
SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES	B	VOLUME	30	NUMBER	1	1980
SERIE		BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ

**REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL
ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL**

**REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL**



ORMANLA KAPLI YAĞIŞ HAVZALARINDA EROZYON EĞİLİMİ VE POTANSİYELİ¹

C. T. DYRNESS²

1. Ö Z Ü

Bu yazı, ormanla kaplı sahalardaki toprakların erozyon eğilimi ile ilgili literatürün bir kısmını özetlemektedir. Orman topraklarının erozyon eğilimi ele alındığı zaman genellikle iki ana yaklaşım söz konusudur. Bunlardan biri toprak parçacıklarının çözünmeye ve taşınmaya karşı direnci, diğeri ise toprağın infiltrasyon oranıdır.

Bir toprağın çözünmeye ve taşınmaya karşı gösterdiği direnc, büyük ölçüde suya dayanıklı agregatların miktarı ile ilgilidir. Yüzeysel toprak agregatlaşmasını farklı şekillerde ölçen ve bunları kullanışlı hale getiren bir çok erozyon eğilim indeksi geliştirilmiştir. Bu indekslerde etkili olan başlıca faktörler; ana materyal, toprağın organik madde miktarı, iklim koşulları ve toprağın kimyasal özellikleridir.

Bir çok araştırma, toprağın üzerini örten vejetasyon örtüsü ve ölü örtünün uzaklaştırılıp mineral toprak yüzeyinin yağmurun tahrip edici gücüne açılmasıyla, infiltrasyon oranının önemli ölçüde düştüğünü göstermiştir. Bazı hallerde bir yağış havzasında gerek duyulan bir yol yapımı veya bir istihsal çalışması sonucu hızlı erozyon başlatılmış olur. Burada asıl neden çıplak mineral toprağın açığa çıkmış olması ve toprak yüzeyinin kompaktlaşmasıdır.

Kontrol altında yapılan yakma veya orman yangınları, ormanlık sahalarda ekseriya toprak yüzeyinde erozyon miktarının artması ile sonuçlanmıştır. Hernekadar şiddetli bir yanma erozyon eğiliminin artmasına neden olabilirse de, hafif bir yanma gerçekte toprak özellikleri üzerinde çok az etkiye sahiptir. Yangının neden olduğu esas önemli değişme koruyucu vejetasyon ve ölü örtünün toprak yüzeyinden uzaklaştırılmasıdır.

Bu alanda yapılması gerekli araştırmalar, orman topraklarının erozyon potansiyelini sayısal olarak hesaplayan yöntemlerin geliştirilmesini ve tek tek yağış havzalarının erozyona dayanıklılıklarının tespitini kapsar.

1) Bu yazı, 29 Ağustos - 10 Eylül 1965 tarihinde Pennsylvania eyalet Üniversitesinde yapılan uluslararası «Orman Hidrolojisi» simpozyumuna bildiri olarak sunulmuş ve (Pergamon Press - Oxford New York) 1967 yılında basılmıştır. İngilizce aslından Asis. Kamil ŞENGÖNÜL - İ.Ü. Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Kürsüsü, İSTANBUL - tarafından dilimize çevrilmiştir.

2) Toprak bilimcisi, Kuzeybatı Pasifik Orman ve Mera Araştırma İstasyonu, U.S. Forest Service, PORTLAND, OREGON.

2. G İ R İ Ő

Toprak erozyonu, çok sayıda araştırmayla dikkatlerin üzerinde toplandığı karmaşık bir problemdir. Toprak kaynağının hızlı tüklenmesi nedeniyle 1930'larda, özellikle Amerika'nın Güneydoğu eyaletlerinde, toprak erozyonu araştırmaları için araştırma istasyonları kurulmuştur. Bunun sonucu olarak toprak erozyonu ile ilgili literatürün miktarı aynı yıllarda önemli miktarda artmıştır. Diğer taraftan orman topraklarındaki erozyon araştırmaları İkinci Dünya Savaşı'ndan sonraki devrede oldukça sınırlı kalmıştır. Tarım alanlarındaki topraklarda yapılan erozyon araştırmalarında kullanılan yaklaşımların bir çoğu geniş ölçüde ormanlık şartlar için uygulanmıştır. Bu uygulama, bazı hallerde başarılı olmasına karşılık, ormanlarla kaplı yüksek arazilerde toprağın normal heterojen yapısı ve diğer yetişme muhiti faktörleri nedeniyle yeni teknik ve kavramları gerektirmiştir.

Bugün Orman topraklarında erozyon ve erozyon eğiliminin bir çok yönü ile ilgilenen literatürün miktarı oldukça artmış bulunmaktadır. Bu yazının bünyesinde bu konudaki bütün literatürün dahil edilmesi mümkün olmadığından, yazar farklı yaklaşımları temsil ettiğini hissettiği örnekleri seçmiştir. Ayrıca bu konunun geniş kapsamlı olması Birleşik Devletler literatüründe yoğun çalışmaları gerektirmiştir.

«Erozyon» terimini, zihinlerde değişik izlenimler bırakması nedeniyle mümkün olacak yanlışlıklardan kaçınmak için tanımlamak yerinde olacaktır. Erozyon arazi yüzeyinin su, rüzgar veya buzullar gibi etkenler tarafından aşındırılmasıdır. Biz dikkatimizi su ile olan erozyon üzerine yoğunlaştıracağız. Erozyon; jeolojik erozyon ve hızlı erozyon olmak üzere iki ana tipe ayrılır. LOWDERMILK (1934)'e göre jeolojik erozyon; üzerinde vejetasyon örtüsü bulunan ve doğal dengesi bozulmamış şartlarda bile meydana gelir. Hızlı erozyon ise toprak yüzeyindeki vejetasyonun uzaklaştırılması, orman yangınları, ormanda yapılan istihsal ve yol yapım çalışmaları gibi etkenler tarafından meydana getirilir.

Lowdermilk, jeolojik erozyonun toprakları nadiren tahrip ettiğini belirtmektedir. Bunun aksi olan hızlı erozyon ise toprağın normal oluşumundan daha büyük oranda değişmelere yol açar ve toprak profillerini (A) horizonundan yoksun bırakarak zamanla tahrip olmalarına neden olur.

Toprak erozyonu sadece toprak parçacıklarının hareketi ile ilgili çok sınırlı bir terimdir. Makalenin başlığı altında ise iki farklı olgudan söz edilebilir. Bunlardan birisi yüzeysel veya yağmur erozyonu diğerisi ise kütle halinde toprak hareketidir. Yüzeysel erozyonda, tek tek primer veya segonder toprak tanecikleri toprak yüzeyinden sökülür ve yağmur damlasının bu parçacıkları sıçratması ile eğim yönünde hareket eder yada yüzeyde akan su ile süspansiyon halinde taşınırlar. Diğer taraftan kütle halinde toprak hareketi, genellikle çok miktardaki su ile akıcı hale gelen büyük hacimdeki toprak miktarının yer çekimi etkisi ile aynı anda hareket etmesidir.

«Erozyon eğilimi» ise toprakların hızlı harekete karşı bünyelerindeki Juyarlılık olarak tanımlanabilir. Bu terim geniş bir yorumlamaya açık isede, çok sık şekilde yüzeysel erozyonla ilgili olarak kullanılmaktadır. Bir toprağın erozyon eğilimi yalnızca toprak özelliklerine dayanılarak tespit edilir. Bu tespitin içine hiç bir çevresel faktör dahil edilmez.

Sadece toprağın çözölmeye ve taşınmaya karşı direncini belirtmek için kulla-

nılmış bazı terimler varsada, bu tartışmada infiltrasyonu ve perkolasyonu etkileyen özellikler de ele alınacaktır.

Günümüzde yağmur erozyonu ile ilgili bilgilerin en iyi şekilde derlemesi SMITH ve WISCHMEIER (1962) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacılar yüzey erozyonu üzerinde etkili olan dört temel faktör tanımlanmaktadır.

1. Erozyon ile ilgili yağmur karakteristikleri.

Toprağın çözülmesine yağmur damlasının darbe etkisi, dolayısıyla damlanın hızı ve kütlesi ile değişen kinetik enerjisi neden olur. Çözülmüş toprak parçacıklarının toprak yüzeyinde akan yağış suları ile taşınması yüzeysel akışın miktarı ve türbülansın etkisi altındadır. Bu her iki etkende bir dereceye kadar yağmur şiddetinin fonksiyonlarıdır.

