankara, 2016.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Zemin ve Temel Etüdü Uygulama Esasları Rapor Formatı, Ankara, 2019.

Türk Standartları Enstitüsü, TS 1500: İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, Ankara, 2000.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Jeolojik Hizmetler Şubesi Müdürlüğü, Heyelan Tanılama ve Veri Oluşturma Kılavuzu, Ankara, 2015.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Geoteknik Tasarım Esasları, 2007.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Değerlendirme Raporu, İstanbul, 1999.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi Değerlendirme Raporu, İstanbul, 1999.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan Depremleri Değerlendirme Raporu, İstanbul, 2023.

TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık ve Elbistan Depremleri Değerlendirme Raporu, Ankara, 2023.

TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası Zemin Etüdü El Kitabı ve Uygulama Esasları, İstanbul, 2017.

Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi, Karayollarında Heyelanlar ve Çözüm Örnekleri, Eskişehir, 2002.

Kaya Kütlelerinde Süreksizlikler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2019.

FENER, Mustafa, Kaya Mekaniği, Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Ankara, 2014.

KESKİN, İnan, Zemin Mekaniği, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2007.

TATAR, Yusuf, Genel Jeoloji-I, İstanbul, 2015.

DİRİK, Ramazan Kadir, Faylar (Faults), Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, 2015.

DEMİRTAŞ, Ramazan, Rüçhan Yılmaz, Türkiye'nin Sismotektoniği, Ankara, 1995.

Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, İnşaat Teknolojisi Alanı Genel Jeoloji ve Zemin Etütleri Ders Bilgi Formu, Ankara, 2020.

Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, İnşaat Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı, Ankara, 2020.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

1) https://www.mta.gov.tr/v3.0/muze/kayaclar (Erişim: 02.04.2023, 02.35).

2) https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-kullanim-alanlari (Erişim: 05.04.2023, 12.35).

3) https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/maden-arama-asamalari (Erişim: 11.04.2023, 03.20).

4) https://www.afad.gov.tr/afadem/heyelan (Erişim: 22.04.2023, 23.15).

5) https://www.afad.gov.tr/depremin-buyuklugu-ve-siddeti-ayni-kavramlar-midir (Erişim: 28.04.2023, 10.20).

6) https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=52600 (Erişim: 15.03.2023, 15.55).

7) https://www.academia.edu/10108837/JEOLOJ%C4%B0N%C4%B0N_TANIMI_KONUSU_VE_TAR%-C4%B0H%C3%87ES%C4%B0 (Erişim: 02.03.2023, 03.45).

8) https://avesis.ktu.edu.tr/esrahatipoglu/dokumanlar (Erişim: 15.03.2023, 15.55).

9) https://ogmmateryal.eba.gov.tr/panel/upload/etkilesimli/kitap/cografya/10/unite1/index.htm-l#p=28 (Erişim: 06.05.2023, 19.50).

10) http://www.duzce.gov.tr/jeolojik-yapi (Erişim: 09.05.2023, 03.45).

11) http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/depremsellik-haritalari/ (Erişim:28.05.2023, 13.50).

12) http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/yillik-deprem-haritalari/ (Erişim: 23.04.2023, 18.05).

13) http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/depremnedir/index.htm (Erişim: 08.04.2023, 12.42).

14) https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/1181285 (Erişim: 23.04.2023, 03.25).

15) https://news.uchicago.edu/article/2017/01/17/heat-earths-core-could-be-underlying-force-plate-tec-tonics (Erişim: 09.04.2023, 15.36).

16) https://kurious.ku.edu.tr/haberler/levha-tektonigi-yeniden-yaziliyor/ (Erişim: 21.04.2023, 02.25).

17) https://staff.emu.edu.tr/ececelik/Documents/courses/INSA353/INSA353-ders%20notu-8-%20Kayaç-lar%20Magmatik.pdf (Erişim: 26.03.2023, 19.35).

18) https://yusuftatar.com.tr/MenuContent.aspx?id=48 (Erişim: 18.04.2023, 01.20).

19) https://yusuftatar.com.tr/MenuContent.aspx?id=50 (Erişim: 18.04.2023, 01.45).

20) https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/15453/mod_resource/content/1/HAFTA5.pdf (Erişim: 14.04.2023, 03.25).

21) https://deprem.afad.gov.tr/earthquake-reports (Erişim: 14.04.2023, 21.25).

17) http://www.koeri.boun.edu.tr/new/ (Erişim: 18.04.2023, 01.30).

18) https://eqe.boun.edu.tr/tr/events (Erişim: 28.05.2023, 21.40).

19) https://www.researchgate.net/publication/338249839_Turkiye'nin_Jeolojik_ve_Jeomorfolojik_Ozellikleri (Erişim: 25.03.2023, 19.45).

20) https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2254802 (Erişim: 28.03.2023, 22.35).

21) https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi (Erişim: 21.04.2023, 02.20).

22) https://jeogenc.net/levha-tektonigini-olusturan-mekanizma-nedir.html (Erişim: 27.04.2023, 15.38).

23) http://erdemgundogdu.weebly.com/uploads/5/7/8/3/5783574/6-_yerkabugu_hareketleri.pdf (Erişim: 16.04.2023, 23.45).

24) https://avys.omu.edu.tr/lessons/1/6/2724-932001/239600-70221 (Erişim: 10.06.2023, 11.53).

25) https://avys.omu.edu.tr/lessons/1/6/2722-932001/291321-126233 (Erişim: 10.06.2023, 12.53).

26) https://yunus.hacettepe.edu.tr/~tyurur/index_dosyalar/Page629.htm (Erişim: 10.06.2023, 14.15).

27) https://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/Magmatik_Kayaclar.pdf (Erişim: 10.03.2023, 12.48).

28) https://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/YJ_faylar_3.pdf (Erişim: 10.03.2023, 19.23).

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2274

MATERYALİN GENEL AĞ VE GÖRSEL KAYNAKÇASI İÇİN KAREKODU OKUTUNUZ YA DA LİNKE TIKLAYINIZ