
SERİ

B

CİLT

46

SAYI

1-2-3-4

1996

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



ORMANLARIN SEL VE TAŞKINLAR ÜZERİNE ETKİLERİ¹⁾

Prof. Dr. Ertuğrul GÖRCELİOĞLU²⁾

Kısa Özet

XX. yüzyılın ilk yarısı boyunca ormanların sel ve taşkın piklerini, ayrıca erozyon ve sedimentasyonu azaltma etkileri tartışmalara konu olmuş, konuya ilişkin havza araştırmaları sayesinde bu etki günümüzde açıklığına kavuşmuştur.

Artık, ormanın yüzeysel akışı, dere akımını, erozyonu ve sedimentasyonu en az düzeye indirmede çeşitli doğal bitki örtüsü formları arasında en iyisi olduğu tartışmasız kabul edilmektedir.

1. GİRİŞ

Sel ve taşkınların önlenmesinde, daha doğru bir deyişle sel ve taşkınların yinelenme aralıklarının (tekerrür peryotlarının) uzatılmasında, şiddetlerinin ve zararlarının azaltılmasında ormanların yararlı etkisi, öteden beri, orman hidrolojisiyle uğraşanlar için bir problem, mühendisler için bir hedef, orman kaynakları yönetim politikası için bir köşe taşı, orman ve çevre korumacıları için tartışılmaz bir gerçek, sel ve taşkın önleme programları için de bir temel oluşturmuştur.

Batı ülkelerinde, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde sel ve taşkın zararlarının azaltılmasında ormanların rolü konusunda tartışmalar 1900'lerde başlamış, "iyi nitelikteki orman örtüsünün taşkın piklerini azalttığı"na ilişkin genel kanı, bunu kanıtlayan bilimsel verilerin elde bulunmaması nedeniyle karşıt görüş sahiplerince acımasızca eleştirilmiş, ancak 1940'lardan bu yana havza araştırmalarından sağlanan veriler sayesinde günümüzde durum, tartışmaya yer bırakmayacak şekilde açıklığa kavuşturulmuştur.

Bu yazıda ormanların sel ve taşkınlar üzerine etkileri kısa kısa özetlenecektir. Ancak, konuya girmeden önce sel ve taşkın terimleri üzerinde biraz durmak yararlı olacaktır:

"Sel" terimi, şiddetli yağışların ardından yan derelerden ani olarak gelen ve fazla miktarda katı materyal (taşıntı) içeren büyük su kütesini ifade eder. İlbaharda havaların birdenbire ısınmasıyla karların hızla erimesi de sellere katkıda bulunur.

¹⁾ Bu yazının hazırlanmasında, Lull ve Reinhart'ın (1972) kaynak listesinde verilen araştırmasından geniş ölçüde yararlanılmıştır.

²⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Orman İnşaatı ve Transportu Anabilim Dalı

Sellerin birleşmesiyle akarsu vadileri boyunca meydana gelen su kabarmaları ve akarsuyun normal yatağını aşarak taşkın yatağına ve çevresindeki yayvan araziye yayılması olayı ise taşkın olarak isimlendirilmektedir.

Sel ve taşkın terimlerinin çoğu kez eş anlamda kullanıldığı görülür. Sadece yüksek su akışları dikkate alındığında bu doğru olmakla birlikte, sel olayında su ile birlikte fazla miktarda materyal taşınması ve sellerin daha çok yan derelerde ve yukarı havza akarsularında, dolayısıyla daha çok yüksek ve fazla eğimli arazideki nispeten küçük havzalarda meydana gelmesi, buna karşılık taşkınların çoğunlukla akarsuların nispeten az eğimli vadi tabanlarında ve büyük akarsuların aşağı kesimlerinde söz konusu olması dikkate alınır, sel ve taşkın terimleriyle ifade edilen olayların bir ölçüde farklı oldukları ortaya çıkar...Kısacası, sellerin daha çok yukarı havzalarda ve yan derelerde ani olarak meydana gelen ve fazla miktarda katı materyal (taşını) içeren yüksek su akışlarını, taşkınların ise daha çok vadi tabanlarında ve aşağı havzalarda meydana gelen ve içerdiği katı materyal miktarı sellere oranla daha az olan yüksek su akışlarını ifade ettiğini düşünmek doğru olur."(UZUNSOY/GÖRCELİOĞLU 1985).Yine de, sel ve taşkın olayları arasında çoğunlukla bir sebep-sonuç ilişkisi ve yakın bir benzerlik olduğu düşünüldüğünde, bu iki terimin halk arasında eş anlamlı olarak kullanıldığı gözden uzak tutulmamalıdır.

2. ORMAN ÖRTÜSÜNÜN SEL VE TAŞKINLARA ETKİLERİ

2.1 Ormanlarda Hidrolojik Süreçler

Ormanın hidrolojik süreçler üzerindeki etkisi, sel ve taşkın yaratma potansiyeli olan yağışın dispozyonunu belirleyen başlıca beş hidrolojik süreç ele alınarak incelenebilir ki bunlar 1) intersepsiyon, 2) infiltrasyon, 3) toprak suyu depolaması, 4) yüzeysel ve yüzey altı akışlar, 5) pik akımlar şeklinde sıralanabilir.