2. Toprağın erozyon eğilimi.

Bu konuda, Smith ve Wischmeier erozyon üzerine etkili olan bütün toprak özelliklerini dahil ederler. Bunlar suyun hem perkolasyonunu hemde infiltrasyonunu etkileyen faktörler olup çözülme ve taşınmaya karşı toprak parçacıklarının direncini etkileyen toprak özellikleridir.

3. Topoğrafya.

Yüzey erozyonu üzerinde, hem yamaç uzunluğu hemde eğim yüzdesi önemli etkilere sahiptir.

4. Bitki örtüsü ve ölü örtü.

Smith ve Wischmeier'e göre, toprak erozyonunun en büyük engelleyicisidir. Toprak üzerinde iyi bir örtünün varlığı yağmurun çözme ve taşıma gücünü en az düzeye indirir.

Toprağın kütle halinde hareketi, yol yapım çalışmaları ve bakımı açısından özel bir öneme sahiptir. Toprağın böyle kütle halinde hareket etmesinde başlıca etken yerkedimi olduğundan bu tip toprak hareketi dağlık arazilerde çok sık görülür. Bu hareketler toprak kayması şeklinde ani olabildiği gibi, aşağı doğru gözle izlenemeyen yavaş bir hareket halinde de olabilir. Amerika Birleşik Devletleri'nin batı eyaletlerinde kütle halinde toprak hareketleri çoğunlukla toprağın içine aldığı su miktarına bağlıdır. Burada suyun ağırlığının itici güce eklenmesi aynı zamanda toprağın direncini de azaltır.

3. ORMAN TOPRAKLARININ EROZYON EĞİLİMİ

3.1. Toprak parçacıklarının çözülme ve taşınmaya karşı direnci

Toprak bilimciler 30 yılı aşkın bir süredir aşağıdaki sorunun cevaplanması için çalışmaktadırlar. «Bir toprağın bünyesindeki hangi özellik, diğer yetiştirme muhiti koşulları aynı kaldığı halde, bu toprağı erozyona diğerinden daha yatkın hale getirebilir». Yapılan araştırmalar laboratuvarında kolaylıkla değerlendirilebilen bir veya birkaç özelliğın toprakların nisbi erozyon eğilimlerini tayin etmede hassas bir indikatör olarak hizmet görebileceğini ortaya çıkarmıştır.

Yüzey toprağının çözülme ve taşınmaya karşı gösterdiği direncin suya dayanıklı agregatlaşma ile sıkı bağntıda olması nedeniyle, erozyon eğilim indislerinin bu özelliği herhangi bir yollada olsa ölçme konusunda birleşmeleri şartıcı değildir.

Toprakların erozyon eğilimi üzerine yapılan ilk araştırmalardan biri MIDDLETON (1930)'un yaptığı çalışmadır. Bu araştırmacı, tarım alanlarında çalıştığı halde, onun yöntemleri sık sık orman topraklarına da tatbik edilmiştir. Middleton, toprakların bünyelerindeki aşınabilme özelliğini belirleyen iki indis geliştirmiştir. Bunlar «Dispersiyon oranı» ve «Erozyon oranı»dır. Bu iki oran; agregat stabilitesi, topraklarda dane-boyut dağılımı, rutubet ekivalanı gibi laboratuvar bulgularına dayanırılmıştır. Middleton, bu indislerin belirlenmesinde ele alınan toprak özelliklerinin erozyonu etkileyen özelliklerin hepsi olmadığını açıkça belirtmesine rağmen dispersiyon oranının topraklar arasında erozyona yatkın ve yatkın olmayan diye yapılacak bir ayırım için en değerli tek kriter olduğunu ifade etmiştir. Diğer taraftan Middleton'un oranları, bir çok araştırmacı tarafından eksikleri belirtilmiş olmasına rağmen, geçmişte yaygın olarak kullanıldığı gibi şimdi de kullanılmaktadır. LUTZ (1934) rutubet ekivalanının bir çok faktörlerin etkisi altında olduğu halde, toprağın erozyon eğilimi ile keyfi olarak alınan bir oran (örneğin erozyon oranı) arasındaki ilişkinin nedenini anlamamın güçlüğünden bahsetmektedir. ANDERSON (1951) Middleton'un oranlarının kullanılabilirliğini Kaliforniya'daki yüksek yerlerde denenmiş ve dispersiyon oranının kullanılmasını tavsiye etmiştir. Ayrıca erozyon oranından bir dereceye kadar daha iyi bir erozyon eğilim indeksi teklif etmiştir. Daha sonra Anderson bu indeksleri kendi bulduğu «Yüzey agregatlaşma oranı» ile tamamlamıştır. Bu yüzey komponenti, tozdan büyük parçacıkların bir gramında cm² olarak yüzey alanı miktarını ifade eder (ANDERSON, 1954).

Agregatlaşma oranı, agregatlaşmış toz ve kil miktarı ile ilgilidir. Dispersleştirilmiş topraktaki toplam toz ve kil miktarının dispersleştirilmemiş topraktaki toz ve kil miktarına bölünmesi ile bulunur. WOOLDRIDGE (1964) ise suya dayanıklı agregatların ortalama çapını, toprağın erozyon tehlikesinin bir ölçüsü olarak kullanmıştır. Bu araştırmacı ortalama agregat çapını YODER (1936)'in ıslak eleme tekniğinin biraz değiştiğini kullanarak tayin etmiştir. Sonuç olarak ortalama agregat çapının küçülmesi halinde erozyon eğiliminin arttığı saptanmıştır.

Bu indislerin toprakta erozyon eğilimini ölçmede kullanılmaya başlanmasından sonra araştırmacılar, indis değerleri ile diğer toprak ve yetiştirme muhiti özelliklerini ilişkiye getirmeye çalışmışlardır. Burada esas amaç erozyon eğilimi üzerinde en kuvvetli etkiye sahip faktörlerin ortaya çıkarılmasıdır. Böylelikle sözkonusu faktörlerin aksi yönde etkili olduğu yerlerde amanaşman uygulamaları değiştirilebilir. Son zamanlarda bu alanda yapılan araştırmalarda erozyon eğilim indislerinin bağlı değişken olarak alındığı çoğul regresyon analizlerinden yararlanılmaktadır. Burada serbest değişkenleri (çoğunun toprak karakteristikleri olması yanında) yükselti eğim ve bitki örtüsü gibi diğer faktörler teşkil etmektedir.

Genellikle ana materyal, yukarı ormanlık alanlardaki toprak özellikleri üzerinde çok derin bir etkiye sahiptir. Buralarda toprak profilleri sığ ve gelişmemiş olma eğilimi gösterir. Bir çok toprak karakteristikleri doğrudan doğruya irsi olarak ana materyalden gelir. Bunun doğal sonucu olarak da bir çok sahada ana materyal ile erozyon eğilimi arasında açıkça izlenen sıkı bir ilişki vardır.

Kaliforniya'da, WILLEN (1965), WALLIS ve WILLEN (1963) ve ANDRE ve ANDERSON (1961) tarafından yapılan yeni araştırmalarda, asit volkanik kayalardan oluşmuş toprakların diğer ana materyallerden oluşmuş topraklardan daha çok erozyona yatkın oldukları bulunmuştur. Wallis ve Willen 258 örnekleme noktasını kapsayan bir toprak araştırmasının sonuçlarına göre, 12 ana materyali erozyona yatkınlıkları bakımından aşağıdaki şekilde sıralamışlardır.

Erozyona yatkın ana materyaller :

Granit

Kuarslı Diorit

Cenezoik sedimenter

Şistler

Orta derecede erozyona yatkın olanlar :

Diorit

Değişik metamorfik kayalar

Erozyona dayanıklı ana materyaller :

Cenezoik denizsel sedimenter

Bazalt ve Gabro

Pre Cenezoik denizsel sedimenter

Peridotit ve Serpantin

Andezit

Merkezi Washington'da çalışan WOOLDRIDGE (1964)'de özellikle asit volkanik kayalardan oluşan toprakların erozyona yatkın olduğunu bulmuştur. Bu araştırıcı erozyon tehlikesini ölçerken kriter olarak suya dayanıklı ortalama agregat büyüklüğünü kullanmıştır. Granodiorit anakaya üzerinde gelişmiş topraklarda ortalama agregat büyüklüğünü 2.73, buna karşılık bazalıtta 3.50, kumtaşı topraklarında ise 3.64 mm olarak bulmuştur. Organik madde, suya dayanıklı büyük agregatların oluşumunda en önemli bir bağlayıcı etkidir. Bu yüzden topraktaki organik madde miktarı ekseriya erozyon eğilim indisleri ile sıkı ilişki verir. BROWNING (1937) bu ilişkiyi ilk tanımlayan araştırmacılarından birisidir. O, topraklara organik madde ilave edilmesiyle büyük agregatların yüzdesinde artış olduğunu ve sonuçta dispersiyon oranı değerlerinin de düşmeler gösterdiğini bulmuştur.

