

1. İNSANLAR VE EROZYON

Yaklaşık 350 milyon yıl önce daha önce sadece denizsel yaşam süren bitkiler ve hayvanlar kendilerini arazide yaşamaya adapte etmeye başlamışlardır. İlk başta çıplak kayalarda bir tutunma noktası sağlamakta zorluk çekmişler ve ancak kendini yeni çevreye adapte edebilen bitki ve hayvan türleri yaşayabilmiştir. Milyonlarca yıl boyunca ölü bitki ve hayvan kalıntıları toprağın bünyesine ilave olmuş ve ince bir toprak tabakası birikmiştir.

İlk insanlar yaşamaya başladıklarında diğer hayvanlar gibi yaşamak için zorluk çekmişler fakat doğanın dengesini bozmamışlar ya da bozمامışlardır. İnsanlar daha sonraları uygarlaşmaya başlamışlar ve ilave gıda ve giyecek ihtiyacının büyümesi sonucu arazi üzerindeki istekleri artmış, göçebe hayvancılık yaşamından yerleşik düzene geçilmiş ve dolayısıyla arazi işlenmeye başlanmıştır. Arazinin yoğun bir şekilde işlenmesi tabii örtünün tahrip edilmesine ve daha çok toprak yüzeyinin erozyon doğuran kuvvetlere maruz kalmasına neden olmuştur. Bazı durumlarda insanlar bu erozyon doğuran kuvvetleri kontrol altına alabilmişler ve devamlı bir tarım tesisini sağlamışlardır. Ancak çoğu durumda erozyon kontrol edilememiş ve arazinin tahribi ile sonuçlanmıştır. Tarihin gün ışığına çıkarılması ile dünya üzerinde oluşmuş olan verimli arazilerin büyük kısmının tahrip edildiği görülmüştür. Bu tahrip büyük ölçüde medeniyetlerin yıkılmasına neden olmuştur. Bunun yanında sınırlı sayıdaki durumda, insanlar erozyonu kontrol etmişler ve yüzyıllar boyunca tesis ettikleri tarımı sürdürmüşlerdir.

Bir zamanlar çok verimli arazilere sahip olan Mezopotamya, Dicle ve Fırat nehirlerince sulanıyordu. Milattan 2000 yıl önce büyük şehirlere ve karmaşık bir medeniyete destek veren büyük bir sulama sistemi kurulmuştu. Fakat vadilerin etrafındaki yamaç arazilerde ormanların kesilmesi nehirlerin erozyon döküntüleri nedeniyle taşkın yapmalarına ve sulama kanallarının dolmasına neden olmuştur. Bugün Mezopotamya'nın büyük bir kısmı hareketli kumullardan oluşan bir çöl halindedir.

Bugünkü Suriye, bir zamanlar büyük verimliliğe sahip arazilerden oluşan zengin kırmızı-kahverengi topraklarla kaplı eğimli arazilerde gerek şehirler ve gerekse gemiler için kerestenin sağlandığı yoğun ormanları olan bir ülkeymiş. Ancak arazilerin temizlenerek tarıma açılması ve yüzden fazla şehrin gelişmesi birkaç yüzyıl içinde erozyonla üst toprağın uzaklaştırılmasına ve eski şehir kalıntılarının verimsiz alt katmanın biraz üstünde kalmasına neden olmuştur. Bu sahadan bir zamanlar Roma'ya çok büyük miktarlarda şarap ve zeytinyağı ihraç edilirken bugün ıssız bir hale gelmiştir. Aynı olay medeniyetin doğuya kayması ile Çin ve batı tarafında ise Avrupa ve Amerika'da da yaşanmıştır.

Bir zamanlar Çin'in meşhur Sarı Irmak nehrinin yukarı havzaları çok zengin ve müreffeh bir hayat süren insanların ülkesiydi. Ancak yüksek oranlı erozyon ve

taşkın zamanlarında sarı ırmaktan akan suyun ağırlık olarak %50 si kadar toprağı taşıması sonucunda yukarı havzada açık renkli alt toprak açığa çıkmış ve harabeye dönmüştür. Ayrıca erozyon arazinin tahribinin yanında aşağı havzada da çok büyük problemlerin doğmasına neden olmuştur.

Lübnan'da 3000 yıl önce Kral Solomon Sur Kralı Hiram ile yaptığı anlaşmada Kudüs'teki yapılar ve tapınakların kereste ile tefriş edilmesi için anlaşmıştır. Bu amaçla 80 000 oduncu ve kesilen ağaçları taşımak için 70 000 işçi tahsis etmiştir. Ağaçların uzaklaştırılmalarından sonra arazi işlemeli tarıma açılmış ve erozyon gecikmeden hızla başlamıştır. Çoğu arazide yeterli erozyon kontrolü yapılmadığından ülke harap olmuştur. Bazı sınırlı alanlarda yapılan kargir seki teraslar sayesinde yüzyıllar boyunca başarılı bir şekilde tarım yapılabilmektedir.

Güney Amerika yüksek platolarında hala çiftçiler binlerce yıldır İnka'lar zamanında yapılmış teraslarda emniyetli bir şekilde tarım yapmaktadırlar.

Bunun yanında toprak kazanımı ile ilgili en iyi örnek Hollanda'dan verilebilir. Dr. Johann Van Veen tarafından hazırlanmış olan "Dredge, Drain, Reclaim" adlı kitapta bahsedildiği gibi arkeolojik kazılardan anlaşıldığına göre M.Ö. 4000 yıllarında bir grup çiftçi ülkenin iç kısımlarından kıyıdaki bataklık sahaya zorla gönderilmişlerdir. Çiftçiler su üstünde kalmak için sepetlerle çamur taşıyarak yapay tepelikler oluşturmuş ve bunların üzerine evlerini inşa ederek yiyecek üretimi yapmışlardır. Hollanda'nın Kuzey Doğusunda ve daha çok Doğu Friesland'da olmak üzere 1260 yapay tepe bu şekilde oluşturulmuştur. Bu tepelerin genişliği 80-740 dekar arasında değişmekteydi. Sadece bir tepe yaklaşık 765 bin metreküp topraktan oluşuyordu (Van Veen 1962).

