

Çölleşme ve Çölleştirme; Akdeniz Havzası'ndaki Durum ve Savaşım Çalışmaları

I. Doğal Çöllere ve Çölleşme ile Çölleştirme

Doç. Dr. A. Ergin DUYGU

Çölleşmenin nedenleri:

Çöl ortamının doğuşu ana kayaç jeolojisi ile yeryüzünde cereyan eden olayların uzun süreli ilişkisinin sonucudur ve aynı bölgede farklı koşullara yol açar; yâni çölleşme piyesinin sahnesidir. Yeryüzündeki kayaların şekil, büyüklük ve dağılımını, ilişkilerini belirler. Erozyona bağıl dayanıklılık oranlarını hem fiziksel ve kimyasal özellikleri hem de topoğrafya ile birlikte belirlediği gibi erozyonla doğan yapıların tanecik şekil ve boyutlarını, çözünürlük ve taşınabilirliklerini de belirler. Dayanıklılığın aynı olduğu ortamlarda da iklim koşullarının etki şekli ve derecesi hem yeryüzündeki etkisi, hem de önleyici olan bitki örtüsünü, vejetasyonu sınırlayıcı etkisiyle önem kazanır. Jeolojik etki yapabilecek düzeyde yağış olmadığında rüzgar önem kazanır. Yağış hem fiziksel hem de kimyasal etkiler yaratırken rüzgârın etkisi tümüyle fizikseldir. Havanın bağıl nemi ise kimyasal etki yaratır. Günümüzde artık bu çok yönlü sorunun ancak disiplinler ve kurumlar arası işbirliği ile kapsamlı şekilde ele alınması ve edinilmiş bilgiler ile deneyimlerden yararlanarak mümkün olan en etkili yöntemlerle durdurulması ve olabildiğince geriletılarak ortadan kaldırılmasına çalışılması gerekmektedir. Örneğin Arizona'daki Mojave çölünün artık kayıp alan olarak ele alınmssı lüksünün kalmadığını belirten araştırmacılar doğal çöl vejetasyonunu kullanarak yapılan kazanım projesinin kısmen başarılı sonuçlarını rapor etmişlerdir; çünkü aşağıda özetlenmeye çalışılacağı gibi bu olgunun sera etkisinden jeolojik ve coğrafi yapıya, temel bilim ve teknolojiye ekonomik ve sosyolojik, politik neden ve sonuçlarına kadar çok karmaşık bir yapısı vardır [1 -15].

Burada, daha birçok konuda olduğu gibi, erozyon ve çölleşme konularında da gerek araştırma ve inceleme, gerekse de önlem almak üzere harekete geçme açısından öncülük etmiş olan ABD deneyimlerini aktaran literatüre ağırlık verilerek toplu değerlendirme yapılmaya çalışılmıştır.

Doğal Çöllere

İnsan etkisi olmadan, çöllere dört şekilde oluştuğu belirtilerek nedenleri şöyle açıklanmaktadır:

30° enlem civarındaki subtropik bölgelerde yüksek atmosfer basıncı altında yüksek atmosfer tabakalarından alçalan havanın neden olduğu aşırı buharlaşma. Örnekler: Sahra çölünün bir kısmı ve Avustralya çöllere bir kısmı.

Kıtaların batı kıyılarında 20° ve 30° enlemler arasında karadan esen rüzgarların nemli havadan mahrum kalması ve soğuk olan okyanus üzerindeki nemli havanın kıyıda sis halinde yoğunlaşması ile oluşan dünyanın en kurak çöllere. Kaliforniya'daki Baja, Kuzey Afrika Batı Sahra, Güney Amerika'daki Atakama, Güney Afrika'daki Namibya çöllere örneklerdir.

Yüksek dağlardaki yağışı engebe ile kesilen bölgelerde havanın yamaç aşağı inmesi sırasında ısınması sonucu nem tutma kapasitesinin artışı sonucunda yağış/buharlaşma oranının küçülmesi. Kaliforniya'daki Ölü Vadi, Arjantin'deki Patagonya ile Peru'daki Büyük Çöl bunlara örneklerdir. Gene

aynı mekanizma ile fakat kıta içlerinde oluşan çöller. Avustralya'daki büyük çöl, ABD'deki Büyük Havza ve Moğolistan'ın Gobi çölleri örnektir.

Yıllık yağış toplamının < 250mm.olup, yıllar arasında ve yıl içinde çok düzensiz dağıldığı kurak alanlarda sıcak nedeniyle topraktan buharlaşmanın, evaporasyonun yüksek olduğu veya soğuk nedeniyle suyun donması sonucu olan fizyolojik kuraklık sonucu olan doğal çölleşme söz konusudur. Havanın neminin düşük veya yüksek sıcaklık nedeniyle az oluşu gündüz-gece sıcaklık farklarının yüksekliği nedeniyle canlıları çok zorlayarak sınırlar. Yağış azlığı birim alandaki bitki sayısını düşürerek toprağı erozyona açık hâle getirir.

Doğal çöller Lut, Batı Sahra, Gobi, Avusturalya çöllerinin bir kısmı, dünyanın en kurak çölleri olan Amerika'daki Baja, Ölü Vâdi ve Büyük Havza, Afrika'daki Namibya çölleri. Diğerlerinin tümü ise insanlığın ekolojik baskılarının eserleridir. Erozyon etkisindeki kurak stepler, toprak çölleri, çünkü duyarlı ekolojik dengelerin bozulması kolay ve hızlı olurken bozulan ekosistemlerin sağlığına kavuşturulması zor, yavaş ve pahalı olmaktadır.

Ana kayaç jeolojisi: Kurak veya çok yağışlı, fakat başka etmenlerin etkisiyle bitki örtüsü zayıf alanların erozyonu ve çölleşmesinde ana kayaç özellikleri önemlidir. Çöl ortamı **ana kayaç jeolojisi** ile yeryüzünde cereyan eden olayların uzun süreli ilişkisi sonucudur ve aynı bölgede farklı koşullara yol açar; ... Jeomorfolojiyi ve erozyona dayanıklılığı etkiler. Çöl ortamı ana kayaç jeolojisi ile yeryüzünde cereyan eden olayların uzun süreli ilişkisi sonucudur ve aynı bölgede farklı koşullara yol açar, yâni çölleşme piyesinin sahnesidir. Yeryüzündeki kayaların şekil, büyüklük ve dağılımını, ilişkilerini belirler. Fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerini örten, ürünü olan toprağın erozyona dayanıklılığını topoğrafya ile birlikte belirlediği gibi erozyonla doğan yapıların tanecik şekil ve boyutlarını, çözünürlük ve taşınabilirliklerini de belirler.