2.1.1 İntersepsiyon

Şiddetli bir yağış üzerine ormanın ilk etkisi, orman ağaçlarının yaprak, sürgün, dal ve gövdeleri üzerinde yağışın bir bölümünün tutulup depolanmasıyla gerçekleşir. İnfiltrasyon kısa süreli sağanaklarda en etkili durumdadır; ancak bu etki, daha şiddetli ya da uzun süreli sağanaklarda hızla zayıflar. Örneğin yapraklı ağaçlar 1-1,5 mm'lik bir yağışın hemen tümünü (%100) intersepsiyonla tutabilirken, bu oran 2,5 mm'lik yağışta %60'a, 12,5 mm'lik yağışta %12'ye, 50 mm'lik yağışta %8'e düşmektedir. Ağaçların yapraksız olduğu dönemde aynı büyüklükteki yağışlar için intersepsiyon oranları sırasıyla %40, %20, %12 ve %4'tür (HELVEY/PATRIC 1965).

İbrel ağaçların intersepsiyon kapasitesinin yapraklılardan daha fazla olduğu bilinmektedir. Örneğin, vejetasyon dönemi içindeki bir sağanak yağışta 60 yaşındaki çamların yapraklı ağaçlardan 5 mm daha fazla yağışı intersepsiyonla tuttuğu, vejetasyon dönemi dışında bu farkın 7 mm'yi aştığı belirlenmiştir (HELVEY 1967).

Sel ve taşkın yaratan yağışların intersepsiyonu ile ilgili veriler çok azdır. Buna karşın intersepsiyonun dere yataklarına ulaşan ve sellere neden olan yağış sularını azalttığı kuşkusuzdur.

2.1.2 İnfiltrasyon

İnfiltrasyonu "suyun üst toprak tabakası içinden geçtiği süreç" olarak düşünürsek, infiltrasyonun sınırlı olması yüzeysel akışa ve erozyona yol açacaktır. Tedirgin edilmemiş (insan müdahalesiyle bozulmamış) orman zemininde yüzeysel akış oluşmaz. Yani infiltrasyon hızı yağmur şiddetinden daha büyüktür. Bu durumda infiltrasyon sınırlı değildir ve yüzeysel akış - bölmeden çıkarma, ormanda hayvan otlatma ya da yangın sonucu ölü örtünün ve humusun yok olduğu ve mineral toprağın yüzeye çıktığı yerler dışında - taşkın piklerine katkıda bulunmaz.

Orman alanlarında infiltrasyon kapasiteleri yağış şiddetini aşmakla kalmaz; buna ek olarak böyle yerler (orman alanları) çevredeki tarım alanlarında oluşan yüzeysel akışı da absorbe edebilir (CURTIS 1966).

Öte yandan, ölü örtünün yok edildiği ormanlar hangi tip toprak üzerinde bulunursa bulunsun, toprak farklılıklarının infiltrasyon hızı üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Çıplak olduğunda infiltrasyon hızı çok düşük olan kil toprakları ile infiltrasyon hızı çok yüksek olan kum toprakları orman örtüsü altında buldukları takdirde, infiltrasyon hızları arasındaki fark büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır. Tedirgin edilmemiş olan farklı serilerden orman topraklarının üstteki 60 cm'lik tabakasındaki gözenek boşlukları arasındaki fark çok küçüktür (HOOVER 1950).

2.1.3 Toprak Suyu Depolaması

Genellikle bir havzanın depolama özellikleri, sel ya da taşkına yol açan yağış sularının havza aşağılarındaki belirli bir noktaya hangi oranda ve hangi debide ulaşacağını belirleyen başlıca faktördür. En geniş anlamda depolama, intersepsiyonla tutulan miktarı, arazinin çukur kesimlerindeki yüzey depolamasını, toprak ve anakaya depolamasını, yatak depolamasını kapsar.

Bir havzanın toprakta depolayabileceği maksimum su miktarı, uzun bir yağışsız periyodu izleyen şiddetli bir yağışta düşen yağmur miktarıyla, bu yağışın oluşturduğu akım miktarı arasındaki farktan hesaplanabilir.

Suyun toprak tarafından depolanması mevsimlere göre değişiklik gösterir. Büyüme (vejetasyon) mevsiminin bitmesinden ve toprağın sonbahar yağışlarıyla yeniden doymun hale gelmesinden sonra, ilkbaharın gelmesine kadar toprağın su tutma kapasitesi en düşük düzeydedir. Büyüme dönemi boyunca sık sık yağmur yağması da toprak depolamasını kısıtlayabilir.

Yağışlar sırasında toprağın su tutma kapasitesi, özellikle toprak derinliği ve tekstürü ile büyük ölçüde değişmektedir. Şiddetli yağışlarda toprağın tutup depoladığı miktarla ilgili olarak literatürde 38 mm (1,5 inç) ile 136 mm (5,4 inç) arasında değişen rakamlar verilmektedir.

100-130 mm gibi yüksek depolama değerlerine, kuşkusuz ki orman zeminindeki organik materyalin tuttuğu su miktarı da dahildir. Ortalama derinliği 5 cm kadar olan bir humus tabakasının su tutma (depolama) kapasitesi 20 mm'ye, ya da toprağın toplam depolama kapasitesinin %15-20'sine ulaşabilmektedir.