Sonraları insanlar daha alçak arazilerde tarım yapabilmek için deniz duvarları ve bentler inşa etmişlerdir. 1860 yılına kadar 2815 km bent bu şekilde elle veya daha sonraları at arabaları ile taşınmak suretiyle yapılmıştır. Üçüncü büyük çalışmada hendek ve kanalların kazılması ile 150 milyon metreküp toprak yer değiştirmiş, dördüncü ve en büyük amaç olan peat (organik toprak) sahalarının kazılması ve bu suretle oluşan göllerin drene edilmesi ile de verimli tarım sahaları kazanılmıştır. Dünyanın insanların yaşamasının çok zor olduğu bölgeleri hariç olmak üzere, erozyonun izleri hemen her yerde görülmekte ve birçok medeniyetin bu nedenle çöktüğü, açlık ve göçlerin en önemli nedeninin erozyon olduğu anlaşılmaktadır.

Bugün nüfusun büyük boyutlarda artması, basit tarımsal toplumlardan gelişmiş endüstri toplumlarına geçiş dünya ölçeğinde meydana gelmektedir. Nüfusun böyle hızlı artmasının birtakım nedenleri vardır. Bunlardan birincisi ve belki de en önemlisi sağlık ve hijyen koşullarındaki iyileşmedir (Hudson 1985). Gelişmemiş ülkelerdeki nüfus artışını kontrol eden en önemli faktör hastalıklardır. Örneğin bir sıtma bugün artık önemli salgın hastalık olmaktan çıkmıştır. İkinci olarak eğitim ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak hijyenik koşullarda önemli iyileşmeler sağlanmış ve dizanteri, barsak kurtları vb. hastalıkların yayılımı önlenmiştir. Üçüncü olarak artık dünya üzerinde eskiye oranla büyük göçler olmamaktadır. Bunun en önemli nedeni kıtlık bölgelerine büyük miktarlardaki yiyecek maddelerinin hızla ulaştırılmasının mümkün olmasıdır.

Nüfustaki bu muazzam artış insanların beslenmesi, giyimi ve normal yaşamlarını sürdürebilmeleri için doğal kaynakları daha fazla kullanmalarına neden olmuştur. Ancak doğal kaynaklar sınırsız değildir. Young (1969) orta engebeli veya

eğimli araziler için 0,045 t/ha/y ve dik eğimli topoğrafya içinde 0,45 t/ha/y toprak kaybının normal koşullarda meydana geldiğini bildirmektedir. Buna karşılık tarım arazilerinde çok daha fazla toprak kaybı oluşabilmekte ve bu ***hızlandırılmış erozyon*** olarak sınıflandırılmaktadır.

Teorik olarak, toprak kaybının tehlikeli olup olmadığı toprak oluşum oranına göre değerlendirilir. Eğer bitki besin maddeleri kapsamı, bünye ve toprak kalınlığı zamanla değişmeden kalıyorsa erozyon oranı toprak oluşum oranını dengeliyor demektir. Bitki örtüsündeki küçük değişikler dahi erozyon oranında dikkate değer değişimlere neden olabilir. Örneğin Douglas (1967) de belirtildiğine göre Malezya'nın benzer özelliklere sahip iki havzasından biri yüzde 94 oranında ormanla kaplıdır ve erozyon oranı 2,1 t/ha/y olduğu halde diğerinde yüzde 64 orman örtüsü vardır ve erozyon oranı 10,3 t/ha/y dır.

Erozyonun etkisi sadece üst toprağının taşındığı alt toprak ve ana kayanın yüzeye çıktığı ve sel oyuntulu araziler için değil aynı zamanda aşağı kısımlarda veya rüzgârın hızının kesildiği yerlerde yüzeyin kum ve silt birikintileri ile kaplanması, kanalların dolması ve rezervuarların siltasyonu ile de etkili olmaktadır. Rezervuarların ve nehirlerin siltasyon nedeniyle kapasitelerinin azalması taşkın tehlikelerinin doğmasına neden olmaktadır. Ürün sahaları veya otlaklarda erozyon sonucu bozulmalar verimliliğin azalmasına ve verimliliğin sürdürülebilmesi için daha fazla gübre kullanılmasına gerek göstermektedir. Aşırı durumlarda bu tip arazilerin işlemeli tarım dışı bırakılması söz konusu olmaktadır. Ayrıca sedimentler su kalitesini düşürerek ana bir kirletici olmaktadırlar.

Bireysel iklim olaylarının neden olduğu sediment verimi yöresel topoğrafya ile toprak ve arazi kullanım koşullarına bağlıdır ki bu erozyonun bölgesel değişikliklerine sebep olur. Erozyondaki kısa vadeli gećici değişikliklerdeki ana faktör farklı yoğunluktaki iklim olayları olmaktadır. Bununla birlikte, yağış miktarı, yağış yoğunluğu ve rüzgâr hızı gibi iklim karakteristikleri bölgesel olarak değişmekte fakat arazi kullanım tipi zamanla ekonomik ve idari koşullara bağlı olmaktadır. Uzun vadede erozyondaki değişiklikler ise iklim dalgalanmaları, örneğin kuraklık veya normal olmayan yağışlı yıllar veya toprak özelliklerindeki değişikliklerden ileri gelebilir. Toprak özelliklerindeki değişiklikler çoğunlukla ancak devamlı tarım yapılan kum ve kumlu tınlı topraklarda meydana gelmektedir.

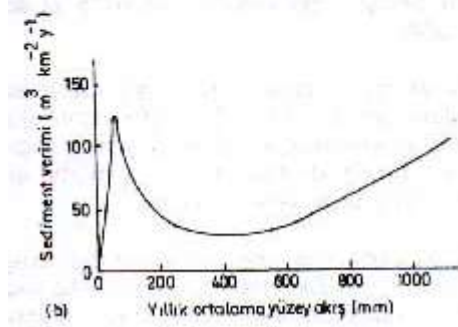
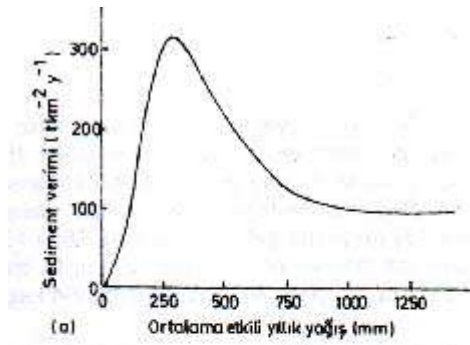
Dünya ölçeğinde toprak kayıpları ve iklim arasındaki ilişkiler üzerinde Langbein ve Schumm (1958) deki araştırmalara göre ortalama etkili yıllık yağış miktarı 300 mm olan yerlerde erozyon en yüksek değerine ulaşmaktadır. Etkili yağış belirli sıcaklık koşullarında bilinen miktarda yüzey akış oluşturması gerekli yağıştır. Toplam yağışı 300 mm nin altında olan yerlerde yağışın artışına paralel olarak erozyonda artmaktadır. 300 mm nin üstünde ise yağışa bağlı olarak artan bitki örtüsünün koruma etkisiyle erozyon miktarı azalmaktadır. Bununla birlikte toprak kaybı yağışın artışına paralel olarak artabilmekte ve yüzey akışı yüksek seviyede olabilmektedir (**şekil 1. 1**). Türkiye'de yıllık yağışların ortalama %35-37 si yüzey akış halinde gitmektedir.