Dayanıklılığın aynı olduğu ortamlarda da iklim koşullarının etki şekli ve derecesi yanında jeomorfolojinin erozyonu önleyici vejetasyonu sınırlayıcı etkisiyle ana kayaç özellikleri fark yaratır. Jeolojik etki yapabilecek düzeyde yağış olmadığında rüzgâr erozyonu önem kazanır. Yağış hem fiziksel hem de kimyasal etkiler yaratırken rüzgârın etkisi tümüyle fizikseldir. Havanın nemi ise kimyasal etki yaratır. Ana kaya jeolojisi jeomorfolojiyi ve erozyona dayanıklılığı etkileyerek ana kaya jeolojisiyle yeryüzü olaylarının uzun süreli ilişkisinin sonucu olan çöl ortamını hazırlamaktadır. Aynı bölgede dahî farklı koşullara yol açarak erozyona bağlı dayanıklılık oranlarını ve topografyayı fiziksel, kimyasal özellikleriyle belirlediği gibi erozyon ürünlerinin tanecik şekil ve boyutlarını, çözünürlük ve taşınabilirliklerini tayin etmektedir. Jeolojik dönemlerdeki iklim değişimleri erozyon ve çölleşmenin alt yapısını hazırlamışlarsa da, yukarıda değinildiği gibi, günümüzdeki çöllerin çoğu yerel ve geçici çölleştirici koşulların ve/veya insanların etkisiyle oluşmuştur.

Karasal Çöller: Kışın günlerin kısalığı soğuk etkisini artırır ve hava hareketleri havanın sürekli kuru kalmasına neden olur. Yazın ise güneş enerjisi alçak basınca neden olur ve çevreden içe hava akımı yaratır. Çevre dağlık ise nem aşağıda kaldığından dağları aşamaz ve iç kısımlara kuru hava akımı olur. Yaz yağışları düzensiz ve yereldir, çünkü dağları geçebilen nem yeryüzü örtüsünün çeşitliliği ve râkım farklılıkları nedeniyle konveksiyona uğrayıp ısındığından yükselirken kısa süreli ve yerel fırtınalara neden olur. Özellikle sırtlar, vadiler hava akımı yarattığından bu fırtınaları desteklediğinden yıllık yağış çanakta 12 cm olurken dağların rüzgârlı eteklerinde 100cm olabilir. Kış gecelerinde sıcaklıkları hava drenajı kontrol eder. Güneşin batışı ile toprak yüzeyi ve hemen üstündeki hava tabakası çabuk soğur. Soğuma ile hava yoğunluğu ve ağırlığı artar ve sırtlardan aşağıya esinti yaratır, çukurlarda soğuk birikirken yamaçlarda doğan boşluğu daha sıcak hava doldurur; bu döngünün sürmesiyle. kuvvetli bir hava akımı ve sıcaklık değişimi modeli doğar.

Doğal olarak çanak - tepe rakım farkları ile eğimlerin derecesi yanında kuzey ve güneye bakış önemli rol oynar. Kışları yağışın bol olduğu zamanlarda güneye bakan yamaçlardaki daha sıcak koşullar nemin kaçmasına neden olur, kuzey yamaçlarda ise nem tutulur, sonuçta vejetasyon farklılığı yüksek olur. Gün ortasındaki ortalamalar ise çanakta 15°C iken tepelerde 4 °C gibi farklılıklar gösterir. Yazın ise koşul farklılıkları azalır, gecelerin kısırlığı hava drenajı etkisini azaltır ve gece sıcaklıkları kritik değerlerden uzaktır.

İnsan Etkisiyle Çölleşme, Çölleştirme

Büyük alanlara yayılmış olan bazı çölleşmelerin nedenlerinin envanteri şu şekilde verilmektedir:

Orta Asya çölünde yapılan araştırmalar 1.07 milyon km² lik çölün oluşmasında

Aşırı otlatmanın %62; yetersiz otlatmanın %0.4;

Bilinçsiz sulamanın %10; yanlış teknolojik uygulamaların %10;

Su erozyonunun %1; rüzgâr erozyonunun %5;

Tuzlanmanın %9 oranında payı olduğunu göstermiştir.

A.B.D.de ise 5.6 million km² olan çöllerin oluşmasından

Geniş otlakların yanlış kullanımının %73;

Tarım işletmelerindeki rüzgâr erozyonunun % 16 yüzey ve sürüklenme erozyonunun %6;

Tuzlanmanın %5 oranında sorumlu olduğu hesaplanmıştır.

Kuzey Batı Çin'deki çöl yılda %0.6 hızla genişleyerek alanını her yıl 1000km² arttırmaktadır ve bu gelişmenin nedenleri ile katkı payları şu şekilde sıralanmaktadır:

Verimsiz alanlara tarımın yayılması %45,

Yakacak tüketimi %18, şehirleşme ve şehirlerarası ulaşım %3

Tuzlanma %1.5, kumul yayılması %5.5

Aşırı otlatma %18.

(*) Fotosentez çok özet olarak ışık enerjisiyle su molekülün hidrojen ve oksijeninin ayrılması ve bu arada açığa çıkan enerjinin havadaki karbon dioksitin karbohidratlara indirgenerek dönüştürülmesi işlemidir.. Fotosentezin karanlık devre denen indirgenme tepkimelerinde elde edilen ara ürünlerin bir kısmı yüksek ışık şiddeti, yüksek sıcaklık, düşük CO₂ ve yüksek O₂ konsantrasyonlarında fotosolunum denen tepkimelerle parçalanır ve fotosentez verimliliği düşer. İlk kararlı indirgenme ürünü 3 karbonlu bir organik madde olduğundan C₃ devresi denen bu devrenin geçerli olduğu bitkiler C₃ bitkileri adı altında toplanır. Bu grubun fotosentez hızları C₄ bitkilerinden daha yavaştır. Pirinç, patates, buğday, arpa, çavdar, yulaf, elma, ayva, fasulye, domates dâhil, bitkilerin büyük çoğunluğunu oluştururlar. Gölge ortamlarda da yetişebilen bitki grubudurlar. C₄ bitkileri fotosentez sırasında 4 C'lu ara bileşik oluşturduklarından bu şekilde isimlendirilirler. C₄ bitkilerine bazı çift çenekliler yanında buğdaygiller üyeleri ve çoğu tek çenekli bitkiler girer. C₄ yoluyla fotosentez ilk olarak ABD'de Büyük Kanyon'un kurak ve çok sıcak bir yerinde bulunan bir bitki türünün dayanıklılık mekanizmasının araştırılması sonucu keşfedilmiştir. Enerji gereksinimleri fazla, fakat ışık ve sıcaklık yüksek olduğunda. fotosentez etkinliği ile su ve azot kullanım verimlilikleri daha iyidir; mısır bu gruptandır.

Avustralya'da kurak alan kıtanın %70'ini kaplamakta oluşunda hayvancılığın sorumluluğunun %70-80 oranında olduğu belirtilmektedir. Batı Avustralya'da 1955 yılından bu yana sulu tarım yapılan buğday tarım alanlarında tuzluluk sorunu 5 kat büyümüştür.

Nüfus artışı ve kentleşme sonucu yoğunlaşması, sanayileşme ve sonucu artan CO₂ ve diğer ısı enerjisini soğurup salan sera etkisi de olan kirletici gazların salımının, emisyonunun artışıyla kendini gösteren küresel ısınma ıssız olan kurak alanların atmosferinde de etkilidir. Türbülansla yükselerek atmosferde karışıp yayılan bu gazların kurak alanlardaki etkileri ve etki projeksiyonları üzerindeki çalışmalar şu sonuçları vermiştir:

Sıcaklık ortalamalarının sera gazlarının derişiminin, konsantrasyonunun her bir kat artışında 2°C ile 5°C arasında artması, buna bağılı olarak da yağış ortalamalarında azalma beklenmekte ise de projeksiyon modellerinin verdiği sonuçlar arasında henüz tam tutarlılık sağlanamamıştır. Sıcaklık artışı nedeniyle evapotranspirasyonun ve kuraklık etkisi şiddetinin yükselmesiyle toprakta tuzlanma, kabuklanma, nem ve bitkilere yararlı mineral tuzlarını tutucu organik madde kaybı, seyrek fakat şiddetli yağışlar, rüzgâr etkileriyle yüzeysel erozyonun hızlanması. Bu gelişmeye bağılı olarak kültür tarımı için toprağın sürülmesiyle ortaya çıkan kayıpların artışı söz konusudur..