2.1.4 Yüzeysel ve Yüzey Altı Akışlar

Ormanda yüzeysel akış, sel/taşkın oluşturma potansiyeline sahip yağışlarda bile yok denecek kadar azdır (VARNEY 1955). Bu nedenle ormanlık havzalardaki derelerin taşkın hidrograflarını oluşturan akım, esas itibarıyla yüzey altı akıştan kaynaklanır. Yüzey altı akışın çoğu, topraktaki büyük boşluklar nedeniyle hızla hareket eder. Tabakalı ince tekstürlü topraklarda yüzey altı akış, toprak profilinin doymun hale gelmesinden önce bile esas itibarıyla toprak içindeki birbiriyle bağlantılı çatlaklar ve kanallar içinde hareket eder. Kaba tekstürlü topraklarda ise su, sığ çatlak ve kanallar içinde toplanmadan aşağıya doğru hareket ederek anakayaya ya da ince tekstürlü bir tabakaya ulaşır.

Hızlı yüzey altı akışın başka bir açıklaması şöyledir: Sel ve taşkın zamanlarında hakim olan çok ıslak koşullarda, yamaçların orta ve aşağı kesimlerinde toprağa giren (infiltrate olan) su, daha önce infiltrate olup toprakta depolanan suyun hemen hemen aynı anda yamaç tabanından dere yatağına bırakılmasına neden olur ve bırakılan suyun yerine kendisi geçer. Buna yer değiştirme (deplasman) süreci denir (HEWLETT/HIBBERT 1967). Bu süreç için gerekli zaman, infiltrate olan suyun artması ve toprak içinde perkolasyonla dere yatağına ulaşması için gerekli zamandan çok daha kısadır.

2.1.5 Pik Akımlar

Ormanda yüzey altı akış önemli pik akımlar oluşturabilir. Bununla ilgili çok sayıda tespit, orman hidrolojisi alanındaki çeşitli literatürde yer almaktadır. Bu arada, yüksek arazide yer alan dik eğimli havzalar, tümüyle ormanlık olsalar ve önemli bir yüzeysel akış oluşturmaları bile, birim yağış başına çayırılık alanlardan ve tarım alanlarından daha fazla miktarda dere akımına yol açabilmektedir. (HEWLETT/HIBBERT 1967). Öte yandan, örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğu bölümünde, diğer bütün özelliklerin aynı olduğu koşullarda, orman yüzdesi daha büyük olan havzaların dere akışına daha fazla katkıda bulunduğu saptanmıştır (LULL/SOPPER 1966). Bu doğrultudaki araştırma sonuçları özellikle eski Sovyetler Birliği'nde ve Demir Perde ülkelerinde çok yaygındır (GÖRCELİOĞLU 1984; GÖRCELİOĞLU 1992 (1996); GÖRCELİOĞLU 1995 (1998)). Ancak batı dünyasında, bu tür araştırma sonuçlarının bir "orman etkisi"ni yansıtmadığı, daha çok ormanların dik topografyada ve sığ topraklar üzerinde yer almasının bir sonucu olduğu yorumu yapılmaktadır. (LULL/REINHART 1972; ÖZHAN 1994 (1998)).

2.1.6 Ormanlar ve Don

Kışın zaman zaman toprakların belli bir derinliğe kadar donması daha çok çıplak alanlarda görülmekte, bu alanlara komşu çayırılık ve ormanlık alanlarda ise ender olarak gerçekleşmektedir. Çok soğuk dönemlerde açık alanların yanısıra orman topraklarının da donması doğaldır. Yapılan araştırmalar, toprak donmasının çam ormanlarında yapraklı ormanlardakinden daha fazla gerçekleştiğini göstermektedir.

Üst toprağın donması, kar erimesinden kaynaklanan suyun toprağa sızmasını engelleyerek yüzeysel akışın artmasına yol açar. Bu duruma ormanlık alanlarda, açık alanlardan daha az rastlanmaktadır.

2.1.7 Ormanlar ve Kar

Ormanlar kar yağışının bir bölümünü tepe çatılarında alıyolar. Yuvarlak rakamlarla söylersek, yapraklı ağaçlar karın yaklaşık %10'unu intersepsiyonla tutarken, ibrelili ağaçlarda bu oran yaklaşık %25'e çıkmaktadır. Orman örtüsü aynı zamanda gölgeleme etkisiyle kar erimesini de geciktirmektedir. Örneğin bir araştırma (ANDERSON 1969), ormanın gölgeleme etkisiyle kar erimesinin %40, deredeki taşkın akışın da %10 oranında azaldığını ortaya koymuştur.

2.2 Ormancılık Etkinlikleri ve Yüksek Akışlar

2.2.1 Üretim

Ormanın sel ve taşkınlar üzerindeki etkisi ağaçlardan, bunların intersepsiyon ve transpirasyonundan ve orman toprağının infiltrasyon kapasitesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir üretim (kesim ve bölmeden çıkarma) etkinliğinin etkisi kesilen ağaçların oranına ve geçirimli toprağın dağılım derecesine bağlı olabilir. Bütün ağaçlar kesilse bile, ormanın etkisi tedirgin edilmemiş toprak sayesinde kısmen devam edebilir.

