MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYIN NO: 680
YENİ TEKNOLOJİLER ARAŞTIRMA GELİŞTİRME MERKEZİ YAYIN NO: 1

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



# ÇEVRE

## BİLİNCİ, BİLGİSİ VE EĞİTİMİ

Prof. Dr. SEVİL ÜNAL
Dr. EBRU MANÇUHAN
Prof. Dr. AHMET ALP SAYAR

İstanbul, 2001

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# ÇEVRE:

## Bilinci, Bilgisi ve Eğitimi

Prof.Dr. SEVİL ÜNAL
Dr. EBRU MANÇUHAN Prof.Dr. AHMET ALP SAYAR

Marmara Üniversitesi
YENİ TEKNOLOJİLER ARAŞTIRMA
GELİŞTİRME MERKEZİ

İstanbul, 2001

ISBN : 975-238-x

Marmara Üniversitesi
Döner Sermaye İşletmesi
Teknik Eğitim Fakültesi
Matbaa Biriminde Basılmıştır

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# ÖNSÖZ

70'li yılların başından itibaren bir olgu olarak ortaya çıkan çevre eğitimi ülkemizde 1992 yılından itibaren üniversite öncesi eğitime dahil edilmiştir. Ancak çevre eğitimi alanında öğretmen, müfredat ve ders kitabı açısından pek çok bilimsel araştırmaya konu olan ciddi zorluklar yaşanmaktadır. Çevre eğitiminde öğretmenle ilgili sorunun giderilmesi için, okulöncesi öğretimden başlamak üzere ilk ve orta öğretimde yer alan çevre eğitimini yürütebilecek öğretmenlerin yeterli alan ve yöntem bilgi ve becerisiyle donatılmış olmaları gerekmektedir. Öğretmen yetiştiren kurumlar, bu yetersizliğin giderilmesi yönünde düzenlemelerde bulunmalıdır. Ancak unutulmamalıdır ki, bireyin ilk eğitimini aldığı kurum ailesidir. Aile kurumu bireyin her konuda olduğu gibi çevre konusunda da eğitildiği ilk noktadır. Bu eğitimin gerçekleşmesi için aile büyüklerinin çevre konusunda bilgili ve bilinçli olması gerekir. Bu da ancak öğretmen, akademisyen, politikacı ve teknokratlar başta olmak üzere tüm topluma ulaşacak bir çevre eğitimi ile mümkündür.

Bu kitap çevre eğitimi alanına bir katkıda bulunmak amacıyla hazırlanmıştır. Kitabın birinci dereceden hedef kitlesi anaokulu, ilk ve orta eğitim öğretmen adaylarıdır. İkinci dereceden hedef kitlesi ise tüm diğer eğitimlilerdir. 1998 yılı itibarıyla eğitim fakültelerinin yeniden yapılanmasıyla ilgili olarak Yüksek öğretim kurumu tarafından geliştirilen öğretmen yetiştirme programlarında gayet kısıtlı olarak yer alan çevre derslerinin ve ülkemizde yaygınlaştırılması planlanan çevre eğitiminin, verimli ve etkin kılınması amacıyla bu kitap hazırlanmıştır. Kitap, öğretmen adaylarının çevre bilinci ve bilgisini geliştirirken onlara çevre eğitiminin önemini kavratmak ve uluslararası düzeyde çevre eğitimi hakkında bilgi vermek hedefini gözeterek düzenlenmiştir.

Kitap üç kısımdan oluşmaktadır. Çevre Bilinci ve Eğitimi başlıklı I. Kısımda, çevre problemlerinin mahiyetine bir giriş yapılmakta ve çevre eğitiminin önemi vurgulanmaktadır. Çevre eğitiminin gelişimi, esasları ve hedefleri hakkında bilgi verilmektedir. Öğretmen adaylarını ve diğer eğitimlileri, UNESCO'nun himayesinde geliştirilmiş olan çevre eğitiminin esas ve hedefleri hakkında bilgilendirmenin yararlı olacağı inancıyla *Çevre Eğitiminin Gelişimi* başlıklı 2. Bölüm dahil edilmiştir. *Çevre Eğitimi başlıklı* 3. Bölümde çevre eğitiminin ilke, amaç ve yöntemlerinin yanısıra Türkiye'deki çevre eğitimiyle ilgili bilgiler sunulmaktadır. Kitabın diğer iki kısmında olanaklar çerçevesinde çevre eğitiminin evrensel hedeflerine yaklaşılmaya çalışılmıştır.

II. Kısımda ekoloji ve çevre hakkında bilgilendirme yer almaktadır. Bu kısımda işlenen Yerkürenin Zenginlikleri başlıklı 6. Bölüm geniş tutulmuş, Dünya ve Türkiye gündeminden hiç düşmeyen hava kirliliğinin başlıca sorumlusu olan enerji kaynaklarına geniş yer verilmiştir. Sunulan verilerin güncel olmasına özen gösterilmiştir.

III. Kısımda doğal kaynakların tüketimi ve çevre kirliliği ele alınmakta, önlenmesi için gerekenler tartışılmaktadır.

Bölüm metinlerini mümkün olduğunca yalın tutmak amacıyla, yararlanılan kaynaklara bölüm içinde atıf yapılmamıştır. Gerek şekil olarak gerekse bilgi olarak yararlanılan tüm kitaplar kitabın sonunda verilmiştir.

SEVİL ÜNAL
EBRU MANÇUHAN
ALP SAYAR

Haziran 2001

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

## *BİR GÜNÜN HİKAYESİ*

*Ve saat gece yarısını vurunca, Dünya insanlara kaldı. Uzun süre sessizce oturuştular. Bütün sabah ve öğleden sonra, mızrak ve oklarıyla hayvan avlayarak küçük gruplar halinde etrafta dolandılar. Zaman zaman mağaralara sığındılar; hayvan derileriyle vücutlarını ısıttılar. Akşam saat 6 sularında sabit bir alana yerleşip oradaki toprak ve hayvanlardan yararlanmaya başladılar. Saat 7.30'a doğru bir kısım insanlar Mısır ve Kuzey Hindistan'da büyük şehirlerde yaşamaya başlamıştı bile.*

*8.45'te Hazreti Musa geldi ve gitti. Onu on geçe Hindistan'da Buda, Yunanistan'da Sokrat, Çin'de Konfiçyüs gelip geçtiler ve birbirlerini hiç tanımadılar. Hazreti İsa on buçukta, ve birkaç dakika sonrada Sezar göründü ve kayboldu. Onbir sularında ise Hazreti Muhammed göründü ve kayboldu.*

*11.30 civarında Kuzey Avrupa'da büyücek kentler oluşmaya başladı. 11.45'den itibaren bu büyük kentlerin insanları, dünyanın geri kalan bölgelerini ele geçirmeye başladılar. Hem Kuzey, hem Güney Amerikayı ve hem de Hindistanı sahiplendiler. Geceyarısına dört kala da Afrika'yı sahiplendiler. Geceyarısından iki dakika önce kendi aralarında büyük bir harp çıktı. Elli saniye sonra büyük bir harpte tekrar dövüştüler.*

*Geceyarısından önceki son dakikada, Kuzey Avrupa'dan gelmiş olan bu insanlar Hindistan'dan, Afrika'dan ve istila ettikleri diğer ülkelerden dışarı atıldılar. Sadece çok iyi yerleşebildikleri Kuzey Amerika'da tutunabildiler. Bu son dakikada nükleer silahları icat ettiler; Ay'a gittiler ve nüfuslarını ikiye katladılar. Geçen yirmiüç saat ellidokuz dakikada kullanılan petrol, kömür ve madenlerin çok daha fazlasını kullandılar.*

*Yeniden geceyarısı oldu. Yeni bir gün başlamak üzereydi.*

*Anonim*

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# İÇİNDEKİLER


ÖNSÖZ III

*BİR GÜNÜN HİKAYESİ* V

İÇİNDEKİLER VII

I. KISIM: *ÇEVRE BİLİNCİ VE EĞİTİMİ*

1. GİRİŞ 3

2. ÇEVRE EĞİTİMİNİN GELİŞİMİ 8
2.1 Çevre Eğitiminin Gelişimi 8
2.2 Tiflis Bildirgesi 10

3. ÇEVRE EĞİTİMİ 15
3.1 Çevre Eğitiminde Modeller 15
3.2 Çevre Eğitiminde Hedef Seviyeleri 15
3.3 Çevre Eğitimi için Öğretmenlerin Yetiştirilmesi 18
3.4 Türkiye'de Üniversite Öncesi Çevre Eğitimi ve KATILIM hedefi 21
3.5 Bu Kitabın Misyonu 25

II. KISIM: *EKOLOJİ VE ÇEVRE*

4. CANLILAR VE ÇEVRE 29
4.1 Dünyanın Oluşumu 30
4.2 Atmosferin Oluşumu 34
4.3 Hayatın Başlangıcı 37

5. EKOLOJİYE GİRİŞ 39
5.1 Cansız Çevre 39
5.1.1 Güneş Işınımı 40
5.1.2 Sıcaklık 42
5.1.3 Su 42
5.1.4 Toprak 43
5.2 Madde Döngüleri 44

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

5.2.1 Su Döngüsü 45
5.2.2 Karbon ve Oksijen Döngüsü 46
5.2.3 Azot Döngüsü 48
5.2.4 Fosfor Döngüsü 50
5.3 Canlı Çevre ve Ekosistem Kavramı 51
5.3.1 Ekosistem Kavramı 52
5.3.2 Populasyon, Habitat, Komünite ve Niş 55
5.3.3 Ekosistemlerde Rekabet ve Simbiyotik İlişkiler 57
5.3.4 Ekosistemlerde Sınırlayıcı Faktörler ve Dayanıklılık Sınırları 59
5.4 Ekosistemlerde Besin/enerji Akışı 59
5.4.1 Besin Zincirleri ve Besin Ağları 60
5.4.2 Enerji Akışı 62
5.4.3 Ekolojik Piramitler 65
5.5 Biyomlar 68
5.5.1 Kara Ekosistemlerinde Biyomlar 69
5.5.2 Deniz ve Tatlı Su Ekosistemlerinde Ayırım 70
5.6 Ekolojik Ardıllık 72

**6. YERKÜRENİN ZENGİNLİKLERİ 74**
6.1 Madde Kaynakları 74
6.1.1 Su Kaynakları 74
6.1.2 Toprak 77
6.1.2.1 Toprağın Oluşumu ve Özellikleri 77
6.1.2.1 Toprak Zenginlikleri ve Kullanımı 80
6.2 Enerji ve Kaynakları 82
6.2.1 Enerji 83
6.2.1.1 Enerjinin Tanımı ve Türleri. 83
6.2.1.2 Enerji Dinamiği ve Kuralları 84
6.2.2 Enerji Kaynakları 85
6.2.2.1 Yenilenemez Kaynaklar 86
A. Fosil Yakıtlar 86

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

A.1 Kömür 87
A.1.1 Kömürün Oluşumu ve Sınıflandırması 87
A.1.2 Kömürden Faydalanma Şekilleri 89
A.2 Petrol ve Doğalgaz 91
A.2.1 Petrol ve Doğalgazın Oluşumu ve Özellikleri 91
A.2.2 Ham Petrolün İşlenmesi 95
A.2.3 Benzin Motorları ve Benzin 98
B. Nükleer Enerji 101
B.1 Nükleer Enerjinin Kaynağı 101
B.2 Nükleer Santraller ve Atıkları 105
6.2.2.2 Yenilenebilir Kaynaklar 113
A. Güneş Enerjisi 113
A.1 Doğal Toplama Sistemleri 114
A.1.1 Güneş Enerjisiyle Isıtma 114
A.1.2 Biyokütle 115
A.1.3 Rüzgar Enerjisi 117
A.1.4 Hidro Enerji 118
A.2 Teknolojik Toplama Sistemleri 119
A.2.1 Termik Dönüşüm 119
A.2.2 Fotovoltaik Piller 120
A.2.3 Uydu Sistemleri 121
A.2.4 Okyanus Termik Enerji Dönüşümü 121
B. Yerkürenin Enerjisi 122
B.1 Jeotermal Enerji 122
B.2 Nükleer Enerji 122
C. Gezegenlerin Çekim Enerjisi 123
C.1 Gel git Enerjisi 123
C.2 Potansiyel Enerji 124

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

D. Hidrojen Enerjisi 124
6.2.3 Türkiye'nin Enerji Kaynakları 124
6.2.4 Enerji Kaynaklarının Sürdürülebilir Kullanımı 130
6.2.4.1 Konut ve İşyerlerinde Enerji Tasarrufu 130
6.2.4.2 Sanayide Enerji Tasarrufu 132
6.2.4.3 Ulaşımda Enerji Tasarrufu 132

**7. EKOLOJİK BİR FAKTÖR OLARAK İNSAN 134**
7.1 Avcı Toplayıcı Toplumlar 136
7.2 Tarım Toplumları 137
7.3 Sanayi Toplumları 138
7.4 Nüfus Artışı 138
7.4.1 Tarih Boyunca Nüfus Artışı 139
7.4.2 Nüfus Artışının Önlenmesi 141
7.4.2.1 Aile Planlaması 142
7.4.2.2 Sosyal ve Ekonomik Teşvikler 143
7.4.2.3 Kadının Geliştirilmesi 143
7.5 Nüfus Artışının Toplum ve Biyosfer Üzerindeki Etkileri 144

**III. KISIM: *ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ÖNLEMLERİ***

**8. HAVA KİRLİLİĞİ 149**
8.1 Birincil Hava Kirleticiler 150
8.1.1 Partiküler Madde 151
8.1.2 Kükürt Oksitler ve Hidrojen Sülfür 152
8.1.3 Azot Oksitler 153
8.1.4 Karbon Oksitler 154
8.1.5 Hidrokarbonlar / Uçucu Organik Bileşikler 155
8.2 İkincil Hava Kirleticiler 156
8.2.1 Asit Yağmuru 156
8.2.2 Dumanlı sis 157
8.3 Hava Kirliliğinin Uzun Vadeli Etkileri 160
8.3.1 Sera Etkisi ve Sera Gazları 160
8.3.2 Ozon Tabakası ve İncelmesi 162

8.3.3 Küresel Isınmanın Etkileri 164
8.3.3.1 Küresel Isınmanın Kara Ekosistemlerine Etkisi 165
8.3.3.2 Küresel Isınmanın Besin Kaynaklarına Etkisi 165
8.3.3.3 Küresel Isınma ve Denizler 165
8.3.3.4 Küresel Isınmanın Türkiye Üzerindeki Etkileri 166
8.3.4 Küresel Isınmanın Yavaşlatılması 167
8.4 Hava Kirliliğinin Kaynakları 172
8.4 Ulaşım 172
8.4.2 Isınma 173
8.4.3 Elektrik Üretimi 173
8.4.4 Sanayi 173
8.5 Hava Kirliliğinin Etkileri 174
8.5.1 İnsanlar Üzerindeki Etkileri 174
8.5.2 Hayvanlar Üzerindeki Etkileri 175
8.5.3 Bitkiler Üzerindeki Etkileri 175
8.5.4 Malzeme Üzerindeki Etkileri 175
8.5.5 Atmosferik ÖzelliklerÜzerindeki Etkileri 175
8.6 Hava Kirliliğinin Önlenmesi 176
8.6.1 Partiküler Maddenin Kontrolü 178
8.6.2 Hidrojen Sülfür ve Kükürt Oksitlerin Kontrolü 180
8.6.3 Azot Oksitlerin Kontrolü 180
8.6.4 Karbon Oksitlerin Kontrolü 181
8.6.5 Hidrokarbonların Kontrolü 181

**9. SU KİRLİLİĞİ 182**
9.1 Başlıca Su Kirleticileri 182
9.1.1 Organik Atıklar 182
9.1.2 Bulaşıcı Mikroplar 183
9.1.3 Bitki Besinleri ve Ötröfikasyon 184
9.1.4 Organik Kimyasallar 184
9.1.5 Anorganik Kimyasallar 185
9.1.6 Çökeltiler/Tortular 185
9.1.7 Isıl Kirlilik 187

9.1.8 Radyoaktif Maddeler 188
9.2 Su Kirliliğinin Kaynakları 188
9.2.1 Belediye Atıkları 188
9.2.2 Sanayi Atıkları 189
9.2.3 Deniz/Su Taşımacılığı 191
9.2.4 Tarımsal Kirlilik 192
9.3 Su Kirliliğinin Saptanması ve Ölçümü 192
9.3.1 Katı Maddeler 192
9.3.2 Kimyasal Analizler 193
9.4 Suların Arıtımı 194
9.4.1 İçme Sularının Arıtımı 194
9.4.2 Atık Suların Arıtımı 195

**10. TOPRAK KAYBI VE KİRLİLİĞİ 198**
10.1 Verimli Toprakların Azalması 198
10.1.1 Aşırı Otlatma 199
10.1.2 Yoğun Tarım 199
10.1.3 Tuzlanma 200
10.1.4 Ormanların ve Doğal Hayatın Yokedilmesi 200
10.1.4.1 Ormanların Yokedilmesinin Toplumsal Sebepleri 204
10.1.4.2 Ormanların Yokedilmesinin Biyosfere Etkisi 205
10.1.4.3 Ormanların Yokedilmesinin Toplumlara Etkisi 206
10.2 Toprak Kirliliği 207
10.2.1 Petrol Kaynaklı Kirlilik. 208
10.2.2 Ağır Metaller 208
10.2.3 Tarım İlaçları 208
10.3 Verimli Toprak Kaybının Ekolojik ve Sosyal Etkileri 209
10.4 Verimli Toprakların Korunması 210

**11. KATI ATIKLAR 212**
11.1 Katı Atıkların Sınıflandırması 212
11.2 Katı Atıkların Toplanması ve Ayrılması 213
11.2.1 Elle Ayırma 213
11.2.2 Manyetik Ayırma 214

11.2.3 Eleme 214
11.2.4 Yoğunluğa Göre Ayırma. 214
11.2.5 Optik Ayırma 215
11.3 Katı Atıkların İmhası 216
11.3.1 Açık Araziye Döküm ve Toprak Doldurma 217
11.3.2 Yakma 219
11.3.3 Denize Dökme 220
11.3.4 Kompostlama 220
11.4 Atıkların Geri Kazanılması 221
11.5 Plastikler ve Çevre 222
11.5.1 Parçalanabilen Plastikler 223
11.5.2 Suda Çözünen Plastikler 223
11.5.3 uv Işınlarıyla Parçalanabilen Plastikler 223
**KAYNAKLAR** **225**

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# I.KISIM: *ÇEVRE BİLİNCİ VE EĞİTİMİ*

**1.BÖLÜM** *GİRİŞ*

**2. BÖLÜM** *ÇEVRE EĞİTİMİNİN GELİŞİMİ*

**3. BÖLÜM** *ÇEVRE EĞİTİMİ*

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# 1.BÖLÜM

# GİRİŞ

Geçtiğimiz son elli yıl içinde, bilim ve teknoloji baş döndürücü bir hızla gelişmekte, insanlar bir yandan yaşam standartlarını yükseltirken bir yandan da yine kendi yaşamları için tehlike oluşturabilecek sorunların üstesinden gelmek amacıyla çözümler aramaktadır. Bu sorunlardan biri olan çevre sorunu, insan ile çevre arasındaki etkileşimin bir sonucudur. İnsanoğlunun çevresini nasıl etkilediğini anlamak için, insanın evrimini gözden geçirmek gerekir. Bugünkü insan, milyonlarca yıl önce yaşamış olan akıllı ve sosyal hayvanların devamıdır. İlkel insan, doğaya ve doğal olaylara karşı savunmasızdı. Varlığını sürdürebilmesi, doğaya baş eğmesine ve çevresine uyum sağlamasına bağlıydı. Milyonlarca yıllık evrim içinde, bedensel olarak çok fazla değişime uğramayan insanın beyni çok gelişti. İnsan konuştu, alet kullandı ve farklı beslenme yolları buldu. Doğaya hükmetmeğe başladı ve bunun neticesi olarak üzerinde yaşadığı yerküreye zarar verdi.

Günümüz insanı gibi ilk insanlar da topluluklar halinde yaşarlardı. İlk insan toplulukları besinlerini toplayarak ve avlayarak sağlarlardı. Bunlar avcı-toplayıcı toplumlardı. Daha sonra tarım toplumları ve, 18. Yüzyılda buhar makinesinin icadıyla da, sanayi toplumları gelişmeğe başladı.

İlk avcı-toplayıcı toplumların göçebe oldukları sanılmaktadır. Bitkisel ve hayvansal besinlerin peşinde, bölgeden bölgeye göçerek yaşamlarını sürdürdükleri düşünülmektedir. Yerleşik avcı-toplayıcı toplumlar sonradan ortaya çıkmıştır. Her iki tür avcı-toplayıcı toplumların hem değiştirme hem de kirletme açısından çevreyi etkiledikleri anlaşılmaktadır. Yeni alanlara göç eden topluluklar beraberlerinde, ayrıldıkları alana ait bitki tohumları ve belki de hayvanları götürerek, normal şartlar altında oralarda bulunmayan bitki ve hayvanların yeni alanlara yayılmasına yol açmışlardır. Bazı canlı türlerinin, yeni alanlara uyum sağlayamamaktan dolayı yokoldukları düşünülmektedir.

İnsanların tarımla uğraşıp belli topraklar üzerinde mekan tutması, insanlık tarihinde bir dönüm noktası teşkil etmektedir. Toplayıcı-avcı göçebe hayattan toprağa bağlı yerleşik düzene geçişin doğurduğu en önemli sonuç, nüfus artışı ve insanların sahiplenebileceği şeylerin miktarının artmasıdır. Toprağa bağlı yerleşik

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

düzenle birlikte insanlar, göçebeyken bakım zorluğundan dolayı sahiplenemediği kadar çocuk sahibi olmuş, nüfusunu arttırmıştır. Taşıma zorluğundan dolayı sahiplenmeye kalkmadığı ev veya süs eşyalarını sahiplenmeye, elinde tutmaya, diğer bir deyişle maddeciliğe başlamıştır.

Gelişen tarımla birlikte, insanoğlunun çevresi üzerindeki en ciddi etkileri de ortaya çıkmış oldu. Bunlar habitatların yokedilmesi, erozyon ve çok çeşitli beslenmeden az çeşitli beslenmeye geçişin yarattığı çevre sorunlarıdır.

Mevcut teknolojiyi yürütmek için enerji kaynağı olarak fosil yakıt kullanımına başlanması sanayi toplumuna geçişin, yani sanayi devriminin bir göstergesidir. 18. Yüzyılda buhar makinesinin icadı, 20.yüzyılda içten yanmalı motorların günlük yaşama girmesi enerji kaynaklarına dayalı bir toplum oluşturmuştur.

Sanayi toplumları doğal kaynakların kullanılması üzerine kurulmuştur. Bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle de daha fazla doğal kaynağın kullanılması yoluna gidilmiş ve doğaya hükmeden insanlar daha uzun ve sağlıklı olarak yaşayıp çoğalmaya başlamışlar; yerküre üzerinde daha güçlü bir iktidar kurmuşlardır. Toprağı, ormanları, havayı, suyu, madenleri ve enerji kaynaklarını, gelecek nesillerin de bunlardan payı olduğunu düşünmeden kıyasıya kullanmışlardır. Bunun sonucu olarak hem karalar, hem denizler ve hem de atmosferimiz etkilenmiş; küresel bir değişim ortaya çıkmıştır. Küresel ısınma, ozon tabakasındaki incelme, biyolojik çeşitlilikte azalma ve çevre kirliliği bu değişimin parçalarıdır.

Sanayileşmiş toplumlarla sanayileşmemiş toplumlar arasındaki en belirgin fark, sanayileşmiş toplumların daha fazla fosil yakıt tüketmeleridir. Fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin kullanımıyla insanların çevreyle olan ilişkileri yoğunlaşmıştır. Fosil enerji yardımıyla toplumlar, zirai etkinliklerini patlayan nüfusu besleyecek kadar arttırabilmişler ancak doğal kaynakların aşırı bir hızla tüketilmesine yol açmışlardır.

Şu anda üzerinde yaşadığımız dünyanın konvansiyonel ölçütlere göre kendi kendine yeterli olmadığı öne sürülmektedir. 20. Yüzyılda dünya nüfusu üçe katlanmış durumdadır. Buna karşılık yiyecek, enerji ve diğer doğal kaynaklar bu hızla artmamaktadır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Doğal kaynaklar, yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklar olarak sınıflandırılır. Ancak, yenilenebilir kaynakların dahi yenilenebilmesi için uzun zaman ve büyük yatırımlar gerekmektedir. Yenilenemez kaynaklar ise, yokolan canlı türleri gibi yeniden yaratılamazlar. Doğal kaynakların tükenmesini önlemek için en mantıklı ve ekonomik yol tasarruftur.

Doğal kaynakların kullanımı pek çok çeşit kirletici üretir. Fosil yakıt kullanımı, daha önce mevcut olmayan kirleticilere ve kirlilik seviyelerine yol açmıştır. Fosil yakıt kaynaklı kirleticilerin tüm canlılara, havaya, suya ve toprağa ciddi zararları vardır. Doğada kolayca ayrışmayan kirleticiler yeni çevre sorunlarına sebep olmaktadırlar. Teknolojinin müdahale edemeyeceği tabiat kanunlarının neticesi olan pek çok çevre sorunu, teknolojik yöntemlerle çözülemezler. Örneğin, toprağın oluşmasını ve ağaçların büyümesini hızlandırmak, su kaynaklarını arttırmak için evrensel boyutta bir şey yapmak mümkün değildir. Ancak mevcut kaynakları korumak ve temiz tutmak yolunda pek çok şey yapılabilir. Bugün karşı karşıya geldiğimiz çevre sorunlarına insanlar sebep olduğu gibi, yine bu sorunların üstesinden gelebilecek ve bilim, teknoloji ve sanayide gelişip ilerlerken doğanın dengesini korumayı başarabilecek tek varlık da insandır.

Çevre ile ilgili sorunların niteliğini anlayabilmek, çözüm önerileri getirebilmek, doğa ve diğer canlılar ile uyum içerisinde yaşayabilmek için toplumların ekoloji ve çevre bilimleri ile tanışıklığı gerekmektedir. Bireylerin çevreyle ilgili davranışlarında değişikliklerin meydana gelmesi, insan ve diğer canlıların birbirleriyle ve çevre ile olan ilişkilerinin yani temel ekolojik olayların kavranmasıyla mümkündür.

Günümüz insanlarının sağlıklı bir çevrede yaşadıklarını söylemek mümkün değildir. Yaşadığımız çevre sorunlarının en önemli sebeplerinden biri hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak gelişen sağlıksız kentleşmedir. Eskiden beri kentler ticaret, endüstri, zenginlik ve politik gücün merkezi, ekonomik ve sosyal gelişimin itici gücü olmuştur. Kentleşme, daha yüksek yaşam kalitesi, daha iyi iş imkanları, yüksek gelir, eğitim ve sosyal etkinlikler gibi birtakım olanaklarla özdeşleşmiştir. Buna karşılık nüfusun hızlı bir şekilde büyüdüğü birçok kentte sorunlar da artmaktadır. Bazı büyük kentlerde, insanların temiz içme suyu gibi en temel ihtiyaçlarının bile karşılanamadığı durumlar vardır. Oysa yalnızca su, sağlık, katı atıkların yönetimi gibi konuların üzerinde durulması bile kentlerde, özellikle fakir kesimde görülen çeşitli hastalıkların, ölümlerin azalmasını sağlayacaktır. Dünya nüfusunun beşte biri, hava kirliliğinin üst düzeylerde seyrettiği kentlerde yaşamaktadır. İnsan sağlığı ve sulardaki yaşam, kanalizasyon atıklarının hiçbir

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

arıtma işlemine tabi tutulmadan göl, akarsu ve denizlere verilmesi ile tehlikeye girmektedir.

Böylesine modern bir çağda yaşarken, çoğu yerde çevre sorunlarının içinden çıkılmaz bir hal almasının nedeni bireylerin ilgisizliği, duyarsızlığı veya kendi çıkarları için doğaya karşı bencilce davranışları olabileceği gibi, aslında temelde yeterli bir çevre bilgisine sahip olmayışlarıdır. İnsanlar çoğu zaman çevreye verdiklerin zararın dahi farkında olmamakta veya önemsiz gibi görünen bir çevre kirliliğinin küresel olarak ne boyutlara ulaşabileceğini kavrayamadan yaşamlarını sürdürmektedirler. Bugün yaşamakta olduğumuz çevre sorunlarına insanların birtakım bilinçsiz davranışları yol açtığı gibi, nüfus ve sanayinin artması, enerji kullanımına dayalı bir yaşam şeklinin gelişmesiyle fosil yakıtların aşırı kullanımı da bu sorunların küresel boyutlara ulaşmasına neden olmuştur. Bu durumun düzeltilebilmesi sıradan vatandaşların çabalarından başka, hükümetlere ve uluslararası politikalara bağlıdır. Buna rağmen sıradan vatandaşların da yapabileceği pek çok şey vardır. İnsanlarda çevresel olaylara karşı ilgi uyandırabilmek için toplum olarak organize olmak, problemleri duyurmak ve hatta gerektiğinde politikacılara baskıda bulunmak gerekmektedir. Bireyler, günlük alışkanlıklarını ve ihtiyaçlarını çevreye zarar vermeyecek şekilde yerine getirmeyi görev bilmelidirler. Bunlar tek tek belki çok küçük önlemler ve tedbirler olarak görünebilir, ama herkesin bu şekilde davranmasıyla oluşacak etki küresel bir boyut kazanır.

İnsanların çevre bilincini oluşturup davranış olarak sergilemesi ve, günlük davranışlarının çevre üzerinde yaratacağı etkiler hakkında bilgi sahibi olması için çevre eğitiminin gerekliliği tartışılmazdır. Dünyamızın ve çevremizin yaşanabilir bir halde tutulması ve gelecek nesillere bırakılması ancak çevre eğitimi ile mümkündür. Halkın çevreyle ilgili olayları, anlayabilmesi ve onlardan haberdar olabilmesi büyük önem taşımaktadır. Dünya nüfusunun artışına paralel olarak mevcut besin ve enerji kaynaklarının yetersizliği ve çevre kirliliği gibi temel sorunların çözümlenmesinde bilinçli, planlı ve kalıcı yaklaşımlar için eğitim temel unsurdur. Sağlıklı bir çevrenin oluşturulması için eğitim sistemini ve, onun temel ögeleri olan öğretmen ve öğrencileri bu yönde geliştirmek gerekir. Toplumu oluşturan bireylerin insan ve çevre sağlığı konusunda yeterli düzeyde eğitilmesi sonucunda, birey davranışlarında istenilen değişiklikler oluşturulabilir ve sağlıklı nesiller yetiştirilebilir. Toplumun bilgilendirme ve bilinçlendirilmesindeki bir diğer amaç, siyasal erkin çevreyle ilgili karar ve uygulamalarının izlenebilmesini ve olası yanlışlarına bilinçli ve bilgili olarak karşı çıkılabilmesini sağlamaktır.

Çevre bilgisinin en doğru ve etkin bir şekilde verilebileceği yer örgün eğitimdir. Çevre eğitimi için bir diğer ortam basın-yayındır. Fakat planlı eğitim dışındaki kaynaklardan alınan bilgilerin kişileri bilgilendirmede ne derece sağlıklı olduğu tartışmalıdır. Yapılan uluslararası araştırmalar üniversite eğitimli bireylerin dahi günlük aktiviteler, enerji tüketimi ve çevre sorunları arasındaki ilişkiden habersiz olduklarını göstermektedir. Aynı çalışmalar, medya yoluyla edinilen bilgilerin, çevresel olayların ve birbirleriyle ilişkilerinin anlaşılmasına değil, sadece insanların zihninde bir tehlike işaretinin belirmesine neden olduğunu göstermektedir.

Bireyin ilk eğitimini aldığı ve en küçük sosyal birim olarak tanımlanan aile, çevre eğitiminin verilmeye başlandığı ilk noktalardan biri olmalıdır. Aileler çocuklarına, kaynak tasarrufunun ve temiz bir çevrenin önemini, insan sağlığı ile çevre arasındaki ilişkiyi, her bireyin temiz bir çevrede yaşama hakkına sahip olduğu fikrini aşılayabilmelidir. Doğal olarak bunun gerçekleşmesi için aile büyüklerinin bu konuda bilgili ve bilinçli olması gerekir. Bu da ancak, önce eğitimliler- akademisyen, politikacı, bürokrat, teknokrat ve öğretmen- olmak üzere tüm topluma yayılacak doğru ve yeterli çevre eğitimi ile mümkündür.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# 2. BÖLÜM

# ÇEVRE EĞİTİMİNİN GELİŞİMİ

Çevre eğitiminin temeli, doğayı ve doğal kaynakları koruma eğitimine dayanmaktadır. Ancak, çevre hareketi doğayı koruma etkinliklerinden farklı olduğu gibi çevre eğitimi de, doğayı ve doğal kaynakları koruma eğitiminden farklıdır. Çevre eğitimi, toprak, su, orman gibi doğal kaynakları geliştirme ve korumaya ilave olarak biyosfer, biyomlar ve ekosistemleri içine alacak şekilde tüm çevreyi korumak ve iyileştirmek üzerine odaklanmıştır. Ekosistemlerin nasıl işlediklerini açıklaması bakımından ekoloji, çevre eğitiminin önemli bir temel taşını oluşturmuştur. Zamanla çevre eğitimi, dünya vatandaşlarını çevre hakkında bilgilendirmekten öteye gidip onları, çevre yönetiminde becerileri ve gönülleri olan katılımcılar haline getirmeyi hedefleri arasına almıştır. Sadece çevre sorunlarının bilinip tanınmasıyla çevreye karşı olumlu tutumun gelişemeyeceği, çevre eğitiminin temel ilkelerinden biridir.

## 2.1 Çevre Eğitiminin Gelişimi

70'li yılların başından itibaren dünyanın siyaset, eğitim ve bilim alanında önde gelen liderleri, giderek artan çevre sorunlarını ve doğurduğu sonuçları tanımaya başladılar. Birkaç ülkede "çevre eğitimi" olgusu kabul edildi ve çevre eğitim programları geliştirildi. Ancak yerel ve ulusal boyutta başlayan bu hareket, 1972 yılında Stockholm'de düzenlenen **Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı** (United Nations Conference on the Human Environment) ile çevre eğitimi konusunda uluslararası, küresel bir boyut kazandı. Konferans Bildirgesindeki *" insanlık, şimdiki ve gelecek nesiller için çevreyi korumak ve iyileştirmek mecburiyetindedir."* ifadesiyle dikkatler, insanların çevrelerine dönük tutum ve davranışlarına çekilmiş oldu.

Stockholm konferansının önerileri doğrultusunda UNESCO Çevre Dairesi 1975 yılında 136 üye ülkede, **"Çevre Eğitimi İçin Kaynakların Değerlendirilmesi: Üye Devletlerin Gereksinimleri ve Öncelikleri"** (Assessment of Resources for Environmental Education: Needs and Priorities for Member States) başlıklı bir anket uyguladı. Bu anketin amacı, küresel ve yerel düzeyde bu büyüklükte bir eğitim hamlesiyle ilgili zorlukları gözönüne alarak, çevre eğitiminde rolü olan uzman ve yetkililere ileride atılacak adımların temellerini oluşturacak bilgilerin sağlanmasıydı.

UNESCO anketinin büyük bir bölümü çevre eğitim programlarındaki gelişmelerle ilgiliydi. Bu çalışmadan çıkan önemli sonuçlar şöyleydi:

1. Dünyadaki mevcut programlar, sayı ve kapsam bakımından ulusların çevre eğitimine dikkatlerini çekmekte yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizlik, özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha belirgindir.

2. Çevre eğitim programlarında gerçek bir disiplinler arası yaklaşım eksikliği vardır. Araştırma kapsamındaki hiçbir ülkede, işlevsel mantığa dayalı bir eğitim programına rastlanmamıştır.

3. Gerçek problemlerin çözümüne dayalı bir eğitim yaklaşımı yoktur. Bu durum, çevre eğitiminin toplumdan kopukluğuna ve dolayısıyla eğitim verimliliğinin sınırlı kalmasına sebep olmaktadır.

Stockholm Konferansı ve yapılan anket sonucunda çevre eğitimi konusunda ortaya çıkan bu zafiyeti gidermek amacıyla, UNESCO ve Birleşmiş Milletler Çevre Programının ( UNEP:United Nations Environmental Program) işbirliğiyle Uluslararası Çevre Eğitim Programı (IEEP: International Environmental Education Program), 1975 yılında hayat buldu. IEEP'nin düzenlediği bölgesel konferans ve seminerlerin ardından UNESCO - UNEP işbirliğiyle dünyada ilki olmak üzere 1977 yılında bakanlar seviyesinde **Hükümetlerarası Çevre Eğitim Konferansı** (Intergovernmental Conference on Environmental Education) Tiflis'de toplandı. Küresel düzeyde çevre eğitimi, Tiflis Konferansı ile IEEP'nin himayesinde yapısal ve hedefsel niteliğini kazanmış oldu. Tiflis Konferansının Bildirgesi ve Önerileri, çevre eğitiminin insan eğitiminde yerini alması için bir dönüm noktası teşkil etmektedir. Bu belgelerde ulusal ve uluslararası düzeyde çevre eğitiminin geniş çerçevesiyle birlikte niteliği, amaçları ve pedagojik esasları belirtilmektedir.

Tiflis Konferansından 10 yıl sonra UNESCO ve UNEP işbirliğiyle Moskova'da gerçekleştirilen **Uluslararası Çevre Eğitim ve Yetiştirme Kongresi**'inde (International Congress on Environmental Education and Training) üzerinde durulan konular şöyle sıralanmaktadır: i) Tiflis Konferansından sonra kaydedilen ilerleme ve gelişmeler; ii) Çevrenin durumu ve eğitimsel izdüşümü; iii) Hükümetler arası çevre-bilim programlarının çevre eğitimiyle olan ilişkileri ve iv) 1990'larda yürütülecek çevre eğitimi için Tiflis Bildirgesi çerçevesinde uluslararası stratejinin saptanması. Benimsenen stratejilerde, çevre eğitiminin geliştirilmesinde öğretmenlik eğitiminin anahtar faktör olduğu ve, çevre eğitiminin sürdürülebilir bir gelişim içinde olmasını sağlamanın en iyi yolu öğretmenlik eğitimine çevre eğitim

boyutunun dahil edilmesi gereği ön plana çıkmıştır. Çevre eğitimi verebilecek öğretmen eksikliğinin en kısa vadede giderilmesi ve üniversitelerde, halk eğitiminde, teknik ve meslek liselerinde de çevre eğitimi için model ve müfredat geliştirme gereği özellikle vurgulanmıştır.

1992 yılında Rio de Janerio'da düzenlenen **Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı**'nda (United Nations Conference on Environment and Development: UNCED) IEEP, eğitime sürdürülebilir kalkınma boyutunu getirmekle görevlendirilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma *"insanlığın, şimdiki ve gelecekteki ihtiyaçlarını karşılama potansiyelini arttırmak için kaynakların kullanılmasında, yatırımların niteliğinde ve teknolojik gelişimin yönlendirilmesinde yer alan değişim süreci"* olarak tanımlanmıştır. Ancak sürdürülebilir kalkınma ile, gelecek nesillerin ihtiyaçlarına cevap verecek kaynaklar tehlikeye atılmadan bugünkü nesillerin ihtiyaçlarına cevap verilebileceği belirtilmiştir.

1997 yılında, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonunun çalışma programının uygulanmasına katkıda bulunmak amacıyla Selanik'te, **Uluslararası Çevre ve Toplum Konferansı: Sürdürülebilirlik İçin Eğitim ve Toplum Bilinci** (International Conference on Environment and Society: Education and Public Awareness for Sustainability) başlıklı bir konferans düzenlenmiştir. Sonuç Bildirgesinin eğitimle ilgili maddeleri arasında Tiflis Bildirgesinin tümüyle hala geçerli olduğu belirtilmiş ve sürdürülebilir kalkınma konusunda eğitimde yapılması gereken düzenlemeler için esaslar oluşturulmuştur.

### 2.2 Tiflis Bildirgesi

14-26 Ekim 1977 tarihlerinde Tiflis'te gerçekleştirilen Hükümetlerarası Çevre Eğitim Konferansı'nın kapanışında, tüm katılımcılar tarafından benimsenerek ortaya çıkan bildirgenin metni şöyledir:

*"Son yıllarda, çevreyi değiştirebilme gücüne sahip olan insanlık, doğanın dengesinde hızlı değişimler meydana getirdi. Bunun neticesi olarak, canlı türleri telafi edilemez bir şekilde tehlike altındadır.*

*1972 yılında Stockholm'de düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı Bildirgesinde yer alan " insanlık, şimdiki ve gelecek nesiller için çevreyi korumak ve iyileştirmek mecburiyetindedir" yükümlülüğü, kalkınma planları dahilinde acil olarak yeni stratejiler icabettirmektedir. Çevrenin iyileştirilmesi açısından bu yeni stratejiler, kalkınmakta olan ülkeler için bir önşart teşkil*

*etmektedirler. Uluslararası yeni bir düzenin temelini, halklar arasındaki dayanışma ve adalet oluşturmalı ve, tüm mevcut kaynaklar en kısa zamanda biraraya getirilmelidir. Bilim ve teknolojinin bulgularındanda faydalanan bir eğitim, çevre sorunlarına karşı bilinç ve anlayış oluşturulmasında ön planda rol almalıdır. Sözkonusu eğitim, her milletin çevreye ve kendi özkaynaklarına karşı olumlu bir tutum ve tavır geliştirmelidir. Çevre eğitimi, örgün ve yaygın eğitimin her safhasında her yaşta insana verilmelidir. Bu eğitim misyonu uğruna geniş olanaklarını seferber etmek konusunda medyaya büyük bir görev düşmektedir. Karar ve eylemleriyle çevre üzerinde etkili olan kişilere ve uzmanlara çevre eğitimi içinde, gerekli bilgi ve becerilerle birlikte taşıdıkları sorumluluğun anlam ve önemi kavratılmalıdır. En doğru manada çevre eğitimi, büyük bir hızla değişen dünyaya karşılık verebilen kapsamlı bir sürekli eğitim teşkil etmelidir. Günümüz dünyasının temel sorunlarını kavratarak, toplumdaki manevi değerler doğrultusunda çevreyi koruma ve yaşamı iyileştirme konusunda üretken bir rol oynamak için gerekli beceri ve nitelikleri kazandırarak, bireyi hayata hazırlamalıdır.*

*Geniş bir yelpazeye yayılan disiplinler arası temelinden kaynaklanan bütünsel bir yaklaşımla çevre eğitimi, doğal çevre ile yapay çevrenin güçlü bir şekilde birbirine bağımlı olduğunu kabul eden yeni bir bakış açısı yaratır. Çevre eğitimi, bugünün davranışıyla yarın ortaya çıkacak sonuçlar arasındaki bağlantıya işaret eder. Uluslar arasındaki bağınlaşmayı ve tüm insanlar arasındaki dayanışmanın gereğini sergiler.*

*Çevre eğitimi topluma da uzanmalıdır. Bireyi gerçek problemlerin çözüm sürecine katmalıdır. Girişimciliği, daha iyi yarınlar yaratmak için sorumluluk ve görev duygusunu geliştirmelidir. Doğası itibarıyla çevre eğitimi, eğitim sürecinin yenilenmesine önemli katkılarda bulanabilir.*

*Çevre eğitiminin bu hedeflere erişmesi için, tüm gayretlere rağmen eğitim sistemlerinde hala var olan bazı boşlukların doldurulması gerekmektedir.*

*Netice olarak Tiflis Konferansı:*

*Eğitim yetkililerini, çevre eğitimi alanında düşünce, araştırma ve yenilikleri geliştirmeye DAVET EDER;*

*Üye ülkelerin, bilgi, belge ve kaynak alışverişinde; öğretmen ve uzmanların eğitim olanaklarından faydalanması konusunda, işbirliği yapması için ISRAR EDER;*

*Uluslararası toplumdan, tüm halkların dayanışma gereğini simgeleyen, anlayış ve barışı oluşturacak olan bu işbirliğini güçlendirmek için yardım ellerini cömertçe uzatmalarını İSTER."*

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Şu anda tüm dünyada çeşitli çevre eğitim programları uygulanmaktadır. Bunlar arasında en gelişmiş olanlar Tiflis Bildirgesinin hedef, amaç ve esasları doğrultusundadır. Buna göre:

Çevre Eğitiminin HEDEFLERİ

- Kentsel ve kırsal kesimdeki ekonomik, sosyal, politik ve ekolojik olaylar arasındaki bağınlaşmanın bilincini ve duyarlılığını geliştirmek;

- Çevreyi korumak ve iyileştirmek için bireylerin gerekli bilgiyi, değer yargılarını, tutum, sorumluluk ve becerileri kazanmaları yolunda olanak sağlamak;

- Bireylerde ve bütün olarak toplumda, çevreye dönük yeni davranış biçimi yaratmak.

Çevre Eğitiminin AMAÇLARI
(Sınıflandırılmış, genel)

- BİLİNÇ: Bireylerin ve toplumların, tüm çevre ve sorunları hakkında bilinç ve duyarlılık kazanmasını sağlamak;

- BİLGİ: Bireylerin ve toplumların çevre ve sorunları hakkında temel bilgi ve deneyim sahibi olmalarını sağlamak;

- TUTUM: Bireylerin ve toplumların çevre için belli değer yargılarını ve duyarlılığını, çevreyi koruma ve iyileştirme yönünde etkin katılım isteğini kazanmalarını sağlamak;

- BECERİ: Bireylerin ve toplumların çevresel sorunları tanımlamaları ve çözümlemeleri için beceri kazanmalarını sağlamak;

- KATILIM: Bireylere ve toplumlara, çevre sorunlarına çözüm getirme çalışmalarına her seviyeden aktif olarak katılma olanağı sağlamak.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Çevre Eğitiminin ESASLARI

Çevre Eğitimi,

- çevreyi doğal ve yapay; teknolojik ve sosyal (ekonomik, politik, kültürel, tarihi, ahlaki ve estetik) ögelerden oluşmuş bir bütün olarak ele almalıdır;
- okulöncesi eğitimden başlayıp tüm örgün ve yaygın eğitim aşamalarında, ömür boyu süren bir eğitim olmalıdır;
- her disiplinden ilgili kısımları, dengeli ve bütünleştirici bir şekilde biraraya getiren disiplinlerarası bir yaklaşımı olmalıdır;
- öğrenicilerin değişik coğrafi bölgelerdeki çevre şartları hakkında öngörü sahibi olmaları için temel çevre sorunlarını yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası açılardan ele almalıdır;
- mevcut ve potansiyel çevre şartları üzerinde dururken tarihsel boyutu da gözönünde tutmalıdır;
- çevre sorunlarına karşı önlem almak ve çözüm getirmek için yerel, ulusal ve uluslararası işbirliğinin değerini ve gerekliliğini öne çıkarmalıdır;
- kalkınma ve büyüme için yapılan planlarda çevre boyutunu gözönünde tutmalıdır;
- öğrenicilerin, öğrenme yaşantılarının planlanmasında rol sahibi olmalarını sağlamalı; karar almaları ve aldıkları kararın sonuçlarını kabul etmeleri için fırsat tanımalıdır;
- çevre duyarlılığı, bilgisi, problem çözme becerisi ve değer yargılarının biçimlendirilmesi her yaş grubuna hitap edecek şekilde verilmeli; erken yaşlarda öğrenicilerin kendi toplumlarına yönelik çevre duyarlılığı üzerinde özellikle durmalıdır;
- öğrenicilerin, çevre sorunlarının gerçek nedenlerini kendilerinin bulmasına yardımcı olmalıdır;

- çevre sorunlarının karmaşıklığını ve bu yüzden de eleştirel düşüncenin ve problem çözme becerisinin gereğini vurgulamalıdır;

- uygulamalı etkinlik ve ilk elden deneyimlerin üzerinde özellikle durarak, çevre hakkında çevreden öğrenmek/öğretmek için değişik öğrenme ortamlarından ve eğitim yaklaşımlarından faydalanmalıdır.

Yukarıda sıralanan hedef, amaç ve esaslar çerçevesinde çevre eğitiminin yapılanması, ayrıntılı olarak bundan sonraki bölümde ele alınmıştır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# 3. BÖLÜM

# ÇEVRE EĞİTİMİ

## 3.1 Çevre Eğitiminde Modeller

1977 yılında yayınlanan Tiflis Bildirgesinden sonra çevre eğitiminde dikkatler, bu hedef, amaç ve esasların nasıl uygulanabileceği üzerinde yoğunlaşmıştır. Hungerford ve arkadaşları, Tiflis Bildirgesindeki sınıflandırılmış genel amaçlardan giderek çevre eğitiminin nihai amacını şöyle ifade etmektedirler:

*öğrenicilerin, yaşam kalitesi ile çevre kalitesi arasındaki dinamik dengeyi sağlamak ve/veya korumak için bireysel ve toplu olarak çalışmaya istekli, çevre hakkında bilgili, ve daha önemlisi, becerili ve sorumluluk duygusu olan insanlar haline gelmelerine yardımcı olmak.*

Örgün eğitim içinde bu temel amaca ulaşmak için iki model uygulanabilir:

1. Tek ders modeli (disiplinlerarası)
2. Yaygın model ( çok disiplinli)

Tek ders modeline göre çevre eğitimi, fen, matematik ve sosyal bilimlerin ilgili kısımlarını içine alan (disiplinlerarası) ancak kendi başına bir içeriği ve programı ile ayrı bir ders olarak öğretim programlarında yer alır.

Yaygın modele göre ise çevre eğitimi, uygulanmakta olan öğretim programlarında yer alan fen, matematik, sosyal, güzel sanatlar, dil ve edebiyat derslerinin içine ilgili konularla birlikte işlenecek şekilde yayılır (çok disiplinli).

Her iki modelin de, özellikle öğretim şartlarına bağlı olarak, avantaj ve dezavantajları vardır. Ancak uygulanacak model hangisi olursa olsun çevre eğitiminde hedefler aynıdır: BİLGİ, BİLİNÇ, TUTUM, BECERİ ve KATILIM.

## 3.2 Çevre Eğitiminde Hedef Seviyeleri

Yukarıdaki amaçlar, 1992'de Rio de Janerio'da gerçekleşen Dünya Zirvesinde (UNCED) gündeme alınan sürdürülebilir kalkınma boyutunu da içerecek şekilde,

Hungerford ve Peyton tarafından her öğrenici grubuna göre program geliştirmede uygulanabilirliği olan dört seviyelik hedefler kümesi haline getirilmiştir.

I. Seviye'de *(Ekolojik Temeller)*, öğrenicilerin çevreyle ilgili doğru kararları alabilmesi için ekoloji hakkında bilgilendirilmeleri hedeflenmektedir (BİLGİ sınıfı amaçların yerine getirilmesi).

II. Seviye *(Kavramsal Bilinçlenme)*, BİLGİ ve BİLİNÇ ve TUTUM sınıfı amaçlara cevap vermektedir; insanların çevreye dönük davranışlarıyla ilgilidir.

III. Seviye *(İnceleme ve Değerlendirme)*, bilişsel süreç veya BECERİ seviyesidir; araştırma, inceleme, değerlendirme becerilerinin kazandırılması ve değer yargılarının biçimlendirilmesiyle ilgilidir.

IV. Seviye *(Çevreye Dönük Girişimcilik Becerisi)*, çevre sorunlarının çözümlenmesiyle ilgili olarak KATILIM BECERİ lerini geliştirme seviyesidir .

Çevre eğitimi gören öğrenicilerin eğitim süreleri sonunda, aşağıdaki nitelikleri kazanmış olmaları beklenir:

I. SEVİYE HEDEFLER: Ekolojik Temeller

1. Bireyler, populasyonlar, komüniteler, ekosistemler, biyojeokimyasal döngüler, enerji üretimi ve akışı, bağınlaşma, niş, uyum sağlama, ardıllık, homeostasis ve ekolojik bir değişken olarak insanı içine alan temel ekolojik kavramları kullanabilmeli.

2. Çevre sorunlarının analizinde ekolojik kavram bilgisini kullanabilmeli ve ilgili ekolojik esasları tanımlayabilmeli.

3. Çevre sorunları için önerilen çözümlerin doğuracağı sonuçlar hakkında kestirimde bulunurken ekolojik kavram bilgisini kullanabilmeli.

4. Çevre sorunlarının incelenmesi, değerlendirilmesi ve çözümlenmesi doğrultusunda uygun bilimsel veri kaynaklarını seçip kullanması için ekolojinin esaslarını anlayabilmeli.

5. Sürdürülebilir kalkınma doğrultusunda yapılan çalışmalarda ekolojik kavram bilgisini kullanabilmeli ve ilgili ekolojik ilkeleri tanımlayabilmeli.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

II. SEVİYE HEDEFLER: Kavramsal Bilinçlenme

6. İnsanın kültürel etkinliklerinin (dinsel, ekonomik, politik, sosyal ve diğerleri) çevreyi nasıl etkilediğini ekolojik bir perspektif içinde anlayabilmeli ve başkalarına duyurabilmeli .

7. Birey davranışının çevre üzerindeki etkilerini ekolojik bir perspektif içinde anlayabilmeli ve başkalarına duyurabilmeli.

8. Çeşitli yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası çevre sorunlarını ve bu sorunların doğurduğu ekolojik sonuçları tanımlayabilmeli.

9. Ciddi çevre sorunlarını gidermek yolunda alternatif çözüm yollarını ve bu çözüm yollarının doğuracağı kültürel ve ekolojik sonuçları tanımlayabilmeli ve başkalarına duyurabilmeli.

10. Çevre sorunlarıyla ilgili doğru karar almada önşart olarak inceleme, araştırma ve değerlendirmenin gereğini anlayabilmeli.

11. Farklı inanç ve değer yargılarının çevre meselelerindeki rolünü ve, çevreyle ilgili kararlarda çevreye dönük olumlu tutumların gereğini anlayabilmeli.

12. Çevre sorunlarının çözümünde sorumlu yurttaş girişimlerinin gereğini anlayabilmeli.

13. Yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde yürütülen başarılı sürdürülebilir kalkınma senaryolarını tanımlayabilmeli ve geliştirebilmeli.

III. SEVİYE HEDEFLER: İnceleme ve Değerlendirme

14. Sorunları tanımlamak, incelemek ve araştırmak; toplanan verilerden bir sonuç çıkarabilmek için gereken bilgi ve beceriyi gösterebilmeli.

15. Doğuracağı ekolojik ve kültürel sonuçlara göre çevre sorunlarının ve, bu sorunlarla ilgili görüşlerin analizini yapabilme yetisini gösterebilmeli.

16. Önemli çevre meselelerine getirilen çözümleri ve ilgili bakış açılarını değerlendirme yetisini gösterebilmeli.

17. Doğuracağı ekolojik ve kültürel sonuçlara göre, önemli çevre meselelerine getirilen çözümleri ve ilgili bakış açılarını değerlendirme yetisini gösterebilmeli.

18. Önemli çevre sorunları ve çözümleriyle ilgili olarak kişisel değer yargılarını tanımlama ve belirginleştirme yetisini gösterebilmeli.

19. Yeni bilgiler ışığında değer yargılarını değerlendirme, netleştirme ve değiştirme yetisini gösterebilmeli.

20. Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi için başarılı projeleri analiz etme yetisini gösterebilmeli.

IV. SEVİYE HEDEFLER: Çevreye Dönük Girişimcilik Becerisi

21. İkna, tüketim, politik ve yasal eylemler gibi çeşitli yurttaş girişimciliğinde yeterlik ve beceri sergileyebilmeli.

22. Doğurabileceği ekolojik ve kültürel sonuçlar ışığında yurttaş girişimlerini değerlendirebilmeli.

23. Herhangi bir çevre sorununu çözümlemek veya çözümüne yardımcı olmak için girişim becerilerinden bir veya birkaçını kullanma yetisini gösterebilmeli.

24. Herhangi bir sürdürülebilir kalkınma senaryosu geliştirmek için yurttaş girişim becerilerinden birini kullanma yetisini gösterebilmeli.

### 3.3 Çevre Eğitimi İçin Öğretmenlerin Yetiştirilmesi

Çevre eğitiminin aileden başlayıp ömür boyu süren bir eğitim olduğu vurgulanırken IEEP bulgularına göre bireylerin çevre eğitimini en verimli şekilde alabilecekleri ve yukarıda belirtilen tüm hedeflerin erişilebileceği öğretim seviyesi ortaöğretimdir. Ortaöğretim çevre eğitiminin amaçlarına ulaşabilmesindeki en önemli faktör ise öğretmendir ve doğal olarak ortaöğretim öğretmenleri çevre eğitimi verecek şekilde yetiştirilmelidirler. IEEP himayesinde yapılan çalışmalarda öğretmenlik eğitiminde çevre eğitiminin amaçları, Tiflis Bildirgesi amaçlarına uygun olacak şekilde, ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

*Öğretmenlik Eğitiminde Çevre Eğitiminin Amaçları:*

1. Öğretmenlere doğaya dönük, bütünsel bir bakış açısı ve kendisi ve gelecek nesiller için sorumluluk duygusu kazandırmak;

2. Öğretmenlerin çevrenin bütünlüğü ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki karmaşık ilişkileri ve bağınlaşmayı anlamalarını sağlamak;

3. Öğretmenlerin yerel, ulusal, bölgesel ve küresel seviyede ekonomik büyüme programlarının doğuracağı çevre sorunlarını tanımalarına yardımcı olmak;

4. Öğretmenlere, çevrenin korunması ve iyileştirilmesi için aktif çalışmaya sevk edecek çevreye dönük sorumluluk duygusu ve değer yargılarını aşılamak;

5. Öğretmenlerin çevre eğitimini yeterli bir şekilde yürütebilmeleri için, çevre ve sosyo-kültürel kalkınma sonucu ortaya çıkan problemler ve çözümleri hakkında yeterli bilgiyle donatmak;

6. Öğretmenlere, her grup ve kavram yetisindeki insanlar için örgün ve yaygın çevre eğitiminin gereğini kavratmak ;

7. Öğretmenlerin çevre eğitiminin disiplinlerarası niteliğini tanımalarını ve bu özelliğin üzerinde durmaları için beceri geliştirmelerini sağlamak;

8. Öğretmenlere, öğrencileri ile etkili bir şekilde iletişim kurabilmeleri için gerekli pedagojik nitelikleri kazandırmak;

9. Öğretmenleri, bilgi ve becerilerini sürekli yenilemeleri gereğine inandırmak;

10. Öğretmenlere, yeni içerik ve yöntem uygulamaları için özgüven sağlamak.

Doğal olarak bu amaçları gerçekleştirecek eğiticiler, öğretmenlik eğitiminde görevli üniversite öğretim üyeleridir. Yetiştirdiği öğretmenlerde çevre dostu

tutumları ve çevreye dönük sorumluluk duygusunu geliştirebilmesi için çevre eğitimiyle görevli öğretim üyelerinin de çevre dostu davranışa, bilgi ve becerilere sahip olması gerekmektedir.

Evrensel çevre eğitiminin amaçlarının gerçekleştirilmesi için öğretmenlik eğitimi programına kapsamlı bir çevre eğitim programı gereklidir. IEEP himayesinde yapılan çalışmalara göre, öğretmenlerin çevre eğitimini başarıyla gerçekleştirebilmeleri için, eğitim süreleri içinde üçer kredilik üç ayrı ders önerilmektedir. Bunlar Çevre Bilimleri / Bilim, Teknoloji, Toplum ve Çevre / Çevre Eğitiminde Yöntem dersleridir.

*Öğretmen Adayları için Çevre Eğitim Programları:*

Çevre Bilimleri

Bu dersle çevre bilimleri kara, hava, su, enerji ve insanı çevreleyen yaşam sistemlerini inceleyen bir bilim dalı olarak tanıtılır. Ekolojinin temel esaslarından giderek yukarıda sıralanan sistemlerin yapısı ve doğal süreçleri tartışılır. Çevre bilimlerinin, çevreyi bir sistem olarak kavrama doğrultusunda meteoroloji, jeofizik, okyanus, ekoloji dallarından gelen içerikle ve, fizik, kimya, biyoloji, matematik ve mühendislik bilgi ve tekniklerinin kullanıldığı disiplinlerarası niteliği üzerinde durulur.

Bilim, Teknoloji, Toplum ve Çevre

Bu dersle fen ve teknolojinin geçmişi, mevcut durumu ve geleceği analiz edilir. Çevresel etkilerini gözönüne alarak fen ve teknolojinin toplumdaki rolü tartışılır. Doğa dengesinin korunması veya bozulmasında insanın rolü üzerinde durulur. Problem çözmeye ve araştırmaya yönelik bir ders olarak işlenir. Değer yargılarını bütünleştirme ve ileri seviyede akıl yürütme becerilerine de önem verilir.

Çevre Eğitiminde Yöntem

Bu dersle çevre hakkında ve çevre için bilgi, beceri ve değer sisteminin doğru ve verimli bir şekilde aktarılması üzerinde durulur. Yenilikçi yöntemlerle öğretmen adaylarının üst seviyeden akıl yürütme becerileri geliştirilir/arttırılır ve değerlendirilir. Bu ders sayesinde öğrenme/öğretme etkinliği, çevreyi merkez alarak yaşamsal bir anlam kazanır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

## 3.4 Türkiye'de Üniversite Öncesi Çevre Eğitimi ve KATILIM Hedefi

Örgün eğitim içinde ülkemizde çevre eğitimi, ilköğretimde 4.sınıfta başlamak üzere Fen ve Sosyal Bilgiler kapsamında yaygın modele uygun olarak verilmektedir. Ortaöğretim çevre eğitiminde ise, 1992 yılından itibaren genellikle Lise 1'de açılan seçmeli dersler grubundaki Çevre ve İnsan dersi ile tek ders modeline uyulmaktadır. Yakın zamanlarda yapılan araştırmalarda, ekoloji ve çevre eğitimiyle ilgili sorunların daha ilköğretimden itibaren kendini gösterdiğini ve öğretmenlik eğitimine ulaştığı belirtilmektedir. Çevre eğitiminde istenilen seviyeye gelinememesinin sebebi uygulanan öğretim programları, öğretmenlik eğitimi ve bilgi kaynağı yetersizliği olarak ortaya çıkmaktadır. Durumun telafisi ancak, ilköğretimden başlayıp ilk ve orta öğretim öğretmenlik eğitimlerini de içine alacak şekilde, Uluslararası Çevre Eğitim Programı'nın benimsediği hedef ve esasları, ve ülkemiz şartlarını gözönünde tutarak yapılacak ciddi program geliştirme çalışmalarıyla mümkündür.

Bu doğrultuda, 14 Ekim 1999'da Çevre Bakanlığı ile Milli Eğitim Bakanlığımız arasında Çevre Eğitiminde İşbirliği Protokolü yapılmıştır. Bu protokole göre, örgün eğitimin çeşitli kademelerinde eğitim gören öğrencilerin ve öğretmenlerin çevreye daha duyarlı olmalarını sağlamak için yeni bir Çevre Eğitim Programı hazırlanmaktadır. Bu program ile, öncelikle okul öncesi ve ilköğretim çağındaki çocuklarda, çevre koruma bilincinin geliştirilmesi için uygulamalı/katılımlı çevre eğitimine ağırlık verileceği belirtilmektedir. Ortaöğretimde ise, yukarıda belirtilmiş olduğu gibi 1992 yılından itibaren seçmeli dersler grubuna dahil edilmiş olan çevre dersinin, haftada bir saat zorunlu ders olarak okutulması öngörülmektedir.

Örgün eğitim içinde çevre eğitiminin KATILIM hedefini gerçekleştirmek öğretmen ve kurum için zorluk teşkil etmekle birlikte, çevre eğitiminde katılım boyutunun vurgulanması ve eğitimin bu doğrultuda yönlendirilmesi gerekir. Bu dünya üzerinde yaşayan her insanın çevre konusunda sadece bilgili, bilinçli ve istekli olması yeterli değildir. Yapılan araştırmalar, bu niteliklerin bireysel yaşantılarda alınacak önlemlerle sınırlandırılması yerine, çevre örgütlerine üye olunarak ortak bir eylem planı dahilinde çalışmanın daha etkili olduğunu göstermektedir . Gerçi otuz yıldır 22 Nisan'da kutlanan Dünya Günü, 1970 yılında Harward Üniversitesi Hukuk Fakültesi öğrencisi Denis Hayes'in « Kim demiş

dünyayı değiştiremezsiniz diye? Bir insan bile dünyayı değiştirebilir.» sloganıyla başlatılmıştı ama bu hareketin kalıcı olması kitlesel harekete dönüşmesiyle gerçekleşmiştir. Ozon tabakasının incelmesini önlemek konusunda, bireylerin CFC içeren spreyleri boykot etmesinden ziyade örgütlü olarak yetkililere yapılan baskı etkili olmuştur. 1987'den bu yana CFC üretim ve kullanımında kaydedilen %70 azalma bu baskının sonucudur. 1989'dan itibaren uygulamaya konan uluslararası kararlardan sonra McDonald's firması CFC içeren hamburger ambalajlarından vazgeçip geri dönüşümlü karton kutular kullanmaya başlamıştır. Şimdilerde Doğa Dostu diye tanınan pek çok üretici, çevreci sivil toplum örgütlerinin baskılarıyla yetkililerin hayata geçirdikleri kararlara uymak zorunda kalarak doğaya zararlı üretim yöntemlerinden vazgeçmişlerdir. Julia Hill adlı bir bireyin Kalifornia'daki ağaçların kesilmesini önlemek için dev bir ağacın üzerinde geçtiğimiz son iki yılı yaşıyarak gerçekleştirdiği kişisel eylem sadece dikkat çekmiştir; ağaçların kesimini durduramamıştır. Bu eylemin hedefi olan Pacific Lumber Şirketi, Julia Hill'in üzerinde yaşadığı 230 metre yüksekliğindeki Luna isimli kızılağaca ve çevresindekilere dokunmamış, ancak 4 bin dönümlük bölgedeki tüm kızılağaçları kökünden kesmiştir. Tek çare, bireylerin örgütlenerek ve basın-yayın kuruluşlarını da yanlarına alarak hükümet ve büyük şirketlere baskı yaparak onları çevre dostu üretim yöntemlerine ikna etmeleridir. Diğer bir deyişle, bireysel olarak bilgi, beceri ve tutum kazanılmalıdır ancak, çevreci sivil toplum örgütlerine katılarak bu nitelik ve birikimler çevreyi kurtarmak, düzeltmek yolunda değerlendirilmelidir.

Türkiye Cumhuriyeti Anayasasının (1982) 56. maddesinde, «Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların görevidir» şeklinde, çevre açısından katılmalı yönetimin sağlanmasına dayanak olabilecek bir hüküm bulunmaktadır. Her Türkiye Cumhuriyeti vatandaşının çevre konusunda sahip olduğu bilgi, bilinç ve duyarlılık heba edilmeden devletin kurumlarıya birlikte çevreyi koruma ve geliştirme etkinliklerinde kullanılmalıdır. Bu katılım, çevreyle ilgili yasaların bilinmesiyle ve gönüllü çevre örgütleri yoluyla gerçekleşebilir.

Türkiye'de halen geçerli olan 9.8.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Yasasının önemli maddeleri ve, uluslararası ve ulusal düzeyde faaliyet gösteren çevre örgütleri arasında etkinliklerinden en fazla söz ettirenler aşağıda verilmiştir.

9 Ağustos 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Yasasının önemli maddeleri:

**Madde 1:** Bu kanunun amacı bütün vatandaşların ortak varlığı olan çevrenin korunması, iyileştirilmesi; kırsal ve kentsel alanda arazinin ve doğal kaynakların en

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

uygun şekilde kullanılması ve korunması; su, toprak ve hava kirlenmesinin önlenmesi; ülkenin bitki ve hayvan varlığı ile doğal ve tarihsel zenginliklerinin korunarak, bugünkü ve gelecek kuşakların sağlık, uygarlık ve yaşam düzeyinin geliştirilmesi ve güvence altına alınması için yapılacak düzenlemeleri ve alınacak önlemleri, ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleri ile uyumlu olarak, belirli hukuki ve teknik esaslara göre düzenlemektir.

**Madde 2:** Çevre korunmasına ve çevre kirliliğinin önlenmesine ilişkin genel ilkeler şunlardır:

a) Çevrenin korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi gerçek ve tüzel kişilerle vatandaşların görevi olup, bunlar, bu konuda alınacak tedbirlere ve belirlenen esaslara uymakla yükümlüdürler.

b) Çevre korumasına ve kirliliğine ilişkin karar ve önlemlerin alınması ve uygulanmasında; insan ve diğer canlı varlıkların sağlığının korunması, alınacak önlemlerin kalkınma çabalarına olumlu ve olumsuz etkileri ile fayda ve maliyetleri dikkate alınarak kısa ve uzun vadeli değerlendirilmelerin yapılması esastır.

c) Arazi ve kaynak kullanım kararlarını veren ve proje değerlendirmesi yapan yetkili kuruluşlar, kalkınma çabalarını olumsuz yönde etkilememeyi dikkate alarak çevrenin korunması ve kirlenmemesi hedefini gözetirler.

d) Ekonomik faaliyetlerde ve üretim metotlarının tayininde çevre sorunlarının önlenmesi ve sınıflandırılması amacıyla en elverişli teknoloji ve yöntemler seçilir ve uygulanır.

e) İstisnai durumlar saklı olmak üzere kirlenmenin önlenmesi, sınıflandırılması ve mücadele için yapılan harcamaların kirleten tarafından karşılanması esastır.

f) Çevreyi kirletenler ve çevreye zarar verenler sebep oldukları kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı, kusur şartı aranmaksızın sorumludurlar. Ancak bunlar, kirlenmenin önlenmesi ve sınırlanması için yapılan giderleri ödeme sorumluluğundan, söz konusu kirlenmeyi önlemek için gerekli her türlü tedbiri aldıkları ispat etmek kaydıyla kurtulabilirler.

g) Çevrenin korunması ve kirlenmenin önlenmesi konusunda alınacak tedbirlerin bir bütünlük içinde tespiti ve uygulanması esastır.

**Madde 8:** Her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerde belirtilen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır.

Kirlenme ihtimalinin bulunduğu durumlarda ilgililer kirlenmeyi önlemekle, kirlenmenin meydana geldiği hallerde kirlenen, kirlenmeyi durdurmak, kirlenmenin etkilerini gidermek veya azaltmak için gerekli tedbirleri almakla yükümlüdürler.

**Madde 9:** Kırsal ve kentsel alanlarda arazi kullanım kararına uygun olarak tespit edilen koruma alanları ve bu alanlarda uygulanacak koruma ve kullanım esasları yönetmelikle belirlenir.

Tespit edilen bu esaslar çerçevesinde aşırı ve yanlış kullanım nedeniyle ülkenin temel ekolojik sistemlerinin dengesinin bozulması, hayvan ve bitki türlerinin nesillerinin tehlikeye düşürülmesi, doğal zenginliklerin bütünlüklerinin tahribi yasaktır.

**Madde 11:** Gerçekleştirilmesi planlanan kurum, kuruluş ve işletmeler mevzuatta öngörülen arıtma, tesis ve sistemlerini müstakil veya ortak olarak kurmakla yükümlüdürler. Arıtma tesis ve sistemleri kurulup işletmeye hazır hale getirilmedikçe, kurum, kuruluş ve işletmelere işletme ve kullanım izni verilemez.

Her türlü atık ve artıkların arıtılması, uzaklaştırılması veya zararsız hale getirilmesi ile yükümlü kuruluşlar da bu işlemlerin yerine getirilmesinde çevreye zarar vermeyecek önlemleri alırlar.

Atık ve artıkların doğrudan ve dolaylı şekilde alıcı ortama verilmesinde uygulanması gereken teknik usuller, alıcı ortamın özelliği ve o ortamdan yararlanma imkanları göz önünde tutularak yönetmelikle belirlenir.

**Madde 14:** Kişilerin huzur ve sükununu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde yönetmelikle belirlenen standartlar üzerinde gürültü çıkarılması yasaktır. Fabrika, atölye, iş yeri, hizmet binaları, konutlar ve ulaşım araçlarında gürültünün asgariye indirilmesi için gerekli önlemler alınır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Çevre örgütleri:

| | |
|---|---|
| TEMA | Türkiye-Erozyonla Mücadele ve Ağaçlandırma Vakfı |
| TÇV | Türkiye Çevre Vakfı |
| TTKD | Türkiye Tabiatını Koruma Vakfı |
| DHKD | Doğal Hayatı Koruma Derneği |
| ÇEKÜL | Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma ve Tanıtma Vakfı |
| TÜRÇEV | Türkiye Çevre Eğitim Vakfı |

Friends of the Earth
Greenpeace
World Wildlife Fund
World Resources Institute
Worldwatch Institute

### 3.5 Bu Kitabın Misyonu

Önsözde belirtildiği gibi bu kitabın amacı, ülkemiz eğitimlilerinin çevre eğitimine bir katkıda bulunmaktır. *Bu kitabın misyonu, çok disiplinli niteliği itibarıyla çeşitli kaynak gereksinimi olan çevre eğitimi için IEEP tarafından önerilen programlar düzeninde geniş kapsamlı bir kaynak oluşturmaktır.*

MARMARA ÜNİVERSİTESİ 1883
MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# II.KISIM: *EKOLOJİ VE ÇEVRE*

**4.BÖLÜM** ***CANLILAR VE ÇEVRE***

**5. BÖLÜM** ***EKOLOJİYE GİRİŞ***

**6. BÖLÜM** ***YERKÜRENİN ZENGİNLİKLERİ***

**7. BÖLÜM** ***EKOLOJİK BİR FAKTÖR OLARAK İNSAN***

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# 4. BÖLÜM

# CANLILAR VE ÇEVRE

Canlılar, eylem yapma niteliği olan ve bu eylemleri kendi benzerlerini de üreterek sürdüren örgün varlıklar olarak tanımlanır. Solunum, beslenme, üreme gibi temel yaşamsal faaliyetler canlı olarak nitelendirdiğimiz varlıklar tarafından sürdürülmektedir. Genel olarak, canlı varlıkların en küçük biriminin canlı hücre olduğu düşünülebilir.

Hücre dahil olmak üzere tüm canlı varlıklar kimyasal sistem olarak kabul edilebilmektedir. Canlı hücrelerin ve dolayısıyla tüm canlı varlıkların oluşumu bir kimyasal evrim olarak görülmektedir. Ancak canlı hücreyi diğer kimyasal sistemlerden farklı kılan bazı temel nitelikler vardır:

i) Canlı hücre kendi özelliklerini taşıyan nesiller üreterek çoğalır.

ii) Canlı hücrenin bünyesinde, yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için gerekli olan kimyasal tepkimelerde katalizör görevi yapan, enzim diye adlandırılan karmaşık kimyasal yapılar (proteinler) vardır.

iii) Canlı hücre, kendisini çevresinden ayıran ve kimyasal bir birim olarak varlığını sürdürmesini sağlayan bir zarla kaplıdır.

Hücre dediğimiz bu en küçük canlı birimlerinin çeşitlenerek ve organize bir şekilde birlikte oluşmasıyla canlılar alemi ortaya çıkmıştır.

Hiçbir canlı Doğa'da tek başına değildir; etrafında kendine benzeyen ve benzemeyen pek çok canlı ve cansız varlıklar vardır. Canlının yaşadığı yerdeki fiziksel ve kimyasal koşullar, ve diğer canlılar, o canlının çevresini oluşturur. Çevre, sözkonusu canlı varlıkla ilişkili canlı cansız herşeyi kapsar.

Peki, canlılar ve çevreleri nasıl oluştu? Bu yoğun ilişki nereden kaynaklanıyor? İlk canlılar nasıl hayat buldu? Cansız ortam nasıl oluştu? Bu canlı ve cansız varlıkları barındıran Dünya'mız nasıl oluşageldi? Bu soruları anlamlı bir şekilde cevaplandırmak ve sonunda canlı-çevre ilişkisine bağlamak için, işe en son sorudan başlayıp geri gitmenin uygun bir yol olduğu düşüncesiyle yola çıkalım. Önce, Dünya'mızın nasıl oluştuğunu anlamaya çalışalım.

## 4.1 Dünyanın Oluşumu

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Dünyamız ve güneş sisteminin diğer parçaları, evrenin oluşumuna bağlı olarak bugünkü biçim ve özelliklerini kazanmışlardır. 10 - 20 milyar yıl önce evren, bugünkü gibi sonsuzluğa yayılmış bir durumda değildi. Yoğun bir gaz ve toz bulutu halinde olduğu düşünülen evren, Büyük Patlama (Big Bang) ile boşluğa toz ve gaz kütleleri fırlatmaya başlamıştır. Uzaya fırlatılan gazlar içinde yoğun olarak hidrojen ve helyum ($H_2$ ve He) bulunduğu bilinmektedir. Bu şekilde fırlatılan çok büyük bir toz/gaz bulutunun içindeki hidrojen ve helyum atomlarının birbirlerine doğru çekilmesi ve sürekli artan bir hızla merkeze doğru düşüp yoğunluk kazanmasıyla Güneş oluşmuştur. Güneş'in içindeki atom yoğunluğunun artması üzerine atomlar arası çarpışmaların hız ve sayısı da artarak, sıcaklık çok yükseklere tırmanmıştır. Sıcaklık artışının neticesi olarak çarpışma şiddeti iyice artan hidrojen atomlarının çekirdekleri kaynaşarak (füzyon) yeni helyum çekirdekleri oluşturmaya başlamışlardır. Helyum çekirdeğinin kütlesi ile kendini oluşturan iki nötron ve iki hidrojen çekirdeğinin toplam kütlesi arasındaki farkın enerjiye dönüşmesiyle ve çeşitli ısı kayıplarıyla sıcaklık 100 milyon derecede kararlılık kazanmış ve sürmektedir. Güneş'ten yayılan ışık ve ısının kaynağı işte bu füzyon tepkimeleridir.

Güneş Sistemi diye adlandırdığımız gezegenler topluluğu işte bu Büyük Patlama ile oluşmağa başlamıştır. Başlangıçta taneciklerin ve bulutların gelişigüzel bir arada toplandığı ve zamanla büyüyen kütlelerin, daha küçük kütleleri ve tanecikleri kendine doğru çekerek daha da büyüdükleri ve Güneş'in etrafında belli yörüngeler içinde dönen gezegenler haline geldiği kabul edilmektedir. Güneş'e en yakın yörüngede Merkür ve sırasıyla Venüs, Dünya, Mars ve daha sonra Saturn, Uranus, Neptün ve Pluto diye adlandırdığımız gezegenler yer almaktadır. Bilim adamları bu oluşumun yaklaşık 5 milyar yıl önce gerçekleştiğini tahmin etmektedirler. Peki, ilk oluşumu yukarıdaki şekilde gerçekleşen Dünya'mız, onu çevreleyen atmosferiyle, deniziyle, toprağıyla, üzerinde bulunan canlı ve cansız varlıklarıyla bugünkü haline nasıl geldi? Hidrojen-helyum atmosferinden bugünkü atmosfere nasıl geçildi? Hidrojen ve helyum dışındaki elementler nasıl oluştu?

Güneş'ten 149 milyon kilometre uzaklıkta olan Yerküre (Dünya), Merkür ve Venüs'ten sonra Güneş'e en yakın olan gezegendir. Büyük Patlama sürecinde kozmik bir toz ve gaz yığını halinde oluşmaya başlayan Dünya'nın şu aşamalardan geçtiği düşünülmektedir:

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

1. Dünya, bugünkünden küçük bir kütle olarak meydana gelmeye başlamış ve yerçekimi kuvveti ile etrafındaki toz parçalarını toplayarak hacmini ve kütlesini büyütmüştür.

2. Dünya'nın kütlesi büyüdükçe, yerçekimi kuvveti de artmış, böylelikle toz parçacıkları birbirleriyle sıkışarak sürtününce, sıcaklık da artmaya başlamıştır.

3. Gerek Büyük Patlama sürecinde gerekse Dünya'yı oluşturan tozların biraraya gelmesi sürecinde ortaya çıkan yüksek sıcaklık, çekirdek tepkimelerini devam ettirmiş ve hidrojen başta olmak üzere mevcut çekirdek ve çekirdek parçacıklarını kaynaştırarak değişik çekirdeklerin, dolayısıyla değişik elementlerin oluşmasına yol açmıştır.

4. Zamanla Dünya soğumaya başlamış ve bu soğuma milyonlarca yıl sürmüştür. Bu ısınma ve soğuma olayları sırasında, çekirdek tepkimeleriyle oluşan çeşitli elementlerin arasında kimyasal bileşikler meydana getiren tepkimeler yer almıştır. Çeşitli silikatların ve diğer metal oksitlerin bu şekilde meydana geldiği düşünülmektedir. Ağır olan elementler ve bileşikler Dünya'nın merkezine çökmüşler; hafif maddeler de Dünya'nın dış kısmını meydana getirmişlerdir.