Otlatma Baskısı: Diğer önemli bir konu olan kontrolsüz otlatmaya dayanıklılık konusundaki araştırmalar genelde C3 türlerinin otlatma etkisine C4 türlerinden daha dayanıksız olduğu ve C3, C4 türlerini içeren otlaklarda C3 türlerinin zamanla daha hızlı olarak azaldığı ve hattâ bir kısmının kaybolduğı görülmüştür [1, 6]:

Aktarıldığına göre sığırlar ve atlardan keçilere kadar geniş bir açılım gösteren hayvan topluluklarınca kullanılan kurak bölge meralarında degradasyon, bozulma hızlı ve kesin olmakta, mera ıslahı ise zor ve yavaş gerçekleştirilebilmektedir. Otsu tür seçiminde göz önüne alınması gerekli olan önemli bir konu da gölge durumudur, yukarıda da değinildiğı gibi C3 türleri genelde gölgeye C4 türlerinden daha dayanıklıdır.

Bu açıdan önemli bir konu da doğal, sürdürülebilir ekosistemlerin ağaç, çalı ve otsulardan oluşuyor olması ve yeşillendirmede sürdürülebilir, verimli ekosistemlerin ancak birbirini destekleyen cins ve türlerin seçimiyle sağlanabileceğidir. Halkın eğilimi ise mera verimliliğini arttırmak üzere ağaçlardan kurtularak otsuları hâkim kılmaktır, bu da doğal süksesyonu, ekosistemin evrimsel aşamalarını suboptimize etmekte, bazı gruplar, türler lehine çarpıtılması sonucu optimuma erişememesine neden olduğu belirtilmektedir. 25 yıl süreli bir araştırma bu uygulamanın merada otsu bitki verimliliğini uzun vâdede arttırmadığını ortaya koymuştur. Ağaçların yer aldığı ekosistemlerde otsu ve çalı vejetasyonunun süksesyonunun, otlatma baskısı altında bile daha sağlıklı olduğu gösterilmiştir. Yoğun otlatma baskısı mera ekosisteminin verimliliğini özellikle herbivorların, otçulların yeğlediğı C3 türlerinin azalıp, kaybolması ile azaltmaktadır. Bu arada doğal kriptogamlar, çiçeksiz bitkiler ile mikrofistik florayı, mikro toprak alglerini sınırlamakta veya yok etmekte, sonunda da yararsız yabancı ot türleri dominant hale gelmektedir.

Ekonomik nedenlerle meralardaki doğal vejetasyonun, doğal olarak bir arada bulunan, birbirlerini destekleyen bitki türlerinin fedâ edildiğı ve C3 türlerinin yok edildiğı ünlü Büyük Kanyon Ulusal Parkı'nda otlatmanın yasaklanmış olduğu 50 yıllık süreçte hâlâ kış C3 türlerinin dominansı, üstünlüğü, hâkimiyetinin sağlanamamış olduğu vurgulanmıştır.

A.B.D.de 19. asırda yılına kadar ot ve çalı vejetasyonu ile kaplı yarı - kurak meraların bir çoğunun günümüzde ancak çalıların yaşamlarını sürdürebildiğı, çalı türlerinin arttığı ve bu bölgelerde kuraklığın da 20. Yüzyılda giderek şiddetlendiğı de belirtilmiştir. Otsu ekosistemleri üzerinde hayvancılığın vejetasyon kompozisyonu değışimi ve örtü kaybı sonucu olarak erozyonun hızlanması, havza amenajmanı, yönetimi koşullarını bozucu etkileri üzerindeki araştırmalar sığırların otsu komünitesinde çalılar, dikenliler ve bir yıllık bitkilerin perennial, çok yıllık otsular aleyhine artışına neden olduğunu göstermiştir. Doğal vejetasyonun bozulmast yanında ekosistemin doğal memeli ve kuş türleri ve böcekleri de kaybolmakta, tozlaşma gibi önemli dengelerin tümü bozulmaktadır.

Araştırma sonuçları kurak ekosistemlerin florası ve vejetasyonunun incelenmesi ve izlenmesiyle elde edilen verilerin erozyonla savaşında da kullanımının önemini ortaya koymaktadır. Bu konunun genelde daha az incelenmiş olmakla birlikte bazı temel karakteristiklerinin şu şekilde özetlenebileceği söylenmiştir:

Genelde ağaç-çalı steplerinde öbekler hâlinde yer alan ormanlardan oluşan kurak bölge ekosistemlerinde kuraklık stresi artışına paralel olarak ağaç türü ve sayısı azalırken dikenli kurakçılar gibi kurakçıl otlar artar. Ağaçların çoğu yavaş büyür ve zor rejenere olur. Vejetasyon ve primer produktivite yağışların dar bölgelere düşmesi ve suyun akış şekillerine göre değişken ve dar alanlara sıkışır. Yerel bitkiler birey ve populasyon olarak adapte olmuş, dayanıklı tür ve bireylerdir. Çok yıllık ve yerüstü / yeraltı oranı küçük, herbivorlara, otçulların etkileri ve yangına, kurağa dayanıklıdırlar. Ağaçlar ve otsuların bir arada yer aldığı topluluklardaki su ve besin rekâbeti, fidanların gelişmesini toprak suyunun bağıl olarak yüksek olduğu yağışlı dönem ve yıllarla kısıtlar. Otlar ve çift çenekliler arasındaki tamamlayıcılık otların azot, azot özümleyen legümler yanınd diğer çift çeneklilerin fosfor gereksinimleri nedeniyle topluluk oluşturmalarına izin verir. Step vejetasyonunun beslenme zorluğu simbiyozun, ortak yaşamın önemini arttırır. Baklagil- havanın azotunu özümlemelerini sağlayan *Rhizobium* bakterileri ve mikorhiza, ipliksi mantar simbiyozu, ortak yaşamı yanında mavi - yeşil toprak alglerinin besin sağlayıcı kaynaklar olarak yararı söz konusudur.

Özellikle yangınlardan sonra toprağın azotsuzlaşması nedeniyle mikrobiyal faâliyet önem kazanır. Diğer önemli bir parametre ise doğal mikorhiza, ipliksi mantar florasının biyoçeşitliliği yüksek olan ekosistemlerde gelişmesi ve ekosistemi otokatalitik olarak geliştirmesidir. Doğal olarak suyun az oluşu, toprakta suyun mekân ve zaman açısından heterojen su dağılımına neden olur, buna paralel olarak besin elementi alımı da kısıtladığından biyolojik etkinlikler birkaç hafta gibi kısa süreler içinde büyük değişimler gösterir.