Diğer taraftan WOOLDRIDGE (1965) ortalama agregat çapı ile organik madde miktarı arasındaki korelasyon katsayısını 0.71 olarak belirlemiş ve ortalama agregat büyüklüğündeki değişimin % 50'sinin organik madde miktarındaki değişimle ilgili olduğunu vurgulamıştır. WALLIS ve WILLEN (1963) ile WILLEN (1965), göknar ormanı altındaki toprakların erozyon eğilimlerini, çam, çalı veya çayır ile kaplı sahalardaki toprakların erozyon eğilimlerinden önemli ölçüde düşük olduğunu bulmuşlardır. Göknar altından alınan örneklerin toplam organik madde miktarları diğer örtü tiplerinden oldukça büyük bulunmuştur. Topraktaki değişim kompleks üzerinde absorbe edilmiş iyonlar erozyon eğilimi üzerinde ya kümelenme veya dispersleşmeye neden olan kuvvetli bir etkiye sahiptirler. Bu konudaki ilk araştırmalardan bazıları tarım alanlarındaki topraklara kireç ilave edilmesinin etkilerini ortaya koymuşlardır. PEELE (1936) topraklara kireç katılmasıyla erozyon eğiliminin arttığını belirtmektedir.

Ne yazık ki toprakların kimyasal özellikleri ile erozyona yatkınlıkları arasındaki ilişkiyi araştıran bir kaç çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte son zamanlarda WALLIS ve STEVAN (1961) Kaliforniya'daki doğal vejetasyonla kaplı yirmi farklı toprakta erozyon eğilimi ile bu toprakların metalik katyon değişim kapasitesini ilişkiye getirmişlerdir. Örneklenen toprakların erozyon eğilimleri, Midd-

leton'un dispersiyon oranı ve Anderson'un yüzey agregatlaşma oranı indisleri kullanılarak saptanmıştır. Regresyon analizinde serbest değişken olarak topraklarda değişebilir. Ca, Na, K, Mg, miktarları alınmıştır. Bu dört katyondan Ca ve Mg miktarlarının toprağın erozyon eğilimi ile pozitif ve önemli ilişkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Klimatik faktörlerin, toprakların erozyon eğilimi üzerine olan etkileri ise, Kaliforniya'da yapılan ve erozyon tehlikesi ile yükselti veya coğrafik zon arasındaki ilişkilerin konu edildiği araştırmalarda bir dereceye kadar ele alınmıştır. WILLEN (1965) yükseltinin artmasıyla toprakların erozyon eğiliminin de (yüzey agregatlaşma oranı kullanılarak) önemli ölçüde arttığını saptamıştır. O yaklaşık 610 m ve 2231 metreler arasında yer alan granodiorit toprakları karşılaştırmış ve sonuç olarak; yüksek rakımlardaki orman topraklarının alçık sahalardaki aynı topraklardan 2,5 kere daha erozyona yatkın olduğunu bulmuştur. Bunun nedeni iklimatik faktörlerin anakayanın ayrışma hızını şiddetli olarak etkilemesidir. Willen, yine toprak tekstürünün de yükselti ile oldukça yüksek korelasyon gösterdiğini saptamıştır. Daha önceki çalışmalarında ANDRE ve ANDERSON (1961) da yükselti ile erozyon eğilimi arasında önemli ilişkiler bulmuşlardı. Enteresan bir sonuç olarak coğrafik zonen erozyon eğilimi üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı ancak, coğrafik zon ile ana materyal arasındaki karşılıklı ilişkinin % 10 seviyede önem taşıdığı saptanmıştır.

Özet olarak söylenirse Amerika Birleşik Devletleri'nin batı eyaletlerinde yapılan araştırmalar, yüksek yerlerdeki orman topraklarının erozyon eğilimlerinin ana kayanın özellikleri tarafından etkilendiğini ortaya koymuştur. Diğer önemli etkilere sahip olan faktörler ise; yükselti ve bakımın etkilediği iklim şartları ve vejetasyon örtüsünün tabiatıdır. Vejetasyon örtüsü özellikle topraktaki organik madde miktarını etkiler. Ayrıca toprağın kimyasal özellikleri de henüz tam olarak bilinmemekle beraber, bir dereceye kadar erozyon eğilimi üzerinde şüphe götürmez bir etkiye sahiptir.

3.2. Toprak erozyonu ve infiltrasyon :

Toprağın kendine özgü nitelikleri ile kazandığı erozyon eğiliminin diğer önemli bir yönü, toprak profili içine giren ve içinde akan suyun hızı ile ilişkilidir. Hatta, aslında stabil bir toprak bile şiddetli yağışların sık ve uzun süre devam ederek toprağın infiltrasyon kapasitesini aşması halinde hızla erozyona uğrayabilecektir.

Ormanlık alanlardaki erozyon olayının bu yönünü inceleyen araştırmacılar, ekseriya suni yağmur apereylerini içeren infiltrometreler kullanmışlardır. En yaygın kullanım alanına sahip olan üç infiltrometre tipi; Rocky Mountain infiltrometresi DORTINAC (1951), Intermountain infiltrometresi PACKER (1957) ve North Fork infiltrometresidir. ROWE (1940) bu tip cihazların kullanılması ile bilim adamları çok farklı uygulamaların ve yetiştirme muhiti şartlarının yüzeysel akış ve erozyon üzerine etkilerini araştırma olanağına kavuşmuşlardır. Bununla birlikte deneme parsellerinin sınırlı büyüklükte olması ve parselleri sınırlayan kenarların etkisi nedeniyle erozyonla ilgili olarak elde edilen değerler, muhtemelen kesin olanları az ancak öncelikle değişik uygulama veya toprak ve yetiştirme muhiti koşullarında yapılacak nisbi karşılaştırmalarda yararlı olacak değerlerdir. Yüzeysel akış parsellerinin yer aldığı ilk çalışmalardan biri 1928 ve 1929 yıllarında LOWDERMILK (1930) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacı, Kaliforniya'daki çeşitli topraklarda orman örtüsünün, yüzeysel akış ve erozyon üzerine etkilerini araştırdığı klasik araştırma-

sında yaygın olan kanaatin aksine, ölü örtünün faydalı etkisinin yağmur sularını absorbe etme özelliğinden ziyade, toprağı yağmur damlasının tahrip edici etkisinden koruması olduğunu bulmuştur. PACKER (1957) Idaho'daki çayır örtüsü ile kaplı Boise Rivier yağış havzasında yüzeysel akış ve erozyon üzerine yaptığı araştırmasında geniş ölçüde Intermountain infiltrometresini kullanmıştır. Granit ana materyal üzerinde gelişmiş topraklarda yaptığı araştırmasında; yüzeysel akış ve erozyon dokuz yetiştirme muhteli faktörü ile ilgili bulunmuştur. Bu konuda en etkili faktörler, toplam kapalılık ve çıplak toprak açıklıklarının maksimum boyutu bulunmuştur, Packer'in bulgularına göre yüzeysel akış ve erozyonun minimuma inmesi için örtünün toprağı % 70 oranında kapaması ve açıklıkların maksimum büyüklüğünün yaklaşık 10 cm veya daha az olması gerekmektedir, PACKER (1953) başka bir araştırmasında çiftlik hayvanlarının toprağı sıkıştırma etkisinin (trampling), yüzeysel akış ve erozyon üzerine yaptığı etkileri ortaya koymuştur. Burada şiddetli sıkıştırmalarda bile % 90 veya daha fazla bir kapalılığın yüzeysel akış miktarını ve toprak erozyonunu makul sınırlar içinde tuttuğunu saptamıştır.