5. Yerküre soğudukça, yüzeyi sıvı halden katı hale geçmiştir. Bugün Dünya'mızın katmanlardan oluştuğunu bilmekteyiz. Dışarıdan içeriye doğru yerkabuğu, manto ve, dış ve iç olmak üzere sıvı ve katı halde bulunan çekirdek katmanları vardır. Demir ve nikel gibi özkütlesi yüksek olan elementler ve bileşikleri, yüksek sıcaklığa rağmen (~5000°C ) basınçtan dolayı katı halde bulunan iç çekirdekte toplanmıştır. Silisyum ve magnezyum elementleri ve bileşikleri, bir miktar nikel ve demir ergimiş halde (~2000°C ) dış çekirdeği oluştururlar. Manto tabakasında da sıvı halde krom, demir, silisyum ve magnezyum element ve bileşikleri bulunur.

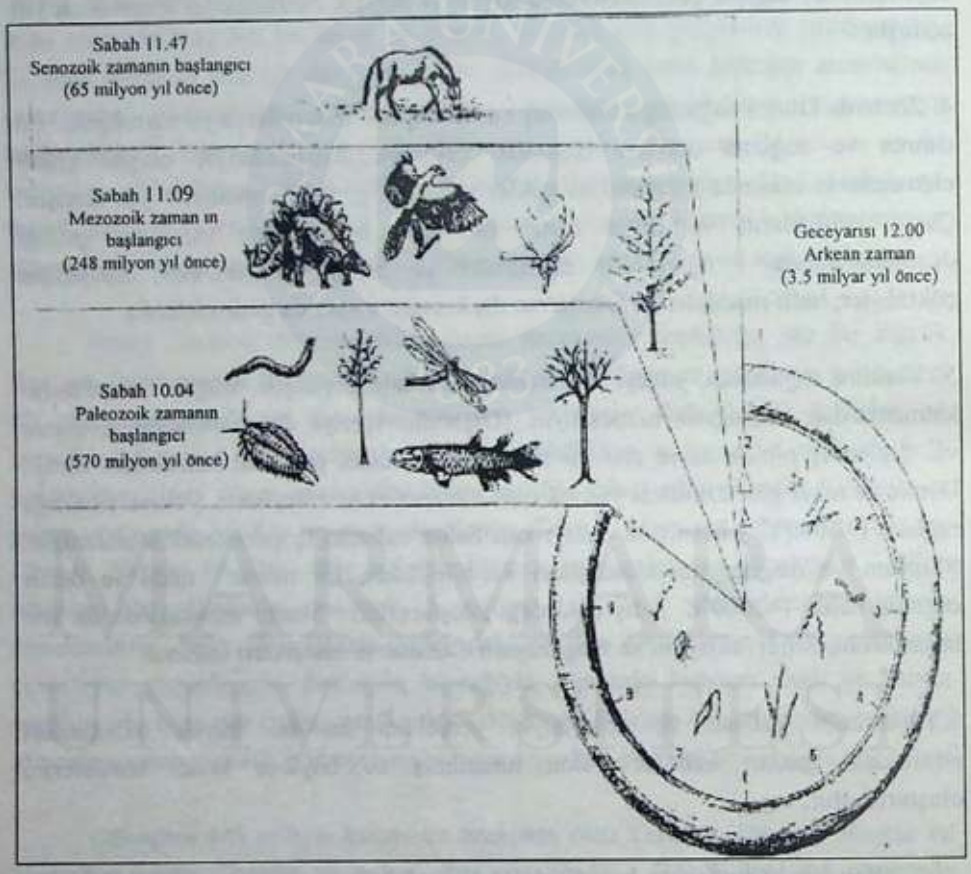
6.Yerkürenin kütlesi, ve dolayısıyla yerçekimi kuvveti büyük olduğundan etrafındaki gazları kendine yakın tutabilmiş ve böylece kendi atmosferini oluşturmuştur.

Yapılan ölçümler ve hesaplamalar bugünkü Dünya'mızın aşağıdaki fiziksel özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

| | |
|---|---|
| Kütlesi: | $5.9763 \times 10^{21}$ ton |
| Hacmi: | $1083 \times 10^{9}$ km$^3$ |
| Ortalama yarıçapı: | 6371 km |
| Yoğunluğu: | 5.52 g/cc |
| Yüzölçümü: | $510 \times 10^{6}$ km$^2$ |
| Karalar | $149 \times 10^{6}$ km$^2$ (~%30) |
| Denizler | $361 \times 10^{6}$ km$^2$ (~%70) |

Aşağıdaki Şekil 4.1 ve Tablo 4.1'de Evrenin oluşumundan itibaren süregelen jeolojik ve biyolojik değişimler süreleriyle birlikte gösterilmiştir.




Şekil 4.1 Jeolojik ve Biyolojik Değişimleri Temsil Eden Saat

Tablo 4.1 Evrenin Oluşumundan İtibaren Süregelen Jeolojik ve Biyolojik Değişimler

| Zaman | Milyon yıl | Jeolojik/Biyolojik Durum |
|---|---|---|
| Evrenin oluşumu | 15000-20000 | (~20 milyar yıl) |
| Yerkürenin oluşumu | 4 600 | (~5 milyar yıl) |
| Arkean | 3 500 | İlk canlı hücreler-pro karyotik hücreler |
| Proterozoik | 1 500 | Yerküre soğuyor; buzullar oluşuyor; yerkürenin kabuğu ve dağlar oluşuyor/ ilkel algiler ve fungiler; ilkel su omurgasızları |
| Paleozoik | 570 | İklim ılıman; karalar alçak/denizlerde algiler, omurgasızlar ve filalar |
| | 500 | İklim sıcak; denizler karaları kaplıyor/deniz algileri bol; karasal bitkiler ilk balıklar ortaya çıkıyor; denizlere omurgasızlar hakim |
| | 440 | Kıtalar alçak ve düz; seller /balıklar gelişiyor |
| | 410 | Buzullar ve iç denizler/kara bitkileri gelişiyor, ilk ormanlar, balıklar devri, amfibler ortaya çıkıyor |
| | 360 | Karalar alçak, geniş kömür bataklıkları; iklim önce sıcak ve nemli, sonra serin/eğrelti otu bol; ilk sürüngenler ortaya çıkıyor, amfibler yayılıyor |
| | 290 | Kıtalar birleşmeye ve yükselmeye başlıyor/ bitki evrimi sürüyor; modern böcekler ve memeli benzeri sürüngenler ortaya çıkıyor |
| Mezozoik (Sürüngenler Devri) | 250 | Dağlar oluşuyor, çöller yaygınlaşıyor; kıtalar kayıyor/ilk dinazorlar ortaya çıkıyor |
| | 210 | Ilıman iklim, dağ ve iç deniz oluşumu/ büyük dinazorlar ve dişli kuşlar |
| | 140 | Kıtalar birbirinden ayrılıyor; büyük iç denizler ve bataklıklar oluşuyor/ çiçekli bitkiler çoğalıyor, dinazorlar yok oluyor; şimdiki kuşlar ve ilkel memeliler ortaya çıkıyor |
| Senozoik (Memeliler Devri) | 65 | İklim serin-ılıman/ çiçekli bitkiler bol; primat memeliler ortaya çıkıyor |
| | 40 | İklim daha kuru ve daha serin; Alpler ve Himaleyalar oluşuyor; volkanik faaliyetler başlıyor/ormanlar yayılıyor; şimdi var olan tüm memeli familyaları gelişiyor |
| | 5 | İklim serinliyor, dağların ve volkanların oluşumu sürüyor/ormanlar azalıyor, çayırlar çoğalıyor, etobur ve otobur memeliler ve insana benzer primatlar gelişiyor |
| | 2 | Buzullar devri, kuzey yarımkürede buzullar; Amerika kıtasında Sierra dağları oluşuyor/pek çok bitki ve büyük memeli türü yok oluyor. |
| | 0.01 | Buzul devri sona ermiş, iklim ısınmış/Homosapien |

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

## 4.2 Atmosferin Oluşumu

Dünya'nın oluşumu esnasında katı madde çökerken, bu katı maddeyi çevreleyen bir gaz okyanusu ortaya çıkmış; büzülen ve toparlanan Dünya bu gazları içinde tutamayıp dışarı salmıştır.

Önceleri, hidrojen ve helyum gibi hafif gazlar atmosferi oluşturmaktaydı. Helyumdan sonra en bol bulunan gaz neon ve oksijendi. Ayrıca karbon ve azot çekirdekleri de oluşmaya başlamıştı. Helyum ve benzeri elementler, diğer elementlerle normal olarak birleşmezken hidrojen, aktif bir element olduğundan oksijen, azot ve karbon atomlarıyla birleşerek su ($H_2O$), amonyak ($NH_3$) ve metan ($CH_4$) meydana getirdi. 4.5 milyar yıl önce oluşan bu atmosfere 1. Atmosfer denir.

Bu aşamada Dünya'yı oluşturan metal ve silikatların, gazları tutamayacak kadar zayıf ve dağınık bir çekim kuvveti vardı. Fakat su, amonyak ve daha az oranda metan ve hidrojen, Dünya'yı oluşturan silikat ve diğer maddelere gevşek te olsa tutunabildiler. Böylece bu gazların bir kısmı çöken maddeler arasında yer aldı. Diğer gazlar uçup gitti.

Bu oluşumdan hemen sonra yerkürenin soğuk olduğuna inanılmaktadır. Ancak yerçekiminin sebep olduğu katmanlar arası basınç ve radyoaktif parçalanmanın saldığı ısı nedeniyle, özellikle yerkürenin iç taraflarında sıcaklığın tekrar arttığı sanılmaktadır.

Dünya yüzey sıcaklığının 100°C'nin altına düşmesi ile buhar halindeki suyun çoğu yoğunlaştı ve okyanuslar, denizler meydana geldi. Bu su birikintileri içinde 1.Atmosferde bulunan çok miktarda amonyak ve az miktarda metan bulunmuş olabilir.

Peki, bundan sonra ne oldu da atmosfer bugünkü %79 azot, %21 oksijen bileşimine ulaştı?

Güneşin yaklaşık 20 milyar yıldır yaydığı ışınlar içindeki ultraviyole ışınları (uv, morötesi) , bugünkü atmosferin üst kısmında bulunan ozon ($O_3$) tarafından tutulmaktadır. Ancak, yukarıda gördüğümüz gibi ilk atmosferde ne oksijen ne de ozon vardı. Bu durumda, Güneş'ten gelen uv ışınlarının su moleküllerine çarparak bunları hidrojen ve oksijen atomlarına ayırmış olması mümkündür. Güneşin uv ışınlarıyla gerçekleşen bu fotodissosiasyon (ışıkla parçalanma) sonunda oluşan hidrojen, yerçekimi ile tutunamayıp yerküreden uzaklaşmıştır:

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

$$H_2O + uv \rightarrow 2H. + O.$$

Oksijen ise, yerçekimi ile mevcut atmosfer içinde tutulup 1. Atmosferin diğer komponentleriyle birleşmiştir.

Bugünkü atmosfere ulaşmak için bu oksijenin metanla karbon dioksit ve su; amonyakla da azot ve su oluşturacak şekilde tepkimeye girmesi gerekir:

$$CH_4 + 4O. \rightarrow CO_2 + H_2O$$
$$2NH_3 + 6O. \rightarrow 3H_2O + N_2$$

Su buharı, azot ve karbon dioksitten oluşan bu atmosfer 2. Atmosfer olarak kabul edilmektedir (4 milyar yıl önce).

2. Atmosfer içinde de suyun parçalanmaya devam ettiği düşünülmektedir. Ancak oksijenle yaptıkları tepkimeler sonucunda mevcut amonyak ve metanın tükenmesiyle, oksijenin atmosferde moleküler halde ($O_2$) birikmeye başlaması gerekmektedir. Bundan sonra da moleküler oksijen, Güneş'ten gelmeye devam eden morötesi ışınların etkisiyle üç atomlu ve yüksek enerjili ozona ($O_3$) dönüşmüş olmalıdır. İşte oluşan bu ozonla, atmosferin yaklaşık 20 ile 30 km arasında ozon derişiminin en yüksek seviyeye (~milyonda 10) çıktığı ozon tabakası dediğimiz ozon birikiminin ilk adımı atılmış olmalıdır. Ozon, morötesi ışınların bir kısmını (<0.3 mikron dalga boyu) emer. Morötesi ışınların yeryüzüne ulaşması bu şekilde önlenince su moleküllerinin fotodissosiasyonla parçalanmasının durmuş olması gerekir.

2. Atmosferden bugünkü atmosfere geçişteki temel etmen, yeşil bitkilerin gerçekleştirdiği fotosentez olayıdır. Yeşil bitkiler tarafından soğurulan Güneş ışınları, havadaki karbon dioksit ve suyu karbonhidratlara ve oksijene çevirmek için kullanılır. Yeşil bitkilerin, yaklaşık %21 oksijen içeren bugünkü atmosferin oluşmasındaki rolü herkesçe kabul edilmektedir. (Şekiller 4.2 ve 4.3, Tablo 4.2)

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

**1. Atmosferin oluşumu**

Başlangıçta: Bol miktarda $H_2$ ve He Az miktarda Ne, $O_2$, C, $N_2$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$
$$3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3$$
$$2H_2 + C \rightarrow CH_4$$

**2. Atmosferin oluşumu**

Başlangıçta: $H_2O$, $NH_3$, $CH_4$, He, Ne

$$H_2O + uv \rightarrow 2H. + O.$$
$$CH_4 + 4\,O. \rightarrow CO_2 + H_2O$$
$$2NH_3 + 3\,O. \rightarrow 3H_2O + N_2$$

**Bugünkü atmosferin oluşumu**

Başlangıçta: $CO_2$, $N_2$, $H_2O$

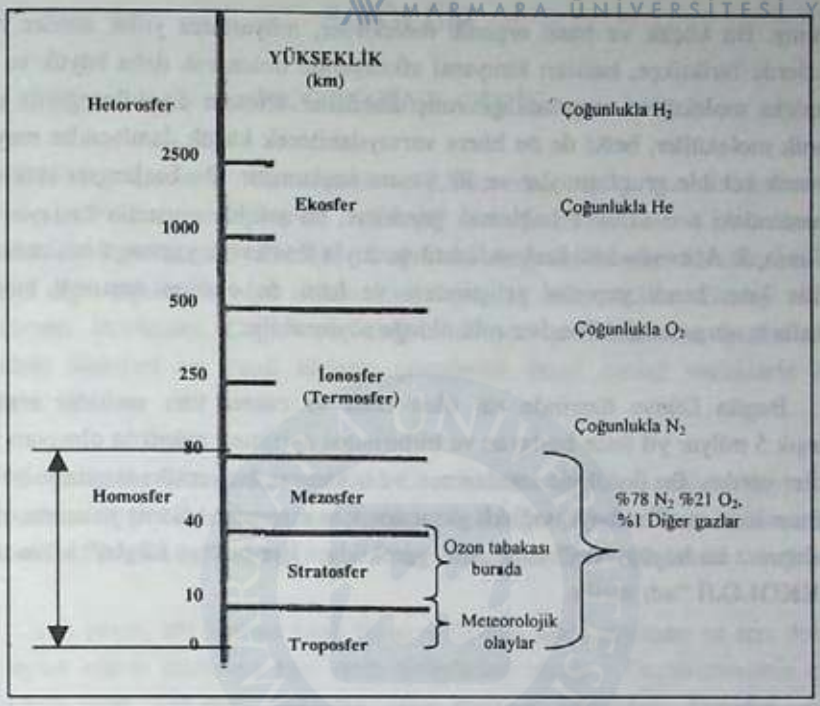
Fotosentez: $6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{uv} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

Şekil 4.2 Atmosferin Oluşumu

Tablo 4.2 Kirletilmemiş Havanın Komposizyonu

| Madde | Formülü | Yüzdesi (Hacimsel) | Toplam Kütle (Milyon ton) |
|---|---|---|---|
| Azot | $N_2$ | %78.09 | 3 850 000 000 |
| Oksijen | $O_2$ | %20.94 | 1 180 000 000 |
| Argon | Ar | % 0.93 | 65 000 000 |
| Karbon dioksit | $CO_2$ | %0.032 | 2 500 000 |
| Neon | Ne | 18 ppm | 64 000 |
| Helyum | He | 5.2 ppm | 3 700 |
| Metan | $CH_4$ | 1.3 ppm | 3 700 |
| Kripton | Kr | 1 ppm | 15 000 |
| Hidrojen | $H_2$ | 0.5 ppm | 180 |
| Nitrus oksit | $N_2O$ | 0.25 ppm | 1 900 |
| Karbon monoksid | CO | 0.1 ppm | 500 |
| Ozon | $O_3$ | 0.02 ppm | 200 |
| Kükürt dioksit | $SO_2$ | 0.001 ppm | 11 |
| Azot dioksit | $NO_2$ | 0.001 ppm | 8 |

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 4.3 Atmosfer Tabakaları

## 4.3 Hayatın Başlangıcı

Bilim adamları tarafından yaygın olarak kabul edilen heterotrof hipotezine göre ilk organizmalar cansız kompleks çevrelerde meydana gelmiştir. Heterotrof hipotezi, cansız tabiattan bir kimyasal evrim sonucu canlıların oluştuğunu kabul eder. Kimyasal evrimin, atmosferin oluşumundaki safhalara paralel olarak birkaç safhada olduğu varsayılır.

1.Atmosferde bulunan su buharı, hidrojen, metan ve amonyak gibi basit gazlarda, basit organik molekülleri oluşturacak C, H ve N mevcuttu. Mevcut moleküllerin parçalanıp bu elementlerin yeni organik moleküller oluşturacak şekilde kimyasal olarak birleşmesi için gerekli enerji ise dört kaynaktan sağlanabilirdi: i) Dünya'nın iç ısısı; ii) yıldırım ve şimşeklerin elektriksel enerjisi; iii) yerkabuğundaki bazı izotopların radyoaktif parçalanmaları; iv) Güneş'ten gelen uv ışınları.

Bu malzeme ve enerjiyle meydana gelen, canlıların vazgeçilmez bir ögesi olan proteinin yapı taşı basit amino asitler, zamanla yağmur sularıyla eski denizlere

taşınmış. Bu küçük ve basit organik moleküller, milyarlarca yıllık süreler içinde denizlerde biriktikçe, bazıları kimyasal etkileşimde bulunarak daha büyük ve daha kompleks molekülleri meydana getirmiş olabilirler. Protein diyebileceğimiz çeşitli organik moleküller, belki de ön hücre varsayılabilecek küçük damlacıklar meydana getirecek şekilde gruplaşmışlar ve ilk yaşam başlamıştır. Bu başlangıcı atmosferin oluşumundaki son safhaya bağlamak gerekirse, bu şekilde oluşumu başlayan ilkel bitkilerin, 2. Atmosferdeki karbondioksit ve suyla fotosentez yapmaya başlaması; bu şekilde hem kendi yapısını geliştirmesi ve hem de oksijen üreterek bugünkü atmosferin oluşumundaki başlıca rolü olduğu söylenebilir.

Bugün Dünya üzerinde var olan canlı ve cansız tüm varlıklar arasında, yaklaşık 5 milyar yıl önce başlayan ve birbirinden ayrılması mümkün olmayan yakın ilişkiler vardır. Bu ilişkilerin incelenmesi ve bilinmesi, bu yerküre üzerinde bulunan biz insanların nesiller boyu sağlıklı yaşaması için elzemdir. Geniş anlamda, içinde yaşadığımız bu büyük **"evi"** tanımamız gereklidir. İşte bu **"ev bilgisi"** bilim dalına da **"EKOLOJİ "**adı verilir.

İNÖNÜ MARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# 5. BÖLÜM

# EKOLOJİYE GİRİŞ

Ekoloji kavramı ilk olarak 19.Yüzyılda, iki Yunan kelimesini (eco=ev, loji=bilim) birleştirerek **"ekoloji"** kelimesini yaratan Ernst Haeckel tarafından geliştirilmiştir. Ekoloji, Doğa'daki organizmaların kendileriyle ve Doğa'nın diğer ögeleriyle olan ilişkisini inceleyen bir bilim dalıdır. Ekoloji tek bir organizmayı incelemez. Organizma türlerinin kendi aralarında ve başka türler arasındaki ilişkileri ve, canlı türlerin çevrelerini saran cansız varlıklarla olan ilişkilerini inceler.

Doğa içinde fakat sözkonusu canlı dışındaki tüm ögeler, o canlının çevresidir. Bu çevrede, diğer canlı ve cansız varlıklar bulunur. O halde her canlı varlığın çevresinin, canlı ve cansız olmak üzere iki kısımdan oluştuğu söylenebilir.

Canlı çevre, söz konusu canlı ile aynı fiziksel alanı paylaşan ve onu dolaylı ve dolaysız olarak etkileyen tüm canlı türlerinden oluşur. Organizmaların canlı çevreleriyle olan ilişkileri, beslenme veya üremeye yöneliktir. Örneğin, deniz dibinde bulunup bizim hayat boyu doğrudan temasa gelmeyeceğimiz bir yosun türü, yediğimiz balığın besin kaynağı olduğu için bizi dolaylı olarak etkiler. Bu yüzden de canlı çevremizin bir parçasıdır.

Cansız çevre toprak, su ve hava gibi canlının içinde bulunduğu maddelerin ve güneş ışınlarının oluşturduğu fiziksel ortamdır.

Organizmalar canlı ve cansız çevreleriyle etkileşim içindedirler. Çevreleri tarafından etkilenir ve aynı zamanda çevrelerini etkilerler. Örneğin, yerkürenin 2. Atmosferini oluşturan gazlardan, onlara uyumlu organizmalar çıkmış ve daha sonra bu organizmalar gelişip fotosentez yaparak atmosferin bileşimini değiştirmiştir. Bugün bildiğimiz Doğa, işte 2 milyar yıldan beri süregelen bu zincirleme etkileşimlerin neticesidir ve sürüp gidecektir.

## 5.1 Cansız Çevre

Abiyotik (cansız) yani fiziksel çevre ile bu ortamda bulunan canlılar arasında etkileşim olduğundan bahsetmiştik. Ekoloji konusunda çalışan bir kısım araştırmacılara göre bu etkileşim o kadar yoğundur ki, yerküreyi, üzerindeki canlı

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

cansız varlıkların tümünü, onları saran atmosferi bütünüyle canlı bir organizma olarak düşünmek mümkündür. Öne sürülen canlı organizma modeline göre yerkürenin kendi kendini fiziksel ve kimyasal bir kararlılık içinde sürdürebilme özelliği vardır.

Organizmanın cansız çevresi, genel olarak toprak, su ve hava gibi canlının içinde yaşadığı maddesel bir ortamdır. Toprak ve suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri, güneş ışınımı ve sıcaklık cansız çevreyi oluşturan temel koşullardır.

### 5.1.1 Güneş Işınımı

Dünya'nın ve onu saran atmosferin nasıl oluştuğunu 4. Bölümde görmüştük. Güneş'in, yerküre ve Güneş Sistemine dahil olan diğer gezegenler üzerindeki etkisi Güneş sisteminin yokolmasına dek sürecektir.

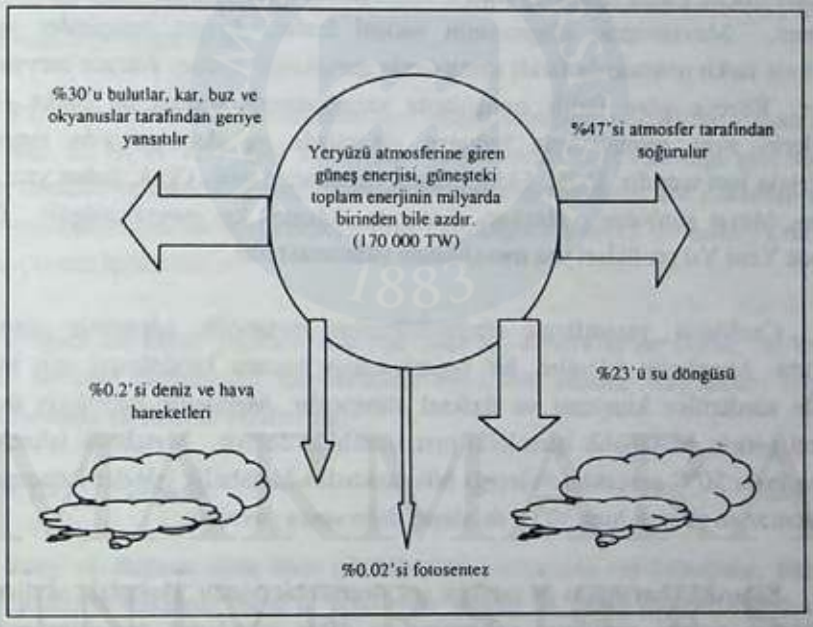
Yerkürede yaşamı başlatan ve sürdüren güneş ışınlarıdır. Güneş ışınları olmadan sıcaklık -273°C'ye yaklaşacak ve bunun en basit sonucu olarak denizler ve okyanuslar dahil olmak üzere yeryüzündeki tüm yapılar bugünkü tanımlarında olmayacaktı. Güneş enerjisi, yeryüzündeki fotosentez yapabilen organizmalar tarafından tutularak tüm canlı türlerinin gereksinimi olan besin molekülleri haline getirilirler, atmosferdeki oksijen konsantrasyonunun sabit kalmasını sağlarlar.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{uv} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Bugün ısınma, aydınlatma, hareket ve elektrik üretmek için kullandığımız kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar, Güneş ışınlarıyla gelen enerjinin bitkilerde fotosentezle üretilen doku olarak toplanması ve bu bitkilerin milyonlarca yıl boyunca yer altında uygun koşullarda kimyasal ve fiziksel değişimlere uğramalarının sonucunda ortaya çıkmıştır. Özellikle 19. Yüzyılda başlayan sanayileşme süreciyle insanlığın yoğun olarak faydalandığı bu enerji kaynakları, kimyasal olarak depolanmış güneş enerjisinden başka birşey değildir.

Daha önce bahsedildiği gibi Güneş'ten yayılan bu bitmez tükenmez enerjinin kaynağı, Büyük Patlamadan beri Güneş'te süregelen füzyon tepkimeleridir; hidrojen çekirdeklerinin birleşerek daha büyük çekirdekler oluşturması ve bu oluşum esnasında klasik kütle denkliğine göre kayıp sayılan bir kısım kütlenin enerjiye dönüşmesidir. ***Her saniye*** yaklaşık 582 milyon ton hidrojen çekirdeği 578 milyon ton helyum çekirdeğine dönüşmektedir. Aradaki kütle farkı, Einstein formülünde ifade edildiği gibi ($E=mc^2$) enerjiye dönüşmektedir. 1 gram He çekirdeğinin

oluşmasında dışarıya salınan enerji yaklaşık 765 GJ'dür (1GJ=$10^9$ Joule). ***Her saniye*** 578 milyon ton He çekirdeğinin oluşmasıyla da salınan toplam enerji miktarı $4.42x10^{14}$ TJ'dür (1TJ=$10^{12}$ Joule). Bir saniye içinde gerçekleşen enerji akışı güç birimiyle tanımlandığı için (1 Joule/saniye=1 Watt) $4.42x10^{14}$ TJ, $4.42x10^{14}$ TW olarak ifade edilir. Yeryüzü atmosferine giren güneş enerjisi, Güneş'in her saniye yaydığı toplam enerjinin milyarda biri bile değildir- 170 000 TW. Güneş'te kalan enerji ise füzyon tepkimelerinin sürmesi için gerekli olan 100 milyon derece sıcaklığı sağlar. Dünya atmosferine giren 170 000 TW'lık güneş enerjisinin %30'u bulutlar ve özellikle kar, buz ve okyanuslar tarafından geri yansıtılır; %47'si atmosfer tarafından soğurulur. Yaklaşık %23'ü ile su döngüsü yürütülür. Sadece 400 TW ile deniz ve hava hareketleri; 40 TW ile de fotosentez yürütülür. Atmosferimize giren Güneş enerjisinin sadece onbinde ikisi fotosentezde kullanılır (Şekil 5.1).




Şekil 5.1 Dünya Atmosferine Giren Güneş Enerjisinin Dağılımı

Peki, Güneş'in bu enerjisi ve saniyede 4 milyon ton azalan kütlesi bir gün olup tükenmez mi? Evet, tükenecek. Ama milyarlarca yıl sonra! 5-7 milyar yıl sonra Güneşin merkezindeki hidrojen füzyonu sona erecek ve çekirdeği çökene kadar ince bir halka biçiminde patlamaya devam edecek. Güneşin kütlesinden giderek yapılan hesaplamalar bunu göstermektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 5.1.2 Sıcaklık

Güneşten yeryüzüne ulaşan ışınlar eşit şekilde dağılmaz. Bu eşitsizliğe sebep yerkürenin şekli ve ekseninin yönüdür. Hafif eğimli olan dünya ekseni, Güneş ışınlarının Dünya'ya farklı açılardan çarpmasına ve dolayısıyla sıcaklık bakımından farklı etkilere yol açar. Genel olarak Güneş ışınları sadece Ekvator bölgesine dik açıyla ulaşır. Kutupların etrafına daha eğik bir açıyla ulaşan ışınlar, daha geniş alanlara yayılarak şiddetlerini kaybederler. Çok yoğun güneş enerjisi alan Ekvator'daki sık bitki örtüsü ve yağmur ormanları, bu yoğun fotosentez sürecinin ürünüdür.

Dünya'nın hem kendi ekseni hem de Güneş'in etrafında dönmesinin bir neticesi olarak güneş ışınları, yerküre üzerinde her noktaya, her zaman aynı şekilde düşmez. Mevsimlerin oluşmasının nedeni budur. Ayrıca mevsimler yerküre üzerinde farklı noktalarda farklı zamanlarda gerçekleşir. Güney Kürede mevsimlerin Kuzey Küreye göre farklı zamanlarda yaşanmasının nedeni de budur. Farklı kürelerin aynı enlemlerinde bulunan ülkemizde ve Avustralya'da mevsimler birbirinin tam tersidir: Eylül, Ekim, Kasım ilkbahar; Aralık, Ocak, Şubat yaz; Mart, Nisan, Mayıs sonbahar; Haziran, Temmuz, Ağustos kış mevsimindedir. Güney kürede Yeni Yıl şenlikleri yaz mevsiminde yaşanmaktadır.

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri metabolik işlemlerin sürmesine bağlıdır. Metabolik işlemler, bir organizmanın hayatta kalabilmesi için bünyesi içinde sürdürülen kimyasal ve fiziksel süreçlerdir. Metabolik işlemlerin durması ölümü getirir. Metabolik işlemlerin hızı sıcaklıkla değişir. Metabolik işlemlerin 0 ile en fazla 50°C gerçekleşebileceği bilinmektedir. Metabolik işlevler kapsamındaki fotosentez en yüksek hıza 30°C de ulaşır, daha sonra yavaşlar.

Sulardaki hayat için de sıcaklık çok önemli bir ögedir. Havadaki oksijen suda çözünerek sudaki canlıların solumunu ve diğer işlevlerini gerçekleştirmelerini sağlarlar. Oksijenin çözünmesi sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık yükseldikçe suda çözünen oksijen miktarı azalır. Değişik sularda yaşayan canlı toplulukları tür ve sayı bakımından, sıcaklığa bağlı olarak değişen oksijen miktarına bağlıdırlar.

### 5.1.3 Su

Doğadaki temel abiyotik ögelerden diğer biri de sudur. Yeryüzünün fiziksel çevresi için sudan daha gerekli başka bir madde yoktur. Sıvı olarak karaları

aşındırır; şekil verir. Aşağıda görüleceği gibi toprağın oluşmasında rol alır; minerallerin taşınmasını sağlar ve iklimi yumuşatır.

Su, her canlı hücre için gerekli olan bir bileşiktir. İnsan vücut ağırlığının üçte ikisini, deniz anası gibi bir su hayvanının ağırlığının %98 ini oluşturur. Bir kimyasal sistem olarak görülen canlılarda, metabolik bileşenlerin çözündüğü ve tepkimelerin gerçekleştiği ortamdır. Besinlerin sindirilmesiyle ilgili kimyasal tepkimelerde su molekülleri gereklidir. Canlı vücudu içinde taşımacılığı yapan sudur.

İklim şartlarına ve bünyeye bağlı olmak üzere erişkin bir insan bedeninin, bir günde kaybettiği ortalama 2.5 litre suyu karşılamak için aynı miktara ihtiyacı vardır. İnsanlar açlığa birkaç hafta fakat susuzluğa sadece birkaç gün dayanabilirler. Canlı türlerin yeryüzüne dağılımına etki eden başlıca faktörlerden birisi de sudur. Hayvanlar su ihtiyaçlarına ve bu ihtiyaçlarını nasıl karşıladıklarına göre yeryüzüne dağılıp nesillerini sürdürürler.

Suyun buharlaşarak kaybolması diye birşey sözkonusu değildir. Yaşam için elzem olan C, H, N ve P gibi elementler yeryüzünden kaybolmadığı gibi su da karalar, denizler ve canlılar arasında sürekli bir dolanım içindedir. Bir noktadan akıp giden veya buharlaşan su aynı noktaya veya yeryüzündeki başka bir noktaya döner; yani bir çevrim içindedir.

Doğada bu kadar yaşamsal bir öge olan su, Dünya'da nerelerde, ne kadar bulunur ve nasıl dağılmıştır? Bu soruların cevapları, Madde Kaynakları başlığı altında ilerideki sayfalarda verilmiştir.

### 5.1.4 Toprak

Nasıl oluştuğunu daha önce gördüğümüz yerkürenin dış kabuğuna, litosfer denir. Litosferin yaklaşık %30'u atmosfere açıktır ve geniş ölçüde toprak diye isimlendirdiğimiz canlı ve cansız karışımı bir tabaka ile örtülüdür; geriye kalan da sularla kaplıdır.

Canlı organizmanın ihtiyacı olan başlıca mineraller O, C, H, N ve K' dur. Daha az miktarda ihtiyaç duyulan elementler ise B, Ca, Cl, Fe, Mg, Mn, P, S, Na dur. C, O, N gibi elementler atmosferde $CO_2$ ve, $O_2$ ve $N_2$ bileşik ve saf halde litosferde bulunurlar. Diğer elementler ise litosferi oluşturan kayalarda bulunur. Aşınma ve erozyon yoluyla toprağa ve denizlere karışır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Toprak, litosferde bulunan bu mineral ve organik maddelerin havanın etkisiyle ufalanarak birbirleriyle karışmasından oluşan; köklü bitkiler için bir mekan ve besin kaynağı teşkil eden; bünyesindeki mikroorganizmalarla birlikte canlı bir ortam olarak ele alınabilen bir varlıktır.

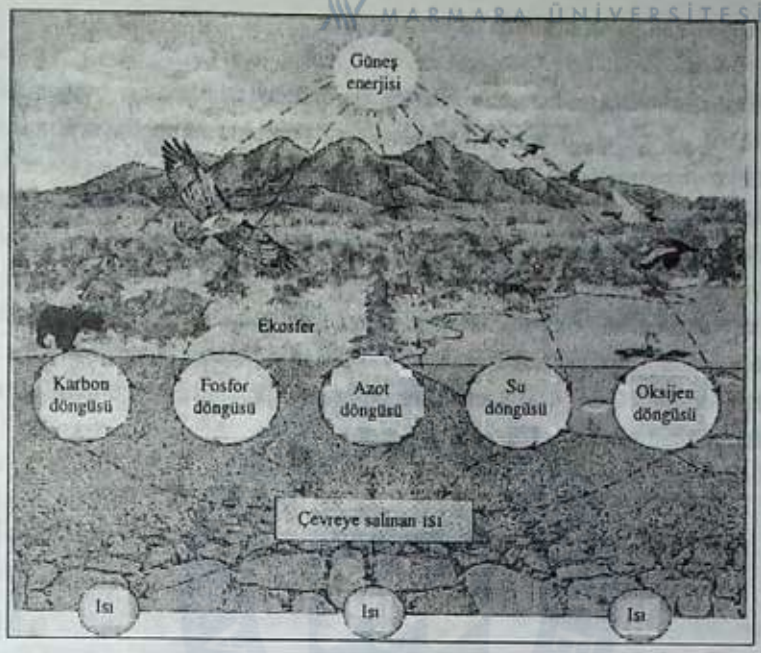
Toprağın özellikleri hakkında geniş bilgi ileride Madde Kaynakları başlığı altındaki sayfalarda verilmiştir.

## 5.2 Madde Döngüleri

Hayvan olsun, bitki olsun tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için besin ve minerallere ihtiyacı vardır. Bu besin ve mineraller atmosferden, sulardan ve topraktan temin ederler. Peki, bu mineraller nasıl oluyor da zamanla tükenmiyor? Örneğin bir bitkinin büyümesi demek sürekli karbon, hidrojen, oksijen, azot ve fosfor kullanarak yeni hücreler yapması demektir. Bitkiler fotosentezle havadaki $CO_2$'den karbon ihtiyacını, $H_2O$'dan hidrojen ihtiyacını, topraktan N, P ve S ihtiyacını karşılayınca bu maddelerin kaynakları tükenmez mi? Bunun yanıtı madde döngüleridir. Yani söz konusu maddeler biyosfer veya ekosfer denilen canlı küre içinde sürekli bir hareket halindedirler. Canlılar çevrelerinden aldıkları maddeleri, kullandıktan sonra değişik şekillerde çevrelerine geri verirler. Örneğin havada bulunan $CO_2$'deki karbon fotosentez yoluyla bitkilere, onların ölümüyle toprağa ve topraktaki kimyasal parçalanma sonucu tekrar atmosfere verilir. Bu döngüler biyolojik jeolojik ve kimyasal olayların bir araya geldiği durumlar olduğu için biyojeokimyasal döngüler olarak da anılırlar.

Çağdaş ekoloji biliminde ekosfer, güneş enerjisi ile işleyen büyük bir makineye benzetilir. Bu makinenin tüm canlılar için önemli birimleri karbon, fosfor, azot, su ve oksijen döngüleridir. Bu beş döngü yerküre üzerinde yaşamın sürmesini sağlamaktadırlar. Oksijen, su ve karbon döngüsü içinde devreder. Bu döngüleri yürüten güç ise güneş enerjisidir (Şekil 5.2).

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 5.2 Başlıca Ekolojik Döngüler

### 5.2.1 Su Döngüsü

Su sürekli olarak, okyanuslardan atmosfere, karalara ve tekrar okyanusa dönerek, karalara yeniden temizlenmiş olarak ulaşır. *Su Döngüsü* veya *Su Çevrimi* olarak bilinen bu karmaşık çevrim okyanus, kara ve atmosferdeki sular arasında bir denge yaratır. Okyanusun yüzeyinden sular buharlaştığı zaman atmosferde bulutlar oluşur. Su aynı zamanda topraktan, akarsulardan, nehirlerden ve göllerden de buharlaşır. Kara bitkilerinin terlemesi de atmosfere su katar. Bitkiler tarafından topraktan emilen suyun yaklaşık %97'si bitki yapraklarına taşınır ve, terlemeyle tekrar atmosfere verilir.

Su, atmosferden karalara ve denizlere yağmur, kar, sulu kar veya dolu şeklinde yoğunlaşarak hareket eder. Karadaki su, su döngüsü içinde birkaç şekilde hareket edebilir (Şekil 5.3):

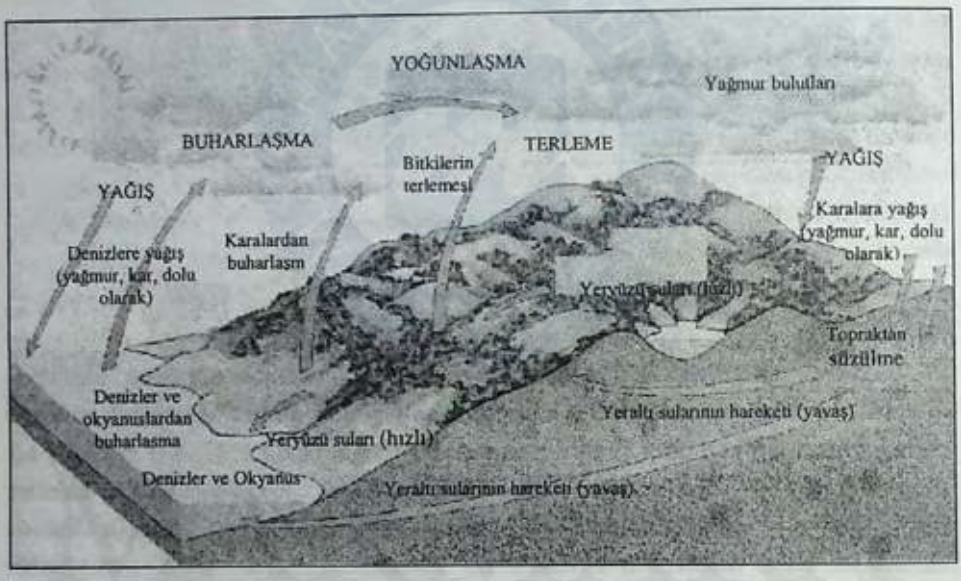
1. Karadan buharlaşarak yeniden atmosfere dönebilir.
2. Irmak ve nehirlerle akarak okyanuslarla birleşir.
3. Su, toprakta aşağı doğru süzülerek yeraltı sularını oluşturur. Yeraltı suları toprağı, bitkileri ve akarsuları besler.

4. Toprağa düşen su en sonunda okyanusa ulaşır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Katı, sıvı veya buhar, hangi halde veya nerede bulunursa bulunsun, her su molekülü su döngüsünün içinde hareket eder. Toprakla atmosfer arasında yüksek miktarda su aktarımı gerçekleşmektedir. Atmosfere bir yılda giren suyun 400 000 kilometre küp olduğu tahmin edilmektedir. Bunun yaklaşık dörtte üçü yoğunlaşma olarak doğrudan okyanuslara girer ve geri kalan da karalara düşer.

Yağmur ve kar olarak karalara düşen tüm suların üçte biri akarsularda ve göllerde toplanarak yüzey sularını oluşturur. Öbür üçte biri buharlaşır veya bitkiler tarafından emilir. Geri kalan da taşın toprağın arasından süzülerek yeraltı su kaynaklarını oluşturur.




Şekil 5.3 Su Döngüsü

### 5.2.2 Karbon ve Oksijen Döngüsü

Yaşam için elzem olan protein, karbonhidrat ve diğer organik moleküllerin hepsi karbon içerir. Karbonsuz yaşam olmaz. Karbonun yeryüzünde dört büyük deposu vardır: atmosfer, hidrosfer, litosfer ve canlılar. Atmosferde oksijenle birleşmiş olarak karbon dioksit ($CO_2$) halinde, yaklaşık %0.03 civarında bulunur. Okyanus, deniz ve göl, akarsu gibi su birikintilerinde ise $CO_2$'in çözünebilen bir formu olan karbonat ($CO_3^{-2}$) ve bikarbonat ($HCO_3^{-1}$) halinde; karalarda ise genellikle

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

katı karbonat tuzları (kireç taşı-$CaCO_3$) halinde bulunur. Canlılarda ise tüm organik moleküllerin temel yapısını oluşturur. Karbon, canlı ve cansız çevre arasında sürekli bir dolanım içindedir.

Havadaki karbon dioksit, su ve besleyici tuzlarla birlikte fotosentez işleminde kullanılır. Bu işlem sonucu oksijen ve organik maddeler üretilir. Solunumda ise bunun tersi olur. Ölmüş bitki ve hayvanlardaki organik maddeler de ayrıştırıcı organizmalar vasıtasıyla su ve karbon dioksite parçalanır. Yani organik maddeler oksijen kullanarak parçalanır ve oksijen, karbon dioksit içinde yeniden döngüye girer.

Yeşil bitkiler güneş enerjisinin bir kısmını fotosentez için kullanırlar. Fotosentez sürecinde ışık enerjisi kimyasal enerjiye çevrilir ve organik maddelerin yapısında biriktirilir.

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{673\ kcal\ (uv)} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

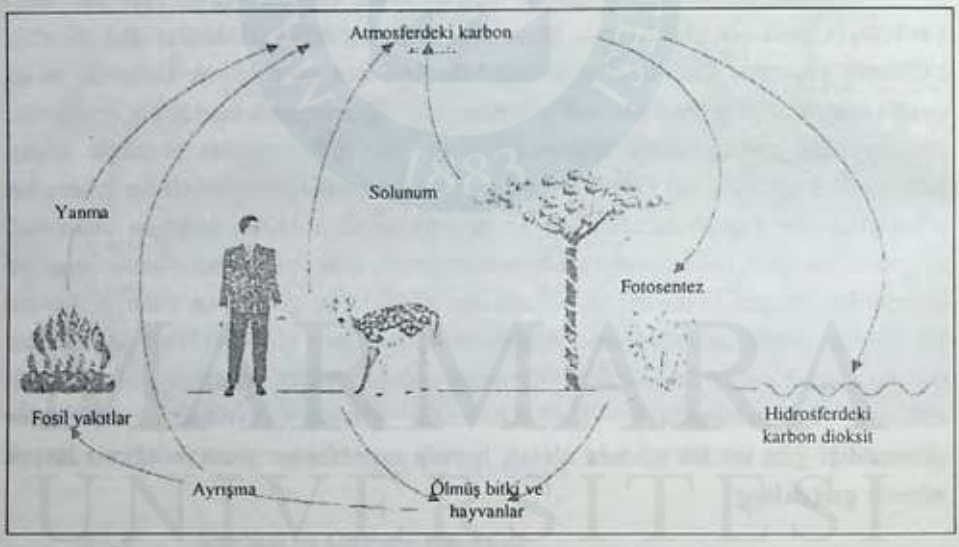
Bitkiler, su ve karbon dioksit moleküllerini, pigmentleri ve özel enzimleri yardımıyla basit şekerler halinde hücrelerinde depo edebilmektedirler. Bu şekerler, bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için yakıt olarak kullanılır ya da çeşitli kimyasal grup ve atomların eklenmesiyle diğer organik maddelere çevrilirler. Bu olay için gerekli enerji güneşten geldiği için, ışıkla yapılan biyolojik sentez anlamında fotosentez adı kullanılır. Fotosentez sonunda üretilen basit bir şeker olan glikoz, karbon dioksit molekülüne su moleküllerinden alınan hidrojen atomunun eklenmesiyle elde edilir. Ancak fotosentez süreci, pek çok adımda tamamlanan ve güneş enerjisinden başka çeşitli organik molekülleri de gerektiren uzun ve karışık bir işlemdir. Bitkilerin fotosentez yapabilen hücrelerinde ışık enerjisine duyarlı olan pigment molekülleriyle, değişik kimyasal reaksiyonları mümkün kılan çeşitli enzimler bulunmaktadır. Karbondioksitin glikoza çevrilmesi, denklemde gösterildiği gibi tek bir adımda olmaz; burada ayrıntılarına girmeyeceğimiz birçok adımda gerçekleşir.

Karalardan döngüye giren karbon dioksitteki karbon ile, kireçtaşı ve fosil yakıt olarak devreden çıkan karbon arasında bir denge oluşmuştur. Atmosferdeki $CO_2$, sulardaki $CO_2$ ile denge halindedir. Doğada bitkisel ve hayvansal karbonlu maddelerin çok uzun zaman ayrışmadan kaldığı durumlar da vardır. Yani bitki ve hayvanlar tarafından üretilen organik maddelerin tümü, solunum ve ayrışma sonucu mutlaka $CO_2$'e çevrilmezler. Bitkilerin yüzlerce milyon yıl ayrışmadan gömülü kalması mümkündür. Bunun neticesi olarak karalarda kömürler; denizlerdeki plankton ve hayvan/bitki ölülerinin deniz altında kalmasından petrol oluşmuştur.

Fosil yakıt dediğimiz bu enerji kaynakları hakkında ayrıntılı bilgi ilerideki bölümlerde verilecektir.

İnsanlar, Doğayı bir bakıma kontrolleri altında tutabildikleri gibi biyosferdeki bu madde döngülerini de etkileyebilmektedirler. Yüzlerce milyon yılda biriken fosil yakıtları enerji gereksinimlerini karşılamak için yakarak, doğanın fotosentez yoluyla tüketebileceği hızdan çok daha büyük bir hızla $CO_2$ üretmektedirler. Karbon döngüsüne dahil olan bu $CO_2$, maalesef atmosferdeki $CO_2$ yüzdesini arttırarak alışılagelmiş iklim şartlarının değişmesine yol açmaktadır (sera etkisi).

Özet olarak karbon, karalardaki canlıların solunumu, ölmüş bitki ve hayvanların havanın oksijeniyle kimyasal olarak ayrışmasından ve fosil yakıtların yanmasından $CO_2$ olarak atmosfere ve, çözünerek okyanus ve denizlere ulaşır. Atmosferdeki karbonun karalara geri dönüşü ise bitkilerin fotosentez faaliyetleri ile gerçekleşir (Şekil 5.4




Şekil 5.4 Karbon Döngüsü

### 5.2.3 Azot Döngüsü

Azot, pek çok organik maddede bulunan bir elementtir. Canlı vücudunun temeli olan proteinlerden başka, kalıtım görevini yapan nükleik asitlerin, çeşitli hormon ve vitaminlerin yapısında da bulunur. Azotun yeryüzünde iki büyük rezervi vardır: atmosfer ve canlılar. Atmosferin %78'ini teşkil ettiği halde, bitki ve

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

hayvanların bu azottan faydalanmaları kolay olmamaktadır. Havadaki azottan canlıların faydalanması için birkaç özel bakteriye gerek vardır. Bitkiler azotu, nitrat veya amonyak tuzları olarak bünyelerine alabilirler. Hayvanlar ise azotttan amino asit formunda yararlanabilirler. Bu da beslenme yoluyla diğer hayvan ve bitkilerden sağlanır. Atmosferde gayet bol bulunan azotun biyosferdeki canlılar tarafından kullanılmasındaki sınırlılık, azotun canlılar tarafından özümlenip besin zincirine katılmasındaki olaylardan kaynaklanmaktadır. Nitrat tuzlarının az olduğu topraklarda bitkisel üretim de o ölçüde düşük olur. İnsan toplumları açısından çevrede azot eksikliği, beslenme zorlukları demektir. Bu nedenle havadaki azotun, gerek doğal gerek yapay yollardan bitkilerin kullanabileceği kimyasal şekle çevrilmesi büyük önem taşır. Azotun bir başka kaynağı da göl, nehir ve okyanuslardaki nitrit, nitrat ve amonyum iyonlarıdır.

Bezelye, fasulye, mercimek, nohut gibi baklagillerin kök yumrularında hava azotunu bağlayan bakteriler vardır. Azot bağlayıcı bakteriler, hava azotunu alıp bazı maddelerle birleştirerek suda kolayca çözünen azotlu bileşikler haline getirirler. Şimşek çaktığı zaman havadaki azot moleküllerinden nitratlar oluşmakta ve toprağa düşmektedirler. Nitrat tuzları bakımından zengin kayaların erozyona uğramasıyla da toprak azotça zenginleşebilmektedir. Bitkiler bu azotlu bileşikleri kökleri vasıtasıyla alırlar. İnsanlar ve hayvanlar bu bitkileri yiyerek kendileri için gerekli azotu sağlamış olurlar. Hayvan ve insanların bünyelerindeki azot içeren maddelerin bir kısmı, hayvan ve insan ölüleri ve atıklarıyla tekrar toprağa dönerler. Topraktaki azot ayrıştırıcı bakteriler, bu maddelerdeki azotu ayrıştırırlar ve yeniden havaya salarlar (Şekil 5.5).

Yukarıda genel açıklaması yapılan azot çevrimi temel olarak beş adımdan oluşan bir süreçtir:

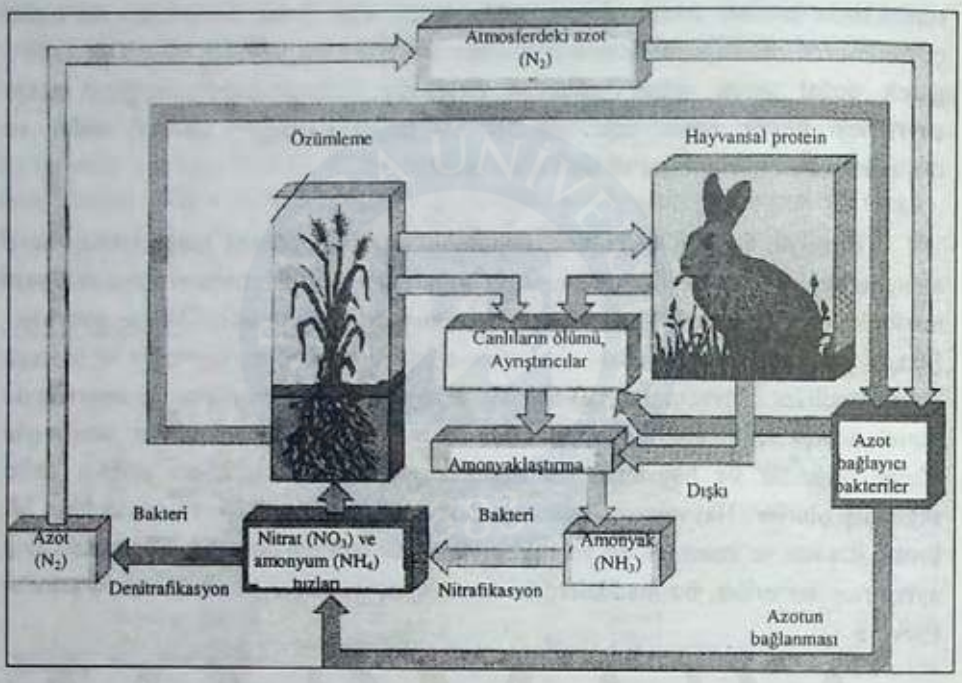
1. Azotun bağlanması: Baklagillerin köklerinde bulunan bakterilerin, nitrogenaz enzimi vasıtasıyla havadaki azot moleküllerini amonyağa dönüştürerek toprağa bağlaması.

2. Nitrifikasyon: Topraktaki amonyağın, nitrosomonas, nitrokokus gibi bakteriler vasıtasıyla nitritlere, sonra da nitrobakter tarafından nitratlara dönüştürülmesi. Nitrifikasyon işlemi, bu işi gören bakterilere aynı zamanda enerji sağlar.

3. Özümleme: Topraktaki nitratların kökleri vasıtasıyla bitkiler tarafından alınması ve bünyeleri içinde, proteinlerin yapı taşları olan nükleik asitlere dönüştürülmesi.

4. Amonyaklaştırma: Canlıların ürettiği azot içeren atık maddelerin üre ve üre asiti olarak salınması ve bozunan organik maddelerin içerdiği azotu amonyak olarak toprağa salması.

5. Denitrifikasyon: Oksijensiz ortam bakterileri tarafından topraktaki nitratların yeniden azot moleküllerine dönüştürülmesi.




Şekil 5.5 Azot Döngüsü

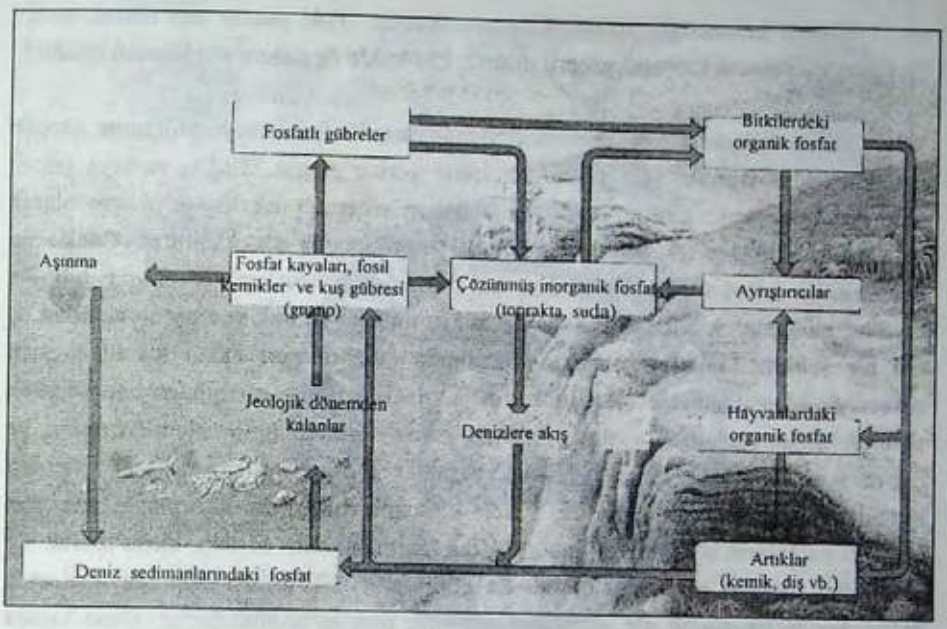
İnsanlar azot döngüsünü etkileyebilmektedirler. Yeterli düzeyde azotun bağlanamadığı topraklara azot kazandırmak amacıyla havadaki azot yapay olarak, suni gübre dediğimiz amonyak ve amonyak tuzları haline getirilebilmektedir. Toprağın suni gübre yoluyla kazandığı azot miktarı, doğal döngü yoluyla kazandığı azot miktarına yakındır. Toprağın böyle yapay yolla azot kazanmasının fayda ve zararları ilerideki bölümlerde incelenecektir.

### 5.2.4 Fosfor Döngüsü

Fosfor, biyolojik açıdan önemli rolleri olan pek çok molekül ve membranın önemli elementidir. Hayvanların kabuk, kemik ve dişleri için fosfora ihtiyaçları vardır. Fosfor, gaz halinde atmosferde bulunmaz; karada fosfor bileşikleri halinde

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

bulunur. Kayaların aşınmasıyla çok az miktarda fosfor, fosfat halinde toprağa girer ve bitkilere ulaşır. Fosforun bir kısmı da karasal ekosistemlerden kopup denizlere ulaşır. Bazı fosfat tuzları suda fazla çözülmedikleri için denizlerin dibine çöker. Bazı denizlerin verimli olmamalarının temel sebebi fosfor eksikliğidir (Şekil 5.6).




Şekil 5.6 Fosfor Döngüsü

Kısa vadeli fosfor çevrimi, kayalardan karasal ekosistemlere ve oralardan da denizlere ve en sonunda da deniz diplerine doğru tek yönlü bir akıştır. Denizdeki fosforun karalara dönüşü, balıklarla beslenen kuşların karalara düşen dışkılarıyla gerçekleşir. Uzun vadede ise, dibinde fosfor yatakları olan denizlerin çekilip, fosforlu tortularını bırakmalarıyla gerçekleşir.

## 5.3 Canlı Çevre ve Ekosistem Kavramı

İlk bölümlerde verdiğimiz tanımda ekolojinin doğadaki organizmaların kendi aralarındaki ve doğanın diğer ögeleriyle ilişkilerini inceleyen bir bilim dalı olduğunu söylemiştik. Ekolojinin kapsamı içinde en küçük birim organizmadır. Yeryüzünde canlıların bulunduğu alanları, yani toprağı, suyu ve havayı tek bir küre olarak ele alabiliriz. İşte bu canlı küre biyosfer veya, cansız çevresiyle birlikte bir bütün olarak düşünülürse de ekosfer olarak adlandırılır. Yaşam, atomdan başlayıp biyosfere kadar

uzanan seviyelerden oluşmuş bir süreklilik sergiler. Biyosfer bir bütün olarak ekolojinin konusudur.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 5.3.1 Ekosistem Kavramı

Sistem kelimesiyle sık sık karşılaşmaktayız. Peki sistem tam olarak nedir? Her alan için sistem kavramı geçerli midir? Ekolojide de sistem söz konusu mudur?

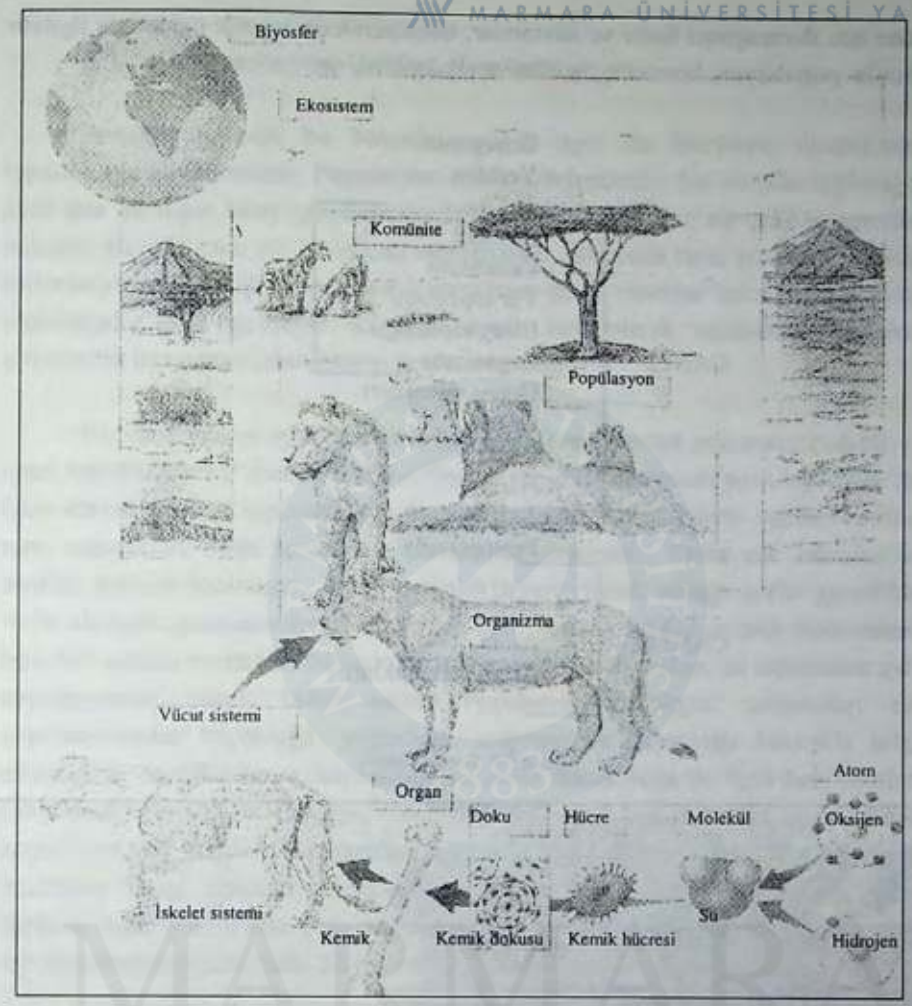
Bilim dilinde sistem, evrenin ilgilendiğimiz ve incelemeye aldığımız parçası için kullanılan isimdir. Her sistem bir işlevi yerine getirir. Girdisi ve/veya çıktısı olan sistemler açık; girdisi ve çıktısı olmayan sistemler ise kapalı sistem olarak tanımlanır. Örneğin tek bir canlı hücreyi sistem olarak ele alabiliriz. Çünkü bu hücrenin bir işlevi vardır; bir girdisi, bir çıktısı vardır. Sistem kavramının bilimde faydası, incelenecek bölgeyi evrenin diğer kısmından ayırarak onu daha yakından ve net bir şekilde tanımlayabilmek ve icabında evrenin geri kalan kısmıyla, yani çevresiyle olan ilişkilerini görebilmektir. Örneğin eğitim sisteminden bahsederken eğitimi, diğer toplumsal faaliyetlerden ayırarak eğitimle ilgili işlemleri, girdi ve çıktıları, aralarındaki ilişkileri tanımlayacak ve, diğer toplumsal faaliyetlerden ayıracak şekilde ele almış oluruz. Sistem kısaca, birbirleriyle etkileşim içinde olan bağımlı parçaların oluşturduğu bütün olarak tanımlanabilir. Sistem, birim olarak ele alınabilen ilişkiler topluluğu olarak da görülebilir. Ekolojik sistem deyince akla gelen, bir birim olarak ele alınabilen ekolojik ilişkiler topluluğudur. Buna kısaca ekosistem denir. Ekosistemlerin işlevleri

i)Enerji akımı
ii) Kimyasal madde döngüleri-besin döngüsü
iii) Populasyon denetimi

şeklinde sınıflandırılır.

Biyolojik sistem, biyolojik ilişkiler topluluğu olarak tanımlanabilen bir sistemdir. Biyolojik sistemler, birtakım alt sistemlerin birleşerek bir üst düzey sistemi oluşturmasıyla meydana gelirler. Bu sistem silsilesinin en altında gen sistemleri, en üstünde ekosfer bulunur. Evren sisteminde ise en altta atomu oluşturan parçacıklar, en üst seviyede de gezegenler bulunur. Protoplazma, cansız sistemlerle canlı sistemler arasındaki sınırı oluşturur. Canlı sistem, hücreden başlayıp ekosferi de içine alarak sona erer. Organizmadan başlayıp ekosfere kadar yükselen tüm canlı sistemler ve çevreleri, ekolojinin ilgi alanı içine girer (Şekil 5.7 ve 5.8).

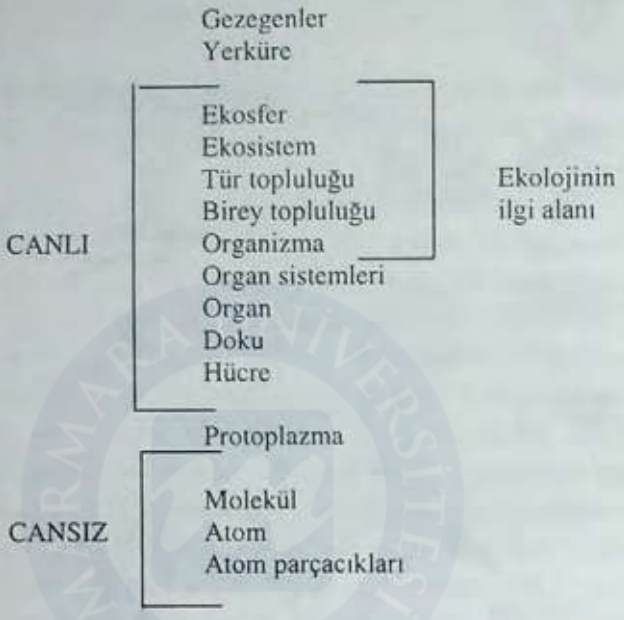
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



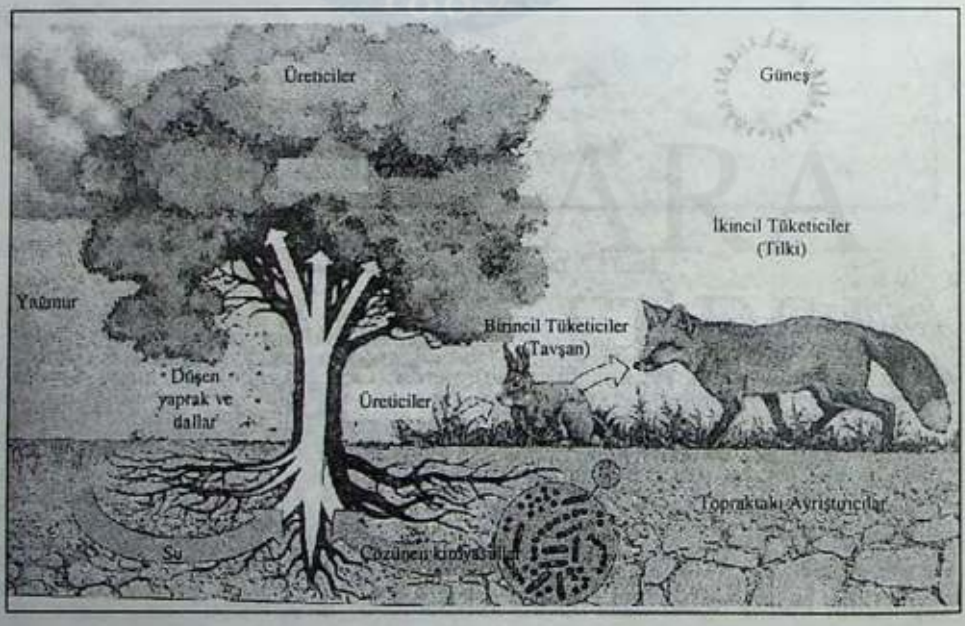

Şekil 5.7 Biyolojik Sistem Basamakları

Ekosistemler, değişik çeşitte organizmalarla onların cansız çevrelerinden oluşan bir bütün olarak ele alınabilen birimlerdir. Örneğin, geniş bir alana yayılan Karadeniz ekosistemi olduğu gibi, toprağındaki solucanıyla, yabani otuyla, büyüyen çiçeğiyle bir saksı da ekosistem olarak ele alınabilir. Ekosistemi oluşturan ögeler canlı (biyotik) ve cansız (abiyotik) olarak iki gruba ayrılırlar. Canlı ögeler i) üreticiler ii) tüketiciler ve iii) ayrıştırıcılar olarak üç alt gruba ayrılırlar (Şekil 5.9). Cansız ögeler ise i) anorganik maddeler ii) organik maddeler ve iii) fiziksel koşullardır. Cansız ögeler daha önceki altbölümlerde incelenmişti. Canlı ögeler ise aşağıda Ekosistemlerde Besin/Enerji Akışı başlığı altında incelenecektir. Şimdi

üzerinde duracağımız konu ve kavramlar, ekosistemlerin biyotik ögeleriyle ilgilidir. Bunlar populasyon, komünite, habitat ve ekolojik niş tir.




Şekil 5.8 Evren Sistemi




Şekil 5.9 Ekosistemin Ögeleri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 5.3.2 Populasyon, Habitat, Komünite ve Niş

Populasyon, belli bir bölgede yaşayan aynı tür bireylerin oluşturduğu topluluk olarak tanımlanır. Populasyon olarak nitelendirilen bir bireyler topluluğu, ayni türe ait diğer birey gruplarından fiziksel olarak belirgin bir şekilde ayrılmış bulunur. Burada canlı tür kavramını netleştirelim. Bir canlı türü, potansiyel olarak birbirleriyle çiftleşebilen ve üreme yeteneğine sahip yavrular üretebilen bireyler topluluğudur. At ve eşeğin iki ayrı hayvan türü olarak sayılmasının nedeni, çiftleşmeleriyle ortaya çıkan katırın ürüyememesidir.

Populasyonların aynı türe ait diğer birey gruplarından ayrılması, coğrafi ve arazi koşullarının bir sonucu olabilir. Örneğin Ege Bölgesindeki eşek topluluğu ile Girit adasındaki eşek topluluğu ayrı populasyonlardır. Ancak birçok hayvan ve bitki türü, yaşadıkları bölge içinde eşit bir şekilde dağılmaz. Daha çok kümeler ve öbekler halinde bulunurlar. Birey yoğunluklarının yüksek olduğu yerler genellikle türün ekolojik gereksinimlerine en uygun olan yerlerdir. Eğer gruplar birbirinden, bireyleri rahatça ve sürekli biçimde karışamayacak kadar uzaksa, bu topluluklar ayrı populasyonlar olarak kabul edilir. Populasyon biyolojisi çalışmaları bir populasyonunun büyüklüğü, yoğunluğu, dağılımı ve yaygınlığı hakkında bilgi edinmek ve özellikle tarım, hayvancılık ve genel olarak doğa ile ilgili bazı soruları yanıtlamak için yapılır. Örneğin, Güneydoğuda zaman zaman ortaya çıkan tarıma zararlı çekirge sürüleriyle mücadele için; nesli tükenmeye yüz tutan kelaynak kuşlarının hangi olaylardan etkilendiğini anlamak için ve, yazın ortaya çıkan hastalık saçan haşerelerin çoğalma ve yayılma özellikleri hakkında bilgi edinmek için populasyon biyolojisine ihtiyaç vardır.

Populasyonun büyüklüğü, populasyondaki birey sayısını gösterir. Populasyon büyüklüğünü belirleyen faktörler doğum ve ölüm oranları ve bu oranların birarada belirlediği nüfus artışıdır.

Populasyon yoğunluğu, belli bir alana veya hacme düşen bireylerin sayısını veya kütlesini gösterir. Örneğin ağaç veya insan populasyonunun yoğunluğu $km^2$ başına düşen birey sayısıdır. Su içinde yaşayan mikroskopik boydaki organizmaların yoğunluğu 1 $m^3$ sudaki ağırlıklarıyla, yani biyolojik kütleleriyle belirlenir. Biyokütle veya biyolojik kütle, canlıların kuru ağırlığına verilen addır.

Doğada populasyon dağılımı aynı değildir. Gelişigüzel dağılım, düzenli dağılım veya kümeli dağılım olabilir. Gelişigüzel ve düzenli dağılım daha ziyade bitkilerde, kümeli dağılım ise insan ve hayvan populasyonlarında görülür.

Populasyon yayılımı, bir populasyonun bulunabileceği bölgeler anlamında kullanılır. Populasyon yayılımı, populasyon bireylerinin daha geniş kapsamlı hareketlerini, uzak coğrafi bölgelere yayılmalarını, taşınmalarını da içerir. Çeşitli göç olayları bu başlık altında incelenir.

Peki, populasyon aynı tür canlıların topluluğu ise, aynı çevrede yaşayan populasyonların hepsine birden ne isim verilir? Bu da komünitedir. Komünite içinde değişik populasyonları oluşturan bireylerin türler arası ilişkileri vardır. Bu ilişkilerin en başında beslenme ilişkileri gelir. Karadeniz'deki komünitede çeşitli balık ve bitki populasyonları vardır. Burada büyük bir balık türü, daha küçük balık türünü; en küçük balık türü de deniz bitkileriyle beslenir. Bu şekilde birbirleriyle ilişkileri olan populasyonlar, Karadeniz komünitesini yani Karadeniz yaşama birliğini oluştururlar.

Populasyonlar, kendi hayat tarzlarını sürdürebildikleri bölgelerde yaşarlar. Yani belli adresleri vardır. Ekoloji dilinde bu adrese habitat veya yaşam alanı denir. Populasyonların yaşamı habitatlarına bağlıdır. Habitatını korumadan bir canlı türünü korumak, yaşatmak imkansızdır. Örneğin Akdeniz foku olarak bilinen bir fok cinsi kayalık kıyılarda bulunur. Sığınmak ve yuvalamak için mağaraları kullanır; güneşlenmek için de kumsala çıkar. Akdeniz sahillerinin doğal yapısı fok balığı için uygun bir habitat oluşturur. Ancak turizm veya sanayi için böyle kıyılar tahrip edilirse, Akdeniz fokunun yaşaması imkansızlaşır. Habitatın ne kadar gerekli olduğunu hayvanat bahçelerinde gözlemleyebiliriz. Aslanların, zürafaların, ayıların ve kaplumbağaların doğadaki habitatlarına benzer ortam ve mekanlar geliştirilerek bu hayvanların doğal habitatlarının dışında yaşamlarını sürdürmeleri sağlanmaktadır.

Her populasyon fiziksel ve kimyasal koşulları belli bir alanda yaşar. Dolayısıyla hiçbir populasyon sınırsız olarak büyüyemez. Ergeç ortamın koşulları, artan bir populasyonun besin, barınma, yuvalama gibi çeşitli ekolojik gereksinimlerini karşılayamaz hale gelir. Tam bu noktaya gelmeden önce ekosistem, içinde rahatça yaşatabileceği maksimum birey sayısına ulaşır. Bu da o ekosistemin taşıma kapasitesini belirtir.

Belli bir habitatı oluşturan bir alanda bir canlı komünitesinin yaşaması, tüm canlı türlerin o habitatın aynı kaynaklarını aynı şekilde kullanmaları demek değildir. Her bir canlı türün, özellikle uyum yaptığı canlı ve cansız koşullar vardır. Canlı türleri, işte bu koşulların yerine getirildiği noktaları tercih ettiği için ve, bu noktalar her tür için farklı olduğundan dolayı birarada, bir komünite olarak yaşayabilirler. İşte bu noktalar türlerin nişini teşkil eder. Bir sincabın nişi, ormanın belli ağaçlarının, belli meyva boyutunun ve dal sıklığının olduğu yerdir. Kuşlar dahi, türlerine göre farklı ağaçların farklı yüksekliğinde bulunan farklı böceklerle beslenirken, doğada kendi türlerine özel noktaları yani nişlerini belirlemiş olurlar.

### 5.3.3 Ekosistemlerde Rekabet ve Simbiyotik İlişkiler

Ekolojide rekabet, iki veya daha fazla organizmadan herbirinin yaşam için gerekli kaynağı ele geçirmeye çalışması anlamına gelir. Eğer mevcut kaynaklar rakip organizmaların tümüne yetecek kadar bol değilse ekolojik rekabetin etkisi, populasyon artışının kısıtlanması şeklinde görülür. Aranan kaynaklar besin, besleyici tuzlar, ışık, yer (yuvalama, saklanma, dinlenme, avlanma ve beslenme yerleri) şeklinde olabilir. Birey sayısı arttıkça aranan kaynakların az geldiği ve bu kıtlığın populasyon artışını engellediği görülür.

Ekolojik rekabete en sık rastlanan örnek bir et parçası üzerine birbirlerine hırlaşan kedilerdir (tür içi rekabet). Çevresindeki diğer bitkileri geniş yapraklarıyla gölgede bırakan bir bitki ise, tüm bitkilerin aradığı bir kaynağı, yani güneş ışınlarını, rakiplerini engelleyecek biçimde kullanmaktadır (türler arası rekabet). Rekabet neticesinde galip gelen türün populasyonu artar, diğerininki azalır.

Doğada bir türün diğerini tamamen yoketmesi az rastlanan bir durumdur. Hayvan türleri arasında rekabeti sınırlayan çok sayıda etken vardır. Pek çok hayvan aynı türle beslendikleri halde, avlanma zamanlarının ve fiziksel yapılarının farklı olmaları nedeniyle, aynı türün farklı bireyleri ile beslenirler.

Avlanma, bir canlının diğer bir canlıyı beslenmek amacıyla öldürmesi diye tanımlanan bir etkinliktir. Bu etkinlik içinde bir avcı ve bir av sözkonusudur. Avcı tür ile av türü arasında bir bağınlaşma vardır. Av türünü tamamen tüketen bir avcı tür uzun zaman hayatta kalamayacağı için, bu rekabet içinde hem avcı hem de av türünün hayatta kalması gerekmektedir. Ancak avcı-av ilişkileriyle tür populasyonlarının büyüklüğü denetim altında tutulabilir. Örneğin, Kanada'da yaşayan bir tür yabani tavşan aynı bölgede yaşayan vaşakların besin kaynağıdır. Zaman zaman, koşullara bağlı olarak hem tavşan hem de vaşak populasyonlarında

artış ve azalışlar görülür: besin arttıkça üreyip çoğalma; daha çok avcıyla daha çok avlanma ve av sayısının, yani besinin azalması; dolayısıyla avcı türünün üremesinde yavaşlama.

Doğada insanoğlu avcı, diğer hayvanlar ise av durumundadır. Etiyle beslendiğimiz hayvanların sayısı insanoğlunun denetimindedir. İnsanoğlu bu sayıyı değişik yöntemlerle arttırır veya azaltır. Ancak insanoğlu beslendiği türleri yoketmez. Yokedilen türler insanoğlunun besin olarak ihtiyaç duymadığı, ancak çıkarları yüzünden habitatlarını yokettiği türlerdir.

Avcılık ve rekabet ilişkileri genellikle bir tarafın yaşamını sürdürüp diğer tarafın yaşamını yitirmesi olarak açıklanabilir. Bu tür olumsuz ilişkilerin bir ekosistem içinde gerekliliği kadar iki tarafın da yaşamlarını sürdürecek şekilde kurulmuş ilişkiler de gereklidir ve mevcuttur. Simbiyosis, farklı türlerde iki canlının fiziksel anlamda çok yakın bir ilişki içinde birlikte yaşaması–ortak yaşam- olarak tanımlanır. Bu ilişki, farklı türlerin üyeleri arasında fayda sağlama, hiç etkilenmeme veya bir miktar zarar görmeye dayalı ilişkilerdir. En basit sıralamaya göre bu ilişkiler mutualizmden parazitizme kadar gider.

Mutualizmde (işbirliği), simbiyotik ilişki içinde olan heriki taraf bu ilişkiden fayda görürler. Algi ile mercan kayalarını yapan küçük deniz hayvanları arasında bu tip bir ilişki yaşanır. Algi ortağına oksijen ve karbon sağlarken diğeri de dışkısındaki amonyakla alginin, her ikisi için gerekli olan azotlu bileşikleri üretmesini sağlar.

Komensalizmde (ortakçılık), ilişki içindeki taraflardan biri yarar sağlarken diğeri olumlu veya, en azından olumsuz şekilde etkilenmez. Ağaç dallarının üzerine bağlanarak yaşayan bitkilerle ağaç arasındaki ilişki bu tip simbiyotik ilişkiye örnektir. Dallarda büyüyen küçük bitki güneş ışınları ve yağmur suyuna rahatça ulaşırken ağaç ne fayda ne de zarar görmektedir. Ev fareleri ile insanlar arasındaki ilişkinin de bir ortakçılık ilişkisi olduğu söylenebilir.

Parazitik (asalaklık) ilişkide, bir taraf fayda görürken diğer taraf bu beraberlikten zarar görür. Bazı parazitler onu konuk eden organizmanın dışında; barsak şeridi gibi bazı parazitler de organizmanın içine yerleşirler. Bu ilişkilerde fayda gören taraf daima parazit, zarar gören ise onu konuk eden organizma, konak organizmadır.