Yağışın ortalamanın da altına indiği yıllarda ürün miktarını yüksek tutabilmek üzere entansif tarım uygulamasının sürdürülmesi erozyon, tuzlanma, yeraltı suyunun kirlenmesi gibi ekolojik sorunlara yol açar. Yâni tarım da doğal, dinamik ekolojik dengeleri gözeterik yapılmalıdır. Duyarlılığı yüksek olduğu için kurak alanların diğer her türlü amaçla kullanımında da titizlikle hareket edilmesi ve doğal yaşamı zorlayıcı olan koşulların daha da ağırlaştırılmamasına çalışılmalıdır.

İnsan Etkisiyle Erozyon ve Çölleşirmenin Sonuçları: Erozyon ve çölleşme konularındaki çalışmaların geçen asrın başlarında başladığı ABD’de elde edilen bilgi birikiminden de yararlanarak erozyonun önemli boyutlara ulaştığı Teksas, Oklahoma gibi bölgelerdeki durum ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir. İnsan etkisiyle doğal erozyonun hangi oranda arttırıldığı konusunda bir fikir elde etmek üzere Oklahoma’da 1930 yılı ilkbaharında yapılan karşılaştırmalı bir çalışmada orman toprağındaki bitki artıkları Mart başında yakılmış ve yağışların sürekli olduğu Mayıs sonunda dönüm başına toprak kaybı karşılaştırılmıştır:

Sonuçta yağışla sürüklenen toprak miktarının örtüsüz toprakta 11 kat, toprağın su tutma kapasitesindeki azalmanın ise 6 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Yâni bitki artıklarınca süzülmeyen ve çamur haline gelen suyun toprak porozitesini, geçirgenliğini de azaltarak yüzeyden su akışı ve toprak sürüklenmesini arttırdığı saptanmıştır. 19. asırda ot ve çalı vejetasyonu ile kaplı yarı - kurak meraların birçoğunun günümüzde ancak çalıların yaşamlarını sürdürdüğü, türlerinin arttığı bu bölgelerde kuraklığın da 20. yüzyılda giderek şiddetlendiğini belirtilmiştir.

Araştırmacıların somut verilere dayanarak vurguladığı gibi insanlığın ve her ülkenin en değerli ve yerine konması en zor hazinesi olan topraklarının kaybı olgusu diğer günlük sorunların yanında gereken düzeyde ilgi görmemekte ve giderek hızlanmasına karşın yeterli mücadele için gereken çaba gösterilmemektedir. Geç de olsa artık araştırma konusu bölgede konunun önemini anlaşılması sonucu

bankaların çiftçilere tarlalarındaki verimli toprak kalınlığı ölçüsünde kredi verdiklerini belirten araştırmacılar toprağın sermaye olarak ele alınması gereğinin altını çizmiştir. Bu şekilde çiftçilerin sermayelerini korumak için alınacak bilimsel temellere dayalı önlemler konusunda eğitime ve titizlikle uygulamaya hazır hale gelebileceğini ileri sürmüşlerdir.

ABD'deki savaşım teknolojisi ve yatırım gücüne ek olarak geniş düzlüklerin varlığına karşın günümüzde yılda 1,5 milyar ton toprak kaybedildiğinin hesaplandığını belirten araştırmacılar, erozyon araştırma istasyonlarının 1930 yılı 10 Mayıs'ındaki 12.5cm/m² şiddetli yağışın Teksas'da %4 eğimli pamuk tarlalarından verimli toprağı 23 t./d. düzeyinde sürüklediğinin belirlendiğini ve toplam olarak 100 milyon t. kaybının hesaplanması üzerine alarm verildiği aktarılmıştır. Paralel olarak 1930'da Oklahoma'da da 16 milyon dönüm ekili arazinin 13 milyon dönümünün erozyondan etkilendiği ve 6 milyon dönüme yakın kısmının aşırı oyuntu erozyonuna uğradığı hesaplanmıştır. Sonuçlar erozyonun otokatalitik olarak giderek hızlanan bir olay olduğunu göstermiştir. Örneğin 98'de Teksas'taki Brazos nehri havzasında 6 milyon dönüm tarım arazisinin şiddetli erozyon etkisi altında bulunduğu saptanmıştır. Savaşım konusundaki çabalara karşın ABD'de erozyonun giderek şiddetlendiği belirtilerek, bunun nedenlerini ortaya çıkartmak için yapılan karşılaştırmalı çalışmaların sonuçları da verilmiştir. %8 eğimli ve erozyona uğramış olan topraklarda yüzeye çıkmış olan killi tabakaların pamuk ve tahıl tarlalarında yağışla yüksek oranda yıkıldığı ve suyun çamur halinde yüzeyden akıp gittiği gösterilmiştir. Aynı özellikte fakat erozyondan bu derecede etkilenmemiş topraklardaki kayıp üçte bir ve özellikle kontrol olarak incelenen doğal çayırlarda yirmide bir oranında olduğu bulunmuştur.

Erozyon profilinin çıkartılması için yapılan çalışmalarda ise toprak tipinden bağımsız olmak üzere eğim yanında eğimli arazinin uzunluğunun yüzeyden su ve sürüklenme ile toprak kaybını arttırdığı gösterilmiştir. Tarım alanlarındaki toprağın verimlilik kaybının ürün bitkilerinin tükettiği besin elementlerinden daha yüksek düzeyde seyrettiği ve gübreleme ile bitki tüketiminin karşılanmasına karşılık erozyonla kaybedilenin fiziksel olarak yok olması nedeniyle yerine konamadığına dikkat çekilmiştir. Bu erozyon şiddetiyle kaybedilmekte olan toprağın ıslahı konusunda yapılması gereken işlerin boyutunu saptayabilmek üzere yapılan incelemelerde ise alınan çok sayıda toprak örneğinin incelenmesi sonucunda ortalama toprak üst tabakası kalınlığının 20-25 cm.yi aşmadığı, belirlenmiş, toplumların düşündüğünden çok daha sığ olan toprağın çok iyi korunması gereğine dikkat çekilmiştir. Bu tabakanın altındaki tabakaların oldukça verimsiz olması nedeniyle tarımsal üretimin keskin bir düşüş göstereceği, toprağı ıslah edici ürün yetiştirilmesi, kireçleme ve gübreleme, teraslama gibi tekniklerin bu sonu geciktirmekten öte bir anlam taşımayacağı belirmiştir. Erozyonun bir sonucu olarak da toprağın su tutma kapasitesinin azaldığı gerçeğine dikkat çekilerek karşılaştırmalı çalışmalarda erozyon sonucunda kil oranının arttığı, topraklarda aynı yağış rejiminde hasat zamanı ölçülen toprak neminin yarıya yakın oranda daha az olduğu rapor edilmiştir. Bunun doğal sonucu olarak da birim alandan alınan ürün yarıdan fazla azalmıştır. Killi toprakta bulunan suyun bir kısmının bitkiler tarafından alınamayışı yanında kurak olan hasat zamanı bitkilerin su gereksiniminin artmasının bu etkiyi arttırdığı belirtilmiştir.