DORTIGNAC ve LOWE (1961) Kolorado Front Range de Ponderosa çamı - çalı - çayır örtü tipi ile kaplı granit ana materyal üzerinde gelişmiş topraklarda, vejetasyon ve toprak özelliklerinin infiltrasyon üzerine etkilerini araştırmışlardır. Onlar «Rocky mountain» infiltrometresi kullanarak yaptıkları infiltrasyon ölçmelerinde ortalama infiltrasyon oranlarını; çam - ölü örtü tipinde yaklaşık 5.2 cm/saat, çam - çayır tipinde 4.9 cm/saat ve çayırılık alanda 3.8 cm/saat olarak bulmuşlardır. Bu iki araştırmacı infiltrasyonu etkileyen önemli faktörler olarak toprak yüzeyindeki ölü örtünün ağırlığını ve kapılar olmayan boşlukları bulmuşlardır.

Yüzey toprak şartlarının devam ettirilmesinde ölü örtünün faydalı etkisinin, hızlı infiltrasyona tercih edilebileceğı literatürde tekrar tekrar vurgulanmıştır. Örnek olarak DUNFORD (1954)'un yaptığı çalışmada Kolorado Front Range de Ponderosa çamı altında ölü örtünün uzaklaştırılması sonucu yüzeysel akış miktarında, kontrol parseline nazaran 6.9 kere artma olmuştur. Bu tip araştırmalar mineral toprağın açığa çıkması ile infiltrasyon oranlarının sayısal olarak da azaldığını göstermiştir. Yüzey toprakta porozitenin düşme nedeni ise yağmur damlasının çarpma etkisiyle strüktürün bozulmasıdır. Yağmur damlalarının bu dövüp sıkıştırması toprak agregatlarını parçalar, toprak parçacıklarını çamur eriyiğı halindeki yüzeyde akan suya karıştırır ve yüzey porozitesinin tıkanmasına neden olur. LOWDERMILK (1930), çıplak mineral toprağın yağmur etkisine açık kalmasını takiben ince tıksız bir yüzey tabakası oluşmasına belkide ilk dikkati çeken kişiydi. Londermilk'in bu gözlemleri HENRICKSON (1934) ve LUNT (1937)'da dahil olmak üzere bir kaç araştırmacı tarafından doğrulanmıştır.

4. ORMAN AMENAJMANI VE YANGINLARIN TOPRAK EROZYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

4.1. Yangın erozyon miktarları üzerine etkileri :

Orman yangınlarından sonra daima toprak erozyonu miktarlarının arttığı görülür. Bu oluşum çeşitli literatürde de bir çok kereler belirtilmiştir. Fakat bu yarıda sadece bir kaç araştırma sonucu özetlenebilecektir.

Yangını takip eden hızlı erozyonun büyüklüğü görünüşte bir çok faktör tarafından etkilenmektedir. En önemli iki tanesi toprağın kendine özgü niteliklerine bağlı erozyon eğilimi ve yanmanın şiddetidir. Bu faktörler daha ayrıntılı olarak sonra ele alınacaktır.

Kaliforniya'nın dağlık maki sahalarında bir çok problemin yangınlarla ilişkili olması nedeniyle, bu sahalarda yangınları izleyen erozyon olayı üzerine diğer yerlerden oldukça fazla çalışma yapılmıştır. ROWE (1941) Sierra Nevada eteklerinde orman-maki-çayırda kaplı sahalardaki yüzeysel akış parsellerinde yangının etkilerini araştırmıştır. Dokuz yıllık deneme sırasında yanmamış parsellerde kayda değer bir erozyon meydana gelmemiştir. Buna karşılık dokuz yıl içinde iki kere yanmış parselde ortalama 9.88 ton/ha, her yıl yanmış parselde ise ortalama 279.1 ton/ha lık bir toprak kaybı olmuştur. Rowe, bu ölçülen erozyon miktarlarını ölü örtünün hemen hemen tamamen tahrip olması nedeniyle infiltrasyon kapasitesinin düşmesine bağlamıştır. Kuzey Kaliforniya'da çalışan KRAMES (1960) yangının neden olduğu erozyonun, yangından evvelki miktarlardan 4-17 kere fazla olduğunu bulmuştur. Kurak mevsimdeki toprak hareketlerinin (bir ölçüde toprak kayması ve kuru çözülme gibi) genellikle ıslak mevsimdekinden fazla olması da enteresan bir bulgu olmuştur. CONNAUGHTON (1935) Idaho da yanmış iki saha üzerinde yaptığı araştırmada önceden tıraşlama kesilmiş 1372 hektarlık bir saha ile 1902 hektarlık bakir bir saha üzerinde çalışmıştır. Yangından sonra; tıraşlama kesilmiş parselin % 42'sinde, bakir olan sahanın ise % 28'inde hızlı erozyon meydana geldiği görülmüştür. Bu oransızlığın nedeni olarak tıraşlama kesilen sahada kesilen materyalin toprak yüzeyinde bırakılması ve bunların çok yoğun bir yüzey yangınına sebep olması gösterilmiştir.

Bunlardan başka Arizona'da, Ponderosa çamı ile kaplı sahalarda orman yangınlarını takiben çeşitli erozyon araştırmaları yapılmıştır. HENDRICKS ve JOHNSON (1944) Sierra Ancha araştırma ormanında 1942 yılındaki yangından sonra dik yamaçlar üzerindeki erozyon kayıplarını ölçmüşlerdir. Bir yıllık erozyon kaybı toplam olarak 79 ile 407.5 ton/ha arasında olmuştur. Diğer taraftan RICH (1962) 24.3 hektarlık yanmış bir sahada toplam toprak kaybını yaklaşık 1233.5 m³ olarak vermektedir. BISWEL ve SCHULTZ (1957) Kuzey Kaliforniya'da Ponderosa çamı ile kaplı alanlarda yaptıkları kontrollü bir yangının erozyon üzerine etkisi olmadığını görmüşlerdir. Diğer taraftan COOPER (1961) Arizona'da White Mountain de, taşınan materyalin sadece kısa bir mesafe içinde hareket etmesine ve toprağın yangından 9 ay sonra geniş ölçüde dengeye kavuşmasına rağmen kontrollü yakmanın toprağın çıplaklaşmasını ve hareketini önemli derecede arttırdığını saptamıştır.

4.2. Yangının toprakta erozyon eğilimini etkileyen faktörler üzerine etkileri :

Yangının ekseriya erozyon ve derelerde sedimentasyon artışı ile ilgili oluşu akla doğal olarak şu soruyu getirmektedir. «Yanma, toprağın kendine özgü karakteristiklerinde erozyon eğilimini artırıcı yönde ne gibi değişmelere neden olmaktadır?»

Bu sorunun kesin cevabı verilememekle beraber, biz araştırmalara konu edilen önemli faktörlerden bazıları üzerinde duracağız.

Yanmayı takiben yapılan infiltrasyon ölçmeleri ekseriya beklenmedik sonuçlar vermiştir. Erozyon miktarlarının yüksek bulunmasına karşılık BURGYY ve SCOTT (1952), SCOTT (1956) ve SCOTT ve BURGYY (1956) Kaliforniya'daki maki ile kaplı yerlerde yangından sonra toprakta infiltrasyon miktarının da arttığını belirtmektedirler. Ölçülen artışlar en azından bir yıl içinde durumlarını korumuşlardır. PILLSBURY (1953) yangının ardından infiltrasyon ve erozyon miktarlarının arttığını gösteren bulguları yüzeysel toprağın gevşek özellikte olmasına atfederek açıklamaya çalışmıştır. Bu çelişkinin diğer mümkün olabilecek bir açıklaması, infiltrasyon ölçmelerinde dairesel infiltrometrelerin kullanılması ile yapılabilir. Toprağın yüzeyin-

de bir su gölü meydana getirerek yapılan ölçmeler doğal şartlardaki ölçmelerden oldukça farklı olabilirler.

Son zamanlarda Kuzey Kaliforniya'daki maki sahalarında, infiltrasyon miktarlarını etkileyen yangının neden olduğu hidrofobik özellikler araştırılmıştır. (PELISHEK, OSBORN and LETEY, 1962). Laboratuvarda yapılan denemelerde hidrofobik topraklara ıslatıcı maddelerin ilave edilmesiyle yapılan denemelerde infiltrasyonun belli bir şekilde arttığı bulunmuştur. San Dimas araştırma ormanında 1962 yangınından sonra, kısmen kül haline gelmiş 5 - 7.5 cm lık bir tabaka ile toprak yüzeyindeki ayrılmış ölü örtünün belirli bir hidrofobik özelliğe sahip olduğu saptanmıştır. Bu yüzeylere ıslatıcı etki yapan maddelerin püskürtülmesi ile erozyon miktarı önemli ölçüde azalmıştır (OSBORN et al 1964).