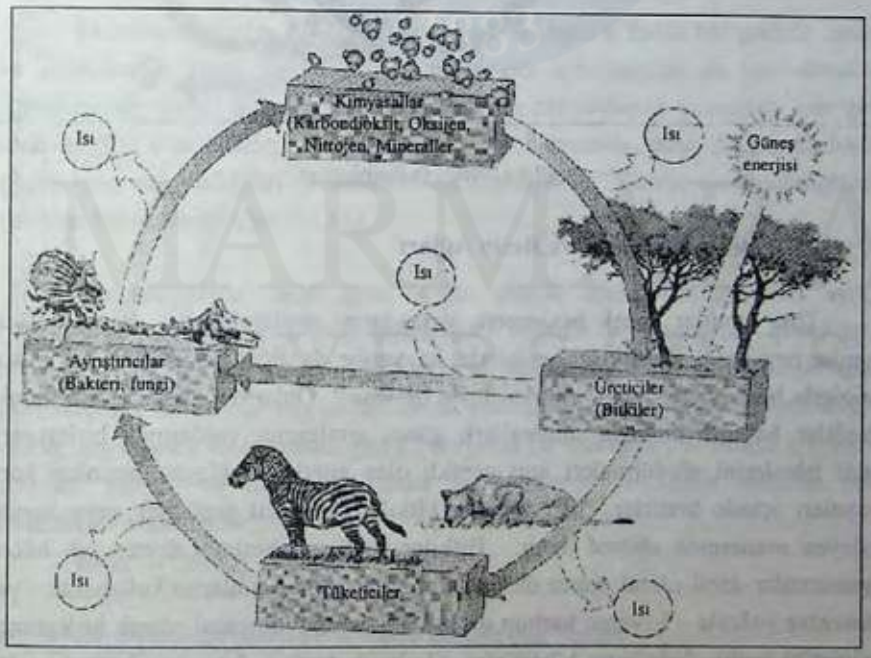
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 5.3.4 Ekosistemlerde Sınırlayıcı Faktörler ve Dayanıklılık Sınırları

Yaşam için gerekli olan elementlerin bir kısmı her zaman, her yerde ve her canlının gereksinimini karşılayacak kadar bulunmaz. Bu şekilde kıtlığı görülen maddenin, ona ihtiyaç duyan canlı organizmanın sağlıklı bir şekilde büyüyüp çoğalmasını engelleyeceği muhakkaktır. Diğer bir deyişle, kıtlığı hissedilen madde o ekosistem için sınırlayıcı bir faktör niteliğindedir. Ekosistemler için gerekli olan mineral, oksijen, nem gibi faktörlerin, o ekosistemin dayanabileceği bir alt sınırı olduğu gibi bir de üst sınırı vardır. Bunlar dayanıklılık sınırlarını teşkil ederler. Toprağın neme gereksinimi olduğu gibi fazla yağmur da zarar verir. Bu üst ve alt sınır arasında kalan bölgede, yani dayanıklılık sınırları içinde, ekosistemin komünitesi yaşamsal işlevlerini rahatça sürdürebilirler.

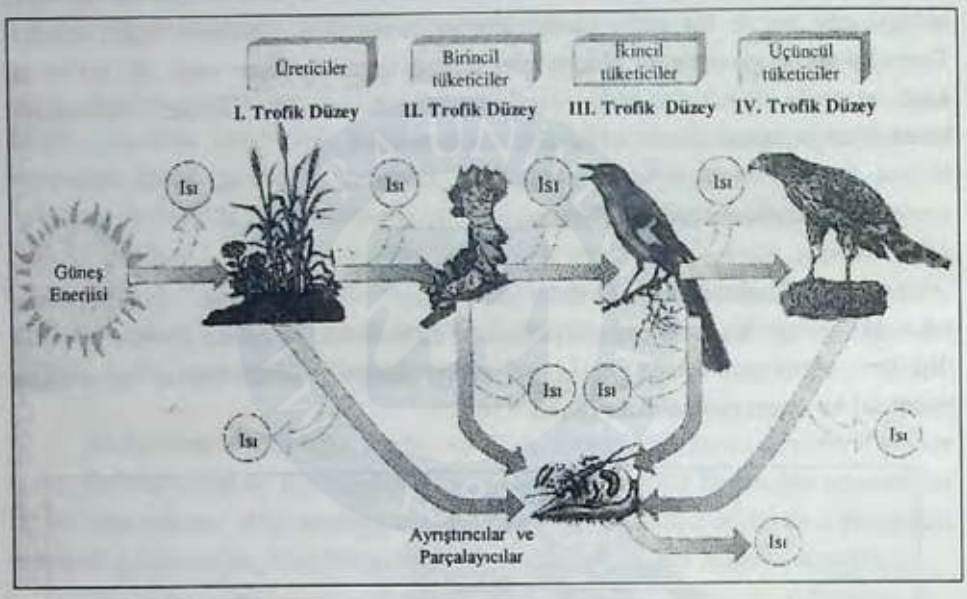
### 5.4 Ekosistemlerde Besin/Enerji Akışı

Bir ekosistemde, birbirleriyle ilişki içinde olan populasyonlar yaşamaktadırlar. Bu canlı populasyonlarının birbirleriyle ve cansız çevreleriyle olan ilişkileri, ekosistem içinde besin ve enerji akışının sürdürülmesi bakımından yaşamsal bir önem taşımaktadır (Şekil 5.10).




Şekil 5.10 Ekosistemde Besin/Enerji Akışı

Daha önceki bölümlerde, bir ekosistemin işleyişini sağlayan, canlı ve cansız olarak gruplandırılan ögeler olduğunu belirtmiştik. Canlı ögeler grubunda bulunan üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcıların yerine getirdikleri işlevler sayesinde ekosistemlerde besin ve enerji akışı sağlanmaktadır (Şekil 5.11). Beslenme ve enerji ilişkileri aslında birbirinin içine girmiş ilişkilerdir. Beslenme ilişkisi olduğu için enerji akışı sağlanmaktadır. Veya, aşağıda göreceğimiz gibi, enerji olmadan besin üretimi olanaksızdır.




Şekil 5.11 Besin ve Enerji Akışı

### 5.4.1 Besin Zincirleri ve Besin Ağları

Tüm canlılar ancak beslenerek yaşamlarını sürdürebilirler. Genel olarak, insanlar hayvansal ve bitkisel besinlerle; hayvanlar da diğer hayvanlarla ve bitkisel besinlerle beslenirler. Peki, bitkiler neyle beslenir? Onlar da, atmosfer ve toprakta bileşikler halinde bulunan mineralleri, güneş ışınlarının yardımıyla birleştirerek kendi işlevlerini sürdürmeleri için gerekli olan enerjiyi sağlayan besinleri kendi bünyeleri içinde üretirler. Bu sebeple bitkilere, birincil üreticiler veya kendini besleyen manasında ototrof denir. Bitkiler ve kendi besinini üreten tek hücreli organizmalar dahil olmak üzere ototrofların çoğu, güneş ışınlarını kullanarak - yani fotosentez yoluyla - havanın karbon dioksit ve suyunu kimyasal olarak birleştirerek besinlerini üretir, dokularını büyütürler. Ekolojide toplam fotosentetik üretime brüt temel üretim denir. Brüt temel üretimin hepsi kendini bitki dokusu olarak göstermez.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Çünkü, bir bitki hayatta kalabilmek için sentezlediği maddelerin bir kısmını, solunum gibi yaşamsal işlevlerini sürdürmek için gereken enerjinin kaynağı olarak kullanır. Ayrıca, bitkinin yaşamı sırasında yapısını oluşturan organik maddelerin bir kısmı otobur hayvanlar tarafından yenir veya kopup parçalanıp toprağa karışır, ayrıştırıcılara besin ve enerji kaynağı olur. Net temel üretim, brüt temel üretimin metabolik harcamalar çıktıktan sonra kalan kısmıdır. Net temel üretim, bir yılda belli bir alanın ürettiği kuru biyokütle olarak ölçülür.

Ototrof canlıları, yani bitkileri yiyerek yaşamları için gerekli besin, ve dolayısıyla enerji sağlayan canlılara tüketiciler denir. Tüketiciler genellikle hayvan türlerinden oluşur ve birincil ve ikincil tüketiciler olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Birincil tüketiciler besin olarak bitkileri, dolayısıyla enerji kaynağı olarak yeşil bitkilerin yapısındaki organik maddeleri kullanırlar. Doğrudan bitkilerle beslendikleri için bunlara otobur hayvanlar da denir.

Yaşamlarını birincil tüketicileri yiyerek sürdüren etobur hayvanlara ikincil tüketiciler adı verilir. Küçük etobur hayvanları yiyen yırtıcı hayvanlara da üçüncül tüketiciler denir.

Ekosistem içinde, yukarıda bahsedilen iki türden farklı bir şekilde beslenen ve ekosistemin canlı ögelerinden biri sayılan ayrıştırıcılar da yer almaktadır. Ayrıştırıcılar, ölmüş bitki ve hayvan dokularını parçalayarak yaşamları için gerekli olan enerjiyi elde ederler. Bu ayrıştırma işlemi sonunda, canlı dokularda birikmiş çeşitli kimyasal maddeleri yeniden ortama döndürürler. Bunlar madde döngülerinde yer alan bakterilerdir (Şekil 5.11).

Ekosistemlerde besin akışı doğal olarak madde döngüsünün aynısıdır (Şekil 5.12). Ototrof bitkilerin yapısındaki organik ve anorganik maddeler, bu bitkileri yiyen birincil tüketici hayvanların vücuduna aktarılır. Birincil tüketici durumundaki bu otobur hayvanlardan da, onlarla beslenen ikincil tüketicilere yani etobur hayvanlara ve insanlara geçer. Böylece bir besin zinciri ortaya çıkmış olur. Bitkiler, otobur ve etobur hayvanlar bu beslenme zincirinin birbirini izleyen halkalarını oluştururlar:

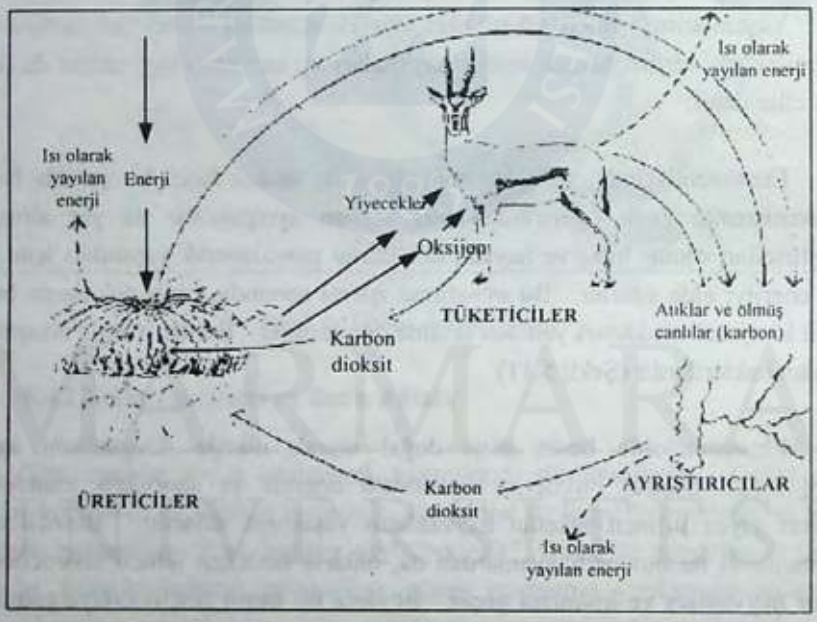
Bitki → Otobur → Etobur

Bu ögeler arasındaki enerji akışı, besin akışına çok benzer:

Güneş →Bitki → Otobur → Etobur

Başka canlılar tarafından tüketilmeyen ölü bitki ve hayvanlardaki enerji de ayrıştırıcılara akar.

Beslenme ilişkileri, bir halkadan ötekine giden düzenli bir tek zincirden oluşmaz. Ototrof bitkilerden başlayıp yırtıcı hayvanlarda son bulan, zaman zaman birleşip karışan birçok zincirin oluşturduğu bir ağ şeklinde kendini gösterir. Çünkü hayvanların çoğu sadece bir çeşit değil, birçok çeşit besinle beslenirler. Özellikle etobur hayvanlar avlayabilecekleri nitelik ve nicelikteki hayvanlarla beslenirler. Şekil 5.13'de Karadeniz'deki besin ağı ana hatlarıyla gösterilmiştir. Genellikle besin zinciri ve ağında üst seviyelerde bulunan hayvanlar, alt seviyelerde bulunanlardan daha büyüktür. Palamut beslendiği hamsiden; şahin avlandığı güvercinden; tilki tavşandan daha büyüktür. Yani doğada, büyük küçüğü yutar ilkesi geçerlidir. Ancak avcı hayvanlar, kendilerinden çok küçük, yani alt seviyelerdeki küçük hayvanları mecbur kalmadıkça avlamazlar. Çünkü en az emekle, kendilerine en yüksek enerji ve besin değeri sağlayacak boyda bir avı daha küçük bir ava tercih ederler.




Şekil 5.12 Biyosferde Enerji ve Karbon Akışı

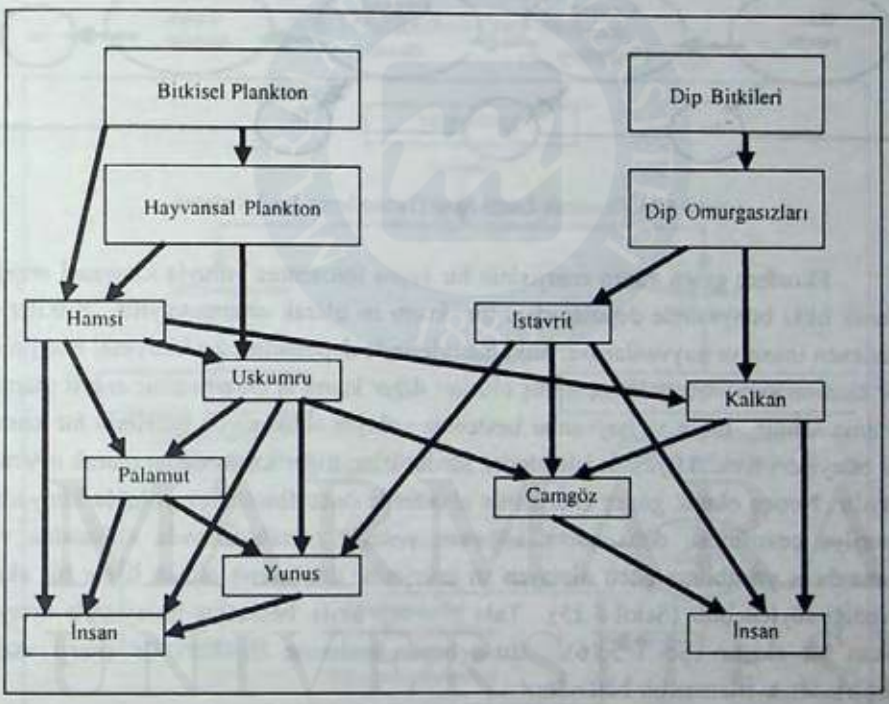
### 5.4.2 Enerji Akışı

Canlı organizmaların beslenmeye, yani enerjiye olan gereksinimleri iki yaşamsal nedene bağlıdır: 1)Hücre ve doku yapımı; 2) Yaşamsal faaliyetlerin

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

sürdürülmesi. Bu bakımdan beslenme zinciri ile enerji akışı birbirleriyle kaynak-ürün-kaynak olarak sürer. Ancak hem besinin hem de enerjinin temel kaynağının güneş olduğu unutulmamalıdır.

Doğada enerji çok değişik şekillerde, örneğin mekanik, kimyasal, elektrik, ısı, ışık ve nükleer enerji halinde bulunabilir. Canlılar için en önemli enerji şekilleri ısı, mekanik ve kimyasal enerjilerdir. Herhangi bir iş, ancak enerjinin bir şekilden ötekine dönüşümü sonucu yapılabilir. Örneğin, bitkilerde fotosentez yapılabilmesi için ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesi gerekir. Bir hayvan veya insanın yürüyebilmesi için vücudunda bulunan besinlerin içerdiği kimyasal enerji mekanik enerjiye çevrilir.

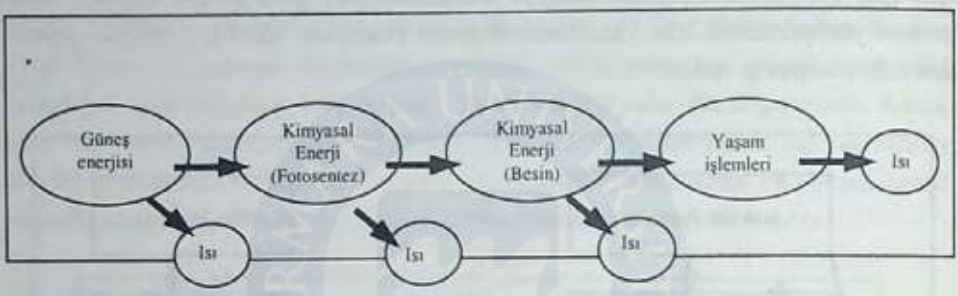



Şekil 5.13 Karadeniz Besin Ağının Ana Hatları

Doğadaki tüm enerji ilişkilerinde ve dönüşümlerinde geçerli olan ilkeler termodinamiğin kanunları olarak ifade edilmektedir. Termodinamiğin 1. Kanunu enerji sakınımını; 2. Kanun da tüm ısı enerjisinin yüzde yüz verimle mekanik enerjiye dönüşemeyeceği gerçeğini belirtir. Mekanik enerji haline dönüştürülmek istenen ısı enerjisinin bir kısmı daha güçsüz bir ısı kaynağı olarak kalır. Enerjinin yoğun ve yüksek sıcaklıkta bulunduğu hallerde -kızgın buhar gibi- yüksek işgücü

vardır. Isı enerjisi yüksek verimle mekanik enerjiye dönüşebilir. Diğer yandan düşük sıcaklık ve basınçta bulunan bir buhar kütlesinin iş yapabilme gücü çok azdır.

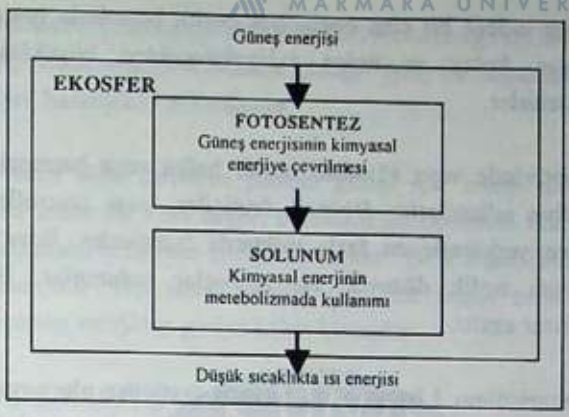
Ekosferde enerji akışının/dönüşümünün her aşamasında besinlerden elde edilen kimyasal/ısı enerjisinin bir kısmı iş yapamayacak, sistem tarafından kullanılmayacak hale gelir (Termodinamiğin 2. Kanunu). Düşük sıcaklıkta ısı enerjisi olarak ortama yayılır (Şekil 5.14). Diğer bir deyişle, enerjinin ekosistemdeki akışı sırasında iş yapmak için kullanılabilir kısmı giderek azalır.



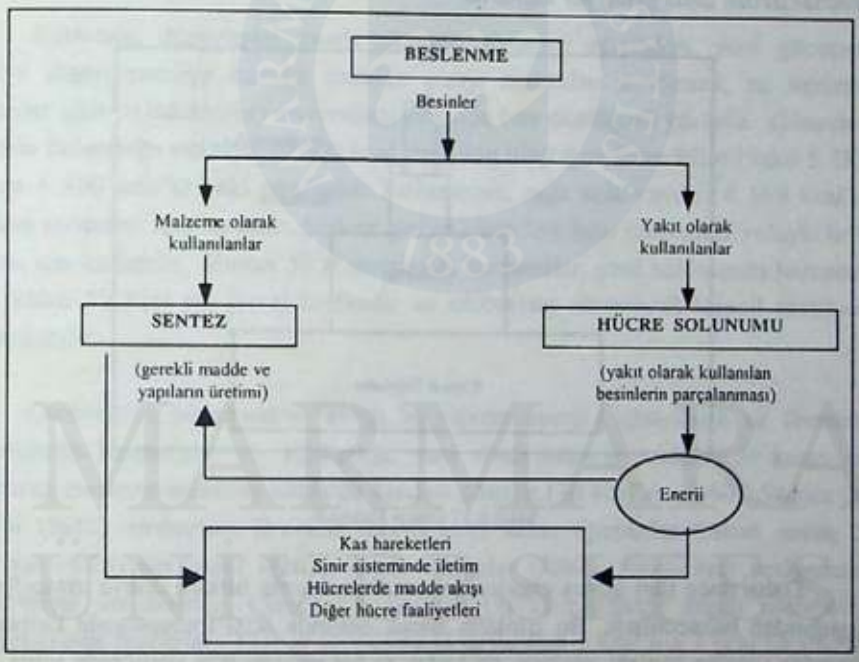

Şekil 5.14 Ekosferde Enerji Akışı (Termodinamiğin 2.Kanunu)

Ekosfere gelen güneş enerjisinin bir kısmı fotosentez yoluyla kimyasal enerji olarak bitki bünyesinde depolanırken bir kısmı ısı olarak ortama yayılır. Bitkilerle beslenen insan ve hayvanlar ise, bitki hücrelerinde depolanmış bu kimyasal enerjinin bir kısmını kendi bünyelerine almış olurlar; diğer kısmı iş göremez bir enerji olarak ortama salınır. İnsan ve hayvanlar beslenme yoluyla aldıkları bu enerjinin bir kısmı ile bünyeleri içindeki yaşam işlemlerini sürdürürler, diğer kısmı da ısı olarak ortama yayılır. Netice olarak güneş enerjisinin ekosferde önce fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye çevrilmesi, daha sonra solunum yoluyla metabolizmada kullanılışı ve sonunda iş yapabilme gücü olmayan ısı enerjisine dönüşümü olmak üzere bir akış izlediği söylenebilir (Şekil 5.15). Tabi ki enerji akışı, beslenme dolayısıyla ortaya çıkan bir akıştır (Şekil 5.16). Bu sebeple beslenme ilişkileri ile enerji akışı birbirinden ayrılamaz bir bütündür.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 5.15 Ekosferde Enerji Akışı




Şekil 5.16 Metabolik Süreçler

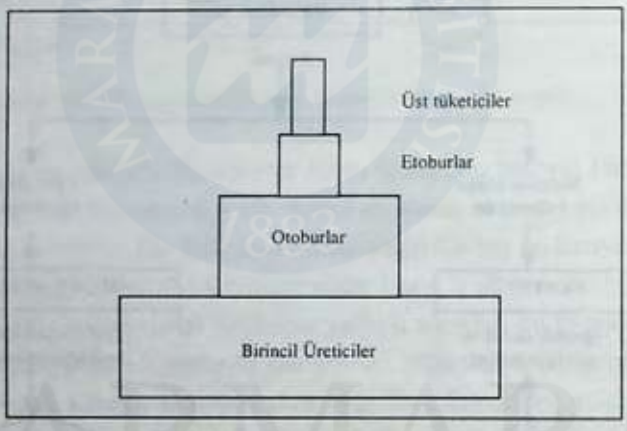
### 5.4.3 Ekolojik Piramitler

Beslenme ilişkileri, bir halkadan ötekine giden düzenli tek bir zincirden oluşmaz. Ototrof bitkilerde başlayıp yırtıcı hayvanlarda son bulan, zaman zaman birleşip karışan birçok zincirin oluşturduğu bir ağ şeklinde kendini gösterir. Çünkü,

hayvanların çoğu sadece bir cins değil, çok çeşitli besinlerle beslenirler. Özellikle etobur hayvanlar, kolay ve bolca avlayabilecekleri büyüklük ve nitelikteki hayvanlarla beslenirler.

Besin zincirinde veya ağındaki herbir halka veya basamak beslenme veya trofik düzey diye adlandırılır. Birincil üreticiler, yani ototroflar, birinci trofik düzeydedirler ve yerkürede en fazla miktarda bulunurlar. İkinci trofik düzeyde otoburlar, üçüncü trofik düzeyde ise etoburlar bulunurlar. Beslenme düzeyi yükseldikçe, miktar azalır.

Enerji piramidinin 1.basamağını birincil üreticiler oluşturur. Tüm canlıların yaşamları bu bitkilere bağlı olduğu , veya bu bitkilerin miktarı çok fazla olduğu için, tüketici sınıfı türemiştir. Bitkiler en geniş basamağı teşkil eder ve tüm basamaklardan daha geniş yer kaplarlar.




Şekil 5.17 Enerji Piramidi

Daha önce tüm güneş enerjisinin ancak milyarda birinin dünya atmosferine ulaştığından bahsetmiştik. Bu ışınların ancak onbinde ikisi fotosentezde kullanılır. Güneşten yayılan toplam ışınların bu kadar az bir miktarı tüm yerkürede yılda 172 milyar ton (kuru ağırlık) bitkiye eşdeğerdir. Bunun 117 milyar tonu karalarda, 55 milyar tonu denizlerde üretilmektedir (net temel üretim).

Enerji piramidinin 2.basamağını otoburlar oluştururlar. Otoburların enerji üretimi birincil üreticilerden azdır. Otoburlar bitkilerden aldığı tüm enerjiyi bir sonraki basamağa aktaramazlar. Çünkü doğada - ve hiçbir düzenekte - % 100 verimle enerji aktarımı mümkün değildir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Enerji piramidinin 3.basamağında etoburlar, 4.basamağında ise üst tüketiciler vardır (Şekil 5.17). Beslenme piramidinde olduğu gibi, bu basamaklara beslenme düzeyi de denir; aynı basamakların karşıtıdır.

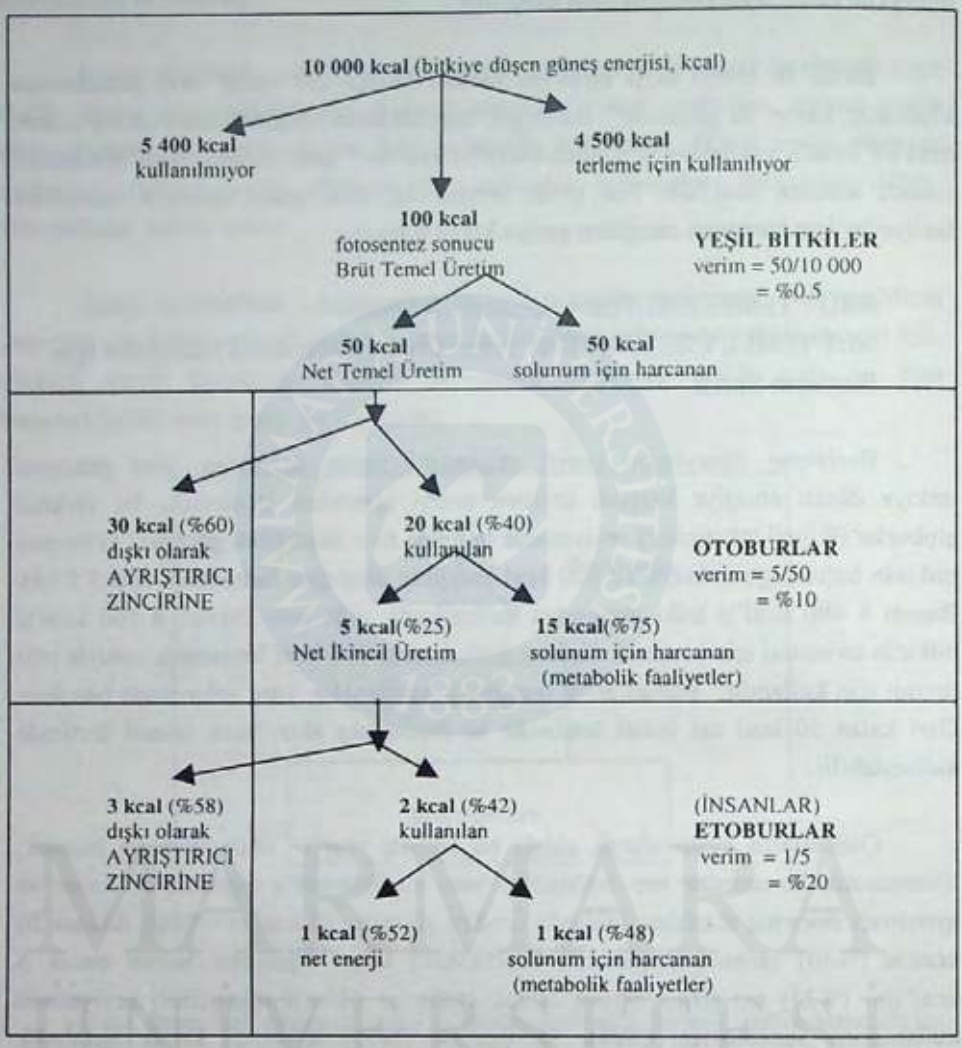
Besin ve enerji akışı birbirine paralel gittiği için enerji akış şemalarında biyokütle, kalori ile gösterilir. Bu değer, biyokütlenin tamamen kurutulmuş olarak özel bir fırında yakılmasıyla salınan enerji miktarıdır. Brüt temel üretim, fotosentez sonucu üretilen enerjidir. Net temel üretim ise, brüt temel üretimin metabolik faaliyetler için harcanan enerjiden geriye kalan kısmıdır:

BRÜT TEMEL ÜRETİM = Fotosentetik Üretim
NET TEMEL ÜRETİM = Brüt Temel Üretim – Metabolik Faaliyetler İçin Harcanan Enerji

Beslenme düzeylerini enerji akışındaki verim açısından, yani güneşten bitkiye düşen enerjiye karşılık üretilen enerji açısından incelersek, bu verimin etoburlar (ikincil tüketiciler) seviyesinde onbinde bire düştüğünü görürüz. Güneşten bitkinin bulunduğu noktaya 10 000 kcal enerjinin ulaştığını farzedelim (Şekil 5.18). Bunun 5 400 kcal'si bitki tarafından kullanılmaz, sağa sola yayılır; 4 500 kcal'si bitkinin terlemesi için harcanır. Sadece geriye kalan 100 kcal fotosentez yoluyla brüt üretim için kullanılır. Bunun 50'si metabolik harcamalar, yani solunumda harcanır. Geri kalan 50 kcal net temel üretimdir ve otoburlara aktarılarak ikincil üretimde kullanılabilir.

Otoburların besin olarak aldığı bu toplam enerji i)büyümek ve üremek; ii)metabolik harcamalar ve, iii)dışkıda, yani sindirilmemiş maddelerde kalan ve ayrıştırıcı zincirine aktarılan atıklarda kendini gösterir (30 kcal'si - %60). Sadece 20 kcal'si (%40) otoburlara (birincil tüketicilere) kalır. Otoburlar bunun ancak 5 kcal'sini (%25) net temel üretim olarak etoburlar (ikincil tüketiciler) seviyesinin kullanımına sunabilirler. Çünkü 15 kcal'lik (%75) miktarını kendi metabolik faaliyetlerinde harcarlar. Etobur seviyesine aktarılabilen 5 kcal'nin 3 kcal'lik (%58) kısmı etobur hayvanların sindiremediği ve dışkı olarak dışarıya verdiği atıklarla ayrıştırıcı zincirine dahil olur. 2 kcal'lik bir enerji deposunun yaklaşık yarısı etoburun metabolik işlemleri için kullanılır. Geriye kalan 1 kcal etoburun net üretimi sayılır. Bu değer, güneşten gelen enerjiye göre onbinde bir oranındadır. Enerji verimliliğini çıkan enerji bölü giren enerji olarak düşünürsek, bu zincirdeki enerji aktarımının verimi şöyledir: güneş enerjisinin bitkiler vasıtasıyla net temel üretime dönüştürülmesi %0.5 verimle gerçekleştirilmektedir. Otoburlar seviyesinde net üretim %10 ile; etoburlar seviyesinde ise net üretim %20 verimle gerçekleşmektedir.

Özetle, besin zinciri ne kadar uzarsa veya enerji piramidinde basamak ne kadar yükselirse, güneşten alınan enerjiye göre verim o derece düşük olmaktadır.




Şekil 5.18 Ekosistemlerde Enerji Akışının Verimi

## 5.5 Biyomlar

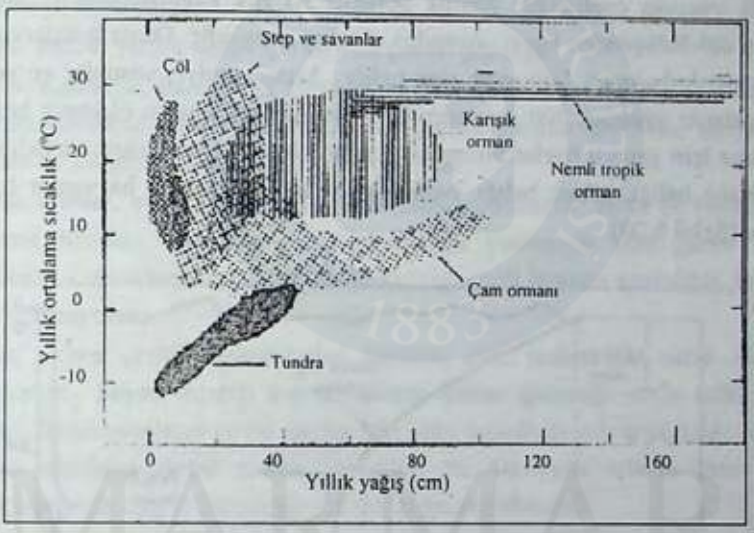
Kara ekosistemlerindeki en büyük tür topluluğunu içine alan bölgeye biyom denir. Biyomlar benzer bitki ve hayvan topluluklarını taşıyan çok büyük coğrafi bölgelerdir. Biyomlar, tür toplulukları birliği olarak da tanımlanabilir. Biyosfer, benzer özelliklerine göre biyomlara ayrılmıştır. Biyomları konu alan bilim dalı

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

biyocoğrafyadır. Deniz ve tatlı su ekosistemlerinde, kara ekosistemlerindeki gibi coğrafi sınırlarla belirlenebilecek biyomlar yoktur. Ancak, tatlı ve tuzlu su ekosistemleri olmak üzere bir ayırım yapmak mümkündür.

### 5.5.1 Kara Ekosistemlerinde Biyomlar

Biyom sınıflandırmaları genel olarak ortamdaki cansız etmenlere göre yapılmaktadır. Bölgenin yerküre üzerindeki konumu, ısı, yağış ve nem biyomların belirlenmesinde gözönünde tutulan parametrelerdir. Bu parametreler birbirleriyle de ilişkili olduğundan, yerküre yalnızca sıcaklık ve yağış özelliklerine göre biyomlara bölünebilir (Şekil 5.19). Bu şekilde altı biyom tanımlanabilir.



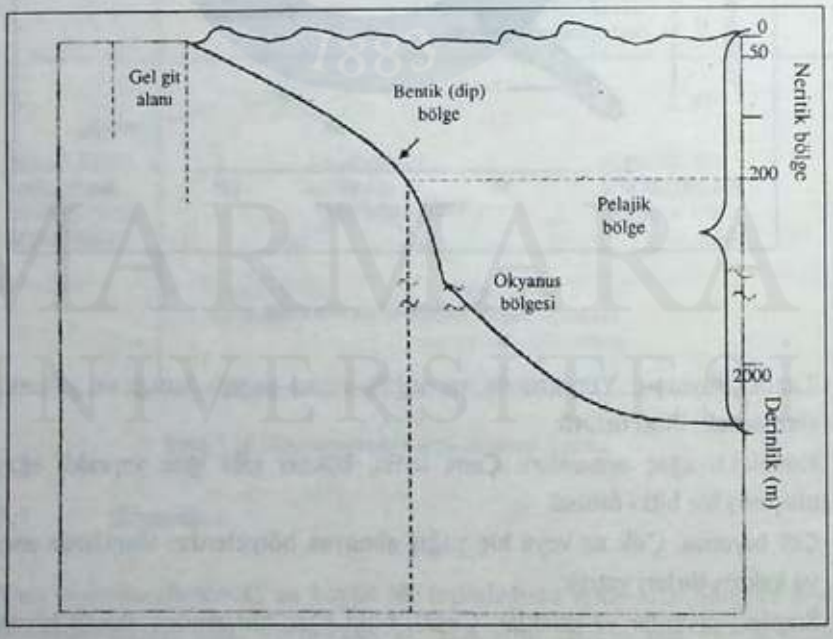

Şekil 5.19 Başlıca Biyomlar

- Tundra biyomu: Yeryüzünün en soğuk ve az yağışlı kutup ve yüksek dağlık alanlardaki bitki örtüsü.
- Kozalaklı ağaç ormanları: Çam, ladin, köknar gibi iğne yapraklı ağaçlardan oluşmuş bir bitki örtüsü.
- Çöl biyomu: Çok az veya hiç yağış almayan bölgelerdir. Buralarda ancak çalı ve kaktüs türleri yetişir.
- Stepler, savanlar ve otlaklar: Çeşitli bitki ağaç türlerinden oluşan biyomlardır. Ilıman ve fazla yağış almayan tropik bölgelerdeki bitki örtüsüdür.

- Yapraklarını döken orman biyomu: Kurak tropik bölgelerde bulunan maun palmiye gibi ağaçlar ve ılıman bölgelerdeki kayın, meşe, kestane gibi geniş yapraklı ağaçlardan oluşur.
- Tropik yağmur ormanları: İçinde pek çok türü barındıran bu biyomlar, Ekvator'un 20 Kuzey ve 20 Güney paralelleri arasında kalan bölgede yer alırlar.

### 5.5.2 Deniz ve Tatlı Su Ekosistemlerinde Ayırım

Deniz ve okyanuslar temel olarak bentik bölge ve pelajik bölge olarak ikiye ayrılır. Pelajik bölge ise neritik bölge ve okyanus bölgesi olarak kendi içinde iki kısımda incelenir. Bentik bölge deniz tabanıdır. Bentik habitat deniz tabanının üzerinde yaşayan canlılardır. Neritik bölgeler iyi ışık aldıklarından ve akar sular buralara döküldüğünden besin yönünden oldukça zengindir. Deniz ürünlerinin yarısı bu bölgelerde bulunur. Uskumru, som balığı , hamsi, midye, yosunlar ve yengeçler bu bölgelerde yaşarlar. 300 metreden daha derinlerde bulunan okyanus bölgesinde fotosentez için gerekli ögeler bulunmadığından alt seviyelerde canlı türlerinin sayısı azdır. Kılıç balığı, köpek balığı, balina, ve yunus gibi büyük hayvanlar buralarda yaşarlar (Şekil 5.20).




Şekil 5.20 Deniz Ekosistemlerinde Başlıca Yaşam Bölgeleri

Tatlı su ekosistemleri, sulak alanlar ve haliç veya nehir ağzı olmak üzere iki kategoriye ayrılır.

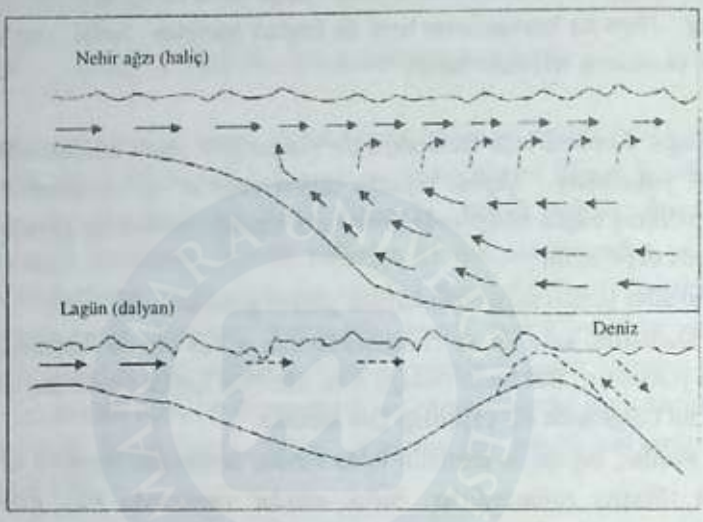
SULAK ALANLAR: Sazlık ve bataklık alanlarda yaşayan canlılar özel tür topluluklarıdır: Manyas Kuş Cenneti gibi. Nehir, göl ve lagünlerin sığ bölgeleri, alçak deniz kıyıları ve deltalar sulak alanlar olarak kendilerine özel tür topluluklarını barındırırlar. Hem su hayvanlarını hem de kuşları içerirler. Sulak alanların önemli ekolojik ve ekonomik işlevleri vardır:

- Aşırı yağış durumlarında fazla suyu bir sünger gibi çekip tutarak sellerin zararlı etkisini yokederler. Çıplak toprağa düşen yağmur ve sel suları bitki örtüsü tahrip edilmiş başka bölgelerde erozyonla toprağı sürükleyip götürürken, sulak alanlarda depo edilir.
- Sulak alanlar yeraltı suları için kaynak görevi görürler.
- Sulak alanlarda, kara ile su ekosistemlerinin iç içe olması nedeniyle biyolojik üretim yüksektir. Bol besin olduğu için, özellikle kuşlar tarafından sıkça ziyaret edilen bu bölgelerde tür çeşitliliği çok fazladır.
- Sulak alanlar, biyolojik üretimin fazla olması nedeniyle nitrat ve fosfatlar için önemli tüketici rolündedirler. Sulak alanlar vasıtasıyla suni gübre ve atık sulardan kaynaklanan nitrat ve fosfat kirliliği ciddi boyutta azaltılmış, bazen de yokedilmiş olur.
- Akar sulara çeşitli kaynaklardan katılmış olan sedimanlar sulak alanlarda birikirler. Suyun taşıdığı toprak, akarak denize gideceği yerde sulak alanda kalır. Sulak alanların ve bu alanlardaki bitki örtüsünün tahrip edildiği yerlerde, sulak alanların doğal olarak yaptıkları bu koruyucu işlevin insan eliyle yapılması için büyük ekonomik yatırımlar gerekmektedir.

HALİÇ VEYA NEHİR AĞZI TÜR TOPLULUKLARI: Nehirlerin deniz suyuna karıştığı yerler genellikle biyolojik açıdan çok zengindir. Tüm dünya denizlerindeki balık üretiminin %90'nı kıyılardaki sulardan, nehir ağzı ve lagünlerden kaynaklandığı bilinmektedir (Şekil 5.21).

Nehir ağızlarındaki yüksek biyolojik üretimin nedeni, nehirlerin taşıdığı besleyici tuzların bitkilerin üretimini hızlandırmasıdır. Diğer bir neden ise tatlı ve tuzlu suların karışım dinamiği ile ilgilidir. Tatlı su hafif olduğu için üstte kalır. Ancak, açık denize doğru yayılan tatlı su, giderek tuzlu suyla karışır ve yüzeye yakın bir miktar tuzlu suyu da beraberinde sürükler. Kıyıdan uzaklaşan tuzlu suyun yerini dipten kaynayan su alır. Yüzeye yayılan sular, sürekli olarak dipten gelen

sularla yenilenmiş olur. Yüzeydeki akıntının ters yönünde, fakat daha zayıf bir dip akıntısı oluşur. Bu dip akıntısı, nitrat ve fosfat gibi besleyici tuz miktarı yüksek dip sularının ışıklı bölgeye çıkmasını sağlar. Dolayısıyla, nehirlerin taşıdığı besleyici tuzlara ek olarak, derin deniz kökenli besleyici tuzların da fotosentez yapılan bölgeye çıkmasıyla birincil üretim çok artar.



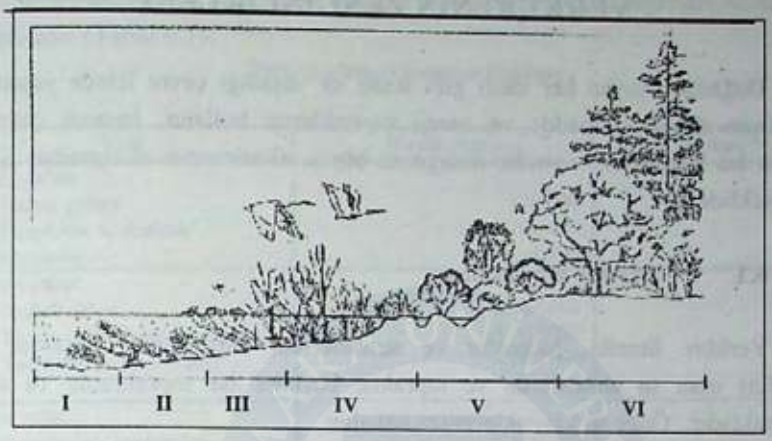

Şekil 5.21 Nehir Ağzı ve Lagünlerde Akıntı Özellikleri

## 5.6 Ekolojik Ardıllık (Sıralı Değişim)

Herhangi bir nedenle bir yaşam alanı boş kalınca, burayı ilk işgal eden canlı türler, öncü türler diye adlandırılırlar. Bunlar genellikle hızlı üreyebilen ve büyüyebilen bitki türleridir. Erozyon sonunda ortaya çıkan çıplak kayalar üzerinde büyüyen liken ve yosunlar bu öncü türleri temsil ederler. Yeni oluşmaya başlayan ekosistemin birincil ardıllık seviyesinde veya genç bir ekosistem olduğu söylenir. Bu öncü türlerden sonra ortama gelen türler (ikincil ardıllık), giderek daha uzun yaşamlı ve daha yüksek boylu bitkilerdir. Bunlar zamanla öncü türlerin yerlerini alırlar. Ekosistem gençlikten olgunluğa doğru ilerlerken, bitki örtüsünü ağaçlar teşkil etmeye başlar ve, bitki ve hayvan bakımından tür çeşitliliği artarak doruk devresine ulaşır.

Ardıllığın doruk noktasına veya olgunluk evresine ulaşmış ekosistemler, kendi kendine yeterli hale gelmişlerdir. Mineraller ve enerji açısından kapalı sistem

halinde yaşamlarını sürdürebilirler. Bunlara, kararlı ekosistemler de denebilir (Şekil 5.22).




Şekil 5.22 Sıralı Değişim

# 6. BÖLÜM

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# YERKÜRENİN ZENGİNLİKLERİ

Doğada yaşayan her canlı gibi insan da yaşadığı çevre içinde yaşamı için gereksinim duyduğu madde ve enerji kaynaklarını kullanır. İnsanın çevresinde bulunan bu kaynaklar, biyosfer dediğimiz büyük ekosistemin aksamadan işlemesi için gereklidir.

## 6.1 Madde Kaynakları

Yerküre litosfer, hidrosfer ve atmosferden oluşmuştur. Yaşamın temel maddeleri olan su atmosferde ve toprakta, besinler ise topraklarda ve sularda bulunmaktadır. Önce su kaynaklarımıza bakalım.

### 6.1.1 Su Kaynakları

Temiz, tatlı su yaşam için elzem olan bir doğal kaynaktır. yeryüzünde bol miktarda su vardır. Ancak bu suyun çok büyük bir kısmı bugünün şartlarına göre kullanılabilir özellikte değildir. Ayrıca kullanılabilir kısmı da ihtiyacı olan her insana ulaşamamaktadır.

Su, hidrojen bağlarıyla birbirine bağlanmış polar moleküllerden oluşmuştur. Bunun neticesi olarak hayat için elzem olan bazı özellikleri vardır: molekülleri birbirine tutunduğu için su toprakta aşağıdan yukarı doğru ilerler; polar olan maddeleri çözer fakat yağ gibi polar olmayan maddeleri çözmez; buharlaştığı durumda çevresi için bir soğutucu görevi görür ve donduğu zaman genleşir.

Yeryüzündeki suyun büyük bir kısmı insanların kullanmasına elverişli değildir. Yeryüzünde insanlar tarafından kullanılan tatlı su, ya atmosferden, ya yerden veya göl ve nehirlerden gelir. Çok sayıda insan, içmek ve yemek pişirmek için bir günde gereken 5 litre temiz suyu bulamamaktadır.

Yeryüzündeki suyun yaklaşık %97'si okyanuslardaki tuzlu sudur. Tatlı olan %3'nün üçte ikisi buzullarda, geri kalanın büyük bir kısmı da yeraltında bulunur. Tatlı suyun 10 000'de 1'i, kolaylıkla erişilebilecek şekilde atmosferde, nehirlerde ve göllerde bulunur ve, bu miktar insanların ihtiyacından fazladır. Su temininde

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

sorun suyun dağılımıdır. Bir kısım insanlar susuzluk çekerken diğerleri seller altında kalmaktadır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1 Dünya Sularının Dağılımı

| Yeri | Hacmi ($km^3$) | Yüzdesi(%) |
|---|---|---|
| Yüzey suları: | | |
| • Tatlısu gölleri | 120 000 | 0.009 |
| • Tuzgölleri, iç denizler | 100 000 | 0.008 |
| • Akarsular | 1 200 | 0.0001 |
| Yeraltı suları: | | |
| • Toprak suları | 65 000 | 0.005 |
| • Yeraltı suları (800 m'ye kadar) | 4 000 000 | 0.3 |
| • Yeraltı suları (dip suları) | 4 000 000 | 0.3 |
| Diğer sular: | | |
| • Buz dağları, aysbergler | 29 000 000 | 2.1 |
| • Atmosfer | 13 000 | 0.001 |
| • Okyanuslar | 1 315 000 000 | 97.3 |
| Toplam | 1 350 000 000 | 100.0 |

İnsanların kullandığı sular, yeryüzü ve yeraltı suları olmak üzere iki çeşittir. Karalara yağmur ve kar olarak düşen tüm suların üçte biri toprağın üzerinden akarsulara ve göllere akarak yüzey sularını oluşturur. Öbür üçte biri buharlaşır veya bitkiler tarafından absorbe edilir. Geri kalan da taşın toprağın arasından süzülerek yeraltı sularını oluşturur (Tablo 6.2).

Tablo 6.2 Yeryüzü Sularının Denkliği

| | Okyanuslar | Kıtalar | Tüm Dünya |
|---|---|---|---|
| Yoğunlaşma ($km^3$/yıl) | 324 000 | 99 000 | 423 000 |
| Buharlaşma ($km^3$/yıl) | 361 000 | 62 000 | 423 000 |
| Akışla kazanılan ($km^3$/yıl) | +37 000 | -37 000 | 00 |
| Yoğunlaşma (cm/yıl) | 90 | 67 | 83 |
| Buharlaşma (cm/yıl) | 100 | 42 | 83 |
| Akışla kazanılan (cm/yıl) | +10 | -25 | 00 |

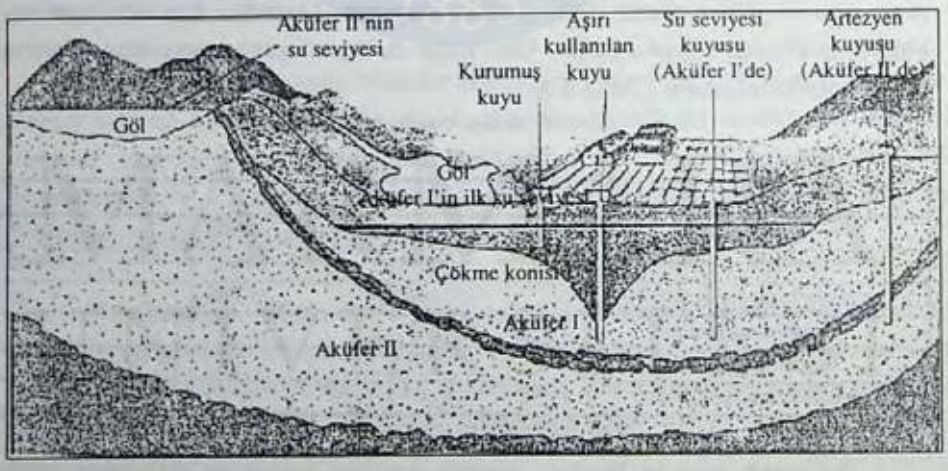
Su yatağı veya su havzası, yeryüzü sularının toplandığı oluşumlara verilen genel bir addır. Su yataklarındaki suyun hacmi yağış miktarına, bölgedeki bitki örtüsüne ve bu yataktan ne kadar su çekildiğine bağlıdır.

İnsanların kullanımı için yeter miktarda su içeren yeraltı oluşumlarına aküfer denir. Aküferler genellikle kum ve çakıldan müteşekkil, içinde bol hava tutabilen

oluşumlardır. Bazen aküferlerde hiç çakıl ve kaya olmadan sadece sulara rastlanmaktadır. Örneğin kireçtaşı, aküferdeki suların içinde çözünerek sadece su bulunan geniş alanlar meydana getirebilir.

Aküferler, sürekli olarak toprak yüzeyinden aşağı doğru sızan suları alırlar. Suyun aşağı doğru sızdığı tabakaların ilk bölgelerinde, sadece su ve hava bulunur. Böyle alanlara havalandırma sahası denir. Daha aşağıya ilerledikçe, taşlar ve kayalardaki boşlukların tamamıyla suyla dolduğu bir bölge vardır ki buna da doymuş bölge denir. Doymuş bölgenin üst yüzeyine su seviyesi denir. Bu bölgeden yüzeye doğru kaynaklar vasıtasıyla akarsulara, göllere ve denizlere doğru yavaş yavaş su kaybedilir.

Aküferin dibindeki su basınç altındadır ve dolayısıyla basıncın düşük olduğu bir çıkış noktasına doğru kendiliğinden akar. Aküferdeki suyun, su seviyesinin en yüksek noktasından daha yüksek bir seviyeye akabilmesi için pompalanması gerekir. Topraktan fışkıran su kaynakları (menbaalar), yeraltı sularının yüzeye doğal akışıyla meydana gelirler. Aküferin farklı noktalarında değişen su seviyesi, aküferin alt kısımlarında hidrolik basınç oluşturur. Bu durum, yakınlardaki su seviyesinden daha yükseğe fışkıran, artezyen kuyusu diye bilinen bir kaynak oluşturabilir (Şekil 6.1).




Şekil 6.1 Aküferlerde Artezyen Kaynakların Oluşumu

Dünyanın çoğu yerinde, yeterince derin açılan bir kuyuyla bir aküfere ulaşmak mümkündür. Ancak derin kuyu açmanın maliyeti yüksektir ve güçlü pompalara ihtiyaç vardır. Maliyeti düşürmek için aküferin yapısını bilmek gerekir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Çoğu aküferlerde su, günde 1 veya 2 metre yürür. Bu yüzden kuyuların, kullanılan suyun en kısa zamanda yanlardan süzülen suyla telafi edilmesini sağlayacak bir geçirgen tabakaya kadar inmesi gerekmektedir. Oldukça geçirgen tabaka içinde dahi aşırı kullanımdan dolayı kuyunun çevresindeki su seviyesinde koni şeklinde bir çöküntü olur. Bu çöküntünün, kuyunun su giriş seviyesine kadar inmesiyle kuyu kurumuş olur.

Su kullanımı, nüfus artışından daha hızlı artmış ve su bölgesel olarak su kıtlığı yaşanmaya başlanmıştır. Güney kürede ciddi boyutlarda su kıtlığı baş göstermiş durumdadır.

Çoğu bölgelerde su tasarrufu, su kıtlığına karşı en etkili çözümdür. Daha bilinçli arazi sulaması, sanayide suyun yeniden kullanımı ve evlerde daha az su kullanımı kolaylıkla uygulanabilecek yöntemlerdir. Su tasarrufunu teşvik etmek için yasal ve ekonomik düzenlemeler getirilebilir ve suyun buharlaşma yoluyla atmosfere geçmesi mümkün olduğunca azaltılabilir. İnsanların kullanabileceği suyu bollaştırma yolunda yapılan çalışmalar çerçevesinde buzullarla, deniz suyuyla ve bulut tohumlama ile yapılan deneyler, bu yöntemlerin henüz çok pahalı ve yeterince etkili olmadıklarını göstermektedir.

### 6.1.2 Toprak

#### 6.1.2.1 Toprağın Oluşumu ve Özellikleri

Biyosfer üç ayrı sistemden meydana gelmiştir. Bunlar, hidrosfer, atmosfer ve litosferdir. Litosferin kabuksu katmanı, insanların yaşadığı toprak tabakasıdır.

Toprak, litosferdeki çeşitli mineral ve organik maddelerin havanın etkisiyle ufalanarak muhtelif oranda birbirleriyle karışmasından oluşan, köklü bitkiler için bir mekan ve besin kaynağı olan, bünyesindeki mikroorganizmalarla birlikte canlı bir ortam olarak ele alınabilen bir varlıktır. Verimli toprakların oluşması binlerce yıla yayılabilen bir süreçtir. Bir noktadaki toprak birikimi iki yoldan oluşabilir: ya başka bir noktada, aşağıda anlatıldığı gibi binlerce yıllık bir sürecin sonunda oluşan toprak sürüklenerek başka bir noktada yerleşip birikebilir, veya oluştuğu noktada kalıp orada birikebilir. Birinci şekilde toprak birikimi tortul toprak, ikinci şekil birikimi de birincil toprak olarak adlandırılır.

Birincil toprak, yöredeki kayaların ve organizmaların, iklimin, geçen sürenin ve mikroorganizmaların biyolojik faaliyetlerinin etkisiyle oluşmuş canlı-cansız

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

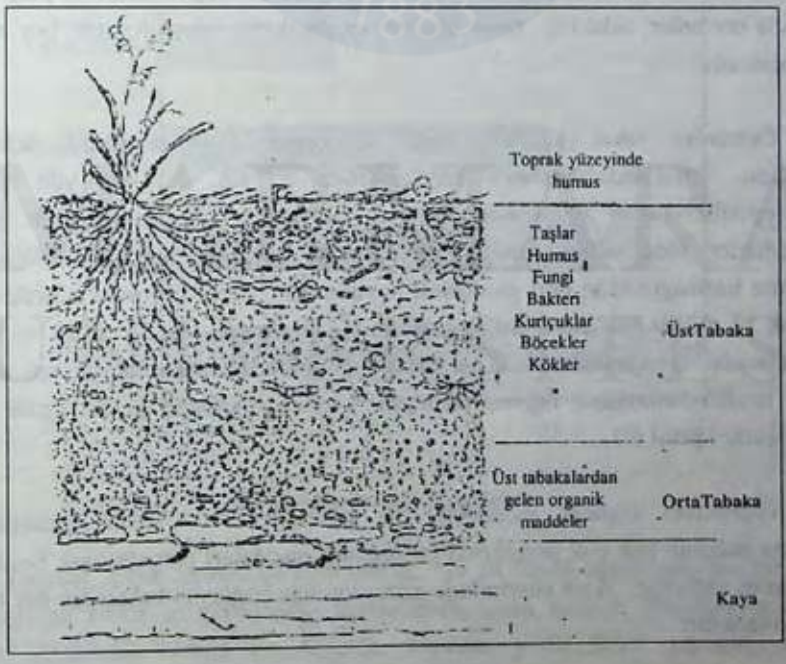
varlıkların karışımıdır. Toprak oluşumunda, süreçte rol alan organizmaları belirlemesi bakımından en önemli faktör iklimdir. Diğer bir deyişle, belli bir bölgede oluşan toprağın özelliğinin tayininde son söz iklimindir. Aynı cins kayalardan, farklı iklim koşulları altında değişik türde topraklar oluşmaktadır. Toprağın oluşmasında rol alan organizmalar, yağmur suyunda çözünmüş minerallerle beslenip yaşayabilen liken gibi en ilkel canlılardır. Likenler, kayalar üzerinde başlayan yaşamın öncüleridir. Salgıladıkları asitler sayesinde tutundukları kayaları yavaş yavaş parçalayarak toprak tanecikleri oluştururlar.

Kayaların zamanla aşınıp ufalanmasına sebep olan bir başka durum da yağmur birikintileridir. Kayalarda oluşmuş ufak bir çatlakta toplanan su, donup çözülünce hacim değişikliğine uğradığı için, içinde bulunduğu çatlağın büyümesine ve etrafının parçalanarak ufalanmasına neden olur. Diğer taraftan ölmüş liken ve bakteri gibi organizmalarla havadaki toz taneciklerinin kayalarda oluşmuş bu çatlakların içine toplanmasıyla toprak birikimi başlamış olur. Yosun ve eğrelti otu gibi bitkiler, böyle oluşmuş ince ve zayıf toprak tabakası üzerinde bile kök tutturabilirler. Bu şekilde büyüyen yosun ve eğrelti otlarının ölüp parçalanmasıyla da toprak biraz daha zenginleşir. Birincil toprak oluşumuna her gün geçtiğimiz cadde ve sokaklarda da rastlayabiliriz. Kaldırımlardaki çatlaklarda yosun, liken ve yabani otlar; evlerin damlarında mantar ve yosunlar; sokak köşelerinde birikmiş toprak ve çöp atıklarının üzerinde değişik bitkileri sık sık görmekteyiz.

Bitkilerin sağlıklı yaşadıkları ve hızla büyüdükleri topraklara verimli topraklar denir. Verimli topraklar, taş parçacıkları, humus, canlı organizmalar, su ve havadan oluşmuştur. Organik madde toprakta yaşamakta olan veya yaşayıp ölmüş olan canlılardır. Yaşayan canlılar toprağa boşalttıkları dışkı ve üre ile; bitkiler de kökleri vasıtasıyla toprağı fiziksel olarak gevşeterek ve köklerinin sürekli yenilenmesiyle verimli toprakların oluşumuna katkıda bulunurlar. Mantar, bakteri, solucan, böcek gibi basit canlılar genellikle bitki kökleri gibi diğer canlılara veya onların kalıntılarına tutunarak yaşarlar ve toprakta barınırlar. Topraktaki tüm bu canlılar ölünce bakterilerin etkisiyle kuruyup ufalanarak toprağın bir bileşeni haline gelirler. Bitkilerin selüloz ve ligninden ve hayvanların sert kısımlarından humus, ölü organizmaların yumuşak dokularından da toprak taneciklerinin etrafını sarıp topacıklar oluşturan yapışkan bir sıvı meydana gelir. Bu sıvı ayni zamanda nitrat, fosfat ve amonyak tuzlarını içerir. Bu tuzlar toprak suyunda çözünerek bitkilere besin kaynağı oluşturur. Humus toprağın en üst tabakasında bulunan en kıymetli bileşendir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Verimli topraklarda fazla miktarda humus bulunur. Humus, toprak suyunu tutar ve bitki köklerinin rahatça uzayıp büyümelerine imkan verecek şekilde toprağın gevşek kalmasını sağlar. Humus tabakası sayesinde toprak, güneş ısısına karşı yalıtılmış ve buharlaşma yoluyla kurumaktan önlenmiş olur. Çoğu bitkilerin kökleri, toprağın gevşek olan bu tabakasında büyürler. Sadece güçlü köklerin delebildiği, taş parçacıklarının yoğunlaşmış olduğu alt tabaka, yumuşak üst tabakanın hemen altında yer alır. Bu tabakada, üst tabakaya göre çok daha az humus, hava ve canlı organizma bulunur. Onun altında yerkürenin ana maddesi olan ve, uzun vadede toprak haline gelebilecek kayalar yer alır. Bitkilerin gereksinimi olan mineral besinler, toprağın içindeki taş parçacıklarından gelir. Toprakların sınıflandırılması, toprağın içinde bulunan taş taneciklerinin büyüklüğüne göre yapılır. Çok ince taneciklerin bulunduğu topraklara killi toprak; daha büyük taneciklerin bulunduğu topraklara da kumlu toprak denir. Bitkilerin büyümesi için en ehven toprak, bu iki cinsin karışımından oluşur. İnce tanecikli killi kısımda su tutulur; kalın tanecikler sayesinde de, su ve hava toprağın içinde dolaşabilirler (Şekil 6.2).




Şekil 6.2 Toprak ve Katmanları

Toprağın bir kesiti alıp incelendiğinde, katı maddeler, toprak tanelerinin arasındaki boşluklar ve bu boşlukları dolduran su ve havadan meydana geldiği görülür. Bu bileşenlerin yüzde olarak dağılımı toprak cinsine göre değişir. Bununla beraber genel olarak toprak yapısının hacim olarak %50 sinin katı madde, %50 sinin ise boşluk olduğu kabul edilir. Boşlukları dolduran hava ve suyun birbirine oranları topraktan toprağa, iklimden iklime ve doğal olarak mevsimden mevsime değişmektedir. Toprağın katı madde kısmı organik ve inorganik olmak üzere iki kısımda incelenebilir. İnorganik maddenin hacim olarak yüzdesi %80 ile %40 arasında değişirken, organik madde yüzdesi %20 ile %10 arasında değişmektedir. Toprak tanelerinin büyüklüğü, kimyasal yapısı, su tutma kabiliyeti ve içerdiği organizmaların etkinlik seviyeleri toprağın niteliğini belirleyen faktörlerdir. Bitkilerin, kökleri vasıtasıyla topraktan suyu emmeleri ancak belirli bir pH aralığında mümkündür. Çoğu bitkiler 6.5 - 7.0 pH arasında sağlıklı bir şekilde büyürler. İnsanoğlu için en yararlı bitkiler, bol suyu olan, bol ışık alan, ne fazla asidik nede bazik olan topraklarda yetişmektedir.

### 6.1.2.2 Toprak Zenginlikleri ve Kullanımı

İnsanların kullandığı ve dünya ekonomisinin dayandığı kaynakların büyük bir kısmı litosferde bulunmaktadır. Yeryüzünün yaklaşık üçte birini kaplayan bu tabakada ormanlar, otlaklar, tarım alanları ve, bozkırlar ve çöller gibi boş alanlar yer almaktadır.

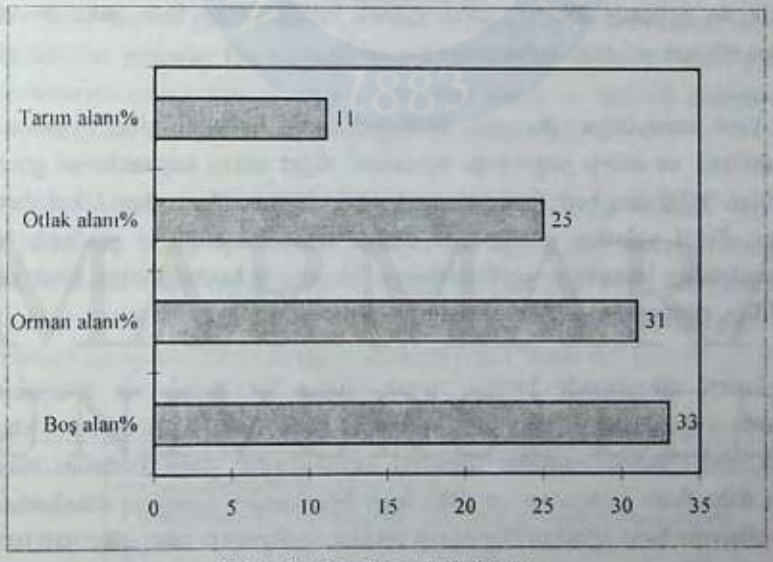
Ormanlar yakıt, kereste, kağıt ve çeşitli sosyo-ekonomik ürünlerin kaynağıdır. Otlaklarda beslenen hayvanlardan et, süt, deri ve yün üretimi gerçekleştirilir. Tarım alanlarında insan ve hayvanlar için besin üretilir, çeşitli hammaddeler elde edilir. Dünya topraklarının yönetimi ve kullanımı, insan varlığının başlangıcından beri en önemli konudur. Yeryüzünde toprakla örtülü alan yaklaşık 13 milyar hektardır. Bu toprakların %31'i orman, %25'i otlak ve %11'i tarım alanıdır. Geriye kalan %33 ise biyolojik faaliyetleri destekleyen boş alanlar olarak sınıflandırılmasına rağmen kentlerin kapladığı alanlar da bu sınıfa dahil edilmektedir (Şekil 6.3).

Topraktaki organik maddeler, bir besin rezervi olarak düşünülebilir. Toprakta bulunan pek çok organizma bu organik maddeleri parçalayarak besinlerin salınmasını sağlarlar. Azot çevriminde azotu toprağa bağlayan bakteriler işte bu tip organizmalardır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Toprağın işlenme şekli onun fiziki yapısını etkiler. Toprağın sürülmesi, ekim yapılmadan önce toprağı ters-yüz etmek demektir. Toprağın sürülmesinde, toprağı gevşetmek ve besinleri karıştırmak ve, yabani otları ayıklamak olmak üzere iki amaç vardır.

Ekim yapılmadan önce, toprak kimyasal olarak ekilecek tohum/fidan için hazırlanır. Gübre, toprağa ekilmiş olan bitkilere gereken besini takviye eden maddedir. Genellikle hayvan dışkısı ve saman karışımından oluşan hayvansal gübreler, organik gübre sınıfındadır. Organik gübreler, toprağın besinini takviye etmekle birlikte, toprağın fiziki yapısını bitki köklerinin daha büyüyeceği bir hale getirirler. Ancak, organik gübrenin yeterli olmadığı durumlar vardır. Bu sebepten gübrelerin sentetik olarak üretilmesi yaygınlaşmıştır. Bitkilerin önemli miktarlarda gereksinim duyduğu elementler azot, fosfor ve potasyumdur. Sentetik olarak üretilmiş olan bu gübreler piyasada, bu elementleri ne oranda içerdiklerini belirtecek şekilde satışa sunulmaktadır. Örneğin, üzerinde "5-10-5" yazan bir gübrede ağırlıkça, %5 azot, %10 fosfor ve %5 potasyum bulunur.




Şekil 6.3 Küresel Toprak Kullanımı

Yapılan yoğun tarımın neticesi olarak, her yıl büyük toprak alanları bir daha ekilemeyecek kadar verimliliklerini kaybederler. Buna karşılık dünyanın pek çok yerinde, özellikle Avrupa ve Asya'da, binlerce yıldır tarım yapıldığı halde verimliliğini koruyan topraklar vardır. Bunun sebebi kendi kendine yeterli,

sürdürülebilir tarım tekniklerdir. Sürdürülebilir tarımın, yani kendi kendine yeten tarımın en temel özelliği, yapay sulama yapılmadan toprağın doğal olarak yağan yağmurla sulanmasıdır. Organik tarım sayesinde toprağın fiziki yapısı onarılır ve toprağın tüketilen besinleri yerine konmuş olur. Organik tarım, yukarıda bahsedilen suni gübrelemenin ve ilaçlamanın yer almadığı ziraat şeklidir: doğal hayvan ve bitki gübresi kullanılır.

Tarım ürünleri, her gün büyüyen dünya nüfusunu besleyen temel gıdalardır. Şimdilere kadar yeterli olduğu da söylenebilir. Ancak, dünya nüfusu aynı hızla artmaya devam edecekse, tarımın çok dikkatli bir şekilde geliştirilmesi lazımdır.

### 6.2 Enerji ve Kaynakları

Daha önceki sayfalarda gördüğümüz gibi yaşamın temel ögesi enerjidir. Başlangıçta insanlar, kas gücü kullanarak avladıkları ve topladıkları yiyecekleri çiğ olarak tüketmekteydi. Daha sonra, ormanlardan topladıkları odunu yakarak ısındılar; topladıkları bitkileri ve avladıkları hayvanların etlerini pişirdiler. Bu yenilenebilir kaynağın kullanımı sanayi devrimine kadar sürdü. Bu dönemde dünya toplumları özellikle de gelişmiş ülkeler, daha yüksek enerji veren fosil yakıtları ve daha sonraları nükleer yakıtları kullanmaya başladılar.

Yeni sanayileşen dünyada fosil yakıtlar, bulunabilirlik, nispeten kolay taşınılabilirlik ve enerji yoğunluğu açısından, diğer enerji kaynaklarına göre önem kazandılar. 1900'den beri fosil yakıt tüketimi, dünya nüfusundan 4 kat daha hızlı artmıştır. Fosil yakıtlar, günümüzde dünya enerji tüketiminin yaklaşık %90'ını karşılamaktadır. İnsanlığın yenilenemeyen bir enerji kaynağı olan fosil yakıtlara bağımlılığı, günümüzde küresel sorunların başlıca kaynağıdır.

Enerji tüketiminde endişe yaratan diğer bir durum da tüketimin bazı bölgelerde yoğunlaşması, aşırı tüketim haline gelmesidir. Aşırı tüketim, küçük bir nüfusun, daha büyük nüfusun tükettiği kaynaklardan daha fazlasını tüketmesi, çevreyi daha fazla kirletmesi ve daha hızlı bozmasıdır. Gelişmiş ülkelerdeki fosil yakıt kullanımı buna örnektir. Gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülke halklarının ve içinde yaşadıkları çevrenin geleceğini de belirlemektedir. ABD'de doğan her bebek, yüksek enerji tüketimi dolayısıyla az gelişmiş ülkelerde doğan bir bebeğe göre gezegenimize 20 ile 100 kat arasında daha fazla zarar vermeğe adaydır. ABD'de yaşayan zengin bir insanın gezegenimizde yaptığı tahribat, az gelişmiş ülkelerde yaşayan fakir bir insanın yaptığı tahribatın 1000 katıdır. World Energy Database verilerine göre, 1996 yılında dünya ortalaması olarak kişi başına birincil

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

enerji tüketimi 1.45 tep (1 tep: 1 ton petrole eşdeğer enerji miktarı) iken, OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) ortalaması 4.56 tep (Tablo 6.3 ), Avrupa Birliği ortalaması 3.69 tep düzeyindedir. Yıllık birincil enerji tüketimi (ham enerji kaynağı tüketimi) ABD'de 7.74 tep/kişi, Almanya'da 4.20 tep/kişi, Fransa'da 4.10 tep/kişi, İngiltere'de 3.88 tep/kişi, Japonya'da 4.02 tep/kişi ve Türkiye'de 0.97 tep/kişi'dir. Dünya nüfusunun %20'si enerji kaynaklarından %80 pay almaktadır.

Günümüz toplumlarının yaşamında bu derece önemli bir yer tutan enerjinin önce kelime anlamını, türlerini ve bu türlerin birbirlerine dönüşümlerini anlayalım, sonra enerji kaynaklarının incelenmesine geçelim.

### 6.2.1 Enerji

#### 6.2.1.1 Enerjinin Tanımı ve Türleri

Enerji, iş yapma gücü olarak tanımlanır. Enerji en temel olarak ısı ve iş formunda kendini gösterir. Bu iki temel formdan daha ayrıntılı formlara gidecek olursak potansiyel enerji, kinetik enerji, kimyasal enerji ve elektrik enerjisini de sayabiliriz. Bu enerji formlarının hepsi birbirlerine dönüşebilir.

Metrik sistemde enerji birimi olarak Joule (J) kullanılır. Günlük yaşamda, özellikle besinlerin enerji içeriklerini ifade etmek için Kalori de (cal) kullanılır (1 cal = 4.18 Joule). Daha ziyade elektrik enerjisi için ise güç birimi Watt kullanılır. Watt, 1 saniye içinde 1 Joule'luk enerji akışını ifade eder. Kilo, mega, giga, tera, egza sözcükleri ise bu birimlerin katlarını ifade ederler ( Tablo 6.3 ).

Tablo 6.3 Enerji Birimleri

| | |
|---|---|
| J | 1 Watt gücündeki bir sistemin bir saniyede ürettiği/tükettiği enerji miktarı |
| Tep (toe) | Bir ton petrole eşdeğer enerji miktarı |
| Wh | 1 Watt gücündeki bir sistemin bir saatte ürettiği/tükettiği enerji miktarı |
| Kilo (k) | $X\ 10^3$ |
| Mega(M) | $X\ 10^6$ |
| Giga(G) | $X\ 10^9$ |
| Tera(T) | $X\ 10^{12}$ |
| Peta(P) | $X\ 10^{15}$ |
| Egza(E) | $X\ 10^{18}$ |
| 1 tep | 44.8 GJ = 1 100 $m^3$ Doğal Gaz |

Günlük hayatımızda en fazla kullandığımız enerji formu elektrik enerjisi olduğu için, genellikle tüm enerji formları elektrik enerjisine dönüşebilirliği açısından değerlendirilir. Kömür yakıldığı zaman, kömürü oluşturan moleküllerdeki çeşitli bağların kırılıp yeni bağların oluşmasıyla ortaya çıkan kimyasal enerji fazlası, ısı olarak çevreye salınır. Şayet kömür bir termik santralin kazanında yakılıyorsa, bu ısı sayesinde kazandaki su, çok sıcak ve yüksek basınçlı buhar haline gelir. Bu güçlü buhar, türbinin pervanelerini çevirerek mekanik enerji meydana getirir. Mekanik enerji de, bir jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüşür (Şekil 6.4). Bu işlemlerle, kömürün içindeki kimyasal enerji, sırasıyla ısı, mekanik ve elektrik enerjisine dönüşmüştür. Diğer yandan kömür sobada yakılsaydı, yayılan ısı sadece çevreyi ısıtmaya yarayacaktı. Hidroelektrik santrallerinde ise, baraj sularının bulunduğu yükseklikten dolayı sahip olduğu potansiyel enerjinin önce kinetik enerjiye dönüşümü; kinetik enerjinin türbinleri çevirmesiyle üretilen mekanik enerjinin jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüşümü söz konusudur.

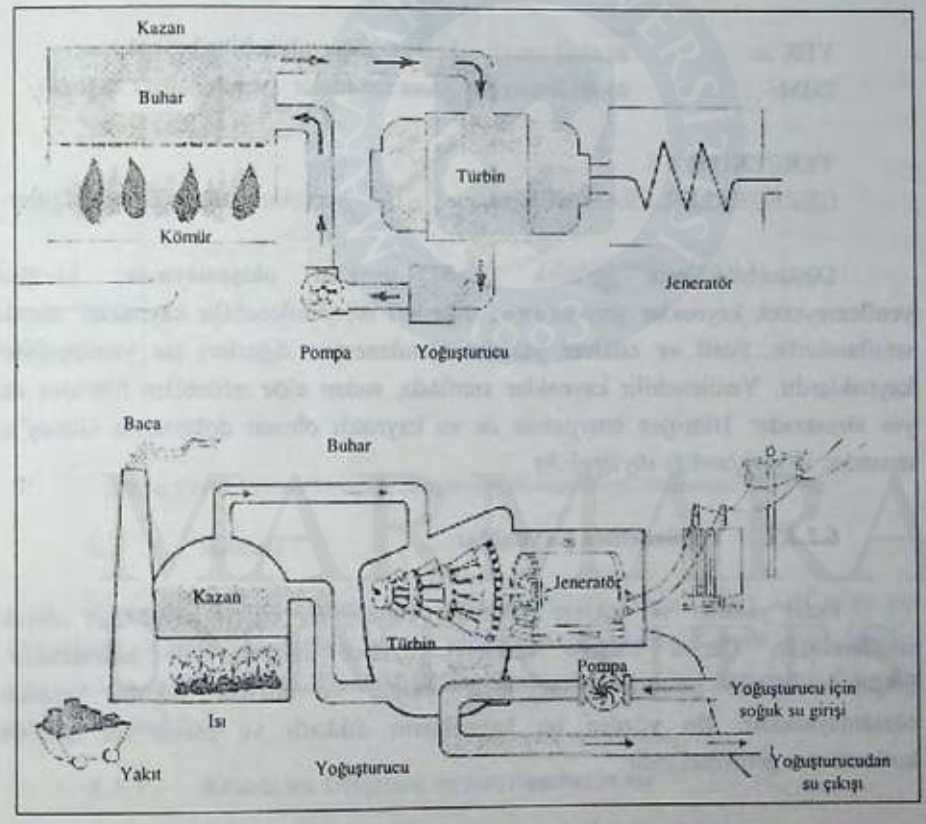
Dünya elektrik üretiminin büyük bir bölümü kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan sağlanmakta, geri kalanı da nükleer ve hidroelektrik santrallerde gerçekleşmektedir. Elektrik üretiminde gerek fosil gerek nükleer kaynaklı ısıl enerji kullanımı, bir verim sorunu sergilemektedir. Tüketiciye ulaşan enerjinin yaklaşık 2.5 katından fazlası üretim ve nakliye aşamasında diğer enerji formları şeklinde harcanmaktadırlar. Bu kayıplar aşağıda açıklandığı gibi büyük oranda ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümündeki verim düşüklüğünden kaynaklanmaktadır.

### 6.2.1.2 Enerji Dinamiği ve Kuralları

Enerji bir halden diğer hale geçişini kendi kuralları çerçevesinde gerçekleştirir. İnsanoğlu bu kuralları tanımlamak ve bu suretle enerjiye ve enerji kaynaklarını daha iyi kullanabilmek için enerjinin veya ısının dinamiği manasına gelen termodinamik adlı bir bilimdalı oluşturmuştur. Bu bilimdalı çerçevesinde, Ekolojiye Giriş bölümünde (II.Kısım: Ekoloji ve Çevre, 5.4.2 Enerji Akışı) belirtildiği gibi, enerji formları arasındaki ilişkiler ve dönüşümler Termodinamiğin 1. ve 2.Kanunu olarak ifade edilmiştir. 1.Kanun, evrenin enerjisinin sabit olduğu; enerjinin yoktan var edilemeyeceği, ve var olan enerjinin yok edilemeyeceği, ancak bir formdan diğer bir forma dönüşebileceği ilkesini ifade eder. 2.Kanun, enerjinin bir formdan diğer forma dönüşümündeki verim ve çevreyle etkileşim ilkelerini ifade eder. Isı işe dönüşebilir. Ancak bu dönüşüm %100 verimle gerçekleşmez. İşe dönüştürülmek istenen ısı enerjisinin bir kısmı iş yapma gücü olmayan ısı olarak çevreye yayılır. Diğer taraftan iş, %100'e yakın verimle ısıya dönüşebilir. Bu özellikler, iş formundaki enerjinin ısı formundaki enerjiye göre daha yüksek nitelikli

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

olduğunu ortaya koymaktadır. 1.Kanuna göre her ne kadar tüm enerji formları aynı nitelikte enerjiymiş gibi işlem görse de, 2.Kanunla bu nitelik farkı belirtilmekte ve dikkate alınmaktadır. Örneğin yukarıda betimlenen termik santralin çalışma sürecinde kömürün sahip olduğu kimyasal enerji, önce ısı enerjisine, sonra mekanik enerjiye ve en sonunda elektrik enerjisi haline gelebilmiştir. Klasik santral tasarımlarıyla kömürdeki 100 birim enerjiden, en fazla 40 birim elektrik enerjisi elde edilebilir. Kaybın en yüksek olduğu dönüşüm, türbinde gerçekleşen ısının mekanik enerjiye yani işe dönüşümüdür (Şekil 6.4). Bu kaybın önüne geçmek mümkün değildir; ısı enerjisiyle iş enerjisi arasındaki nitelik farkından ileri gelmektedir.