Uzun süreli olarak gerçekleştirilen karşılaştırmalı çalışmalar kapsamında erozyonun doğal vejetasyon üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmacılar çarpıcı etkiler olduğuna dikkat çekmekte ve toprağın verimli üst tabakasının kaybı ile doğrudan ilişkili mutasyonlar saptandığını belirtmektedir. Bunun yanında >%90 oranındaki tek yıllık otsu vejetasyon örtüsünün ileri derecede aşınmış bitişik bölgelerde zaten %40 oranına kadar azalan bitki örtüsünün ancak %5ini oluşturduğu ve geri kalan kısmının odunlu olduğu belirtmektedir. Başka bir bölgedeki değişimin ise sert odunlulardan oluşan doğal ormanların yerini çam, sık çalılıklar, asmalar ve asmaların alması şeklinde olduğu bildirilmektedir. Sonuç olarak doğal bitki örtüsünün herhangi bir amaçla yok edilmesinin doğal erozyon hızını çok yüksek oranda arttırarak zaten yeniden kurulması çok zor olan doğal dengeyi bozduğunu ve ekosistem

üzerindeki etkilerin yerelden küresele uzanan yan etkileriyle çok yönlü sorunlara yol açtığı vurgulanmaktadır. Bu sorunlardan doğrudan ilişkili olan bir tanesi, verimi düşük kumlu aşınma materyalinin eğimli arazilerden çukur alanlara taşınması ile toprak verimliliğini azaltması yanında suyun doğal akış yataklarını sığlaştırması ile taşkınlarla yol açmasıdır denmektedir. Günümüzde giderek artan bir sorun ise eğimli arazideki kirlenici ajanları da sürükleyerek çukur bölge toprakları ve sularda yoğunlaşmalarına neden olmalarıdır. Misisipi nehrinin yılda 420 milyon t. kadar sedimanı Meksika körfezine taşınmasının yarattığı dolgu ve kirlenme sorununun boyutunu buna örnek olarak verilmektedir.

İşlemeli Tarımın Etkileri:

Entansif tarımın sağladığı artı değer ve yüksek besleme kapasitesinin çekiciliği nedeniyle uzun süre tek yönlü olarak ele alınan konu ancak yakın zamanlarda ortaya atılan sürdürülebilir kalkınma modeli ile tartışmaya açılmıştır. Bir zamanlar “yeşil devrim” adı verilen bu verimlilik artışına paralel olarak artan erozyonun, toprak ve su kirlenmesi yanında çeşitli canlı türlerinin yok olmasının henüz toplam ürünü kısıtlayacak düzeye gelmemiş olduğu varsayımının aldaticılığına karşı gerçekçi önlemler alınması önem kazanmıştır. İşlemeli tarımın, yani mekanizasyon yanında kimyasal ilaç ve gübre kullanımının en üst düzeyde olduğu ABD’den başlamak üzere küresel düzeyde uygulanmasının toprak yapısı ve erozyon üzerindeki hızlandırıcı etkileri tartışılmaya başlanmıştır.

Tohum ıslahı ve hatta kalıtsal yapısı ile oynanarak verimliliği en üst düzeye çıkarılmış ürün bitkilerinin kullanımı, gübre optimizasyonu, hastalıklarla bilinçli şekilde kimyasal mücadele tekniklerinin etkileri dahi toprak etmenlerince sınırlanmaya başlamış ve beklenen ürün artışının alınamaması sorunu ortaya çıkmıştır. Bu durumun kendini 19. Asırdan başlayarak gösterdiği belirtilerek ABD düzeyindeki istatistiklerin 1871-80, 1901-10 ve 21-30 döneminde incelenmesinde bile kendini gösterdiği kanıt olarak sunulmuştur:

Ortalama dönüm başına buğday hasadının 19. Yüzyıl sonuna göre 20. Yüzyıl başında %22 artışla en üst değerine çıkıp, fakat 21-30 arasında bu değer %4 altına düşmüş olduğu, benzeri tablonun pamuk ve mısırdaki da görülmüş olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında ABD’de tarım arazisi alanındaki azalmanın da göz önüne alınması ile gerçek tablonun ortaya çıktığı, bu konudaki haritalamanın da 19. Asırda başlamış olması nedeniyle net sonuçların elde edildiği vurgulanmakta ve ABD’nin tarımsal topraklarının yılda %1 hızla azaldığı belirtilmektedir.

A.B.D.’nin kurak ve yarı-kurak olup 17 eyalete yayılmış, 800 000 km² kadar olan bölgelerinde yıllık yağış ortalaması 5 - 60cm olan; uzun kurak dönemler hüküm sürer. 19. Asrın 2. yarısında devlet teşviki ile başlayan yerleşme artışına paralel olarak artan kereste tüketimi, yol ve baraj inşaatı, madencilik, hayvancılık etkinlikleri sonucu erozyon ve çölleşmenin, taşkınların, tuzlanmanın arttığı, orijinal ekosistemin yok olmasıyla 1930larda toz fırtınalarının bile başladığı bildirilmiştir. Ancak bu fırtınaların Kansas tozlarını Washington’a kadar taşınması olayından sonra durumun değerlendirilmesine başlandığı, bilimsel ilginin devreye girebilmesiyle steplere uygun tarım ve hayvancılık projelerinin geliştirildiği ve denetimlerin başladığı eklenmiştir. Ellilerde türbinli sulama sistemlerinin devreye sokulması ile tablonun değiştiğinin gözlenmesi sonucunda alınmış olan önlemlerin unutulması eğiliminin artmasıyla da tuzlanma, yeraltı su kaynaklarının kurutulması, toprağın sürülmemesi gereken bölgelerde sürülmesinin ve doğal vejetasyonun tahribinin hâlâ sürdüğü vurgulanmıştır.

Atıksu gibi yerinde denetlenebilen ve kontrol altına alınabilen çevre sorunlarından çok daha büyük boyutlu olan erozyon ve yaygın kirlenici kaynaklar sorununun asrın başlarında dikkat çekmesine karşın daha sonraları birim alanda verim arttırıcı politikalar nedeniyle yeterli ilgi gösterilmediğini belirten araştırmacılar ancak gene de erozyonla savaşıma ayrılan kaynakların yetersiz kaldığını bildirmişlerdir.

Bu yüzden daha 1894 de USDA (ABD Tarım Bakanlığı) bünyesinde Topraklar ve Kimyası Bürosu (USDA-Bureau of Chemistry and Soils) kurulmuş olmasının sağlayabileceği fırsatların değerlendirilemediği eklenmiş, örnek olarak da bilinçlenmenin başladığı 1981 yılında bile USDA'nın 4.8 milyar \$ bütçesinden ancak 246 milyon \$ kadarının erozyonla savaşıma ayrıldığına dikkat çekilmiştir. Toprak erozyonunun verim kaybı yanında yarattığı su kaynaklarının kirlenmesi sorununun çok yönlü olduğu belirtilerek besi hayvancılığının yılda 2 milyar ton kadar dışkının erozyonla sulara sürüklenmesi potansiyelinin ciddi bir tehdit oluşturduğu örneklenmiştir. Bu sorunun ancak bu tür biyolojik artıkların akıllıca değerlendirilmesi ile çözülebileceği belirtilerek bu konuda yeni teknolojiler geliştirilmesi yanında yatırım yapılması gereği vurgulanmıştır.

Yatırım aracı olarak kullanıldığından uzun yıllar boş bırakılan arsalar, araziler gibi göze görünmeyen erozyon kaynaklarının denetim altına alınması gereğinden söz edilerek olayın ayrıntılı şekilde ele alınmamasının ileride ödenecek çölleşme ve kirlenmeyi durdurma ve restorasyon faturalarını katlayacağı belirtilmiştir. Bu arada inşaat alanlarındaki erozyonun çayırardan onlarca kez daha hızlı olduğunun saptandığına da dikkat çekilmiştir.