Kuzeybatı Pasifikte Douglas - göknarı rejonunda üretim artıkları sahadan yaygın şekilde bir yakma ile uzaklaştırılır. Yangından sonra sahanın % 5 - 8'inde toprak yüzeyinin durumu şiddetli yanmış olarak belirlenmiş ayrıca diğer yerler fazla yanmamış veya hafif yanmış durumlarda bulunmuştur. (TARRANT, 1956; DYRNESS and YOUNBERG, 1957). Tarrant, şiddetli bir yanma sonucunda makroskopik boşluk hacmindaki azalmadan dolayı perkolasyon miktarının düştüğünü ve hafif yanma geçirmiş topraklar da ise perkolasyon miktarlarının değişmediğini veya hafif arttığını bulmuştur. Kaliforniya'da çalışan ROWE (1941), Arizona'da çalışan FULLER (1955) ve İngiliz Kolombiyasında çalışan BEATON (1959) gibi araştırmacıların da dahil olduğu bir çok araştırmacı yanma sonucunda toprakların infiltrasyon miktarlarının düştüğünü belirtmektedir. Bu azalmanın kabaca yangının şiddeti ile ilgili olduğu söylenebilir. Çünkü hafif yanmış sahalarda infiltrasyon miktarları çok az değişmiş veya bazı hallerde hafifçe artmıştır.

Yangın yüzey toprakta suya dayanıklı agregatların bir kısmını tahrip etme eğiliminde olabilir. DYRNESS ve YOUNBERG (1957) Oregon sahil şeridinde büyük bir yangını takiben şiddetli yanmış yerlerde suya dayanıklı agregatların miktarında % 18'lik bir azalma olduğunu bulmuşlardır. Hafif yanmış kısımlarda ise bu agregatların miktarı değişmeden kalmıştır. Organik maddenin, toprak agregat oluşumunda önemli bir bağlayıcı etken olması nedeniyle yangın tarafından herhangi bir şekilde organik maddenin uzaklaştırılması toprağın yapısal dayanıklılığı üzerine ters etkiye sahip olabilir. Kuzeybatı Pasifik kıyılarındaki yerlerde şiddetli yangınların yüzey topraktaki organik madde miktarını % 64 ile % 75 arasında düşürdüğü bulunmuştur. (AUSTIN and BASINGER, 1955; YOUNBERG, 1953; DYRNESS and YOUNBERG, 1957).

Bu azalma, şiddetli yangın geçirmiş sahada yanma derecesi ile ilgilidir. Hafif yanmış toprakta organik madde miktarı tahrip olmamış sahalardakinin hemen hemen aynıdır. Yanma şiddetinin bu önemi, kontrollü yakmanın toprak organik madde miktarları üzerindeki etkilerinde de yansımıştır. Görünüşte ideal şartlar altında olmuş hafif bir yanma bile doğal olarak organik madde miktarı azalmasını meydana getirebilir. Birleşik Devletlerin güney doğusundaki Pinus longifolia (Longleaf pine) rejonunda çalışan GREEN (1935) ise, sekiz yıllık bir denemede, her yıl yanmış bir topraktaki organik madde miktarının, yangından korunmuş topraktakinden 1.6 kere daha fazla olduğunu belirtmektedir. New Jersey de BURNS (1952) yıllık yanmanın, toprak organik madde miktarında % 31'lik bir artma meydana getirdiğini bulmuştur.

Bütün bunların sonucunda biz, şiddetli bir yanmanın yüzey toprak özelliklerini, erozyon eğilimini arttırabilecek nitelikte değiştirebildiğini ve hafif yanmanın ise

ekseriya toprak özellikleri üzerinde doğrudan küçük etkileri olabildiğini söyleyebiliriz.

Bu yüzden yangından ileri gelen önemli değişimler ekseriya mineral toprağın kendisinde olmamaktadır. Esas etki daha ziyade toprağın yüzünü koruyan vejetasyon ve ölü örtü üzerindedir. Toprak yüzeyinde birikmiş yanıcı ölü örtü şiddetli bir yangınla yandığı zaman mineral toprak açığa çıkar. Yağmur damlasının çarpma etkisiyle yüzey toprak strüktürü tahrip olur, buda infiltrasyonun büyük ölçüde düşmesine neden olur. Diğer taraftan hafif bir yüzey yangını genellikle sadece ölü örtüyü kömürleştirecektir. Açığa çıkan mineral toprağın çoğu artıklarla kısmen örtülü kalacaktır. Birçok hallerde bu ölü örtü artıkları toprak porozitesinin devamını sağlayacak yeterli korumayı sağlayabilir ve hızlı erozyonun büyük ölçüde artmasını önleyebilir.

4.3. Üretim ve yol yapma çalışmalarının toprak erozyonu üzerine etkileri :

Bir çok faktörü içerdiği için istihsal işlerinin toprak erozyonu üzerine etkilerini belirlemek güçtür. Traşlama kesimi veya seçme kesimi gibi istihsalın tipi toprak stabilitesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu arada istihsal sahasının, bilhassa toprağın yapısal özelliklerine bağlı erozyon eğilimi, eğim, istihsalden sonraki vejetasyonun kapalılık miktarı, iklimatik faktörler ve özellikle yağış şiddeti gibi yetiştirme muhiti özellikleri de hesaplama dahil edilmelidir.

Yol yapımı ve istihsal işlerinin erozyon üzerine olan etkilerini araştıran pek çok araştırma, toprak hareketiyle ilgili indirekt ölçümlere dayandırılmıştır. Bu konuda yaygın olarak kullanılanlardan biri; erozyonu deneme havzalarındaki dere akımlarında sediment miktarını tayin ederek hesaplamaktır. Bu metot tahmine dayanmasına rağmen, yapılan uygulamaların etkileri hakkında genel bir fikir vermektedir.

İstihsal faaliyetlerinin derelerde taşınan sediment miktarı üzerine etkilerini araştıran ilk çalışmalardan biri Kuzey Carolina'daki Coweeta hidroloji laboratuvarında 1946 da yapılmıştır. (LIEBERMAN and HOOVER, 1948).

Araştırma sırasında istihsal yapanlarla ilgili olarak bir sınırlama konulmamış ve küçük ölçüde yol yapım çalışmaları serbest bırakılmıştır. İstihsal çalışmaları sırasında ölçülen sediment miktarları 94 ppm ile 3500 ppm arasında değişmiştir. Karşılaştırma için kontrol parselinde ölçülen ortalama değer 4 ppm ile en yüksek 80 ppm arasında kalmıştır. Burada sediment miktarındaki artımın, istihsalin yapıldığı yollarla bunların yamaç gevherinde oluşan erozyondan ileri geldiği ortaya çıkmıştır.

Batı Virginia'daki Fernow deneme ormanında yapılan istihsal denemesinde de dere sedimentasyonunun başlıca kaynağının erozyona uğrayan sürütme yolları olduğu saptanmıştır (REINHART and ESCHNER, 1962).

Hatalı yerleştirilmiş ve inşa edilmiş yolların erozyona uğradıkları ve sediment verimini 56 000 ppm gibi yüksek bir değere ulaştırdıkları görülmüştür. Diğer taraftan dikkatli planlanmış ve inşa edilmiş sürütme yolları ihmal edilebilecek miktarda sedimentasyona neden olmuşlardır. Bu araştırma, su kalitesi üzerindeki en büyük etkinin istihsalden hemen sonra meydana geldiğini ve vejetasyon örtüsünün bir yıl içinde tekrar kapalılığa kavuşmasıyla erozyonun gerçekten azaldığını da ortaya koymuştur.

Bazı hallerde istihsal çalışmaları, erozyon miktarları üzerinde ölçülemeyecek kadar az etkili olmaktadır. Güney Michigan'daki Rose Lake yağış havzasında bir meşe - hickory ormanında yapılan tıraşlama kesimi sonunda infiltrasyon miktarında bir düşme olmadığı gibi yüzeysel akış ve erozyon miktarlarında da bir artma olmamıştır (BLACKMARR and WHITE, 1964).