Şekil 6.4 Termik Santralin Şematik Gösterimi

### 6.2.2 Enerji Kaynakları

Çeşitli kaynaklardan sağlanan enerji, yeryüzünde yaşayan milyarlarca insanın ihtiyaçlarını karşılar. Birçok ülkede elektrik veya doğalgaz kullanımı toplumun

tercihleri doğrultusunda gerçekleşir ve insanın günlük yaşantısına kalite getirmesi bakımından önemlidir. Enerji, dünya toplumlarına birçok olumlu etkinin yanında sorunlar da getirmektedir. Enerji gereksinimindeki sürekli artışın karşılanabilmesi için mevcut kaynaklar akıllıca kullanılmalı ve yenilenebilir kaynaklardan faydalanma teknolojileri geliştirilmelidir.

İnsanoğlunun yararlanabileceği tüm enerji kaynakları, aşağıda sıralanmış üç temel kaynağın ürünleridir:

| | |
|---|---|
| GÜNEŞ'in ISISI: | a) yenilenemez kaynaklar – fosil yakıtlar<br>b) yenilenebilir kaynaklar – doğal toplama sistemleri<br>-teknolojik dönüşüm sistemleri |
| YER'in ISISI: | a) aktif enerji – jeotermal (yenilenebilir kaynak)<br>b) gizil enerji-nükleer maddeler (yenilenemez kaynak) |
| YERÇEKİMİ VE GEZEGENLER ARASI ÇEKİM: | yerçekimi, dalgalar ve gelgitler |

Düşünebildiğimiz gelecek içinde yeniden oluşamayacak, kendini yenilemeyecek kaynaklar yenilenemez, diğerleri ise yenilenebilir kaynaklar olarak sınıflandırılır. Fosil ve nükleer yakıtlar, yenilenemez diğerleri ise yenilenebilir kaynaklardır. Yenilenebilir kaynaklar sınıfında, sudan elde edilebilen hidrojen de yer almaktadır. Hidrojen enerjisinin de su kaynaklı olması dolayısıyla Güneş'in ısısından kaynaklandığı söylenebilir .

### 6.2.2.1 Yenilenemez Kaynaklar

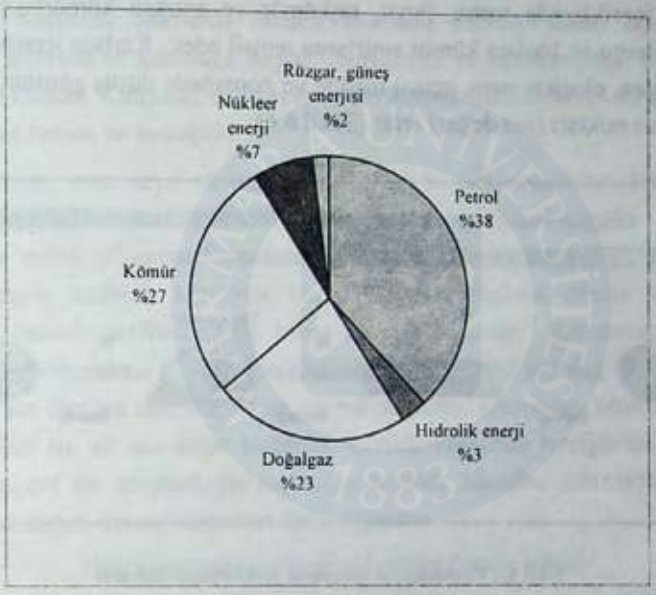
Fosil yakıtlar ve nükleer yakıtlar, yenilenemez enerji kaynakları olarak sınıflandırılır. Çünkü oluşum süreleri yüzlerce milyon yılı bulmaktadır. Düşünebildiğimiz gelecek içinde fosil yakıtlar ve nükleer yakıtlar yeniden oluşamayacaktır. Bu yüzden bu kaynakların dikkatli ve planlı bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

#### A. Fosil yakıtlar

Dünyada en fazla kullanılan fosil yakıtlar petrol, doğalgaz ve kömürdür. 1997 yılında petrol ürünleri dünya enerji ihtiyacının yaklaşık % 38'ini, kömür %27'sini, doğal gaz ise %23'ünü karşılamıştır (Şekil 6.5). Bu yakıtların fosil yakıt olarak

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

adlandırılmasının sebebi, yüzlerce milyon yıl önce yaşamış olan bitki ve hayvanların jeolojik etkilerle kara veya deniz dibi katmanları altında kalarak kimyasal ve fiziksel olarak başkalaşmalarıdır. Sıvı halde bulunan petrolün denizde yaşayan bitki ve hayvanlardan; katı halde bulunan kömürün ise karalardaki bitki örtüsünden oluştuğu bilinmektedir. Doğal gaz, daha ziyade petrol rezervlerinin üstünde bulunan, petrolün gaz halindeki en hafif kısmıdır.




Şekil 6.5 1997 Yılında Dünyada Gerçekleşen Birincil Enerji Tüketiminin Dağılımı

## A.1 Kömür

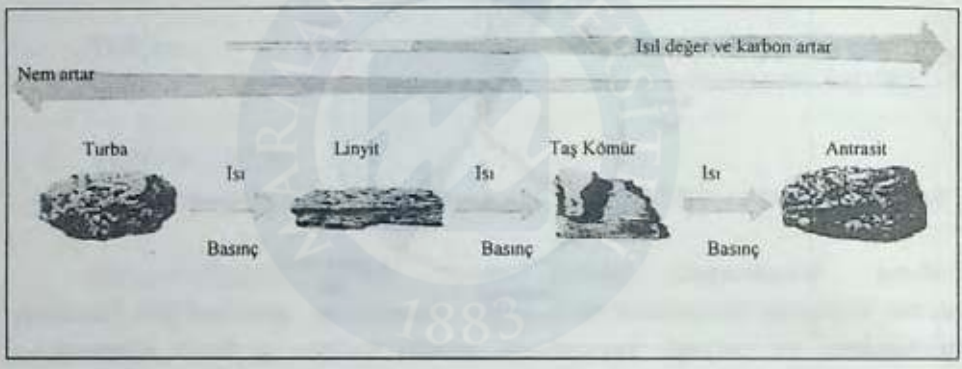
Dünyadaki kömür rezervlerinin yaklaşık %70'i Rusya, ABD ve Çin'de yer almaktadır. Kömür yeryüzünde en bol bulunan fosil yakıttır. Kömür rezervlerinin, yılda yaklaşık %4 artan kullanımıyla 200 yıldan daha uzun bir süre dayanabileceği tahmin edilmektedir.

### A.1.1 Kömürün Oluşumu ve Sınıflandırılması

Günümüzde kullanılan kömürün kökleri 1-400 milyon yıl önce yeryüzünde bulunan bataklık alanlardır (Palezoik zaman- Karbonifer devri). Kömürün oluşumu, bu alanlardaki mevcut bitki örtüsünün zamanla yavaş yavaş çökmesi ve bu çöküşü izleyen sellerle başlar. Sel suları, kapladıkları alandaki bitki örtüsünün büyümesini

durdurur ve çoğunu öldürür. Suların geri çekilmesiyle yeni bir nesil bitki örtüsü eski neslin ölmüş kalıntıları üzerinde büyümeğe başlar. Bu süreç - sellerin basması ve geri çekilmesi - birkaç kere tekrarlandıktan sonra büyük bir çöküşle son bulur. Her çöküşte bir tabaka oluşturan bitki kalıntılarının üzerine kalın bir kil veya kum katmanının örtülmesiyle kömürleşme süreci başlamış olur.

Kömürleşme, ölmüş bitki kalıntılarının en az bir milyon yıl süren kömüre dönüşüm sürecidir. Süreç ilerledikçe karbon içeriği artar. Sırasıyla % 59, 70, 80 ve 95 karbon içerikleriyle turba, linyit, taşkömür ve antrasit kömürleşme sürecinin çeşitli safhalarını ve başlıca kömür sınıflarını temsil eder. Karbon içeriğindeki artışa karşın hidrojen, oksijen, nem, uçucu madde ve porositede düşüş görülür. Kömürden elde edilen ısı miktarı (ısıl değer) artar (Şekil 6.6).




Şekil 6.6 Kömürleşme Sürecinde Jeokimyasal Safhalar

Kömürleşme sürecindeki başlıca safhalar bozunma, hümifikleşme ve jeokimyasal safhalardır.

i) Bozunma safhası: Bu safhada ölmüş bitkiler, oksijenli ortamda faaliyet gösteren bakterilerin (aerobik bakteriler) etkisiyle parçalanır. Bu mikroorganizmalar bitkideki selülozu parçalar. Selüloz, $(C_6H_{10}O_5)_X$ yapısında doğal bir polimerdir. Bitki hücrelerinin duvarlarını oluşturan temel maddedir. Dolayısıyla tabiatta en bol miktarda bulunan bir organik maddedir. Bitki bünyesinde, linyin adı verilen diğer organik madde bu safhada etkilenmez. Linyin, bir fenyl propen polimeridir. Selülozu bu şekilde kimyasal olarak parçalanmış bitkilerin sular altında kalmasıyla bozunma safhası sona erer; aerobik bakterilerin faaliyetleri kesilir ve oksijensiz ortamda yaşayan bakterilerin (anaerobik bakteriler) faaliyetleri başlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ii) Hümikleşme safhası: Bu safhada bitkinin linyin kısmı, anaerobik bakteriler tarafından dönüşüme uğratılarak kömürün yapı taşları olan humik asitler (aromatik asitler) oluşur.

iii) Jeokimyasal safha: Bu safhada zamanın, sıcaklığın ve basıncın etkisiyle humik bileşikler kondansasyon tepkimeleriyle poliaromatik yapılara dönüşürler. Zaman uzadıkça-kömürleşme derecesi arttıkça- daha çoklu aromatik yapılar ortaya çıkar. Aynı zamanda bitkilerde fazlaca miktarda bulunan nem, uçucu madde, hidrojen ve gözenekler azalmağa başlar. Değişimler sadece kimyasal olmayıp aynı zamanda fiziksel dir. Kimyasal değişimlerin sorumlusu sıcaklık; fiziksel değişimlerin sorumlusu ise zaman ve basınçtır.

Kömürler kısa veya elementel analizleriyle tanımlanırlar. Kısa analizde kömürün nem, uçucu madde, sabit karbon ve kül içerikleri ölçülür ve yüzdelik olarak ifade edilir. Elementel analizde ise standart yöntemlerle C, H, O, N, S miktarları tayin edilerek kömürün kuru bileşimi yüzdelik olarak ifade edilir. Kömürlerin önemli özelliklerinden birisi de ısıl değerdir. Kömürün yanmasıyla oluşan suyun sıvı olması durumunda ölçülen ısıl değer üst ısıl değer; buhar olması durumunda ise ölçülen ısıl değer ise alt ısıl değerdir. Gerçekte, kömürün yanması ile elde edilen ısı, alt ısıl değer kadardır. Çünkü, kömürün içeriğindeki hidrojenin havanın oksijeni ile oluşturduğu su, buhar halinde bacadan çıkmaktadır. Doğal olarak alt ısıl değer, üst ısıl değerden daha düşüktür.

Tablo 6.4 Kömürlerin Elementel İçerikleri (kuru ve külsüz)

| Kömür Cinsi-Çıkarıldığı Bölge | Nem % | C % | H % | N % | S % | O % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Turba – İrlanda | 90 | 58.2 | 5.2 | 1.5 | 0.5 | 34.6 |
| Linyit – Şile | 40 | 66.6 | 5.0 | 1.6 | 3.2 | 23.6 |
| Linyit – Seyitömer | 42 | 69.8 | 5.0 | 1.0 | 2.0 | 22.2 |
| Linyit – Soma | 20 | 70.0 | 5.3 | 2.3 | 1.9 | 20.5 |
| Taşkömür – Gediz | 15 | 79.0 | 5.4 | 0.7 | 3.5 | 11.4 |
| Taşkömür–Zonguldak | 10 | 84.0 | 5.2 | 1.2 | 0.6 | 9.0 |
| Antrasit – Yeni Galler | 2 | 92.4 | 3.0 | 0.7 | 0.5 | 3.4 |

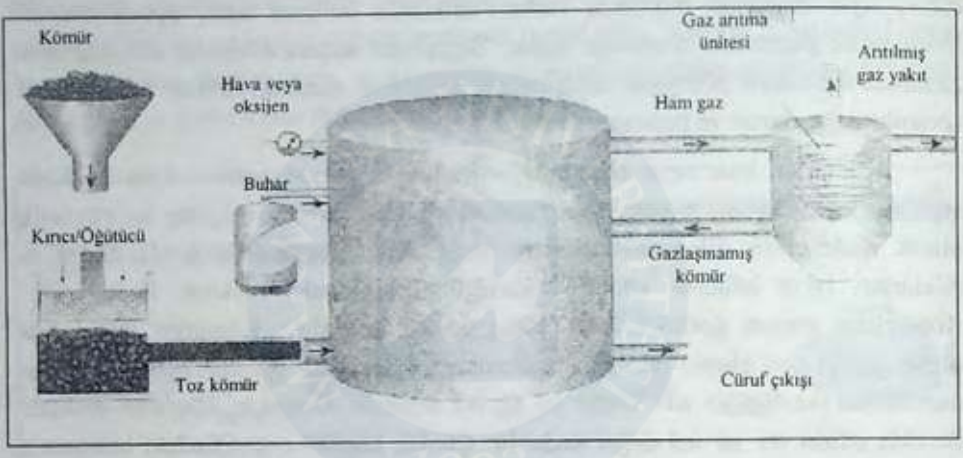
### A.1.2 Kömürden Faydalanma Şekilleri

Enerji eldesi amacıyla kömürden temel olarak üç şekilde yararlanılabilir: i)Yakarak ii) Gazlaştırarak iii) Sıvılaştırarak

i) Kömürün yakılması: $C_xH_yO_z + (x + y/4)O_2 \rightarrow x\,CO_2 + y/2\,H_2O + q$ (enerji)

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

ii)Kömürün gazlaştırılması: Kömürün gazlaştırılmasındaki amaç, kömürü hava ve buharla tepkimeye sokarak yanıcı gaz ürünler elde etmektir. Bu tepkimelerde kömürdeki karbon atomları havanın oksijeni ve suyun hidrojen ve oksijeniyle ve, yalın ısıl bozunma reaksiyonlarıyla, CO, $CH_4$, $H_2$ nin çeşitli karışımlarından oluşan yanıcı gazlar üretilir (Şekil 6.7). Bunlar havagazı, şehir gazı sentetik gaz gibi değişik isimler alırlar (Tablo 6.5).




Şekil 6.7 Kömürün Gazlaştırılması

iii) Kömürün sıvılaştırılması: Kömürün sıvılaştırılmasındaki amaç akaryakıt elde etmektir. Daha önce belirtildiği gibi kömür kimyasal olarak çoklu aromatik yapıya sahiptir; birbiriyle ortak bağları olan doymamış altı karbonlu halkalardan oluşmuştur. Aşağıda petrol başlığı altında görüleceği gibi akaryakıt dediğimiz sıvı yakıtların kimyasal yapısı çok uzun olmayan zincir ve, doymuş veya doymamış tek halkalı yapılardan oluşmuştur. Katı bir yakıt olan kömürün kimyasından giderek sıvı ürünler elde etmek için temel olarak yapılacak iki işlem vardır:

i)kömürdeki büyük çoklu aromatik yapıyı kimyasal olarak kırarak küçük kimyasal yapılar elde etmek;
ii)doymamış olan bu küçük yapıları hidrojenle doyurmak.

Yüksek basınç altında gerçekleştirilen kömür sıvılaştırmasından elde edilen ürünler arasında gaz, sıvı ve katı yakıt bulunmaktadır. Sıvı ürünlerden hafif olanları işlemden geçirilerek benzin haline getirilebilir. Ancak tahmin edileceği gibi maliyeti oldukça yüksek işlemlerdir. Mevcut petrol fiyatlarıyla, petrolden üretilen benzine

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

göre daha pahalıya mal olmaktadır. Petrolün kömüre göre çok kıt ve pahalı olduğu durumlar için geçerli bir yöntemdir.

Tablo 6.5 Gazlaştırma Tepkimeleri

| Tepkimeler | ΔHr (kJ/mol) | Reaksiyon sıcaklığı |
|---|---|---|
| Tam yanma<br>$C + O_2 \rightarrow CO_2$ | - 393.13 | Yüksek |
| Kısmi yanma<br>$C + 1/2\ O_2 \rightarrow CO$ | - 110.43 | Yüksek |
| İndirgeme<br>$C + CO_2 \rightarrow 2\ CO$ | 172.05 | Yüksek |
| Karbon / buhar<br>$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ | 131.04 | Yüksek |
| Su gazı<br>$CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$ | - 41.17 | Orta/Yüksek |
| Hidrojenleme<br>$C + 2H_2 \rightarrow CH_4$ | - 74.82 | Orta/Yüksek |
| Metan üretimi<br>$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$ | - 220.24 | Düşük/Orta |
| Isıl bozunma<br>$C_1H_xO_y \rightarrow (1-y)\ C + y\ CO + x/2\ H_2$<br><br>$C_1H_xO_y \rightarrow (1-y-x/8)\ C + y\ CO + x/4\ H_2 + x/8\ CH_4$ | | |

## A.2 Petrol ve Doğal gaz

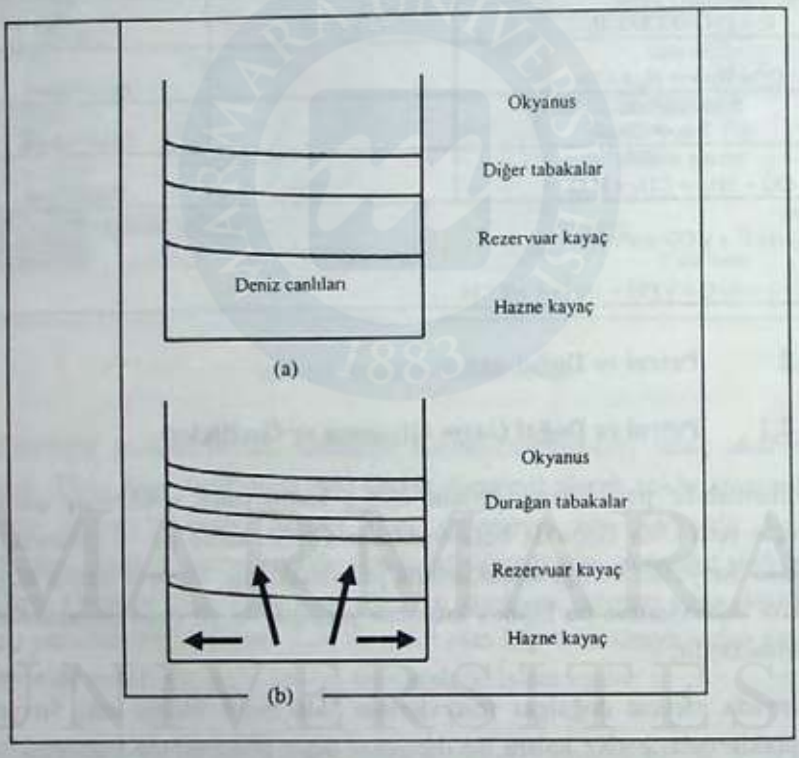
### A.2.1 Petrol ve Doğal Gazın Oluşumu ve Özellikleri

Kullanılabilir petrol rezervlerinin dünya kamuoyuna açıklanmış kısmının yaklaşık üçte ikisi Orta Doğu'da bulunmaktadır. Geriye kalan petrol rezervleri ise ABD ve eski Sovyetler Birliği topraklarında yer almaktadır. Mevcut üretim hızıyla, dünya petrol rezervlerinin bu bilinen kısmının yaklaşık 40 yıl daha dayanabileceği tahmin edilmektedir.

Dünyada mevcut doğalgaz rezervlerinin %40'ından fazlası eski Sovyetler Birliği topraklarında, geriye kalanı ise dünyanın diğer bölgelerinde bulunmaktadır. Doğalgazın yılda yaklaşık %5 artan kullanımıyla rezerv ömrünün 65 yıl olduğu tahmin edilmektedir. Buna rağmen bazı görüşlere göre yakın gelecekte enerji üretiminde en büyük potansiyele sahiptir.

Petrolün aranması ve çıkarılması, kömürün bulunup çıkarılmasına göre çok daha zor, zahmetli ve pahalı bir süreçtir. Petrolün oluşması için bazı özel koşulların varolması gerekmektedir. Bu koşullardan ilki, sığ denizlerde yosunların ve bazı

mikroorganizmaların birikmesidir. Bu koşul, kıtaların birleşip tekrar ayrılmasını kapsayan onlarca milyon yıllık bir süreç içinde gerçekleşmiştir. İkinci koşul, biraraya gelen mikroorganizmaların suların dibindeki kum ve çamur içinde oksijensiz ortamda kalmasıdır. Oksijenin bulunmadığı ortamda biriken organik maddelerin, yani yosunların ve küçük deniz hayvanlarının, karbon dioksit ve su halinde parçalanmaları mümkün olamaz. Üçüncü koşul da sıcaklığın 150°C'nin altına düşmemesi ve basıncın bir kaç milyon yıl yüksek kalması gerekir. Sıcaklığın 200°C'nin üzerine çıkması durumunda doğal gaz oluşur. Doğal gaz, en küçük hidrokarbon olan metan gazıdır. Şekil 6.8'de görüldüğü gibi, kum ve çamurun oluşturduğu hazne kayaçta toplanan deniz bitki ve hayvanları, kum ve gözenekli taşlarlardan oluşmuş bir rezervuar kayaç ile örtülür .




Şekil 6.8 Petrolün Oluşumu

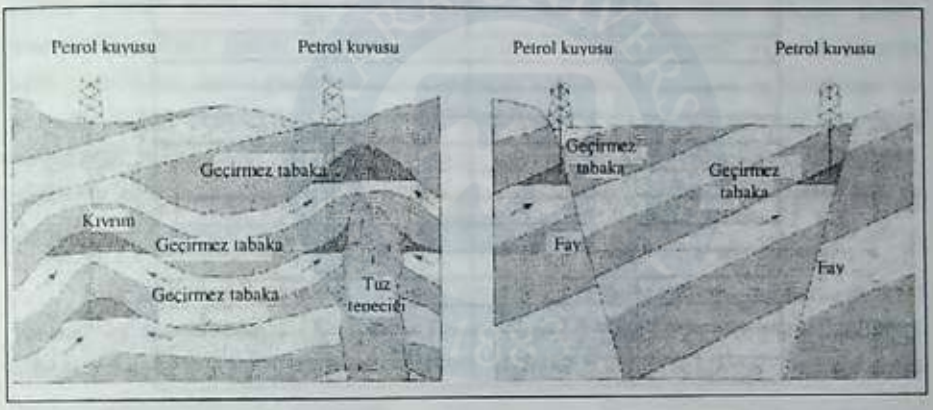
a) Deniz canlıları hazne kayaçta birikir; geçirgen bir tabaka olan rezervuar kayaç ile örtülür.

b) Hazne kayaç üzerindeki tabakaların yaptığı basınç oluşan petrolü rezervuar kayaç içine iter.

Üstündeki tabakaların yarattığı basınç ve yerkürenin merkezinden gelen sıcaklıkla bu organik birikim fiziksel ve kimyasal değişime uğrar. Oluşan petrol, gözenekli tabakaya yani rezervuar kayaca sızarak dağılır veya jeolojik bir oluşum

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

nedeniyle sıkışıp kalır ve birikir. Petrolün birikmesine diğer bir deyişle insanların faydalanabileceği bir yatak oluşturmasına sebep olacak jeolojik oluşum üç şekilde meydana gelebilir: kıvrılma, tuz tepeciği ve fay kırılması. Gözenekli ve geçirgen rezervuar kayacın altında ve üstündeki geçirmez tabakaların kıvrılmaları durumunda petrol, rezervuar kayacın bir kıvrımında sıkışıp birikir. Bir tuz tepeciğinin yükselmesiyle de rezervuar kayaçta yayılmış bir şekilde duran petrolü sıkıştırıp biriktirecek bir kıvrım oluşabilir. Geçirmez bir fay tabakasının rezervuar kayaçtaki petrolü bir köşeye sıkıştıracak şekilde kırılmasıyla da, insanların kuyu açarak faydalanabilecekleri bir petrol birikimi oluşabilir (Şekil 6.9).




Şekil 6.9 Petrolün Yeraltında Birikimi

Yukarıda belirtildiği gibi her türlü hidrokarbon içeren organik maddelerin sıcaklık, basınç ve mikroorganizmaların etkisiyle değişime uğramaları sonucu oluşan petrol, bir hidrokarbonlar karışımıdır. En hafif hidrokarbon olan metandan (doğal gaz) başlamak üzere 500°C'nin üzerinde kaynayan 20'den fazla karbon içeren büyük hidrokarbon moleküllerini içerir (Tablo 6.6). Normal şartlar altında sıvı halde bulunan petrol, karbon ve hidrojen gibi hidrokarbonları oluşturan elementlerin yanısıra az miktarda oksijen, kükürt, azot ve daha az miktarlarda da bazı metalik elementler içerir.

Ham petrolün yapısındaki hidrokarbonlar genellikle düz zincirli (parafinler), doymuş halkalı (naftenler), doymamış halkalı (aromatikler) ve çok halkalı ağır aromatikler (asfaltikler) şeklinde bulunurlar. Yerkürenin çeşitli bölgelerinde bulunan petroller, içerdikleri bu hidrokarbon türleri bakımından farklılık gösterseler de, elementel bileşimleri kömürlerdeki gibi büyük farklılık sergilemezler. Örneğin, Kuveyt petrolüyle İran petrolü arasında, içerdikleri hidrokarbon türleri ve bu türlerin

petrol içindeki ağırlıkları arasında büyük farklar vardır. Kuveyt petrolü daha ağırlıklı olarak düz ve uzun doymuş zincirler içerir. Hafif İran petrolünde ise ağırlık, doymuş ve doymamış halkalı hidrokarbonlardadır. Bu nedenle farklı petrol türevlerinin üretiminde kullanılırlar. Ancak her ikisinin de elementel bileşimi birbirinden ve diğerlerinden çok farklı değildir. Aşağıda gösterilen aralıklardadır.

Tablo 6.6 Karbon Sayısına Göre Hidrokarbonların Kaynama Noktaları

| Karbon Sayısı | Kaynama Noktaları (°C) |
|---|---|
| $C_1$ | - 162 |
| $C_2$ | - 88 |
| $C_3$ | - 42 |
| n $C_4$ | 0 |
| n $C_5$ | 36 |
| n $C_6$ | 69 |
| n $C_7$ | 98 |
| n $C_8$ | 126 |
| C9 | 151 |
| $C_{10}$ | 174 |
| $C_{11}$ | 196 |
| $C_{12}$ | 216 |
| $C_{13}$ | 234 |
| $C_{14}$ | 252 |
| $C_{15}$ | 260 |
| $C_{16}$ | 280 |
| $C_{17}$ | 292 |
| $C_{18}$ | 308 |
| $C_{19}$ | 320 |

Ham Petrolün Elementel Bileşiği (Ağırlık %)

| | |
|---|---|
| Karbon | 84 – 87 |
| Hidrojen | 11 – 14 |
| Kükürt | 0 – 5 |
| Oksijen | 0 – 3 |
| Azot | 0 – 1 |
| Metalik element | 25 – 500 ppm (milyonda kısım) |

Petrolün içerdiği kükürt, çevre kirliliği yaratması ve asidik karakteri nedeniyle temas halinde olduğu ünitede korozyona sebep olması, katalitik işlemlerde katalizör etkinliğini düşürmesi bakımından arzu edilmez. Rafinericilikte kükürt içeriği %1'den az olan ham petroller "tatlı", daha yüksek kükürt içeriği olanlar ise "acı" veya "ekşi" olarak nitelendirilirler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Azot, hidrokarbonlarla bileşik halinde bulunur. Bu bileşiklerin bazik karakterde olmaları ve katalitik işlemlerde katalizör etkinliğini düşürmeleri nedeniyle ham petrolde azotun varlığı arzu edilmez.

Ham petrolün içinde denizden kaynaklanan sodyum klorür başta olmak üzere çeşitli tuzlar bulunur. Tuzların işlemler sırasında birikinti, tıkanıklık ve korozyon oluşturmaları nedeniyle yüksek miktarda tuz içeren ham petroller, hiç bir işlemden geçirilmeden önce bu tuzlardan arıtılırlar.

Ham petrolün akışkanlığı, uluslararası petrol sektörü tarafından belirlenmiş şartlar altında akma sıcaklığı ile belirlenir. Bu sıcaklığa akma noktası denir. Standartlaştırılmış şartlar altında akması için -10°C'nin üzerinde sıcaklık isteyen ham petrollerin boru hatlarıyla taşınmasında zorluk çekilir. Kış mevsiminde ve geceleri soğuk olan iklimlerde bu tip ham petrolün pompalanabilmesi için boru hatlarının ısıtıcı elemanlarla donatılması gerekmektedir. Yüksek akma noktası parafinik olarak nitelendirilen petrollerin bir özelliğidir. Aromatik ve naften içeriği yüksek olan petrollerde ise akma noktası düşük olur.

Bir hidrokarbon karışımı olması itibarıyla petrolün tek bir kaynama noktası yoktur; kaynama aralığı vardır. Kabaca, en hafif hidrokarbon bileşenin kaynama noktasında kaynamağa başlayıp, en ağır bileşenin kaynama noktasına kadar uzayan bir kaynama aralığı söz konusudur.

### A.2.2 Ham Petrolün İşlenmesi

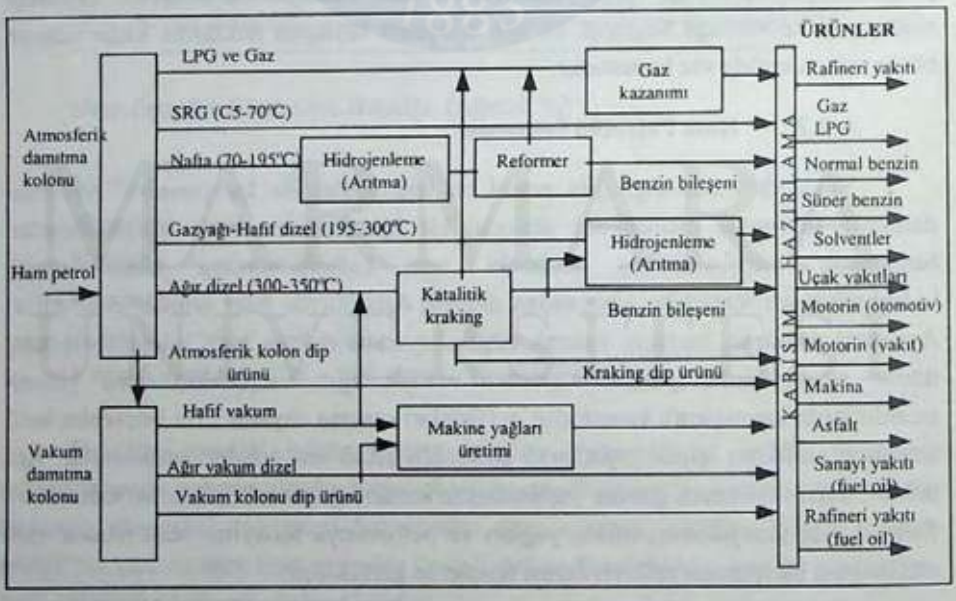
Yukarıda belirtildiği gibi petrol bir hidrokarbonlar karışımıdır. Ayrımsal damıtma (ayrımsal distilasyon) yoluyla, bir karbonlu en basit hidrokarbondan başlayarak yirmi-yirmibeş karbonlu ağır hidrokarbonlara kadar çeşitli hidrokarbonları içeren bu karışımdan değişik özelliklerde ham ürünler elde edilir. Ayrımsal damıtma, karışımı ısıtarak düşük kaynama noktalı hafif bileşenlerin daha düşük sıcaklıklarda, yüksek kaynama noktalı ağır bileşenlerin daha yüksek sıcaklıklarda kaynayarak karışımdan ayrılmaları esasına dayanır. Bu bileşenler belli kaynama aralıkları içinde toplanarak petrolden çıkan ara ürünleri oluştururlar. Ara ürünler ayrıca işlenerek günlük yaşamımızda kullandığımız LPG, benzin, motorin ve fuel oil gibi akaryakıtlar; motor yağları ve petrokimya sanayiine ham madde elde edilir. Tüm bu işlemler rafineri denen tesislerde gerçekleşir.

Rafineriler, pek çok ünitelerden oluşan tesislerdir (Şekil 6.10). Rafinerilerde en temel ünite, ham petrolün ayrımsal damıtmaya tabi tutulduğu damıtma

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

(distilasyon) ünitesidir. Distilasyon, yaklaşık 25 metre yükseklikteki bir kolonda atmosfer basıncında gerçekleştiği için bu üniteye atmosferik damıtma kolonuda denilmektedir. Rafineriye çeşitli kaynaklardan giren farklı türlerdeki ham petrolün hepsi ilk ayırma işlemi için damıtma kolonundan geçer. Elde edilen ara ürünler en hafiften en ağıra doğru aşağıda gösterildiği gibi sıralanır. Burada belirtilen kaynama aralığı, işlenen petrole ve rafinerinin karşılaması gereken ürün talebine göre değişebilir. Diğer bir deyişle, atmosferik damıtma kolonundan kaynama aralığı aşağıda gösterilenden biraz farklı ara ürünlerde çekilebilir.

| Ara Ürün | Kaynama Aralığı (C) (yaklaşık) |
|---|---|
| Gaz ($C_1 - C_2$) | (-)162 – (-)88 |
| LPG ($C_3 - C_4$) | (-) 42 – 0 |
| İşlenmemiş benzin (SRG) | $C_5$ – 70 |
| Hafif nafta | 70 – 145 |
| Ağır nafta | 145 – 195 |
| Gaz yağ | 195 – 250 |
| Hafif dizel | 250 – 300 |
| Ağır dizel | 300 – 350 |
| Dip Ürün | 350+ |




Şekil 6.10 Petrol Rafinerisi Akış Şeması

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

En hafif hidrokarbon olan metan ve ondan sonra gelen etan, rafineride gaz yakıt olarak kullanılan gaz üründür. Olağanüstü haller ve yanlış üretim planlaması sonucu bu gazın tümü rafineri yakıtı olarak kullanılamaz ve gaz boşa yakılarak tüketilir. Zaman zaman rafineri bacalarında görülen alev, işte boşa giden bu gaz yakıttır.

LPG (Liquified Petroleum Gas – Sıvılaştırılmış Petrol Gazları), evlerde ve ticarethanelerde ısınma ve yemek pişirmek için kullandığımız tüp gazlardır. Rafineri, elde ettiği bu gazı başka kuruluşlara ait dolum tesislerine pompalayarak satar.

SRG, işlenmemiş benzin anlamına gelmektedir. Petrolün bu fraksiyonu benzin dediğimiz karışıma, çıktığı petrolün cinsine göre hiç işlem görmeden katılabilecek en hafif bileşendir. Üretilecek benzin miktarına göre fazla olması durumunda bu fraksiyon biraz daha ağırlaştırılarak petrokimya sanayine benzen, toluen ve ksilen (BTX) kaynağı olarak satılır.

Hafif nafta, benzin karışımının en temel bileşenidir. Ancak reformer denen ünitede işlenmeden benzin karışımına katılması mümkün değildir; yakıldığı motorda "vuruntu" meydana getirir. Vuruntu konusuna açıklık getirmek için benzinle çalışan içten yanmalı motorlar hakkında ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

Ağır naftanın bir kısmı da, hafif naftada olduğu gibi reformer denen ünitede işlenerek benzin karışımına katılır. Diğer kullanım yerleri de uçak yakıtı, aydınlanma ve sobalarda yakılan gaz yağıdır.

Hafif dizel, dizel motorlarında kullanılan ve motorin olarak bilinen yakıtın temel bileşenidir. Dizel motorlar içten yanmalı motorlardır. Ancak yakma sistemi benzin motorlarından biraz farklıdır. Ağır vasıtalara ve deniz taşıtlarına daha uygun olan dizel motorları, son yıllarda tasarımları geliştirilerek binek arabalarında da kullanılmaya başlanmıştır.

Ağır dizel, elde edildiği petrolün cinsine göre hem motorin karışımına hem de fuel oil karışımına katılabilir.

Atmosferik kolondan çıkan dip üründen iki şekilde yararlanılabilir. Elde edildiği petrolün cinsine bağlı olarak fuel oil karışımına katılabilir veya ikinci bir damıtmadan geçirilerek hafif ve ağır ürünlere ayrıştırılır. İkinci damıtma, atmosferik basınç altında yapılan ilk damıtmadan farklı olarak vakum altında

yapılar. Bu sayede damıtma daha düşük sıcaklıkta, moleküllerin ısıl parçalanmasına neden olmayacak şekilde gerçekleştirilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Vakum damıtma kolonundan elde edilen en hafif ürünler, tahmin edileceği gibi atmosferik damıtma kolonundan elde edilen ağır dizel yağları türündendir. Bu fraksiyon genellikle motorin karışımına katılabilecek özellikte değildir; büyük hidrokarbon molekülleri içerir. Bu moleküller özel katalizörler sayesinde yüksek sıcaklıklara gereksinim olmadan parçalanarak benzin karışımına katılabilecek kısa doymamış moleküllere dönüştürülebilir. Bu işleme katalitik kraking, üniteye de katalitik kraking ünitesi denir. Vakum damıtma dip ürünü ise fuel oil karışımlarına katılabilir.

İşlenen petrolün uygun olması durumunda, vakum damıtma kolonunun çıktıları makine/motor yağlarının üretiminde kullanılırlar. Makine ve motor yağları ayrıntılı işlemler ve dolayısıyla farklı üniteler gerektirdiğinden, her rafineride makine/motor yağları üretilemez.

Ham petrolün içinde bulunan kükürt en ağır ürünlerde, motorin ve fuel oilde kendini gösterir. Müsaade edilen maksimum kükürt yüzdesi yurtiçi pazarda her ülkenin kendi çevre standartlarına göre, uluslararası pazarda ise uluslararası standarda göre belirlenir.

Petrol kaynaklı çevre kirleticilerinin en önemlilerinden birisi kurşun kirliliğidir. Kurşun kirliliğine açıklık getirmek amacıyla günlük hayatımızda önemli yer tutan benzin motoru ve benzin hakkında ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

### A.2.3 Benzin Motorları ve Benzin

Araba motorlarının temelini silindir, onun içinde mümkün olduğunca sürtünmesiz hareket eden bir piston ve pistona bağlı hareketli bir kol oluşturur. Normal günümüz arabalarında genellikle bu düzenekten dört adet bulunur (dört silindirli araba). 1973 petrol krizinden önce enerji tasarrufuna gerek duymayan batı ülkeleri, özellikle ABD'de sekiz silindirli arabalar günlük yaşamın bir parçası idi. Şimdilerde bu arabalar ancak özel kullanım için üretilmektedir. Tekrar dört silindirli motora dönecek olursak, herbir silindir-piston düzeneğine bağlı kollar, sonunda tekerleklere ulaşan bir hareket oluştururlar. Benzinle çalışan içten yanmalı motorlar emme, sıkıştırma, genişleme ve boşaltma olmak üzere dört zamanlı olarak işlerler (Şekil 6.11).

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

EMME: Motorun çalışmasının başlangıcı olan bu safhada, pistona bağlı kolun hareketiyle piston en üst konumdan en alt konuma iner. Bu şekilde oluşan hava boşluğuna, karbüratörde belli oranda birbirine karıştırılan hava ile buharlaşmış benzin girer.

SIKIŞTIRMA: Silindir içinde en alt konumda bulunan piston, gene kolun hareketiyle yukarı doğru hareket ederek yakıt-hava karışımını sıkıştırır. Karışımın gittikçe daralan hacim içinde basınç ve sıcaklığı artar; kolaylıkla tutuşur hale gelir. İşte bu noktada karışım buji tarafından oluşturulan bir elektrik kıvılcımı vasıtasıyla tutuşturulur.

GENİŞLEME: Karışımın yanması hacim genişlemesine sebep olur ve piston hızlı bir şekilde alt noktaya itilir. Bu itme hareketi pistona bağlı kola, sonunda tekerleklere aktarılacak mekanik gücü kazandırır; iş yapılır.

BOŞALTMA: Bu safhada yanma tepkimesi bitmiş olup CO, $CO_2$, $H_2O$ ve azot oksitler gibi gazların egzoz supabı vasıtasıyla dışarı atılıp bu dört safhalı sürecin tekrar edilmesi gerekir. Kolun hareketiyle piston, egzoz supabını açıp gazları dışarı atacak şekilde yukarı doğru hareket eder.

Benzinde aranan özelliklerin en başta gelenleri şöyle sıralanabilir:

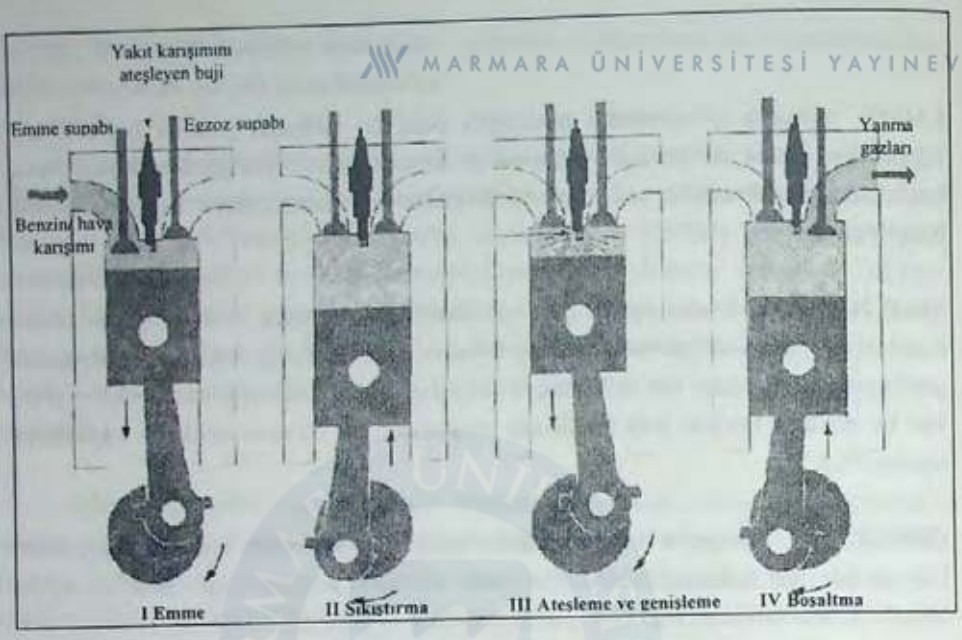
i) Karbüratörde veya enjektörlü arabalarda motor içinde havayla kolayca karışım haline gelebilmesi için düşük sıcaklıklarda buharlaşmaya başlaması,

ii) Bütünüyle muntazam olarak yanması ve, silindirin yan duvarlarına doğru patlamadan pistonu dik açıyla itecek şekilde genişlemesi, diğer bir deyişle vuruntuya sebebiyet vermeyecek şekilde motorun çalışmasını sağlaması,

iii) Yanma tepkimesiyle motora ve motor elemanlarına zarar verebilecek maddelerin oluşmaması ve atık gazlarının çevre ve insan sağlığına zarar vermemesidir.

Yukarıda sıralanan özellikler içinde çevre ve insan sağlığı açısından en önemli olanlar vuruntusuzluk özelliği ve egzozdan çıkan atık gazlardır. Bu nedenle bu iki özellik üzerinde duralım. Önce vuruntusuzluk özelliğine bakalım.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 6.11 Dört Zamanlı İçten Yanmalı Motor Çevrimi

Şu anda ülkemizde üç çeşit benzin satılmaktadır: Normal, Süper ve Kurşunsuz benzin. Normal benzinle süper benzin arasındaki tek fark vuruntusuzluk özelliğidir. Süper benzinin vuruntusuzluk özelliği daha yüksek, normal benzininki ise daha düşüktür. Vuruntusuzluk özelliği Oktan Sayısı ile ifade edilir. Süper benzin en az 95; Normal benzin ise en az 91 oktanlıdır.

Oktan sayısı, oktan değerleri 100 ve 0 olarak kabul edilen izooktan (2,2,4-trimetil pentan) ve n-heptan karışım oranlarına göre yapılır. Buna göre, test edilen yakıtın standardize edilmiş bir test motorunda ölçülen vuruntusu ile aynı vuruntuyu veren izooktan ile n-heptan karışımındaki izooktan yüzdesi, o yakıtın oktan sayısını belirler. Motordaki vuruntular, motorun parçalarını titreştirerek yıpratır ve neticede onların erken eskimelerine neden olur. Benzin karışımındaki hidrokarbonların doymuş zincir türleri vuruntu oluşturmaya daha yatkındır. Vuruntuya meydan vermeyen hidrokarbon türleri, yani oktan sayısı yüksek olanlar, tek halkalı aromatikler, halkalı yapılar, dallanmış zincirler (izoalkanlar/izoparafinler) ve doymamış zincirlerdir (olefinler).

Rafineriden bitmiş ürün olarak çıkan benzinin süper veya normal benzin standardına uygun oktan değerinde olmasını sağlamak için, benzin karışımına dahil edilen ara ürünlerin uygun vuruntusuzluk özelliğine sahip olmaları gerekir. Bu

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

amaçla, yukarıda benzin karışımının bileşeni diye belirtilen nafta içindeki hidrokarbonlar, reformer denen ünitelerde, gene yukarıda adları verilen daha yüksek oktan değerli hidrokarbonlar haline getirilir. Değerli platin elementini içeren katalizörle moleküllerin yapısında gerçekleştirilen bu değişiklik, rafineri işlemleri içinde en pahalı olanıdır. Yüksek maliyetli reformer işlemini düşük seviyede tutup ucuz yoldan benzin karışımının oktan değerini arttırmak için petrol şirketleri, TEL ve TML olarak bilinen kurşun tetraetilen ve kurşun tetrametilen gibi katkı maddelerini kullanmışlardır. Ancak bu maddeleri içeren benzinin yanmasıyla egzoz gazından çevreye salınan kurşun buharlarının insan sağlığına, özellikle küçük çocukların zihinsel gelişimine olumsuz etkileri saptanmış ve 70'li yılların başından itibaren sıfır kurşun hedeflenerek TEL ve TML kullanımı aşamalı olarak azaltılmıştır. Gelişmiş ülkelerde artık kurşunlu benzin üretilmemektedir. Ülkemizde ise yaklaşık son on yıldır kurşunsuz benzin üretilmeye başlamıştır. Benzin istasyonlarında satılan Süper ve Normal benzinlerde hala TEL ve TML vardır. Sadece Kurşunsuz benzinde bu katkı maddeleri yoktur.

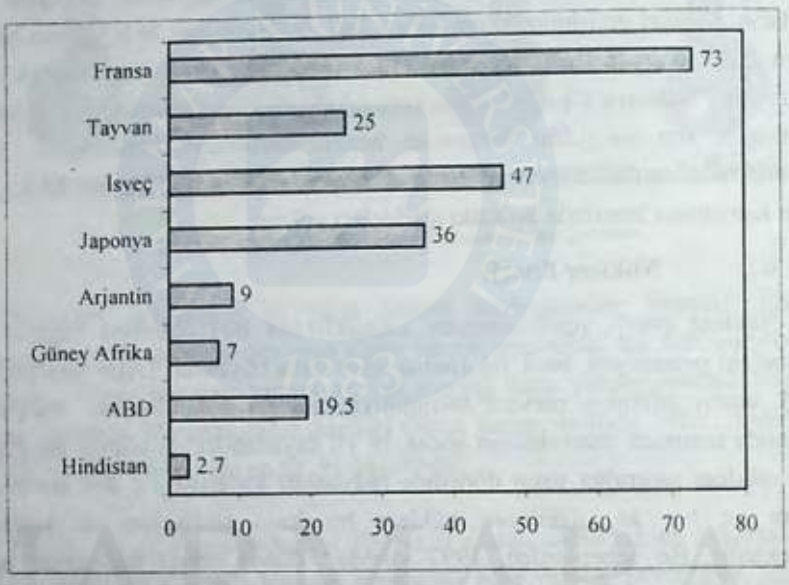
### B. Nükleer Enerji

Nükleer enerji yenilenemeyen kaynaklardan biri olmasına rağmen enerji üretimindeki potansiyeli fosil yakıtlarınkinden daha büyüktür. Diğer taraftan, dünya elektrik enerji talebinin mevcut teknolojiyle nükleer santrallerden karşılanması durumunda uranyum rezervlerinin ancak 10 yıl dayanabileceği bilinen bir gerçektir. Ancak nükleer santraller uzun dönemde radyoaktif kirlenme ile atık sorununa yol açmakta ve her an olabilecek nükleer bir kaza tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Bu sebeplerden, 1997 yılında dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %7'sini karşılayan nükleer gücün fisyon temeline dayanan teknolojileri gelecekte önemini yitirecektir. Şekil 6.12'de bazı ülkelerin elektrik üretiminde nükleer gücün payı görülmektedir.

### B.1 Nükleer Enerjinin Kaynağı

Maddenin en küçük birimi olarak kabul edilen atom, bir çekirdek ve elektronlardan oluşmuştur. Çekirdek içinde temel olarak iki tür parçacık bulunur: nötron ve proton. Nötronlar, elektrik yükü olmayan ancak ölçülebilir bir kütlesi ($1.675 \times 10^{-27}$kg) olan parçacıklardır. Protonlar da aşağı yukarı aynı kütleye sahiptir ($1.672 \times 10^{-27}$kg) ancak $\sim +1.6 \times 10^{-19}$ Coulomb'luk bir yüke sahiptir. Atom parçacıklarının kütleleri çok küçük olduğu için, 6 proton ve 6 nötrondan oluşan karbon atomunun kütlesinin onikide biri atom kütle birimi (akb) olarak alınmıştır. Buna göre 1akb = $1.660\ 05655 \times 10^{-27}$kg'dır. Akb cinsinden proton ve nötronun

kütleleri de sırasıyla 1.00751 ve 1.00894 dür. Çekirdekteki proton sayısına göre maddeler temel farklılıklar gösterirler ve ayrı elementler olarak isimlendirilirler. En küçük atom olan hidrojenin çekirdeğinde 1 proton, ikinci büyük element olan helyumun çekirdeğinde ise iki proton vardır. Yeryüzündeki tüm elementlerin proton sayıları farklıdır. Normal hidrojen atomunun çekirdeğinde hiç nötron bulunmazken, helyumdan itibaren bütün çekirdeklerde en aşağı proton sayısı kadar nötron bulunur. Aynı elementin, yani proton sayıları aynı olan çekirdeklerin çok az bir kısmında normalin üzerinde nötron sayısı bulunabilir. Bunlara o elementin isotopları denir. Örneğin karbon çekirdeklerinin %99'undan fazlası 6 nötron içerirken, çok az bir kısmı 7 nötron içerir.




Şekil 6.12 1999'da Bazı Ülkelerde Elektrik Üretiminde Nükleer Gücün Payı (%)

Elektronlar, yaklaşık $-1.6 \times 10^{-19}$ Coulomb'luk bir yük taşırlar. Kütleleri proton ve nötron kütlesinin binde birinden daha azdır. Elektronlar, çekirdeğin etrafında değişik uzaklık, enerji ve biçimdeki yörüngeler içinde bulunurlar.

İnsanların gerçekleştirebildikleri sıcaklık ve basınç şartları altında meydana gelen kimyasal tepkimelerde rol alan atom parçacığı, çekirdeğe en uzak yörüngede bulunan elektronlardır. Atomlar, dış halkalarındaki elektronların bağ yörüngesi denen atomlar arası ortak yörüngeye girmesiyle birbirlerine bağlanmış, yani tepkimeye girmiş olurlar. Kimyasal tepkime denen bu tepkimelerde atom çekirdeklerinin hiçbir rolü yoktur. Çekirdek tepkimeleri diye adlandırılan

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

tepkimelerde ise çekirdeklerin kaynaşması (füzyon), parçalanması (fisyon) yani bir değişime uğrayarak farklı bir çekirdek oluşturmaları söz konusudur.

Çekirdeklerin birleşmesi, daha önce yerkürenin oluşumunda anlatıldığı gibi Güneşin içinde yer almaktadır. Birleşip kaynaşma anlamına gelen füzyon tepkimeleriyle sürekli olarak Güneşin içindeki hidrojen helyuma dönüşmekte ve enerji açığa çıkmaktadır. Füzyon tepkimeleri Güneşin içinde olduğu gibi ancak 100 milyon derece sıcaklıkta gerçekleşebilir. Yerküre üzerinde çekirdekleri bu sıcaklığa, yani bu enerji düzeyine ulaştırıp füzyon tepkimesini gerçekleştirmek şu anda çok zor görünmektedir.

Bazı elementlerin çekirdekleri doğal veya yapay olarak parçalanabilir. Füzyon tepkimelerinde olduğu gibi fisyon sırasında da dışarıya yüksek miktarda enerji salınır. İşte insanoğlunun kontrol altına alıp faydalandığı enerji, nükleer enerji denen bu enerjidir.

Peki bu enerji nereden kaynaklanmaktadır? Şimdi bunu açıklamaya çalışalım. Büyük patlamadan beri meydana gelen farklı çekirdekler yukarıda belirtildiği gibi proton ve nötronlardan oluşmuştur. Her elementin çekirdek kütlesinin, kendisini oluşturan proton ve nötronların toplam kütlesine eşit olması beklenir. Ancak hassas aletlerle yapılan ölçümler çekirdek kütlesinin, onu oluşturan proton ve nötronun toplam kütlesinden daha az olduğunu göstermektedir. Örneğin, iki proton ve iki nötrondan oluşmuş helyum çekirdeğinin ölçülen kütlesi 4.00150 akb'dir. İki proton ve iki nötron için hesaplanan toplam kütle ise 4.03290 akb'dir. Bu hesapta 0.03140 akb'lik bir kütle kaybı görülmektedir. İşte bu kütle kaybı, nükleer enerjinin kaynağıdır.

19.Yüzyılın sonuna kadar kütlenin ve enerjinin ayrı ayrı kendi aralarında sakınımı kanunları tartışmasız olarak kabul edilmiş bulunmaktaydı. Hiç kimse kütlenin yok olabileceğini veya enerjiye dönüşeceğini düşünemezdi. Bunun mümkün olduğu 1905 yılında, Albert Einstein'ın izafiyet teorisiyle ortaya atıldı. Einstein bunu $E = mc^2$ olarak ifade etti (E=enerji; m=kütle; c=ışık hızı, $3x10^{10}$cm/s). Bu teoriye göre kütle ve enerji ayrı ayrı korunmayıp, birarada korunmaktadır. Kütle-enerji korunumu söz konusudur. Einstein bu kuramında, kütleyi yoğunlaşmış enerji, enerjiyi de dağılmış kütle olarak kabul etmiştir. Bu ifadeye göre tek bir helyum çekirdeğinin oluşmasında ortaya çıkan kütle kaybına

eşdeğer* olan enerji miktarı $0.50798 \times 10^{-14}$ kJ dur. Kütlesi yaklaşık 4 gram olan bir mol helyum çekirdeğinin oluşmasında (1 mol çekirdek=$6.023 \times 10^{23}$ tek çekirdek) salınan enerji ise $3.05956 \times 10^{9}$ kJ'dür. Bir gram helyum çekirdeğinin oluşmasıyla salınan enerji miktarı, aynı miktar metanın (doğal gaz) yanmasıyla salınan enerji miktarıyla karşılaştırıldığında yaklaşık 14 milyon kere daha büyük olduğu görülür:

1 gram He $\longrightarrow$ $0.76489 \times 10^{9}$ kJ

1 gram $CH_4$ $\longrightarrow$ $0.55640 \times 10^{2}$ kJ

Her bir çekirdeğin oluşmasında kaydedilen kütle kaybı nedeniyle salınan enerji, çekirdek içindeki parçacıkların (nükleon) aynı enerjiyle birbirlerine bağlanmalarını sağlar. Salınan enerji ne kadar büyükse nükleonlar o kadar güçlü şekilde birbirlerine bağlanırlar. Çekirdek içindeki nükleonların birbirlerinden ayrılmaya ne derece dirençli oldukları, diğer bir deyişle ne derece kararlı oldukları, nükleon başına düşen bağlanma enerjisiyle ifade edilir. Gene helyum çekirdeğini ele alacak olursak, bir helyum çekirdeği içinde iki proton ve iki nötron olduğuna göre dört nükleon vardır. Dolayısıyla, nükleon başına düşen bağlanma enerjisi $0.50798 \times 10^{-14}/4$ kJ olarak hesaplanır. Tüm bilinen elementler için hesap edilen nükleon başına düşen bağlanma enerjilerinin atom kütlesine karşı grafiği çizilecek olursa, 56 akb'lik demir elementinin ($Fe^{56}$) en yüksek bağlanma enerjisine sahip olduğu görülür (Şekil 6.13).

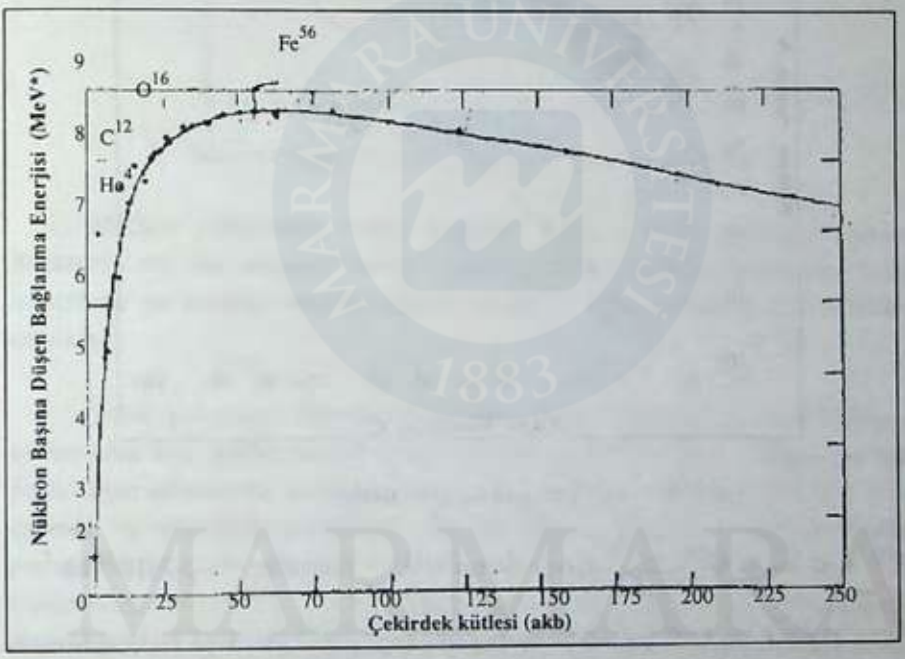
Kütlesi 56 akb'den küçük olan çekirdeklerin bu noktaya kadar bağlanma enerjileri giderek artmakta ve 56 akb'lik demir çekirdeğinde maksimuma ulaşmaktadır. 56 akb'den büyük kütleli çekirdeklerin bağlanma enerjilerinin giderek azalmakta olması, çekirdeklerin büyüdükçe kararsızlaştığı, kütlesini bir şekilde küçülterek bağlanma enerjisi daha yüksek bir çekirdeğe dönüşme eğilimi gösterdikleri gözlenir.

Çekirdeklerin doğal olarak neden değişime uğrayabileceğini anlamak için bir de çekirdek içindeki nükleonlar arası etkileşime bakalım. Yukarıda protonların pozitif yük taşıdıklarını, nötronların ise yüksüz olduklarını belirtmiştik. Benzer yükten dolayı çekirdekteki protonlar arasında itici güçler hakimdir. Bu itici güçlere rağmen çekirdeğin dağılmasını önleyen iki faktör vardır: nötronlar ve bağlanma enerjisi. Çekirdekteki proton sayısı 20'yi aştıkça bire bir oranında nötron yeterli

* Söz konusu kütle kaybının mutlak kütle kaybı olmayıp parçacıkların yüksek hızla hareket ederken kaydettikleri kütleleriyle durağan kütleleri arasındaki fark olduğu bilinmekle beraber burada ayrıntılı parçacık fiziğine girmenin uygun düşmeyeceği görüşüyle yukarıdaki klasik açıklama verilmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

gelmemektedir ve nötron proton oranı 1.5 a yükselmektedir (Şekil 6.14). Proton sayısı 83, nötron sayısı 126 olan bizmut çekirdeğinden ($Bi^{209}$) daha ağır çekirdekler kendiliğinden parçalanmaya başlarlar; fisyon tepkimeleriyle kendilerini daha küçük ve kararlı çekirdeklere dönüştürürler. Oluşan her küçük çekirdekte kaydedilen kütle kaybı gene enerji salınımı olarak kendini gösterir. İşte insanoğlunun kontrolü altında tutup faydalanabileceği nükleer enerji, yeryüzünde zamanında oluşmuş bu büyük çekirdeklerin yeterli bağlanma enerjisine sahip olmamalarından kaynaklanmaktadır.



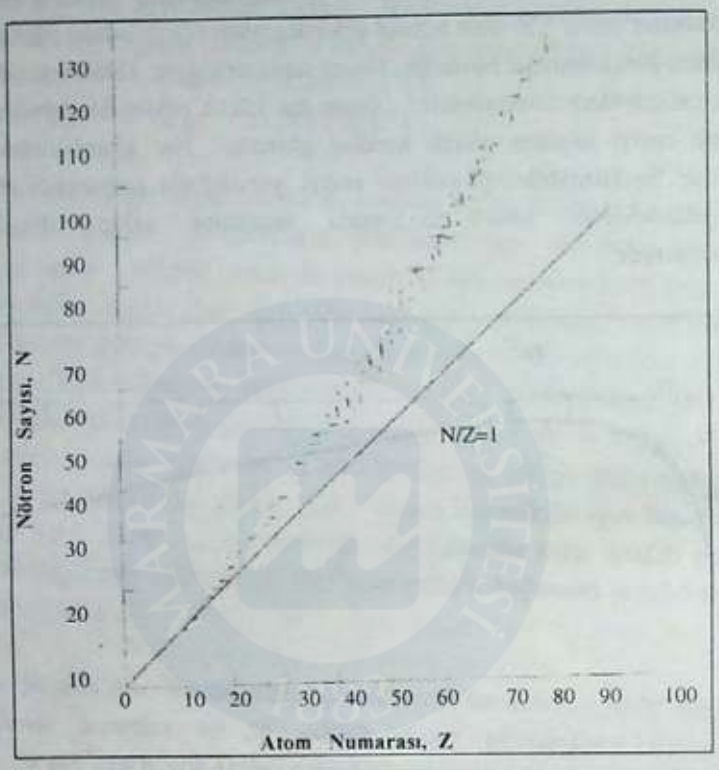

Şekil 6.13 Bağlanma Enerjisi (*1 MeV=1.6x10$^{-16}$ kJ)

## B. 2 Nükleer Santraller ve Atıkları

Nükleer enerjiyle elektrik üretimi teknolojisi oldukça gelişmiştir. Nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan radyoaktif element 235 akb'lik uranyumdur ($U^{235}$). $U^{235}$ , nötronla bombardıman edilerek, hızla parçalanan bir çekirdek olan $U^{236}$ ya dönüşür . $U^{236}$ da, irili ufakları çekirdekler ve de yeni nötronlar oluşturacak şekilde fisyona uğrar. Tek bir $U^{235}$ çekirdeğinin böyle bir fisyon sonucu çevresine saldığı ısı $3.2x10^{-14}$ kJ civarındadır. Bu değerden giderek 1 gram $U^{235}$ in fisyonla saldığı ısı $8.2x10^{7}$ kJ olarak hesaplanır. Bu değer, 1 gram karbonun tam yanmasıyla

salınan ısının neredeyse 3 milyon mislidir. Her bir $U^{235}$ çekirdeğinin fisyonunda ortalama 2.5 adet nötron salınmaktadır (Şekil 6.15)

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

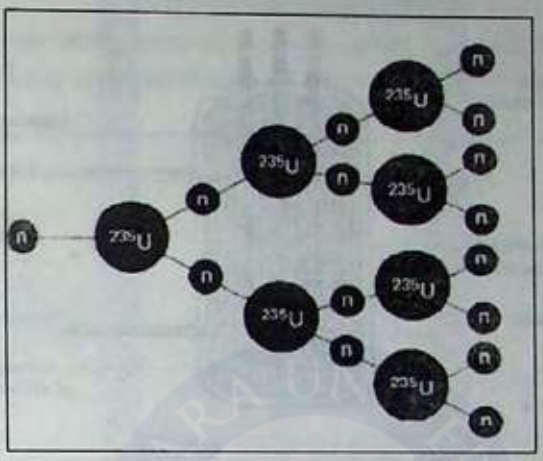



Şekil 6.14 Kararlılık Bandı

$$U^{235} + n^{1} \longrightarrow U^{236} \longrightarrow \text{fisyon parçacıkları} + \text{nötronlar} + \sim 3.2 \times 10^{-14}\ \text{kJ}$$

Daha fazla $U^{236}$ çekirdeğinin oluşup parçalanmasıyla daha fazla nötron, ve dolayısıyla daha fazla $U^{235}$ çekirdeği nötronla bombardıman edilerek daha fazla $U^{236}$ fisyonuna sebep olur, daha fazla enerji salınır. Zincirleme olarak artan bir hızla süren bu çekirdek tepkimelerinin, dolayısıyla salınan enerjinin kontrol altına alınıp programlanan enerji üretimine uygun bir hızla sürmesinin sağlanması gerekmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



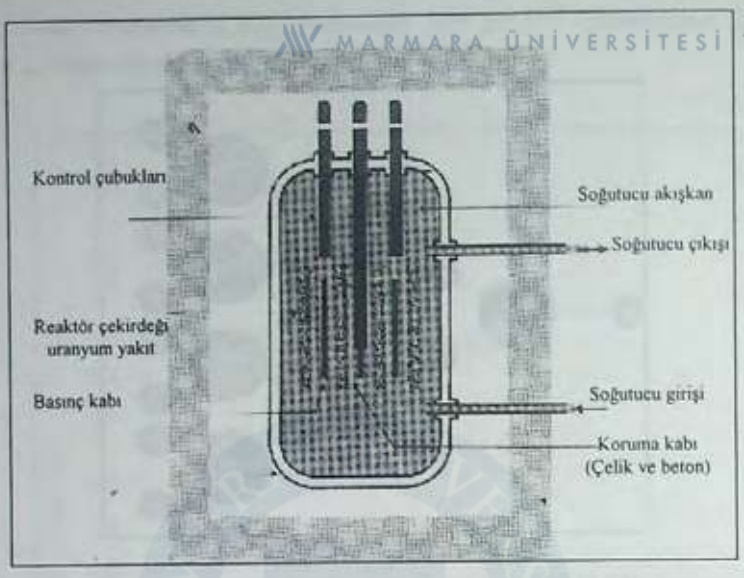

Şekil 6.15 Nükleer Zincir Reaksiyonlarının Şematik Gösterilmesi

Nükleer reaktörlerin temel tasarımı, Şekil 6.16'da görüldüğü gibidir. Reaktörün üç ana elemanı vardır: yakıt çubukları, yakıt çubuklarının içinde bulunduğu ve üretilen enerjiyi soğuran reaktör ortamı (bir akışkan) ve kontrol çubukları.

Yakıt çubukları, dünyada belli başlı bazı bölgelerde bulunan uranyum cevherinden elde edilen, içinde binde yedi oranında $U^{235}$ oksitin bulunduğu "sarı pasta" diye adlandırılan uranyum oksit ($U_3O_8$) filizinden üretilir. Yaklaşık 1 cm çapında ve yüksekliğinde paletler haline getirilen filiz, 4 metre civarındaki paslanmaz çelik gibi dayanıklı bir maddeden yapılmış tüplere doldurulur. 200 tüpten oluşan demetlerin 175 tanesiyle enerji üretimi için bir reaktör hazırlanmış olur (Şekil 6.17). Paletlerdeki $U^{235}$ çekirdeklerinin tepkimesiyle salınan enerji, demetlerin bulunduğu sıvı reaktör ortamı tarafından soğurulur.

Reaktör ortamı olarak en fazla kullanılan sudur. Ergimiş sodyum, potasyum veya bu ikisinin alaşımı da kullanılabilir. Reaktör ortamı olarak kullanılan suyun iki işlevi vardır. Birinci işlevi, nötronların hızını kesmesidir. Nötronların hız kaybetmeleri, $U^{235}$ in tepkimelerini yavaşlatır. İkinci işlev ise, salınan enerjiyi soğurup iş yapacak bir ortama aktarmaktır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 6.16 Nükleer Reaktörlerin Temel tasarımı

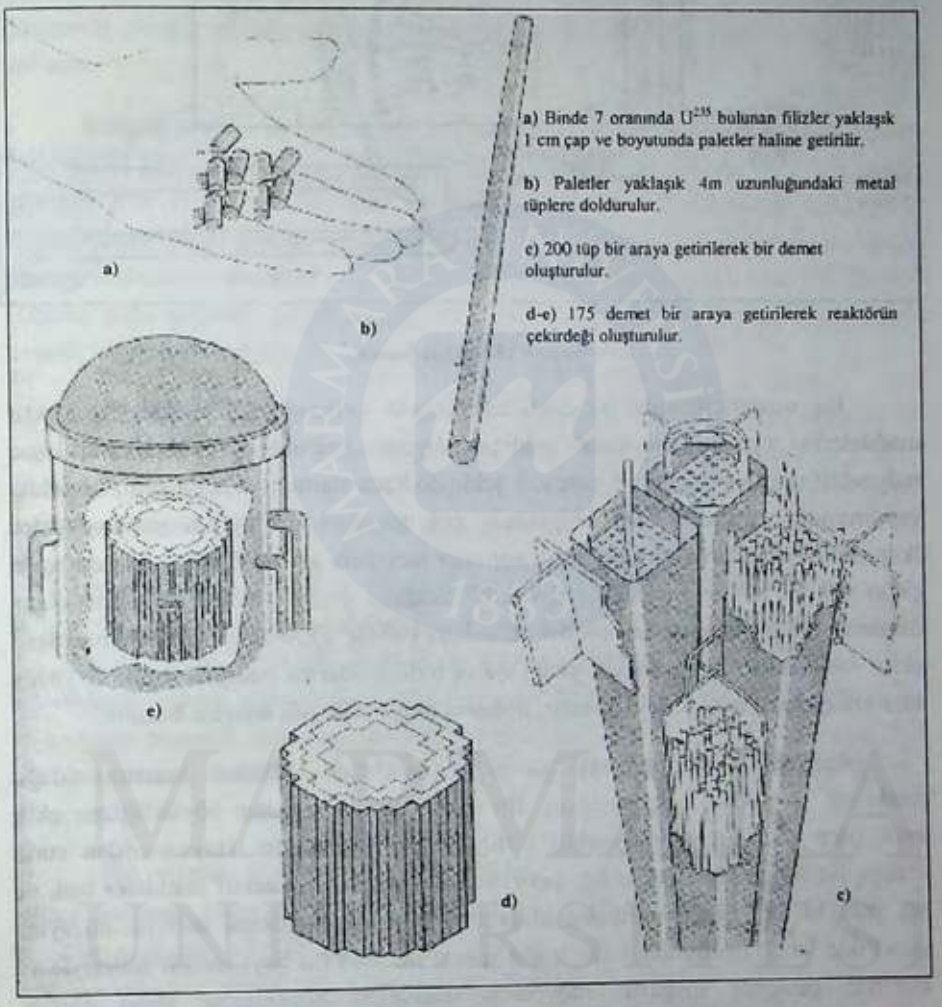
İsminden de anlaşıldığı gibi kontrol çubuklarının, zincirleme tepkimelerin aşırı hız kazanmasına sebep olan nötronları kapması yoluyla enerji salınımı sabit bir düzeyde tutulur. Kontrol çubukları genellikle kadmiyum ($Cd^{113}$) veya bor ($B^{10}$) metallerinden yapılmış çubuklardır. Bunlar nötronları çekirdeklerine alarak $Cd^{114}$ ve $B^{11}$ isotoplarını oluştururlar. Bu isotoplar kararlı çekirdekler oldukları için füsyon tepkimelerine girmezler; küçük miktarda gamma-ışınları salarlar. Kontrol çubukları, tepkime hızına göre aşağı yukarı hareket edecek şekilde monte edilmişlerdir. Enerji salınımı arttıkça, yakıt çubuklarına yaklaştırılırlar; enerji salınımı azaldıkça yakıt çubuklarından uzaklaştırılırlar.

Şekil 6.18 de şematik olarak bir nükleer santral görülmektedir. Bu santralın daha önceki sayfalarda gördüğümüz fosil yakıtla çalışan santralden tek farkı, ısı enerjisinin elde edildiği kısmıdır. Fosil yakıt kazanı yerine burada bir nükleer reaktör bulunmaktadır. Reaktörde salınan ısı reaktör ortamı tarafından soğurulmakta ve bir ısı-aktarıcısı vasıtasıyla santral türbinini çalıştıran buharı elde etmek için türbin suyuna aktarılmaktadır. Geri kalan işlemler aynıdır.

Alternatif bir enerji kaynağı olan nükleer enerjinin kullanıldığı nükleer santraller, uzun dönemde çözülmesi çok pahalı radyoaktif atık ve ömrü dolmuş tesislerin sökülmesi sorununa yol açmakta ve, her an olabilecek bir nükleer kaza

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

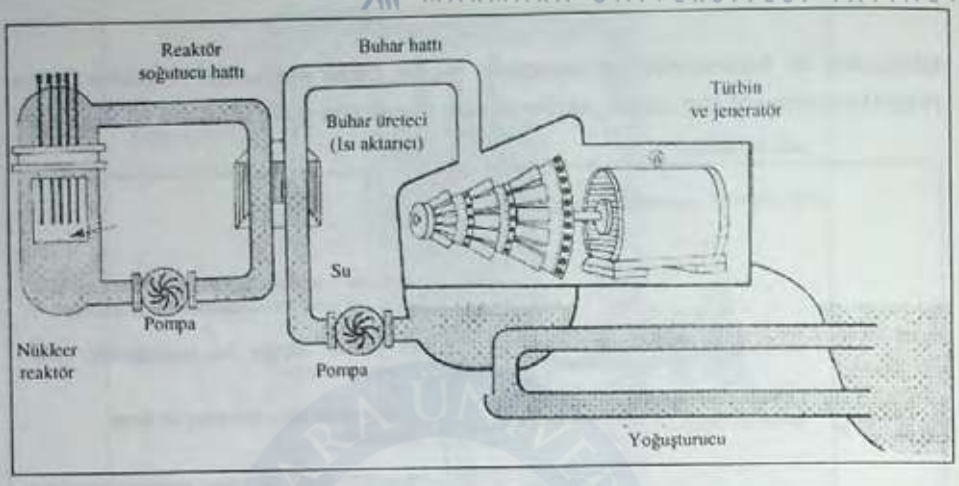
tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Açığa çıkan radyoaktif maddeler hakim rüzgarlara göre yol alıp çeşitli şekillerde yere inerek çok geniş bir alanı etkileyebilir.




Şekil 6.17 Nükleer Reaktör Çekirdeğinin Yapılanması

Nükleer reaktörlerin çalışmaları esnasında, yakıt proses tesislerinde ve/veya yakıt elemanlarının taşınmaları sırasında nükleer kazalar meydana gelebilir. Son 40 yıldaki nükleer kazalara bakıldığında yaklaşık her 5 yılda ciddi bir kaza olduğu görülmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 6.18 Nükleer Santral

Bir nükleer kazada iki ciddi tehlike söz konusudur. Birincisi, radyoaktif maddelerin kazanın meydana geldiği bölgede yoğunlaşmasıdır. İkincisi ise radyoaktif maddelerin gaz ve parçacık şeklinde kaza alanının dışında geniş bir alana yayılmasıdır. Birincisi kaza bölgesinde çok tehlikeli bir durum yaratmaktadır. İkincisinin ise yıllarca sürmesi ciddi sorunlar meydana getirir. Çünkü, kazada açığa çıkan yüksek konsantrasyonlu radyoaktif maddeler çeşitli yollarla geniş bir alana dağılarak, yerleşim yerlerini, caddeleri, yolları kirletir. Ekili arazi üzerinde meydana gelen radyoaktif birikim toprak yüzeyine ve bitki köklerine bulaşır, yeraltı ve yüzey suları radyoaktif maddelerle kirlenir, doğanın radyo ekolojik dengesi bozulur.

Radyoaktif kirliliğin etki süresi değişmektedir. Nükleer kazanın olduğu merkezde 10 yıldan fazla sürebilir. Bu durum kirlenen alanın büyüklüğüne, ekili arazi olup olmadığına, radyoaktif kirliliğin türüne bağlıdır. Hayvancılığın etkin olduğu bir bölge söz konusu ise, çayırlarda depolanan radyoaktif maddeler inek ve süt yoluyla tüm bölge nüfusuna ulaşabilir. Sütteki en yüksek aktivite düzeyine genellikle kazadan sonraki 1 ile 3 gün içinde ulaşılır. Bu hayvanların sütleriyle ve etleriyle beslenen insanlar, radyoaktif maddeleri bünyelerine almış olurlar. Radyoaktif kirliliğin diğer bir taşınma yolu da içme sularıdır. Deniz ve göllere bulaşan radyoaktif maddeler denizdeki kabuklu hayvanlarda, bitkilerde, yosunlarda birikir. Bunlarla beslenen balıklar ve bu balıklarla beslenen insanlar bu kirlilikten paylarını alırlar.

Nükleer santrallerin yarattığı sorunlar sadece kazalarla sınırlı değildir. Örneğin Akkuyu'da yapılması planlanan santralin türbin suyunu soğutmak için

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

saniyede 50 $m^3$ deniz suyunun koydan çekilip yaklaşık 10 °C fazla sıcaklıkta geri verilmesi gerekmektedir. Bu durum Akkuyu koyu için ciddi bir ısıl kirlilik demektir. Su Kirliliği bölümünde (9.1.7) ayrıntılı olarak açıklandığı gibi suyun içindeki çözünmüş oksijen miktarının azalmasına dolayısıyla ekolojik dengenin bozulmasına yol açar.

Radyasyonun biyolojik etkileri, canlı hücrenin kimyasal yapısına verdiği zararlardır. Düşük radyasyon dozlarında, hücrenin çekirdeğindeki DNA'ya zarar gelebilir. Bu zarar, tek bir hücreden geçerek nesilden nesile aktarılan bilgiyi değiştirebilen DNA mutasyonu şeklinde ifade edilir. DNA mutasyonuna etki eden onarım mekanizmaları mevcut olmakla birlikte, bu mekanizmalar hatasız değildir. Hasarın çoğu giderilir, ancak olduğu gibi kalan ya da iyi onarılamayan bir kısım hasarın hücrede ve gelecek kuşaklara olumsuz etkileri olur

Radyasyonun diğer bir önemli etkisi de kanseri tetiklemesidir. Japonya'da yapılan araştırmalar, alınan radyasyon dozuyla akciğer, mide, karaciğer, göğüs, rahim ve mesane tümörlerinin oluşumu arasında bir ilişki bulunduğunu doğrulamaktadır. Lösemi hastalığı da radyasyon dozuyla artış göstermektedir.

Radyasyonun embriyo üzerindeki etkileri, embriyonik gelişimin her safhasında ortaya çıkabilir; sakatlıklara, zihinsel özürlere, kansere ve hatta ölüme yol açabilir. 1986 Çernobil kazasından etkilenen bölgelerde yaşayan insan ve hayvanlarda yüksek sıklıkta sakat doğumlar görülmüştür. Gebeliğin özellikle 8 ile 15 haftaları arasında yüksek dozda radyasyona maruz kalan bebeklerin, radyasyona maruz kalmamış bebeklere göre daha düşük IQ'ya sahip olmaları beklenen bir sonuçtur.