A.B.D.de tarım alanlarından erozyonla kaybedilen toprağın 4 milyon ton, su kaynaklarına ulaşan sediman miktarının da 1 milyar ton olarak hesaplandığı, bunun da 1 cm kalınlığında olmak üzere 15 milyon dönüm alanı kaplayacak kadar büyük bir miktar olduğu anımsatılmıştır. Bu miktara diğer kaynaklardan kaybedilen toprak da eklendiğinde hesaplanan rakamın 1.1 milyar tona ulaştığı bildirilerek bu miktarın %75 oranında çukur arazilerde toplandığının hesaplanmasına dayanarak su kaynaklarının altında kaldığı baskının boyutu vurgulanmıştır.

ABD Tarım Bakanlığı, (United States Department of Agriculture-USDA) tarafından da ABD'de yalnızca tarım arazilerinden göllere ve barajlara karışan sediman toplamının yaklaşık olarak 750 milyon t. olarak açıklanmış olduğu aktarılarak bu sedimanların tonlarca azotlu, fosforlu ve diğer organik kirletici bileşikler yanında bitki besini olabilecek elementleri taşınması nedeniyle sularda ötrofikasyon, alg patlaması (eutrofication) yanında yeraltı suyu kirlenmelerine neden olmasının kaçınılmaz olduğunu vurgulayan USDA tarım alanlarında kullanılan gübrenin %15-54 oranındaki kısmının yeryüzü su kaynaklarına ulaşabildiğini belirtmiştir. Bunun parasal kayıp olduğu gibi suların tekrar temizlenmesi için harcanması gereken kaynaklar ile sediman olarak çökerek sığlaşmaya neden olan toprağın geri kazanımı ve temizlenmesi, kaybolan verimli toprak tabakasının yerinin doldurulması için harcanacak kaynaklarla beraber ele alınmasının maliyet hesabının kolay olmadığı vurgulanmıştır. Çevre ekonomisinde bu tür hesaplamalara 'Dışsal maliyetin içselleştirilmesi' (Internalization of external cost) denmektedir.

Doğal yollardan toprak oluşum hızının ortam koşullarına göre 2-3 cm toprak /30-1000 yıl olduğu hatırlatılarak politikaların buna göre hazırlanması gereği önemle vurgulanmakta, özellikle de tarıma elverişli toprak kaybının maliyetinin yüksekliğine dikkat çekilmektedir. FAO her türlü besin ve yem üretimi için kullanılabilen arazi miktarının sınırlılığını vurgulayarak eski SSCB'de 227,500; ABD.de 185,870; Hindistan'da 165,300; Çin'de 105,550; Avustralya'da 44,733; Kanada'da 43,620 ve Brezilya'da 32,300 bin ha. ile sınırlı olduğu gibi bu alanların bir kısmının da üretim kapasitesinin iklim koşullarının uygun olmayışı nedeniyle kısıtladığı belirtilmiştir. USDA tarafından da buna paralel olarak tarımsal alan daralmasının etkisiyle ilgili olarak 1929 yılında ABD'nin tarım arazisi toplamının 522 milyon ha iken, 1958 yılında 449 milyon ha ve 1968de de 438 milyon ha kadar olduğu bilgisi aktarılarak giderek de azalmakta oluşuna dikkat çekilmiştir.

Önleyici Önlemlerin Yetersizliği: Yıllık toprak verimliliği kayıp hızının tarımsal kredilerin vade ve faiz hesabına verimli toprak kalınlığı, erozyonu azaltma yöntemlerini kullanma gibi konuların katılmasına kadar varan önlemlerin 2.5 milyon ha.dan 1.1 milyon ha.a indirilmesinin sorunun çözümü anlamına gelmediği vurgulanmıştır. Bu hızla da 2.5cm kalınlığındaki bir dönüm toprağın 150 - 165 ton

ağırlığında olduğu esasına göre yapılan hesaplama ile yılda 13 milyon dekar ve 6 milyar ton kadar toprak kaybının sürmesi demek olduğu vurgulanmıştır. Her 35 yılda ABD yüzölçümüne eşit miktarda verimli yüzey toprağının erozyonu sonucunda 400 yıl sonra ülkenin ana kaya üzerinde kalacağı hesabının yapıldığı aktarılmıştır. Bu hesabın da iyimser ve yanıltıcı olduğu ileri sürülerek erozyon ve çölleşmenin otokatalitik şekilde giderek hızlanacağına dikkat çekilmiştir. USDA da ABD'nin yıllık toprak erozyonu kaybını 6.42 milyar ton olarak hesaplamış, yüzeyden akan suyun neden olduğu erozyon gibi kıyılarda ve oyuntularda gerçekleşen yanında rüzgar erozyonlarının ölçülmesinin belirlenmesinin zorluğu nedeniyle zararlarının gerçekçi şekilde hesaplanamadığı ve katkılarının tam olarak verilemediğinin de altı çizilmiştir.

USDA, ABD. için don ve yüksek sıcaklık-stres zon haritaları yayınlamış ve tanımlanmış olan bölgelerde yetişen bitki türlerini listelemiştir. Bu arada koruma ve restorasyon amacıyla tür seçiminde hızlı büyüyüp, gelişen türleri seçip, büyüme ve gelişmelerini, adaptasyonlarını destekleyen ek önlemler almak suretiyle uyumlarının sağlanabileceğini belirtilmiş, mikroklimaların da önemine dikkat çekilmiştir.

Erozyon ve çölleşmenin tarımsal üretimin güvenilirliğini giderek azaltacağı ve dönemsel açıkları kapatabilmek üzere toprağın daha haşın kullanımına göz yumulacağı konusunda uyarıda bulunulmuştur. ABD'de yalnızca yüzeysel etkili rüzgâr erozyonu ile toprak kaybının 1.25 milyon dönüm arazide verimli üst tabaka kaybına eşit olduğu belirtilerek normal toprak sürme derinliğinin 15-20 cm. olduğu göz önüne alındığında toprak kaybı hızının bir sürme derinliği/3-4y. düzeyine vardığı anımsatılmış, bitkilerin kök sistemlerinin zorlanması yanında rüzgârla savrulan toprak taneciklerinin mekanik zararları ve sulamanın etkilerinin hesaba katılması gereği de vurgulanmıştır. Erozyonun etkilerini incelemenin geçerli bir yolunun da ürün verimliliğindeki kaybın izlenmesi olduğu belirtilerek bu yöntemle yapılan projeksiyonların ABD'de yaygın şekilde üretilen bitkiler olan mısır ve soyada 2030 yılına kadar %15-30 oranında kayba işaret ettiği belirtilmiştir. Hesaplamaların teknolojik gelişmeler sayesinde üretimin yılda %1 oranında artış sağlayacağı varsayımına dayandırılması halinde bile birçok ürün çeşidinde 15 cm.lik toprak kaybının %40 verim azalmasına neden olabilmesi nedeniyle toplam üretimdeki düşmenin %30'a yakın olabileceğini gösterdiği belirtilmiştir.

Verim kaybını telâfi etmek üzere daha çpk kimyasal girdi kullanımına yönelme eğiliminin doğacağı düşüncesi hiç de mantıksız değildir, bunun sonucunun ise toprak, su ve hava kirliliği gibi zararlı etkiler olacağı kesindir.