Oregon'un Cascade sıra dağlarındaki H. J. Andrews araştırma ormanında küçük bir havzada istihsal yolu inşaatından sonra sedimentasyon ölçmeleri yapılmıştır (FREDERIKSEN, 1965). 1959 yılında yamaç üzerinde yaklaşık 101 hektarlık bir havzada 2655 m'lik bir yol yapılmış ve yol yapımından sonra meydana gelen ilk sağnağı izleyen ölçmede, bu havzadan işlem görmemiş komşu havzaya nazaran 250 defa daha fazla sediment taşındığı saptanmıştır. Ancak sediment miktarı, iki ay içinde yol yapılmadan önceki ölçmelerden biraz fazla bir miktara kadar düşmüştür.

Toprak kaymaları ve göçmeler gibi kütle halindeki toprak hareketlerinin, H. J. Andrews deneme ormanının dik yamaçlarında oldukça önemli miktarlara vardığı görülmüştür. Genellikle düzensiz şiddetli yağışların söz konusu olduğu kış döneminde meydana gelen bu tip nadir hareketler deneme havzalarında oluşan kütle halindeki hızlı erozyonun belli başlı nedenini teşkil ederler.

Kütle hareketlerinin en yaygın şekillerinden biri, tamamiyle yerleşmemiş arazide yer alan aşırı derecede dik, akım başlangıç kesimlerindeki ani kütle kırılmalarının neden olduğu kanal oyulmalarıdır. Bu tip toprak hareketleri tamamen tahrip olmamış havzalarda da meydana gelebilir. Bununla beraber genellikle insanın neden olduğu tahribat, özellikle yol yapımları, gerçekte başlatıcı hareketler olmaktadır.

FREDERIKSEN (1965), kısmen kesim yapılmış havzalarda, kanal oyuntuları şeklinde oluşan toprak kaymasının 1964 yılı Aralık ayındaki düzensiz sağnaqlar sonucunda oluştuğunu ortaya koymuştur. Burada Hektardan yıllık 84,95 m³ lük toprak, çakıl ve enkaz taşınarak dere yatağının aşağısında birikmiştir. Aynı havza için birbirini takip eden 6 yıllık kayıtlar yıllık birikimin hektar başına 0,009 - 0,068 m³ arasında değiştiğini göstermiştir.

BISHOP ve STEVENS, (1964) Alaska'daki dik yamaçlar üzerinde tıraşlama kesim yapılmasından sonra akımların ve enkaz çıkışlarının yaygın olarak meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bunun yanında yakacak odun istihsal edilen tahrip olmamış ormanlarda kütle halindeki toprak hareketinin sınırlı sayıda meydana geldiği saptanmıştır. Bu şekildeki erozyon istihsal çalışmalarının bitimini izleyen bir kaç yılın yağışlı devrelerinde büyük ölçüde hızlanmıştır.

Yol yapımı ve istihsal faaliyetlerinin etkileri ile ilgili probleme entransan bir yaklaşım ANDERSON (1954) tarafından yapılan bir çalışmayla getirilmiştir. Anderson bu çalışmasında Batı Oregon'daki 29 derenin sediment kayıtlarını regresyon analizi yoluyla değerlendirmiş ve istihsal ile yol yapım faaliyetlerinin derelerdeki sediment verimi üzerine olan etkilerini diğer faktörlerden ayırmayı başarmıştır.

Burada, ormanda yapılan kesim % 0.6 dan % 1.5 a çıkarılacak olursa sadece kesimden dolayı sediment miktarında % 18 lik bir artma beklenebileceği saptanmıştır. Aynı şekilde bir hareketle, yolların havzada kapladığı alanın % 0.1 den % 0.5 e çıkarılmasıyla 29 derecedeki sediment miktarının % 260 artacağı sonucuna varılmıştır. Anderson, gelecekteki istihsal ve yol gelişmelerini de dikkate alarak sediment veriminde 3 katlık bir artma olabileceği sonucuna varmıştır.

Büyük bir saha üzerinde kesin erozyon ölçmelerine kalkışıldığında güçlüklerle karşılaşılması nedeniyle az sayıda araştırma, istihalden sonra sahada meydana gelen erozyon miktarının hassas olarak ölçülmesine yöneltmiştir.

SARTZ (1953) Oregon'da, Portland yakınında tıraşlama kesimi ve kesim artıklarının yakılmasından sonra erozyon miktarını ölçmüştür. Eğim - profil tekniği ile yaptığı ölçmeler zaman azlığı nedeniyle yüzeysel akış hakkında bir ipucu vermemesine rağmen, dikkat çekici bir toprak kaybı olduğunu ortaya koymuştur. Sartz, toprak kaybının yağmur damlasının çarpma etkisinin neden olduğu tabaka erozyonu olarak sınıflandırılabilceğini belirtmiştir.

DEL'F ve arkadaşları (1958), Almanya'da tıraşlama kesimi yapılmasının hemen ardından tabaka erozyonunu yılda hektar başına 20.01 ton olarak ölçmüşlerdir. Ancak bu miktar vejetasyon örtüsünün tekrar sahaya getirilmesinden 5 yıl sonra yılda sadece 0.37 ton/ha a düşmüştür.

4.4. İstihsal çalışmalarının toprakta erozyon eğilimini etkileyen faktörler üzerine etkileri

İstihsal çalışmalarının genellikle toprak erozyonu ve derelerde sediment verimini artırıcı sonuçlar doğurduğu inkar edilemez. Bununla beraber bizzat ağaçların uzaklaştırılmasının yüzeysel akış ve yüzey erozyonuna neden olmadığını açıklamak gereklidir. Bu olay, Coweeta hidroloji laboratuvarında bir deneme ile ortaya çıkarılmıştır (DILS, 1957). Ormanlık bir havzada bütün vejetasyon kesilmiş ve kesildiği yerde bırakılmıştır. Bunun sonucunda yüzeysel akışta ve derelerdeki sediment miktarında bir artış meydana gelmemiştir.

Genellikle araştırmalar, istihsal çalışmalarından sonra erozyonun artmasına yardımcı olan faktörleri, mekanik tahribatın neden olduğu kompaktlaşma ve mineral toprağın açığa çıkması olarak belirtirler. İnfiltrasyon miktarları üzerine yapılan bazı araştırmalar, istihsal işlemlerden sonra kompaktlaşma ve diğer bozulmaların zararlı etkilerini ortaya koymuştur. FERNOW deneme ormanında çift silindirli infiltrometre kullanan REINHART, (1964) istihalden sonra infiltrasyon miktarlarının, sürütme yollarının dışında, maksimum yağış şiddetlerinin oldukça üstünde kaldığını saptamıştır. Sonuç olarak yüzeysel akış ve yüzey erozyonunun geniş ölçüde bu sürütme yolları üzerinde meydana geldiği belirlenmiştir.

Bir istihalden sonra Batı Melezi - Douglas göknarı karışık meşceresinde çalışan TACKLE (1962) beş yıl süre ile yıllık infiltrasyon miktarlarını ölçmüştür. İstihalden sonraki ilk yıl sürütme yollarının kazanmış yerlerinde infiltrasyon miktarı diğer bozulmamış yerlerin infiltrasyon miktarının % 4.1 ve % 15.4 ü kadar olmuştur. Sürütme yollarındaki infiltrasyon değerleri sonraki dört yıl süresinde de çok az artmalar göstermiştir. Güneybatı Washington da tıraşlama kesilmiş bir sahada traktörle yapılan bölmeden çıkarma işlemi sonucunda, sürütme yollarında permeabilite % 93, sahanın kalanında % 35 azalma göstermiştir (STEINBRENNER and GESSEL, 1955).

İstihsal tipinin neden olduğu tahribat sonucunda toprakların permeabilitelerindeki görülen bu düşüşler karşısında orman - arazi amenajmanlı toprak tahribatını minimuma düşürme gayreti içinde çeşitli istihsal metodlarına önem vermeye başlamışlardır.