1986 yılında yaşanılan felaket nedeniyle Çernobil Nükleer Santrali 2000 yılının sonunda fiilen kapatılmıştır. Söz konusu felaketin resmi olmayan sayısal boyutları aşağıdaki gibi özetlenmektedir:

- Bağışıklık sisteminin çökmesi nedeniyle ölümcül olmayan hastalıkların yol açtığı ölümler o kadar arttı ki Ukrayna'da ölüm oranı doğum oranını aştı.
- 3 milyon çocuğun tedavi görmesi gerekiyor.
- Kazayla başa çıkılması, temizlik ve patlayan reaktörün üzerinin beton lahitle kapatılması işlerinde çalışan 600 bin insan radyasyondan etkilendi.
- Tiroit kanserine yakalanma oranı 10 kat arttı.
- 1986-2000 arasında, kaza sırasında çocuk olan 1400 gencin tiroit bezleri alındı.

- 3 milyondan fazla kişi faciadan doğrudan etkilendi.
- 2.5 milyon hektardan fazla tarım arazisi kullanılamıyor. 3.5 milyon kişi radyasyonlu topraklarda yaşamak durumunda.
- Sakat doğumlar ve büyüme bozuklukları Ukrayna'da yüzde 230, Beyaz Rusya'da ise yüzde 180 oranında arttı.
- 380 bin çocukta kan kanseri, tiroit sorunları ve anemi saptandı.
- 7 milyon insanın gelecekte ciddi sağlık sorunları yaşaması bekleniyor.

Bir nükleer santral reaktöründe kullanılan yakıtın yaklaşık üçte biri her yıl reaktörden çıkarılmak durumundadır. Kullanılmış nükleer yakıt içinde, başlangıçta bulunan uranyum oksitin %95.5'i mevcuttur. Kullanılan sadece %4.5 dir. Kullanılmış yakıtı işleyerek kalan uranyumu ve %0.9 seviyesinde bulunan plutonyumu geri kazanmak mümkündür. Ancak bu yöntem, teknoloji elverdiği halde radyasyon kaygısıyla benimsenmemektedir. Dolayısıyla, reaktörden çıkarılan ve başlangıçta varolan uranyum oksidin %95.5'ini içeren kullanılmış yakıt çubukları Yüksek Aktiviteli Nükleer Atık olarak nitelendirilir ve büyük bir dikkatle tasfiye edilmesi gerekir. Bu atıklar son derece aktif oldukları için yüksek miktarda ısı üretir durumdadırlar. Bu nedenle bir müddet havuzlarda su ile soğutarak muhafaza edilirler. Havuzdan çıkarılan yakıt çubukları, önce paslanmaz çelikten yapılmış silindirlere ve hepsi birden metal muhafazaya konur. Bu şekilde paketlenmiş atık yakıtların, yeryüzünün 500 ile 1200 m altında özel olarak seçilmiş jeolojik oluşumlarda inşa edilebilecek, büyük bir maden işletmesini andıran depolara gömülmesi öngörülmektedir. Yeraltına gömülü nükleer atıkların biyosfere ulaşmasını sağlayabilecek tek mekanizma yeraltı sularının hareketi olduğu için, jeolojik oluşumun yeraltı sularından uzak olması istenir. Yeraltı depolarında tüneller içine açılan delikler yerleştirilen atıklarla dolunca, bir tıkaçla tıkanır ve kil ile sıvanır. Depo tam kapasiteye ulaşınca, tüneller kil ile doldurulup kapatılır ve depo mühürlenir. Kil kullanılmasının sebebi yeraltı sularının bu depoya ulaşmasını önlemek için ek güvenlik oluşturmasıdır.

Nükleer radyasyon için kullanılan birimler Tablo 6.7'de gösterilmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tablo 6.7 Radyasyon Birimleri

| Birim | Tanım |
|---|---|
| Curie | 1 gram radyumun bozunma hızıyla aynı hızda bozunan radyoaktif madde miktarı ($3.7x10^{10}$ bozunma/saniye) |
| Rad | 1 Kilogram madde başına 0.Joule enerji aktaran radyasyon dozu |
| Rem | Radyasyon parçacıklarının canlı hücreye verdikleri zararın seviyesini bir faktör vasıtasıyla hesaba katan. Rad'ın bu faktörle çarpımından elde edilen radyasyon birimi.<br>**Faktör**, X-ışınları, γ-ışınları ve β-parçacıkları için 1;<br>Protonlar ve yavaş nötronlar için 5;<br>α-parçacıkları için 10 dur.<br>1 Rad dozunda x-ışınları → 1 Rem<br>1 Rad dozunda α-parçacığı → 10 Rem |
| Bq (Becquerel) | Saniyede 1 bozunma |

### 6.2.2.2 Yenilenebilir Kaynaklar

Petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların tükenebilir olmaları, alternatif enerji kaynaklarının geniş çaplı kullanımını gündeme getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak bilinen güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve hidrojen enerjisi gelecek yüzyıllarda insanların enerji ihtiyacını karşılayabilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın ve etkin kullanımıyla, çevre kirliliği en aza indirilerek dünya enerji ihtiyacının %50-75'nin sağlanabilmesi mümkündür.

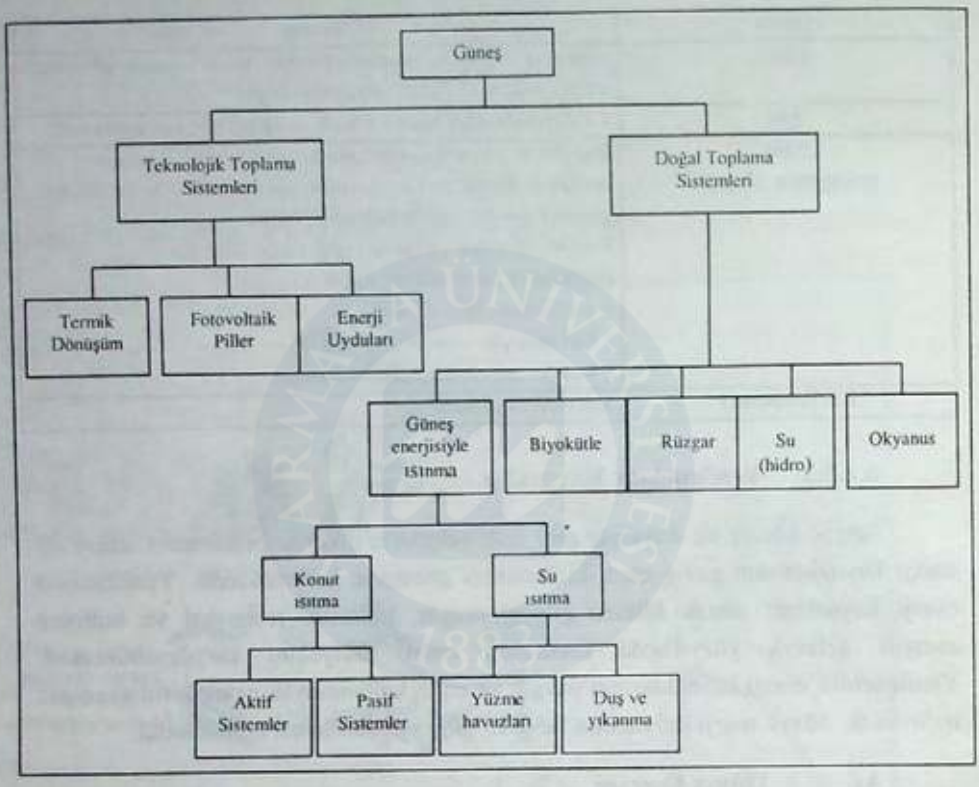
#### A. Güneş Enerjisi

İnsanoğlunun faydalanabileceği en büyük ve tükenmez enerji kaynağı güneştir. Dünyanın güneşten aldığı ışınlar 170 000 TW seviyesindedir. Maalesef bu inanılmaz miktardaki enerjinin küresel olarak sadece küçük bir kısmından yararlanılmaktadır.

Güneş enerjisinin en büyük avantajı, çevreye hiç veya çok az zarar vermesinin yanısıra ucuz oluşudur. Ancak, yatırım maliyetinin büyük olması ve, yılın bazı mevsimlerinde dünyanın çoğu bölgesinde yeterli olmaması yaygın kullanımını engellemektedir.

Güneş enerjisinden iki yolla faydalanır. Birinci yol doğal toplama sistemleri; ikinci yol ise teknolojik dönüşüm sistemleridir. Güneş enerjisiyle ısınma, biyokütle, rüzgar, su (hidro) ve okyanus doğal toplama sistemleri sayılırlar. Termik dönüşüm, fotovoltaik pil ve enerji uyduları teknolojik dönüşüm sistemleri sınıfına girerler.

Okyanusların yüzeylerindeki sıcaklıkla derinliklerdeki sıcaklık farkından faydalanmaya dayalı elektrik üretimi de (Okyanus Termik Enerji Dönüşümü) bu sınıf kapsamında görülebilir (Şekil 6.19).



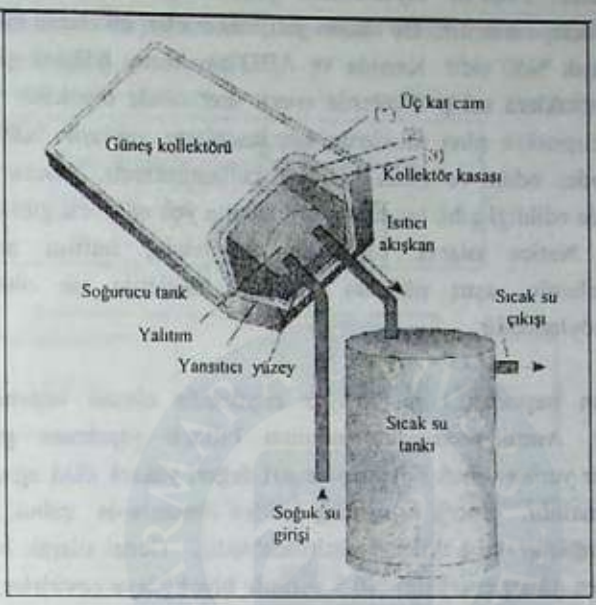

Şekil 6.19 Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

## A.1 Doğal Toplama Sistemleri

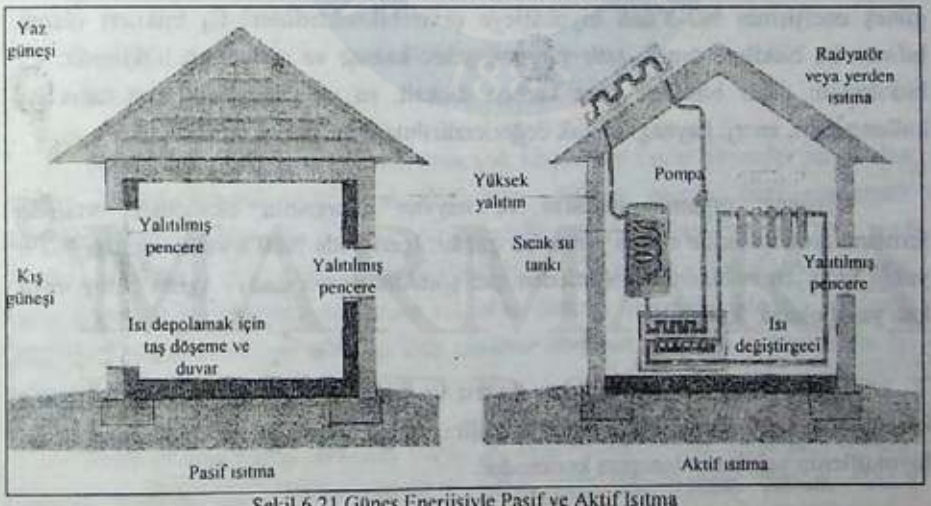
### A.1.1 Güneş Enerjisiyle Isıtma

Günümüzde Kıbrıs, İsrail ve Ürdün'de evlerde kullanılan suyun %25-65'i güneş enerjisiyle ısıtılmaktadır (Şekil 6.20). ABD'de 1 milyondan fazla ev pasif veya aktif olarak güneş enerjisiyle ısınmaktadır. Akdeniz ve Ege'de en fazla görülen faydalanma yöntemidir. Güneş enerjisiyle elektrik dahil tüm enerji gereksinimini karşılayan konutlar ana hatlarıyla Şekil 6.21-6.25'de gösterilmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 6.20 Güneş Enerjisiyle Su Isıtma Sistemi




Şekil 6.21 Güneş Enerjisiyle Pasif ve Aktif Isıtma

### A.1.2 Biyokütle

Biyokütlenin kaynağı, fotosentez ürünü olan bitkilerdir. Güneşin bulunduğu her yerde, denizlerde ve karalarda büyüyen organizmalardır. Odun, biyogaz, tezek, tarımsal ve evsel atıklar en fazla kullanılan biyokütledir (Şekil 6.22).

Biyokütlenin veya biyokütleden elde edilen gazların (biyogaz) yakılmasıyla enerji elde edilir. 1988'de biyokütlenin yakılmasıyla dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %15'i karşılanmıştır. Bu rakam gelişmekte olan ülkelerde tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %50'sidir. Kanada ve ABD'nin kuzey bölgesi gibi ormanlarla kaplı büyük topraklara sahip ülkelerde enerji üretiminde biyokütle kullanımı söz konusudur. Gelişmekte olan ülkelerde ise insanların yaklaşık %80'i ısınma ve yemek pişirmede, odun ve odun kömürü kullanmaktadır. Ancak daha önceki bölümlerde ifade edildiği gibi, bu durum ormanların yok edilmesi gibi ciddi sonuçlar yaratmaktadır. Netice olarak biyokütle enerjisinin, nüfusu az bölgelerde kullanımının olumlu, aşırı nüfusun yaşadığı ülkelerde ise olumsuz etkiler yaratabileceği söylenebilir.

İnsanlığın başından beri, kolayca erişilebilir olması nedeniyle odundan faydalanılmıştır. Ancak odun kullanımının bilinçli yapılması gerekmektedir. Kıymetli ağaçlar yerine çabuk büyüyen ve ısıl değeri yüksek olan ağaç türleri yakıt olarak kullanılmalıdır. Enerji ormanları denilen ormanlarda çabuk büyüyen, ısıl değeri yüksek ağaçlar ve bitkiler yetiştirilmektedir. Genel olarak bitkiler, kendi yüzeylerine gelen güneş enerjisini %0.5 verimle biyokütleye çevirirler. Ancak bazı bitkiler verimli bir fotosentetik sisteme sahip olduklarından, yüzeylerine düşen güneş enerjisinin %2-3'ünü biyokütleye çevirebilmektedirler. $C_4$ bitkileri olarak bilinen bu bitkilere örnek, tatlı sorgum, şeker kamışı ve mısır türü bitkilerdir. $C_4$ bitkilerinin diğer bitkilere göre karbon dioksit, su ve güneş ışınlarını daha iyi kullanmaları, enerji kaynağı olarak değerlendirilmelerine sebep olmaktadır.

Biyogaz, organik atıkların ve hayvan gübresinin oksijensiz ortamda fermantasyonuyla elde edilen yanıcı bir gazdır. İçeriğinde %60'a yakın metan, %3'e yakın hidrojen bulunur. Biyokütleden gaz çıktıktan sonra geriye kalan gübre veya katı yakıt olarak kullanılır.

Tezek, büyükbaş hayvanların dışkısı ve samanın karıştırılmasıyla hazırlanan karışımın güneşte kurutulmasıyla elde edilir. Ancak gübre olarak işlev görecek bu biyokütlenin yakılması tartışma konusudur.

Katı atıklar, özellikle evsel katı atıklar organik madde içerirler. İçlerinde bol miktarda yiyecek atık ve artıkları bulunur. Katı atıklar, organik kısmı yoğun hale getirilerek ve suları uzaklaştırılarak yakacak biriket haline getirilebilirler. Bundan başka havasız ortamda ısıtılarak, yani piroliz denen işleme tabi tutularak metil alkol (metanol) ve etil alkol (etanol) elde edilir. Bu alkoller genellikle %15 benzinle

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

karıştırılarak arabalarda kullanılabilir. Özellikle şeker kamışı üretilen ülkelerde alkollü benzin kullanımı çok yaygındır.



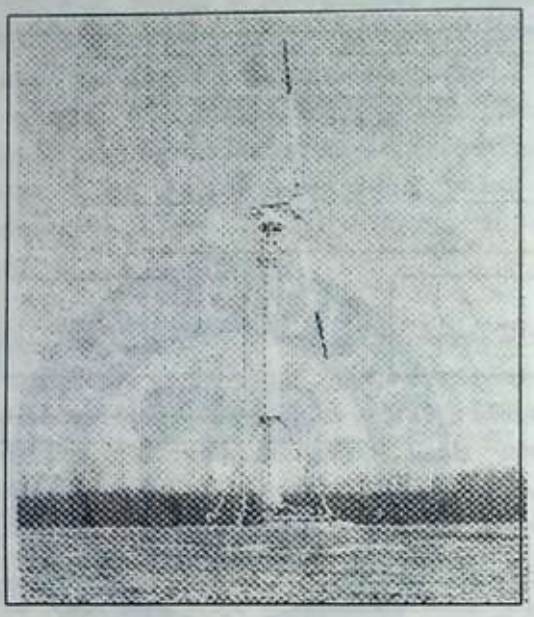

Şekil 6.22 Biyoyakıt Türleri

### A.1.3 Rüzgar Enerjisi

Yeryüzüne düşen güneş enerjisinin çok küçük bir kısmı atmosfer tarafından rüzgar şeklinde kinetik enerjiye dönüştürülür. Rüzgar enerjisi depolanamayan, kontrol altında tutulamayan düzensiz bir enerji kaynağıdır. Ancak, rüzgar türbinleri vasıtasıyla elektrik elde edilmesinde kullanılabilir. 24 metre yükseklik ve 8 metre kanat genişliği olan bir rüzgar türbini 1.1 MW elektrik üretebilmektedir. Rüzgarlı bölgelerde kurulan rüzgar çiftliklerinde binlerce türbinin birarada çalışmasıyla iyi neticeler alınabilmektedir (Şekil 6.23).

1990 yılında bütün dünyada sayısı 20 000'i aşan rüzgar türbininin ürettiği elektrik enerjisi, iki nükleer santralın yıllık üretimine eşittir. Bunun %80'i Kaliforniya'da üretilmektedir. Günümüzde dünya elektrik tüketiminin %10'nundan fazlasının rüzgar gücünden sağlanabileceği uzmanlar tarafından belirtilmektedir. Rüzgar türbinleri, özellikle kentlerden uzak yerleşim birimlerine ve enerji gereksinimi çok olmayan kullanıcılar için uygun niteliktedir. Rüzgar enerjisinin çevrede yaratacağı etkinin çok az olmasına rağmen rüzgar hızının belirsizliği bu kaynaktan yararlanmayı sınırlandırmaktadır. Avrupa ülkeleri arasında Danimarka,

rüzgar enerjisi teknolojisinde en önde gelen ülkedir. Yapılan planlamalarda 2030 yılına kadar tüm elektrik ihtiyacının %50'sinin rüzgar enerjisi ile karşılanması hedeflenmektedir.



Şekil 6.23 Rüzgar Türbini

### A.1.4 Hidro Enerji:

Su döngüsünde olduğu gibi hidro enerjinin kaynağı da güneş olarak görülebilir. Diğer taraftan, hidroelektrik santrallerin çalışması potansiyel enerjinin kinetik enerjiye değişmesi esasına dayanır. Ancak potansiyel enerji yerçekimi dolayısıyla var olduğu için, hidroelektrik enerji kaynağının yerçekimi olduğu da söylenebilir. Barajda, belli bir yükseklikte olmasından dolayı suyun sahip olduğu potansiyel enerji, aşağıya türbin kanatlarının üzerine döküldüğü anda kinetik enerjiye dönüşür. Bu da türbin şaftına mekanik enerji olarak aktarılır ve jeneratörde elektrik enerjisi haline dönüşür.

1997 yılında dünyanın tükettiği elektriğin yaklaşık %21'i ve toplam enerjinin sadece %3'ü su gücünden sağlanmıştır. Bazı ülkelerde ise enerji gereksiniminin önemli bir kısmı hidroelektrik santrallerden karşılanmaktadır: Norveç'te %100'ü, İsviçre'de %74'ü ve Avusturya'da %67'si. Avrupa ve Kuzey Amerika'da hidro potansiyelin %60'ı kullanılmaktadır. Sahip olduğu hidro güç potansiyelinin hala çok

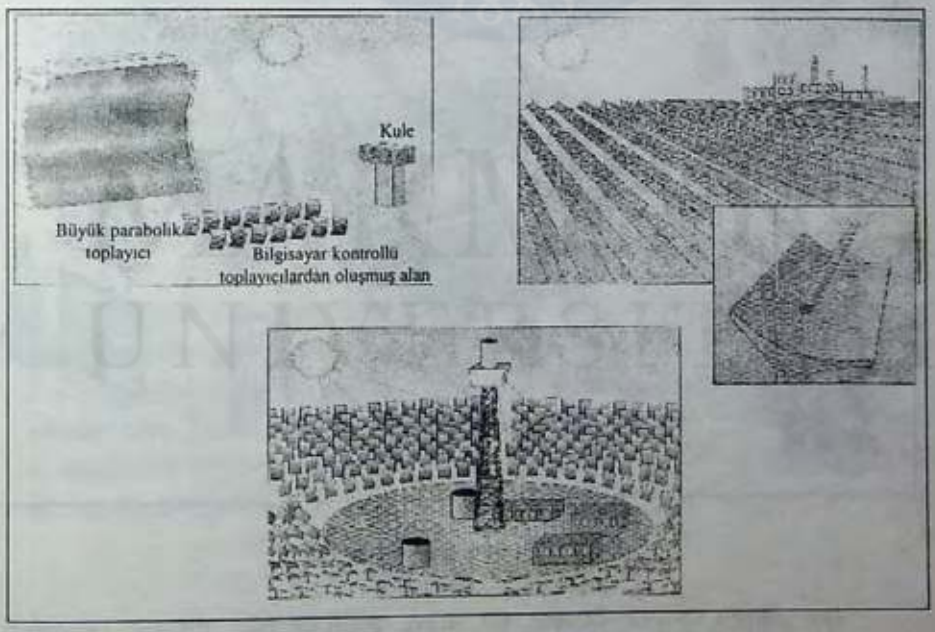
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

az bir kısmını kullanan bazı bölgeler de vardır. Afrika'da toplam potansiyelin sadece %5'i, Güney Amerika'da %8'i, Asya'da ise %9'u kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde kurulması planlanan hidroelektrik santraller, kömürle çalışan yüksek kapasiteli 225 adet santralın ürettiği elektriği üretecek büyüklüktedir. Güneş enerjisi gibi hidro enerjinin de atmosfer üzerindeki etkileri azdır. Ancak bu santrallerin akarsu sistemlerinin düzenini ve su kalitesini etkilediği bilinmektedir.

## A.2 Teknolojik Toplama Sistemleri

### A.2.1 Termik Dönüşüm

Bu sistemle, güneş enerjisinden yararlanarak bir elektrik santralı işletilmektedir. Tek fark, türbinleri çeviren buharın, güneşin ışınlarıyla 550°C'ye kadar ısıtılmış bir sıvıdan aktarılan ısı vasıtasıyla elde edilmesidir. Bu santraldeki temel birim, güç kulesi diye adlandırılan güneş ışınlarının aynalar vasıtasıyla odaklaştırılarak toplandığı kuledir. Kulenin tepesinde bulunan ışın emicinin içindeki ergimiş sodyum, güneş ışınlarının açısına göre kendi açısını ayarlayabilen aynalar vasıtasıyla 550°C'ye kadar ısıtılmış olur. Bir ısı aktarıcısına beslenen bu sıvı, ısı enerjisini normal sıcaklıkta gelen suya aktarıp türbini çalıştıracak kızgın buhar haline gelmesini sağlar (Şekil 6.24).

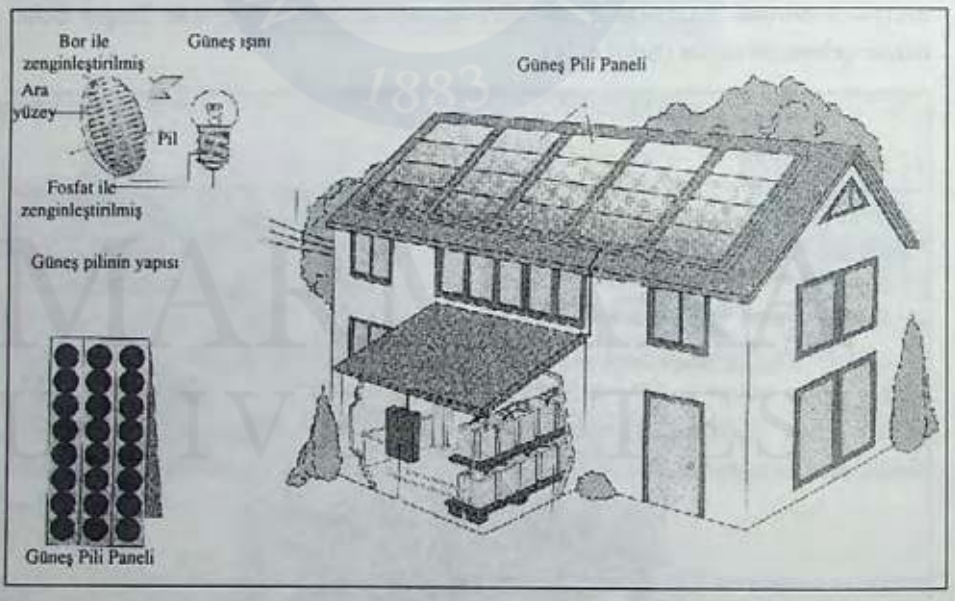



Şekil 6.24 Güneş Enerjisiyle Elektrik Üretimi

Bu sistem, büyük ölçekte elektrik üretiminde kullanılır. Ancak ergimiş sodyumun aktardığı ısıyla fosil yakıtlarla erişilen buhar sıcaklığına erişmek, dolayısıyla aynı verime ulaşmak pek mümkün olmamaktadır.

### A.2.2 Fotovoltaik Piller

Güneş enerjisiyle küçük ölçekte elektrik üretimi için daha uygun bir sistem fotovoltaik veya güneş pili olarak adlandırılan pillerdir. Tek tek evlerin veya işletmelerin elektrik ihtiyacını karşılamak için güneş ışınlarından elektrik üreten bu piller gelecek için umut vermektedir. Güneş pilleriyle, türbin ve jeneratöre gerek kalmaksızın güneş ışınları doğrudan elektrik enerjisine dönüşmektedir. En son teknolojiyle üretilen güneş pilleri, cam veya paslanmaz çelik bir levhanın 0.001 mm kalınlığında amorf silisyum tabakasıyla kaplanmasıyla hazırlanmaktadır. Pillerin üzerine düşen güneş ışınları, silisyum atomlarının elektronlarını yörüngelerinden uzaklaştırırlar. Elektronların silikon levhanın alt tabakasında toplanmasıyla eksi yüklü bir alt tabaka, elektronların terk ettikleri boşluklarda yukarılarda toplanarak artı yüklü bir üst tabaka meydana getirirler. Bu iki tabakanın birbirine bağlanmasıyla elektrik akmaya başlar (Şekil 6.25).




Şekil 6.25 Güneş Enerjisi Kullanan Bir Ev

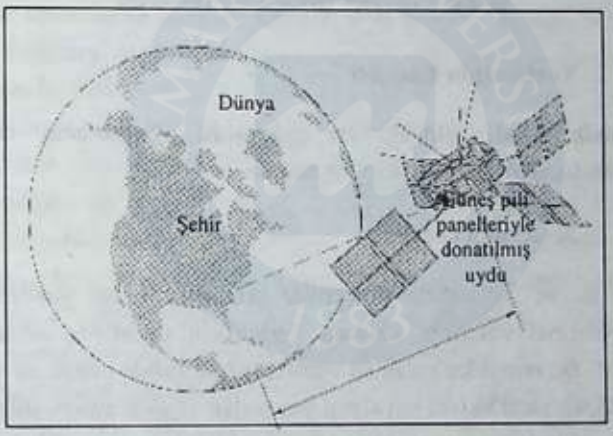
Bu pillerin büyük ölçekte bir araya getirilmesiyle elektrik santralleri oluşturulabilir. Mojave çölünün %1'i kadar bir alanı kaplayabilecek güneş santralı,

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Los Angeles'in elektrik ihtiyacını karşılayabilmektedir. Güneş enerjisinin önümüzdeki 40-50 yıl içerisinde, A.B.D.'nin elektrik üretiminin yarısını üretmeye yeterli olabileceği tahmin edilmektedir. Avrupa'da kullanılan elektriğin çoğunun ise Kuzey Afrika'daki güneş enerjisinden üretilebileceği ileri sürülmektedir. Bu santraller, nükleer santrallere göre elektriği üçte bir daha ucuza üretmektedirler.

### A.2.3 Uydu Sistemleri

Bu uydular dünyanın etrafında dönerken güneş ışınlarını güneş pillerinde toplayıp mikrodalga olarak dünyamıza yollarlar (Şekil 6.26).

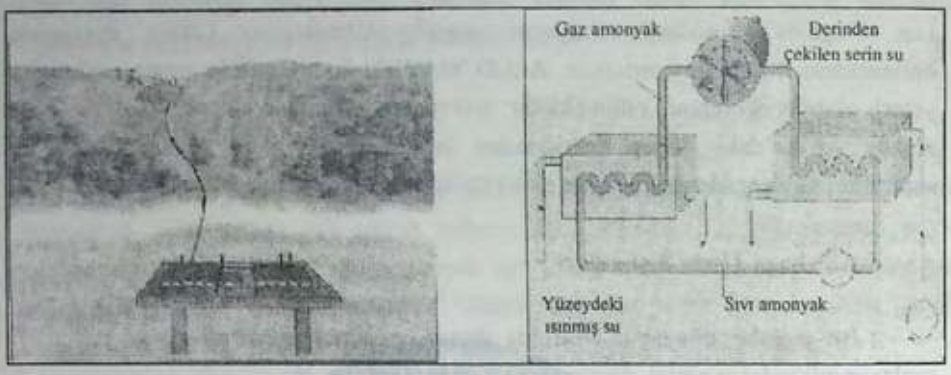



Şekil 6.26 Uyduyla Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

### A.2.4 Okyanus Termik Enerji Dönüşümü

Okyanus yüzeyinde soğurulan güneş enerjisi sonucu, yüzey suları ile dip suları arasında 20°C'ye varan sıcaklık farkları doğmaktadır. Okyanus kütlelerinin büyüklüğünden dolayı, termik santrallerdeki sıcaklık farkına göre çok küçük olan bu sıcaklık farkı ile, bir ısı makinesi kullanarak elektrik üretmek mümkündür. Ancak ısı taşıyıcı ve türbinleri çeviren akışkanın, kaynama noktasının çok düşük olması gerekmektedir (Şekil 6.27).

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 6.27 Okyanus Termik Enerji Dönüşümü

### B. Yerkürenin Enerjisi

Yerkürenin kendi içindeki ısı enerjisidir. Yerkürenin derinliklerinde 5000°C'ye varan sıcaklık, bu enerjinin kaynağıdır.

### B.1 Jeotermal enerji:

Yeraltı su ve kayalarının içerdiği ısı, önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerjinin kaynağı yerkürenin derinliklerindeki 5000°C'ye varan sıcaklıktır. Bu enerjiden sıcak su olarak, kızgın buhar olarak ve çevresinde su bulunmayan yüksek sıcaklıktaki kayaların yukarıdan enjekte edilen suları ısıtmasıyla yararlanılabilir. Sıcak su rezervinin yeryüzüne yeterince yakın olduğu durumlarda, bundan ekonomik olarak yararlanabilmek mümkündür. Sıcaklığı 180°C üzerinde olan ve elektrik üretimi için kullanılan jeotermal kaynakları yüksek entalpi sınıfına, 150°C'nin altındakiler ise orta ve düşük entalpiler kategorisine sokulabilir. 150-180°C arasındaki kaynaklardan verimli bir şekilde elektrik üretmek için yüksek maliyetli ileri teknoloji kullanmak gerekir.

Dünyanın bazı bölgelerinde jeotermal enerji kullanımının 2000 yılı civarında iki kat artacağı umulmaktadır. Jeotermal enerji yaklaşık 20 ülkede kullanılmaktadır. Tüm dünyada kullanılmasına en büyük engel, bu kaynağa ulaşmadaki zorluklardır.

### B.2 Nükleer enerji:

Nükleer enerji de yerküreden gelen gizil enerji kaynağıdır. Çünkü parçalanmalarıyla enerji veren bu çekirdeklerin oluşması, yerkürenin ilk

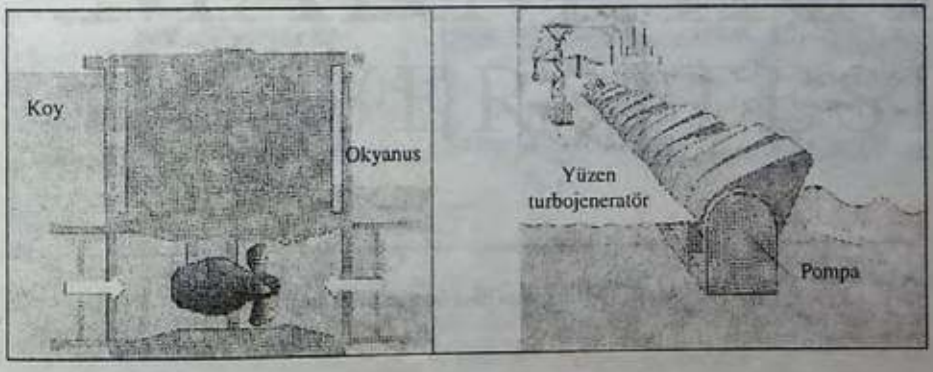
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

oluşumunda sahip olduğu çok yüksek sıcaklıklar sayesinde gerçekleşmiştir. Ancak bu elementler de yerkürede sınırlı miktarda bulundukları için ve yenilebilirlikleri olmadığı için, aynı zamanda yenilenemez enerji sınıfına girerler. Nükleer enerji, daha önceki sayfalarda yenilenemez enerji sınıfında açıklanmıştı.

### C. Gezegenlerin Çekim Enerjisi

### C.1 Gel-git Enerjisi

Gel-gitler, ayın dünya üzerindeki çekim kuvvetiyle oluşurlar. Ayın dünyaya en yakın olduğu noktalarda çekim gücü en fazla, en uzak olduğu nokta ve zamanda ise en azdır. Bu çekim kuvveti en fazla açık denizlerde, yani okyanuslarda hissedilir. Bu zamanlarda denizler kabarır veya alçalır. Seviye farkı 16 metreye kadar ulaşır. Kabarma ve alçalmaların ağzı kolayca kapanabilen okyanus koylarında olması durumunda, hidroelektrik santrallerinde olduğu gibi elektrik üretimi mümkün olmaktadır. Koyun boğazına inşa edilen kapaklar, deniz kabarıp hem koy hem de okyanus tarafında yüksek seviyede olunca kapatılır. Denizlerin çekilmesiyle okyanus tarafındaki su seviyesi düşer; koydaki su seviyesi ise kapaklar kapalı olduğu için, hidroelektrik santralindeki baraj suları gibi yüksekte kalır. Bu durumda kapaklar açılınca koy suları kapakların alt kısmına yerleştirilen türbinlerin üzerine hızla akar ve türbin pervanelerini çevirir. Bu mekanik enerji de diğer santrallerde olduğu gibi jeneratörle elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu konumda kapaklar kapatılır. Denizlerin kabarmasıyla okyanus tarafındaki su seviyesi yükselir. Koy tarafı etkilenmediği için sular burada aynı düşük seviyede kalır. Bu durumda kapakların açılmasıyla okyanus tarafından koy tarafına sular akar ve türbinleri çevirerek elektrik üretilir (Şekil 6.28).




Şekil 6.28 Gel-git ve Dalga Santralı

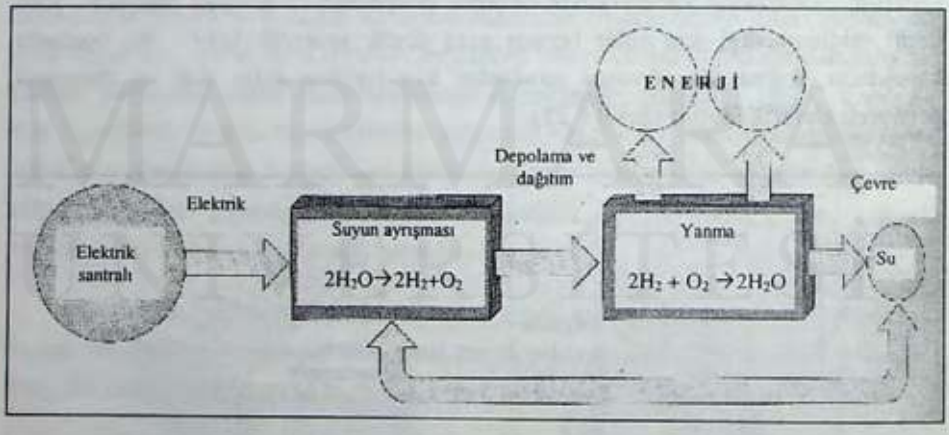
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### C.2. Potansiyel Enerji

Yerkürenin çekim enerjisinden, hidroelektrik santrallerinde yararlanılmaktadır. Ancak santral çalıştıran sıvıların, güneş tarafından yürütülen su döngüsünün bir parçası olması nedeniyle daha önce güneş kaynaklı enerji türü olarak açıklanmıştı.

### D. Hidrojen Enerjisi

Evrende en fazla bulunan elementlerden birisi hidrojendir. Atmosferin en üstünde bol miktarda hidrojen vardır. Yer kabuğunda hidrojen serbest olarak bulunmayıp bileşikler halinde bulunur: fosil yakıtlarda, besinlerde ve suda olduğu gibi. Yanma denen olayda, fosil yakıtın içindeki karbon havanın oksijeniyle birleşip karbon dioksit oluştururken dışarıya enerji salar. Hidrojen ise havanın oksijeniyle birleşip su oluştururken dışarıya enerji salar. Bu yüzden hidrojen de kendi başına bir yakıttır. Dahası, yanmasıyla ortaya çıkan gaz sudur, hava kirliliği gibi bir sorun söz konusu değildir. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasındaki en büyük sorun geniş ölçekte hidrojen eldesidir. Büyük ölçekteki üretim için tek kaynak sudur. Elektroliz yoluyla su molekülünü parçalayarak hidrojen elde edilebilir. Ancak adından anlaşılacağı gibi elektroliz, elektrik enerjisiyle yürür. Güneş pillerinin kullanılmasıyla bu iş nispeten mantıklı ve ekonomik açıdan geçerli olabilir (Şekil 6. 29).




Şekil 6.29 Hidrojenin Elde Edilmesi ve Yanması

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 6.2.3 Türkiye'nin Enerji Kaynakları

Türkiye, en çok kullanılan fosil enerji kaynaklarından kömür, petrol ve doğal gaz rezervlerine sahip olmakla birlikte, linyit dışında bu rezervlerin büyüklükleri sınırlı olup, tüketim ihtiyacını yanıtlamaktan uzaktır.

1970-1997 yılları arasında ülkemizdeki birincil enerji kaynakların üretimi 1.9 kat artarken, tüketim 3.8 kat artış göstermiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verilerine göre 1997 yılında ülkemizde tüketilen enerjinin %61'i ithal, %39'u yerlidir (Tablo 6.8).

| Kaynaklar | Üretim | Tüketim | Tüketimdeki Payı (%) | İthal Edilen (%) |
|---|---|---|---|---|
| Taşkömürü | 1 347 | 8 495 | 11.9 | 84 |
| Linyit | 11 759 | 12 280 | 17.2 | 4 |
| Petrol | 3 630 | 30 515 | 42.8 | 88 |
| Doğal Gaz | 230 | 9 165 | 12.8 | 97 |
| Hidro | 3 424 | 3 424 | 4.8 | 0 |
| Biyokütle | 7 024 | 7 024 | 9.8 | 0 |
| Güneş | 80 | 80 | 0.1 | 0 |
| Jeotermal | 179 | 179 | 0.3 | 0 |
| İthal Elektrik | | 191 | 0.3 | 100 |
| **Toplam** | **27 673** | **71 358** | | **61** |

Tablo 6.8 1997 Yılında Türkiye'nin Birincil Enerji Üretim ve Tüketimi (milyon ton petrole eşdeğer)

Üretim ile tüketim arasındaki fark ihracatla kapatılmıştır. Diğer bir deyişle tükettiğimiz enerji kaynaklarının sadece %39'u yerli olup gerisi ithal edilmektedir.

Türkiye'nin bilinen taşkömürü rezervi toplam olarak 1 126 milyon tondur. En önemli taşkömürü havzası Zonguldak yöresinde, batıda Ereğli'den başlayarak doğuda Söğütözü'ne kadar 200 km uzunluğunda bir kuşak üzerinde yer almaktadır. Burası Kuzey Batı Anadolu Karbonifer Havzası olarak da bilinmektedir. Jeolojik özelliklerinden dolayı Zonguldak havzası işletilmesi oldukça güç olan bir taşkömürü yatağıdır. Alt ısıl değerleri 28 MJ/kg civarındadır.

Türkiye'nin enerji kaynakları arasında linyitin önemli bir yeri vardır. 1960 yılına kadar yapılan aramalarda, daha çok yüksek ısıl değerli linyit alanları üzerinde durulmuştur. 1960'lı yıllarda ise düşük ısıl değerli linyitlerin termik santral yakıtı olarak değerlendirilmesi gündeme gelmiş ve yapılan aramalarda Kahramanmaraş civarında önemli miktarda yeni linyit alanları bulunmuş (Elbistan linyitleri) ve

böylece toplam linyit rezervi 8 075 milyon tona ulaşmıştır. Bunun 3 300 milyon tonu yüksek nem ve kül içerikli, ısıl değeri 4.4 MJ/kg olan Elbistan linyitleridir. Tüm linyitlerimizin %70'inin nem içeriği %30'dan yüksek olup, rezervin %60'ının nem içeriği %40'ı aşmaktadır. Toplam linyit rezervinin %85'inin kül içeriği %20'den daha yüksektir. Kükürt içeriği %2'den az olan bölüm toplam rezervin ancak üçte birini teşkil etmektedir. Bilinen linyit rezervlerinin %57'sinin ısıl değeri 6.3 MJ/kg'dan azdır; sadece %2'sinin ısıl değeri 14.7 MJ/kg dan büyüktür (Şekil 6.30).

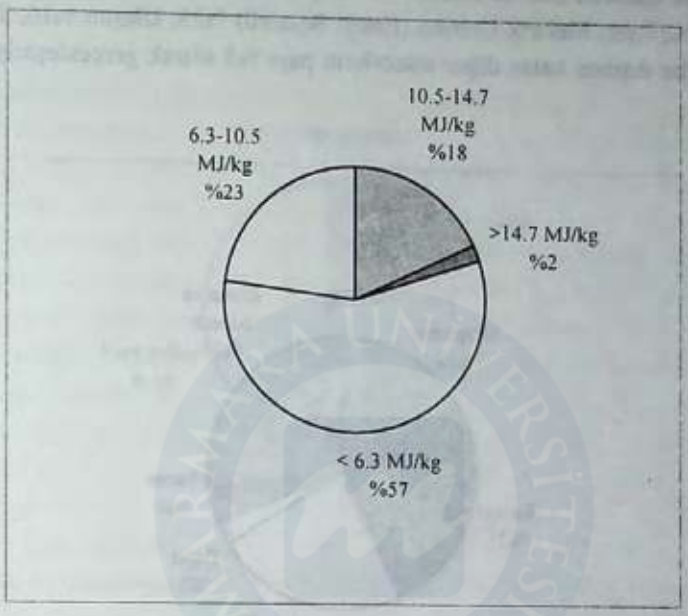
Petrol, uzun yıllardan beri Türkiye'nin enerji ithalatında önemli yer tutan ve gelecekte de bu önemli yeri koruması beklenen bir enerji kaynağıdır. 1997 verilerine göre Türkiye'nin bilinen petrol rezervi 979 milyon ton olup üretilebilir miktarı 150 milyon ton civarındadır. Bunun 103 milyon tonu tüketilmiş olup geriye kalan sadece 47 milyon tondur. 1997 yılında Türkiye'deki rafinerilerde toplam 26.7 milyon ton petrol işlenmiş olup bunun 3.3 milyon tonu yerli, gerisi ithaldir. Yerli petrolümüzün %6.9'u hafif, %56.8'i orta ve %36.3'ü ağır petroldür. İthalatın büyüklüğüne göre petrol satın aldığımız ülkeler sırasıyla Suudi Arabistan, İran, Irak, Suriye, Mısır, Cezayir, Rusya'dır. Dünyanın en büyük petrol rezervine sahip bölgesi olan Ortadoğu'da 1997 yılı petrol üretimi 1000 milyon tonu aşmıştır.

Türkiye'nin bilinen doğal gaz üretim alanları Trakya ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunmaktadır. 1997 yılında toplam üretim 253 milyon $m^3$ olup bunun %83'den fazlası Trakya'da Hamitabat sahasında yapılmaktadır. 10 000 milyon $m^3$ toplam tüketimin ancak %3'e yakın bir miktarı yerli üretimden karşılanabilmektedir.

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları açısından çok zengin olmasına karşın, bu kaynakların odun ve tezek dışındaki kullanımı ihmal edilecek kadar düşüktür. 2000 yılından itibaren rüzgar dahil olmak üzere tüm yenilenebilir kaynakların geniş çaplı kullanımı için planlar yapılmaktadır. Son yıllarda jeotermal enerji ile merkezi konut ısıtması Gönen, Simav, Kırşehir, Kızılcahamam, İzmir Balçova ve Afyon'da oldukça artmıştır. Denizli Kızıldere'de ise bir de jeotermal elektrik santrali bulunmaktadır.

45 Derece kuzey ve güney enlemler arasındaki güneş kuşağı içinde kalan ülkemiz, güneşten faydalanabilen ülkeler arasındadır. Güney doğu Anadolu, Akdeniz, Ege ve İç Anadolu bölgelerinde güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Bu potansiyel hem konut ısıtma ve sıcak su ihtiyacı için hem de elektrik üretimi için değişen verimlerle kullanılabilir niteliktedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

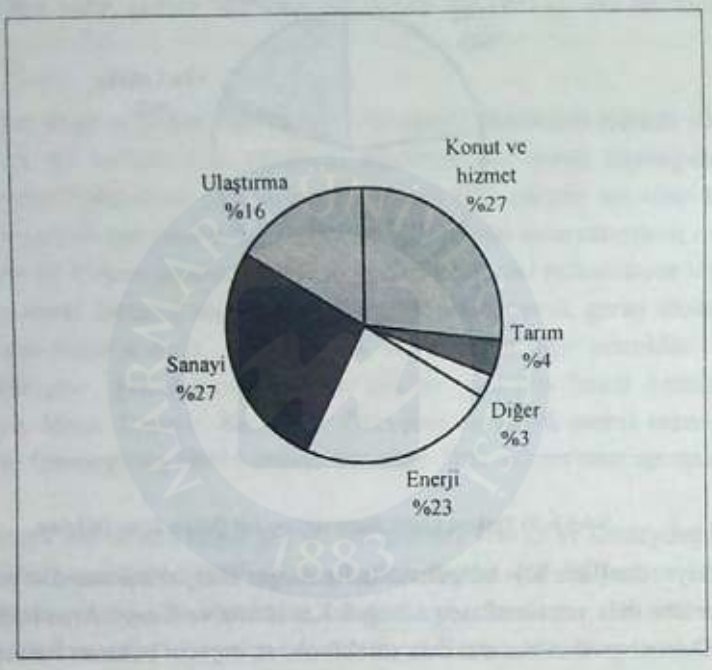



Şekil 6.30 Türkiye Linyit Rezervlerinin Isıl Değere Göre Dağılımı

Türkiye, özellikle kıyı bölgelerimiz ile rüzgar enerjisi bakımından potansiyeli olan ülkeler arasında yer almaktadır. Soğuk Karadeniz ve Kuzey Asya bozkırları ile sıcak Ege Denizi ve Akdeniz arasında sürekli olarak mevcut bulunan basınç farkları, Trakya ve Marmara Bölgemiz üzerinde sürekli ve kuvvetli rüzgarlar oluşturmaktadır. Bu nedenle Marmara, Akdeniz ve Ege kıyıları dünya üzerinde rüzgar gücü potansiyeli en yüksek olan ilk %30 alana girmektedir. Rüzgar enerjisi teknolojisindeki en son gelişmelerin uygulanması için çalışmalar sürmektedir.

Biyokütle olarak odun, hayvan ve bitki artıkları, ülkemizde uzun yıllardan beri özellikle ısıtma, yemek pişirme alanlarında etkin bir şekilde tüketilmektedir. Ancak ülkemiz ormanları kaçak kesim yüzünden büyük oranda tahrip edilmektedir. Bu durumun önlenmesi için son yıllarda üzerinde önemle durulan çözümlerden biri enerji ormanları ve enerji bitkileridir. Türkiye'nin iklim koşullarına uygun özellikleri olan tatlı-sorghum adlı bitki yüksek fotosentez verimine sahip olup, fazla su ve gübreye gereksinim duymamaktadır. Bu bitkinin sap kısmında şeker depolaması onun alkol üretiminde kullanımını sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda, bu bitkiden hektar başına yılda 2-3 ton petrol eşdeğeri etil alkol ve posa kısmından da 6-9 ton petrol eşdeğeri katı yakıt elde edilebileceği görülmektedir.

Ülkemizdeki birincil enerji kaynakları tüketimine 1997 yılı rakamları çerçevesinde bakacak olursak sektörlerin enerji tüketimindeki payları Konut/Hizmet ve Sanayi %27'şer; Elektrik Üretimi (Enerji Sektörü) %23; Ulaşım %16; Tarım %4 ve bu gruplar dışında kalan diğer sektörlerin payı %3 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 6.31).

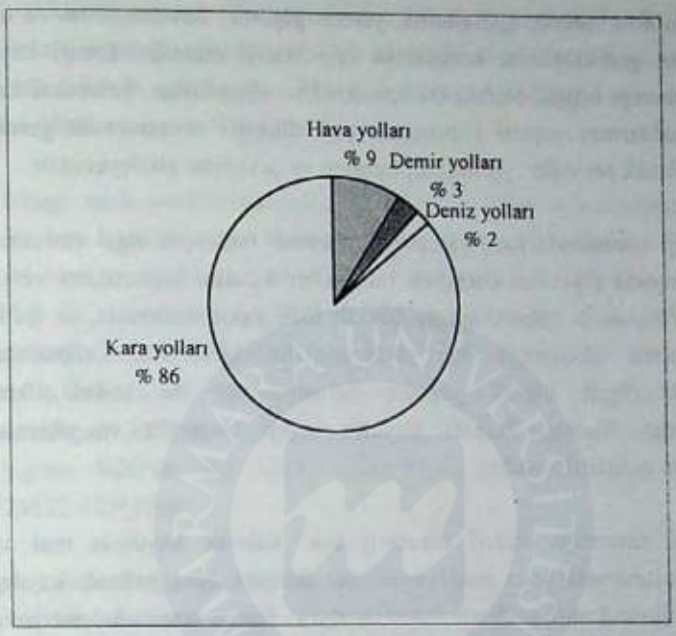



Şekil 6.31 1997 Yılında Türkiye'de Sektörlerin Enerji Tüketimindeki Paylar

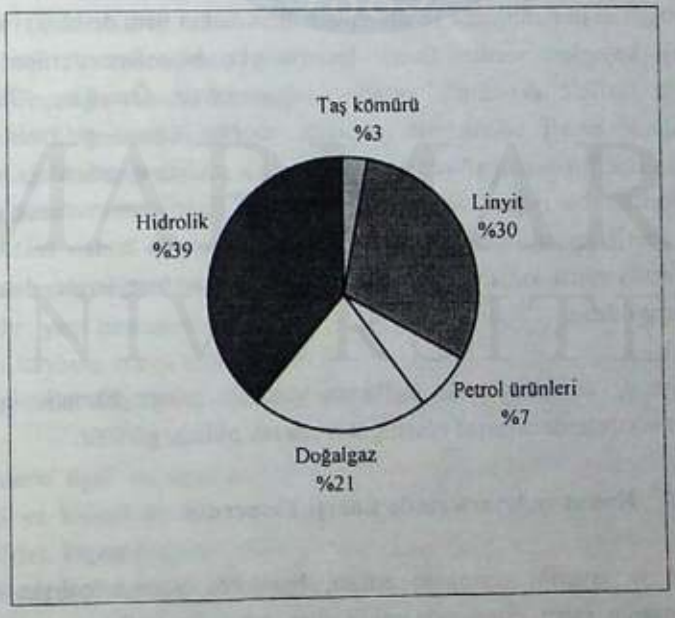
Ulaşım sektöründe en büyük pay Karayollarının olup (%86), onu %9 ile havayolları izlemektedir. Demir ve Deniz Yollarının payı toplam %5 seviyesindedir (Şekil 6.32 ).

Birincil kaynak tüketiminde %23'lük paya sahip olan Enerji sektöründe kaynak dağılımı %39 hidro, %21 doğal gaz, %30 linyit, %7 fuel oil/mazot gibi petrol ürünleri ve %3 taşkömürü şeklindedir (Şekil 6.33).

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 6.32 1997 Yılında Türkiye'de Ulaştırma Sektörü Enerji Tüketiminin Alt Sektörlere Dağılımı




Şekil 6.33 1997 Yılında Türkiye'de Elektrik Üretiminde Kaynak Payları

### 6.2.4 Enerji Kaynaklarının Sürdürülebilir Kullanımı

İnsanların ısınma, aydınlatma, yemek pişirme, havalandırma ve ulaşım gibi birçok temel gereksinimini karşılamak için enerji tüketilir. Enerji kaynaklarının kullanımı çevreyi büyük ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden, gelecekte kullanılacak enerji kaynaklarının seçimi konusunda çok dikkatli davranılması gerekmektedir. Bugün yapılacak seçimler, yarının toplumunu ve çevresini etkileyecektir.

Enerji konusunda fosil yakıtların gündemi fazlasıyla işgal etmesinin nedeni, şu anda dünyada tüketilen enerjinin büyük bir kısmını sağlamaları ve tükenebilir olmalarıdır. Yukarıda bahsedilen üç önemli fosil yakıt rezervinin, en iyi koşullarda 200 yıl sonra tükeneceği öne sürülmektedir. Gelecekte kullanılacak enerji kaynaklarıyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda, iki temel ilke kendini göstermektedir. Bunlar, küresel boyutta enerji tasarrufu ve alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesidir.

Enerji tasarrufu, enerji tüketimi aynı kalmak kaydıyla mal ve hizmet üretiminin arttırılması veya mal ve hizmet üretimi aynı kalmak kaydıyla enerji tüketiminin düşürülmesi şeklinde tanımlanabilir. Enerji tasarrufu, enerjinin üretimi, nakli, dönüştürülmesi ve kullanılması safhalarında verimliliğin arttırılması ve kayıpların azaltılması ile sağlanır. Günümüzde enerji tasarrufu tam anlamıyla sağlanamamış olup tüm dünyada ve ülkemizde hem konut hem de sanayi sektöründe büyük enerji kayıpları vardır. Enerji tasarrufuyla, biyosfere verilen zararların azaltılmasıyla birlikte ekonomik yararlar sağlanacaktır. Örneğin, 1986 yılında ABD'nin ulusal enerji tüketiminin maliyeti, toplam ulusal gelirinin %10'unu bulmakta idi. Enerji tasarruf yöntemlerinin etkin bir şekilde uygulandığı Japonya'da ise aynı dönemde bu değer sadece %4 olmuştur. Enerji tasarrufunun toplumsal boyutu ise, enerji verimliliğini geliştirme sektöründe enerji üreten sektörlere göre daha fazla insan gücü kullanılması, dolayısıyla toplum bireylerine daha fazla iş imkanı sağlamasıdır.

Türkiye'de enerjinin etkin kullanım yollarını sektör bazında inceleyecek olursak, tüm sektörlerde tasarruf olasılığının yüksek olduğu görülür.

#### 6.2.4.1 Konut ve İşyerlerinde Enerji Tasarrufu

Konut ve işyerini ısıtmanın amacı, buralarda yaşayan/çalışan insanların rahatıdır. İnsanın rahat olmasında etkili olan hava ile ilgili çevresel faktörler, havanın temizliği, nemi, hareketi ve sıcaklığıdır. İnsanlar genellikle 18 ile 20°C

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

arasında etkinliklerini rahatça sürdürebilirler. Gömlekli, ceketli bir iş kıyafetinin içinde 20°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pek rahat edilemez. İnsanların vücut ısısını da göz önünde tutarak, çok sayıda insanın bir arada bulunduğu alanlarda ortam sıcaklığı daha düşük seviyelerde tutulmalıdır.

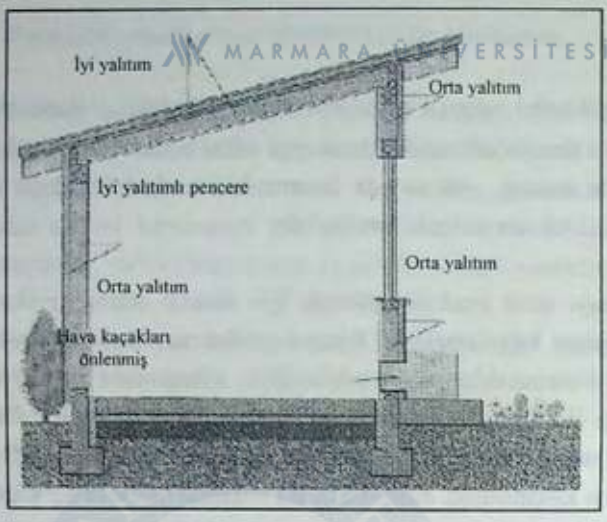
Bir binayı sabit sıcaklıkta tutmak için sürekli ısıtma gereksiniminin nedeni binanın ısı kaybını karşılamaktır. Binaya verilen ısı, kaybolan/kaçan ısı miktarına eşit olmalı ki bina sıcaklığı sabit tutulabilsin. Binalardaki ısı kaybının miktarı, iç ortam sıcaklığı ile dışarıdaki sıcaklık arasındaki farka bağlıdır. Bu fark ne kadar büyük ise ısı kaybı o kadar büyük olur ve dolayısıyla, binaya sağlanması gereken enerji miktarı o kadar büyük olur. Basit bir hesapla, havanın 12°C olduğu bir günde iç ortam sıcaklığını 22°C'de tutmak yerine 20°C'de tutmakla, 22°C iç ortam sıcaklığına göre %20'lik bir enerji tasarrufu sağlanmış olduğu görülebilir {100-(20-12)/(22-12)*100}.

Binaları ısıtmak için tükettiğimiz enerjiden tasarruf etmenin bir diğer yolu binalardaki ısı kaybını azaltmaktır. Pencere ve duvarlardan kaçan ısı, toplam ısı kaybının yarıdan fazlasıdır. Çift camlı pencereler, yalıtımlı tuğlalar ve duvarların iç taraflarına döşenecek yalıtımlar, binalardan ısı kaybını önleyecek en temel yöntemlerdir (Şekil 6.34). Sıcak su kazanı ile borularının ve çatının yalıtımı, elektriğin boşa harcanmaması doğal olarak dikkat edilmesi gereken diğer hususlardır. Geçmişte yaşadıkları yakıt sıkıntısı sebebiyle İsveç'te aileler 200 yıldır, enerjinin etkin kullanımında oldukça başarılıdırlar. Stockholm'daki evlerde %25 daha az enerji kullanılmasına rağmen, Londra'daki evlerden 6°C daha fazla ısınmaktadırlar.

Konut ve işyerlerindeki enerji tüketen yapay aydınlatmaya alternatif, doğal aydınlatmadır; yani pencerelerdir. Ancak, yukarıda belirtildiği gibi, pencereler aynı zamanda ısı kaybına sebep olmaktadır. Bu sebeple pencereler, iç alanları mümkün olduğunca aydınlık tutacak fakat ısı kaybını en aza indirecek şekilde tasarlanmalıdır.

Binalarla ilgili bu tasarruf yöntemlerinin uygulanması sadece vatandaşların bilinç, bilgi ve kişisel tercihlerine bırakılamaz; yerel yönetimler bu sorumluluğu üstlenmelidirler. İnşaat projeleri ciddi şekilde denetlenmeli ve enerji tasarruf boyutu göz ardı edilmiş projelere onay verilmemelidir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 6.34 Yalıtılmış Bir Ev

### 6.2.4.2 Sanayide Enerji Tasarrufu

Sanayi sektöründe, enerji kullanımında verimlilik açısından önemli iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. 1973'den beri gelişmiş ülkeler, sanayide birim üretim için kullanılan enerji miktarını % 30 azaltabilmişlerdir. Japonya, sanayide enerji verimliliği ilkesini uygulayarak enerji tasarrufu konusunda diğer ülkelere öncülük etmektedir.

Ülkemiz sanayisinde, gerek elektrik üretimi gerekse diğer sektörlerde, enerji kayıplarının oldukça büyük olduğu bilinmektedir. Bunun bir sebebi eski teknoloji kullanımı, diğeri de enerji tasarrufu üzerinde hala yeterince durulmamasıdır. Yapılması gereken, yöneticilerin işletmelerinde kullanılan enerjinin hesabını iyi tutup boşa kayıplar için mümkün olan her türlü önlemi almalarıdır.

Elektrik üretim sürecinde termik santrale giren birincil enerjinin sadece yaklaşık üçte biri elektrik ürünü olarak çıkıp nakil hatlarına verilmektedir Türkiye'de elektrik enerjisi doğu bölgelerinde üretilip batıdaki sanayi kuruluşlarına taşınırken enerji nakil hatlarında %20'yi aşan kayıplar olmaktadır.

### 6.2.4.3 Ulaşımda Enerji Tasarrufu

Ulaşım, enerji tasarrufunun kolayca gerçekleştirilebileceği diğer bir alandır. Fazla yakıt tüketmeyen araçların sayılarındaki artışa ve toplu taşımaya verilen

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

öneme rağmen ulaşım, büyük ve artan bir hızla dünya petrol kaynaklarını tüketmektedir. Havadaki karbon monoksitin, hidrokarbonların ve azot oksitlerin ana kaynağı olan motorlu taşıtlarda yapılacak enerji tasarrufu hem parasal açıdan, hem de çevre ve sağlık açısından büyük önem taşımaktadır.

Enerji verimliliği yüksek olan bir taşıt, en az yakıtla en fazla yolcuyu en uzun mesafelere götüren taşıttır. Bu tanımdan giderek yolcu verimliliği kavramı geliştirilmiştir:

Yolcu verimliliği = Yolcu sayısı x Kat edilen mesafe (km) / Kullanılan yakıt (litre)

Örneğin, içinde sadece sürücüsü ile 1 litre benzin yakarak 8 km giden bir arabanın yolcu verimliliği 8 yolcu-km'dir. Aynı arabanın içinde sürücü ile birlikte 4 yolcu olsaydı, yolcu verimliliği 40 yolcu-km'ye yükselirdi. Bu değerlerden anlaşıldığı gibi, mesele sadece bir taşıtın bir litre yakıtla kaç km gidebildiği değildir. Mesele, bir litre yakıtla kaç yolcunun kaç km gidebildiğidir. İstanbul'daki ulaşımın yolcu verimliliği üzerine yapılan bir araştırmada, içinde 50 yolcu bulunan bir IETT otobüsünün yolcu verimliliği 100 yolcu-km/litre olarak bulunmuştur. Sadece içindeki sürücüyü taşıyan özel otonun verimliliğine göre 12 mislinin üzerinde bir verim sağlanmaktadır. Şehirlerarası ulaşımda ise, aynı araştırmaya göre içinde sadece sürücünün bulunduğu arabanın verimi 9 yolcu-km/litre; 45 yolcusu olan tek katlı otobüsün verimliliği 158 yolcu-km/litre; 69 yolcu bulunan çift katlı otobüsün verimliliği 207 yolcu-km/litre dir.

Şehiriçi ulaşımda halkı toplu taşıtlara özendirmenin bir yolu, şehiriçi trafiğinde toplu taşıtlara öncelik tanımaktır. İstanbul'da köprü ve çevre yollarında toplu taşıtlar için ayrılacak şeritler, bunların daha süratli akmalarını sağladığı için özendirici bir etken olacaktır. Ayrıca, çoğu Avrupa ülkelerinde olduğu gibi, şehiriçinde bilinçsiz özel araba kullanımını azaltmak için taşıt vergilerini arttırmak, ücretsiz park alanlarını azaltmak, şehiriçi park ücretlerini arttırmak ve benzin fiyatlarını caydırıcı boyutlara getirmek gibi önlemler alınabilir.

Motorlu taşıtların yakıt tüketimlerinde kendi ağırlığının da etkisi vardır. Taşıt ağırlaştıkça yakıt tüketimi artar. Taşıt yapımında kullanılan malzemelerin gereksiz yere ağır olmamasına önem verilmelidir. Taşıt ağırlığı olarak 1000 kg baz alınırsa, her 100 kg'lık artışıyla yakıt tüketiminin yaklaşık %9 arttığı belirtilmektedir. Motorlu taşıtlarda yakıt tüketimi hızla artmaktadır. Saatte 50 km'yi baz alacak şekilde yapılan ölçümler, saatte 80, 100 ve 115 km'de yakıt sarfiyatının sırasıyla yaklaşık %8, %11 ve %17 arttığını göstermektedir.

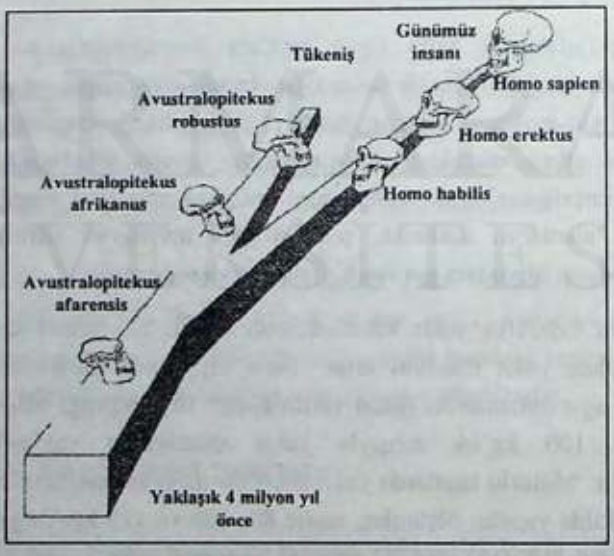
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# 7. BÖLÜM

# EKOLOJİK BİR FAKTÖR OLARAK İNSAN

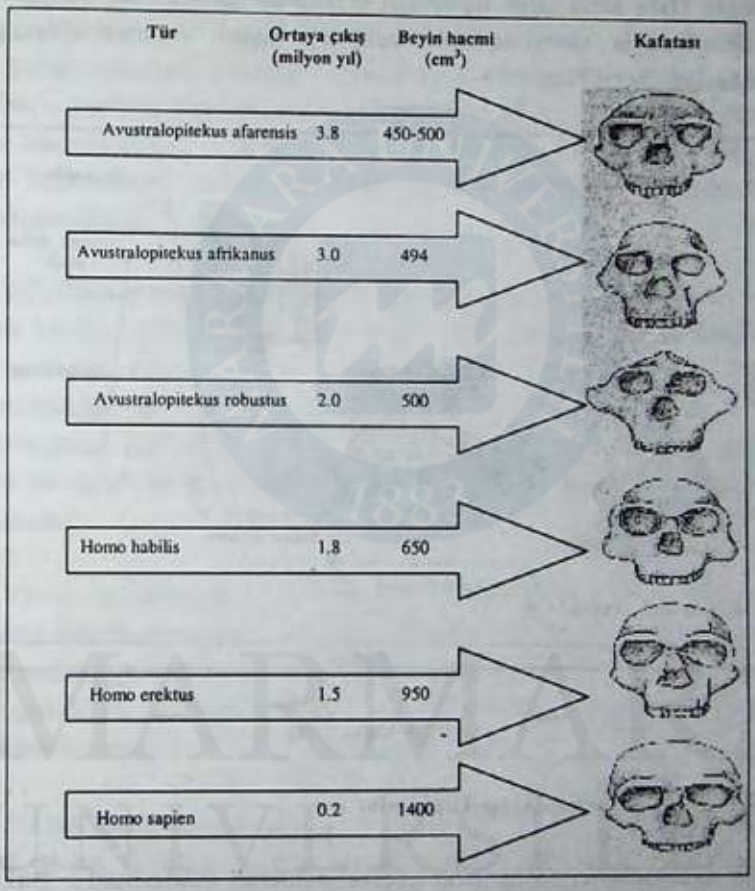
Bütün canlı organizmalar gibi insanlar da çevreleriyle etkileşim halindedirler. Ancak, sayısı ve geliştirip kullandığı teknoloji dolayısıyla ekosfer üzerinde en fazla etkisi olan organizma insanoğludur. Daha 18.Yüzyılda Mary Sommerville adlı coğrafyacı bakın ne kaydetmiş (1858): *"İnsanın temel ihtiyaçları ve zevki, hayvanlar aleminde önemli değişimlere yol açmıştır. Tarlasında bir karganın tohumunu gagaladığını gören çiftçi, kargaların uzaklaşmasını sağlamak için bütün çevresini zehirledi. Birkaç yıl sonra ise tırtılların tüm ekinini yok ettiğini gördü. İnsanoğlu, Tanrının mükemmel bir şekilde dengelediği doğaya müdahale ederse, bunun cezasını çekmek durumunda kalır."*

İnsanoğlunun çevresini nasıl etkilediğini anlamak için, insanın evrimini gözden geçirmek gerekir. Bugünkü insan, milyonlarca yıl önce yaşamış olan akıllı ve sosyal hayvanların devamıdır. İlkel insan, doğaya ve doğal olaylara karşı savunmasızdı. Varlığını sürdürebilmesi, doğaya baş eğmesine ve çevresine uyum sağlamasına bağlıydı. Milyonlarca yıllık evrim içinde, bedensel olarak çok fazla değişime uğramayan insanın beyni çok gelişti. İnsan konuştu, alet kullandı ve farklı beslenme yolları buldu. Doğaya hükmetmeğe başladı ve bunun neticesi olarak üzerinde yaşadığı yerküreye zarar verdi (Şekil 7.1 ve 7.2).




Şekil 7.1 İnsanın Evrimi

Fosiller üzerinde yapılan araştırmalar, bugünkü şeklinden biraz farklı olmakla birlikte insanın 4 milyon yıldan beri yeryüzünde yaşamakta olduğunu kanıtlamaktadır (Avustralopitekus afarensis). 3 milyon yıl önce Avustralopitekus afrikanus, 2 milyon yıl önce Homo habilis, birkaç yüzbin yıl sonra da ortaya çıktığı tahmin edilen Homo erektus ve, onun evrimiyle birkaç yüzbin yıl önce, bugünkü insanın atası olan Homo sapienlerin ortaya çıktığı sanılmaktadır. En eski Homo sapien kalıntıları 41 000 yıl öncesine aittir.

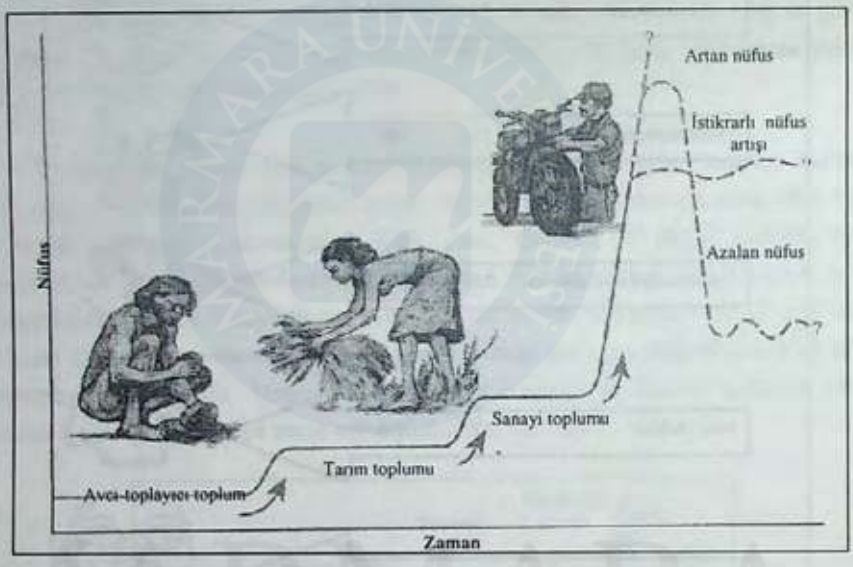



Şekil 7.2 İnsanın Evrimiyle Beyin Boşluğunun Değişimi

Yapılan araştırmalarda, Avustralopitekus afrikanus'un saptanan bedensel özelliklerden giderek ilkel insanların bitkilerle beslendiği, uzun kolları ve kısa bacakları nedeniyle ağaçlara kolayca tırmanabildiği sonucu çıkmaktadır. Homo habilis'e ait kemik kalıntılarının yanında hayvan kemiklerinin de bulunması, besinlerine artık etin de dahil olduğu anlaşılmaktadır. Mağaralarda bulunan kömür

kalıntılarından ve yanmış hayvan kemiklerinden de Homo erektus'un mağaraları mekan tuttuğu ve, teknolojinin başlangıcı sayılan alet ve ateşin günlük yaşama sokulduğu anlaşılmaktadır.

Günümüz insanı gibi ilk insanlar da topluluklar halinde yaşarlardı. İnsan topluluklarının geçim kaynağı, onların toplumsal özelliklerini belirler. İlk insan toplulukları besinlerini toplayarak ve avlayarak sağlarlardı. Bunlar avcı-toplayıcı toplumlardı. Daha sonra tarım toplumları kendilerini gösterdi. 18. Yüzyılda buhar makinesinin icadıyla , sanayi toplumları gelişmeğe başladı. Ve, insan nüfusu giderek artmaya başladı (Şekil 7.3).




Şekil 7.3 Nüfus Artışı

## 7.1 Avcı-Toplayıcı Toplumlar

İlk avcı-toplayıcı toplumların göçebe oldukları sanılmaktadır. Bitkisel ve hayvansal besinlerin peşinde, bölgeden bölgeye göç ederek yaşamlarını sürdürdükleri düşünülmektedir. Yerleşik avcı-toplayıcı toplumlar sonradan ortaya çıkmıştır. Her iki tür avcı-toplayıcı toplumların hem değiştirme hem de kirletme açısından çevreyi etkiledikleri anlaşılmaktadır. Yeni alanlara göç eden toplulukların beraberlerinde, ayrıldıkları alana ait bitki tohumları ve belki de hayvanları götürerek, normal şartlar altında söz konusu bölgede var olmayan bitki ve hayvanların yer almasına yol açmışlardır. Avcı-toplayıcı toplumların bireylerine ait iskelet kalıntıları

üzerine yapılan incelemelerde, su kirliliğinden kaynaklanan hastalıklar neticesinde bazı kemik deformasyonlarına rastlanmıştır. Dünya üzerinde nüfusu topu topu 5 milyon iken bile, insanoğlunun bazı canlı türlerin yok olmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Bu insanlar tarafından çevreye verilen en önemli zararın orman yangınları olabileceği düşünülmektedir. Çünkü bir orman yangınının başlaması için bir kıvılcım çıkaracak bir tek insan yeterlidir.

## 7.2 Tarım Toplumları

Tarım toplumları, yaşamsal ihtiyaçlarını gidermek amacıyla hayvan ve bitki yetiştirmeye başlayan toplumlardır. Bu toplumlara ait en eski fosiller yaklaşık 10 bin yıl öncesindendir. Irak'ta onbirbin yıl öncesine ait evcilleştirilmiş köpek fosilleri bulunmuştur. Amerika'da onbin yıl önce insanların yetiştirdiği bitkilere hala rastlanmaktadır.

İnsanların tarımla uğraşıp belli topraklar üzerinde mekan tutması, insanlık tarihinde bir dönüm noktası oluşturmaktadır. Toplayıcı-avcı göçebe hayattan toprağa bağlı yerleşik düzene geçişin doğurduğu en önemli sonuç, insanların sahiplenebileceği şeylerin miktarının artmasıdır. Toprağa bağlı yerleşik düzenle birlikte insanlar, göçebeyken taşıma zorluğundan dolayı sahiplenmeye kalkmadığı ev veya süs eşyalarını sahiplenmeye, elinde tutmaya; diğer bir deyişle maddeciliğe başlamış oldu.

Tarım toplumlarıyla ortaya çıkan diğer bir gelişme de, toplum içindeki görevlerin farklılaşmasıdır. Toplum bireylerinin bir kısmı toprakla ve hayvanla uğraşıp herkese yetecek kadar besin üretirken, diğerleri de toplum içinde inşaatçı, fırıncı gibi başka görevler üstlenmişlerdir. Bu şekilde, bugünkü çok katmanlı toplumların evrimindeki ilk aşama gerçekleşmiştir.

Bu toplumların geliştirdiği tarımla birlikte, insanoğlunun çevresi üzerindeki en ciddi etkileri de ortaya çıkmış oldu. Bunlar habitatların yok edilmesi, erozyon, nüfus artışı ve çok çeşitli beslenmeden az çeşitli beslenmeye geçişin yarattığı çevre sorunlarıdır.

1) *Habitatların Yok Edilmesi*: Çeşitli bitki ve hayvan türlerinin barındığı doğal habitatlar, tarım alanlarının genişletilmesi uğruna yok edilmeye başlanmıştır. Ormanlar dahil olmak üzere doğal bitki örtüsünün bozulması, yakacak kıtlığına, bir yandan sellere diğer yandan su kıtlığına yol açmıştır.

2) *Toprak Erozyonu*: Tarımın toprak kaybına neden olmaması gerekir. Ama maalesef, binlerce yıl önce toprağa vurulan ilk kazma ile birlikte, yeryüzünde toprak kaybı başlamış oldu.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

3) *Nüfus Artışı*: Toplumlar yerleşik düzene geçtikten sonra daha fazla sayıda insanı besleyebileceklerini anladılar. Göçebe toplumlardaki, göçebeliğin doğasından kaynaklanan nüfus kontrol yöntemleri terkedilmiş oldu. Göçebe toplumlarda oradan oraya göç ederken bir külfet teşkil eden bebekler ve küçük çocuklar, tarım toplumlarında bir işlev görmeğe başladılar. Küçük çocuklar bile tarlada bir işe yarıyorlardı. Dahası, yerleşik düzende insanlar, bakıma muhtaç durumda da olsa daha uzun yaşamaya başladılar. Yaşlıların bakımı için ve, üzerinde yaşadıkları, çalıştıkları toprağı devralacak gençlere ihtiyaç vardı. Bu yüzden doğum hızı arttı ve nüfus artışı ivme kazandı.

4) *Az Çeşitli Beslenme*: Yapılan araştırmalar, avcı-toplayıcı toplumların beslenmesinin binlerce tür bitki ve hayvanla gerçekleşmiş olduğunu göstermektedir. Tarım toplumlarının beslenmesinde ise bu çeşitlilik yoktu. Bulunduğu toprakta hayvan ve bitki olarak ne varsa, ne yetiştirilebiliyorsa, beslenme onunla sınırlıydı. Bu sınırlılık binlerce yıldır daha da artmış ve günümüzde dört temel kaynağa dayanmıştır. Buğday, pirinç, mısır ve patates gibi dört toprak ürününe bağlı beslenme, tarım alanlarının ağırlıklı olarak bu dört ürüne vakfedilmesi ve topraklardan sürekli olarak bu ürünlerin kullandıkları minerallerin çekilmesine yol açmaktadır. Toprağın mineral dengesi bu şekilde altüst olmaktadır. Sonunda toprak bu ürünleri bir daha veremez hale gelebilmektedir. Binlerce yıldır diyetine çeşitlilik kazandıramamış olan insanoğlu ise dünyanın bazı bölgelerinde kıtlık yaşamaktadır.

### 7.3 Sanayi Toplumları

Mevcut teknolojiyi yürütmek için enerji kaynağı olarak fosil yakıtların kullanımına başlanması, sanayi toplumuna geçişin yani sanayi devriminin göstergesidir. 18.Yüzyılda buhar makinesinin icadı, 20. Yüzyılda içten yanmalı motorların günlük yaşama girmesi enerji kaynaklarına dayalı bir toplum oluşturdu.

Sanayi toplumları doğal kaynakların kullanılması üzerine kurulmuştur. Bilim ve teknolojinin ilerlemesiyle de daha fazla doğal kaynağın kullanılması yoluna gidildi ve insanlar daha uzun ve sağlıklı olarak yaşayıp çoğalmaya başladılar.

### 7.4 Nüfus Artışı

Dünya nüfusu, 1990 yılı ortalarında yaklaşık olarak 5 292 200 000 idi. Bu rakamın 2025 yılında 8 488 600 000'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Dünya nüfusu

1960'dan beri yaklaşık üç misli artış göstermektedir. Mevcut artış oranının devam etmesi durumunda, Afrika ve Latin Amerika'daki bazı ülkelerin nüfusu 25 yıldan daha kısa bir sürede iki katına çıkacaktır. Bu rakamların büyüklüğünün yanı sıra nüfusun geometrik artış karakteri, küresel değişim için önemli bir faktördür. Artan nüfusun biyosfer ve toplum üzerinde yarattığı etkiler, küresel değişimin nüfus artışının bir sonucu olarak görülmesine sebep olmaktadır.