2.2.1.1 İntersepsiyon

Olgun yaştaki bir ormanda yağışın intersepsiyonunun sel ve taşkınlar üzerindeki etkisinin çok fazla olmadığını daha önce belirtmiştik. Dolayısıyla orman örtüsünde kesim nedeniyle ortaya çıkan azalmanın yüksek akışlara etkisi de az olacaktır. Kesim alanında bırakılan tepe ve dallar, yeni gelişecek bitki örtüsünün de yardımıyla yağışın bir bölümünü tutmaya devam eder. Aynı şey karın intersepsiyonu için söylenemez. Ancak, meşcereler içinde kesim sonucu oluşan açıklıklarda daha fazla kar birikmesi gerçekleşir ve ilkbahardaki kar erimesi sırasında bu durum, akım piklerini yükseltebilir.

2.2.1.2 İnfiltrasyon ve Yüzeysel Akış

Ormanda kesim yapılması sonucunda infiltrasyonda meydana gelecek azalma, orman toprağının örselenme ve sıkışma derecesine bağlıdır; toprağın örselenip sıkışmadığı alanlarda infiltrasyonda bir gerileme olmaz. Yapılan çeşitli araştırmalar, sadece buldozer izleri ve sürütme yolları boyunca infiltrasyonda azalma olduğunu ve üretim alanlarında sadece sürütme yolları üzerinde yüzeysel akış oluştuğunu ortaya koymuştur.

Traşlama kesimlerden sonra bile infiltrasyon hızında bir azalma görülmemesi, kısmen humusun varlığını korumasına ve traşlanan alanda kısa sürede otsu bitkilerin, fidanların ve sürgünlerin gelişmesine bağlıdır.

Ağaçların öldükten (dikili kuru haline geldikten) sonra bile hidrolojik etkilerinin devam ettiği bilinmektedir. Örneğin A.B.D. (New Jersey)'de atık suların orman toprağına emdirilerek geri kazanılması amacıyla 7 yıl boyunca yılda m² başına 10-15 m³ atık su püskürtülen bir orman alanında ağaçların ve alt tabaka bitkilerinin çoğu ölmüş, bunların yerini suya dayanıklı vejetasyon almış, fakat toprağın infiltrasyon özelliklerinde herhangi bir gerileme görülmediği gibi, ağaçların ölmesi yüzeysel akışı da arttırmamıştır (LITTLE ve ark. 1959).

Bölmeden çıkarma çalışmaları ise, önemli bir alanda bozulmalara yol açabilir. Genellikle sürütme yolları üretim alanının yaklaşık %20'sini kaplamakta, fakat - geçici istif alanları ve sürütme izleri de dikkate alınırsa - etkilenen alan, üretim alanının %40'ına kadar çıkabilmektedir. Sürütme yollarının ve izlerinin iyi planlanmasıyla bu oran %10'a indirilebilir.

2.2.1.3 Toprak Suyu Depolaması

Ağaçların kesilmesiyle toprağın su depolama kapasitesinde azalma meydana gelebilir. Kesim sonucu transpirasyonun azalması, toprakların daha nemli kalmasına ve yüksek akış oluşturabilecek yağışların depolanması olasılığının büyük ölçüde ortadan kalkmasına neden olur.

2.2.1.4 Pik Akımlar

Yapılan araştırmalar, traşlama kesimlerin, intersepsiyonda ve toprak suyu depolamasında meydana gelen azalma nedeniyle, şiddetli sağanak yağışlarda derelerdeki pik akımda toprak derinliğine, yağış öncesi koşullara ve diğer faktörlere bağlı olarak %10-20 kadar bir artışa yol açabileceğini göstermektedir. Bu artışlar sadece büyüme (vejetasyon) döneminde ya da yağışsız bir periyodun ormanlık alanla traşlanmış alan arasında bir depolama farkı yarattığı, tükenen toprak suyunun yeniden depolanma (röşarj) döneminde meydana gelecek sağanak yağışlar için söz konusudur. Vejetasyon dönemi dışında ve vejetasyon döneminin toprak nemi içeriğinin aynı kaldığı (değişmediği) periyotlarında, traşlama kesimin dere akımına daha fazla katkı yapması beklenmez.

Traşlama kesim dışındaki daha ılımlı kesimlerin etkisi de daha az olacaktır.

2.3 Yangın

Orman yangınlarının ve kontrollü yakmanın derelerdeki taşkın pikleri üzerine etkisi, havzanın yanan kısmının oranına ve yangının şiddetine bağlıdır. Teorik olarak yangının etkisi üretim etkinliklerinin etkisinden daha fazladır. Çünkü yukarıda belirtildiği üzere traşlama kesimin bile taşkın piklerine etkisi, zeminde kalan diri ve ölü örtünün koruyucu fonksiyonu nedeniyle kısıtlı kalmaktadır. Oysa bir havza tümüyle yangına maruz kaldığında bu koruma ortadan kalkmaktadır.

2.3.1 İntersepsiyon

Çoğu orman yangınları örtü ya da yüzey yangını tipindedir ve bunların intersepsiyona etkisi çok azdır. Buna karşılık ağaçları öldüren tepe (taç) yangınları, ağaçlandırma ile ya da sürgünlerle yeni bir tepe örtüsü oluşuncaya kadar intersepsiyonda büyük bir azalmaya neden olur.