Özellikle Çin, Hindistan, ABD nin batı kısmı, Merkezi Rusya ve Akdeniz Ülkeleri olmak üzere dünyanın yarı kurak ve yarı nemli bölgelerinde toprak erozyonu problemi su muhafazası ve çevrenin ekolojik duyarlığı ile çok yakından ilişkilidir. Ürün yetiştirme veya otlatma ile bitki örtüsünün ortadan kaldırılması, toprağın organik madde kapsamının çok hızlı düşmesine dolayısıyla toprağın hızla tahribi ve

çölleşmeye neden olmaktadır. Bunun yanında diğer dağlık kesimlerde de örneğin; And Dağları, Himalayalar, Karakurum, Kayalık Dağları ve Afrika Grabeninde, Java, Yeni Zelanda'nın güney adaları ve Merkezi Amerika'nın bazı kısımları gibi volkanik sahalarda da yüksek erozyon oranları görülmektedir.

Yapılan ölçümler yağmur ormanlarındaki yüksek oranlı korumaya karşılık aynı zamanda nemli tropiklerdeki yüksek yağışların erozyon doğurma kapasitelerinin de çok yüksek olduğunu bu nedenle yağmur ormanları ekosisteminin bozulmasının sonuçlarının çok vahim olacağını göstermektedir.

Erozyon oranlarının yorumlanmasında dikkate alınan sahanın büyüklüğünün de rolü vardır. Çünkü bir kısım yamaç, kazı ve dolgulardan oluşan sedimentler nehirlere kadar ulaşırken bir kısmı eğimin sonunda ve taşkın ovalarında geçici bir süre için depolanmaktadır. Geniş havzalar oransal olarak bu düz sahalara daha fazla sahiptirler. Bu bakımdan erozyon oranları da küçük havzalara nazaran daha az olacaktır (havza; sularını aynı su yoluna boşaltan arazi parçası olup sınırlarını topografya belirler)



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı. Sediment verimi ile etkili yıllık ortalama yağış (a) ve ortalama yıllık yüzey akış (b) arasındaki ilişkiler

Arazi yüzeyinden oluşan sedimentlerin, nehirlere ulaşan miktarına oranına sediment iletim oranı denmektedir. Sediment iletim oranı ile ilgili olarak yapılmış az

sayıda çalışma vardır ve esas olarak sediment veriminin saptanmasına yönelik olup büyük havzalarda ve düşük eğimlerde azalmak üzere %3 ile %90 arasında değişmektedir.

Uzun bir dönemde erozyon, çoğunlukla orta düzeydeki olaylar sonucu oluşmaktadır. Çünkü ekstrem veya felaket oluşturacak düzeydeki olaylar çok seyrek olarak meydana gelmektedir. Bunların uzun bir dönemde erozyon kayıpları içerisindeki katkıları miktar olarak azdır. Wollman ve Miller'in (1960) çalışmalarına göre baskın olay en sık olan olaylardakinden miktarı fazla olmaktadır. Ancak bu ekstrem olay değildir. Çalışmada bu 1,33-2 yıl arasında tekrarlanma dönemine sahip olan olaydır.

Roose (1967) tarafından Senegal'de yapılan çalışmalara göre 1959 ile 1963 yılları arasında meydana gelen toprak kayıplarının %68 i 15-60 mm arasındaki yağışlardan dolayıdır ve bu yağışların yaklaşık frekansı yıllık 10 defadır. Aynı şekilde Mid-Bedfordshire-İngiltere'de yapılan çalışmalarda 1973 ile 1979 yılları arasında meydana gelen erozyonun %80 i 13 yağışla ve en büyük toprak kaybı da (erozyonun %21 i) 57,2 mm lik bir yağışla oluşmuştur (Morgan 1981). Bu yağışların frekansı da yılda 2-4 kez dir.

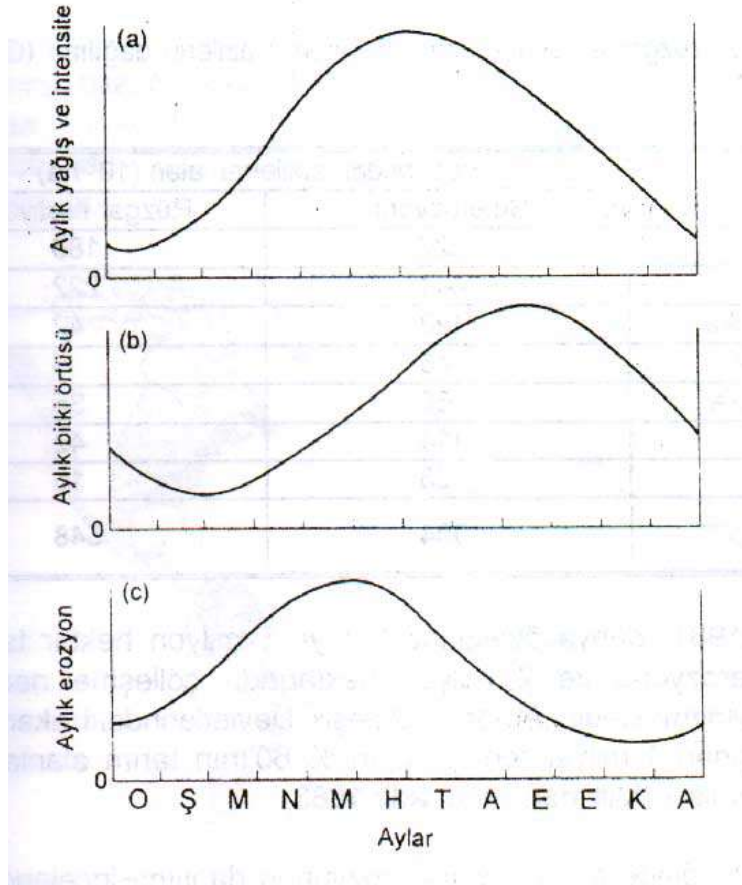
Ekstrem olaylar şüphesiz daha kalıcı, değişik tarzda ve ölçüde etkide bulunmaktadır. Örneğin yüz yılda birden daha fazla bir tekrüre sahip yağışlar oyuntuların ilerlemesini ve yeni kanal başlarının oluşumunu sağlayabilir. Örneğin Malezya'da 28 Aralık 1926 da 631 mm ve 26-29 Aralıkta düşen 1194 mm lik Muson yağışları aşırı oyuntu erozyonuna ve sayısız heyelana neden olmuştur. Bu yağışların izleri 35 yıl sonra bile görülebilmektedir (Nossin 1964).