Günümüzde birçok bilim adamı ve sosyolog, dünya toplumlarının iki farklı artış sürecini yaşadığına inanmaktadır. Bunlar, insan nüfusunda ve tüketimde gerçekleşen aşırı artışlardır. Doğal kaynakların çevreye ve, sonuçta bu kaynaklardan yararlanan toplumlara zarar verecek derecede kullanılmasına sebep olacak nüfus artışı, aşırı nüfus artışı olarak nitelendirilmektedir. Az sayıda insanın doğal zenginliklerin büyük miktarını tüketmesi ise tüketimde aşırı artış olarak nitelendirilir. Gelişmiş ülkelerde, tüketimde aşırı bir artış gözlenirken, gelişmekte olan ülkelerde, yüksek nüfus artışı gündemdedir. Örneğin, Amerika Bileşik Devletleri dünya nüfusunun sadece %4.8'ine sahip iken dünyada mevcut yenilenemeyen enerji kaynaklarının yaklaşık üçte birini tüketmektedir ve küresel kirliliğin üçte birinden sorumludur.

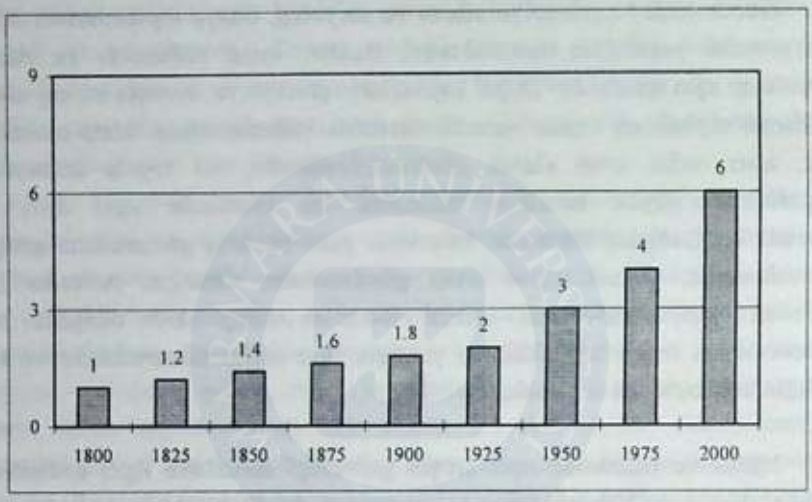
Nüfus ve tüketimde aşırı artışın getireceği sorunlarla ilgili endişeler yeni değildir. Yaklaşık 200 yıl önce, besin üretimi düşük bir hızla artarken nüfusun geometrik büyüme eğiliminde olduğu yayınlanan bir çalışmada yer almıştır. Bu çalışmada, nüfus artışının kontrol altına alınmaması durumunda, dünya toplumlarının yetersiz beslenme ve hatta ciddi kıtlıklarla karşı karşıya geleceği belirtilmiştir. Bu tahminler, modern teknoloji ve tarımdaki yeni uygulamalara rağmen bazı bakımlardan geçerliliğini hala korumaktadır. Örneğin, aşırı nüfus sebebiyle Afrika ve Asya'nın bazı bölgelerinde periyodik olarak ciddi kıtlıklar yaşanmaktadır.

### 7.4.1 Tarih Boyunca Nüfus Artışı

MÖ 8 000'e kadar insan nüfusu 10 milyondan daha az iken, tarımın gelişmesiyle artarak MS 1'de 300 milyona vardığı tahmin edilmektedir. Dünya nüfusu, 1800 yılında 1 milyara ulaşana kadar binlerce yıl geçmiştir. Oysa 1925'de bu sayı ikiye katlanmıştır. Toplam nüfus, 35 yıl sonra 3 milyara, 1974'de 4 milyara ve 13 yıl sonra 5 milyara ulaşmıştır. Bu geometrik artış, Şekil 7.4'de görülmektedir

Dünya nüfusunun yıllık artış hızı, 1990'da yaklaşık %1.8'dir. Bu hız, dokuz ayda 75 milyon insanı dünya nüfusuna kazandırmıştır ve bu sayı, 14.Yüzyılda

vebadan ölen insan sayısına denktir. Aynı hızla, 21 ayda 165 milyon insan dünya nüfusuna katılmaktadır. Bu sayı da, son 200 yılda tüm savaşlarda ölen insan sayısına eşittir. Gelişmekte olan ülkelerdeki nüfus artışı Avrupa, USSR ve Birleşik Devletlerden çok daha yüksektir. Gelişmekte olan ülkelerin, gelişmiş ülkelerden daha fazla nüfus artış problemiyle karşı karşıya olduğu Şekil 7.5'de görülmektedir. Plansız nüfus artışının sebeplerinden bazıları ise aşağıda sıralanmıştır.




Şekil 7.4 1800-2000 Yılları Arasında Dünya Nüfus Artışı

Gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışını etkileyen faktörler:

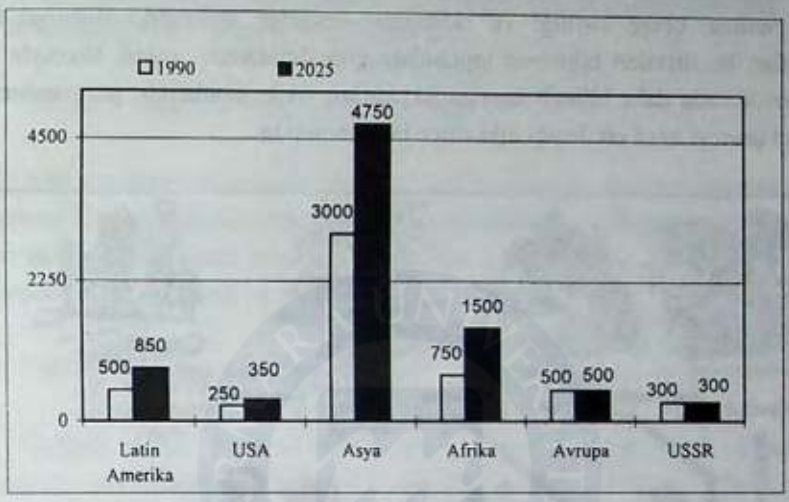
- Eğitilmiş insan yüzdesinin düşüklüğü,
- Çocukların aile iş gücüne katkıda bulunması ve erkek çocuk beklentisi,
- Yüksek düzeydeki bebek ölüm oranını dengelemek için daha çok çocuğa sahip olma eğilimi,
- Küçük evlenme yaşı sebebiyle doğurganlık süresinin artması,
- Doğum kontrol bilgi ve tekniklerine erişim zorluğu,
- Dini inançlar ve kültür.

Gelişmiş ülkelerdeki nüfus artışını etkileyen faktörler:

- Daha yüksek eğitim düzeyi,
- Çocuk bakımının ve eğitiminin mali boyutu,
- Düşük doğurganlık,

- Geç yaşlarda evlenme eğilimi dolayısıyla doğurganlık süresinin azalması,
- Doğum kontrol yöntemlerinin uygulanması,
- Liberal davranışın ve kültürün müsaade ettiği aykırı tercihler.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 7.5 Nüfus Artış Tahminleri (1990-2025)

Nüfus artışı ve sosyo-ekonomik değişkenler arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır. Pakistan'da yürütülen bir çalışmada, gelişmekte olan ülkelerde tarımın modernleşmesi ile doğurganlık arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu araştırmanın sonuçları, besin üretiminin artışa geçtiği gelişmekte olan ülkelerde yetersiz beslenme ve kıtlık olasılığı azalırken, doğurganlığın da azaldığı belirtilmiştir. Tarımın modernleşmesiyle ortaya çıkan bolluğun bebek ölümlerini azaltmasıyla, doğum oranında düşüş kaydedilmiştir (Şekil 7.6).

### 7.4.2 Nüfus Artışının Önlenmesi

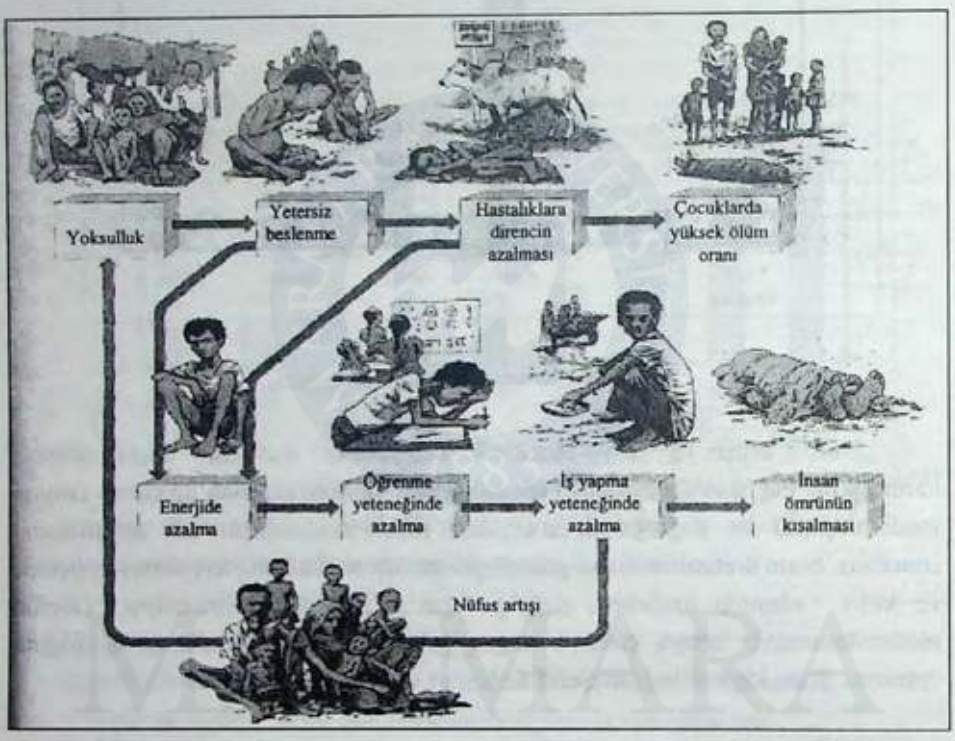
Yavaşlatılamayan nüfus artışının ekonomik felaketler ve sosyal dengesizliklerin önemli sebeplerinden biri olduğu bilinmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin nüfus artışını önlemek için yeni yöntemleri uygulamada daha fazla çaba göstermeleri ve, Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası gibi uluslararası örgütlerin girişimleri gerekmektedir.

Artan nüfusun biyosfere yaptığı olumsuz etkilerin yaygın olarak kabul edilmesiyle birlikte, nüfus denetiminin getireceği sosyal sıkıntılar da inkar

edilemeyecek bir gerçektir. Aile planlaması günümüzde dahi, ahlaki ve dini bakımdan birtakım tartışmalara sebep olabilmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tüm dünyada nüfus kontrolü, ulusal eğitim programlarıyla gerçekleşebilir. İnsan nüfusu, çevre kirliliği ve ekonomik dengeler arasındaki ilişkileri bilen toplumlar, bu ilişkileri bilmeyen toplumlara göre istedikleri çocuk sayısıyla ilgili kararları almada daha bilinçli davranmaktadırlar. Aile planlaması programlarında, nüfusun çevreyi nasıl etkilediği dikkatlice incelenmelidir.




Şekil 7.6 Yoksulluk, Yetersiz Beslenme ve Nüfus Artışı

### 7.4.2.1 Aile Planlaması

Aile planlaması programlarıyla, milyonlarca insana doğum kontrol eğitimi ve klinik hizmetleri ulaşabilmektedir. Bu programların çoğu aralıklı doğum, doğum kontrolü ve gebelikten korunmayla ilgili bilgi ve hizmetleri sağlamaktadır. Bazı durumlarda bu programlarda, kısırlaştırma ve düşük yapma yöntemleri de uygulanmaktadır .

Aile planlamasının başarılı bir örneği Çin'de görülmektedir. Bu ülkedeki Aile Planlama Birliği, 500 000 yönetici ve 20 milyon üyeye sahip hükümet dışında bir organizasyondur. Kurum, hükümet birimleriyle eşgüdüm sağlayarak aile planlamasını gerçekleştirmede önemli rol oynamaktadır. Ülkemizde de Vehbi Koç'un kurduğu Aile Planlaması Vakfı vardır.

### 7.4.2.2 Sosyal ve Ekonomik Teşvikler

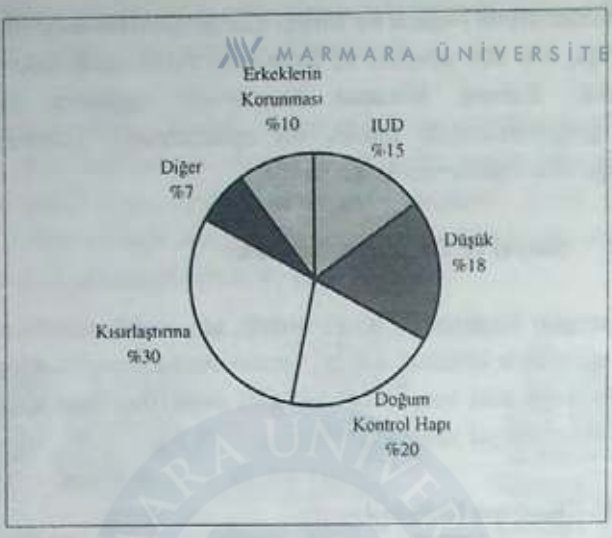
Nüfus artışını durdurmada ikinci strateji, az çocuklu ailelere sağlanan sosyal ve ekonomik teşviklerle ülkedeki doğum hızının düşürülmesidir. Az çocuklu çiftlere sosyal güvenlik veya özel vergi teşvikleri gibi avantajlar sıkça uygulanabilir veya çok çocuklu ailelere sosyal yardım verilmez.

### 7.4.2.3 Kadının Geliştirilmesi

Üçüncü strateji kadının eğitim, sosyal, ekonomik ve politik alanlardaki faaliyetlere katılmasıdır. Toplumlarda varolan farklı kültürler sebebiyle bu gerçekleştirilmesi oldukça güç bir stratejidir. Çünkü, genç kadınların ilk evlilik yapma yaşını etkileyen en önemli faktör, karşılarına çıkan eğitim ve iş fırsatlarıdır. İyi eğitim almış kadınlar, çocuk yapmanın yanı sıra daha iyi fırsatları yakalama şansına sahiptir ve daha az çocuk doğurmayı tercih etmektedir.

Dünya nüfusunu azaltmadaki güçlüklere rağmen doğum hızını azaltmayı gerçekleştiren bazı ülkeler vardır. Asya'da Tayvan ve Güney Kore gibi ülkelerde doğum hızında azalma görülmüştür. Şu anda karşılaşılan en şaşırtıcı sonuç, Doğu Asya ve Latin Amerika'da gerçekleşmiştir. Burada bulunan 8 ülkede doğum hızı, 1960 ve 1987 yılları arasında %50 civarında azalmıştır. Şekil 7.7'de dünyada kullanılan doğum kontrol yöntemleri ve tahmin edilen yüzdeleri görülebilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 7.7 Dünyada Kullanılan Doğum Kontrol Yöntemleri

## 7.5 Nüfus Artışının Toplum ve Biyosfer Üzerindeki Etkileri

İnsanoğlu sürekli çevresiyle etkileşim halindedir. Başka bir deyişle, hayatta kalmak için sürekli olarak yeryüzündeki doğal zenginlikleri kullanmaktadır. O halde, artan insan nüfusuyla birlikte, insanoğlunun çevre üzerindeki etkilerinin artması şaşırtıcı değildir. Ekosistemlere taşıma kapasitelerinin üzerinde bir yüklenme- canlı nüfus ve/veya doğal kaynak kullanımı şeklinde- telafi edilemeyecek zararlara yol açar. Taşıma kapasitesi, bir ekosistemin sahip olduğu doğal zenginlikleri azaltmadan ve kendi içindeki canlı nüfusu etkilemeksizin varlığını sürdürebileceği kapasitedir; insan ve çevreye ait faktörlerin bir fonksiyonudur.

İnsanlık tarihi, yaşadığı ekosistemin taşıma kapasitesini aşan çok sayıda toplumlara şahit olmuştur. Bugün Mısır Devletinin bulunduğu bölgede gelişen medeniyetler, bulundukları ekosistemin aşırı nüfus sebebiyle tahrip edilmesiyle yok olmuştur. Artan dünya nüfusunun pek çok bölgede taşıma kapasitesini zorlayacağı ve bunun sonucu olarak çevrenin ciddi şekilde bozulacağı muhakkaktır.

Yapılan çalışmalarda, insanların yeryüzünde ortaya çıktığı andan günümüze kadar birincil üretimin %40'nı şu veya bu şekilde tükettiği belirtilmektedir. Birincil üretim, güneş ışınlarıyla yürütülen fotosentez yoluyla gerçekleşen yeşil bitki üretimidir. İnsanların aşırı ve yanlış kullanımı sebebiyle, her yıl 27 milyon hektarlık bir toprak alanından sağlanabilecek yararlar kaybedilmektedir.

Ormanların yok edilmesi ve çölleşme, aşırı insan nüfusu ile yakından ilgilidir. Yüksek nüfus artışı kaydedilen tropik ülkelerde daha fazla orman yok edilmektedir. Afrika ülkelerinin yanı sıra Orta ve Güney Amerika'da da artan nüfusla, ormanların yok edilme hızı arasında bir ilişki olduğu gözlenmektedir. Orta Amerika'da 1950 ve 1985 arasında insan nüfusu %183 artarken, tropik ormanların yaklaşık %40'ı yok olmuştur. Benzer şekilde aşırı tarım ve hayvancılık, toprağın besin değerini azaltarak çölleşmeye sebep olmaktadır. Afrika'nın bazı kısımlarında insan nüfusu %149 artarken, bölgedeki verimli toprakların yaklaşık %90'nı yok olmuştur.

Bir bölgedeki nüfus artışı, insan göçüne ve aşırı kentleşmeye katkıda bulunmaktadır. Afrika'nın bazı bölgelerinde, verimli toprakların çölleşmesi, binlerce insanın daha verimli topraklar bulmak için çevre mültecisi haline gelmesine sebep olmuştur. Toplu göçler, çevrenin yok edilmesinin yanı sıra ulusal ve uluslararası siyasette istikrarsızlık yaratır. Siyasi istikrarsızlığın yaşandığı ülkelerin hemen hepsinde aşırı nüfus artışı söz konusudur. Göçler çoğunlukla kent merkezlerine doğrudur. Kentlerde yaşayanların nüfus oranı, 1950'de %29 iken 1985'de %42'ye çıkmıştır. Önümüzdeki birkaç on yılda, Üçüncü Dünya ülkelerindeki nüfusun yaklaşık % 90'nının şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Bu hızlı büyümenin sebep olduğu çok sayıda olumsuz sonuçlardan bazıları hastalıklar, insanlarda stres ve şehir kirliliğinde artış olarak sıralanabilir. Mexico City'nin 1969'da nüfusu yaklaşık 9 milyon iken 1990'da bu rakam 21 milyona ulaşmıştır. Bu hızlı artış yoğun kirliliğe, suç oranının artmasına ve nüfusun üçte birinin yaşam koşullarının kötüleşmesine sebep olmuştur. Şehirdeki su ve hava kirliliği, yılda tahminen 100 000 ölü doğuma sebep olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütünün bulgularına göre Mexico City'de doğan on bebekten yedisinin kan dolaşımında bozukluk görülmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

## III.KISIM: *ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE ÖNLEMLERİ*

**8.BÖLÜM** *HAVA KİRLİLİĞİ*

**9. BÖLÜM** *SU KİRLİLİĞİ*

**10. BÖLÜM** *TOPRAK KAYBI VE KİRLİLİĞİ*

**11. BÖLÜM** *KATI ATIKLAR*

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# 8. BÖLÜM

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# HAVA KİRLİLİĞİ

Hava kirliliği, havanın kimyasal bileşimini olumsuz olarak etkileyen maddelerin havanın içinde bulunması şeklinde tanımlanabilir. Hava kirliliği, insanları, hayvanları, bitki örtüsünü ve malzemeleri ölçülebilir miktarda etkileyebilecek maddelerin bu etkiyi gerçekleştirebilecekleri konsantrasyonlarda havanın içinde bulunmalarından dolayı ortaya çıkan atmosferik bir durumdur (Tablo 8.1).

Tablo 8.1 Hava Kirleticileri

| Kirleticiler | Formülü | Özellikleri | Kirletici olarak önemi |
|---|---|---|---|
| Kükürt dioksit | $SO_2$ | Renksiz, boğucu kokuda bir gaz. Su ile birleşip asit ($H_2SO_3$) oluşturur. | Bitki örtüsüne, malzemeye ve canlı sağlığına zarar verir. |
| Kükürt trioksit | $SO_3$ | Su ile birleşip asit ($H_2SO_4$) oluşturur. | Korosifdir. |
| Hidrojen sülfür | $H_2S$ | Çürük yumurta kokusundadır. | Zehirlidir. |
| Nitrus Oksit | $N_2O$ | Renksiz, spreylerde itici olarak kullanılır. | Kararlı. Yanma ürünü değildir. |
| Azot oksit | NO | Renksiz gazdır. | Yüksek sıcaklıktaki yanma tepkimelerinde üretilir, havanın oksijeniyle birleşerek hızla $NO_2$ oluşturur. |
| Azot dioksit | $NO_2$ | Kahverengi-turuncu renktedir. | Fotokimyasal smog oluşumunun başlıca sorumlusudur. |
| Karbon monoksit | CO | Renksiz ve kokusuzdur. | Eksik yanma ürünü, zehirlidir. |
| Karbon dioksit | $CO_2$ | Renksiz ve kokusuzdur. | Tam yanma ürünü, küresel ısınmanın başlıca sorumlusudur. |
| Ozon | $O_3$ | Çok reaktiftir. | Bitki örtüsüne ve malzemeye zarar verir. Fotokimyasal smog oluşumunda üretilir. |
| Hidrokarbonlar | $C_xH_y$/HC | - | Birincil veya ikincil kirletici olarak atmosferde bulunurlar. |

Hava kirleticiler, birincil ve ikincil kirleticiler olarak sınıflandırılabilirler. Birincil kirleticiler başka yerlerde oluşturulup havaya salınırlar. İkincil kirleticiler, birincil kirleticilerin birbirleriyle ve/veya atmosferin doğal bileşenleriyle hava içinde tepkimeye girmesiyle oluşurlar. Hava kirliliği, üç temel ögeden oluşan bir sistem olarak tarif edilebilir:

Emisyon kaynağı → Atmosferde karışma ve kimyasal değişim → Alıcılar

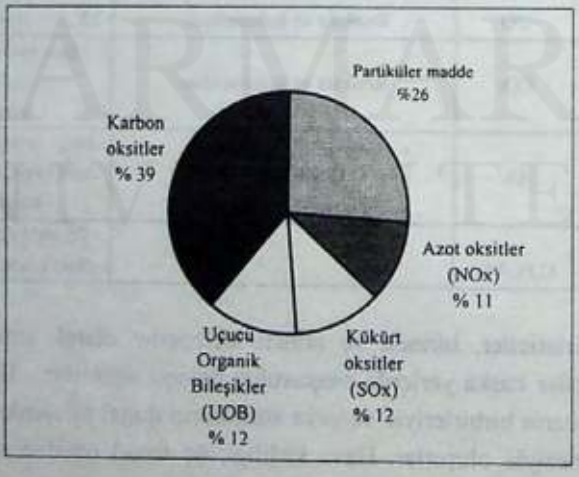
(birincil kirletici) (ikincil kirletici)

Hava kirliliği yeni bir problem değildir. 14. Yüzyılda İngiltere'de Kral II. Edward, "dayanılmaz duman" sorununu, parlamento toplantıdayken kömür yakılmasını yasaklayarak çözmeğe çalıştı. II. Edward'ın halefleri de "dayanılmaz duman"a karşı harekete geçtiler ve sorunu incelemek için komisyonlar kurdular. Ancak, Londra'da bir günde yüzlerce insanın öldüğü 1952 yılındaki hava kirliliğine kadar etkin bir önlem alınamadı. Kullanılan fosil yakıtların ve baca gazlarının temizlenmesi ve, doğal gaz gibi kısa vadede kirlilik yaratmayan yakıt kullanımıyla Londra'daki durum düzeltilmekle birlikte tüm dünyada hava kirliliği günümüzde de bir sorun olmaya devam etmektedir.

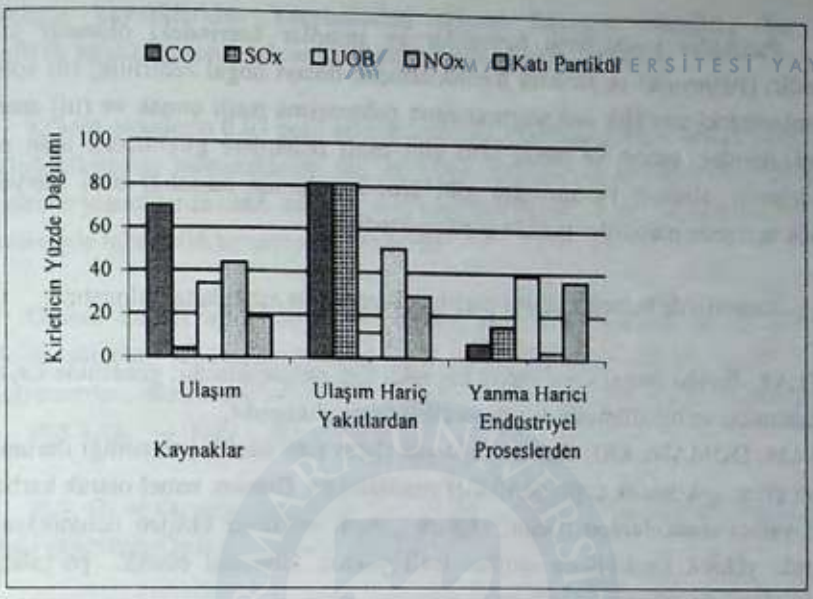
Bu bölümde, hava kirliliğinin sebepleri, türleri, uzun dönem etkileri ve kontrol yöntemleri hakkında temel bilgiler sunulmaktadır.

## 8.1 Birincil Hava Kirleticileri

Yeryüzünde oluşup havaya salınan birincil kirleticileri partiküler madde, kükürt oksitler, azot oksitler karbon oksitler ve hidrokarbonlar/uçucu organik bileşikler gibi gruplara ayırmak mümkündür (Şekil 8.1). Birincil hava kirleticilerinin, kaynaklara göre genel dağılımı Şekil 8.2'de gösterilmiştir.




Şekil 8.1 Birincil Hava Kirleticilerinin Kirli Hava İçindeki Genel Yüzdeleri




Şekil 8.2 Birincil Hava Kirleticilerinin Kaynaklara Göre Dağılımı

### 8.1.1 Partiküler Madde (<1000 μm)

Partiküler madde, atmosfer içindeki gaz olmayan konsantrasyonlar olarak tanımlanabilir ve aerosol (sprey) adı verilebilir. Atmosferdeki partiküler maddeler ya yoğunlaşma ya da aşınma, ezme, püskürtme vs. gibi işlemlerin neticesi olarak ortaya çıkar. Aerosolların doğal ve yapay olmak üzere iki büyük kaynağı vardır. Doğal kaynaklar, (i) çöl bölgelerindeki toz fırtınaları; (ii) fotokimyasal tepkimeler; (iii) volkanik faaliyetler; (iv) okyanusların üzerinde süregelen tuzlu su serpintilerinin buharlaşması olarak sınıflandırılabilir. Yapay kaynaklar ise (i) fosil yakıtların yanmasıyla oluşan katı maddeler, (ii) azot oksitlerle hidrokarbonların arasında oluşan fotokimyasal tepkimelerdir.

Havadaki partiküler maddeler, güneş ışınlarını yayarak ve soğurarak objelerle arka zemin arasındaki farkı azaltarak görüş uzaklığını azaltırlar. Görüş uzaklığının azalması estetik bakımdan arzu edilen bir durum olmadığı gibi kara ve hava yolları için son derece tehlikelidir. Nemli havada metallerin korozyona uğraması, bina, heykel ve boyaların aşınması ve kirlenmesi partiküler maddelerin etkileri arasındadır. Elektronik cihazlar da aynı şekilde zarar görürler.

Partiküler maddelerin hayvanlar ve insanlar üzerindeki olumsuz etkileri şöyledir: (i)kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı doğal zehirlilik; (ii) solunum sistemlerindeki temizlik mekanizmalarının çalışmasına mani olmak ve (iii) aromatik hidrokarbonlar, asbest ve metal tozu gibi canlı sistemlere girebilecek olan zehirli maddelerdir. Bronşit ve amfizem gibi kronik solunum hastalığı olan bünyelerde yüksek seviyede partiküler madde görülmektedir.

Atmosferde bulunan çeşitli partiküler maddeler aşağıda tanıtılmıştır.

TOZLAR: Bunlar doğal veya yapay kaynaklı katı parçacıklardır; genellikle kayaların parçalanması ve öğütülmesinde ortaya çıkan toz bulutlarıdır.
YANMA DUMANLARI: Bunlar fosil yakıtların tam olarak yanmadığı durumlarda ortaya çıkan çok küçük çaplı partiküler maddelerdir. Duman, temel olarak karbon ve diğer yanıcı maddelerden oluşur. İçinde yeterli miktarda oksijen bulunmayan bir ortamda yüksek sıcaklıklara ısıtılan fosil yakıtın kimyasal olarak parçalanması sonucu dumanlar oluşur.
KİMYASAL DUMANLAR: Bunlar süblimleşme, damıtma, kalsinasyon veya herhangi bir kimyasal tepkimeyle ortaya çıkan buharların yoğunlaşmasıyla oluşan katı parçacıklardır.
SİS: Bunlar sıvıların atomizasyonuyla veya kimyasal tepkimeler sonucu üretilen buharların, çok küçük sıvı zerrecikleri olarak yoğunlaşmasıyla oluşurlar. Sıvı zerreciklerinin konsantrasyonu, görüşü bozacak kadar yüksekse KOYU SİS (fog) terimi kullanılır. Sisi oluşturan zerrelerin boyutu, dumanı oluşturan tane boyutundan daha küçüktür.
İS/KURUM: Karbon taneciklerinden oluşmuş katranlı topaklardır; fosil yakıtların yetersiz oksijenle uzun süre yüksek sıcaklıkta yanması sonucunda oluşurlar.
UÇUCU KÜL: Yakıtların yanmasıyla oluşan baca gazlarının içinde sürüklenen çok küçük kül parçacıklarıdır. Bu parçacıklar, henüz yanmamış yanıcı madde de içerebilirler.
KURŞUN: Ülkemizde tüketilen benzinin büyük bir kısmı hala kurşun içermektedir. Kurşun buharları araba egzozlarından havaya verilir.

### 8.1.2 Kükürt Oksitler ve Hidrojen Sülfür

$SO_2$, $SO_3$, $H_2S$ ve $H_2SO_4$ atmosferde en fazla bulunan kükürt içeren bileşiklerdir. Fosil yakıtların yanması, organik maddelerin bozunma ve yanmaları, okyanus üzerindeki deniz serpintisi ve volkanlar, atmosferde bulunan kükürtlü

bileşiklerin kaynaklarıdır. Yeryüzünden salınan kükürtlü bileşikler bir süre atmosferde kaldıktan sonra tekrar karalarda ve denizlerde toplanırlar.

Kükürt oksitlerin 0.03 ppm seviyesinin altındaki konsantrasyonlarda bile bitki örtüsünü etkilediği bilinmektedir. Bu seviyenin üzerindeki konsantrasyonlarda ise kısa sürede yapraklarda ciddi tahribat meydana gelmekte, insan ve hayvan solunum sistemlerinde rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır.

Global kükürt emisyonlarının tahmini miktarları, karalar ve denizlerdeki biyolojik süreçler vasıtasıyla üretilen $H_2S$ miktarına göre değişmektedir. $H_2S$, oksijen atomları, oksijen molekülleri ve ozon vasıtasıyla süratle $SO_2$'ye oksitlenir.

$$H_2S + O_3 \rightarrow H_2O + SO_2$$

$H_2S$, $O_2$ ve $O_3$ suda çözünürler. Bu yüzden, $H_2S$'ün sis veya bulut damlacıkları içindeki oksitlenme hızı çok yüksek olabilir.

$SO_2$, havada 1 ppm'den daha düşük konsantrasyonlarda, asit tadında renksiz ve yavaş tutuşan bir gazdır. 3 ppm'in üzerinde, keskin bir tada ve rahatsız edici bir kokuya sahiptir. $SO_2$ atmosferde en fazla birkaç gün kalabilir. Katalitik ve fotokimyasal yollarla süratle $SO_3$'e oksitlenir. $SO_2$ su damlacıkları tarafından kolaylıkla absorbe edildiği için katalitik süreç, hava neminin yüksek olduğu durumlarda yaygındır. Fotokimyasal süreç, gün ışığında ve hava neminin düşük olduğu durumlarda gerçekleşir. Fotokimyasal süreçte ilk adım, güneş ışığının bir $SO_2$ molekülü tarafından soğurulmasıdır. Enerji kazanarak uyarılmış hale geçen bu $SO_2$ molekülü, $SO_3$ oluşturmak üzere oksijenle hızlı bir tepkimeye girer. Bu şekilde oluşan $SO_3$, $H_2O$ ile kolaylıkla tepkimeye girerek $H_2SO_4$ oluşturur. $H_2SO_4$, havadaki su zerrecikleriyle birleşerek asit yağmuru diye bilinen korozif bir sülfirik asit sisi oluşturur.

| | |
|---|---|
| $S + O_2 \rightarrow SO_2$ | yanma |
| $SO_2 + 1/2\ O_2 \rightarrow SO_3$ | atmosferde oksitlenme |
| $SO_3 + H_2O$ + sis/aerosol/yağmur $\rightarrow$ | ASİT YAĞMURU |

### 8.1.3 Azot Oksitler

Azotun çok farklı oksitleri olmasına rağmen insanlar tarafından havaya önemli miktarda salınanlar, NO ve $NO_2$'dir. Bunlar, fosil yakıtların yüksek sıcaklıklarda (~1000°C) yakılmasıyla havanın azot ve oksijeni arasında meydana gelen tepkimelerin ürünleridir.

$$N_2 + x\,O_2 \rightarrow 2NO_x$$
$$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO\bullet$$

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Havaya salınmış olan azot monoksit oksijenle kolayca birleşerek azot dioksiti oluşturur:

$$NO\bullet + 1/2\,O_2 \rightarrow NO_2$$

Bu şekilde oluşan azot dioksit ultraviolet ışınını soğurarak, çok aktif bir oksijen atomuyla (serbest radikal) azot monoksite ayrışır:

$$NO_2 \rightarrow NO\bullet + O\bullet$$

Bu oksijen atomu ozon oluşturmak üzere bir oksijen molekülü ile birleşebilir:

$$O_2 + O\bullet \rightarrow O_3$$

Azot oksitler güneş ışığının varlığında hidrokarbonlarla yaptığı tepkimelerle, en önemlisi yukarıda bahsedilen ozon olmak üzere çeşitli fotokimyasal hava kirleticilerini oluştururlar. Ozonun deniz seviyesinden 10 km yüksekliğe kadar olan, insanların yaşadığı ve soluduğu hava tabakası içindeki doğal konsantrasyonu 0.02 ppm'dir (Tablo 4.2). Ozonun bu hava tabakası içinde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunması, ozon tabakasındaki işlevinden farklı olarak canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratır.

İnsan faaliyetleri sonucunda oluşan $NO_x$'lerle birlikte NO, $NO_2$ ve $NH_3$ biyolojik süreçler vasıtasıyla atmosfere salınırlar. Bu emisyonlar azot çevrimin önemli ögeleridir.

Azot oksitlerin insanlar, hayvanlar, bitkiler ve malzeme üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. $NO_2$ en zararlı NOx'dir. $NO_2$ kırmızımsı renkte bir gaz olup 100 ppm üzerinde insan ve hayvanlar için öldürücü olma niteliğine sahiptir. Kısa süreli de olsa $NO_2$ gazına maruz kalma, ciddi hastalık ve ölümlere yol açabilir. 1929 yılında Amerika'da, nitroselüloz içeren X-ışınları filmlerinin yandığı bir yangında havaya $NO_2$ gazı salınmış ve 124 kişinin ölümüne sebep olmuştur.

### 8.1.4 Karbon Oksitler

Atmosferde bulunan başlıca karbon oksitler CO ve $CO_2$'dir. $CO_2$, atmosferde doğal olarak 275 ppm düzeyinde bulunan renksiz bir gazdır. Fosil yakıtların tam yanmasıyla ve doğadaki biyolojik süreçler vasıtasıyla üretilir. Suda çözülerek zayıf

bir asit olan $H_2CO_3$'ü oluşturur. Sera etkisi nedeniyle uzun vadede dünya iklimini değiştirme potansiyeli bir tarafa bırakılırsa, $CO_2$ önemli bir hava kirleticisi olarak görülmemektedir.

Karbon monoksit, fosil yakıtların eksik yanması ile üretilen renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Eksik yanma daha ziyade otomobil motorlarında görülen bir durumdur. CO, kandaki hemoglobinin normal olarak taşıdığı oksijenin yerine geçerek bünyenin oksijen kaynağını kesebilir. Bu yüzden, solunum yoluyla bünyeye girebilen en zehirleyici gazlardandır.

Hemoglobinin CO'i tutma eğilimi, $O_2$'i tutma eğiliminden daha fazladır. 250 ppm'in üzerindeki konsantrasyonların ölümcül olduğu bilinmektedir. Hemoglobinin CO ile birleşmesi, vücut hücrelerinin kullanımı için gerekli oksijenin kanda bulunmamasına yol açar.

$$HbO_2 + CO \rightarrow HbCO + O_2$$

Ayrıca, mevcut oksihemoglobinin ($HbO_2$) hemoglobin ve $O_2$'e ayrışmasını önleyerek, yeterince oksijen taşınmasına rağmen bünyenin oksijensiz kalarak boğulmasına sebep olur. CO'in, diğer oksitlenme tepkimelerini durdurarak hücre işlevlerini önlediği de bilinmektedir.

### 8.1.5 Hidrokarbonlar/ Uçucu Organik Bileşikler

Hidrokarbonlar, sadece karbon ve hidrojen içeren bileşiklerdir. Karbonun yaptığı bağ sayısına göre alkanlar, alkenler, alkinler ve aromatikler olarak sınıflandırılabilirler. Hava kirliliği bakımından alkenler ve aromatikler önemli bileşiklerdir.

Alkenler, atmosfer içindeki fotokimyasal tepkimelerde rol alan doymamış hidrokarbonlardır. Yüksek konsantrasyonlarda, azot dioksitle peroksiaçil nitrat (PAN) ve ozon oluşturacak şekilde tepkimeye girerler.

Aromatik hidrokarbonlar, biyokimyasal ve biyolojik açıdan aktif olan kanser yapıcı maddelerdir. Tüm aromatikler, ya benzenden türetilmiş veya benzenin bir türüdür. Aromatikler, alkenlere has reaktifliği göstermedikleri halde, çok halkalı aromatiklerin kanser yapıcı özellikleri kesin olarak saptanmıştır.

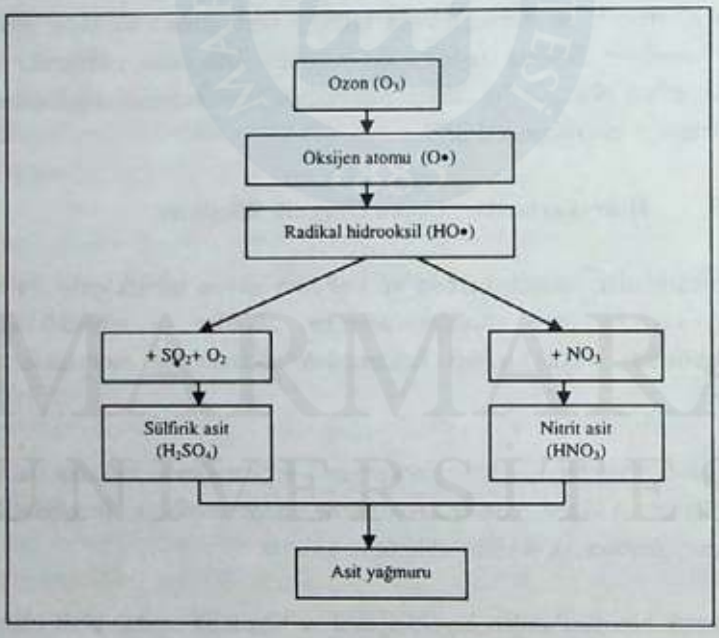
## 8.2 İkincil Hava Kirleticileri

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Daha önce de tanımlandığı gibi ikincil kirleticiler, birincil kirleticilerin birbirleriyle veya atmosferin doğal bileşenleriyle yaptıkları tepkimelerle oluşan kirleticilerdir. Asit yağmuru ve duman/koyu sis başlıca ikincil kirleticilerdir.

### 8.2.1 Asit Yağmuru

Asit yağmuru, $SO_x$ ve $NO_x$'in atmosferik nem ile oluşan asit birikintisidir. Kirletilmemiş bir atmosferde yağmur suyunun pH'ı, $CO_2$-$H_2O$ dengesinden dolayı yaklaşık 5.6'dır. Yağmurun asitliği sülfatların, sülfitlerin ve nitratların havada varlığı ile artar. Asit yağmuru veya asit yağışı terimleri de bu yüzden 5.6'dan daha düşük pH'ı olan yağışlar için kullanılırlar. Sülfürik ve nitrik asitlerin yanısıra hidroklorik asitin de asit yağmuruna önemli bir katkısı vardır. Havadaki HCl'ün başlıca kaynağı sanayidir (Şekil 8.3).




Şekil 8.3 Asit Yağmurunun Oluşumu

Asit yağmurunun mutlaka $SO_x$, $NO_x$ veya HCl'ün üretildiği veya salındığı noktada oluşması diye bir durum söz konusu değildir. Rüzgar, asit yağmuruna yol

açan bileşikleri oluştukları bölgelerden alıp asit olarak yoğunlaşacakları başka bölgelere götürebilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Asit yağmurunun toprak üzerindeki etkisi toprağın cinsine bağlıdır. Şayet asit yağmuruna maruz kalan toprak zaten asidik ise o zaman pH'ı epeyce küçülecektir. Diğer taraftan, eğer toprak bazik ise, asit yağmuru toprağın nötral hale gelmesine sebep olur.

Türkiye'de kış aylarında asit yağmurlarına en büyük katkı, yüksek kükürt içerikli fosil yakıtların yanmasından gelmektedir. Türkiye'de şehirlerde yakılan linyit kömürleri genellikle yüksek kükürt, kül içerikli ve düşük kalorifik değerlidir. Bu yüzden de asit yağmurlarının en büyük sorumlularıdırlar. 1989 yılında İstanbul üzerine 200 000 ton $H_2SO_4$'ün düştüğü bilinmektedir.

Türkiye esen rüzgarlarla Avrupa'dan gelen $SO_x$ kirliliğine de maruz kalmaktadır. Avrupa kaynaklı hava kirliliğinin etkileri, kuzey-batı kıyılarındaki bitki örtüsünde ve ormanlarda görülmektedir.

### 8.2.2 Dumanlı sis

Dumanlı sis (smog) kelimesi, Londra'da oldukça yaygın olan ve çeşitli derecelerde sağlık problemlerine sebep olan, görüş mesafesini kısaltan duman ve koyu sis karışımı (smoke + fog = smog) bir hava durumunu tanımlamak için kullanılır. Londra ve Los Angeles tipi olmak üzere iki çeşit smog vardır. Londra tipi smog klasik smog; Los Angeles tipi smog ise fotokimyasal smog olarak adlandırılır.

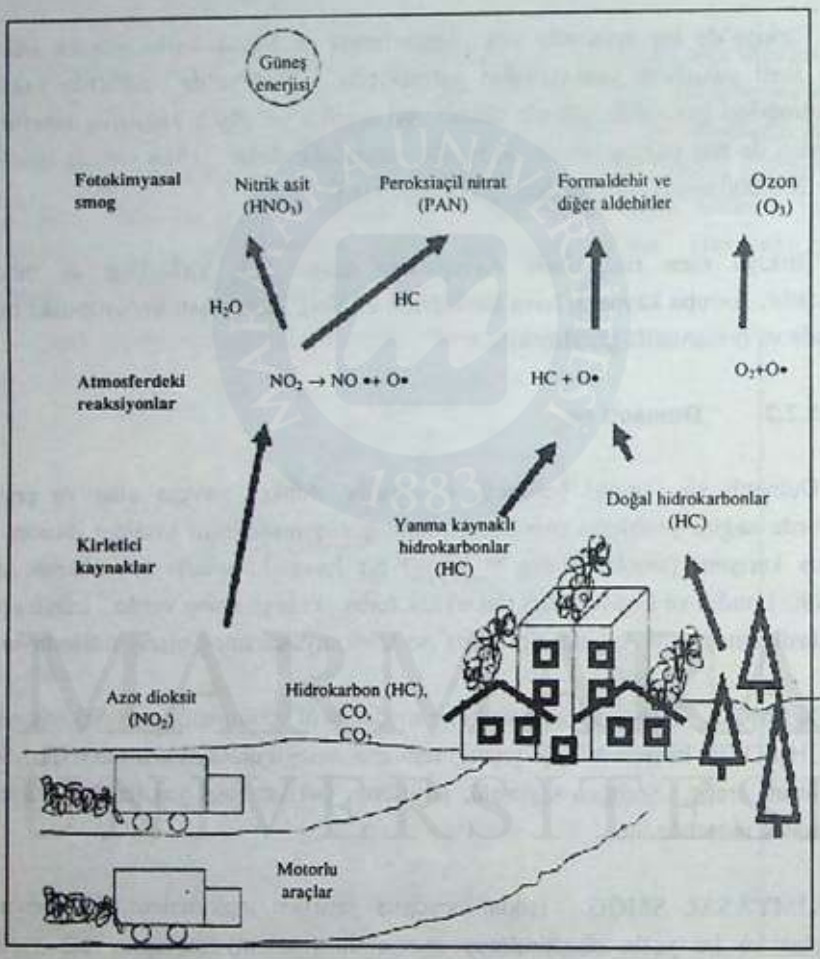
KLASİK SMOG: Temel olarak partiküler madde (kül ve duman) ve $H_2SO_4$ sisinden oluşur. $H_2SO_4$'ün havada $NH_3$'le yaptığı tepkime, smogu daha da arttıran $(NH_4)_2SO_4$ taneciklerini üretir. Smogun kontrolü, şehirlerde yakılan fosil yakıtlardan kükürdü arındırmakla mümkündür.

FOTOKİMYASAL SMOG: Işıkla meydana getirilen tepkimelere, fotokimyasal tepkimeler ve bu yolla oluşturulmuş smoga da fotokimyasal smog adı verilir. Fotokimyasal smog çoğunlukla motorlu taşıtların egzoz gazları ile güneş ışınlarının rol aldığı tepkimelerle oluşur.

$N_2$ ve $O_2$ arasındaki tepkime düşük sıcaklıklarda gerçekleşmez; motorlu araçlarda yakıtla havanın yanmasıyla ulaşılan yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir. Azot

ve oksijen bu sıcaklıklarda tepkimeye girerek NO oluştururlar. NO ise kolaylıkla $NO_2$'e oksitlenir. Bundan sonra da $NO_2$ aşağıdaki zincirleme tepkimeleri başlatabilir:

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O\bullet$$
$$O\bullet + O_2 \rightarrow O_3$$
$$O_3 + NO \rightarrow NO_2 + O_2$$




Şekil 8.4 Fotokimyasal Smog Oluşumu

Bu şekilde ortaya çıkan oksijen radikalleri, araba egzozlarından dışarıya atılan veya arabaların yakıt depolarından sızan yanmamış hidrokarbonlarla sonunda aldehit (RCHO), keton (RCOR) ve peroksiaçil nitratları (PAN) oluşturacak şekilde

zincirleme tepkimelere girerler. Ayrıca havadaki oksijen molekülleri ile birleşerek soluduğumuz hava içinde (troposferde) arzu edilmeyen ozonu oluştururlar (Şekil 8.4). Bu tür bileşiklerin içinde yaşadığımız havada bulunması göz rahatsızlıklarına ve solunum güçlüklerine yol açar.

Fotokimyasal smogun önüne geçmek için motorlu taşıtlara çifte amaçlı konvertörler takılmalıdır. Bu tip konvertörlerde, hem CO ve yanmamış hidrokarbonlar daha araba egzozundan çıkmadan $CO_2$ ve $H_2O$'ya oksitlenirler, hem de oluşan $NO_2$ indirgenerek $N_2$ moleküllerine dönüştürülürler.

Hava kirleticilerinin sınıflandırılması ve gelişmiş ülkelerdeki normal ve sınır değerleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 8.2 ve 8.3).

Tablo 8.2 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması

| Kirletici | Birincil | İkincil |
|---|---|---|
| Kükürt bileşikleri | $SO_2$, $H_2S$ | $SO_3$, $H_2SO_4$, $MSO_4$ |
| Azot bileşikleri | NO, $NH_3$ | $NO_2$, $MNO_3$ |
| Karbon içeren bileşikleri | $C_1$, $C_5$ | Aldehitler, ketonlar, asitler |
| Karbon oksitler | CO, $CO_2$ | Yok |
| Halojen bileşikleri | HF, HCl | Yok |

Tablo 8.3 Hava Kirleticilerinin Normal ve Sınır Değerleri

| Kirleticiler | Normal Limit ($\mu g/m^3$) | Maksimum Limit ($\mu g/m^3$) | Üretim Kaynakları | Etkileri |
|---|---|---|---|---|
| Katı partikül | 90 | 180 | %65 endüstri<br>%5 konut ısıtma | Akciğer, bronşit,göz |
| $NO_2$ | 200 | 400 | %55 araba egzozu<br>%30 tarım<br>%10 endüstri<br>%5 konut ısıtma | Solunum sistemi |
| $C_xH_y$/HC | 100 | 200 | %75 araba egzozu<br>%20 endüstri<br>%5 konut ısıtma | Baş ağrısı |
| CO | 15 | 30 | Endüstri ve araçlar | Anemi |
| $SO_2$ | 125 | 250 | %65 endüstri<br>%20 araba egzozu<br>%15 konut ısıtma | Sinir sistemi<br>Asit yağmurları |
| $O_3$ | - | 200 | uv<br>$O_2 + NO_2 \rightarrow O_3 + NO$ | Astım, cilt hastalıkları |

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

## 8.3 Hava Kirliliğinin Uzun Vadeli Etkileri

Hava kirliliğinin uzun vadedeki etkileri, küresel iklim değişimi ve ozon tabakasının incelmesidir. Yaşamakta olduğumuz iklim değişimlerinin bir önceki yüzyılda olanlarla bağlantılı olduğu artık yaygın olarak kabul edilmektedir. Aslında, dünyamızda hayatın başlangıcından beri küresel ısınma ve diğer küresel değişimler söz konusudur. Doğal süreçler sonucu dünyayı saran gaz tabakası milyarlarca yıldan beri sürekli olarak değişmektedir.

Son buz çağını izleyen dönemde, (6 000-18 000 yıl önce) yaklaşık 5 °C'lik ısınma gerçekleşmiştir. İklimdeki bu değişim, bazı biyomların yer değiştirmesi gibi diğer küresel değişimlere de sebep olmuştur. Biyomların yer değiştirmesinin bir örneği, Kuzey Amerika'da görülmüştür. Isınma gerçekleşmeden önce bütün Kuzey Amerika'da ağırlıklı olarak yaprak dökmeyen ormanlar mevcuttu. Bugün bu ormanlar çoğunlukla daha soğuk iklime sahip Orta ve Güney Kanada'da yer almaktadır. Uzun dönemde doğal olarak gerçekleşmesi beklenen bu iklim değişimleri bilimadamlarının bilgileri dahilinde olmakla birlikte, bu değişimler şimdilerde hızlanmış görünmektedir. Gelecek yüzyılda 3°C'lik bir ısınma eğiliminin gerçekleşme olasılığı gündemdedir. Bu olasılık, geçmişte onikibin yılda gerçekleşmiş 5°C'lik ısınma ile karşılaştırıldığında oldukça hızlı sayılabilir.

Küresel ısınma, dünyamızın karşılaştığı ciddi bir tehdittir. Sera gazları olarak tanımlanan gazların atmosferdeki birikiminden kaynaklanan bir sorundur. Geçen yüzyıllarda insan faaliyetlerinden kaynaklanan çevre sorunlarının çoğu yerel veya bölgesel idi. Bunların verdiği zararlar, birkaç yıl içinde veya birkaç on yılda giderilebilir türden olmuştu. Halbuki dünyanın atmosferindeki değişimler küreseldir ve değil bizim hayatımız boyunca, çocuklarımız ve torunlarımızın hayatları boyunca dahi eski haline getirilemez.

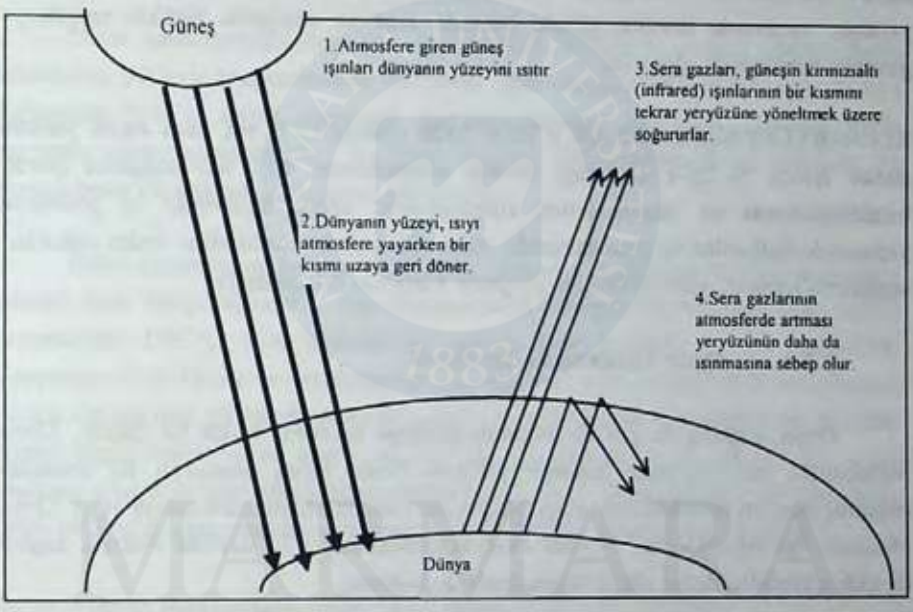
Küresel ısınma ile aynı olmayan ancak güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasıyla ilgili olan diğer bir uzun vadeli sorun, atmosferin belli yüksekliğindeki ozon konsantrasyonunun azalmasıdır.

### 8.3.1 Sera Etkisi ve Sera Gazları

Dünyanın atmosferi ışığa ve güneşten gelen ultraviyole ışınlara karşı geçirgendir. Dünyamız bu ışınları soğurarak ısınır; bir kısmını geriye yansıtır. Başta

karbon dioksit olmak üzere su buharı, metan, azot oksitler ve kısaca CFC olarak bilinen kloroflorokarbonlar, yeryüzünden yansımış olan bu ışınların kırmızıaltı dalga boyunda olanlarını soğurur ve neticede yerkürenin daha da ısınmasına yol açacak şekilde bir enerji birikimi meydana getirirler (Şekil 8.5).

Bu ısınmaya, seralarda gerçekleşen ısınmaya benzediği için, sera etkisi adı verilir. Atmosferde doğal olarak milyonda 275 (ppm) oranında bulunan karbon dioksit ve diğer sera gazlarından kaynaklanan doğal sera etkisi, dünya üzerindeki yaşamı sürdürmek için uygun sıcaklığı muhafaza etmek bakımından gereklidir. Doğal sera etkisinin olmaması halinde yeryüzü buzlarla kaplı bir durumda olurdu.




Şekil 8.5 Sera Etkisi

Sera etkisine en büyük katkının karbon dioksitten geldiği bilinmektedir. 1880 ile 1980 arasındaki yüzyılda atmosferdeki karbon dioksit oranı, 275 ppm'den 339 ppm'ye yükselmiştir. Bu artışın nedenleri, fosil yakıtların kullanılması ve fotosentez yoluyla büyük miktarlarda karbon dioksiti özümseyebilecek olan tropik ormanların yok edilmesidir. Bu şekilde ortaya çıkan karbon dioksit birikiminin, dünya sıcaklık ortalamasını arttırması beklenmektedir. Havadaki karbon dioksit miktarının endüstri devri öncesi zamanlara göre ikiye katlanması, 1.5 ile 4.5°C arasında küresel bir sıcaklık artışına sebep olabilir. Sera gazlarının kaynakları aşağıda gösterilmiştir.

KARBON DİOKSİT: Sera etkisine en büyük katkısı olan gazdır. Atmosferdeki karbon dioksitinin kaynağı, fosil yakıtların yakılması (%80) ve; karbon dioksiti fotosentez yoluyla toprağa bağlayabilen ormanların yok olmasıdır (%20).

SU BUHARI: Atmosferde doğal olarak değişen miktarlarda bulunur.

METAN: Atmosferde mevcut metanın üçte biri doğal olarak genellikle bataklıklarda üretilir. Diğer üçte ikisi ise tarım, hayvancılık, orman tahribatının ve organik katı atıkların parçalanması neticesinde meydana gelir.

AZOT OKSİTLER: Bu gazlar, azotlu gübrelerin bozunması ve fosil yakıtların yanması esnasında havanın içinde bulunan azot ve oksijenin birlikte tepkimeye girmesi neticesinde oluşurlar.

KLOROFLOROKARBONLAR (CFC): 2020 yılında CFC'nin, sera etkisi yaratan gazlar içinde % 25'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. CFC'ler, soğutucu olarak buzdolaplarında ve havalandırma sistemlerinde, sprey tüplerinde ve polistiren yapımında kullanılan ve aynı zamanda ozon tabakasının incelmesine neden oldukları saptanmış karbon, klor ve flordan oluşmuş kimyasal bileşiklerdir.

### 8.3.2 Ozon Tabakası ve İncelmesi

Ozon, atmosferde çok az miktarda bulunan mavimsi renkte bir gazdır. Ozon molekülleri, soluduğumuz havanın yaklaşık beşte birini oluşturan iki atomdan oluşmuş oksijen molekülünün ($O_2$) aksine, üç oksijen atomundan oluşur ($O_3$). Ozon oksijenin bir allotropudur. Normal oksijen molekülleri ($O_2$) üzerine elektrik deşarjı ile elde edilebilir; doğal olarak atmosferde de bulunur.

Yeryüzünde yaşam, atmosfer denen bir hava denizinin içinde sürer. Atmosferin dış sınırını atmosferin bileşimiyle uzay bileşiminin aynı olduğu nokta diye kabul edersek, atmosfer kalınlığının 1000 km olduğunu söyleyebiliriz. Azot ($N_2$), oksijen ($O_2$) ve az miktarda bulunan diğer gazların derişimleri sabit kaldığı için, atmosferin ilk 80 km'sine homosfer adı verilir. Homosferin deniz seviyesinden itibaren ilk 10 km'si troposfer, 10 ile 40 km arası stratosfer, geriye kalanı ise mezosfer diye adlandırılır. Atmosferin aşağı seviyelerindeki ozon insanoğluna zararlı olabilirken, yükseklerdeki ozon konsantrasyonu güneşten gelen zararlı ultriviyole ışınlarını soğurur. Stratosfer içinde yaklaşık 20 ile 30 km arasında ozon derişimi ozonun doğal üretim ve tüketimi neticesinde en yüksek seviyeye çıkar: milyonda 10 gibi (Şekil 4.3).

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Ozon tabakası olarak adlandırılan bu tabakadaki seyreltik ozon, biyolojik bakımdan çok önemli bir rol oynamaktadır; yeryüzünde onsuz yaşam mümkün değildir. Ölümcül ultraviyole ışınlarının (UV-C) tüm dalga boylarını; çok sayıda yaşam türüne zararlı olan UV-B dalga boylarının çoğunu ve, deriye zarar veren UV-A dalga boylarının bir kısmını soğurarak yeryüzüne ulaşmasına engel olmaktadır. Bu tabakanın ozon derişiminde kaydedilen azalma, "ozon deliği" olarak tanınmaktadır. Ozon derişimindeki %1'lik bir düşüş, yeryüzüne ulaşan ultraviyole ışınlarında %2'lik bir artışa ve, bağlantılı olarak da deri kanseri, katarak ve bağışıklık sistemi bozukluklarında aynı oranda bir yükselişe neden olmaktadır.

Ozon tabakasındaki değişim, okyanuslarda balıkların muhtaç olduğu besin zincirlerini yürüten fitoplanktonlar üzerinde ciddi olumsuzluklara yol açar. Dünya nüfusunun %18'i, temel yaşamsal gereksinimlerden biri olan proteini deniz hayvanlarından sağlamaktadır. Bu oran Asya'da %40'ı bulur. Ozon tahribatı, bu önemli besin kaynağının azalmasına sebep olur.

Ozon tahribatının başlıca sorumlusu, insanlar tarafından üretilip atmosfere salınan bazı kimyasallardır. Bu kimyasalların başında kloroflorokarbon (CFC) gelmektedir. CFC'yi azot oksitler ve serbest klor atomları izlemektedir. CFC spreylerde itici, klima ve buzdolaplarında soğutucu gaz olarak 1945'ten itibaren yaygın bir şekilde günlük hayatımıza girmiş bulunmaktadır. Süpersonik uçaklardan salınan azot oksitlerin ve uzay mekiklerinin egzozundan çıkan klorun da ozon tabakasına yapılan tahribata katkıda bulunduğu 1970'li yıllardan beri bilinmektedir. 1969-1988 yılları arasında ozon konsantrasyonunun %2 azaldığı belirlenmiştir.

Üst atmosferde doğal olarak ozon üreten başlıca tepkimeler şunlardır:

$$O_2 + hv \rightarrow O\bullet + O\bullet$$

$$O_2 + O\bullet + M \rightarrow O_3 + M$$

M, tepkimedeki çarpışma enerjisinin fazlasını taşıyacak olan maddedir. Bu genellikle atmosferdeki $N_2$'dir. Enerji salınımına yol açan tepkimeler şöyledir:

$$O_3 + hv \rightarrow O_2 + O\bullet$$

$$O_3 + O\bullet \rightarrow 2O_2 \qquad \Delta H = -389.8 \text{ kJ}$$

$O_3$, atmosferde doğal olarak bulunan azot oksitlerin rol aldığı başka süreçlerde de tüketilirler. Bunlar aşağıda gösterilmiştir.

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

$O_3 + hv \rightarrow O_2 + O\bullet$

$NO_2 + O\bullet \rightarrow NO + O_2$

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

net tepkime:

$2O_3 + hv \rightarrow 3O_2$

Stratosferde düşük konsantrasyonlarda bulunan kloroflorokarbonlar (CFC) atmosferde uzun ömürlüdürler. Bu moleküller oksijen radikalleri ile tepkimeye girdiklerinde, Cl• ve ClO• gibi çok aktif ürünler meydana gelir. Bu ürünler daha sonra ozonla tepkimeye girerek onu tüketirler ve ozon konsantrasyonunu doğal seviyesi olan 10 ppm'nin altına düşürürler.

$Cl\bullet + O_3 \rightarrow ClO\bullet + O_2$

$O_3 + hv \rightarrow O\bullet + O_2$

$ClO\bullet + O\bullet. \rightarrow Cl\bullet + O_2$

net tepkime:

$2O_3 + hv \rightarrow 3O_2$

Yukarıda verilen net tepkime denklemleri, ozonun stratosferde nasıl tüketildiğini göstermektedir. Ozon tabakası hakkında şu ana kadar söylediklerimizi şu şekilde özetleyebiliriz: Doğal olaylar, stratosferin 20 ile 30 km arasındaki ozonun sürekli üretimi ve tüketimiyle 10 ppm seviyesinde sabit bir ozon konsantrasyonu sağlarlar. Ancak son 50 yılda bazı yapay gazlar, bu doğal konsantrasyonu azaltacak şekilde atmosferik ozonla tepkimeye girmektedirler. Bu tabakada ozon konsantrasyonunun azalması, Güneş'ten gelen uv ışınları içinde canlılara zarar veren en kısa dalga boyunda olanlarının daha yüksek yoğunlukta yeryüzüne ulaşması demektir.

Ozon tahribatını durdurmak veya yavaşlatmak için insan faaliyetlerinin değişmesi gerekmektedir. CFC kullanımında gerçekleştirilecek bir azalma bu amaç doğrultusunda önemli bir adım olacaktır.

### 8.3.3 Küresel Isınmanın Etkileri

Sera etkisi yaratan gazların artışı sürdüğü taktirde, bazı iklimsel değişimlerin gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Bunlar dünya yüzeyindeki sıcaklık ve yağış miktarında artışlar, kutuplardaki buz kütlelerinin erimesi, yaz süresince kıtalardaki kuraklığın artması, denizlerin yükselmesi, bölgesel bitki türlerinin değişmesi, ve tropik fırtınaların artması olarak sıralanabilir.

Bu değişimlerin önümüzdeki iki veya üç yüzyılda gerçekleşmesiyle gezegenimiz ve üzerinde yaşayan insan toplulukları üzerinde ciddi etkiler yaratacağı muhakkaktır.

### 8.3.3.1 Küresel Isınmanın Kara Ekosistemlerine Etkisi

İklim değişiklikleri, büyük olasılıkla kara ekosistemlerini etkileyecektir. Karbon dioksidin atmosferdeki artışı, bitkilerin karbon depolama yani fotosentez kapasitelerini zorlayacaktır. Bitkilerin kökleriyle topraktan çektikleri suyun büyük bir bölümü, yaprakların yüzeyinden terlemeyle buharlaşarak havaya karışır. Buharlaşan su, yoğunlaşarak bulutları oluşturur. Artan sıcaklık nedeniyle bitkilerin su döngüsündeki değişiklikler, küresel bulutlanma özelliklerini de değiştirecektir. Küresel ısınma, bitkilerin bu değişimlere hazırlıksızlığı sebebiyle orman ekosistemlerini etkileyecektir. Hızlı iklim değişimiyle, kuzey yarımkürede ormanların yerini tundraların alabileceği ve büyük miktarlarda bitki örtüsünün yok olacağı tahmin edilmektedir. Tropik orman alanlarında bir artış görülürken, ılıman iklim koşullarında yetişen bitki türlerinin ( örneğin kayın ağacı, akçaağaç gibi...) nesli tükenebilecektir.

### 8.3.3.2 Küresel Isınmanın Besin Kaynaklarına Etkisi

Küresel ısınma toplumları farklı açılardan etkileyecektir. Tahmin edilen sıcaklık artışları, iki önemli üretim bölgesinin yer aldığı orta enlemlerde daha etkin olacaktır. Kuzey Amerika ve Orta Asya'da ki tarım alanlarında daha yüksek sıcaklık ve daha fazla buharlaşmayla birlikte toprağın neminde düşüş görülecektir. Küresel değişimle, orta enlemlerdeki bu sıcaklık artışından dünyanın bazı bölgelerinin kazançlı olabileceğine dair bulgular vardır. Artan sıcaklıklar, Kanada, Rusya, Afrika ve Ukrayna'da yeni tarım alanlarının ortaya çıkmasını mümkün kılabilecektir.

### 8.3.3.3 Küresel Isınma Ve Denizler

Okyanuslar, gezegenimizin yüzeyinin yaklaşık %70'ini kaplar. Bu uçsuz bucaksız su kütlesiyle biyosfer arasında yaşamsal bir ilişki mevcuttur ve okyanuslar iklim değişimlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Okyanusların, sera etkisi yaratan gazlardan özellikle karbon dioksidi soğurması sebebiyle atmosfer sıcaklığındaki değişimleri dengelediği düşünülebilir. Önemli miktarlardaki karbon dioksiti absorblayan okyanuslar, atmosferde karbon artışını önler ve yavaşlatır. Ancak, gazların sıvılar içindeki çözünürlüğünün sıcaklıkla azalmasından dolayı küresel

ısınmanın okyanusların karbon dioksit absorblama kapasitesini azaltabileceği bilinmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Yukarıda açıklandığı şekilde okyanuslar biyosferde iklimi etkileyen değişkenleri etkilediği gibi, iklim değişimleri de balıkçılık, tatlı su kaynakları, kıyı bölgelerindeki yerleşim alanları gibi okyanus sistemleri üzerinde etkilidir. Küresel sıcaklığın artışıyla okyanus sularının yükselmesi, bir dizi problemi de beraberinde getirecektir. Bunlar, mercan kayalıklarının yok olması, kıyı ekosistemlerinin, adaların, ekolojik olarak önemli toprak parçalarının su altında kalması olarak sıralanabilir. Fakat, problemler yukarıda sıralanandan daha karmaşıktır. Yetkililer, geçen yüzyılda küresel olarak deniz seviyesinin 15 cm civarında yükseldiğini açıklamaktadırlar. Aynı zamanda, deniz seviyesindeki bu değişikliklerin, toprak hareketlerini, yerel deniz coğrafyasını ve iklim değişimlerini önemli derecede etkileyeceğini belirtmektedirler. Deniz seviyesindeki yaklaşık bir metrelik bir yükseliş Şangay, Kahire, Bankok ve Venedik gibi önemli şehirlerin alçak seviyedeki alanlarının sular altında kalmasına sebep olacaktır. Pirinç üretiminin yapıldığı Bengaldeş, Hindistan, Mısır, Çin gibi alçak alanlar ve büyük deltalar da etkilenecektir. Tahminlere göre Mısır, Nil deltası boyunca ekilebilir alanlarının %15'ini kaybedebilecek ve ülke nüfusunun %7'si yer değiştirmek zorunda kalabilecektir.

#### 8.3.3.4 Küresel Isınmanın Türkiye Üzerindeki Etkileri

Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artışına bağlı olarak önümüzdeki on yıllarda gerçekleşebilecek bir iklim değişikliğinin Türkiye'de neden olabileceği çevresel ve sosyo-ekonomik etkiler aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

1. Sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak , orman yangınlarının sıklığı, etki alanı ve süresi artabilir.
2. Tarımsal üretim potansiyeli değişebilir (bu değişiklik, bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış biçiminde olabilir.)
3. İklim kuşakları, Yer'in jeolojik geçmişinde olduğu gibi, ekvatordan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabilecek ve bunun sonucunda da Türkiye, bugün Orta Doğu'da ve Kuzey Afrika'da egemen olan daha sıcak ve kurak bir iklim kuşağının etkisinde kalabilecektir. İklim kuşaklarındaki bu kaymaya uyum gösteremeyen fauna ve flora yok olacaktır.
4. Doğal karasal ekosistemler ve tarımsal üretim sistemleri, zararlılardaki ve hastalıklardaki artışlardan zarar görebilecektir.
5. Hassas dağ ve vadi-kanyon ekosistemleri üzerindeki insan baskısı artacaktır.

6. Türkiye'nin kurak ve yarıkurak alanlarındaki özellikle kentlerdeki su kaynakları sorunlarına yenileri eklenecektir.
7. İklimin kendi doğal değişkenliği açısından, Türkiye'de su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı, yaz kuraklığı ile öteki mevsimlerde hava anomalilerinin yağışlarda neden olduğu rasgele değişkenlik ve kurak devreler oluşturmaktadır. Bu yüzden, kuraklık riskindeki olumsuz bir değişiklik, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini şiddetlendirebilir.
8. Kurak ve yarı-kurak alanların genişlemesine ek olarak , yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu destekleyecektir.
9. Kentsel ısı adası etkisinin de katkısıyla, özellikle büyük kentlerde, sıcak devredeki gece sıcaklıkları belirgin bir biçimde artacak; bu da havalandırma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminin artmasına neden olabilecektir.
10. Su varlığındaki değişiklikten ve ısı stresinden kaynaklanan enfeksiyonlar, özellikle büyük kentlerdeki sağlık sorunlarını arttırabilir.
11. Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkiler bölgelere göre farklılık gösterecek olmakla birlikte, rüzgar esme sayısı ve kuvveti ile güneşlenme süresi ve şiddeti değişebilir.
12. Deniz akıntılarında, denizel ekosistemlerde ve balıkçılık alanlarında, sonuçları açısından aynı zamanda önemli sosyo-ekonomik sorunlar doğurabilecek bazı değişiklikler olabilir.
13. Deniz seviyesinin yükselmesine bağlı olarak ; Türkiye'nin yoğun yerleşme, turizm ve tarım alanları durumundaki alçak taşkın-delta ve kıyı ovaları ile haliç ve ria tipi kıyıları sular altında kalabilir.
14. Mevsimlik kar ve kalıcı kar-buz örtüsünün kapladığı alan ve karla örtülü devrenin uzunluğu azalabilir; ani kar erimeleri ve kar çığları artabilir.
15. Kar erimesinden kaynaklanan akışın zamanlamasında ve hacmindeki değişiklik, su kaynaklarını, tarımı, ulaştırmayı etkileyebilir.

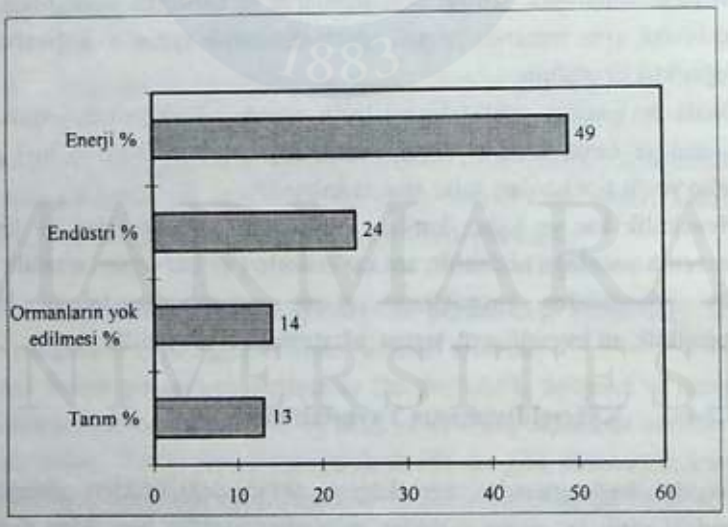
### 8.3.4 Küresel Isınmanın Yavaşlatılması

Hayatın başlangıcından beri küresel iklim değişiklikleri süregelmektedir. Yeryüzündeki canlı ve cansız varlıklar, milyarlarca yıldan beri iklim değişimlerine sebep olmuştur. Küresel ısınmadaki hızlanmanın en önemli nedeni, sera etkisi yaratan gazların artışına sebep olan insan faaliyetleridir. Fosil yakıt tüketimi %49; endüstriyel faaliyetler %24; ormanların yok edilmesinden dolayı karbon dioksit tüketen fotosentez miktarındaki düşüş ve orman yangınları %14; tarım ve hayvancılık %13 oranında sera etkisine katkıda bulunmaktadırlar (Şekil 8.6).

Dolayısıyla küresel ısınmanın yavaşlatılması için bu faaliyetlerin durdurulamıyorsa bile yavaşlatılması gerekmektedir.

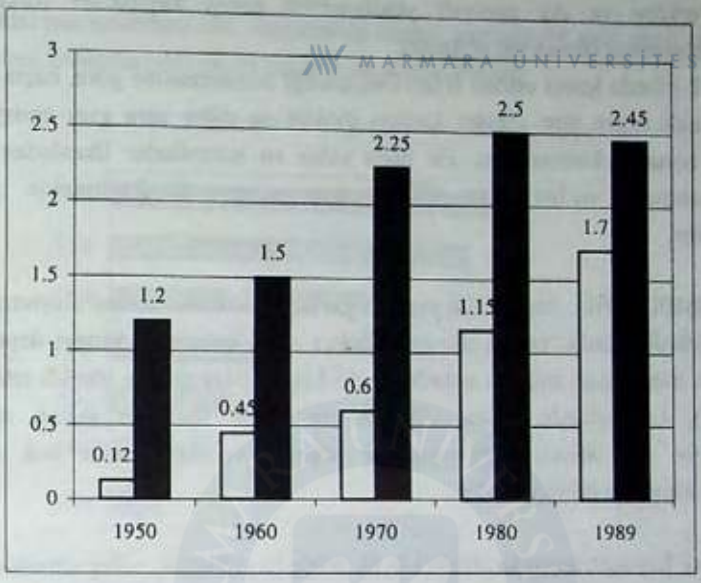
MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

KARBON DİOKSİT EMİSYONU: Modern endüstrileşmiş toplumların en büyük atıklarından biri karbonlu bileşiklerdir. Sera etkisi yaratan gazların en büyük yüzdesini oluşturan karbon dioksit'in %50'si insan faaliyetleri neticesinde salınmaktadır. Karbon dioksidin iki temel kaynağı, fosil yakıt kullanımının artması ve ormanların yok edilmesidir. Bu iki etkinlik, sanayi devriminden beri atmosferdeki karbon dioksit konsantrasyonunda %26'lık bir artış meydana getirmiştir. Örneğin, 1988 yılında fosil yakıtların yanmasıyla atmosfere 5.66 milyar ton karbon salınmıştır. Bu miktar, dünyada yaşayan 5 küsur milyar insanın herbiri için 1 tondan fazla karbon emisyonu demektir. Her 3.7 ton karbon dioksit gazı içinde 1 ton karbon elementi bulunmaktadır. Diğer bir deyişle, 1988 yılı içinde fosil yakıt kullanımından dolayı, kişi başına atmosfere yaklaşık 3.7 ton, toplam 20.73 milyar ton karbon dioksit salınmıştır. 1995 yılında ise bu rakam 22.15 milyar tonu bulmuştur. Bunun 5.23 milyar tonu ABD'den salınmıştır-kişi başı yaklaşık 20 ton. Ancak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında karbon üretimi açısından bir oransızlık söz konusudur (Şekil 8.7).




Şekil 8.6 İnsan Faaliyetleri ve Küresel Isınmaya Katkıları

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 8.7 Fosil Yakıtlardan Karbon Emisyonları (milyar ton)
□ Gelişmekte olan ülkeler
■ Gelişmiş ülkeler

1995 yılında Türkiye'nin saldığı toplam karbon dioksit 160 milyon ton olup kişi başına 2.6 ton düşmüştür. Gerçekte, dünyadaki karbon emisyonlarının %70'i, dünya nüfusunun sadece dörtte birinden kaynaklanmaktadır. Ormanlarını yok etmelerinden dolayı üçüncü dünya ülkeleri, atmosferdeki karbon düzeyinin daha da yükselmesine sebep olmaktadır. Örneğin Brezilya, tropik yağmur ormanlarını keserek ve yakarak atmosferdeki karbona yılda yaklaşık 336 milyon tonluk bir katkıda bulunmaktadır.

Fosil yakıt kullanımında karbon dioksit emisyonunu azaltmak için iki farklı yol izlenebilir. Birincisi, enerji kullanımında verimi yükseltmektir. Dünyanın kullandığı elektriğin, yaklaşık üçte ikisi fosil yakıtlardan üretilmektedir. Yapılan çalışmalar, elektrikle çalışan işletme ve aletlerin yeniden tasarlanarak elektrik tüketiminin azaltılabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda, ulaşımda kullanılan yöntemler değiştirilebilir. Yeryüzünde 400 milyon motorlu araçtan yılda yaklaşık 550 milyon ton karbon atmosfere salınmaktadır. Bu emisyonların azaltılması, yakıtı verimli kullanan araç motorlarının tasarımıyla gerçekleştirilebilir. İkinci yol ise karbon emisyonuna sebep olmayan alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasıdır.

Güneş, Yerküre ve Ay menşeli yenilenebilir enerji kaynakları daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmıştı.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

1992 yılında kabul edilen İklim Değişikliği Sözleşmesine göre, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere tüm ülkeler karbon dioksit ve diğer sera gazı emisyonlarını düşürmek zorunda kalmışlardır. En fazla salan en sorumludur ilkesinden giderek küresel ısınmaya neden olan ülkeler gaz salınımını düşürmekle yükümlü kılınmışlardır.

METAN EMİSYONU: Sera etkisi yaratan gazların %18'ini metan oluşturmaktadır. Sanayi devrimine kadar metan düzeyi oldukça sabit kalmıştır. Sanayi devriminden bu yana ise metan gazı miktarı neredeyse iki katına çıkmıştır ve sürekli artmaktadır (Şekil 8.8). Günümüzde, yılda 140 milyon tonun üzerinde metan atmosfere salınmaktadır. Bu artışın, hayvancılığın artması ve ormanların yok edilmesi neticesinde oluştuğu bilinmektedir.