2.3.2 İnfiltrasyon ve Yüzeysel Akış

Yangınların orman topraklarının infiltrasyon kapasitesini azalttığını ve infiltrasyon şiddetini düşürdüğünü ortaya koyan çok sayıda araştırma vardır. Buna bağlı olarak, yanan orman alanlarında yüzeysel akışta da artışlar gözlenmektedir. Ancak, bazı yer ve durumlarda bu olumsuz etkilerin görülmediği de saptanmıştır.

Bu farklı sonuçların ortaya çıkmasında, toprağın üzerini örten koruyucu ölü örtü ve humus tabakasının yangından farklı ölçülerde etkilenmesi rol oynamaktadır.

2.3.3 Toprak Suyu Depolama Kapasitesi

Toprağın su depolama kapasitesi, humus tabakalarının ve mineral tabakaların içerdiği organik maddelerin yandığı ölçüde azalabilir. Şiddetli bir yangın, toprağın 5 cm'lik üst tabakasında su tutma kapasitesini 6 mm kadar azaltabilir (DYRNESS ve ark. 1957). Üstteki 5 cm'lik humus tabakasının da yanmasıyla toprağın su depolama kapasitesindeki toplam azalma 25 mm'yi aşar. Tepe yangınının evapotranspirasyonu ve toprağın su tutma kapasitesini önemli ölçüde azaltacağı açıktır.

2.3.4 Pik Akımlar

Orman yangınlarının derelerde akım piklerini önemli ölçüde yükselttiğini gösteren araştırma çok azdır. Bu araştırmalar da daha çok -çeşitli nedenlerle- periyodik olarak kontrollu yangının uygulandığı alanlarda yapılmıştır.

Genel olarak orman yangınları sonucunda, yanan alanda infiltrasyonun azaldığı ve evapotranspirasyonun büyük ölçüde zayıfladığı düşünülürse, yangınların pik akımlara, dolayısıyla sel ve taşkın oluşumuna katkıda bulunduğu söylenebilir.

2.4 Otlatma

Ormanda hayvan otlatmanın en önemli etkisi infiltrasyon üzerinde görülmekte, otlatma nedeniyle toprak sıkışmasına bağlı olarak infiltrasyon büyük ölçüde azalmakta ve yüzeysel akış artmaktadır.

2.5 Ağaçlandırma

Açık alanların -özellikle ibrelili türlerle- ağaçlandırılması, zaman içinde fidanların büyüyüp hidrolojik etkilerini göstermeye başlamasıyla pik akımları büyük ölçüde azalmaktadır.

2.5.1 İntersepsiyon

İbrelili türlerde intersepsiyon, yaşla birlikte hızla artmaktadır. Örneğin 60 yaşındaki bir çam meşceresi, 10 yaşındaki bir çam meşceresinin iki katı fazla yağış intersepte etmektedir. Öte yandan kar yağışının intersepsiyonu da derelerdeki potansiyel yüksek akış miktarını düşürmektedir.

2.5.2 İnfiltrasyon ve Yüzeysel Akış

Bunlar plantasyonun gelişmesine paralel olarak değişebilir ve bu değişimin derecesi, dikim sırasındaki infiltrasyon kapasitesine bağlıdır. Çıplak ve erozyona maruz bir alanın ağaçlandırılması, 10 yıl içerisinde infiltrasyonun, yüzeysel akış ve erozyonu pratik olarak ortadan kaldıracak derecede artmasını mümkün kılabilir.

2.5.3 Toprak Suyu Depolaması

Ağaçlandırılan alanlarda büyümeyle birlikte toprağın su tutma kapasitesinde de büyük artışlar olduğu gözlenmiştir. Bu kapasite, çam plantasyonlarında çıplak arazideki oranla 57 kata kadar artabilmektedir (HARROLD/BRAKENSIEK 1962).

2.5.4 Pik Akımlar

Plantasyonun büyüüp gelişmesiyle birlikte intersepsiyon, infiltrasyon ve toprak suyu depolamasının artması, pik akımlarda önemli düşümlere neden olabilir. Pik akımlardaki bu düşüşün miktarı, diğer faktörlerin yanısıra yılın mevsimine, ağaçlandırma öncesindeki bitki örtüsüne ve havzanın ne kadarının ağaçlandırıldığına bağlı olarak değişir.

Havzalardaki boş alanların özellikle ibrelili türlerle ağaçlandırılması, sellerin ve taşkın piklerinin azaltılmasında etkili bir yöntemdir.

İlkbaharda zaman zaman normalin üzerinde sıcaklıkların görüldüğü bölgelerde, ağaçlandırma alanlarında biriken karın hızla erimesi, normalin üzerinde pik akımlara yol açabilir. Böyle yerlerde kar erimesinin uzun zamana yayılması için, ibrelili ve yapraklı türlerin gruplar oluşturduğu bir karışık orman gerçekleştirilmelidir.

3. ORMAN ETKİLERİNİ DEĞİŞTİREN KOŞULLAR

Ormanların sel ve taşkınlar üzerindeki etkileri farklı koşullara göre değişir. Örneğin bu etki a) şiddetli sağanak yağışların artmasıyla kaybolur, b) küçük havzalarda, büyük havzalardakinden daha fazladır, c) genellikle fizyografik koşulların etkisinden daha az önemlidir, d) barajların sağladığı kontrolla hiçbir şekilde karşılaştırılmaz, e) taşkın debilerinin tahmininde kullanılabilecek kadar güçlü değildir.