Thornes (1976) da güney İspanya'da yaptığı çalışmalarda bu şekildeki ekstrem yağışların, örneğin, 17-19 Ekim 1973 tarihleri arasında 500 yıldan daha fazla bir süre için tekrüre sahip 198 mm lik yağış olduğu ve bunun 175 mm sinin 17 Ekim de düştüğü ve bu yağışın yamaç ve kanallarda büyük değişiklikler yaptığını belirtmektedir.

Bireysel yağışların miktar ve frekansıyla beraber erozyondaki değişimler mevsimlere de bağlıdır. Genellikle bitki gelişimi ile yağış rejimi paralellik göstermektedir. Ancak erozyona en duyarlı zaman ıslak mevsimin başı olup bu esnada bitkiler henüz toprağı koruyacak kadar gelişmemektedir. Bu nedenle erozyonun en fazla olduğu zaman çoğunlukla yağışın en fazla olduğu zamandan önce olmaktadır (**Şekil 1.2**) Hâlbuki normalde erozyonun yağışın en fazla olduğu zaman meydana gelmesi beklenir.

Genellikle sürüm ve ekimden sonra bitkinin gelişmesine kadar olan süre ağır yağışlar veya kuvvetli rüzgâr olursa erozyonun en fazla olduğu zamandır. Bu nedenle bahar ayları erozyonun en kritik olduğu aylardır.

Şüphesiz erozyon miktarındaki değişimlerde insanların araziyi kullanım şekillerini değiştirmelerinin de büyük rolü olmaktadır. Arazinin yanlış kullanılması durumunda erozyon oranı kabul edilemeyecek oranlara kısa sürede ulaşabilmektedir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..2 Yarı nemli bir iklimde yağış, bitki örtüsü ve erozyondaki mevsimsel değişimler (Kirkby 1980)

Toprak ve su koruma mühendisliği, toprak ve su yönetiminde biyolojik ve mühendislik prensiplerinin uygulanmasıdır. Doğal kaynakların korunması tahrip etmeden yararlanmak anlamına gelmekte olup çevrenin iyileştirilmesi esnasında devamlı yüksek seviyede ürün üretiminin mümkün olmasını sağlamaktadır.

1.1 Koruma ve Çevre

Toprak ve su korumadaki mühendislik problemleri aşağıdaki fazlara bölünebilir. Bunlar; erozyon kontrolü, drenaj, sulama, taşkın kontrolü ve su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesidir.

Erozyon her ne kadar bakir koşullarda da meydana gelebilirse de esas itibariyle insanların doğal kaynakları sömürmesi ve doğal koruyucu olan bitkisel örtüsünü ortadan kaldırması sonucu oluşur.

Drenaj ve sulama en iyi ürünün alınabilmesi için toprak yüzeyinde veya içindeki suyun hareketini kapsar. Kullanım veya sulama suyu olarak istenilen zamanda ve yerde doğal olarak bulunmayan suları temin etmek için su depolama yapıları yapılmalı ve uygun olan yerlerde yer altı su kaynakları geliştirmelidir.

Taşkın kontrolü; taban arazilerdeki taşkın sularından korunmak ve yoğun yağışların olduğu mevsimlerde akarsuların akış hızının azaltılması işlemlerini içerir.

Su eksikliğinin olduğu bölgelerde toprak suyu, toprak yüzeyinden oluşan buharlaşma kayıplarını azaltan ve yağışın arazi üzerinde kalmasını sağlayan kontur tarım, pitting (arazi üzerinde çukurlar açmak), teraslama (düz teraslarla), rezervuarlar ve toprak ve su korumaya yönelik olarak değiştirilmiş sürüm ve ürün üretimi yöntemleri uygulanmak suretiyle korunur.

1.1.1 Toprak ve su korumada mühendislerin yeri

Toprak ve su koruma; atmosfer, bitki ve toprak bilimi mühendisliğinin tam bir bütünleşmesidir. Ziraat mühendisleri; mühendislik temelinde dayalı olarak aldıkları temel tarım bilgilerine ilaveten aldıkları bitki ve toprak eğitimleri ile toprak ve su korumaya en iyi uyumu sağlamaktadırlar. (Schwab et. al 1993).

İyi bir koruma planının yapılabilmesi için mühendislerin öncelikle toprak bilgisini (fiziksel ve kimyasal karakteristikleri) ve en az bunun kadar toprak-bitki-su-çevre ilişkilerini bilmesi gereklidir. Ziraat mühendislerinin optimum bitki ve hayvan üretiminde en uygun çevrenin yaratılmasına yönelik benzersiz rolleri yanında kırsal-kentsel kesim arasında su ve hava kirliliği ile ilgili olarak artan bir rolleri vardır.

Mühendislere teknik eğitimlerini tam etkili olarak uygulayabilmeleri için toprak ve su koruma ile ilgili sosyal ve ekonomik yönlerden bilgiler verilmeli, ayrıca koruma ile ilgili hukuki mevzuat ve politikalar iyice öğretilmelidir. Bunun yanında; coğrafi bilgi sistemi, yer ve uydu haritaları teknikleri, meteorolojik kayıtlar ve tahminler, toprak etüt raporları ve diğer fiziksel verilerin değerlendirilmesini de iyice bilmek durumundadırlar. Ayrıca çok büyük miktarlardaki verilerin değerlendirilebilmesi için bilgisayar kullanımının da öğrenilmesi zorunludur.

1.1.2 Koruma etiği

Dünya nüfusunun artışı hâlihazır durum ve gelecek için tabii kaynakların korunmasını gerekli kılmaktadır. Fosil yakıtlar, topraklar, ağaç ve mineraller ve daha birçok materyal hızla tüketilmektedir. Bir ABD vatandaşı 70 yılda kendi ağırlığının 1 000 000 katı su tüketmekte, 10 000 katı fosil yakıt ve yapım malzemesi kullanmakta ve 3000 katı kadar metal, ağaç ve diğer mamul maddeyi sarf etmektedir.

Tarımda toprak erozyonu sadece su kirliliğine neden olmakla kalmayıp aynı zamanda erozyona uğrayan tarım alanlarında ürün miktarının da azalmasına neden olmaktadır.