USDA ortalama yıllık yüzey ve akan su erozyonuna katkı payını tarım arazileri için %36, doğal ve ekili meralar için %20, ormanlar için %9 olarak hesaplamıştır. Yukarıda da değiniliği gibi tarım arazilerindeki yıllık ortalama su erozyonunun 2 milyar t. olarak hesaplandığını da açıklamıştır. Bu ortalamaların bölgelerarası ve yerel farklılıklar ve erozyonun yayılım eğilimi yanında yan etkileriyle birlikte değerlendirilmesi gereği vurgulanmıştır. Rejenerasyon eşiği üzerindeki erozyon hızının tehdidi altındaki kritik bölgelerin önemi anımsatılmış, ABD'in birçok bölgesindeki tarım alanlarında toprak kalınlığının geçtiğimiz asırda 30-40 cm.den 10 - 20 cm.ye indiğine ve bazı bölgelerdeki eski orman topraklarının dahi verimli üst tabaka kaybı nedeniyle 10-15 cm.e kadar incelmış olduğuna dikkat çekilmiştir.

USDA Toprak Koruma Servisi (USDA Soil Conservation Service) bu amaçla "Ortalama toprak kaybı toleransı" kavramını geliştirerek üretim kapasitesi kaybını belirlemeye çalışmıştır. Bazı durumlarda bu göstergenin kesin sonuç vermediği görülmüşse de A.B.D.de yaygın şekilde kullanılmıştır. Bu hesaplamalar yanında Çevre Kalitesi Konseyi (Council on Environmental Quality-CEQ) tarafından kaybolan 1 t. toprak için ne kadar ürün kaybı olduğu hesabına girilmiş ve örneğin Misuri'de bir birim mısır üretimine karşılık iki birim toprak kaybedildiği bulunmuştur.

A.B.D.de 12 000 toprak tipi ile %6 - 45 eğime sahip topoğrafyanın oluşturduğu matrisin iklim koşullarındaki farklılıklar ile birlikte göz önüne alınması gereğinin yarattığı farklılığı vurgulayan araştırmacılar yüzölçümün %45' inin %2 ve daha az eğimli olmasının bir şans olduğunu belirtmektedir. Buna karşılık geçtiğimiz asırdaki aşırı ve yanlış kullanım sonucunda aşınan toprakların verimli üst tabakalarını zaten kaybetmiş olması ve bitkilere yeterli su tutma kapasitesiyle su geçirgenliği, havalandırma sağlayamamaları nedeniyle toprak kalınlığından azalışından daha çok verim kaybı etkisi olduğu vurgulanmakta, nicel değişimler yanında nitelik değişiminin izlenmesi gereğine dikkat çekilmektedir. Erozyonun mineral madde yıkama etkisi nedeniyle alt ve üst tabakalardaki verim değişimlerinin önemi de vurgulanmaktadır.

Küresel iklim değişiminin ve kirlenmenin de katkıları ile erozyon ve çölleşme günümüzde kıtaların %18 oranında tümüyle çıplaklaştığı, %12 oranında bozulmuş bitki örtüsüne ulaştığı, buna karşılık da %33 oranında tarım, %11 oranında da verimli tarım yapılabilen toprağın kaldığı, erozyona açık alanın sağlıklı ekosistem alanının yarısını aştığı düzeye ulaşmıştır. 15 milyar ha.lık Amazon ve Kongo ormanlarında dahi kimyasal erozyonun 3 mm./y toprak kaybına % 13 katkıda bulunmakta oluşu insan eliyle hızlanan erozyonun önemine örnektir. Doğal bitki örtüsü artıkları ve humusuyla toprağın sağlıklı yapısını koruyarak erozyonu tamponlayabilmiş olan bu ormanlara verilen zararın sürmesi hâlinde orta vâdede çölleşmeye yol açılabileceği uyarısında bulunmaktadır. Çünkü kötü gelişmeler aşağıda örnekleneceği üzere çok kısa sürelerde tamamlanabilmektedir.

A.B.D. ölçeğinde A.B.D. Tarımsal Stabilizasyon ve Koruma Servisi (Agricultural Stabilization and Conservation Service of U.S.) yapılmış olan değerlendirmelerde 1 milyar t. toprak erozyonunun 2.500 000 dönüm verimli toprağın sağlayabileceği 1 milyar ton ürün ve en az 150 milyon \$ net katma değer olduğunu hesaplamıştır. Ortalama değeri 2500\$ olan 1 dönüm verimli tarım arazisi üzerinden yapılan hesaplamada ise 1.5 milyar \$ bedel bulunmuştur. Bu hesaplarda erozyonun yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirlenmesi gibi diğer kalıcı etki maliyetlerinin göz önüne alınmadığı da vurgulanmış, örneğin erozyon sonucu artan sellerin A.B.D.e ortalama yılda 3 milyar \$a mal olduğu da belirtilmiştir.

Akdeniz İklim Bölgeleri olan Avustralya Çöllerinde Elde Edilen Deneyim ve Bilgi Birikimi:

Akdeniz iklimi Akdeniz bölgesi dışında Afrika'nın bazı bölgeleri, ABD'nin Kaliforniya eyaleti ve Şili, Avustralya ve Güney Afrika'da da bazı bölgelerde hüküm sürmektedir ve örneğin Güney Afrika'da endemizmce zengin, yerele özgü biyota, ekosisteme has canlı türleri ve palmiyeler, Avustralya'da ökaliptüsün hakim olduğu bitki örtüsü ile karakterize edilmiştir.

Yarı-kurak ve kurak alanların yüzölçümünün dörtte üçünü oluşturduğu Avustralya'daki erozyon ve çölleşmenin tarihsel gelişimi ve değerlendirilmesi ile savaşım ve sonuçlarının ayrıntılı şekilde değerlendirilmesi yapılmıştır [16-18].

Avustralya'da kurak alan kıtanın %70'ini kaplamakta olduğu ve hayvancılığın bu tablonun ortaya çıkmasındaki sorumluluğunun %70-80 oranında olduğu belirtilmektedir. Batı Avustralya'da 1955 yılından bu yana sulu tarım yapılan buğday ekili alanlarda da tuzluluk, çoraklaşma sorunu 5 kat büyümüştür. Son yıllardaki nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme sonucu artan kirlenici gaz salımı artışı ile kendini gösteren sera etkisi nüfus yoğunluğunun çok düşük olduğu kurak alanların atmosferinde de etkili olmaya başlamıştır. Ayrıca otlama ile erozyon ve çölleşme arasındaki ilişkiler yukarıda belirtildiği şekilde ayrıntılı olarak incelenerek gösterilmiştir. Avustralya erozyonu ve çölleşmesinde önemli bir yeri olan kontrolsüz otlamaya dayanıklı bitki örtüsü sağlama konusundaki uzun erimli araştırmalar önemli sonuçlar vermiş, ağaçların yer aldığı ekosistemlerde otsu ve çalı vejetasyonunun süksesyonunun otlama baskısı altında bile çok daha sağlıklı olduğunu ortaya konulmuştur.