Kuzeybatı Pasifikte en az dört farklı istihsal metodunun kullanıldığı bir yerde çeşitli araştırmacılar istihsal çalışmalarının neden olduğu tahribatın miktarını ölç-

meyi denemişlerdir. WOOLDRIDGE (1960) vinçli havai hat ile yapılan bir bölmeden çıkarma ile traktörle yapılan bölmeden çıkarma işlemini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak traktörle yapılan çalışmadan sonra sahanın % 29.4 ünün, buna karşılık vinçli havai hatla sadece % 11.1 inin tahrip olduğu bulunmuştur. DYRNESS (1955) Oregon Cascades de traktör ve havai hat ile yapılan istihsal çalışmasından sonraki toprak yüzeyi durumunu incelemiş ve traktörle yapılan çalışma sonunda toplam alanın % 27 sini havai hat ile ise sadece % 9 unun kompaktlaştığını görmüştür. Havai hat ile çalışılması sonucunda toplam alanın % 57 si tahrip olmadan kalmış buna karşılık traktörle çalışılması sonucunda % 36 gibi bir değer elde edilmiştir.

Balonla yapılan bölmeden çıkarma işlemi (halen Oregon'da deneme safhasında) toprak tahribatının daha fazla azaltılamayacak ölçüde minimum indirebilir. Bazı durumlarda ormanlık havzalarda yol yapım ve istihsal çalışmalarından sonra erozyon miktarının artması beklenebilir. Bununla beraber kereste istihsal operasyonlarında taşıma denemeleri yaparak, veya akıllıca tasarlanmış ve yapılmış yol geçitleri ve kaydırma olukları vasıtasıyla erozyon oluşumu önemli ölçüde kontrol edilebilir.

Yol boylarında ve istihsal alanlarında erozyonu minimuma indirmek için uygulamalarla ilgili bir çok faydalı tasarımlarda bulunulmuştur. Ama bütün ön hesaplara rağmen bir miktar erozyondan kaçınılamaz. Bu erozyon, çıplaklaşmış yamaçlardaki gözle takip edilebilir tabaka erozyonu ile kütle halindeki toprak hareketi arasında değişebilir. Toprak hareketinin tipi ve miktarı sahanın özel karakteristiklerinin etkisi altındadır. Bu etkili faktörler daha evvel bahsedildiği gibi şunlardır. Topografik faktörler, iklimatik faktörler, toprağın kendine özgü yapısal özelliklerine bağlı erozyon eğilimi, ölü örtü ve vejetasyon tarafından toprağa sağlanan korumanın derecesidir.

4.5. Ormanlık yağış havzalarının erozyon potansiyelinin tahmin edilmesi

Görüldüğü üzere orman topraklarının erozyonu ile ilgili önemli miktarda bilgi mevcuttur. Erozyon olayını etkileyen çok çeşitli faktörlerin bulunması nedeniyle bir çok araştırma sadece lokal öneme sahiptir ve onlardan elde edilen bilgileri başka bir saha üzerine uygulamak güçtür. Ayrıca orman - arazi amenajmancısının çalıştığı arazinin belli bir amenajman koşulları altında erozyon potansiyelini kesinlikle tahmin etmesi mümkün değildir. Araştırmacı çeşitli toprak tiplerinin nisbi erozyon eğilimleri hakkında genel bir fikir sahibi olabilir ve büyük olasılıkla bir kayıpta birbiri ile ilişkili diğer faktörleri kıymetlendirebilir ve erozyon miktarının umulan sayısal hesabına ulaşabilir.

Orman alanlarındaki toprak erozyonunu sayısal olarak hesaplamak üzere geliştirilen metodlar büyük öncelik sağlarlar. Bu şekildeki çalışmalar Birleşik Devletlerdeki tarım alanları için çok önceden teklif edilmişti. Birleşik Devletler Tarım Bakanlığı tarımsal araştırma servisi yardımıyla, A.B. Devletlerinin doğusu için bir toprak kayıp denklemi geliştirilmiştir (WISCHMEIER and SMITH, 1960). Bu Üni-versal toprak kayıp denklemi belli bir amenajman uygulaması altında bulunan bir sahadan yıllık ortalama toprak kaybını ton/acre olarak vermektedir. Denklemdaki terimler, erozyon üzerine etkili olan şu faktörleri içerirler; yağmur enerjisi, toprağın erozyon eğilimi, yamacın eğimi ve uzunluğu, iklim, amenajman ve erozyon kontrol uygulamaları.

Yüksek ormanlık alanların tarım alanlarından çok daha heterojen olma tema-

yünlü içinde bulunduğu gözönüne alındığında, benzer açıklamaların ormanlık alanlardaki şartlar için öne sürülmesi güç olacaktır.

Bu heterojenlik bütün çevresel faktörler için geçerlidir (Topoğrafya, jeolojik yapı, topraklar, vejetasyon ve iklim). Kapsadığı güçlüklerle rağmen orman toprakları için sayısal erozyon hesapları şüphesiz başarılacaktır. Havzaların erozyon toleranslarını ortaya çıkarmak ve bunlara dayanılarak amenajman planları yapmak mümkün olacaktır. Aynı zamanda, istihsal çalışmalarının su kalitesi üzerine olan etkisi, erozyon miktarı ve derenin sedimentasyon miktarı arasındaki bilinen ilişki yoluyla önceden tahmin edilebilecektir.

Konu ile ilgili diğer bir sorun ormanlık havzaların tek tek erozyon toleranslarını elde etmeye yönelik yoğun araştırmaların yapılmasıdır STAMEY ve SMITH (1964) bu çalışmaların pratik olup olmayacağı, hatta hızlı erozyonun elimine edilip edilemeyeceği konusunda genel bir fikir birliğinin bulunmadığını belirtmektedirler. Ancak amenajman altındaki ormanlık alanlarda toprak kaybının sadece jeolojik erozyonla sınırlı kalacağını farzetmek pek gerçekçi bir yaklaşım olmayacaktır. Bu nedenle asıl sorun belli amenajman esasları uygulanan bir ormanlık alanda ne kadar hızlı erozyonun kabul edilebileceğinin kesin olarak saptanması olacaktır.

K A Y N A K L A R

- ANDERSON, H. W., (1951). *Physical characteristics of soil related to erosion. Journal soil and water Conserv.* 6, 129 - 33.
- ANDERSON, H. W., (1954). *Suspended sediment discharge as related to stream-flow, topography soil and land use. Ame. Gephys. union Trans.* 35, 268 - 81.
- ANDRE, J. E. and H. W. ANDERSON, (1961). *Variation of soil erodibility with geology, geographic zone, elevation, and vegetation type in northern California wildlands. Jour. Gephys. Res.* 66 3351 - 8.
- AUSTIN, R. D. and BAISINGER, (1955). *Some effect of burning on forest soils of western Oregon and Washington. Jour. Forstry* 53, 275 - 80.
- BEATON, J. D., (1959). *The influence of burning on the soil in the timber range area of Lac Le Jeune, British Columbia. Canad. Jour. Soil Sci.* 39, 1 - 11.
- BISHOP - DANIEL M. and MERVIN E. STEVENS, (1964). *Landslides on logged areas in southeast Alaska. U.S. Forest serv. Res. Paper NOR - 1, 18 pp.*
- BISWELL, H. H. and A. M. SCHULTZ, (1957). *Surface run - off and erosion as related to prescribed burning. Jour. Forestry.* 55, 372 - 4.
- BLACKMARR, W. H. and D. P. WHITE, (1964). *A22 - year progres report of hydrologic studies on the Rose Lake Watershed in southern Michigan. Mich. Agr. Expt. sta. Quart. Bul.* 46, 542 - 60.
- BROWNING, G. M., (1937). *Changes in the erodibility of soil brought about by the application of organic matter. coil sci. soc. Amer. Proc.* 2, 85 - 96.
- BURGY, R. H. and V. H. SCOTT (1-52). *Some effects of fire and ash on the infiltration capacity of soils. Emer. Geophys. Union Trans.* 33, 405 - 16.
- BURNS, P. Y. (1952). *Effect of fire on forest soils in the pine barren region of New Jersey. Yale Univ. School Forestry Bull.* 57, 50 pp.
- CONNAUGHTON, C. A., (1935). *Forest fires and accelerated erosion. Jour. Forestry* 33, 751 - 2.