Yaban hayatındaki problemler ve bazı türlerin yok olması esas itibarıyla su ve hava kirliliği ile yakından ilişkilidir. Bu bakımdan doğal kaynakların gelecek kuşaklara mevcuttan yani bir önceki kuşağın bıraktığından daha iyi koşullarda bırakılması gereklidir.

Gelecekteki gıda gereksinmesi göz önüne alınmaksızın tarım alanlarının tarım dışı kullanımlara tahsis edilmesi maalesef devam etmektedir. Hâlbuki tarım ürünlerinin diğer yüksek değerler yaratan kullanımlarla rekabet edebilmesi olanaksızdır.

Bu problemlerin politik çözümleri muhtemel gözükmemektedir. Ancak biz uygun koruma etkilerini hem öğretmeli hem de teşvik etmeliyiz. Çevrenin korunmasındaki bireysel ve ortaklaşa roller gerçekleştirilmediği sürece başarısızlık söz konusudur. Bu yüzden giyimde, beslenmede, yakıt tasarrufunda daha doğrusu her türlü tüketimde dikkatli olmak zorunluluğu vardır.

1.2 Erozyonun Dağılımı

Judson (1981) okyanuslara taşınan akarsu kaynaklı sediment miktarının yoğun tarım, otlama ve diğer faaliyetler sonrası, 10 milyar tondan 25-50 milyar tona çıktığını tahmin etmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan ölçümlere göre yıllık ölçülen sedimentlerin %60 ı tarım arazileri kaynaklıdır (Oldeman 1991)

Birleşmiş Milletler Çevre Programına göre (1991) erozyon ve erozyonun neden olduğu degradasyon (bozulma) nedeniyle her yıl 20 milyon ha arazinin verimliliği sifıra ulaşmakta veya ekonomik olmayan seviyeye düşmektedir. Dünya üzerinde meskûn arazilerin % 24'ü insan etkisi sonucu meydana gelen toprak degradasyonundan etkilenmiştir.

Dünya ölçeğinde su ve rüzgâr erozyonun dağılımı incelendiğinde rüzgâr erozyonun daha az olduğu görülmektedir. Rüzgar erozyonu çölleşmede ana faktör olup dünya üzerindeki kurak ve yarı kurak bölgelerin büyük bir kısmı çölleşmeden etkilenmiştir (**Çizelge 1.2**)

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-1 Su ve rüzgar erozyonundan etkilenen arazilerin dağılımı (Oldeman 1991)

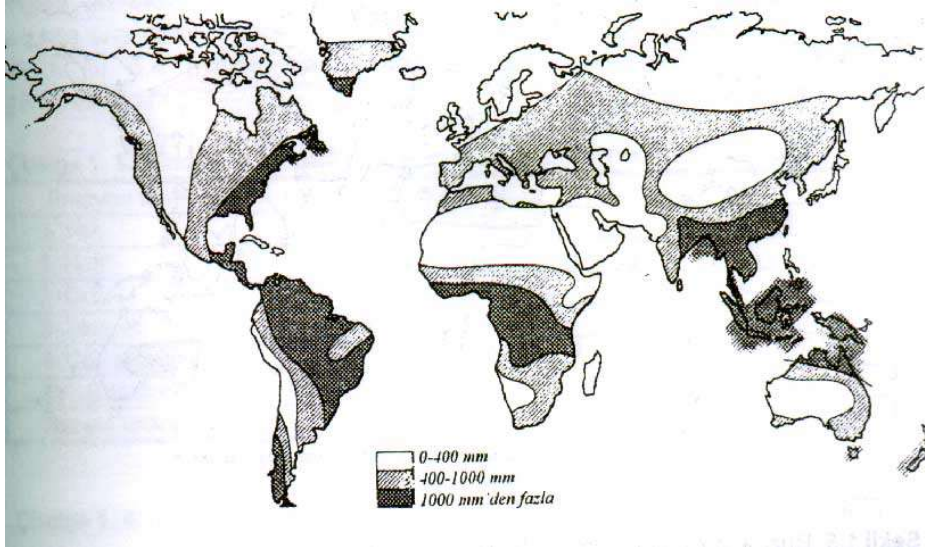
Bölge	Erozyondan etkilenen alan (10 ⁶ ha)	
	Su erozyonu	Rüzgar erozyonu
Afrika	227	186
Asya	441	222
Güney Amerika	123	42
Orta Amerika	46	5
Kuzey Amerika	60	35
Avrupa	114	42
Okyanusya	83	16
DÜNYA	1094	548

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-2 Çölleşmeden etkilenen arazilerin dağılımı (10⁶ ha) (Anonymous 1991)

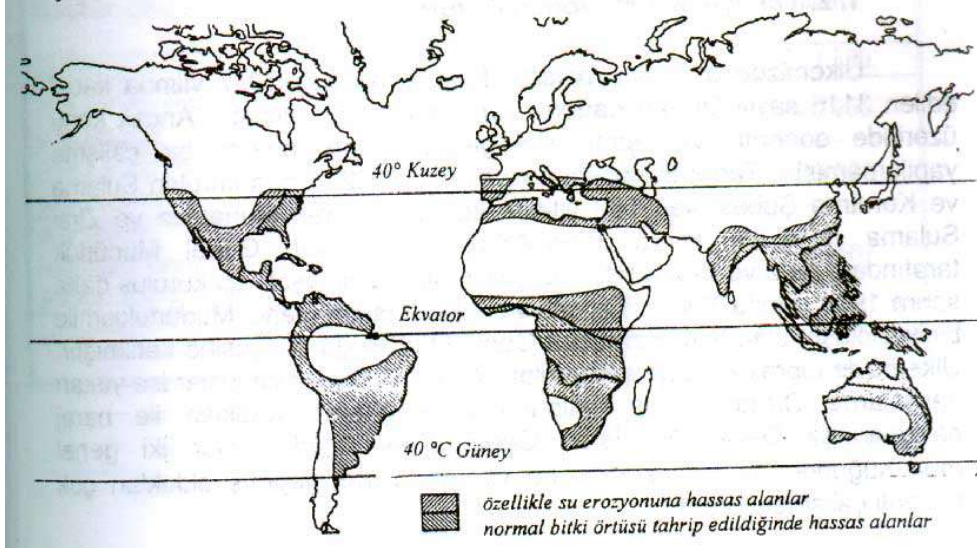
Kıta	Sulanan Araziler		Sulanmayan Araziler		Meralar		Toplam Tarımda Kullanılan Kuru Araziler	
	Toplam	Degrade	Toplam	Degrade	Toplam	Degrade	Toplam	Degrade