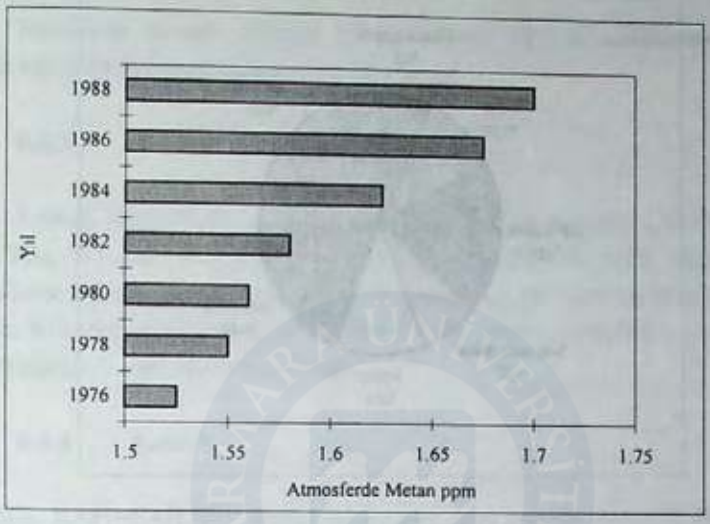
Metan konsantrasyonlarındaki büyük artışa hayvancılık sebep olmaktadır. Bir ineğin yaşamsal faaliyetleri nedeniyle atmosfere, günde ortalama 400 litre metan yaydığı saptanmıştır. Yeryüzünde yaşayan yaklaşık 1.2 milyar sığır, yılda 54.3 milyon ton metan gazı üreterek atmosfere salmaktadır.

Atmosferdeki metan miktarının artışında ormanların yok edilmesinin de payı önemlidir. Kesilmiş ağaç parçalarıyla beslenen termitler, bunların bileşimindeki lignin ve selülozu sindirirken metan açığa çıkarırlar. Tropik ormanların kesilmesiyle işlenmeden ortada bırakılan ağaçlar termit nüfusunda ve dolayısıyla metan emisyonlarında ciddi artışlara neden olmaktadır.

Metan üretimini azaltmada izlenebilecek en iyi yol, ormanların yok edilişini azaltmak veya tamamıyla durdurmaktır. Diğer çözüm ise küresel olarak hayvansal beslenmeyi azaltarak yeryüzündeki kesimlik hayvan sayısını düşürmektir.

AZOT OKSİT EMİSYONU: Sera etkisi yaratan diğer bir gaz türü de azot oksitlerdir. Bu gazlar, kimyasal gübrelerin kullanılmasıyla ve fosil yakıtların havayla yakılması sürecinde havada bulunan azot ve oksijenin birbirleriyle tepkimeye girmesi sonucu açığa çıkmaktadır. Geçen 40 yıl boyunca kimyasal gübre kullanımı sürekli bir artış göstermektedir. Aynı şekilde benzin, mazot ve doğal gazla çalışan motorlu taşıtların çoğalması, egzozlardan daha fazla azot oksidin havaya karışmasına sebep olmaktadır. Fosil yakıt kullanan termik santraller de azot oksitlerin kaynağıdır. Azot oksit emisyonlarını düşürme yöntemlerinden biri, yapay gübreleri daha az kullanmaktır. Bir diğeri ise termik santrallerden ve araba egzozlarından çıkan azot

oksit miktarının azaltılmasıdır. Japonya'da termik santrallerin azot oksit emisyonları, yeni kontrol sistemleriyle son 15 yılda %50 düşürülmüştür.

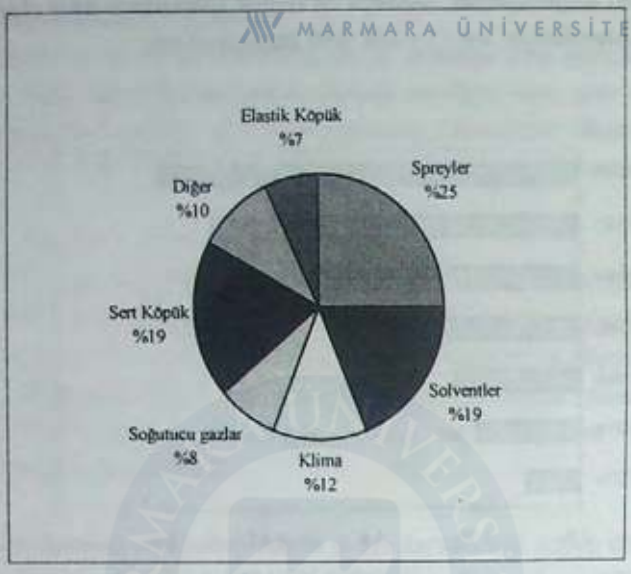



Şekil 8.8 Atmosferde Metan Artışı

KLOROFLOROKARBON EMİSYONU: Kloroflorokarbonlar (CFC), insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazlarının % 14'ünü oluşturur. Üretimde yaygın olarak kullanılan CFC'lar insan yapımı kimyasallardır. Bir buzdolabı, ev veya araba kliması soğutucu gaz olarak yaklaşık 0.9-1.36 kg CFC içermektedir. Bu cihazlardan dışarıya sızan CFC'lar atmosferde toplanmaktadır. İzolasyon, paketleme ve sprey tüpleri CFC içerir ve kullanıldıklarında CFC salarlar (Şekil 8.9). Gerçekte CFC'lar, atmosferde karbon diokside nazaran daha uzun süre, 65-111 yıl kalabilir ve karbon diokside nazaran molekül başına 10 000-20 000 kat daha fazla etkilidirler. CFC'lar, önceki bölümlerde belirtildiği gibi ozon tabakasının incelmesine de yol açmaktadır.

Uluslararası sözleşmelerle, tüm dünyada CFC'ların kullanımı aşamalı olarak yasaklanmaktadır. Bu sözleşmelere göre 1989-2000 yılları arasında atmosfere atılan CFC emisyonu %35 azalmış olacaktı. Ozon tabakasındaki tahribatla ilgili olarak 1992'de yapılan Kopenhagen Zirvesi, CFC üretiminin gelişmiş ülkelerde 1996'ya kadar; gelişmemiş ülkelerde ise 2010 yılına kadar durdurulması zorunluluğunu getirmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 8.9 Kloroflorokarbon Kullanımı

AĞAÇLANDIRMA: Küresel ısınmayı yavaşlatmanın bir diğer yolu ağaçlandırma projelerini desteklemektir. Bitkiler ve çevresindeki toprak sürekli olarak karbonu depolamaktadır. Yapılan araştırmalar, 130 milyon hektarlık (Fransa'nın yüzölçümünün yaklaşık 2 katı) bir ormanın yılda 660 milyon ton karbonu bünyesine alabileceğini göstermektedir. Bu sonuç, ormanlaştırma projelerinin ne denli yaşamsal olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, Guetemala'da ülkedeki kömür kullanan bir elektrik santralının emisyonlarını dengelemek için 12 000 hektarlık bir orman alanı oluşturma çalışmaları başlatılmıştır.

## 8.4 Hava Kirliliğinin Kaynakları

Hava kirliliğinin kaynakları ısınma, ulaşım, elektrik üretimi ve sanayi olarak sınıflandırılabilirler.

### 8.4.1 Ulaşım

İçten yanmalı veya türbinli vb. tüm ulaşım araçları hava kirliliğinin başlıca sorumlularıdır. Türkiye'de motorlu taşıtlar, toplam CO emisyonunun %70-90'ından, NOx emisyonunun %40-70'inden, hidrokarbon emisyonunun %50'sinden ve kurşun emisyonunun %100'ünden sorumludurlar.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 8.4.2 Isınma

Türkiye'de havada bulunan SOx'in başlıca kaynağı ısınma amaçlı yakılan yüksek kükürtlü fosil yakıtlardır.

### 8.4.3 Elektrik Üretimi

Termik santrallerden çıkan hava kirleticilerinin bileşimi (ABD'de) yaklaşık %58 $SO_2$; %5 CO; %5 HC; %17 partiküler madde ve %15 NOx'tur. Çoğu santrallerde yüksek kükürt içerikli kömür yakılmaktadır. Ayrıca termik santrallerde yakıtlar NOx üretimini gerçekleştirebilecek kadar yüksek sıcaklıklarda yakıldığı için, önemli miktarda azot oksitler de oluşur.

### 8.4.4 Sanayi

PETROL RAFİNERİLERİ: Petrol rafinerileri, ham petrolü işleyerek farklı kaynama noktaları olan fraksiyonlara ayırır. Rafinasyon süreci, karbon oksit, azot oksit, kükürt oksit ve hidrokarbonlar gibi çeşitli hava kirleticileri üretir.

KAĞIT FABRİKALARI: Kağıt fabrikaları pis kokulu hava kirleticilerinin kaynağıdır. Odundaki selüloz elyafın ligninden ayrıldığı siyah şerbetin oksitlenme sürecinde, aşırı basıncı önlemek için bazı karbonhidrat, organik asit ve gazların sistemden atılması gerekmektedir. Bu gazlar hacimce %5'e kadar yükselen oranlarda kötü kokulu merkaptan (RSH) ve birkaç yüz ppm seviyesinde $H_2S$ içerirler.

ANORGANİK KİMYA SANAYİ: Bu sanayi kolu yüksek miktarda atık gaz ve partiküler madde üretir. HCl ve $H_2SO_4$ üreten tesislerden, atmosfere asit buharları salınır. HF üreten tesislerde ise atmosfere HF, $SO_2$ ve $H_2S$ buharları salınır. Kireç, çimento ve seramik sanayisinde de ciddi toz sorunları yaşanır.

CEVHER İŞLEME: Saf metallerin elde edildiği cevher işleme tesisleri yüksek sıcaklıklarda çalışılar ve çeşitli toz, buhar ve gaz üretirler. Bazı metallerin cevherleri doğada sülfürler halinde bulunur ve yüksek fırınlarda ergitilme sonucunda büyük miktarlarda $SO_2$ üretilir.

GIDA SANAYİ: Et ve balık işleyen işletmelerde, proteinlerin bozunmasından dolayı meydana gelen çok kötü kokulu azot ve kükürt bileşikleri havaya salınır. Atık

organik maddelerin çürümesinden dolayı da, meyve ve sebze işleyen işletmelerde benzer sorunlar yaşanır. Unlu mamul, şekerleme ve bisküvi tesislerinden havaya salınan kokular da hava kirliliği sayılırlar.

### 8.5 Hava Kirliliğinin Etkileri

Hava kirliliğinin insanlar, hayvanlar, bitkiler ve atmosferik özellikler üzerine etkileri aşağıdaki şekilde sunulmuştur.

#### 8.5.1 İnsanlar Üzerindeki Etkileri

PARTİKÜLER MADDE: İnsan ve hayvan solunum sistemlerine zarar verir. Kaynağına göre, partiküler madde zehirli veya zehirsiz olabilir. Civa buharı veya tanecik halindeki civa bileşikleri gibi toksik maddelerin özümlenmesi bünyede bazı biyokimyasal tepkimelere yol açabilir. En yaygın olarak bulunan partiküler maddeler anorganik ve zehirsizdirler. Bu tip partiküler madde ağız veya burun yoluyla bünyeye girip, akciğer cidarında tedrici bir birikime sebep olacak şekilde toplanır. Burada biriken partiküler madde, nefes darlığı ve sonunda kalp yetmezliğine sebep olacak şekilde akciğerlerin kana oksijen taşımasına engel olur. Kurşun zehirlenmesi, zihinsel faaliyetlerde yavaşlama ve kalıcı sinir, beyin ve böbrek tahribatına sebep olur.

KÜKÜRT OKSİTLER: Yüksek konsantrasyonlardaki $SO_2$ insan bünyesi için zehirlidir ancak yaşlılar ve bebeklerde, daha önceden amfizem gibi bir solunum hastalığı bulunması durumlarında, ölüme yol açar.

AZOT OKSİTLER: $NO_2$ akciğerlerde kanser yapıcı olarak bilinen nitrosaminlere dönüşür. Azotoksitler gözlere ve solunum yollarına rahatsızlık verirler. Fotokimyasal tepkimeler yoluyla atmosferdeki smog oluşumuna en fazla katkısı olan maddelerdir. Yeni araştırmalar, kalp ve dolaşım sistemi hastalıklarının nedenleri arasında NOx'leri de göstermektedir.

KARBON MONOKSİT: CO'in kalp rahatsızlıklarına yol açtığı kesindir. İnsanlar CO'i başlıca şu kaynaklardan bünyelerine alırlar: sigara, otomobil egzozu, fosil yakıt. CO, kanın oksijen taşıma kapasitesini olumsuz yönde etkiler. CO kanda oksijeni uzaklaştıracak ve karboksihemoglobin oluşturacak şekilde homoglobinle birleşir. Karboksihomoglobinin varlığı kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Sigara kandaki karboksihemoglobinin %15'e kadar yükselmesine sebep olabilir.

HİDROKARBONLAR: Özellikle bazı hidrokarbonların, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Çok sayıda halkalı ve aromatik bileşiklerin vücutta kanser tümörleri yaptığı ispatlanmıştır.

### 8.5.2 Hayvanlar Üzerindeki Etkileri

İnsan hayatı ve sağlığı üzerinde bu kadar olumsuz etkileri olan hava kirliliğinin, hayvanlar üzerinde de olumsuz etkileri vardır. Hayvanların bazı durumlarda daha fazla, bazı durumlarda ise daha az dirençli görünmelerine rağmen, yapılan deneyler hayvanların da hava kirliliğinden aynı şekilde zarar gördüğü göstermektedir.

### 8.5.3 Bitkiler Üzerindeki Etkileri

$SO_2$, PAN ve etilenin bitki örtüsü için zehirli kirleticiler oldukları bilinmektedir. Gaz kirleticiler, bitkilerin normal solunumuyla hava ile birlikte stomatadan girerler. Bitkinin yaprağına girdikten sonra da klorofili tahrip eder ve fotosentez sürecini engellerler. Verilen zarar, bitkinin büyüme hızını yavaşlatmaktan bitkiyi tamamen öldürmeğe kadar değişebilir. Hava kirliliğinin bitkilere verdiği zarar genellikle yapraklarda kendini gösterir. Yapraklardaki hastalık belirtilerinden giderek sorumlu kirleticiyi saptamak mümkündür.

### 8.5.4 Malzeme Üzerindeki Etkileri

Hava kirliliği eşyaları kirleterek ve kimyasal olarak bozarak etkiler. Eşyaların ve yapıların kirlenmesi, havada yüksek seviyede duman ve partiküler maddenin bulunması ile ilgilidir. Özellikle, kükürt içeren asidik ve bazik tanecikler boya, duvar, elektrik bağlantıları ve tekstile zarar verir. Lastiğin bozulmasında etkin kirletici, atmosferin ilk 10 kilometresinde bulunan ozondur.

### 8.5.5 Atmosferik Özellikler Üzerindeki Etkileri

Bunlar görüş uzaklığındaki azalma, sis oluşumu ve yağış, güneş ışınlarında azalma, sıcaklık ve rüzgar dağılımındaki değişikliklerdir.

Görüş uzaklığındaki azalma genellikle hava kirliliğini izler. Görüş uzaklığı, gaz molekülleri ve partiküler maddenin gözle görünür ışınlar üzerindeki emme ve dağıtma etkisiyle azalır. Belirli dalga boyundaki ışınların gaz molekülleri ve

partiküler madde tarafından emilmesi atmosferdeki renklenmelere sebep olur. Ancak görüş uzaklığının bozulmasındaki en önemli etken, ışığın partiküler madde tarafından dağıtılmasıdır.

Şehirlerde havanın kırsal bölgelere göre daha sıcak ve bağıl nemin daha az olmasına rağmen, koyu sis oluşumuna daha sık rastlanmaktadır. Yüksek $SO_2$ seviyelerinde, nemli ortamda $SO_2$'in oksitlenmesiyle taneciklerin yüzeyinde oluşan $H_2SO_4$, başka şekilde oluşması mümkün olmayan koyu sis damlacıklarının oluşmasına yol açar. Yüksek seviyede partiküler maddenin yağış artışında rol oynadığı ileri sürülmektedir.

Güneş ve infrared ışınlarının emilmesi ve dağılması, hava kirliliğinin bulunduğu atmosferik tabakada gerçekleşir. Geceleri bu tabaka belirgin bir şekilde soğumuş olur. Yapay toz zerrecikleri genellikle çok küçüktürler fakat su buharına karşı kuvvetli bir çekim güçleri vardır. Ortamda yeterince nem varsa, su damlacıkları toz zerrecikleri üzerinde büyür ve sonunda yağmur olarak yere düşerler. Bu sebeple sanayi bölgelerinde ve şehirlerde, veya buralardan esen rüzgarları alan bölgelerde yağmur ve muhtemelen kar yağışı, aynı atmosferik koşullara sahip benzer bölgelere göre daha yüksek olmaktadır.

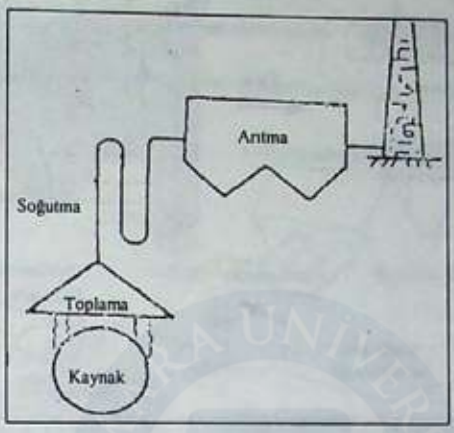
Hava kirliliğinin daha fazla yağışa neden olabilmesine rağmen, bulutlar aşırı derecede partiküler maddeyle yüklenince tam tersi de olabilmektedir. Bulut içindeki aşırı tanecik yoğunluğu sebebiyle , yağmur damlalarını oluşturmaya yetecek kadar su buharı bulunmayabilir.

### 8.6 Hava Kirliliğinin Önlenmesi

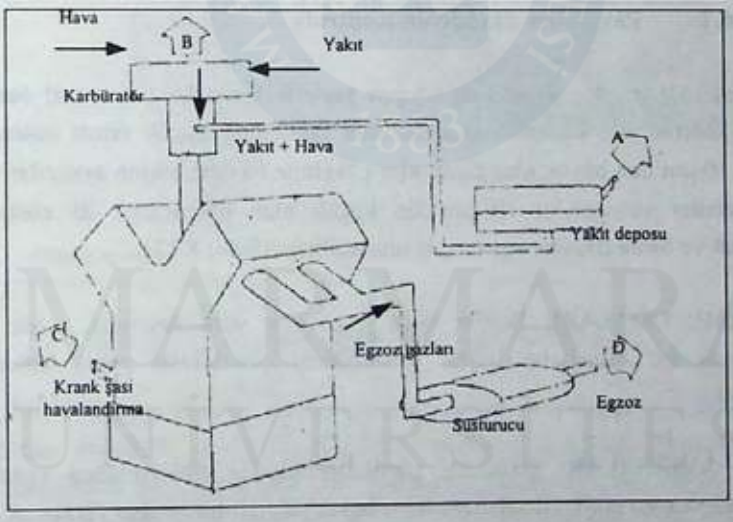
Hava kirliliğinin kontrolü Şekil 8.10'da gösterildiği gibi, kirleticilerin havaya salınma ve üretilme süreçlerindeki bazı noktalarda gerçekleştirilebilir. Hava kirliliği kaynağının kontrole alınması veya ortadan kaldırılması, hava kirliliğini önlemek için en basit ve kestirme yoldur. Örneğin, şehirlerde havada bulunan kurşun kaynağının arabalarda kullanılan kurşunlu benzin olduğu kesin ise, havadaki kurşun kirliliğini önlemek için en kestirme yol kurşunsuz benzin kullanmaktır. Şayet kirliliğin sebebi olan kaynak iyileştirilemiyor veya ortadan kaldırılamıyorsa, kirleticilerin üretildiği noktada havaya salınmadan toplanması ve kirletici özelliklerinin giderileceği bir işlemden geçirilmesi gerekmektedir. Sebep oldukları kurşun kirliliğinden başka, egzoz gazları nedeniyle motorlu araçlar ciddi hava kirliliği kaynaklarıdır. Ancak, Şekil 8.11 ve 12'de gösterildiği gibi içten yanmalı motorların sebep olduğu kirliliğin önlenmesi için basit yöntemler mevcuttur. Kirlilik kaynağının veya kirleticilerin

hangi işlemlerden geçirileceği ve çeşitli hava kirliliği kontrol teknikleri aşağıda verilmiştir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

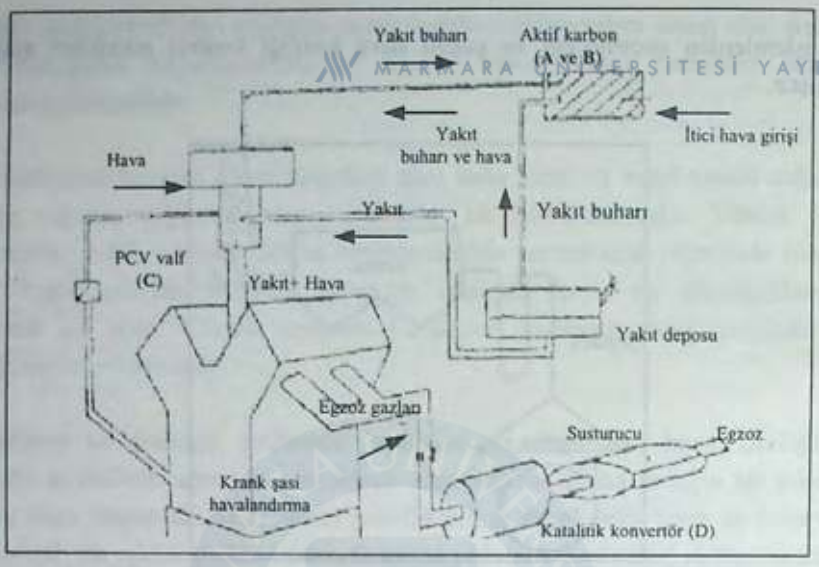



Şekil 8.10 Kirlilik Kontrol Noktaları




Şekil 8.11 İçten Yanmalı Motorlarda Başlıca Emisyon Noktaları: A,B,C,D

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ



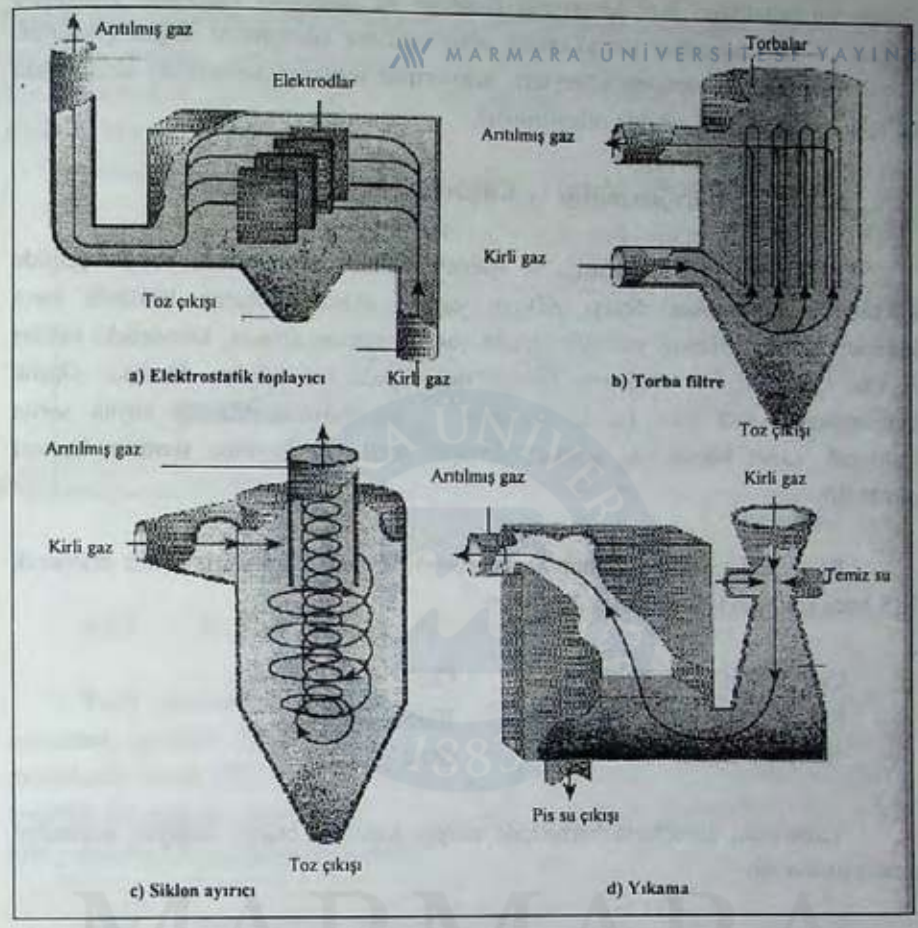

Şekil 8.12 İçten Yanmalı Motorlarda Başlıca Emisyon Noktalarında Alınabilecek Önlemler

### 8.6.1 Partiküler Maddenin Kontrolü

Partiküler maddenin ve onu taşıyan gazların fiziksel ve kimyasal özellikleri, bunların kontrolünde kullanılacak cihazların seçiminde büyük önem taşımaktadır. Örneğin, 10 μm'den büyük olan tanecikler çökeltme odaları, siklon ayırıcılar ve basit ıslak tutucular vasıtasıyla; 10 μm'den küçük olan parçacıklar da elektrostatik toplayıcılar ve torba filtreler vasıtasıyla tutulabilirler (Şekil 8.13).

ÇÖKELTME ODALARI: Bunlar baca gazlarının yolu üzerinde, gaz akışını yavaşlatacak bir engel ile büyük taneciklerin çökebildiği geniş bölmelerden oluşmuştur.

SİKLON AYIRICILAR: Siklonlar, partiküler madde emisyonunun kontrolünde kullanılabilecek en etkin cihazlardır. Kirli hava, şiddetli bir girdap yaratacak şekilde koni şeklindeki silindirin içine püskürtülür. Gazlardan daha ağır olan katı tanecikler, merkezkaç kuvvetin etkisiyle silindirin duvarlarına çarparak yavaşlar ve aşağıya düşerek koninin dışına alınırlar. Katı taneciklerden arındırılmış baca gazları silindirin tepesinde serbest kalır. Siklonlar genellikle, ileri işlemlerden önce baca gazlarını ağır ve büyük partiküler maddelerden arındırmak için ön temizleyici olarak kullanılırlar.




Şekil 8.13 Partiküler Madde Kontrolünde Kullanılan Yöntemler

TORBA FİLTRELER: Bu tip filtreler, evlerde kullanılan elektrik süpürgeleri gibi işlev görürler. Periyodik olarak silkelenerek temizlenen bu filtreler katı tanecikleri tutarlar. Genellikle keçeye benzer bir kumaştan yapılmış olan torba filtreler, mikrondan daha küçük tanecikler dahil olmak üzere nerdeyse tüm tanecikleri tutabilirler. Kullanımlarındaki tek kısıtlama, yüksek sıcaklık ve nemdir.

ISLAK TOPLAYICILAR: Bunlar baca gazlarını su ile ıslatarak temizlerler. Bazı korosif gaz ve sıvı zerrecikleriyle birlikte katı tanecikler baca gazından uzaklaştırılır.

ELEKTROSTATİK TOPLAYICILAR: Bunlar, baca gazlarını 40 000 ile 60 000 volt arasındaki bir elektrik gücünden geçirerek katı taneciklerin uzaklaşmasını sağlarlar.

Gazlar bu potansiyel fark karşısında iyonlaşır ve tanecikler elektrikle yüklenmiş olurlar. Yüklü tanecikler topraklanmış olan toplama yüzeylerine doğru çekilirler. Tepsilerden oluşan toplama yüzeyleri, üzerlerinde toplanan tanecikleri altlarındaki depolara silkeleyecek şekilde titreştirilirler.

### 8.6.2 Hidrojen Sülfür ve Kükürt Oksitlerin Kontrolü

Kullanılan fosil yakıtlarda ve işlenen madan cevherlerinde yaygın şekilde kükürt bulunmasından dolayı $SO_2$,en yaygın olarak bulunan kükürtlü hava kirleticisidir. Oksijenin yetersiz olduğu yanma şartları altında, kömürdeki kükürt $H_2S$'e; kömürün bol oksijenle yanma durumunda ise $SO_2$'ye dönüşür. Düşük konsantrasyonlarda olan bu kirleticilerin uzaklaştırılmasında en büyük sorun arıtılacak gazın hacmi ve, arıtma işleminde kullanılan/üretilen sıvıların korosif olmasıdır.

Baca gazları dolomit, potasyum karbonat ve çeşitli aminlerle temas ettirilerek $H_2S$ baca gazlarından uzaklaştırılabilirler:

$$CaCO_3.MgO + H_2S \rightarrow CaS + H_2O + CO_2$$
$$K_2CO_3 + H_2S \rightarrow KHS + KHCO_3$$
$$2RNH_2 + H_2S \rightarrow (RNH_3)_2S$$

Yukarıdaki süreçlerin herbirinde oluşan kükürtlü bileşik kolayca sistemden uzaklaştırılabilir.

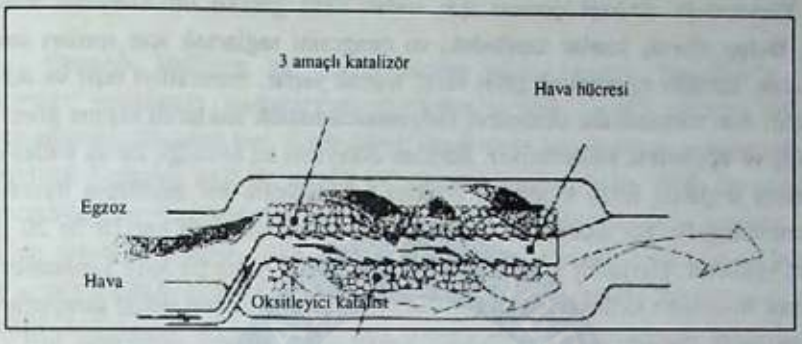
$SO_2$ suda az çözünür ancak amonyak, dimetilanilin veya çeşitli aminler gibi bazik çözeltilerde kolayca çözülür. $SO_2$ içeren gazlar bu gibi çözeltilerle yıkanarak arıtılabilirler. Yıkama çözeltileri de, her yıkamadan sonra muameleden geçirilerek tekrar kullanılabilirler. Elde edilen $SO_2$ sanayide kullanılmak üzere geri kazanılır.

$SO_2$'yi uzaklaştırmanın başka bir yolu da kireç kullanmaktır. Suyla karıştırılmış çamur halinde veya kireçtaşı olarak kömürle birlikte yakılan kireç, kömürdeki kükürtle tepkimeye girerek $CaSO_4$ (alçı) oluşturur. Katı halde bulunan bu alçıtaşı sistemden kolaylıkla uzaklaştırılır.

### 8.6.3 Azot Oksitlerin Kontrolü

Azot oksitlerin emisyonu, yakma sistemlerine yapılacak bazı değişikliklerle kontrol edilebilir. 550°C'nin altındaki sıcaklıklarda NOx üretimi önemsiz düzeylerde

kaldığı için, yakıtların düşük sıcaklıklarda yakılması yönünde alınacak tedbirler NOx üretimini azaltır. Araçların egzoz sistemlerine takılan çok amaçlı katalitik konvertörlerdeki gibi NOx'leri $N_2$'ye dönüştürecek katalitik yöntemler mevcuttur (Şekil 8.14).




Şekil 8.14 Çok Amaçlı Katalitik Konvertör

### 8.6.4 Karbon Oksitlerin Kontrolü

Fosil yakıtların yanma sürecinde ortaya çıkan CO'in miktarı, dikkatlice izlenmesi gereken bazı parametrelere bağlıdır. Otomobil gibi içten yanmalı motorlarda oluşan CO, araba egzozundan dışarı atılmadan $CO_2$'e dönüştürüldüğü bir katalitik bir reaktöre yöneltilebilir. Demir çelik sanayisinin bazı sektörlerinde olduğu gibi yakılarak $CO_2$'ye dönüştürülebilir.

### 8.6.5 Hidrokarbonların Kontrolü

Hidrokarbon emisyonları, yanmamış yakıt buharlarının salındığı hatalı yakma işlemlerinin meydana getirdiği durumlardır. Bunlar yakma, absorpsiyon ve yoğunlaştırma yöntemleriyle kontrol altına alınabilirler. Yakma, doğrudan alevli brülörlerle gerçekleştirilebilir. Yanmamış hidrokarbonlar aktif karbon kullanarak absorbe edilebilirler. Baca gazlarının sıcaklığını yoğunlaşma noktasına kadar düşürerek hidrokarbonları toplayan yoğunlaştırıcılar kullanılabilir.

# 9. BÖLÜM

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# SU KİRLİLİĞİ

Yeryüzünün fiziksel çevresi için sudan daha gerekli bir kimyasal madde yoktur. Buhar olarak, kıtalar üzerindeki ısı dengesini sağlamak için ışınları emer. Sıvı olarak, karaları aşındırarak şekil verir, toprak yapar, mineralleri taşır ve iklimi yumuşatır. Son zamanlarda, insanların milyonlarca tonluk atıklarını taşıma görevini üstlenmiş ve böylelikle kirletilmiştir. Bundan dolayı da su kirliliği, bir su kütlesinin kullanımını sağlıksız kılan kimyasal, fiziksel ve biyolojik bir maddenin ilavesidir diye tanımlanabilir. Bir akarsuyun herhangi bir noktasındaki su her 10 ile 20 gün arasında yenilenir. Derin bir gölün suları ise ancak 100 yılda bir kere yenilenebilir. Kirlenerek insanların kullanımına uygun olmaktan çıkmış suların doğal süreçlerle ne kadar zamanda yenileneceğini etkilemesi bakımından, suların yenilenme hızı çok önemlidir.

## 9.1 Başlıca Su Kirleticileri

Su, herhangi bir gaz, sıvı veya katı bileşikle aşırı halde yüklenmiş olunca kirlenmiş sayılır. Su kirliliğine sebep olan kirleticiler aşağıda tanıtılmıştır.

### 9.1.1 Organik Atıklar

Serbest oksijen, sudaki yaşam ve suyun kendi kendini temizlemesi bakımından elzemdir. Atmosferdeki oksijen suda az çözünür ve normalde sıcaklığa bağlı olarak litrede 5 ile 7 mg arasında bulunur. Bu küçük miktar oksijen, canlılara uygun olan sağlıklı bir su ortamı sağlar.

Sudaki yaşam son derece hassastır; içindeki serbest oksijenin aşırı şekilde tüketilmesiyle olumsuz yönde etkilenir. Organik atıkların içeriğindeki karbon ve hidrojen parçalayıcı mikroorganizmaların faaliyetleriyle karbon dioksit ve suya dönüşürken sudaki oksijen tüketilir, suda çözünmüş oksijen miktarı (ÇO), kabul edilemeyecek seviyelere düşer ve aşırı kirlenme denen durum ortaya çıkar. Bu gibi durumlarda oksijen ihtiyacı, $H_2S$ gibi kötü kokulu gazları salacak bir şekilde, suda çözünmüş nitrat ve sülfatlardan karşılanır.

Organik atıklar, şehir ve kırsal kesimlerdeki lağımlardan ve, hayvan ve bitki kökenli sanayi atıklarından gelir. Evsel kanalizasyon atıkları, en yaygın organik

madde kaynağıdır. Ancak, sanayi kökenli organik atıklar da yaklaşık aynı orandadır. En fazla organik atık üreten ve sulara en fazla organik madde bırakan sanayiler, gıda ve kağıt sanayileridir. Pancar işleyen bir şeker fabrikasında bir kampanya süresinde üretilen organik atık miktarı, yarım milyon nüfuslu bir şehirden aynı süre içinde kanalizasyona verilen miktarla aynıdır.

Organik kirliliğin en yaygın ölçüm şekli, organik kirleticinin aerobik bakteriler vasıtasıyla parçalanması/oksitlenmesi için gerekli oksijen miktarının saptanmasıdır. Standart test, 5 gün süreli oksitlenme için gereken oksijen miktarının ölçüldüğü 5-günlük BOİ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) testidir. BOİ, biyolojik yolla bozunabilen bir maddenin su içinde oksitlenip parçalanması için gereken oksijen miktarı olarak tanımlanır. BOİ, kirli su numunesini oksijene doyurarak ve kapalı bir şişe içinde 5 gün bekleterek ölçülür. Kirli su numunesi içindeki ayrıştırıcılar, mevcut oksijeni kullanarak organik maddeleri parçalarlar. Ne kadar çok organik madde varsa, oksijen o kadar hızlı tükenir. Sürenin sonunda şişede kalan oksijen miktarı ölçülür. Oksijen miktarındaki azalma, BOİ değerini verir. Yüksek bir BOİ, suyun organik maddelerle aşırı kirlenmesinin işaretidir. İyi kalite suda yaklaşık 9 ppm (~7mg/l) çözülmüş oksijen vardır. Bu değer 4 ppm'nin (~5mg/l) altına düşünce, su ciddi seviyede kirlenmiş sayılır.

### 9.1.2 Bulaşıcı Mikroplar

Şehirlerin ve özellikle hastanelerin, mezbahaların ve gemilerin atık sularında insanlara ve hayvanlara bulaşabilen mikroplar mevcuttur. Hastalık yapan mikroorganizmalar kanalizasyonlarda her zaman mevcuttur.

Kolera ve tifo gibi insanlara suyla bulaşan çeşitli enfeksiyon tipleri vardır. Kolera salgınlarının, kolera hastalarının dışkılarında bulunan ve suyla taşınıp bulaşan mikroorganizmalar vasıtasıyla ortaya çıktığı bilinmektedir. ABD'de tifoya hiç rastlanmaz iken, su temininin sağlıklı şartlarda yapılmadığı gelişmekte olan ülkelerde sık sık tifo salgınları yaşanır.

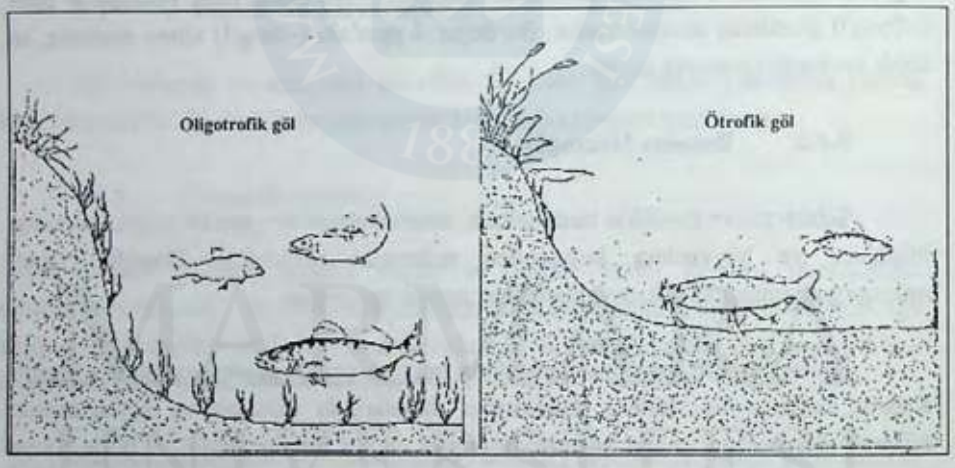
Sudaki hastalık yapıcı maddeleri tespit etmenin standart yolu, su numunesindeki koliform bakterilerinin "en muhtemel sayısı"nın (most probable number, MPN) saptanmasıdır. Koliform bakteriler, Escherichia koli gibi insan ve hayvanların barsaklarında, dolayısıyla dışkılarında, çok sayıda bulunan bakterilerdir. Koliform bakterilerinin sulardaki varlığı, arıtılmamış kanalizasyon sularının karışmış olduğunu işaret eder. Tahlili yapılacak su, bakterilerin toplanması için filtre edilir. Toplanan bakteriler, büyümeleri ve çoğalmaları için uygun bir ortama

alınırlar ve 24 saat bekletilirler. Sürenin sonunda, oluşmuş olan bakteri kolonileri sayılır. Uluslararası standartlara göre bu sayı genel amaçlı su için 100 mililitrede 2000, yüzme havuzu için 200, içme suyu için de 1'dir.

### 9.1.3 Bitki Besinleri ve Ötröfikasyon

Normal seviyelerde bitki besini içeren göllere, oligotropik göller denir. Oligotrofik göllerin suları durudur. Ötröfikasyon, su kütlelerinin bitki besinleriyle zenginleştirilme sürecidir. Karbon, oksijen, hidrojen ve, nitratlardaki azot ve fosfat halindeki fosfor bitki besinlerinden bazılarıdır. Besin bakımından zenginleştirilmiş göllere ötröfik göl denir. Böyle sularda pek çok algi ve bitki büyür.

Su ekosistemi içinde bu bitkiler besin zincirinin temelini teşkil ettikleri halde, aşırı büyümeleri ve çoğalmaları durumunda üreticiler ve tüketiciler arasındaki doğal denge bozulur. Yüksek BOİ, kötü kokular dahil olmak üzere başka sorunlar ortaya çıkar (Şekil 9.1).




Şekil 9.1 Oligotrofik ve Ötrofik Göller

### 9.1.4 Organik Kimyasallar

Sularda bulunan organik bileşiklerin çoğu pestisitler, çözücüler, kimyasallar ve plastikler gibi sentetik maddelerdir. Sentetik maddelerin çoğu zehirlidir. Bazılarının başka sağlık sorunlarıyla birlikte kanser yaptığı ve sakat doğumlara yol açtığı bilinmektedir. Çoğu, plastikler gibi biyolojik bozunmaya uğramazlar veya

çok az uğrarlar. Daha az zehirli ve doğada daha hızlı bozunan organik bileşiklerin geliştirilmesi için araştırmalar sürmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 9.1.5 Anorganik Kimyasallar

Çok sayıda anorganik kimyasal madde, sanayi tesisleri, maden ocakları, sulama kaçakları, petrol arama ve belediye atıkları kanalıyla yerüstü ve yeraltı sularına ulaşır. Anorganik kirleticilerin bir kısmı su canlıları için zehirlidir. Bunların varlığı, suyu içilmez ve kullanılmaz hale getirir. En yaygın olarak bulunan anorganik kirleticiler civa, yollara atılan tuz (NaCl ve $CaCl_2$) ve madenlerden sızan asitlerdir.

Civa, çeşitli sanayi süreçlerinde kullanılır. Sanayi tesislerinin civa içeren atık sularını akıtmasıyla, civa sulara karışır. Civanın sulara karışmasının diğer bir yolu da pil, boya ve plastik atıkların yakılmasıdır. Sulara karışan civa, sudaki tortuların içine yerleşir ve, kolaylıkla besin zincirine dahil olabilen metilcivaya dönüşür. Metilciva bileşikleri böbrek rahatsızlıklarına ve çocuklarda zeka geriliğine sebep olur. Bünyedeki civa birikimi sinir sisteminde ciddi hasarlara yol açar.

Kışın karlı havalarda, yolların buz tutmasını önlemek veya karları eritmek için atılan tuz, yolları bozar ve arabaları korozyona uğratır. Yol kenarında büyüyen bitkilere zarar verir. Yağışla birlikte bu tuzlar yerüstü ve yeraltı sularına taşınır. Bu şekilde sudaki hayat ve su kalitesi olumsuz yönde etkilenmiş olur.

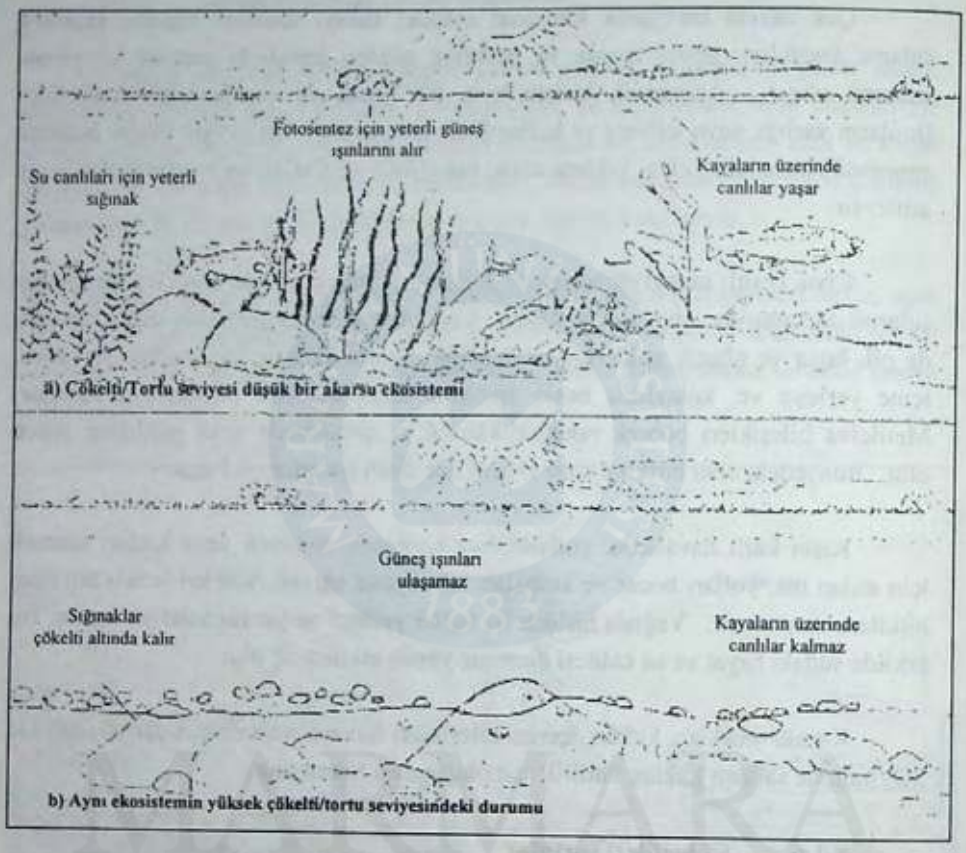
Kömür ocakları kükürt içeren bileşikleri havaya ve sulara salar. Genellikle $SO_2$ halinde salınan kükürt, sülfirik asit oluşumuna neden olur.

### 9.1.6 Çökeltiler/Tortular

Tortular, su içinde asılı bulunan ve sonradan çöküp dipte biriken maddelerdir. Bu kirleticiler, zirai topraklardan, çıplak kalmış ormanlık alanlardan, aşırı otlatılmış meralardan, yerüstü maden ocaklarından ve inşaatlardan gelir. Çökelti kirliliği ışığı keserek, su canlılarını kaplayarak, çözünmeyen zehirli anorganik maddeleri sulara taşıyarak ve su yollarını tıkayarak pek çok sorun açar.

Çökelti parçacıkları suda asılı halde olunca, ışığın su içine girişini kısıtlayacak şekilde suyu bulandırır. Su sistemlerindeki besin zincirinin tabanında fotosentez yapan algi ve bitkiler olması ve, ışığın fotosentez için gerekli olması bakımından, suların bulanması fotosentez sürecini olumsuz etkiler. Aşırı bulanık

sularda fotosentez yapan organizma sayısı azalır ve bunun neticesi olarak birincil üreticilerle beslenen organizmaların sayısında bir azalma görülür. İleri seviyede bulanık sularda balıkların solungaçları ve beslenme sistemleri tıkanarak yaşam son bulur (Şekil 9.2).




Şekil 9.2 Çökelti/Tortu Seviyesi Düşük ve Yüksek Sular

Çökelti parçacıkları, çözünmeyen zehirli kimyasalların yapışacağı bir yüzey sağlarlar. Bu yüzden suya, çökelti parçacıklarıyla birlikte zehirli kimyasallar girer. Bulaşıcı mikroplar dahi çökeltiler vasıtasıyla suya taşınabilirler.

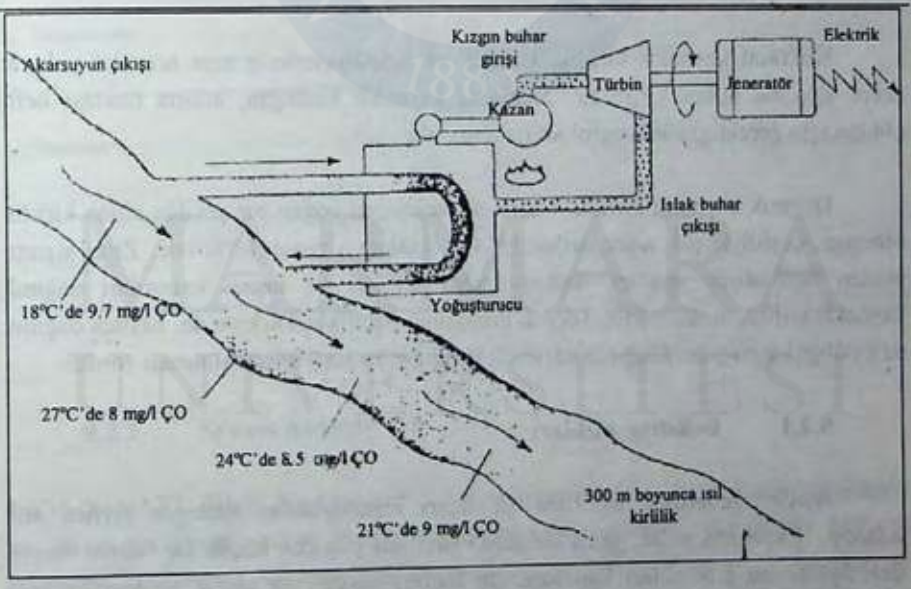
Çökelti parçacıkları tortu halinde suyun dibine çöktüğü durumlarda su yolları tıkanır, barajlar dolar. Özellikle taşımacılığın yapıldığı sularda bu durum ciddi sorunlar yaratır. Barajlar kullanılamaz hale gelir.

### 9.1.7 Isıl Kirlilik

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Başta termik ve nükleer santraller olmak üzere bazı sanayi tesisleri, sistemlerini soğutmak için, genellikle çevresindeki su kaynaklarını (akarsu, göl, deniz) kullanırlar. Sistemi soğutan suyun kendisi ısınmış olur ve su kaynağından daha yüksek sıcaklıkta kaynağa geri verilir. Bunun neticesi olarak su kaynağının sıcaklığında, özellikle kullanılmış suyun çıkış noktası ve yakınlarında, hafif bir artış gözlenir (Şekil 9.3).

Su sıcaklığındaki artışın kimyasal, fiziksel ve biyolojik etkileri vardır. Atıkların parçalanmaları dahil olmak üzere kimyasal tepkimeler daha hızlı olur ve sudaki ÇO içeriğinin daha süratli azalmasına yol açar. Dahası, sıcaklık yükseldikçe oksijenin sudaki çözünürlüğü azaldığı için suyun ÇO içeriği daha da azalır. Sıcaklık organizmaların üremelerini, sindirim ve solunum sistemlerini etkilediği için, ısıl kirlenmeye uğramış sulardaki canlıların tüm faaliyetlerinde değişiklikler meydana gelir. Örneğin yüksek sıcaklıklarda, ayni kiloyu korumak için balıkların daha fazla yemesi gerekir, ömürleri daha kısadır ve sayıları azalır. Aşırı ısı kirliliğinde ise, balıklar ve diğer canlılar ölür.




Şekil 9.3 Termik Santralin Yarattığı Isıl Kirlilik

### 9.1.8 Radyoaktif Maddeler

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Radyoaktif maddeler, uranyum ve toryum gibi radyoaktif maddelerin işlenmesi ve çıkarılması gibi süreçlerden dolayı suya bulaşırlar. Nükleer santral gibi radyoaktif madde kullanılan yerlerden radyasyon sızması, ve havaya, suya ve toprağa bulaşması beklenen olaylardır. Nükleer santrallerde olabilecek kazalarda, toprağı ve suyu ciddi seviyede kirletecek miktarlarda sızıntı olur. Doğal kaynaklı radyasyon yeraltı sularına bulaşabilir. Radyoaktif kirlilik konusu, Nükleer Santraller ve Atıkları başlığı altında daha önceki sayfalarda ayrıntılı olarak işlenmişti.

## 9.2 Su Kirliliğinin Kaynakları

Su kirleticileri hem doğal hem de insan kaynaklı olabilir. Doğal kaynaklı su kirliliği, zaman zaman endişe verici boyutlarda olmasına rağmen, insanların etkinlikleri dolayısıyla meydana getirilen su kirliliği daha yaygındır. İnsan etkinliğinin sebep olduğu başlıca dört su kirliliği kaynağı vardır: sanayi, belediye hizmetleri (atık su, kanalizasyon), deniz/nehir/göl taşımacılığı ve ziraat. Su kirliliği kaynaklarını: noktasal ve dağınık (noktasal olmayan) kaynak olmak üzere iki grupta incelemek mümkündür (Şekil 9.4).

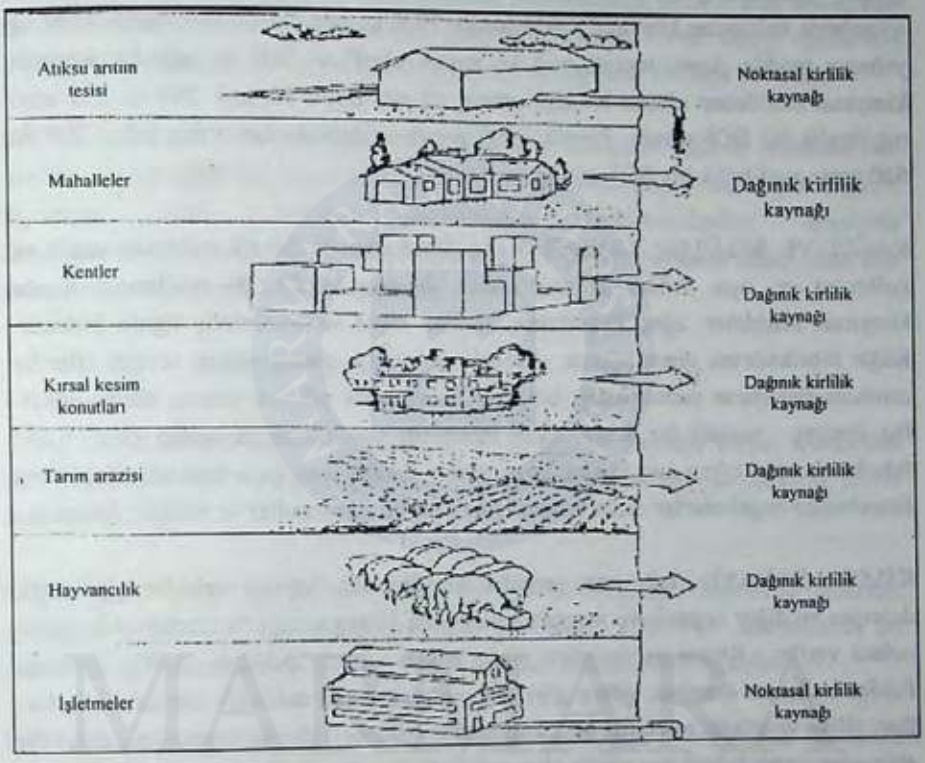
Noktasal kaynaklı kirlilik, işletme ve belediyelerin arıtma tesisleri yoluyla çevre sularına atılan kirliliktir. Noktasal kaynaklı kirliliğin, atılma noktası belli olduğu için gerektiğinde kontrol altına alınabilir.

Dağınık kaynaklı kirlilik, belirli bir noktadan yoğun bir şekilde atılan kirlilik olmayıp, çeşitli küçük noktalardan büyük alanlara yayılan kirliliktir. Zirai sızıntı, maden ocaklarının atıkları, dağınık şehir atıkları ve inşaat kalıntıları dağınık kaynaklı kirlilik örnekleridir. Toprak erozyonu, özellikle Türkiye'de, başlıca dağınık su kirliliği kaynağıdır. Dağınık kaynaklı kirliliğin kontrol altına alınması zordur.

### 9.2.1 Belediye Atıkları

Bunlar genellikle evlerden ve ticari kuruluşlardan dışarıya verilen atık sulardır. Evsel atık sular, geniş bir alana yayılmış pek çok küçük kaynaktan oluşur. Belediyeler bu atık suları kanalizasyon hatları vasıtasıyla toplar ve kanalizasyon sularının arıtıldığı tesislere ulaştırır. Arıtma tesisi gibi bir noktada toplanan kirlilik artık noktasal kirlilik kaynağı haline gelmiştir ve kontrol altında tutulması mümkündür. Kanalizasyon sularının yarattığı su kirliliği, sağlıklı kanalizasyon sistemi ve arıtma tesislerinin olmadığı gelişmekte olan ülkelerde ciddi boyutlardadır.

Kontrol altında tutulması zor olan dağınık kirlilik kaynağı, rüzgarlarla savrulan kirliliktir. Rüzgarla savrulup dağılan kirleticiler arasında yollardaki tuzlar, işlenmemiş çöpler, inşaat kalıntıları ve asit yağmuruna dönüşmüş egzoz gazları vardır. Asbest, klorürler, bakır, siyanürler, hidrokarbonlar, kurşun, organik atıklar, fosfat ve çinko rüzgarla savrulup sulara bulaşabilir. Bu tür kirlilikle baş etmek te belediyelerin sorumluluğu içindedir.




Şekil 9.4 Noktasal ve Dağınık Su Kirliliği Kaynakları

### 9.2.2 Sanayi Atıkları

GIDA SANAYİ: Et-süt, pancar şekeri, bira ve alkollü içki, konserve yiyecek işleyen ve üreten tesislerden çıkan atıklar, lağım sularında olduğu gibi sudaki oksijeni tüketerek parçalanan organik madde içerirler. Et işleyen tesislere, ahırlar ve mezbahalar da dahildir. Kan, yağ, proteinler, tüyler ve diğer organik maddeler bu tesislerden çıkan atıklardır. Süt işleyen tesisler, yüksek miktarda protein, yağ ve laktoz içeren atık üretir. Pancar işleyen şeker fabrikalarında ise yüksek BOİ'li, şeker ve protein içeren atıklar üretilir. Katı bir atık olan küspede organik atıktır. Bira ve

alkollü içki fabrikalarından, azot ve mayalanmış organik madde içeren katı atıklar çıkar. Konserve ve donmuş yiyecek üreten tesislerinde büyük miktarlarda yaş katı atıklar meydana gelir. Gıda sanayisinde salgın hastalıklar söz konusudur.

TEKSTİL SANAYİ: Bu sanayi kolunda elyafların işlenmesi sürecinde, başka işlemlerden geçmesi gereken yüksek miktarda atık üretilir. Bu atıkların nedeni, elyafta bulunan yabancı maddeler ve bunların uzaklaştırılması için gerekli işlemlerde kullanılan kimyasal maddelerdir. 1000 kg yün elyafın üretilmesi, 1500 kg yabancı madde (kum, toprak, yağ ve kopuk elyaf) ve 300 ile 600 kg arasında kimyasal maddeden oluşan bir atık ortaya çıkarır. Böyle bir atık 200 ile 250 arası mg/litrelik bir BOİ yaratır. Pamuk ipliği üretilen fabrikalardan atılan sular, 200 ile 600 arası mg/litrelik bir BOİ yaratır.

KAĞIT VE SELÜLOZ SANAYİ: Kağıt fabrikalarında büyük miktarda temiz su kullanılır ve, aynı miktar su atık olarak dışarıya verilir. Bu atıklarının içinde kimyasal maddeler, ağaç kırpıntıları, selüloz elyaf ve çözünmüş lignin bulunur. Kağıt fabrikalarına giren ağacın, yaklaşık yarısı atık olarak sulara verilir. Bunlar zamanla balıkların yumurtladığı bölgeleri kaplayacak şekilde suların dibine çöker. Bu durum, sudaki bir kısım canlı türlerinin yok olmasına neden olur. Kağıt fabrikalarından çıkan sıvı atıklar koyu renkli olduğu için, su ortamında sürdürülen fotosenteze engel olurlar. Bu atıkların içinde zehirli kimyasallar ve sülfitler bulunur.

KİMYA SANAYİ: Asit, baz, sentetik elyaf/kumaş, hayvan zehirleri (pestisit), deterjan ve diğer organik ve inorganik maddeler kimya sanayi tarafından atık olarak sulara verilir. Reyon üretiminden çıkan atıklar yüksek miktarda $H_2SO_4$ içerirler. Fosfat kullanan deterjan, gübre gibi sanayilerden çıkan atıklarda elementel fosfor, flor, silika ve büyük miktarda asılı katı madde bulunur. Kimya sanayisinin diğer bir atığı olan cıvalı bileşikler, zehirli olup sudaki hayata zarar verir.

PETROL SANAYİ: Petrol kuyusu açma çalışmalarında çamur ve ham petrolle birlikte kuyulardan fışkıran tuzlu sular vardır. Petrol rafineri ve petrokimya tesisleri, asit, baz, siyanür, sodyum tuzları, fenollü bileşikler, çeşitli anorganik ve organik kükürt bileşikleri ve, halojenli ve nitrolu hidrokarbonlar içeren atık üretirler.

KÖMÜR MADENLERİ: Kömür madenleri, 100 ile 600 ppm arasında $H_2SO_4$ içeren asit sızıntısına sebep olurlar. Kömür temizleme tesislerinde çıkan atık sularda, kömür tozu, kil ve kumdan oluşan yüksek miktar katı madde bulunur.

SENTETİK KAUÇUK/PLASTİK SANAYİ: Sentetik kauçuk üretiminde asit, bütadiyen ve sitiren kullanılmaktadır. Bu atıklar doğal olarak kötü kokulu maddeler içerir. Plastik sanayi gayet zehirli olabilen çeşitli hidrokarbonları içeren atıklar üretir.

METAL SANAYİ: Cevherin işlenmesiyle oluşan baca gazlarının artımında ciddi su kirliliğine sebep olan atık sular üretilmektedir. Bu atıklarda sülfirik asit, fenol, katı tanecikleri, yağlar ve katı halde başka maddeler bulunur. Metal sanayi atıklarının içeriğinde bulunabilecek Pb, Ni, Cd, Zn, Cu, Ag ve Hg ciddi kirliliğe yol açar.

DİĞER SANAYİLER: Deri fabrikalarından çıkan atıklarda yüksek miktarda katı madde, tuzlar, sülfürler, krom, kireç ve BOİ yüksek olan yağ ve doku gibi organik maddeler vardır. Nükleer santrallerden, hastahanelerden, araştırma laboratuarlarından çıkan atıklar radyasyonludur. Meşrubat fabrikalarından çıkan atık sular bazik olup BOİ'leri yüksektir.

### 9.2.3 Deniz/Su Taşımacılığı

Deniz taşımacılığı ile ilgili olarak iki tür kirlilik kaynağı vardır. Bunlardan birisi, gemilerin atık suları/foseptikleri; diğeri de tankerlerde taşınan petrol ve petrol ürünleridir.

GEMİ FOSEPTİKLERİ: Tüm su taşıtlarıyla ilgili bir sorundur. Genellikle denizlere doğrudan boşaltıldığı için, evsel atık sular gibi suları kirletirler. Marinalarda bu durum kontrol altına alınamadığı takdirde çok ciddi sorunlara yol açabilir.

PETROL KİRLİLİĞİ: Petrol tankerlerinin çarpışması ve sintine suyunun boşaltılması sonucunda ortaya çıkar. Son 34 yılda (1960, 1966, 1979, 1985, 1991 ve 1994) sadece İstanbul Boğazında, 6 tanker kazası olmuş ve bunlar tonlarca petrolün Boğaz sularını kirletmesine sebep olmuştur.

Tankerler yüklerindeki petrolü boşalttıktan sonra, sudaki dengelerini korumak için ambarlarını denizden çektikleri suyla (sintine) doldururlar. Limanlara demir atmadan önce , petrolün bulaşmış olduğu bu suyu tekrar denize boşaltırlar.

Petrol su üzerinde ince bir tabaka oluşturur ve hafif hidrokarbonlar hemen buharlaşır. Ağır hidrokarbonlar ise, kolay kolay biyolojik bozunmaya uğramadıkları ve de buharlaşmadıkları için, uzun müddet katranlı topaklar halinde su yüzünde kalırlar.

Petrol kirliliğinin en gözle görünür etkisi deniz kuşlarının ölümüdür. Kuşların tüylerinin içinde ve arasında bulunan ve onların vücut sıcaklığını korumasını, uçmasını sağlayan hava, bulaşan petrol ile yer değiştirir. Kuşlar uçamaz hale gelir ve vücut sıcaklıklarını koruyamadıkları için kolayca hastalanır. Petrol kirliliğinin diğer deniz canlıları üzerinde de ciddi etkileri vardır. 1957 yılında Meksiko'da ufak bir koyda, dizel yağlarının tankerden akmasıyla meydana gelen bir kazada, koydaki tüm bitki ve hayvanlar yaşamlarını yitirmişlerdir.

Petrol veya petrol ürünlerinin tankerlerden akmasıyla meydana gelen kirliliği kontrol altına alabilmek ve önlemek için yoğun çalışmalar neticesi bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar i) su üzerindeki yağ tabakasının etrafını fiziki olarak çevirmek; ii) etrafı çevrilmiş olan yağ tabakasını pompa vasıtasıyla emmek; iii) su üzerinde toplanan yağ tabakasının kimyasal maddeler kullanarak çözünmesini sağlamak.

### 9.2.4 Tarımsal Kirlilik

Tüm dünyada tarım, dağınık su kirliliğinin başlıca kaynağıdır. Tarımsal uygulamalar, su kirliliği yaratacak çeşitli maddelerin ortaya çıkmasına sebep olurlar. Sulara sızan tarım ilaçları, (pestisitler) su organizmalarını ve insanları olumsuz yönde etkilerler. Gübre sızıntıları suların besin bakımından zenginleşmesini sağlar. Hayvan atıkları ve bitki kalıntıları, sularda yüksek BOİ ve çamura sebep olur; suları besin bakımından zenginleştirirler (Ötröfikasyon).

Tarım arazilerindeki toprak erozyonu sularda çökebilen katı madde miktarını arttırır. Ayrıca, suda kolaylıkla çözünmeyen bazı tarım kimyasalları, bu katı taneciklere tutunarak sulara girer. Buradan anlaşılacağı gibi, toprak erozyonunu önlemek aynı zamanda su kirliliğini önlemek demektir.

## 9.3 Su Kirliliğinin Saptanması ve Ölçümü

Su kirliliğini saptamak ve sorunu çözmek için, su kirliliği seviyesinin tam olarak ölçülmesi gerekir. Su kirliliğinin hacmi ve konsantrasyonuna ilave olarak, bu kirliliğinin etkisi de ölçülmelidir.

### 9.3.1 Katı Maddeler

Atıkların hacmi, günde toplam akış olarak ölçülür. Atıkların konsantrasyonu, hem katıların türü hem de bu katıların biyolojik etkinliklere karşı dayanıklılığı

cinsinden ifade edilir. Bir akarsudaki katılar organik ve anorganik maddeler olup, ya asılı durur veya çözünmüş olarak bulunurlar. Normal evsel sıvı atıklar (kanalizasyon suları), yaklaşık %60 organik, %40 inorganik maddeden oluşmaktadır. Canlı/cansız bitkisel ve hayvansal madde olan organik maddeler, sudaki mikroorganizmalara besin görevi görürler ve en kirletici katılardır. İnsan ve hayvan dışkıları, kağıt, bakteriler ve alkil benzen sülfonatlı (ABS) deterjanlar, organik madde örnekleridir. Bu gibi organik maddeler akarsulara veya denizlere boşaltılmadan önce yakılabilirler. Arkada kalan kum ve kül gibi anorganik maddeler, normal katı atıklarla birlikte çöp alanlarında işlem görür.

Atıklardaki katı miktarı ya kütle yüzdesi olarak veya günde toplam kütle olarak ifade edilir. Tarım ilaçlarında bulunan (pestisit, herbisit) organik bileşiklerin bir kısmının ölçümlerinde, 1 ppb'den (milyarda bir) daha düşük konsantrasyonlarda dahi önemli kirletici etkileri olması bakımından, ciddi zorluklar doğabilir. Atık madde içindeki katıların analizi, sudaki çözünürlükleri ve de organik olup olmadıkları hakkında bilgi verebilir. Fakat, atık maddenin kirletici etkisi veya nasıl arıtılabileceği hakkında bilgi vermez. Bu bilgi, kimyasal analizlerden elde edilir.

### 9.3.2 Kimyasal Analizler

Su kirliliğinin seviyesini saptamak için, birkaç analiz kullanılmaktadır. Bunlar permanganat değeri, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı ve metilen mavisi kararlılık testleridir.

PERMANGANAT DEĞERİ (PD): Bu analiz, oksitlenebilir organik madde ile oksitlenebilen bazı inorganik maddelerin miktarını verir. Bu test, asit permanganat çözeltisindeki manganın indirgenmesi üzerine kurulmuştur. Tepkimeye girmeyen permanganatın miktarı, tiosülfat çözeltisi ile titre edilerek bulunur. Değişik tepkime süreleri alınmasına rağmen genellikle kısa analizler için 3 dakika, kapsamlı uzun analizler için de 4 saat kullanılır.

KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ): Bu analizden oksitlenebilen organik madde miktarı elde edilebilir. Oksitlenmenin daha kolay olması ve daha az hatalı sonuçlar vermesi bakımından bu test, permanganat değeri testinden fazla tercih edilir. Su numunesi, sıcak dikromat asit çözeltisi ile muamele edilir ve dikromat fazlası, demir sülfatla titre edilerek bulunur.

BİYOLOJİK OKSİJEN İHTİYACI (BOİ): Bu testte, suda bulunan mikroorganizmaların çözünmüş oksijeni kullanarak, mevcut organik maddeyi

parçalaması gerçekleştirilir. Kirli su numunesi oksijenle doyurulmuş olarak kapalı bir şişede birkaç gün bekletilir. Numunede ne kadar çok organik madde varsa, oksijen mikroorganizmalar tarafından o kadar çabuk tüketilir. Test süresi sonunda şişede kalan oksijen ölçülür ve, oksijen miktarındaki azalma BOİ olarak gösterilir. Sulardaki organik kirliliği ölçmesi bakımından BOİ testi temel analizdir.

METİLEN MAVİSİ KARARLILIĞI (MMK): Bu test, 100 ml'lik bir kirli su numunesinin bulunduğu şişeye %0.35 (kütlesel) konsantrasyonda 0.5 ml metilen mavisi çözeltisinden ilave edilerek yapılır. Numune, 5 gün 20 °C'de muhafaza edilerek mavi rengin kaybolması için gerekli süre kaydedilir. MMK testiyle sadece sudaki oksijenin kararlılığı ölçülmektedir.

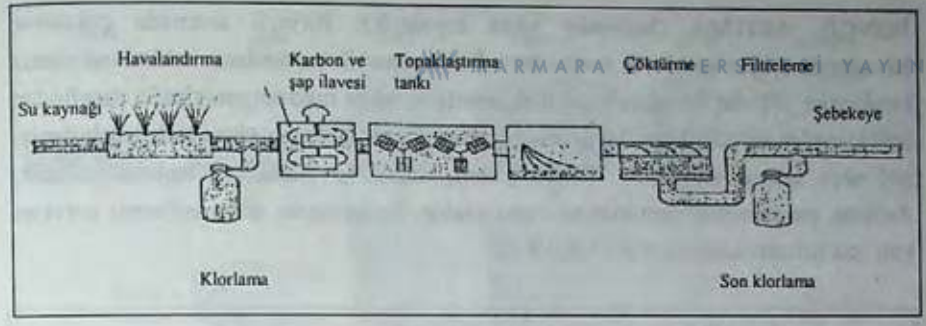
### 9.4 Suların Arıtımı

İçme sularının arıtımındaki amaç, insanların günlük yaşamlarında kullanacakları suyu biyolojik ve kimyasal kirlilikten arındırmaktır.

Atık suların arıtımıyla çevre sulardaki kirliliğin önüne geçilir. Su arıtımı ile atık su arıtımı arasındaki farka dikkat edilmesi gerekmektedir.

#### 9.4.1 İçme Sularının Arıtımı

Su arıtımında ilk adım rezervlerden gelen suyun, içindeki dal yaprak gibi yabancı maddeleri ayırmak için ızgaralardan geçirilmesi ve havalandırılmasıdır. Havalandırma sayesinde, suyun içinde çözünmüş olarak bulunan $H_2S$ ve $NH_3$ gibi kokulu maddeler uzaklaştırılmış olur. Mikropları öldürmek için $Cl_2$ gazı ilave edilir. Suyu bulandıran ve renk katan maddeler ise iki kademede uzaklaştırılır: demir sülfat veya şapla ($KAl(SO_4)_2\ 12H_2O$) çöktürülür ve kum tabakalar arasından geçirerek bakteri ve virüsleri taşıyan partiküler maddeler uzaklaştırılır. Son bir klorlama işlemiyle, hala suda kalan ve suyun dağıtımı sırasında dağıtım şebekesinden bulaşabilecek mikroplar öldürülmüş olur (Şekil 9.5).




Şekil 9.5 İçme Sularının Arıtımı

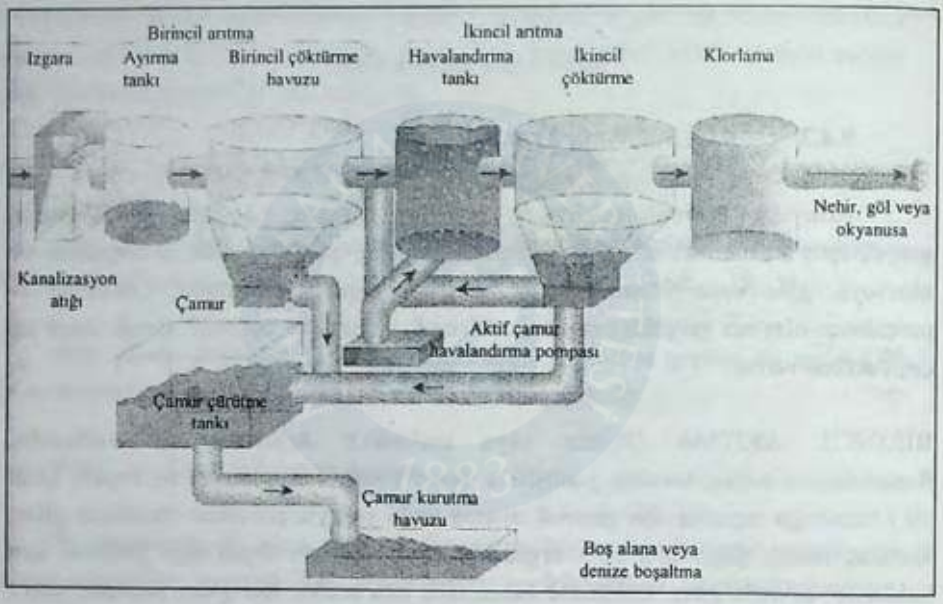
### 9.4.2 Atık Sularının Arıtımı

Atık su arıtma tesislerinde yapılan işlemler, doğada kendiliğinden gerçekleşen arıtma mekanizmasının benzeridir . Bu tesislerde, atık su doğrudan bir akarsuya, göle veya denize atılınca ne olursa aynısı olmaktadır. Çöktürme ve parçalama olayları gerçekleşmektedir. Birincil, ikincil ve üçüncül olmak üzere üç çeşit arıtma vardır.

BİRİNCİL ARITMA (Primer veya mekanik): Arıtmanın ilk safhasıdır. Kanalizasyon suları, tuvalete yanlışlıkla düşen yabancı cisimlerin (diş fırçası, tarak vb.) tutulduğu ızgaralardan geçerek ayırma tankı yoluyla çöktürme havuzuna girer. Burada, henüz çökmemiş olan organik katı maddelerin topaklaşıp çökmesi için bakteriler devreye girer. Çöktürme havuzunda katı madde içeriğinin yaklaşık %80'i çökmüş olur. Toplanan çamur, anaerobik organizmalarla çürütme havuzlarında çürütülür ve bu süreçte metan, hidrojen sülfür ve amonyak gibi gazlar ortaya çıkar. Akışkan olan bu çamur, ekili alanların üzerine püskürtülebilir veya kurutulabilir. Kurutulmuş kanalizasyon çamurları yakıt, gübre ve toprak dolgu maddesi olarak kullanılabilir.

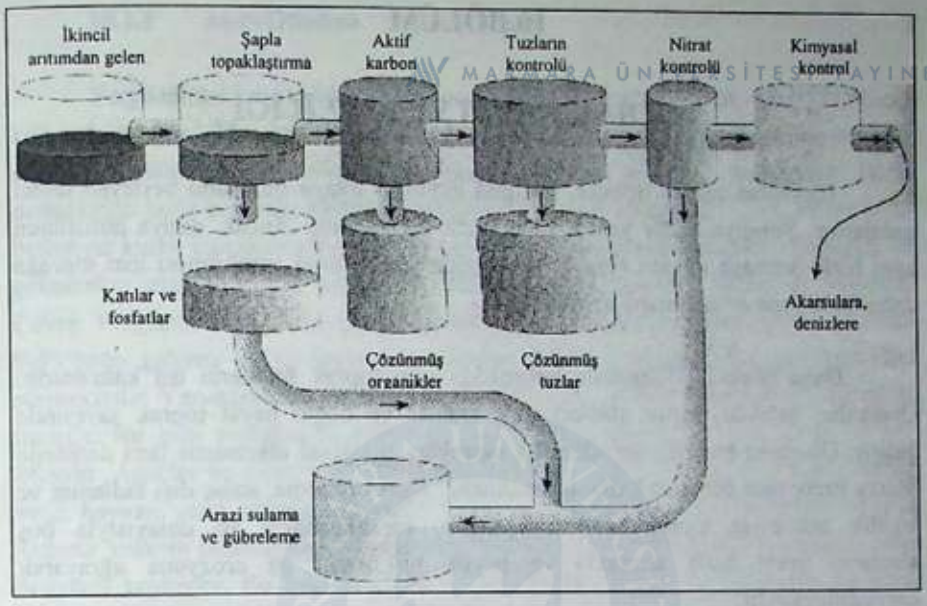
Sadece birincil arıtmanın yapıldığı tesislerde havuzdan çıkan sıvı atıklar, klorlama bölümüne gelir. Bu aşamada mevcut bakterileri öldürmek için klor ilave edilir. Klorlu sıvı atık bu şekliyle akarsu, göl veya denize bırakılabilir. Ancak bu sıvı hala, kanalizasyon suyunda bulunan organik maddenin %70'ini içermektedir. Yani arıtma tam değildir. Tekrar kullanılabilecek su eldesi için, tüm arıtma safhalarından geçilmesi gerekmektedir. Şekil 9.6'da gösterilen arıtma sisteminin ilk kısmıdır.

İKİNCİL ARITMA (Sekonder veya biyolojik): Birincil arıtmada çöktürme havuzunda oluşan çamur ve sıvılar bu safhada, aerobik bakterilerin saldırısına maruz bırakılırlar. Sıvılar havalandırma tanklarında aerobik mikroorganizmalar tarafından parçalanırlar ve çöktürme havuzuna geçerler. Üstte toplanan sıvı klorlanarak deniz, göl veya akarsulara verilir. Çöken çamur, tekrar havalandırma tankına yollanır. Aerobik parçalanma, çamurun hacmini azaltır. Dolayısıyla, imha edilmesi gereken katı atık miktarı azalmış olur (Şekil 9.6).




Şekil 9.6 Atıksuların Birincil ve ikincil Arıtımı

ÜÇÜNCÜL ARITMA: Mekanik ve biyolojik arıtma, yaygın olarak uygulanan arıtma yöntemleridir. Ancak, suların yeniden kullanımı söz konusu olduğu durumlarda üçüncül arıtma da gereklidir. Azot, fosfor ve organik madde miktarının normal içilebilir su seviyesine indirilmesi gerekmektedir. Bu işlemin yapılabildiği üçüncül arıtma tesislerinin maliyeti çok yüksek olduğu için çok yaygın olarak uygulanmaz (Şekil 9.7). Fakat aynı işlemi doğal yolla gerçekleştirmek mümkündür. Doğal üçüncül arıtma yönteminde, ikincil arıtmadan çıkan su denize verilmez, toprağa verilir. Toprak tabakalarından sızarak geçen su, temizlenmiş olarak sonunda bir yeraltı su yatağına ulaşır ve toprağın temiz suyu gene toprağa dönmüş olur.




Şekil 9.7 Atıksuların Üçüncül Arıtımı

# 10.BÖLÜM

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# TOPRAK KAYBI VE KİRLİLİĞİ

Topraktan alınan ürünler, her gün büyüyen dünya nüfusunu besleyen temel gıdalardır. Şimdiye kadar yeterli olduğu da söylenebilir. Ancak, dünya nüfusunun aynı hızla artmaya devam etmesi durumunda yeterli ürün verebilmesi için toprağa daha fazla özen gösterilmesi gerekir.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi toprak litosferin üst katmanıdır. Ormanlar, otlaklar, tarım alanları, boş alanlar ve doğal hayat toprak sayesinde gelişir. Oluşumu binlerce yıl süren bu topraklar, maalesef ülkemizde ileri derecede olmak üzere tüm dünyada hızla azalmaktadır. Aşırı tuzlanma, amaç dışı kullanım ve kirlilik nedeniyle toprak verimsizleşmekte, çoraklaşmakta ve dolayısıyla boş alanların oranı hızla artmakta ve büyük bir kısmı da erozyona uğrayarak kaybedilmektedir.

Birleşmiş Milletlerin ilgili kuruluşları tarafından yapılan tahminlere göre dünya topraklarının %35'i tehlikededir. Yılda yaklaşık 6 milyon hektar toprak verimsizleşmekte, çoraklaşmaktadır.