- COOPER, C. F., (1961). Controlled burning and watershed conditions in the White Mountains of Arizona. *Jour. Forestry* 59, 438 - 42.
- DELFIS, J. et al. (1958). Der Einfluss des Waldes und des Kahlschlages auf den Abflussvorgang, den Wasserhaushalt und den Bodenabtrag. M. and H. Schaper, Hannover, Germany, 223 pp. Reviewed by B. H. Heede, *Forest Sci.* 6, 17 - 8 (1960).
- DILS, ROBERT E., (1957). The Coweata Hydrologic Laboratory. U.S. Forest Serv., Southeastern Forest Expt. Sta. 40 pp., illus.
- DORTIGNAC, E. J., (1951). Design and operation of Rocky Mountain infiltrometer. U.S. Forest Serv. Rocky Mtn. Forest and Range Expt. Sta. Paper 5, 68 pp.
- DORTIGNAC, E. J. and L. D. LOVE, (1961). Infiltration studies on ponderosa pine ranges of Colorado. U.S. Forest Serv. Rocky Mtn. Forest and Range Expt. Sta. Paper 59, 34 pp.
- DUNFORD, E. G. (1954). Surface runoff and erosion from pine grasslands of the Colorado Front Range. *Jour. Forestry* 52, 923 - 7.
- DYRNESS, C. T., (1965). Soil surface condition following tractor and highlead logging in the Oregon Cascades, *Jour. Forestry* 63, 272 - 5, illus.
- DYRNESS, C. T. and C. T. YOUNGBERG, (1957). The effect of logging and slash - Burning on soil structure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21, 444 - 7.
- ECKEL, EDWIN, B. (Ed.), (1958). Landslides in engineering practice. Highway Res. Bd. Spec. Rpt. 29, Natl. Acad. Sci., Nat. Res. Council Pub. 544, 232 pp.
- FREDRIKSEN, R. L., (1965). Christmas storm damage on the H. J. Andrews Experimental Forest. U.S. Forest Serv. Res. Note PNW - 29, 11 pp.
- FREDRIKSEN, R. L., (1965). Sedimentation after logging road construction in a small western Oregon watershed. In: *Proc. Fred. Inter - Agency Sedimentation Conf.*, 1963. Misc. Pub. No. 970, U.S. Dept. Agr. Res. Serv., Washington, D.C., pp. 56 - 9.
- FULLER, W. H., (1955). Effect of burning on certain forest soils of northern Arizona. *Forest Sci.* 1, 44 - 50.
- GREENE, S. W., (1935). Effect of annual grass fires on organic matter and other constituents of virgin longleaf pine soils. *Jour. Agr. Res.* 50, 809 - 22.
- HENDRICKS, B. A. and JERRY M. JOHNSON, (1944). Effects of fire on steep mountain slopes in central Arizona, *Jour. Forestry* 42, 568 - 71.
- HENDRICKSON, B. H., (1934). The choking of porespace in the soil and its relation to runoff and erosion. *Amer. Geophys. Union Trans.* 15, 500 - 5.
- KRAMMES, JAY S., (1960). Erosion from mountainside slopes after fire in southern California. U.S. Forest Serv. Pacific Southwest Forest and Range - Expt. Sta. Res. Note 171, 8 pp.
- LIEBERMAN, J. A. and M. D. HOOVER, (1948). Protecting quality of streamflow bay better logging. *South. Lumberman*, Dec. 15, pp. 236 - 40.
- LOWDERMILK, W. C., (1930). Influence of forest litter on runoff, percolation, and erosion. *Jour. Forestry* 28, 474 - 91.
- LOWDERMILK, W. C., (1934). Acceleration of erosion above geologic norms. *Amer. Geophys. Union Trans.* 15, 505 - 9.
- LUNT, H. A., (1937). The effect of forest litter removal upon the structure of the mineral soil. *Jour. Forestry* 35 - 33 - 6.
- LUTZ, J. F. (1934). The physico - chemical properties of soils affecting soil erosion. *Missouri Agr. Expt. Sta. Res. Bul.* 212, 45 pp.

- MIDDLETON, H. E., (1930). *Properties of soils that influence soil erosion*. U.S. Dept. Agr. Tech. Bul. 178, 16 pp.
- OSBORN, J. F., R. E. PELISHEK, J. S. KRAMMES and J. JEYET, (1964). *Soil wettability as a factor in erodibility*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28, 294-5.
- PACKER, PAULE, (1953). *Effects of trampling disturbance on watershed condition, runoff, and erosion*. Jour Forestry 51, 28-31.
- PACKER, PAUL E., (1957). *Intermountain infiltrometer*. U.S. Forest Serv. Intermountain Forest and Range Expt. Sta. Misc. Pub. 14, 41 pp.
- PEELE, T. C., (1936). *The effect of calcium on the erodibility of soils*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1, 47-51.
- PELISHEK, R. E., J. F. OSBORN, and J. JETEY, (1962). *The effects of wetting agents on infiltration*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26, 595-8.
- PILLSBURY, A. F., (1953). *Discussion of «some effects of fire and ash on the infiltration capacity of soil»*. Amer. Geophys. Union Trans 34, 293-5.
- REINHART, KENNETH G., (1964). *Effect of a commercial clearcutting in West Virginia on overland flow and storm runoff*. Jour. Forestry 62, 167-71.
- REONHART, K. G. and A. R. ESCHNER, (1962). *Effect on streamflow of four different forest practices in the Allegheny Mountains*. Jour. Geophys. Res. 67, 2433-45.
- RICH, L. R., (1962). *Erosion and sediment movement following a wildfire in a ponderosa pine forest of central Arizona*. U.S. Forest Serv. Rocky Mtn. Forest and Range Expt. Sta. Res. Note 76, 12 pp.
- ROWE, P. B., (1940). *The North Fork infiltrometer, an instrument for measuring the infiltration capacity of soils*. Jour. Forestry 38, 588-9.
- ROWE, P. B., (1941). *Some factors of the hydrology of the Sierra Nevada foothills*. Amer. Geophys. Union Trans. 22, 90-100.
- SARTZ, R. S., (1953). *Soil erosion on a fire-denuded forest area in the Douglas-fir region*. Jour. Soil & Water Conserv. 8, 279-81.
- SCOTT, V. H., (1956). *Relative infiltration rates of burned and unburned upland soil*. Amer. Geophys. Union Trans. 37, 67-9.
- SCOTT, V. H. and R. H. BURGY, (1956). *Effects of heat and brush burning on the physical properties of certain upland soils that influence infiltration*. Soil Sci. 82, 63-70.
- SMITH, D. D. and W. H. WISCHMEIER, (1962). *Rainfall erosion*. Advances in Agron. 14, 109-48.
- STAMEY, WILLIAM R. and R. M. SMITH, (1964). *A conservation definition of erosion tolerance*. Soil Sci. 97, 183-6.
- STEINBRENNER, E. C. and S. P. GESSE, (1955). *The effect of tractor logging on physical properties of some forest soils in southwestern Washington*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19, 372-6.
- TACKLE, D., (1962). *Infiltration in a western larch-Douglas-fir stand following cutting and slash treatment*, U.S. Forest Serv. Intermountain Forest and Range Expt. Sta. Res. Note 89, 7 pp.
- TARRANT, ROBERT F., (1956). *Effect of slash burning on some physical soil properties*. Forest Sci. 2, 18-22.

WALLIS, JAMES R. and LEE J. STEVAN, (1961). *Erodibility of some California wildland soils related to their metallic cation exchange capacity. Jour. Geophys. Res.* 66, 1225 - 30.

WALLIS, J. R. and D. W. WILLEN, (1963). *Variation in dispersion ratio, surface aggregation ratio, and texture of some California surface soils as related to soil-forming factors. Internatl. Assoc. Sci. Hydrol.* 8 (4), 48 - 58.

WILLEN, DONALD W., (1965). *Surface soil textural and potential erodibility characteristics of some southern Sierra Nevada forest sites. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29, 213 - 18.

WISCHMEIER, W. H. and D. D. SMITH, (1960). *A universal soil-loss equation to guide conservation form planning. Seventh Internatl. Cong. Soil Sci. Trans. 1, 418 - 25.*

WOOLDRIDGE, DAVID D., (1960). *Watershed disturbance from tractor and skyline crane logging. Jour. Forestry* 58, 369 - 72.

WOOLDRIDGE, DAVID D., (1964). *Effects of parent material and vegetation on properties related to soil erosion in central Washington. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28, 430 - 2.

WOOLDRIDGE, DAVID D., (1965). *Soil Properties related to erosion of wildland soils in central Washington. In: Forest - soil Relationships in North America. Oreg. State Univ. Press, Corvallis, pp. 141 - 52.*

YODER, R. E., (1936). *A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Jour. Amer. Soc. Agron.* 28, 337 - 51.

YOUNGBERG, C. T., (1953). *Slash burning and soil organic matter maintenance. Jour. Forestry* 51, 202 - 3.