Afrika	10,4	1,9	79,8	48,9	1342,4	995,1	1432,6	1045,8
Asya	92,0	31,8	122,3	122,3	1571,2	1187,6	1881,4	1311,7
Avustralya	1,9	0,3	14,3	14,3	657,2	361,4	701,2	375,9
Avrupa	11,9	1,9	11,9	11,9	111,6	80,5	145,6	94,3
K. Amerika	20,9	5,9	11,6	11,6	483,1	411,2	578,2	428,6
G. Amerika	8,4	1,4	6,6	6,6	390,9	297,8	420,7	305,8
TOPLAM	145,5	43,2	246,5	215,6	4556,4	3333,5	5159,7	3592,2

Dünya üzerinde ortalama yıllık yağış dağılımı **Şekil 1.3'de** ve su erozyonunun coğrafik dağılımı **Şekil 1.4'de** verilmiştir. Su erozyonunun dağılımına baktığımızda genellikle 40° Kuzey ve 40° Güney enlemleri arasında su erozyonunun daha fazla olduğu görülmekte olup aynı zamanda bu kısımdaki yağışların daha fazla tahripkâr olduğu bilinmektedir.

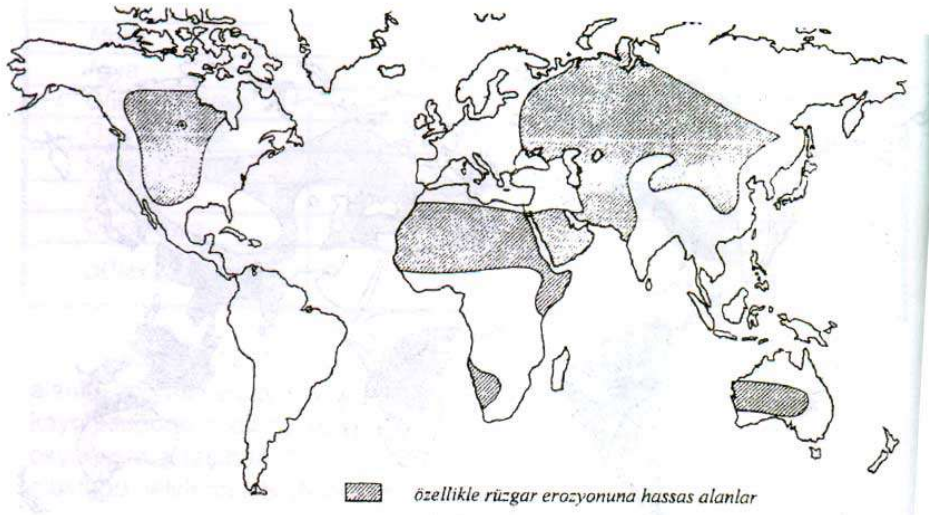


Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..3 Ortalama yıllık yağış dağılımı (Hudson 1985)



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..4 Su erozyonunun coğrafik dağılımı (Hudson 1985)

Dünya üzerindeki ana rüzgar erozyonu alanlarının Kuzey Amerika'da Büyük Ovalar, Afrika'da Sahra ve Kalahari çölleri, Orta Asya ve Orta Avustralya olduğu görülür (Şekil 1.5)



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..5 Rüzgâr erozyonu dağılımı (Hudson 1985)

1.3 Türkiye'de Erozyonun Durumu

Ülkemizde erozyonu önleme konusu, ilk kez 1937 yılında kabul edilen 3116 sayılı Orman Kanunu kapsamında yer almıştır. Ancak konu üzerinde dönemin zor şartlarının gereği olarak önemli bir çalışma yapılamamıştır. Tarım Bakanlığı bünyesinde 1952 yılında kurulan Sulama ve Kurutma Şubesi ve 1960 yılında kurulan Toprak Muhafaza ve Zirai Sulama İşleri ve sonra TOPRAK-SU adını alan Genel Müdürlük tarafından, tarla ve havza bazında çalışmalar yapılmıştır. Bu kuruluş daha sonra 1984 yılında Yol Su Elektrik ve Toprak İskân Genel Müdürlükleri ile birlikte oluşturulan Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü bünyesine katılmış daha sonra Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü kapatıldığı için her ilin Özel İdareleri bu görevi üstlenmiştir. Ülkemizde toprak koruma çalışmaları ile görevli diğer kuruluşlar ise yukarı havzalarda Orman Genel Müdürlüğü ve akarsu yatakları ile baraj havzalarında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüdür.

Türkiye'de erozyonun boyutlarının ne kadar büyük olduğu **Çizelge 1.3** de görülmektedir. Erozyon açısından sorunsuz arazilerin yüzdesi 13,86 olmasına karşın, şiddetli ve çok şiddetli erozyonun etkisinin görüldüğü arazilerin oranı %58,74'dür. Türkiye'de 57.15 milyon ha arazinin su erozyonuna maruz kalmasına karşılık (**Çizelge 1.5**) rüzgâr erozyonu çok yaygın değildir ve toplam 506 309 ha alanda farklı düzeylerde rüzgâr erozyonu görülmektedir (**Çizelge 1.6**). Sadece işlemeli tarım yapılan 27,7 milyon ha arazi incelendiğinde (**Çizelge 1.4**), toplam 16,4 milyon ha arazide ana sorun olarak erozyon vardır ve bunun yanında 1,08 milyon ha yaşlık ile 5,40 milyon ha uygunsuz toprak şartlarının sorun olduğu görülmektedir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-3 Türkiye'de erozyon derecelerinin dağılımı (Anonim 1987)

Erozyon derecesi	Genişlik (ha)	(%)
0- Yok	5 166 627	6, 64
1- Hafif	5 611 892	7, 22
2- Orta	15 592 750	20, 04
3- Şiddetli	28 334 933	36, 42
4- Çok şiddetli	17 366 463	22, 32
ÇK- Çıplak kayalık	2 930 933	3, 77
Rüzgâr erozyonu	506 309	0, 65

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-4 İşlenen arazilerde toprak ve su koruma sorunları (ha) (Anonim 1987)

Sorunun Çeşidi	İşlenmeye uygun araziler (1, 2, 3 ve 4. sınıf)	İşlenmeye uygun olmayan araziler (5, 6 ve 7. sınıf)	Toplam
Sorunsuz	4 778 399	-	4 778 399
na sorunu erozyon olan araziler	11 416 396	5 009 563	16 425 959
Ana sorunu yaşlık	998 145	80 933	1 079 078