3.1 Yağış Miktarı

Küçük sağanak yağışlardan kaynaklanan yüzeysel akış üzerine ormanın etkisi nispeten daha büyüktür. Böyle yağışlar büyük oranda intersepsiyonla tutulur, geriye kalanın önemli bir bölümü de emilerek toprakta depolanır. Ancak aşırı şiddetteki yağışlarda ormanın etkisi çok azdır. Böyle yağışlarda ormanların da tarım alanları kadar dere akışlarına katkısı söz konusudur.

"Akarsu vadilerini ve havzaların aşağı kısımlarını su baskınlarına maruz bırakan büyük taşkınların nedeni, genellikle geniş alanlarda etkili olan, uzun süren ve fazla miktarlarda suyu yeryüzüne bırakan yağış fırtınalarıdır. Yağış şiddeti düşük olsa da, yağış miktarı çok büyük değerlere ulaşır. Böyle durumlarda toprak, su ile tamamen doymun hale gelir ve infiltrasyon kapasiteleri en düşük değerlere düşer. Dahası, yamaçlardaki daha sığ topraklar kısa sürede su ile doymun hale gelir ve daha fazla su tutamaz. Bu koşullar altında, binlerce km²'lik alandaki herbir küçük dere günlerce yataklarını tamamen doldurarak ya da yatak dışına taşarak akar. Yan derelerden aşağılara akan inanılmaz hacimdeki sular iki yandan ana akarsuyun vadisine ulaşarak vadiyi doldurur. Taşkınlarla neden olan böylesine yüzeysel akışlar üzerinde, arazi ıslah önlemlerinin etkisi kuşkusuz ki yeterli olmaz." (COOK 1945).

Böyle büyük yağış fırtınalarında bile ormanın yağışın bir bölümünü alıkoyacağı ya da en azından yüzeysel akışı geciktireceği ve böylece taşkın akışları ve piki bir dereceye kadar hafifleteceği düşüncesi yaygındır. Genel anlamda bu doğrudur. Ancak bu etkinin gerçekleşebilmesi için yukarı havzalarda ormanın yanısıra alternatif önlemlerin de alınmış olması gerekir.

3.2 Havza Büyüklüğü

Ormanların taşkın pikleri üzerindeki etkisi, küçük havzalarda büyük havzalardakinden daha fazladır.

"Küçük havzaların belirgin bir özelliği, pik akımı etkileyen baskın faktörün yataktaki akışın etkisinden çok yüzeysel akışın etkisi olmasıdır. Aynı zamanda, küçük havzalar hem kısa süreli şiddetli yağışlara, hem de arazi kullanma şekline çok duyarlıdır. Büyük akarsu havzalarında ise yatak (kanal) depolanması o kadar fazladır ki, böyle duyarlıklar perdelenir. Dolayısıyla, kısa süreli şiddetli yağışlara ve arazi kullanma şekline duyarlılığı yatak özellikleri tarafından perdelenmeyecek kadar küçük olan bir havza küçük havza olarak tanımlanabilir. Bu tanımlamaya göre, bir küçük havzanın yüzölçümü 1 hektardan 400 hektara, hatta 250 km²'ye kadar olabilir. Üst limit, yukarıda sözü edilen duyarlılığın yatak depolanması etkisinde en düşük düzeye indiği büyüklüktür." (CHOW 1964).

Daha çok tarım alanlarından oluşan, genellikle sadece yüzeysel akışın söz konusu olduğu havzalar için belirtilen yukarıdaki esaslar, yüzey altı akışın da söz konusu olduğu ormanlık havzalar için de aynen geçerlidir.

Yukarıdaki ilke, başka bir şekilde şöyle de ifade edilebilir: "Drenaj alanı ne kadar büyükse, yüksek akışların ana akarsuyun aşağı kesimlerinde birleşmesi o kadar daha uzun zaman alır. Bu nedenle, infiltre olan suyun belli bir süre alkonmasının taşkın akışlar üzerindeki etkisi, havzanın büyüklüğü arttıkça azalır." (HOYT/LANGBEIN 1955).

3.3 Fizyografi

Uzun süreli sağanak yağışlarda ormanlık havzalarda meydana gelen taşkın akışlar, fizyografik bölgelere göre değişebilir.

Nisbeten az eğimli topoğrafya, geçirimli topraklar ve yeraltı suyu depolanması taşkın piklerinin en düşük düzeyde kalmasını sağlarken, yüksek, fazla eğimli, aşırı arızalı bir topoğrafya, sığ ve geçirimsiz topraklar taşkın piklerini yükseltmektedir.

Jeolojik yapının da önemli bir rolü vardır. Örneğin "1 Ağustos 1955'te Zonguldak'a düşen ve Türkiye'de bugüne kadar 24 saatte düşen 3.en büyük yağış olan 438.8 mm'lik yağış Zonguldak'ı altüst ederken, Türkiye'de kaydedilmiş 1. en büyük yağış olan 24 saatteki 469.9 mm'lik yağış (11 Aralık 1971) Antalya-Kemer'de belirli bir zarar meydana getirmemiştir. Bunda, Karadeniz Bölgesinde jeolojik yapının, örneğin kumtaşı+kiltaşı veya kumtaşı+toztaşı+kiltaşı ardışık katmanlarının oluşturduğu fliş araziler ve derin ayrışma gösteren aglomera ağırlıklı volkanik fasiyezler nedeniyle su tutma, geçirgenlik ve heyelanlar yönünden duyarlı olması, buna karşılık Akdeniz Bölgesinde gayet geçirgen karstik yapının hakim bulunması rol oynamıştır." (ANONİM 1999).