## 10.1 Verimli Toprakların Azalması

Verimli toprakların azalmasının başlıca dört sebebi vardır: aşırı otlatma, yoğun tarım, tuzlanma ve ormanların yok edilmesi. Toprak sayesinde hayvancılık, tarım ve kereste ticareti gibi insan ve çevre arasındaki etkileşimlerle, binlerce yıldan beri toplumların yaşamsal ihtiyaçları karşılanmaktadır. Ancak bu faaliyetler zamanla toprağın verimini azaltarak milyonlarca hektar üretken arazinin verimsiz hale gelmesine sebep olmuştur ve olmaktadır. Daha da kötüsü toprak tamamıyla kaybedilmektedir yani erozyona uğramaktadır. Genel anlamda erozyon arazilerden toprak kaybı olayıdır; ya rüzgarla savrulup gider veya yoğun yağış ve sellerle akıp gider. Her ikisi de aslında birbirine bağlı hadiselerdir. Gevşek toprağın rüzgarla savrulduğu alanlarda yağmur suları geri kalan toprağı da kolayca sürükleyip götürebilir. Genellikle, şiddetli rüzgarlı bir dönemden sonra yağan yağmurlar sellere ve dolayısıyla erozyona sebep olurlar.

### 10.1.1 Aşırı Otlatma

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Yeryüzündeki ekilebilir alanların yaklaşık yarısı otlak (mera) olarak kullanılmaktadır. Meralar, otların büyüdüğü ancak kolayca kayıp gidebilen ince bir toprak tabakasının bulunduğu alanlardır. Yoğun otlatma, topraktaki besin dengelerini hızla bozarak, bitkilerin büyümesine engel olmaktadır. Yok edilen bitki örtüsüyle kurak topraklar artmakta ve ciddi çoraklaşma başlamaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkede bu değişim yaşanmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı uzmanları, yeryüzündeki 3.3 milyar hektarlık otlak alanının %73'ünün giderek hiçbir şeyin yetiştirilemediği çorak arazi haline geldiğini ileri sürmektedir. Yarı-kurak topraklarda üst tabaka, yoğun nüfusu besleyemeyecek kadar incedir. Bu gibi topraklarda nüfus arttıkça tarım yoğunlaşır, daha fazla hayvan otlatılır. Ağaçlar ve otlar, büyüme hızlarından daha büyük bir hızla kesilip yakacak veya hayvan yemi olarak kullanılır. Tüm bu tahribatların neticesi olarak toprak yağmur sularını tutamayacak ve yerinde tutunamayacak bir şekilde üzerindeki bitki örtüsünü kaybeder. Bu hale indirgenmiş üst tabaka, rüzgar ve yağmurun etkisiyle kolayca sürüklenir gider yani erozyona uğrar.

### 10.1.2 Yoğun Tarım

Tarım arazileri tahılların ve temel besin bitkilerinin yetiştirildiği alanlardır. Tahıl üretimi için uygun olmayan topraklarda, o toprak cinsine uyumlu başka besin bitkileri yetiştirilebilir. Toprağın verimli üst katmanının azalmasının en önemli nedeni, toprağın verimsizleşmesine ve erozyonuna sebep olan tarım uygulamaları ve ormanlık alanların tarım alanlarına dönüştürülmesidir. Yoğun nüfusu beslemek için yapay gübreler yardımıyla yılda birkaç kez mahsul alma yoluna gidilir. Bu durum toprağın doğal verimliliğinin tamamen yitirilmesine kadar sürer. O ana kadar hayatta kalmış canlılar, beslenebilecekleri yeni alanlara göç ederler. Göç ettikleri yerlerde de büyük bir olasılıkla aynı sorunlar yaşanır. Kurak ve yarı-kurak topraklardaki tarımın az yoğunluktaki insan topluluklarını zaman zaman geçindirebildiği görülse de bu geçici bir durumdur. Eninde sonunda, çok yavaş da olsa, bu alanların çoraklaşması kaçınılmazdır. Herhangi bir yerde, 2.5 cm'lik verimli toprak katmanının oluşabilmesi için yaklaşık 1000 yıl geçmesi gerekmektedir. Fakat, bitki örtüsü yok edilen veya aşırı tarım yapılan topraklarda, 2.5 cm'lik verimli üst tabaka çok kısa sürede yok olabilmektedir. Dünyadaki tarım alanlarından kaybedilen verimli toprak miktarının yılda yaklaşık 24 milyar ton olduğu tahmin edilmektedir. Gerek gelişmekte olan gerekse gelişmiş ülkelerde, toprağın en üretken üst katmanının tüketilmesi ve erozyonu oldukça büyük bir sorundur. Örneğin, ABD'de 1 hektar işlenmiş toprak başına düşen erozyon, Peru'dakinden daha yüksektir.

### 10.1.3 Tuzlanma

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Yüksek miktarda tuz içeren topraklarda büyüyebilen çok az bitki türü vardır. Topraktaki tuzun kaynağı, toprağın içindeki suda çözünen kaya parçacıklarıdır. Yağmur ve sulama sularında da tuz vardır. Tuzların topraktan ayrılması, bitki kökleri vasıtasıyla ve yeraltı sularının göl ve nehirlere akmasıyla gerçekleşir. Genellikle, bu süreçler arasında oluşan doğal dengeden dolayı toprağın tuz içeriği aynı kalır. Ancak bazı bölgelerde, doğal olaylar veya insanların çeşitli etkinlikleri bu dengeyi bozar ve, toprak gittikçe tuzlanmağa başlar. Tuzlanmanın yüksek seviyelere çıktığı topraklarda bitkiler yaşamaz. İçinde bitkilerin yaşamadığı topraklar ise suların ve rüzgarın etkisiyle kolayca erozyona uğrar.

İçinde yaşayan bitkilerin terlemesi ve normal buharlaşma yoluyla toprağın kaybettiği su, aldığı sudan daha fazla ise toprak kuraklaşır ve içindeki tuz miktarı artar. Kalsiyum ve magnezyum karbonat birikiminden dolayı tuzlu topraklar aynı zamanda bazik olurlar.

Süratli tuzlanmanın başlıca nedeni suni sulamadır. Gereğinden fazla sulamaya maruz kalan toprak suyun tamamını ememez. Yüzeyde kalan sular buharlaşınca geriye tuzları kalır. Kalsiyum ve magnezyum tuzları genellikle çöker; sodyum ise iyon halinde toprakta birikir. Bir kısım sodyum iyonları kil parçacıkları tarafından absorbe edilerek suyun ve bitki köklerinin ilerleyemeyeceği çimento gibi katı bir madde oluşur Dünyada her yıl yaklaşık 5 000 kilometre karelik tarım arazisi bu şekilde tahrip olmaktadır Toprağın aşırı tuzlanmasını önlemek ve bu şekilde kaybedilen toprakları geri kazanmak için suni sulamanın titizlikle uygulanması ve yeniden ağaçlandırma gereklidir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından yürütülen çalışmalarda, 1989 yılına kadar aşırı tuzlanma sebebiyle kaybedilen 40 milyon hektar tarım alanı olduğu belirtilmektedir.

### 10.1.4 Ormanların ve Doğal Hayatın Yok Edilmesi

Verimli toprakların azalmasının önemli sebeplerinden biri de, ormanların yok edilmesidir. Ormanlar insanlara çeşitli türlerde hayvan, bitki, yiyecek, kereste ve odun sağlar. Çok önemli diğer işlevleri ise havadaki karbon dioksiti absorbe etmeleridir. Bu ekosistemler, yeryüzünde insan varlığının başlangıcından beri insanoğlunun hayatta kalmasında önemli rol oynamıştır.

Avrupa ormanlarının beşte dördü yok edilmiştir. Ancak günümüzde, bu kıtadaki tüm ormanlar devlet politikalarıyla koruma altına alınarak uzmanlar tarafından yönetilmektedirler. Orman yönetiminde hedef, sürdürülebilir üretimdir.

Çıplak kalmış arazileri ormanlaştırma girişimleri 1970'lerden beri hızla artmaktadır. Buna rağmen şu anda yeryüzünde kesilen ağaç sayısı dikilen ağaç sayısından fazladır. Yakacak odun, kereste ve hayvan yemi için uygun ağaç türlerinin geliştirilmesi üzerine yapılan araştırmalar, insanların özellikle bu ihtiyaçlarını giderecek ağaç türlerini dikmeye yönlendirmektedir.

Yeniden dikim çalışmaları yapılmaksızın açılan orman alanlarındaki topraklar, besin değerini kısa sürede kaybetmektedir. Bu uygulama, en çok tropik yağmur ormanlarında görülmektedir. Tropik ormanlar yeryüzündeki en zengin ekosistemlerdir ve gerçek zenginlikleri, genellikle sadece oralarda yaşayan yerli kabileler tarafından bilinmektedir. Günümüzde yeryüzündeki tropik ormanların dörtte üçü yok edilmiş durumdadır. Bu hızla gidilirse, yakın zamanda tüm tropik ormanların yok olacağı tahmin edilmektedir. Tropik ormanların tahribatının başlıca nedeni, hızla artan nüfusun yakacak odun, yeni tarım alanları ve mera gereksinimleridir.

Birleşik Devletler Besin ve Tarım Organizasyonunun yaptığı incelemelere göre, her yıl yok edilen 11.3 milyon hektar yağmur ormanından geriye kalan boş arazi çoraklaşmaya adaydır. Günümüzde dünyamızın yüzeyini kaplayan 4.244 milyon hektar orman birkaç farklı biyom olarak sınıflandırılabilir: Az yağışlı ve soğuk bölgelerdeki yaprak dökmeyen (kozalaklı) ormanlar, ılıman iklim koşullarında görülen yaprak döken ormanlar, ekvator çevresinde yer alan tropik yağmur ormanları ve savanlar. Orman biyomlarının yok edilmesi yerel, bölgesel ve küresel boyutta ekolojik ve çevresel etkiler yaratmaktadır. Tropik ormanlar, geçmişte insandan en az etkilenen ormanlar iken, günümüzde kolay erişebilirlikleri sayesinde yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır. 1950'de dünya topraklarının %30'u tropik yağmur ormanlarıyla kaplıyken, 1975 yılında bu rakam yaklaşık %12'ye düşmüştür. 1990'ların sonlarında ise bu ormanlardan sadece %6'sının kalacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde dünya kereste ihtiyacının yarısı, yüzlerce besin maddesi ve ilaç yapımında hammadde olarak kullanılan çeşitli bitkiler tropik yağmur ormanlarından sağlanmaktadır.

Yağmur ormanları, güneş ışınlarının toprağa ulaşmasına izin vermeyecek kadar sık bitki örtüsünden oluşmuştur. Bu ormanların çok sık ve canlı görünmesine karşın, toprak besin değeri açısından yeterince zengin değildir. Ormanın zemini,

birkaç santimetre kalınlığında bir yaprak örtüsü ile kaplıdır. Burada organik maddeler, ayrıştırıcılar tarafından işlenip tekrar kullanıma hazırlanır ve mineraller doğrudan yüzeye yakın ağaç köklerine gönderilir. Bu süreç o kadar hızlıdır ki minerallerin çok az bir miktarı toprağın alt katmanlarına inebilir. Ormanın tüm mineral zenginliği ağaçlarda depolanır.

Bu ekosistemler, yeryüzünün küçük bir kısmını kaplamasına rağmen dünyadaki bitki ve hayvan türlerinin en azından üçte ikisini barındırmaktadır ve, insan faaliyetlerinden kaynaklanan karbon dioksidi fotosentez yoluyla bünyelerine alarak karbonun atmosfere dağılmasını engellemektedirler.

Tropik yağmur ormanlarının kesilerek yok edilmesi son yıllarda gerçekleşen bir olay değildir. Binlerce yıldan beri orman yerlileri tarım alanları açmak için ağaçları kesmekte ve yakmaktadırlar. MÖ 7 000'de, İran ve Irak verimli ormanlar ve otlaklarla kaplıydı. Günümüzde buradaki alanların tamamen çöl olmasına ormanların giderek azalması sebep olmuştur. Son zamanlarda, tropik orman biyomlarında gözlenen değişimlerin nedeni de aynıdır. 1850'den beri Kuzey Afrika ve Orta Doğu tropik ormanlarının %60'ını; Güney Asya ve Çin ise %40'ını kaybetmiştir. Başlangıçta Brezilya'da sadece bölge yerlilerinin ormanlardan şu veya bu şekilde faydalanmak için yaptıkları zararla sınırlı kalındı. Ancak 1960'da Brezilyanın iç kısımlarına ulaşabilen otobanların yapılmasıyla insanlar orman zenginliklerine kolayca ulaşabildi. Bu kolay ulaşılabilirlik, günümüzde yağmur ormanlarının büyük miktarlarda kesilerek yok edilmesine sebep olmaktadır.

Dünyanın diğer kısımlarındaki yağmur ormanlarında da benzer durum yaşanmaktadır. Yapılan araştırmalarda, 2040 yılında Senegal'den Nijerya'ya kadar uzanan Batı Afrika ormanlarının %70'inin yok olacağı; Bruni, Uganda, Kenya, ve Tanzanya gibi Doğu Afrika ülkelerinde ise mevcut orman alanlarının % 95'inin kaybedileceği tahmin edilmektedir. Yapılan incelemeler, sadece Orta Afrika'daki büyük orman alanlarının kalacağına işaret etmektedir. Tablo 10.1'de 1980 yılında farklı kullanım için açılan tropik orman alanları gösterilmektedir ve bu değer gittikçe artmaktadır. Sadece 1987 yılında, yeryüzünde yaklaşık 20.4 milyon hektar yağmur ormanı yok edilmiştir. Orman katliamının üç temel sebebi vardır. Birincisi, ormanların sürekli olarak tarım ve otlak alanlarına dönüştürülmesidir. Sınırlı doğal zenginliklere sahip ekvator ülkelerindeki insanlar, hızlı artan nüfuslarıyla yaşayabilmek için ya düşük verimli toprakları kullanmak zorunda kalmakta ya da tarla açmak amacıyla ormanları yok etmektedirler. Kesilen ağaçların sadece ufak bir kısmı yakıt veya ağaç sanayiinde kullanılmakta, gerisi ise ateşe verilerek

yakılmaktadır. Yalnız Honduras'da yılda yaklaşık 320 milyon dolar değerinde ağaç, yakarak yok edilmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Tablo 10.1 Bazı Tropik Ormanlarda 1980 Yılında Yok Edilen Alanlar

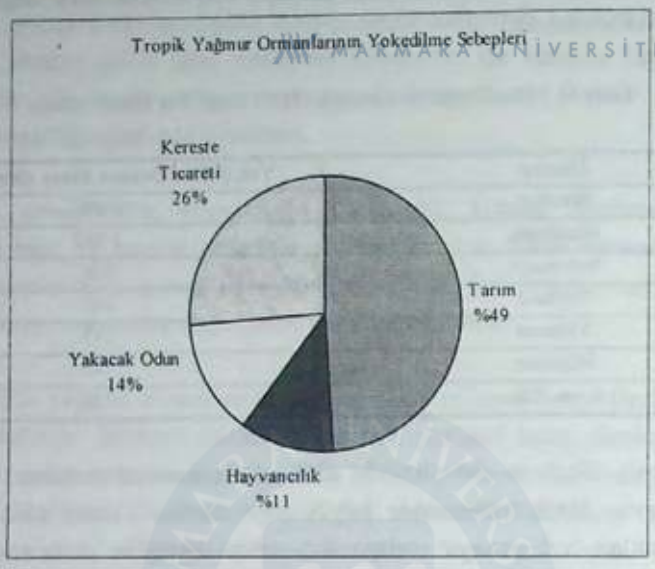
| Ülkeler | Yok Edilen Orman Alanı (bin hektar) |
|---|---|
| Brezilya | 8 000 |
| Hindistan | 1 500 |
| Endonezya | 900 |
| Tayland | 397 |
| Vietnam | 173 |
| Filipinler | 143 |
| Kosta Rika | 124 |

Gelişmiş ülkelerin denetiminde olan uluslararası ekonominin, ormanların tarım alanlarına dönüştürülmesinde büyük payı vardır. Yoksul çiftçilerin çoğu, verimli toprakları terk etmeye zorlanmakta ve bu topraklar daha sonra gelişmiş ülkelerin satın aldığı ürünlerin yetiştirilmesi için ülkenin sermaye sahipleri tarafından işletilmektedir. Arazileri ellerinden alınan çiftçiler ise yaşayabilmek için ya düşük verimli toprakları kullanmak zorunda kalmakta ya da tarla açmak amacıyla ormanları yok etmektedirler.

Ormanların yok edilmesinin ikinci temel nedeni kereste ticaretidir. Halbuki bilimsel ormancılık tekniklerinin uygulanması durumunda, hem kereste ticareti sürdürülebilir hem de orman ekosistemleri üzerindeki etki minimum düzeyde kalabilir. Fakat tropik ormanların çoğu, yanlış kesilen ve kereste olarak kullanılmayan ağaçlar nedeniyle zarar görmektedir. Kereste üretim amacıyla yapılan ağaç kesiminde, kesilen ağaçların sadece %10-21'inden faydalanılırken, %30-50'sine de zarar verilmektedir.

Ormanların yok edilmesinin üçüncü sebebi yakacak odun ihtiyacıdır. Gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanların %70'i ısınmak ve yemek pişirmek için enerji kaynağı olarak biyokütle kullanmaktadır. Bunun yaklaşık yarısı odundur. Tropik ülkelerdeki yakacak odun ihtiyacı, yağmur ormanlarının yok edilmesini hızlandırmaktadır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 10.1 Tropik Yağmur Ormanlarının Yok Edilme Sebepleri

### 10.1.4.1 Ormanların Yok Edilmesinin Toplumsal Sebepleri

Bir zamanlar kuzey ve ılıman bölgelerdeki ormanların yok edilmesi endişe kaynağı iken günümüzde yağmur ormanlarının tüketilmesi söz konusudur. Bu doğal zenginliklerin yok edilişi tüm dünyayı alarma geçirecek düzeye ulaşmıştır. Dünyadaki tüm yağmur ormanlarının neredeyse yarısının yok edilmiş olduğunun bilinmesine karşın, bu konudaki hatalı davranışlar sürmektedir.

Ormanların yüksek oranlarda yok edilmesine kereste ticareti, tarım, hayvancılık ve diğer bazı nedenler sebep olmaktadır. Çoğu zaman ormanların yok edilme sebepleri bölgesel ihtiyaç ve ilgi alanlarıyla doğrudan ilgilidir (Şekil 10.1 ve Tablo 10.2). Örneğin, Orta ve Güney Amerika' da ki en önemli sebep, yeni mera alanlarının açılmasıyken Afrika'da hızlı nüfus artışı ve artan nüfusu beslemek için yeni tarım alanlarına duyulan ihtiyaçtır. Asya'da ise en büyük etken kereste ticaretidir. Latin Amerika'da tropik yağmur ormanlarının büyük bir kısmı mera alanı açmak için yok edilmiştir. Otlak alanlarındaki bu artışın sebebi, özellikle ABD, Avrupa ve Latin Amerika'da et tüketimindeki artıştır. Hükümetler, bu durumu maalesef teşvik etmişlerdir. Son zamanlara kadar Brezilya'da hayvancılığa yatırım yapanlara büyük vergi indirimleri uygulanmıştır. Burada tarım ve otlak alanı olarak

kullanılan orman toprakları, birkaç yıl içerisinde verimsiz bir hale gelmiş ve, erozyona uğrama olasılıkları artmıştır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Yaklaşık olarak her yıl 8 milyon hektarlık tropik yağmur ormanı, yeni tarım alanları açmak için yok edilmektedir. Bu toprakların çoğu büyük ölçekteki çiftlikleri desteklemek için açılmakta ve buralarda tüm dünyaya ihraç edilen ticari ürünler yetiştirilmektedir. Orta Amerika'da muz ve kahve gibi temel tarım ürünleri üretilirken, Güneydoğu Asya'da kauçuk, palmiye yağı ve kakao üretilmektedir.

Ormanlar, sadece toprak kullanımı için değil, aynı zamanda kereste ve yakacak odun üretimi için de yok edilmektedir. Kereste ticareti uğruna yılda 4.5 milyon hektar tropik orman yok edilmektedir. Son yıllarda özellikle Çin, Hindistan ve Brezilya'da bu endüstride geometrik bir büyüme görülmekte ve bu durum çoğu tropik ülkeye de yansımaktadır.

Tablo 10.2 Ormanların Yok Edilme Sebepleri

| Bölgeler | Ormanların Yok Edilme Sebepleri |
|---|---|
| Kolombiya, Ekvator | Kereste ticareti |
| Güneybatı Hindistan | Tarım, Yakacak odun ihtiyacı |
| Malezya | Tarım, Kereste ticareti |
| Filipinler | Tarım, Kereste ticareti |
| Madagaskar | Hayvan otlatma, odun kömürü üretimi |
| Brezilya | - Hükümet politikaları |

### 10.1.4.2 Ormanların Yok Edilmesinin Biyosfere Etkisi

Dünyadaki tüm yağmur ormanlarının neredeyse yarısının yok edilmiş olması yerel ve bölgesel problemler yaratırken, canlı ve cansız sistemler üzerinde de büyük ölçüde etkili olmaktadır. Ormandaki ağaçların kesilerek yok edilmesi toprağın yüksek verimli üst katmanının yağmurlarla akıp gitmesine ve, su ve çevre kirliliğinin artışına sebep olmaktadır. Geriye kalan toprağın kısa sürede işe yaramaz duruma gelmesiyle bir zamanlar yaşamla dolup taşan orman alanları çöle dönüşmektedir.

Ekolojik ve sosyal açıdan diğer bir sorun da sel basma olasılığının artmasıdır. Buna örnek, ormanların yok edildiği Himalaya dağlarından gelen suların dağın eteklerinde yer alan Bengaldeş'i sık sık sel altında bırakmasıdır. Bengaldeş, 1988 yılında milyonlarca insanın evsiz kaldığı bir sel felaketi yaşamıştı. Pek çok uzman, yüksek alanlarda yok edilen ormanların bu felakete sebep olduğunu belirtmiştir.

Orman biyomlarının kaybedilmesiyle ilgili olarak duyulan endişelerden biri de su döngüsüdür. Bir yağmur ormanı, topladığı yağış miktarının yaklaşık dörtte üçünü atmosfere geri vermektedir. Bu da yağmur olarak su döngüsü içinde bölgeye geri dönmektedir. Ormanların yok edilmesiyle bu bölgeler değerli yağmurlarını kaybetmektedirler.

Tropik yağmur ormanlarının yok olması, bölgesel besin döngülerini de etkilemektedir. Toprağı besleyen bitkilerin yok olmasıyla verimli topraklar, güneş ışınlarına karşı korunmasız kalmakta ve dolayısıyla üzerindeki tropik bitkileri de kaybedecek duruma gelmektedir. Sonunda, üzerindeki insanları besleyemeyen düşük verimli topraklara dönüşmektedir. Hızlı bir şekilde yok edilen yağmur ormanlarının kuraklığa yol açması beklenmektedir.

Ormanların yok edilmesiyle, habitatı orman olan yüzlerce hayvan ve bitki türü de yok olmaktadır. Bazı kuş türlerinin nüfusu hissedilir derecede düşmüştür. 1989'da yapılan çalışmada Kuzey, Orta ve Güney Amerika'da ki ormanlık çevrelerin kaybolmasıyla kuş türlerinin azaldığı saptanmıştır. Çalışmanın en önemli kanıtı, tropik ormanların yok edildiği dönemde göçmen kuşların nüfusundaki azalmadır.

Tropik yağmur ormanların yok edilmesi küresel boyutta ekolojik değişimlere neden olmakta ve daha önceki bölümlerde tanıtılan sera gazlarının artışına katkıda bulunmaktadır. Yağmur ormanları tarım veya otlak alanları açmak için yakılınca atmosfere karbon dioksit yayılır. Örneğin Brezilya, orman yangınlarıyla yılda tahminen 336 milyon ton karbonu atmosfere yaymakta ve karbon emisyonuyla dünyada ön sıralarda yer almaktadır. Sonuç olarak 1988'de, orman yangınlarından salınan karbon dioksitin küresel olarak payı %10 kadar yüksek bir değere ulaşmıştır.

Tropik yağmur ormanları oksijen, karbon ve su çevrimlerindeki konumları nedeniyle dünya ikliminin dengede tutulmasında yaşamsal önem taşırlar. Bu ormanlar yeni ilaçların yapımını sağlayacak hammaddelerin yanı sıra yeni besin maddeleri için de çok önemli kaynaklardır. En az 1650 orman bitkisinin yenilenebilir türde olduğu bilinmektedir.

### 10.1.4.3 Ormanların Yok Edilmesinin Toplumlara Etkisi

Ormanların yok edilmesinin temel sebepleri genellikle sosyo-ekonomik faktörlerle ilişkilidir. Ancak insan toplumları üzerindeki etkileri olumsuz yöndedir. Örneğin, tropik yağmur ormanlarına kolay ulaşım, tropik ülkelerde yaşayan yerli

kabilelerden çoğunun yok olmasına neden olmuştur. Yağmur ormanları, çevreyle uyum içinde yaşayan yerlilerin barınağıdır. Ormanı ve sahip olduğu sonsuz zenginlikleri anlamak için onların bilgi ve deneyiminden yararlanmak gerekir. Oysa her geçen gün bu insanlar, hem kendi isteklerine hem de temel insan haklarına aykırı olarak, kendilerine ait olan bu toprakları terk etmeye zorlanmaktadır. Binlerce yıldır içinde yaşadıkları ormanlarla birlikte, bu insanlar ve sahip oldukları engin bilgi birikimi de yok olmaktadır. Sadece Brezilya'daki yerli nüfus, 16. yüzyılda 6 milyondan fazla iken günümüzde yaklaşık 200 000'e düşmüştür.

Ormanların yok olmasıyla artan sellerin getirdiği kum ve çamurlarla dolan barajlar, hidroelektrik santrallerde ciddi sorunlara yol açmaktadırlar. Örneğin, Costa Rika'da ormanların yok edilmesiyle yaşanan toprak erozyonu bir barajın ömrünü büyük ölçüde kısaltmıştır. Baraj ve kanalların, suların getirdiği kum ve çamurlarla dolması ilgilileri harekete geçirmiştir. Yapılan incelemeler, Panama kanalının 2000 yılı civarında suların getirdiği kum ve çamurlar ile dolacağını tahmin etmektedirler. Bu durum aynı zamanda, su ekosistemleri üzerinde de istenmeyen etkiler yaratacaktır.

Kereste üretim amacıyla ağaç kesimi ve faydalanılmayan ağaçların yakılması başka problemleri de beraberinde getirmektedir. Örneğin, yangınlar orman sınırlarında yer alan tarım ve mera alanlarına zarar vermektedir. Ekvator ülkelerinde yaşanan ekonomik problemlerin bir kısmı ormanların yanlış işletilmesinden kaynaklanmaktadır. Amazon bölgesinde kesilen ağaçlardan yeterince faydalanılmamakta ve bunların bir kısmı yakılmakta veya ormanda çürümeye terk edilmektedir. Bu şekilde telef olan orman ürünlerinin, ticari değerinin yılda 100-250 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir.

Tropik yağmur ormanlarının yok edilmesi binlerce hayvan türünün yer değiştirmesinin yanında tüm bölgede yaşayan insan topluluklarını da etkilemiştir. Orta Amerika'da, birkaç milyon insan yoksulluktan ve çevresel etkilerden kaçmak için göç etmişlerdir. Endonezya'da bir milyondan fazla insan ormanların yok edildiği Java adasını terk etmiş, Borneo ve diğer adalara göç ederek çevre mültecisi olmuşlardır.

## 10.2 Toprak Kirliliği

Toprak, insanlar, hayvanlar ve bitkiler için en önemli doğal kaynaktır. Bu sebeple de toprak kirliliği, çevre kirliliğinin en önemli parçasıdır. Fosil yakıtların atıkları, asitli atıklar, petrokimyasal maddeler, sentetik polimerler, pestisitler,

sızıntılar, zirai atıklar, nükleer testler, radyoaktif atıklar ve ağır metaller en önemli toprak kirleticilerdir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 10.2.1 Petrol kaynaklı kirlilik

Benzin, mazot, fuel oil gibi petrol ürünlerinin depolandığı yeraltı tankları, bu maddelerin toprağa ve suya bulaştığı noktalardır. Önemli görülmeyen az miktardaki günlük sızıntılar dahi birikerek ciddi kirliliklere yol açmaktadır. Tek cidarlı yeraltı tanklarının en fazla on sene hiç sızdırmadan dayandığı bilinmektedir. Çift cidarlı tankların kullanılması ve sürekli sızıntı kontrolü gereklidir. Hidrokarbon ve petrol ürünlerine ilave edilen klorlu ve kurşunlu katkı maddeleri, çevredeki bitkileri ve yeraltı sularını zehirler.

Şehir içinde çeşitli bölgelere dağılmış olan oto tamirhanelerinden atılan petrol türevi atıklar da ciddi toprak kirleticileridir. Tamirhanelerden, servis istasyonlarında araba motorlarından akıtılan kullanılmış yağlar doğrudan toprağa verilmekte ve ciddi kirliliğe sebep olmaktadır. Şehirlerde, değişik semtlerdeki dağınık tamirhane düzeninden sanayi sitesi düzenine geçilmesinin toprak sağlığı açısından büyük yararları vardır.

### 10.2.2 Ağır metaller

Ağır metaller, yüksek konsantrasyonlarda bulundukları organizmayı zehirleyen Zn, Hg, Cd ve Pb gibi elementlerdir. Ağır metaller enzimlerin hücre içindeki faaliyetlerine mani olurlar. İnsanların araba egzozlarından ve kurşun alaşımlı borulardan akan sulardan aldıkları kurşun, enzimlerdeki tiol guruplarını kendine bağlar. Bunun sonucu olarak i)vücudun oksijen taşıyan hemoglobini üretme kapasitesi düşer ve, küçük yaşlarda oksijen yetersizliğinden beyin hücrelerinin gelişmesi yavaşlar; ii)solunum için gerekli olan enzim üretimi yavaşlar.

Ağır metaller, saf elementler oldukları için kimyasal veya biyolojik olarak parçalanmaları mümkün değildir. Ağır metaller sadece sanayi tarafından üretilmez; doğal olarak küçük konsantrasyonlarda çevrede bulunurlar. Endüstriyel süreçler bunların konsantrasyonlarını tehlikeli seviyelere çıkarırlar.

### 10.2.3 Tarım İlaçları

Tarım ilaçları, mahsullere zarar veren hastalık ve haşerelerin kontrol edilmesinde etkilidir ve düşük bir maliyetle verimin yükseltilmesini sağlarlar.

Ancak yüksek konsantrasyonlarda bu ilaçlar, topraktaki mikroorganizmaların faaliyetlerine engel oldukları için toprağın verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilir.

## 10.3 Verimli Toprak Kaybının Ekolojik ve Sosyal Etkileri

Toprak erozyonu, verimli toprakların azalması sonucu ortaya çıkar. Ekim yapılmayan, üzerinde bitki örtüsü bulunmayan topraklar rüzgar ve yağmurla kolayca sürüklenir. Erozyon nedeniyle aşınan topraklar, nehir yataklarında birikir. Örneğin Çin'de ki Sarı Nehir, denize yılda bir milyon tondan fazla kum ve çamur taşımaktadır. Nehrin sularıyla gelen kum ve çamur deniz sularının kalitesine ve biyolojik çeşitliliğine zarar vermektedir.

Verimli toprakların azalması su döngüsünü etkiler. Bitki örtüsünün yok edildiği topraklarda, iklimin ısındığı ve kuraklaştığı ileri sürülmektedir. Örneğin Afrika'nın Sahel bölgesindeki çölleşme, yağışların azalmasına ve kuraklığa neden olmuştur. Sahel'de yapılan incelemelerde, toprağın güneş ışınlarına daha fazla maruz kalmasıyla toprak sıcaklığının yükseldiği belirtilmektedir.

Verimli toprakların azalması ekonomik istikrarı olumsuz yönde etkiler. 1990'da Uluslararası bir çalışmada, aşırı tuzlanma nedeniyle verimsiz hale gelen toprakları iyileştirme maliyeti, yılda yaklaşık olarak 51 milyon dolar olarak hesaplanmıştır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı, verimli toprakların azalmasıyla ortaya çıkan yıllık üretim kaybının, 26 milyar dolar olduğunu ileri sürmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda verimli toprakların azalmasıyla, bireysel bazda yoksulluk artmaktadır. Hayatta kalabilmek için verimi düşük topraklardan geçimini sağlayan milyonlarca çiftçi, çevre üzerinde kendi yarattıkları etkilerin kurbanıdır. Verimli toprakların giderek azalması, günümüzde toplu göçlerin yaşanmasına sebep olmaktadır.

Yaklaşık olarak 135 milyon insan yaşadıkları, beslendikleri toprakların verimsiz hale gelme tehlikesiyle karşı karşıyadır. 1988 yılında yayınlanan bir raporda, 50 milyon insanın geçimini tarımdan sağlayamaz hale geldiği ve pek çok insanın tarımsal faaliyetleri bırakmak zorunda kalacağı belirtilmiştir. Dünyada bu trajediyi en ciddi boyutta yaşayan bölge Afrika, özellikle Sahel'dir. Politik istikrarsızlıkla birlikte verimli toprakların azalması, milyonlarca çiftçinin kentlere göç etmesine sebep olmuştur. Göç edemeyenler ise açlıktan telef olmuşlardır. Göçler nedeniyle son yirmi yılda, kentlerin nüfusu dört kat artmıştır. Açlık nedeniyle yaklaşık 200 000 kişinin öldüğü tahmin edilmektedir.

Kenya'da göçlerin sebebi, insan ve hayvan nüfusundaki artışlardır. Kenya Tarım Araştırma Enstitüsü, insan ve hayvan nüfusundaki artışın Kenya'nın yarı kurak bölgelerindeki toprakların daha da fakirleşmesine sebep olduğunu belirtmektedir. Verimli toprakların kaybolmasıyla kırsal alandaki tarımsal faaliyetler sınırlanmakta ve çoğu yerli kabile geçimini sağlamak için tarımdan başka seçeneklere yönelmektedir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

## 10.4 Verimli Toprakların Korunması

Verimli toprakların azalması, milyonlarca insanın yaşayabilmesi ve biyosferin dengede kalabilmesi için ciddi bir tehdittir. Dolayısıyla bu sorunun çözümü, yaşamsal ve acildir. Tropik ormanların yok edilişine karşı alınması gereken önlemlerde olduğu gibi, verimli toprakların azalmasına karşı alınabilecek başlıca önlem, sürdürülebilir toprak kullanımıdır. Dünyamızda mevcut doğal zenginliklerin sınırları bilindiği taktirde bu kaynakların kullanılması sürdürülebilir.

Verimli toprakların azalmasında, toplumların üç önemli etkisi olmuştur. Birincisi, geometrik olarak büyüyen nüfusla birlikte toprak kullanımındaki artıştır. Toplumlar, toprak zenginlikleriyle ilgili olarak biyosferin taşıma kapasitesini ciddi olarak zorlamaktadır. Gelişmekte olan bazı ülkelerin taşıma kapasitesiyle ilgili çalışmalar yürüten Dünya Bankası, kırsal nüfusun besin ihtiyacının toprağın üretim kapasitesini aştığını ve ormanların yok edilmesinden dolayı artık yakacak odun bulamayacak hale geldiklerini belirtmektedir.

Verimli toprakların azalmasındaki diğer bir toplumsal faktör ise toprak dağılımındaki dengesizliktir. Pek çok ülkede verimli toprakların çoğu küçük bir azınlığın elindedir. Milyonlarca yoksul çiftçi ise yaşayabilmek için ya düşük verimli toprakları işlemek zorunda kalmakta ya da tarla açmak amacıyla ormanları yok etmektedir. Örneğin Filipinler, Tayland ve Güney Afrika'da verimli arazilerin çoğunu zengin azınlık kullanırken, yoksul çiftçiler dağların eteklerinde, bataklıklarda ve çorak topraklarda ürün yetiştirmeye çalışmaktadır.

Verimli toprakların azalmasının üçüncü sebebi ise sürdürülebilirliği olmayan toprak kullanımının hükümet politikalarıyla desteklenmesidir. Örneğin, Brezilya'da uygulanan yeniden yerleşim politikasıyla milyonlarca dönüm yağmur ormanının yok edildiği belirtilmektedir.

Yapılan yoğun tarımın neticesi olarak, her yıl büyük toprak alanları bir daha ekilemeyecek şekilde verimliliklerini kaybederler. Buna karşılık dünyanın pek çok

yerinde, özellikle Avrupa ve Asya'da, binlerce yıldır tarım yapıldığı halde verimliliğini koruyan topraklar vardır. Bunun sebebi de kendi kendine yeterli, dönüşümlü ziraat teknikleridir.

Kendi kendine yeten ziraatın en temel özelliği yapay sulama yapılmayıp, sadece yağan yağmurlarla toprağın doğal olarak sulanmasıdır. Organik ziraat sayesinde toprağın fiziki yapısı onarılır ve toprağın tüketilen besinleri yerine konmuş olur. Organik ziraat, suni gübrelemenin ve ilaçlamanın yer almadığı ziraat şeklidir; doğal hayvan ve bitki gübresi kullanılır.

Ağaç dikimi, çölleşmeyi yavaşlaştırmak ve tersine çevirmek için en mühim adımdır. Bazı çölleşmiş araziler yeniden verimli hale getirilebilir. Toprak erozyonunu önlemek için ise şu tedbirler alınabilir:

i) Toprak her zaman bitki örtüsüyle kaplı olmalıdır.
ii) Toprağın üzerinde yeterli seviyede humus tabakası bulunmalıdır.
iii) Rüzgarın hızını kesmek için engeller konulmalıdır. Eğimli arazide toprak eğim yönünde sürülmemelidir. Dağlık bölgelerde, toprağın teraslar oluşturacak şekilde işlenmesi gerekir. Toprağın teras şeklinde işlenmesi emek-yoğun bir işlem olduğu için insan gücünün bol olduğu ülkelerde daha yaygın olarak yapılmaktadır.

Verimli toprakların azalmasını önlemek için bir diğer çözüm toprak reformudur. Toprak reformu, toprak sahibi olmayan kırsal bölge insanına ekilebilir toprak verilerek, geçimini sağlamasını temin etmektir. Çiftçilere, kendi topraklarına karşı sorumluluk duygusu hissettirmektir. Daha önce de belirtildiği gibi topraklarının dağılımı adil değildir. Örneğin Brezilya'da, toprak sahiplerinin %2'si tüm ekilebilir alanların %60'ını kullanmaktadır. Toprak reformunun amacı, her çiftçiyi toprak sahibi yaparak kendi toprağına karşı sorumlu kılmak, dolayısıyla verimli toprakların kaybolmasına engel olmaktır. Toprak reformu, bireylerin toprağa bağlılığını arttıran ve insan göçünü önleyen temel etken olarak görülmektedir.

# 11.BÖLÜM

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

# KATI ATIKLAR

Kullandığımız bütün malzemeler belli bir zaman sonra atık haline gelir. Ürünlerin kullanılma süreleri kısaldıkça daha fazla atık ortaya çıkar. Atıkların miktarı yıldan yıla değiştiği gibi, cinsleri de değişmektedir. Doğal ürünlerin kullanıldığı zamanlarda ortaya çıkan atıkla, sentetik ürünlerin kullanıldığı günümüz atıkları arasında çok fark vardır. Atıkların toplanması ve uzaklaştırılması emek ve teknoloji gerektirir. Ancak, atıkları tamamen yok etmek mümkün değildir; sadece başka bir şekle dönüştürülebilirler.

Katı atıklar, çevre problemlerinin ne kadar iç içe olduğunu gösteren mükemmel bir örnektir. Yakılsa hava kirliliği; toprağa gömülse toprak kirliliği; göl, akarsu veya denizlere atılsa su kirliliği oluşur. Toprağın üzerinde bırakılsa görsel açıdan mahzurludur ve etrafa mikrop saçar. Katı atıkların miktarıyla, toplama ve uzaklaştırma yöntemleriyle ilgili, çözülmesi gereken pek çok sorun bulunmaktadır.

## 11.1 Katı Atıkların Sınıflandırılması

Evlerde ortaya çıkan katı atıklar son yıllara kadar genellikle mutfak atıkları şeklinde idi. Ancak son zamanlarda yeni ambalaj malzemelerinin üretimi, mutfaklara çöp öğütücü ve sıkıştırma cihazlarının konması, çöplerin bileşimini büyük ölçüde değiştirmiştir. Katı atıkları genel olarak birkaç sınıfa ayırmak mümkündür.

1.Ev çöpleri

a)Organik: mutfak atıkları, kağıt, dokuma; kağıt, karton ve plastik ambalaj maddesi

b) İnorganik: kül, cüruf; cam, porselen, toprak ve demir gibi ev eşyası atıkları

2.Büyük parçalar ve hurda: eski ev eşyası, büyük bahçe atıkları, büyük ambalaj, eski araba lastikleri çöpler v.b. atıklar

3.Bahçe atıkları bitki atıkları, yaprak, ağaç dalları

4.Cadde süprüntüleri

a) Organik: pazar yeri atıkları, sokaktaki ağaçların yaprak ve dal döküntüleri, kağıt atıkları, hayvan pisliği

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

b) Anorganik: yol zeminlerinin aşınması, karlı havalarda yollara serpilen tuz ve kül, uçucu kül ve toz

5.Sanayi çöpleri

a) Organik: Gıda sanayisinin atıkları; tabakhane, dokuma, kimyasal madde, ambalaj, kağıt, karton, plastik, ahşap atıkları, talaş, cila ve boya

b)Anorganik: inorganik sanayi atıkları, kül ve cüruf, ambalaj malzemesi, çelik, toprak ürün atıkları

6.Mezbaha : Kesilen hayvanların sakatatları, kemikleri, boynuzları ve tırnakları ahır atıkları

7.Enkaz ve toprak

a) Organik: ahşap ve plastik yapı malzemesi atıkları

b) İnorganik: taş, toprak, metal parçaları ve inşaat molozları

## 11.2 Katı Atıkların Toplanması ve Ayrılması

Çöplerin toplanması ve imhası, tüm ülkelerdeki belediyeler için en külfetli hizmetlerden birisidir. Evlerden ve işyerlerinden toplanan çöplerin ayırma tesislerinde tasnif edilerek uygun şekilde yeniden kullanılabilir hale getirilmesi ve geri kalanın da imha edilmesi veya insan sağlığına zarar vermeyecek bir şekilde yerleşim bölgelerinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde kullanılan çöp tasnif yöntemleri aşağıda verilmiştir.

### 11.2.1 Elle Ayırma

Çöp tasnifinin en basit şeklidir. Görevliler, bir bant üzerinde gelen çöpleri elleriyle cinslerine göre ayırırlar. Yeniden kullanılması mümkün olan çöpler, cinslerine göre bir tarafa, imha edilmesi gerekenler de diğer tarafa ayrılırlar. Bu şekilde ayırma Bakırköy Belediyesince uygulanmaktadır.

Elle tasnif katı atıkların işlenmesinde pek çok safhada görülür. Sanayi atıklardan yeniden kullanılabilir madde elde etmek için kullanılan yöntem elle tasnif yöntemidir. Hurda metal, tahta, kağıt, cam genellikle elle ayrılır. Ülkemizde bu işlem, bazı vatandaşlarımızın sokaklardaki çöp kutularından bu atıkları geçim amacıyla toplayıp değerlendirilmesiyle gerçekleşir. İnşaat molozları ve atıkları da

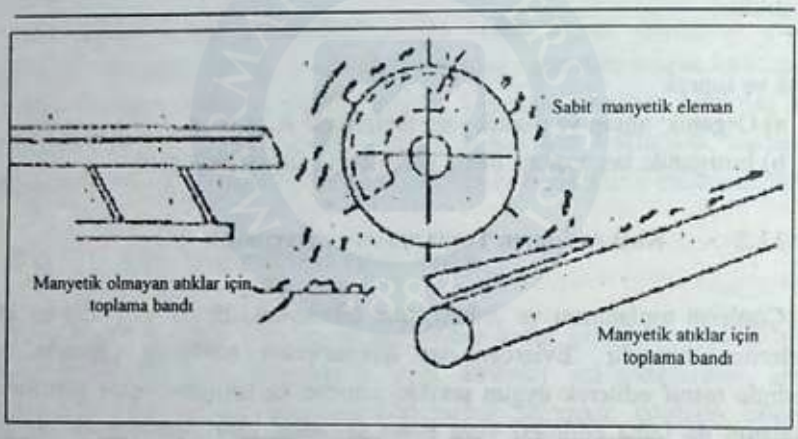
aynı şekilde elle tasnif edilir. Kullanılmayan cam eşyanın atılması için sokaklarımıza yerleştirilen kutular elle tasnifin bir uygulamasıdır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 11.2.2 Manyetik Ayırma

Manyetik ayırma pek çok ülkede kullanılan bir yöntemdir. Metal sanayisinde yeniden kullanılabilir malzeme miktarını arttırmak için uygulanmaktadır.

Manyetik ayırma, temel olarak manyetik bir silindir üzerinden çöpleri geçiren bir taşıyıcı banttan ibarettir. Demir metalleri, silindirin dönüp manyetik alandan kurtulmasıyla toplama bandının üzerine düşüp toplanırlar (Şekil 11.1).




Şekil 11.1 Manyetik Ayırma

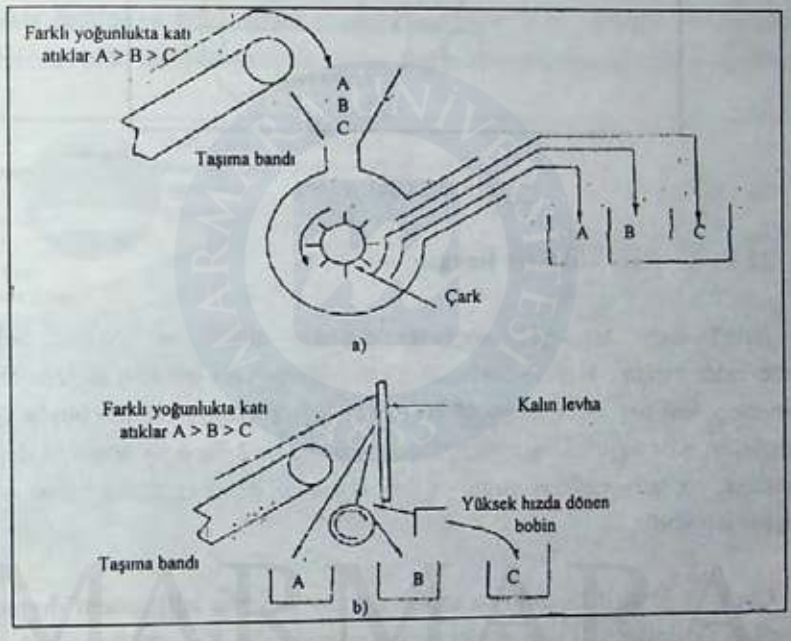
### 11.2.3 Eleme

Çöpler, gittikçe küçülen aralıklı eleklerin üst üste konmasıyla elde edilmiş bir düzenekten geçirilir, çöp parçaları büyüklüklerine göre ayrılmış olur.

### 11.2.4 Yoğunluğa Göre Ayırma

Bu tip ayırmada iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisinde çöpler, yoğunluğu bilinen bir tuz çözeltisinin içine atılır. Çözeltinin yoğunluğundan daha yoğun olan parçalar dibe çöker, hafif olanlar ise yüzeyde kalır. İkinci yöntemde ise çöpler bir kafese yüklenerek suya batırılıp çıkarılır. Bu işlem sonunda ağır parçalar kafesin alt tarafında, hafif parçalar ise üst tarafında toplanır. Ancak işlenen çöpün ve

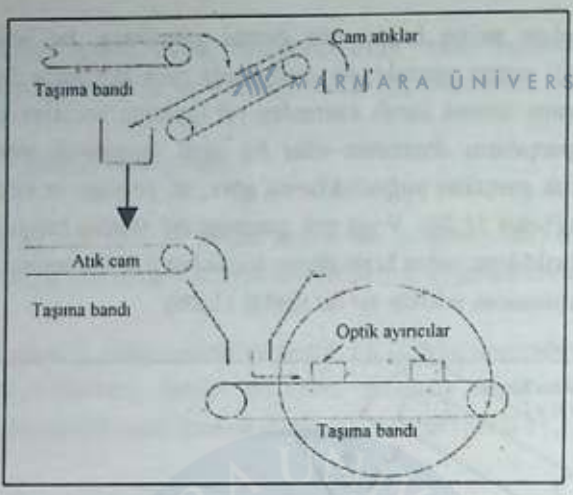
kullanılması gereken suyun hacmi göz önüne getirilince, bu yöntemin dikkatli kullanılması gereği ortaya çıkmaktadır. Yoğunluğa göre ayırmada diğer bir yöntem, katı atık parçalarının taşıma bandı üzerinden bir toplama konisine gönderilmesi ve koniden düşen parçaların dönmekte olan bir çark vasıtasıyla toplama kaplarına fırlatılmasıdır. Atık parçaları yoğunluklarına göre, en yoğunu en yakın kapta olmak üzere toplanırlar (Şekil 11.2a). Veya atık parçaları bir taşıma bandı üzerinden kalın bir levhaya çarptırıldıktan sonra hızla dönen bir bobin üzerine bırakılır ve en yoğunu en yakın kapta toplanacak şekilde ayrılır (Şekil 11.2b).




Şekil 11.2 Yoğunluğa Göre Ayırma

### 11.2.5 Optik Ayırma

Optik ayırma yöntemi yaygın olarak cam sanayisinde, kullanılmış veya defolu cam ürünlerin değerlendirilmesi maksadıyla kullanılmaktadır. Cam atıkların diğer atıklardan ayrılmasından sonra uygulanır. Renkli camla renksiz cam, ışığı geçirme özelliklerindeki farktan yararlanılarak birbirinden ayrılır (Şekil 11.3).




Şekil 11.3 Optik Ayırma

## 11.3 Katı Atıkların İmhası

Belediyeceler tarafından toplanan çöplerin imhası, en önemli belediye hizmetlerinden biridir. Hayat standardının yükselmesi, yeni ambalaj malzemelerinin geliştirilmesi, kişi başına üretilen çöp miktarını ve çöplerin bileşimini büyük ölçüde değiştirmiştir. Kişi başına düşen günlük çöp miktarının 2 ile 4 kg arasında değiştiği düşünülürse, çöplerin toplanmasının ve imhasının ne denli ciddi bir sorun olduğu daha iyi anlaşılabilir.

Çöplerin bilinçli bir şekilde toplanmaması ve imha edilmemesi durumunda halk sağlığı ile ilgili ciddi problemler ortaya çıkmaktadır. Katı atıklar yoluyla en az 20 tip hastalığın taşınıp bulaştığı bilinmektedir. Çöplerden hastalıkların yayılması, sinek ve fareler vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Hacmi bir litre olan bir çöp yığınından 2 500 sinek ürüyebilir ve, dizanteri ve pek çok salgın hastalık yayılabilir. Farelerin zararı sadece yiyecek ve eşyaya değildir; hastalık taşıyan böcekleri vücutlarında taşıyarak insan sağlığını tehdit ederler. Orta çağlardaki veba salgınının doğrudan fareler ile ilgili olduğu bilinmektedir.

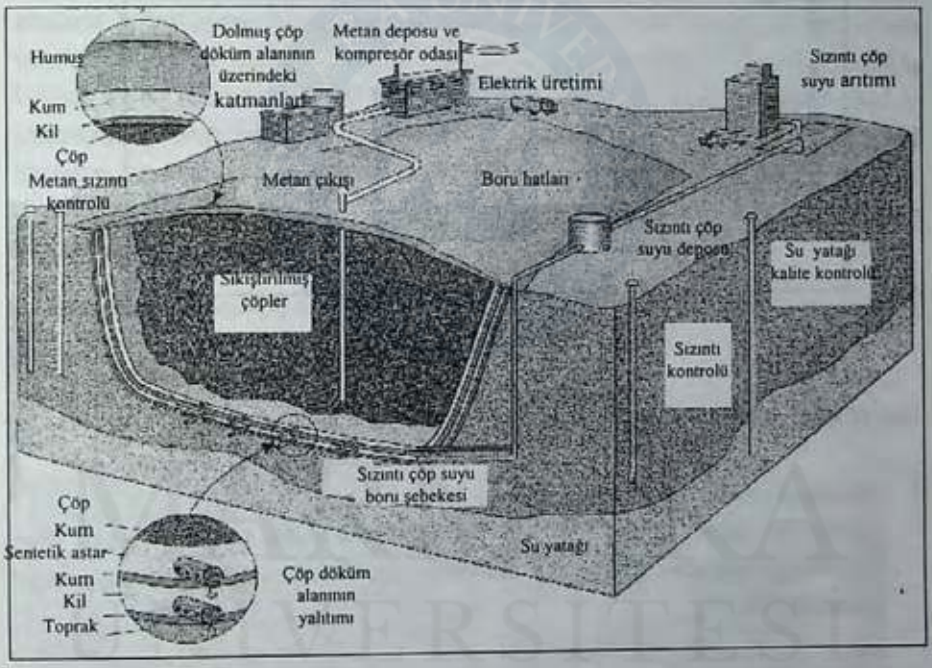
Çöplerin belediyeler tarafından toplanıp, tasnif edilmesinden sonra geriye kalanın imhası gerekmektedir. Çöp imha işleminin şehir sağlığına, estetiğine uyması ve ekonomik olması gerekmektedir. Çöp imhasında yaygın olarak kullanılan yöntemler açık araziye döküm, toprak doldurma (planlı döküm), yakma, denize dökme ve kompostlamadır.

### 11.3.1 Açık Arazi Dökümü ve Toprak Doldurma

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Çöpler en ucuz şekilde boş araziye dökülerek yaşama alanlarından uzaklaştırılır. Buna, "plansız döküm" de denebilir. İnsan sağlığı ve yangın olasılığı bakımından mahzurludur. Toprak doldurma veya "planlı döküm" yönteminde, çöpler uygun bölgelerde standartlara göre seçilmiş sahalara dökülerek buldozerlerle sıkıştırılır. Sıkıştırılan her tabakanın üzeri 10-15 cm kalınlığında toprakla örtülür

Döküm alanları dolduktan sonra üstü kil, kum, çakıl ve ince humuslu toprakla örtülür ve bitki örtüsü oluşturulur (Şekil 11.4). Döküm alanının üzerinde oluşturulan bitki örtüsü sayesinde toprak yağmurları emer ve erozyona uğramaz.

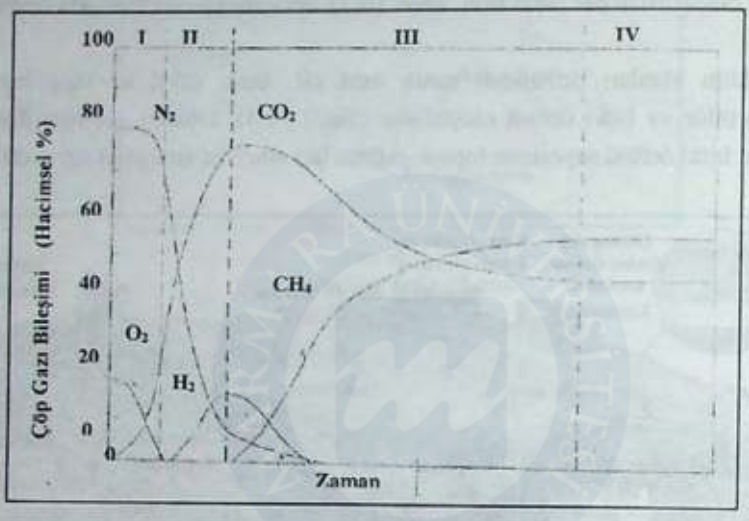



Şekil 11.4 Planlı Çöp Döküm Alanı

Diğer yandan gömülen çöpler dört safhalık bozunma sürecine başlar (Şekil 11.5). I. safhada aerobik (oksijenli) bozunma yer alır. Oksijen tüketilerek organik atıklar $CO_2$ oluşturacak şekilde bozunurlar. Ortamdaki oksijenin tükenmesinden sonra anaerobik (oksijensiz) bozunma başlar. Bu II. safhadır. Bu sürede $CO_2$ derişimi maksimuma çıkar, $H_2$ üretimi başlar ve, ortamdaki azot uzaklaşır. III. safhanın sonuna doğru metan derişimi sabitleşmeğe başlar. Bu üç

safhanın süresi 180 ile 500 gün arasında değişir. IV.safhada, %50 - %70 metan ve %30 - %50 karbon dioksit içeren kararlı bir gaz karışımı (biyogaz) oluşur. Gaz üretim hızı da kararlı bir seviyeye ulaşır. Bursa'da Demirtaş Çöp sahasında üretilen biyogazla çalışacak bir santral 1998 hizmete girmiştir. Yakın geçmişte patlamalarla gündeme gelen İstanbul Hekimbaşı çöp sahasında bir güç santralı için planlar yapılmaktadır.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 11.5 Planlı Döküm Alanında Gaz Üretimi

Çöp döküm yerlerinin seçiminde şu noktalar göz önünde bulundurulur.

- Drenaj problemlerinin çözülmesi.
  Çöplerden sızan suların birikmesi sineklere ve kötü kokulara sebep olur. Döküm sahasından sızan çöp sularının su rezervlerine ulaşmasına engel olunmalıdır.

- Hakim rüzgarlara uygun olması.
  Koku problemi olmaması için hakim rüzgarların şehirden döküm alanına doğru esmesi gerekmektedir.

- Şehirden uzaklığı.
  Bu husus, çöp taşımacılığının maliyeti düşünülerek ekonomik bakımdan dikkate alınmalıdır.

- Çöp dökme alanının büyüklüğü.

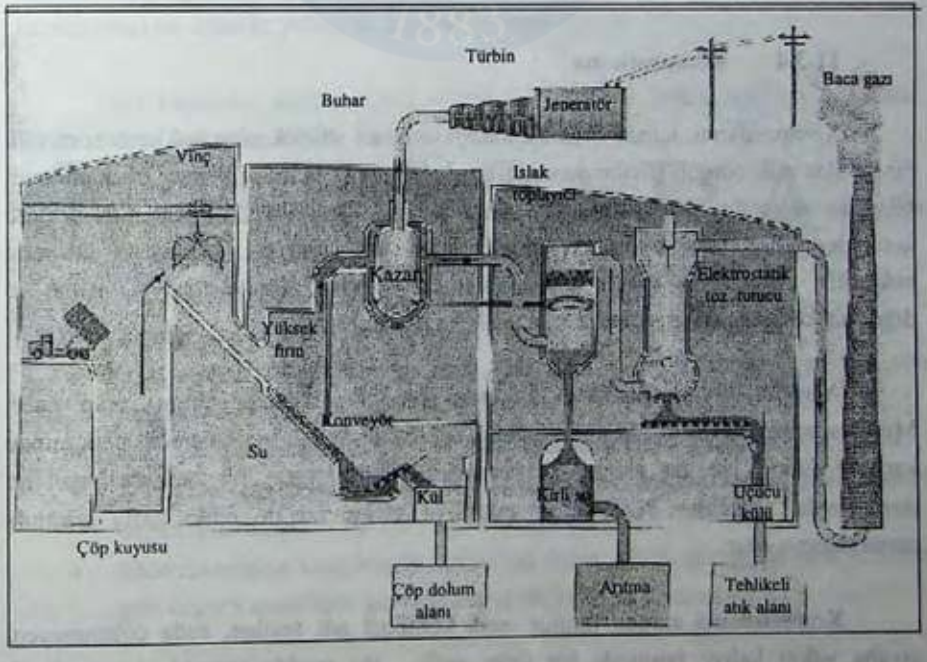
Mümkün olduğunca uzun bir müddet için ihtiyaca cevap verecek büyüklükte olmalıdır. Aksi halde boşuna yatırım yapılmış olur.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

- Çöp dökme alanının son kullanma şekli.
  Alanın doldurulmasından sonra yeşil alan, park, bahçe, oyun sahası gibi hangi amaçla kullanılacağı önceden belli olmalıdır.

### 11.3.2 Yakma

Planlı dökümde ortaya çıkan yüksek hacim sorunuyla baş etmenin bir yolu çöpü yakmaktır. Ancak, çöp yakma tesislerinin çok ciddi tedbirler alınmadıktan sonra, hava kirliliğine sebep olabileceği unutulmamalıdır. Bu sebeple, şehir içinde çöplerin imhası gerektiği durumlarda, maliyeti yüksek olan en gelişmiş çöp yakma tesislerine ihtiyaç vardır. Çöplerin yanmasıyla elde edilecek enerjiyi akıllıca kullanmak bu maliyeti azaltabilir. İçerdiği anorganik maddelerden dolayı çöplerin yanmasıyla yüksek miktarda kül ortaya çıkar. Ancak külün hacmi yakılan çöpün hacmine kıyasla çok küçüktür; çöp döküm alanlarına veya denize atılarak uzaklaştırılabilir. Şekil 11.6'da, enerji geri kazanım sistemi geliştirilmiş, çevre dostu bir çöp yakma tesisi gösterilmektedir.




Şekil 11.6 Enerji Geri Kazanım Sistemi

Fırında bir ton çöp, yaklaşık çeyrek ton kül haline gelir. Kül, yürüyen bantlarla tesisten uzaklaştırılır. Çıkan gazlar havaya salınmadan önce, ıslak toplayıcıdan ve elektrostatik toz tutucudan geçerek kirletici gazlardan ve taneciklerden arındırılır. Fırında elde edilen ısıyla, elektrik üretiminde veya binaların ısıtılmasında kullanılacak buhar üretilir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

### 11.3.3 Denize dökme

30 - 40 yıl öncesine kadar Türkiye'de, kanalizasyon ve çöpler denize boşaltılmakta ve herhangi bir çevre sorunuyla karşılaşılmamakta idi. Bu atıkların yıllar boyu artan bir hızla birikimi yüzünden denizlerimiz, göllerimiz ve akarsularımız bu kirlilikle başa çıkamaz hale gelmiştir. İstanbul'da Haliç, atıklarla kirletilen suların nasıl bir batak haline geleceğinin en vahim örneklerinden biridir. Haliçin sularındaki çözünmüş oksijen miktarı, belediyenin son yıllarda girişimiyle ancak küçük yüzey balıklarının yaşayabileceği seviyeye gelmiştir. Dipte biriken organik maddelerin aerobik parçalanması mümkün değildir; anaerobik parçalanma sürmektedir. Bunun sonucu olarak pis kokulu kükürt ve azotlu bileşikler, ve metan oluşmaktadır. Çöp ve kanalizasyon atıklarının denize dökme durumu gerektiğinde bunun sahilden birkaç yüz metre ötede deniz dibine oradaki canlılara zarar vermeyecek nitelik ve nicelikte olmasına dikkat edilmelidir.

### 11.3.4 Kompostlama

Kompostlama, içinde organik madde miktarı yüksek olan atıkların kontrollü bir şekilde mikroorganizmalar vasıtasıyla parçalanarak humusa benzer bir maddenin oluşma sürecidir. Kompostlama, aerobik ve anaerobik olarak iki şekilde gerçekleşebilir. Anaerobik kompostlamada, atık birkaç ay havasız ortamda bekletilir. Bu zaman içinde anaerobik mikroorganizmalar vasıtasıyla, metan ve diğer pis kokulu gazları salınarak parçalanma gerçekleşir.

Aerobik kompostlamada, atıkların sık sık havalandırılması icap eder. Mikroorganizmaların oksijen kullanarak gerçekleştirdiği parçalanma neticesinde karbon dioksit ve ısı salınır. Havalandırmanın uygun bir şekilde yapıldığı durumlarda, sıcaklık 70-80°C'ye çıkar ve süreç, iki ile oniki hafta arasında tamamlanmış olur.

Kompostlama süreci, humus veya kompost adı verilen, suda çözünmeyen, siyaha yakın kahve renginde bir ürün verir. Bu madde toprakla karıştırılarak

kullanılır. Yüksek su tutma kapasitesine sahiptir ve iyi bir toprak için gerekli olan element ve kimyasal bileşikleri içerir.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

## 11.4 Atıkların Geri Kazanılması

Çevre kirliliğini azaltmak ve doğal kaynakları korumak, atıkların geri kazanılmasındaki iki ana hedeftir.

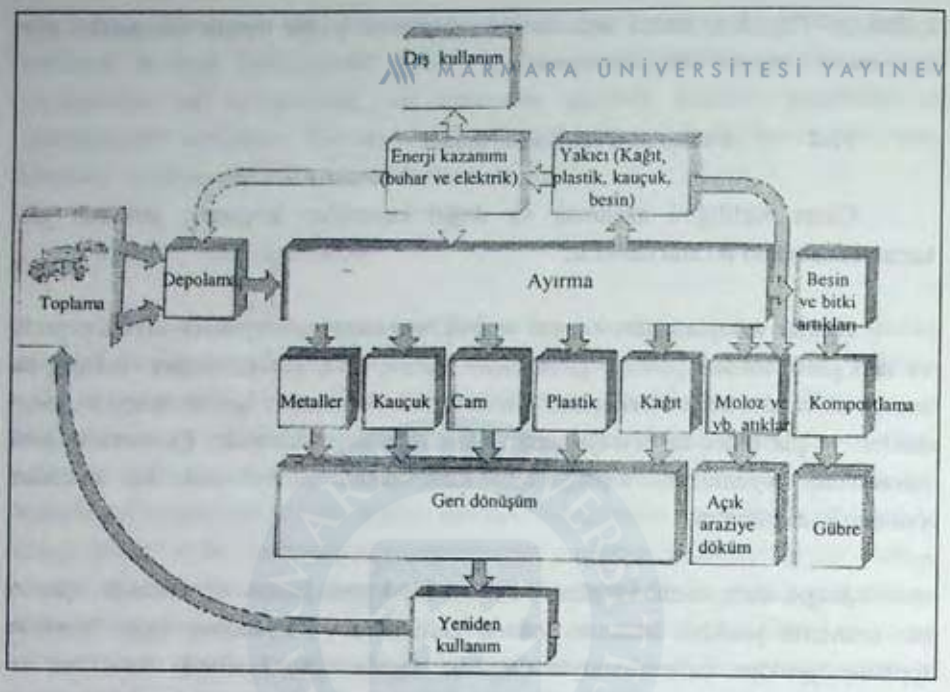
Atıklar yoluyla insan, hayvan ve bitkilere zararlı olan yüksek sayıda organik ve anorganik madde çevreye girmektedir. Krom, civa, çinko, kurşun ve kalay bu anorganik maddelerden birkaçıdır. Klorürlü hidrokarbonlar, benzen türevleri, boya atıkları ve plastikler de çevreye zararı olan organik maddelerdir. Çevremizin, yani havamızın, suyumuzun, toprağımızın kirlenmesini istemiyorsak bu maddeler yeniden kazanılmalıdır.

Kağıt, cam, metal ve plastik hammadde kaynaklarının tükenmemesi için bu tür ürünlerin yeniden kazanım yoluna gidilmelidir. Kullanılmış kağıt ürünlerin toplanıp yeniden kullanılmasıyla daha az sayıda ağaç kesilmiş olur. Cam ve metallerin geri kazanımıyla, bunların üretiminde kullanılan enerji kaynakları dahil olmak üzere ilgili tüm doğal kaynaklar daha az kullanılmış olur. Plastiklerin geri kazanılması ise daha az petrol tüketimine yol açar (Şekil 11.7).

Geri kazanılan malzemelerin tekrar aynı şekilde kullanılması şart değildir, farklı şekilde de kullanılabilir. Örneğin:

- Kırık camların, ziftle karıştırılarak asfaltlarda kayganlığı önlemek için kullanılması.
- Selüloz içeren maddelerden alkol eldesi.
- Kompostlama yoluyla humus eldesi.
- Eski araba lastiklerinden kuru damıtma yoluyla çeşitli gaz ve sıvı hidrokarbonların eldesi.
- PVC plastik üretiminde bir yan ürün olan hidroklorik asitten klorür eldesi.
- Sanayide ortaya çıkan çeşitli yan ürünlerin ve kullanılmamış malzemenin değerlendirilmesi.
- Elektrokaplama sanayisinde kullanılan bakır, nikel, gümüş, kobalt ve krom gibi değerli metallerin geri kazanılıp değerlendirilmesi.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ




Şekil 11. 7 Geri Dönüşümün Şematik Gösterimi

## 11.5 Plastikler ve Çevre

Plastiklerin ayrışması çok uzun zaman aldıkları için, biyolojik parçalanmaya uğramayan maddeler olarak sınıflandırılır. Çevre kirliliğine önemli katkıları olup, imha ve/veya tasfiye edilmeleri sorun teşkil etmektedir. Çöplerin içinden mutlaka ayrılmaları gerekmektedir. İstanbul'da bazı vatandaşlarımızın sabahın erken saatlerinde at arabalarıyla sokaklarda dolaşarak bu ayırmayı gerçekleştirmeleri, çevre temizliği yolunda yapılan en önemli hizmetlerden birisidir.

Biyolojik parçalanma, bakteri ve fungilerin ürettiği bir dizi enzim tarafından gerçekleştirilmektedir. Her enzimin sadece belirli bir tür kimyasal yapıyı parçalayabilme özelliği vardır. Doğada mevcut bir kimyasal bağı, ve dolayısıyla bir kimyasal yapıyı, parçalayacak bir enzim üretilmektedir. Ancak, plastik gibi yapay maddelerde bulunan kimyasal bağları koparacak enzimleri üretecek bakteri ve fungiler henüz yeryüzünde mevcut değildirler. Mevcut enzimler vasıtasıyla parçalanabilen, suda çözünebilen veya uv ışınlarıyla bozunabilen plastiklerin tasarımı ile plastiklerin sebep olduğu çevre kirliliği azaltılmaya çalışılmaktadır.

### 11.5.1 Parçalanabilen Plastikler

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

Doğada bakteri ve fungilerin üretebildiği enzimlerle parçalanabilen plastiklerdir. Selüloz ve kauçuk gibi doğal polimerler çeşitli fungi ve bakteriler tarafından parçalanırlar. Ancak, bu polimerlere yapılacak vulkanizasyon gibi bir değişiklikle, bu polimerler de parçalanamayan polimerler sınıfına girerler.

### 11.5.2 Suda Çözünen Plastikler

Plastiklerin çözünürlükleri, plastiğin hammaddesi, sıcaklık, kullanılan çözücü ve çözücü konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Tabiatta parçalanabilen plastikler söz konusu olunca, akla gelen ilk çözücü sudur. Bu yüzden plastiğin çözünebilir olması demek, plastiğin su içinde zehirli bir madde oluşturmadan çözünmesi demektir. Polivinil alkol, hidroksipropil selüloz ve polietilen oksit gibi termoplastik olan ve suda tamamiyle çözünen çeşitli plastikler mevcuttur.

Suda çözünen plastikler zehirsiz, yenilebilir, besin değeri olmayan, tesisatı tıkamayan ve tesisata zarar vermeyen maddelerdir. Bozunmaları için çok az oksijene ihtiyaçları vardır. Küf tutmazlar ve bakterilerin üremesi için müsait ortam oluşturmazlar. Yakıldıkları zaman, karbon dioksit, su ve karbona dönüşürler. Yağ ve petrol türevlerine karşı dayanıklılıklarından dolayı ambalaj olarak kullanılırlar.

### 11.5.3 uv Işınlarıyla Parçalanabilen Plastikler

Molekül yapılarına veya kullanılan katkı maddelerine bağlı olarak bir kısım plastikler, uv ışınlarına karşı hassastırlar. 320 mikrondan küçük dalga boyundaki güneş ışınlarını absorbe ederler. Foton halinde yeterince enerji soğurulmasıyla karbon-hidrojen bağları kırılır ve yerlerine, havadaki oksijenle kolayca tepkimeye giren serbest radikaller oluşur. Serbest radikallerle oksijen arasında hızla gerçekleşen tepkimelerin son ürünleri karbonil gruplar, hidroksil guruplar, karbon dioksit ve sudur.

uv ışınlarıyla parçalanma, sıcaklık ve zamana bağlı bir süreçtir. Polimerin yapısı, malzemenin kalınlığı ve boya, bozunma hızlandırıcıları veya yavaşlatıcıları gibi katkı maddelerinin varlığı da bu sürece etki eden faktörlerdir. Katkı maddelerinin yardımıyla polietilen, polisitiren, polipropilen, polibütadiyen ve polivinil klorürün parçalanabilir hale getirilmesi mümkün olmuştur.

## KAYNAKLAR

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

1. AN ENVIRONMENTAL EDUCATION CURRICULUM FOR PRE-SERVICE EDUCATION OF SECONDARY LEVEL TEACHERS", UNESCO-UNEP-IEEP: Environmental Education Series (43), 1994.

2. Arıoğlu, E. ve Kural, O. LİNYİT VE KULLANIM ALANLARI (KÖMÜR KİMYASI VE TEKNOLOJİSİ Editör: O.Kural) 1988, İstanbul

3. Arms, K., ENVIRONMENTAL SCIENCE, 1990, Saunders College Publishing, USA

4. CHANGING MINDS - EARTHWISE, A selection of articles from Connect, UNESCO-UNEP-IEEP Newsletter, 1992

5. Dımışkı, E., ORTAÖĞRETİM FEN PROGRAMLARINDA EKOLOJİ VE ÇEVRE KONULARININ ÖĞRETMEN VE ÖĞRENCİ HAZIRBULUNUŞLUĞU AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ, 1999, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

6. Doğan, M. "Stockholm Konferansından Günümüze Türkiye'de Çevre Eğitimi", T.C. Çevre Bakanlığı ÇEVRE VE İNSAN DERGİSİ, sayı 40:28, 1998

7. Dölen, E., ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE KİRLETİCİLERİN İNSAN BEDENİNE ETKİLERİ TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, 1986, İstanbul

8. ENERGY: THE NEXT FIFTY YEARS, 1999, OECD Publication

9. Gary, J.H. and Handwerk, G.E. PETROLEUM REFINING TECHNOLOGY AND ECONOMICS 1984 Marcel Dekker New York

10. Glasgow, J. ENVIRONMENTAL EDUCATION: CURRICULUM GUIDE FOR PRE-SERVICE TEACHER EDUCATION", UNESCO-UNEP-IEEP: Environmental Education Series (39), 1994.

11. Güney, İ. ve Terzi, Ü.K. "Ülkemiz Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi" DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ 7. ENERJİ KONGRESİ Cilt I:351 1997 Ankara

12. Hammer, M.J., THE WATER and WASTEWATER TECHNOLOGY, 3rd Edition, 1996, Prentice Hall

13. Clerk, J. W. and Viessman, W., WATER SUPPLY AND POLLUTION KONTROL 1985, International Textbook Co.

14. Hodges, L., ENVIRONMENTAL POLLUTION, 1973, New York.

15. Hungerford, H.R., Peyton, R.B. and Wilke, R. "Goals for Curriculum Development in Environmental Education", THE JOURNAL OF ENVIRONMENTAL EDUCATION, II (3) :42, 1980

16. Hungerford, H.R., Volk, T.L. and Ramsey, J.M. A PROTOTYPE ENVIRONMENTAL EDUCATION CURRICULUM FOR THE MIDDLE SCHOOL, UNESCO-UNEP-IEEP: Environmental Education Series(29), 1994

17. Hungerford, H.R., Peyton, R.B. PROCEDURES FOR DEVELOPING AN ENVIRONMENTAL EDUCATION CURRICULUM", UNESCO-UNEP - IEEP:Environmental Education Series(22), 1994

18. İnce, H.H., CANLILARIN EVRİMİ, 1976, Mataş Matbaacılık İzmir

19. Keleş, R. ve Hamamcı, C., ÇEVREBİLİM, 1997, İmge Kitabevi, Ankara

20. Kışlalıoğlu, M. ve Berkes, F., ÇEVRE VE EKOLOJİ-ÇEVRE SORUNLARI 1989, Remzi Kitabevi, İstanbul

21. Kışlalıoğlu, M. ve Berkes, F., EKOLOJİ ve ÇEVRE BİLİMLERİ, 1994, Remzi Kitabevi, İstanbul

22. Knapp, D.H., Volk, T.L. and Hungerford, R.H., GLOBAL CHANGE, Environmental Education Module/ UNESCO-UNEP-IEEP 1995

23. MODERN BİYOLOJİ, MEB BASIMEVİ, 1974, Ankara

24. Porritt, J., YEŞİL POLİTİKA (Çeviri: Alev Türker), 1988, Ayrıntı Yayınevi, İstanbul

25. Peavy, S.H. et al, ENVIRONMENTAL ENGINEERING, 1985, McGraw-Hill International Edition

26. Petrucci, R. H., GENERAL CHEMISTRY PRINCIPLES and MODERN APPLICATIONS, 1982, 3rd Edition, Macmillen, New York

27. Peyton, B., Campa, H., Peyton, M.D. and Peyton , J.V. "BIOLOGICAL DIVERSITY FOR SECONDARY EDUCATION", Environmental Education Module/ UNESCO - UNEP - IEEP 1995

28. Priest, J., ENERGY: PRINCIPLES, PROBLEMS, ALTERNATIVES, 1984

29. Rawen, P.H., Berg, L.R. and Johnson, G.B. ENVIRONMENT 1993 Saunders College Publishing USA

30. Ross, R.D., AIR POLLUTION AND INDUSTRY 1972, New York

31. Sandal, A. "Çevre ve Katılmalı Yönetim" T.C. Çevre Bakanlığı ÇEVRE VE İNSAN DERGİSİ, sayı 42:53 1999

32. Sayar, A. "Nükleer Güçten Elektrik Üretmeli miyiz?" BİLİM VE ÜTOPYA ,Mayıs , 2000

33. Serpen, U. ve Satman, A. "Türkiye'de Jeotermal Enerji: Politika ve Planlama "DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ 7. ENERJİ KONGRESİ Cilt I:327 1997 Ankara

34. Strauss, W., INDUSTRIAL GAS CLEANING 1975 Pergomon Press Sydney

35. Strobbe, M.A., UNDERSTANDING ENVIRONMENTAL POLLUTION 1971, Saint Louis, C. V. Mosby, Co.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ YAYINEVİ

36. TRENDS IN ENVIRONMENTAL EDUCATION SINCE THE TBILISI CONFERENCE Environmental Education Series(1), UNESCO-UNEP-IEEP, 1983

37. TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT: ENVIRONMENTAL INDICATORS 1998 OECD Publication

38. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi 1994 sayılar 315, 317,319, 323

39. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi 1995 sayı 327

40. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi 1996 sayılar 342,344

41. Türe, İ.E. "Temiz Enerji Kaynaklarının Türkiye'nin Enerji Planlamasındaki Yeri" DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ 7. ENERJİ KONGRESİ Cilt I:317 1997 Ankara

42. TÜSİAD RAPORU " 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi" Aralık 1998 İstanbul

43. Ünal, S. GENERAL CHEMISTRY Marmara Üniversitesi Yayın No 541 1992

44. Ünal, S. et al, GASIFICATION OF COALS ("COAL", Editor: O. Kural) 1994 İstanbul

45. Ünal, S. CHEMISTRY AND ENVIRONMENT Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Ders Notları 1994

46. Ünal, S. CUMHURİYET DÖNEMİ ORTAÖĞRETİMİNDE KİMYA MÜFREDAT PROGRAMLARININ İNCELENMESİ Marmara Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi Nihai Raporu (Proje No: Sosyal/2) 1996

47. Ünal, S. "İlk ve ortaöğretim ders kitaplarında yakıtlar ve çevresel etkileri", HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM FAKÜLTESİ DERGİSİ, sayı 14: 62 1998

48. Ünal, S. ve Dımışkı, E. "UNESCO uluslararası Çevre Eğitim Programına Göre Ortaöğretim Çevre Eğitimi İçin Öğretmenlerin Yetiştirilmesi", MARMARA ÜNİVERSİTESİ ATATÜRK EĞİTİM FAKÜLTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ DERGİSİ, sayı 10:299 1998

49. Ünal, S. ve Dımışkı, E. "Üniversite Öncesi Çevre Eğitimi ve Sorunları", T.C. Çevre Bakanlığı ÇEVRE VE İNSAN DERGİSİ, sayı 42:56 1999

50. Ünal, S. ve Dımışkı, E. "UNESCO-UNEP Himayesinde Çevre Eğitiminin Gelişimi ve Türkiye'de Ortaöğretim Çevre Eğitimi", HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM FAKÜLTESİ DERGİSİ, sayı 16-17:142 1999

51. Villee, C.A. et al. BIOLOGY 1989 Saunders College Publishing USA

52. Weast, R.C. (Editor) HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS 1984 CRC Press Florida

53. Winfield, A. ENVIRONMENTAL CHEMISTRY 1995 Cambridge University Press

54. Yorulmaz, Y. PETROL İŞLETME TEKNOLOJİSİ VE RAFİNERİ ÜNİTELERİ 1983 Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yayınları

55. Yücel, A.S. ve Morgül, F.İ "Yükseköğretimde Çevre Olgusunun Araştırılması", HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM FAKÜLTESİ DERGİSİ, sayı 14:84 1998

MARMARA ÜNİVERSİTESİ



ISBN: 975 - 238 - X

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DÖNER SERMAYE İŞLETMESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
MATBAA BİRİMİNDE BASILMIŞTIR.