Ana sorunu uygunsuz toprak şartları olan araziler	4 394 887	1 020 680	5 415 567
TOPLAM	21 587 827	6 111 176	27 699 003

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-5 Türkiye'de su erozyonu alanlarının dağılımı (milyon ha) (Anonim 1998)

Erozyon sınıfı	2.3. ve 4. sınıf araziler	5-6-7. sınıf araziler	Toplam
Orta	13.78	1.81	15.59
Şiddetli	2.08	26.26	28.34
Çok şiddetli	0.002	13.22	13.22
TOPLAM	15.86	41.99	57.15

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-6 Türkiye'de rüzgâr erozyonu alanlarının dağılımı (Anonim 1998)

Rüzgâr erozyonu sınıfı	Alanı (ha)
Hafif	165 664
Orta	231 041
Şiddetli	104 981
Çok şiddetli	4 823
TOPLAM	506 309

Akarsularla taşınan sedimentlerin ana kaynağı işlemeli tarım alanları olsa da mera ve orman-funda arazilerinin büyük bir kısmının da toprak ve su koruma sorunlarına sahip oldukları **Çizelge 1.7 ve 1.8** de görülmektedir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-7 Mera arazisi toprak ve su koruma sorunları (ha) (Anonim 1987)

Sorunun Çeşidi	2, 3 ve 4. sınıf araziler	5, 6 ve 7. sınıf araziler	Toplam
Sorunsuz	108 449	-	108 449
Ana sorunu erozyon olan araziler	1 378 430	11 441 790	12 820 220
Ana sorunu yaşlılık olan araziler	102 104	316 059	418 163
Ana sorunu uygunsuz toprak şartları olan araziler	1 284 713	6 469 772	7 754 485
TOPLAM	2 873 696	18 227 621	21 101 317

Mera arazilerinin yaklaşık % 60'ının erozyon sorununa sahip olmasının bir takım nedenleri vardır. Bunlardan belki de en önemlisi birim hayvan başına düşen mera alanı miktarının yıllara göre düşmüş olması olup bunda da çayır mera alanlarının yıllara göre azalması önemli rol oynamıştır (**Çizelge 1.8**)

İnsanlar ilk önceleri en kolay ve verimli işletilebilen derin topraklara sahip düz alanları işlemeye başlamışlar ve daha sonraları artan nüfusa bağlı olarak arazi ihtiyacını karşılamak üzere eğimli arazilerde bulunan orman sahaları işlenmeye başlanmıştır. Her ne kadar ormanlar toprak erozyonuna karşı çok etkili bir korunma sağlasalar da çok eğimli ve derinliği çok az olan topraklara sahip ormanlarda da erozyon büyük boyutlarda meydana gelebilmektedir. **Çizelge 1.9** da Türkiye orman arazilerindeki toprak ve su koruma sorunları dağılımı verilmiştir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-8 Çayır-mera ve hayvan varlığı ilişkisi (Anonim 1998)

Yıllar	Çayır-mera alanı (10 ⁶ ha)	Hayvan Sayısı (milyon BBHB)*	1 BBHB' ye düşen mera alanı (ha)
1960	28,6	13,2	2,16
1965	28,0	13,2	2,12
1970	26,1	13,2	1,92
1975	21,7	13,5	1,60
1980	21,7	15,4	1,40
1991**	12,3	11	1,12

* BBHB: Büyükbaş hayvan birimi

** 1991 Devlet İstatistik Enstitüsü verisidir

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-9 Orman ve funda arazileri toprak ve su koruma sorunları (ha) (Anonim 1987)

Sorunun Çeşidi	1, 2, 3 ve 4. sınıf araziler	5, 6 ve 7. sınıf araziler	Toplam
Sorunsuz	17 253	-	17 253
Ana sorunu erozyon olan araziler	1 253 608	16 716 936	17 970 544
Ana sorunu yaşlık olan araziler	19 068	11 814	30 882
Ana sorunu uygunsuz toprak şartları olan araziler	215 475	5 234 309	5 449 784
TOPLAM	1 505 404	21 963 059	23 468 463

Ormanlarımızda görülen bu % 77 gibi yüksek bir oranda alanı kapsayan erozyon sorunun çözümündeki en önemli konular; orman yangınları, yangın sonrası ağaçlandırma çalışmaları, orman içi taşıma, orman içi yol inşaatları, usulsüz kesim ve orman içi ağaçlandırmadır.

Sonuç olarak, ülkemizde erozyonun boyutları oldukça büyüktür. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tahminlerine göre, Türkiye'de her yıl akarsularla

350 milyon ton toprak askı materyali olarak taşınmaktadır. Bunun ortalama olarak % 20 si olarak kabul edilen yatak yükü de hesaplara katıldığında ortalama 420 milyon ton toprağın denizlere taşındığı tahmin edilmektedir (Anonim 1993).

1.4 Türkiye'deki erozyon sorununun nedenleri

Birbirine bağlı üç ana grupta toplanabilir. Bunlar; doğal etmenler, toprak ve arazi yönetimi etmenleri ve sosyo - ekonomik etmenlerdir.

1.4.1 Doğal etmenler

a. İklim: Su ve rüzgar erozyonunun oluşmasında en büyük etmen olan iklim, özellikle yağış miktarı ve yağışın yıl içerisindeki dağılımı ile rüzgar hızı ve hızlı rüzgarların esme zamanı bakımından önemlidir. Ülkemizin % 90'lık bölümü kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahiptir. Yağışın azlığı nedeniyle nadasa bırakılan veya zayıf bitki örtüsünün olduğu arazilerde, ilkbahar ve erken yazda düşen yüksek yoğunluklu yağışlar veya hızlı esen rüzgârlar toprak erozyonuna neden olmaktadır. Diğer bir deyişle, yıllık yağış dağılımının çok düzensiz olması erozyonu kolaylaştırıcı özelliktedir.

b. Topografik yapı: Topografya yeryüzünün şekli, reliefi ve yer şeklinin pozisyonunu içerir. Relief bir arazi şeklinin alt ve üst kısımları arasındaki yükseklik farkını gösterir. Topografik özelliklerden erozyon bakımından en önemlisi olan Türkiye arazilerinin çeşitli eğim derecelerine göre dağılımı **Çizelge 1.10** da verilmiştir. Buradan görüldüğü gibi, toplam arazilerimizin %47,98'i çok dik ve sarp (%20'den fazla eğim) arazi sınıfına girmektedir. Bu arazilerin kesinlikle mera veya orman olarak değerlendirilmesi gereklidir. Bunun yanında %2-20 eğimli 29,7 milyon ha arazide, eğer işlemeli tarım yapılması gerekiyorsa toprak ve su koruma önlemlerinin uygulanması zorunludur.