3.4 Taşkın Kontrol Barajları

Taşkın kontrolü amacına hizmet eden barajlar, ormanlık havzalardan gelen taşkın akışları ve pik akımı büyük ölçüde hafifletebilir.

Örneğin, Batı Karadeniz Bölgesinde Zonguldak-Ereğli'ye 20-22 Mayıs 1998 tarihlerinde düşen 187,5 mm'lik yağışın havzada önemli sayılabilecek bir zarar meydana getirmemesini "özel-

likle Gülüş Irmağının yan kollarından biri olan Kızlar Deresi üzerinde yer alan Kızılcapınar Barajının taşkın öncesinde ve taşkın sırasında yetkililerce yeterince kontrol altında tutulmuş olmasına bağlamak mümkündür. Kızılcapınar Barajının sel ve taşkın kontrolunda gördüğü olumlu işlev, sel ve taşkınlar konusunda küçük veya büyük barajlara ne büyük ölçüde görev düştüğünü bizlere açık bir şekilde göstermektedir." (ANONİM 1999).

3.5 Bütünleşik Etkiler

Sağanak yağışların yol açtığı pik akımları, ortalama yıllık taşkın piklerini ya da sık sık yinelenen pikleri meteorolojik, topoğrafik vb değişkenlerle bağıntıya getiren çoklu korelasyonlar ve çoklu regresyonlar yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmalar da meteorolojik, topoğrafik ve edafik değişkenlerin esas itibarıyla pik akımları etkilediğini ortaya koymuştur. Bu çalışmalardan bazılarında havzalardaki orman alanı yüzdesi de bir değişken olarak dikkate alınmış, fakat diğer değişkenlerle orman arasındaki sıkı interkorelasyon nedeniyle belirgin bir etki saptanamamıştır (LULL/SOPPER 1967).

4. ÖZET VE SONUÇ

Buraya kadar sözü edilenleri toplarsak, şunları söyleyebiliriz:

1. Ormanlar, üst ve alt tabakalarıyla ve ölü örtü ile alanı tümüyle kapladıkları için, buldukları her yerde, taşkın oluşturabilecek yağışlardan kaynaklanan yüzeysel akışın kontrolu açısından en büyük korumayı sağlar. Ancak bu, ormanların taşkınları önlediği anlamına gelmez.
2. Orman örtüsünün taşkın debilerini hafifletmesi esas itibarıyla intersepsiyon, infiltrasyon ve toprak suyu depolaması sayesinde gerçekleşir.
3. Orman topraklarının infiltrasyon kapasiteleri, hemen hemen her yerde yağış şiddetinden daha büyüktür.
4. Ormanlar erozyon ve sedimentasyonu önleyerek, dere yataklarının kapasitelerinin azalmasını engeller ve böylece yatakların yüksek akışları en az taşkınla geçirmelerine yardımcı olur.
5. Genellikle yağışlı olan bölgelerde toprak suyu depolamasını, toprağın su depolama kapasitesinden daha çok kurak dönemlerdeki kuruma ve drenaj etkiler.
6. Ormanlık havzalarda yataklara ulaşan fazla miktardaki suyun başlıca kaynağı, geçirimli orman zemininden ve üst toprak tabakalarından hızla yamaç aşağısına hareket eden yüzey altı akıştır.
7. Ormanla kaplı dağlık arazi havzalarından gelen rekor düzeydeki taşkın debileri, bu havzalardaki bitki örtüsünün durumundan çok yağış, toprak, topoğrafya ve jeoloji ile bağlantılıdır.
8. Orman örtüsüne müdahale edilerek kar erimesinin hızının değiştirilmesi, - arazi kullanma şekilleri ve hava durumu da dahil - havza koşullarına bağlı olarak, kar erimesinin neden olduğu akım piklerinde artma ya da azalma meydana getirebilir.
9. Zaman zaman ve yer yer toprakların belli bir derinliğe kadar donması, ormanlardan taşkın pikleri oluşmasında önemli bir rol oynamaz.
10. Traşlama kesilen ya da yanan orman alanlarında arazi genellikle kısa bir süre çıplak kalır ve sonra sürgünlerin, fidanların ve otsu bitkilerin hızla gelişmesiyle yeniden bir örtüye kavuşur.
11. İklimin elverişli olduğu yörelerde orman yangınlarından sonra mineral toprağın yağmura maruz kalması kısa sürmekte. dolayısıyla yangınların yüksek akışların oluşmasına ve erozyona etkisi de çabuk ortadan kalkmaktadır.

12. Sağanak yağışların yol açtığı yüksek akışlar üzerinde ormanın etkisi, bu yağışların etkilediği alanın ve havzanın büyüklüğüne ve yağışın meydana geldiği mevsime bağlı olarak önemli değişikliklere uğramaktadır.

Bütün bunlardan çıkarılabilecek genel sonuçlar şunlardır:

* Yüzeysel akışın, dere akışlarının ve erozyonun en aza indirilmesi için en iyi doğal bitki örtüsü ormandır.