Toprak-Arazi-Su (Soil Land Water-SLW) örgütü tarafından yayınlanan ve Avusturalya'daki Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü bölgelerdeki çalılıkların özelliklerini irdeleyen makalede yüksek endemizmle sâhip adacıklar şeklinde gelişmiş oldukları ve içerdikleri bitki familyaları ile kuşlarda ilginç evrimsel koverjans, çeşitli gruplara ait organizmalarda benzer karakterlerin gelişmesi örneklerinin gözlemlendiği belirtilmektedir. Kısa süren yağışlı ve büyüme gelişme için yeterli sıcaklıkta geçen aylardan sonraki kurak yaz dönemine adapte olan bitkilerin yıllık 40 - 100mm arasındaki yağışla yetinmek zorunda kaldığı vurgulanmaktadır.

Bu nedenle çalılıkların hâkim olduğu bitki örtüsünde her daim yeşil olanların kalın kütiküllü, mumsu tabakalı ve küçük ve dikensi de olabilen sklerofitik, taş hücreleriyle sertlik kazanmış yapraklı olduğu belirtilerek kserofitliğin, kurakçılığın diğer bir göstergesi olan, uçucu olduklarından serinletici ve hattâ yanıcı bileşiklere sahip olduğu da belirtilmiştir. Genelde insan kaynaklı olan yangınlar ve aşırı otlatmadan, özellikle keçi hayvancılığının zarar görmüş olan bu bitki örtülerinin yerinde Eski Yunan uygarlıkları zamanında meşeler, çamlar, sedirler, yabânî zeytin ve keçi boynuzunun hâkim olduğu ormanların bulunduğu bilindiği de eklenmiştir. Bu makilik adı verilen subklimaksta, varabileceği en üst yoğunluk noktasının altında dengelenerek durağanlaşmış bitki örtüsünün büyük kısmının erozyona uğramış, verimsiz topraklarda gelişmiş olduğu; kısmen de olsa tahribattan korunmuş bölgelerde de görülebildiği belirtilmiştir. Kıyılarda adaçayı türlerinin hâkim olduğu toplulukların iç kısımlara doğru yangın göstergesi olan sert odunlularla mozaik şeklinde yer aldığı topluluklara geçiş yaptığı, daha seyrek olarak yangına mâruz kalmış olan yerlerde ise sumak gibi türler ve bodur meşe ile kurağa dayanıklı, kapalı kozalaklı çam türlerinin de görüldüğü eklenmiştir.

Akdeniz vejetasyonunda bitki cins ve türlerinin yangına dayanıklılığı, ortama uyumu, adaptasyonu ve yangının şiddetini arttırıcı özellikleri önem kazanmaktadır. Gülgillerden olan türlerin uçucuları ile yangını körüklemeleri yanında yangın sonrası köklerinden yeniden filizlenerek hâkimiyetlerini arttırdıkları, kapalı kozalaklı çamların kozalaklarındaki reçinelerin yangında erimesiyle açılan kozalakların tohum dağıtmasıyla topluluklardaki hâkimiyetini arttırması çok yıllık buğdaygiller ile baklagiller dışında kalan çok yıllık otsuların yeraltı yumrularından filizlenerek yangın sonrası verimleşebilen topraktan yararlanmak suretiyle çoğalması ekosistemdeki gelişimi, süksesyonu açıklayıcı örnekler olarak verilmiştir. 50 yıl süreyle yangın ve otlatmadan korunan deneme bölgelerinde fiğ ve meşenin hakim olduğu ormanların geliştiği görülmüştür.

Yukarıda da değinildiği gibi Akdeniz iklimi Afrika, ABD'nin Kaliforniya eyaleti ve Şili Avusturalya ve Güney Afrika'da da bazı bölgelerde hüküm sürmektedir. Bu iklimin etkili olduğu bölgeler su çevrimi ve yağış rejimi ile su ekonomisi arasındaki ilişkileri açısından da ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Bu konu bu serinin Çölleşme Mekanizmaları ve Çöl Özellikleri üzerine olan ikinci makalesini izleyecek olan üçüncüde ele alınacaktır..

YARARLANILAN KAYNAKLAR

[1] Anonim (2019) What is Desertification?

<https://www.conserve-energy-future.com/causes-effects-solutions-of-desertification.php>

[2] Anonim (2019) Desertification.

<https://www.greenfacts.org/en/desertification/1-2/4-causes-desertification.htm>

[3] Anonim (2001) What is a desert. <https://pubs.usgs.gov/gip/deserts/what/>

[4] Anonim (2007) Defining Desertification - NASA Earth Observatory. <https://earthobservatory.nasa.gov> ›

- [5] **Nunez, C.** (2019) Desertification facts and information.
<https://www.nationalgeographic.com › environment › habitats › desertification>
- [6] **Mainguet, M.** (1995) Lecture 12 - Man-Induced Desertification? <archive.unu.edu › unupress › lecture12>
- [7] **Anonim** (2016) The Facts About Climate Change And Drought, What's the link between climate change and drought? <https://www.climaterealityproject.org/blog/facts-about-climate-change-and-drought>
- [8] **Huss, D. L.** The role of domestic livestock in desertification control.
<http://www.fao.org/3/x5321e/x5321e00.htm#Contents>
- [9] **Anonim** (2016) USLE History.
<https://www.ars.usda.gov/midwest-area/west-lafayette-in/national-soil-erosion-research/docs/usle-database/usle-history/>
- [10] **Wells, R. R. ve ark.ları** (2015) USDA-ARS National Sedimentation Laboratory: A Historic Perspective. Journal of Water Resource and Protection 7:228-246
https://www.researchgate.net/publication/273120453_USDA-ARS_National_Sedimentation_Laboratory_A_Historic_Perspective
- [11] **Montgomery, D. R.** (2007) Soil erosion and agricultural sustainability. PNAS.
<https://www.pnas.org/content/104/33/13268>
- [12] **Jiao, J. ve ark.ları** (2009) Research progress on the effects of soil erosion on vegetation. Acta Ecologica Sinica 29:85-91. DOI: [10.1016/j.chnaes.2009.05.001](https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2009.05.001)
https://www.researchgate.net/publication/222695228_Research_progress_on_the_effects_of_soil_erosion_on_vegetation
- [13] **Chen, P. ve ark.ları** (2019) Mutation analysis of annual sediment discharge at Wu Long station in Wu Jiang River Basin from 1960 to 2016. PLoS One. 2019; 14(12): e0225935. doi: [10.1371/journal.pone.0225935](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225935)
- [14] **Tilman, D.** (1999) Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. PNAS. 1999 96 (11) 5995-6000; <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5995>
- [15] **Briassoulis, H.** (2019) Combating Land Degradation and Desertification: The Land-Use Quandary.
<https://www.mdpi.com/2073-445X/8/2/27>
- [16] **Watson, I, ve ark.ları** (2001) Rangeland monitoring, resource inventory, condition assessment and lease inspection activities in Western Australia.
https://www.researchgate.net/profile/Ian_Watson14/publication/228410988_Department_of_Agriculture/links/558616d108ae71f6ba9005ea/Inspection-Activities-in-Western-Australia-Conducted-by-the-Department-of-Agriculture.pdf
- [17] **Minchin, B.** (2019) Desertification and Drought in Australia.
<https://www.integratesustainability.com.au/2019/06/14/desertification-and-drought-in-australia/>
- [18] **Mibasev, A. ve ark.ları** (2019) Desertification-IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/2d.-Chapter-3_FINAL.pdf
- [19] **Batterbury, S. ve A. Warren** (20019) International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences içinde. <https://www.sciencedirect.com › topics › agricultural-and-biological-sciences>