Türkiye, Avrupa kıtasındaki en yüksek (Ağrı dağı, 5165 m) yükseltiye sahiptir. Bunun yanında çok sayıda 3000 metrenin üzerinde yükseltiye sahip dağlar mevcuttur. Bu kadar büyük yükselti farkı, doğal olarak eğimin de fazla olması sonucunu doğurmaktadır. Ülkemizin % 62,15 ünde eğim %12 den daha fazladır. Bilindiği gibi su erozyonunda en belirleyici faktörlerden biri eğimdir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-10 Türkiye'de arazilerin eğim dağılımı (Anonim 1987)

Eğim		Alan	
Sınıfı	%	ha	%
Düz - düze yakın	0 – 2	9 705 097	12,78
Hafif	2 – 6	8 476 067	11,17
Orta	6 – 12	10 514 253	13,86
Dik	12 – 20	10 747 597	14,17
Çok dik	20 – 30	13 368 866	17,63
Sarp	30 +	23 015 669	30,35

c. Toprak özellikleri: Türkiye topraklarının büyük bir kısmı, iklim, topoğrafya ve uygulanan yanlış yönetim yöntemlerinin etkisiyle erozyona çok duyarlı bir hale gelmiştir. Toprakların erozyona duyarlılığını belirleyen en önemli özelliklerinden organik madde kapsamı ve derinlikleri incelendiğinde, durumun hiç de iç açıcı olmadığı görülmektedir.

Çizelge Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.-11 Türkiye arazilerinin toprak derinliği dağılımı (Anonim 1987)

Derinlik		Alan	
Sınıfı	cm	Ha	%
Derin	> 90	11 308 114	14,3
Orta derin	50 - 90	9 299 614	11,9
Siğ	20 - 50	23 696 973	30,5
Çok siğ	< 20	28 908 455	37,2

Toprakların %14'ünün organik madde kapsamı %2'nin üzerinde olmasına karşın, %64'ünde bu düzey %1'in altındadır. Etkili toprak derinliklerine bakıldığında (**Çizelge 1.11**) arazilerin %37,2'sinin işlemeli tarıma uygun olmayan 0-20 cm derinlikte olduğu görülür. Şüphesiz toprak derinliğinin az olması, hem erozyonun nispi zararını artırmakta hem de toprağın su depolama kapasitesini azaltarak, yüzey akışların daha çok olmasını teşvik etmektedir.

1.4.2 Toprak ve arazi yönetimi etmenleri

Arazinin kullanım çeşidi ve herhangi bir kullanımda uygulanan yönetim yöntemi, erozyonun seviyesini belirleyen en önemli faktördür. Bu bakımdan arazilerin herhangi bir kullanıma uygun olması gereklidir. Bunun yanında bitki ekim nöbeti uygulanması, gübreleme yapılması, meralarda kontrollü otlatma yapılması, nadas alanlarında baklagil veya buğdaygil yem bitkilerinin yetiştirilmesi ve yönetim planlamasında toprak ve su koruma yöntemlerine dikkat edilmesi gereklidir.

1.4.3 Sosyo-ekonomik etmenler

İnsanlar sosyo-ekonomik nedenlerle çoğu kez erozyonun artmasına neden olmaktadır. Çünkü yanlış uygulamaların birçoğunun nedeni ekonomik güçlüklerdir. Örneğin hiçbir geçim kaynağı olmayan orman köylüsünü veya ahır gübresinden başka yakacak bulma olanağı olmayan insanları suçlamak doğru değildir. Burada en büyük görev, özellikle eğitim alanında olmak üzere, devlet ve yerel yönetimlere düşmektedir.

1.5 Kaynaklar

ANONİM, 1987. Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara

ANONİM, 1993. Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları. Elektrik İşleri Etüt İdaresi. Yayın No: 93-59

ANONİM 1998. Tarım ve Mera Arazilerinin Yönetimi. Ulusal Çevre Eylem Planı. DPT, Ankara.

- ANONYMOUS, 1991. Status of Desertification and Implementation of the UN Plan of Action to Combat Desertification. UNEP, Nairobi, Kenya. United Nations Environmental Program.
- DOUGLAS, I. 1967. Natural and man-made erosion in the humid tropics of Australia, Malaysia and Singapore. *Int. Assoc. Scient. Hydro. Pub.* 75: 17-30.
- HUDSON, N.W. 1985. *Soil Conservation*. Cornell University Press. Ithaca. New York.
- JUDSON, S. 1981. What's happening to our continents. In: B. J. Skinner (editor) *Use and Misuse of Earth's Surface*. William Kaufman, Inc., Los Altos, California. Pp. 12-139.
- KIRKBY, M.J. 1980. "The problem", in Kirkby, M.J. and Morgan R.P.C. (editors), *Soil erosion*, Wiley, 1-16.
- LANGBEIN, W.B. and S.A. SCHUMM, 1958. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation, *Trans. Am. Geophys. Un.* 39:1076-1084.
- MORGAN, R.P.C. 1981. *Soil erosion in the UK. Final Report to Natural Environment Research Council GR. 3/1997*.
- NOSSIN, J.J. 1964. Geomorphology of the surroundings of Kuantan (Eastern Malaya). *Geol. Mijnb.* 43: 157-182.
- OLDEMAN, L.R. 1991-92. Global extent of soil degradation. Bi-annual Report. International Soil Reference and Information Center. Wageningen, The Netherlands: 19-36.
- ROOSE, E.J. 1967. Contribution à l'étude d'influence de la Mésafauna sur la pédogenèse actuelle en milieu tropical. *Rapp. ORSTOM*. Abidjan. 2-23.
- THORNES, J.B. 1976. Semi arid erosion systems: case studies from Spain. *Geogr. Papers* 7.
- VAN VEEN, J. 1962. *Dredge, drain, reclaim*. 5 th. ed. The Hague. Netherlands. Martinus Nijhoff. 1.
- WOLLMAN, M.G. and J.P. MILLER. 1960. Magnitude and frequency of forces in geographic processes. *J. Geol.* 68: 54-74
- YOUNG, A. 1969. Present rate of land erosion. *Nature*. 224:851-852.
- SCHWAB, O.G., D.D. FANGMEIER, J.W. ELLIOT, K.R. FREVERT. 1993. *Soil and Water Conservation Engineering*. Fourth Edition. John Wiley and Sons, Inc.