* Biraz dikkatli davranmak ve özenli bir planlama yapmak suretiyle ormanlarda yapılacak üretim (kesim ve bölmeden çıkarma) çalışmaları, ormanın yararlı çevresel etkilerine çok az zararla gerçekleştirilebilir.

* Orman amenajmanının dayandığı esaslar ve yaş sınıflarının çeşitliliği nedeniyle, ormanlardaki kesimler herhangi bir sel / taşkın tehlikesi yaratmaz.

* Orman yangınları ve ormanda hayvan otlatılması sonucu büyük zararlara yol açacak taşkınların oluşması, bunların çok yaygın olmaması nedeniyle zayıf bir olasılıktır.

* Ormanların sel ve taşkınları azaltıcı rolü, yangına karşı sürekli bir koruma ve dikkatli bir üretim (kesim ve bölmeden çıkarma) uygulamasıyla gerçekleştirilebilir ve terkedilmiş (boş) arazinin ağaçlandırılmasıyla daha da geliştirilebilir.

* Dağlık arazideki ormanlık yukarı havzalarda ormanların tahribi ve orman alanlarının tarım ve otlak alanlarına dönüştürülmesi, sel ve taşkınların kaynağı olan yukarı havzaların pek uzak olmayan bir gelecekte ormandan ve ormanın koruyucu işlevlerinden yoksun kalmasına yol açabilir.

KAYNAKLAR

ANDERSON, H.W. 1969: *Snowpack Management. Oregon State University Water Resources Institute, Seminar on Snow, WR 011.69: 27-40.*

ANONİM 1999: *19-21 Mayıs 1998 Batı Karadeniz Seli, Nedenleri, Alınması Gereken Önlemler ve Öneriler. Bilim Kurulu Raporu. TMMOB Orman Mühendisleri Odası Yayın No. 22, Ankara.*

CHOW, Ven Te 1964: *Handbook of Applied Hydrology, 14-1,14-54. McGraw-Hill Book Co., NewYork.*

COOK, H.L. 1945: *Flood Abatement by Headwater Measures. Civil Engineering 15:127-130.*

CURTIS, W.R. 1966: *Forest Zone Helps Minimize Flooding in the Driftless Area. Journal of Soil and Water Conservation 21:101-102.*

DYRNESS, C.T.; YOUNGBERG, C.T.; RUTH, R.H. 1957: *Some Effects of Logging and Slash Burning on Physical Soil Properties in the Corvallis Watershed. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station Research Paper 19, Portland, Oregon.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1984: *Havzaların Su Verimleri Üzerine Ormanların Etkileri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 34, Sayı 2: 69-79.*

GÖRCELİOĞLU, E. 1992 (1996): *Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 42, Sayı 1-2: 17-30.*

- GÖRCELİOĞLU, E. 1995 (1998): "Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri" Üzerine Bazı Açıklamalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 45, Sayı 1-2: 39-52.
- HARROLD, L.L.; BRAKENSIEK, D.L. 1962: *Influence of Land Use and Treatment on the Hydrology of Small Watersheds at Coshocton, Ohio. USDA Technical Bulletin 1256.*
- HELVEY, J.D.; PATRIC, J.H. 1965: *Canopy and Litter Interception of Rainfall by Hardwood of Eastern United States. Water Resources Research 1: 193-206.*
- HELVEY, J.D. 1967: *Interception by Eastern White Pine. Water Resources Research 3: 723-729.*
- HEWLETT, J.D. ; HIBBERT, A.R. 1967: *Factors Affecting the Response of Small Watersheds to Precipitation in Humid Areas. (Forest Hydrology:275-290), Pergamon Press, New York.*
- HOOVER, M.D. 1950: *Hydrologic Characteristics of South Carolina Piedmont Forest Soils. Soil Science Society of America Proceedings 14: 353-358.*
- HOYT, W.G.; LANGBEIN, W.B. 1955: *Floods. Princeton University Press, Princeton, N.J.*
- LITTLE, S.; LULL, H.K.; REMSON, I. 1959: *Changes in Woodland Vegetation and Soils After Spraying Large Amounts of Waste Water. Forest Science 5: 18-27.*
- LULL, H. W.; SOPPER, W.E. 1966: *Factors That Influence Streamflow in the Northeast. Water Resources Research 2: 371-379.*
- LULL, H.W.; SOPPER, W.E. 1967: *Prediction of Average Annual and Seasonal Streamflow of Physiographic Units in the Northeast. (Forest Hydrology: 507-521), Pergamon Press, New York.*
- LULL, H. W.; REINHART, K.G. 1972: *Forest and Floods in the Eastern United States. USDA Forest Service Research Paper NE-226, Upper Darby, Pa.*
- ÖZHAN, S. 1994 (1998): "Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimine ve Kalitesine Etkileri" Adlı Makaleye İlişkin Bir Açıklama. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 44, Sayı 3-4: 65-76.
- UZUNSOY, O.; GÖRCELİOĞLU, E. 1985: *Havza Islahında Temel İlke ve Uygulamalar. İ.Ü.Yayın No. 3310, Orman Fakültesi Yayın No. 371, İstanbul.*
- VARNEY, G. L. 1955: *Some Aspects of Forest Land Behavior During Floods of August 1955. USDA NE Forest Experiment Station.*