
SERİ

B

CİLT

44

SAYI

3-4

1994

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



“HAVZALARDA ORMAN VE OTLAK ALANLARI AMENAJMANININ SU VERİMİNE VE KALİTESİNE ETKİLERİ” ADLI MAKALEYE İLİŞKİN BİR AÇIKLAMA

Prof. Dr. Süleyman ÖZHAN¹⁾

Kısa Özet

Daha önce yayınlanan bir makalede, bazı kaynaklara dayanarak orman örtüsü yüzdesinin artmasıyla dere akımlarının arttığı yönünde yapılan irdelemeye bir açıklık getirmek üzere bu yazı kaleme alınmıştır. Son elli yılda yapılan araştırma sonuçları gözönünde tutularak makalede, ormanların genellikle çok yağış alan yerlerde bulunduğu ve bu nedenle sözkonusu alanlarda dere akımlarının yüksek olduğu, orman örtüsünün evapotranspirasyon yoluyla çok miktarda su tüketerek yıllık ve mevsimlik su verimini azaltıcı rol oynadığı gerçeği açıklanmış ve havza amenajmanlarının kaliteli ve daha fazla su üretimi çabaları belirtilmiştir.

1. GİRİŞ

İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisinin B serisi 42. cilt 1-2. sayısının 17-30. sayfalarında yayınlanan ve Prof. Dr. Ertuğrul Görcelioğlu tarafından yazılan “Havzalarda Orman ve Otlak Alanları Amenajmanının Su Verimlerini Artırıcı Etkisi” konusuna açıklık getirmek, bir değerlendirme ve genelleme karışıklığını önlemek üzere bu makalenin kaleme alınması gerekli görülmüştür. Burada orman-yağış ve orman-su ilişkileri üzerine bugüne dek yapılmış olan deneysel araştırmaların vardığı sonuçlar belirtilmek suretiyle konu aydınlatılmaya çalışılacak ve orman örtüsünün su verimine azaltıcı yönde etki yaptığı hususu ortaya konacaktır.

2. DERE AKIMI VE SU VERİMİ

Hidrolojide çoğu kez akım ,debi ve verim terimleri eş anlamlı kullanılmakta ise de debi ve akım kısa süreli birim zaman için ifade edilmekte, su verimi ise daha çok yıllık su üretimi olarak anlaşılmaktadır (WISLER/ BRATER 1954). Debi, genellikle bir kesitten bir saniyede akan suyun miktarı (m³/sn., lt/sn) biçiminde ifade edilmekte, su verimi de bir günde, bir ayda veya bir yılda o kesitten akan suyun hacmi anlamına gelmektedir. Bazı istatistik yayınlarında debi yerine günlük ortalama akım denildiği gibi aylık ortalama debi yerine aylık ortalama akım (o ayın su verimini aydaki tüm saniyeler toplamına bölmek suretiyle elde edilen değer) ve yıllık ortalama debi yerine

¹⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

de yıllık ortalama akım terimleri kullanılmaktadır (EİE 1983). Hiç kuşkusuz ki debi bilindiğinde su verimi, su verimi bilindiğinde de debi hesaplanabilmektedir. Öte yandan debi ve su verimi mm (derinlik) olarak da ifade edilmektedir.

3. ORMANIN YAĞIŞ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bir alandaki orman örtüsü yüzdesiyle su verimi arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışıldığında önce su veriminin kaynağı olan yağışı ormanların ne ölçüde etkilediği üzerinde durulması gerekmektedir.

GÖRCELİOĞLU, meteoroloji istasyonlarında ölçülen yağış değerleri ile her bir istasyonu merkez kabul eden 30 ve 10 km yarıçaplı daireler içinde kalan orman alanları arasında sıkı bir korelasyon bulunduğunu, Polonya ve Sibirya'da yapılan benzer araştırmalarla da çeşitli iklim ve yükselti kuşaklarında yıllık yağışın artan orman örtüsü yüzdesine bağlı olarak arttığının ortaya konulduğunu, A.B.D. de yapılmış bir araştırmada ormanla kaplı yukarı akarsu havzalarının daha fazla yağış aldığını, çeşitli kaynaklara atfen belirtmektedir (1993). Bu ifadelerden, orman örtüsünün artmasıyla yağış miktarının da arttığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Gerçekte, orman-yağış ilişkisinde geçen yüzyıldan beri araştırmalar yapılmış ve ormanların lokal olarak az bir miktarda yağışı artırdığı kanaatine varılmıştır. Öte yandan ormanların genellikle çok yağış alan yerlerde bulunduğu da vurgulanmaktadır. (Colman, 1953; Lee, 1980). Bir başka ifadeyle orman olduğu için çok yağış düşmemekte, çok yağış düştüğü için yeterli bir orman gelişmektedir.

Burada KITTREDGE (1948) ve ÇEPEL'in (1988) çeşitli kaynaklara dayanarak yaptıkları açıklamalara değinmek yerinde olacaktır. KITTREDGE, Forest Influences adlı eserinde özet olarak ;

- Orman örtüsünün siklonik yağışlar üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olmadığı,
- Ormanın, orografik etkisi nedeniyle bulunduğu yerdeki yağışı ılıman iklimlerde %3 kadar artırabileceği,
- Orman içi açıklıklarda tutulan yağışın, komşu açık alanlara göre genellikle daha büyük olduğu ve bunun % 10'a kadar ulaştığı, bu fazlalığın esas olarak orman içi açıklıklardaki yağış ölçerlerin hava akımlarından korunmasından kaynaklandığı, sonucuna varmaktadır (1948)

ÇEPEL'de Orman Ekolojisi adlı ders kitabında;

- Geçen yüzyılda orman ve ormansız alanlarda yapılan araştırmalarla orman varlığının yağışları artırdığı sonucuna varıldığını; araştırmaların yüksek dağlarda yapılmış olması, yağış oluşum nedeninin orografik (yükselme etkisiyle) olabileceğini ortaya koyduğunu, bu nedenle buralarda orman olduğu için çok yağış düşmediğini, yağış olduğu için ormanın var olması gerektiğini,

- Son yıllarda yapılan araştırmalarla ormanların yağışları az miktarda da olsa artırdığı ve bunun istatistik bakımdan önemli derecede olduğu; meteoroloji uzmanlarının ise bu artış miktarının ölçme hatasından ileri gelebileceğini ifade ettiklerini; fakat ormanın bulunduğu yerde yağışların miktarını az da olsa yükseltebildiğini, zira gittikçe tahrip olan bir orman sahasında yapılan devamlı yağış ölçmelerinin değişen orman varlığının yağış miktarı üzerinde etkili olduğunu gösterdiğini; artırılan yağış miktarının bir arazi parçasının ağaçların boyu kadar yükselmesi halinde meydana gelecek yağış farkının yaklaşık iki katına eşit olduğunu, yani boyu 25 m olan bir ormanın 50 m arazi yüksekliği kadar (25 mm) bir yağış artışı meydana getireceğini ifade eden ÇEPEL, ormanların yağış miktarı üzerinde önemli derecede etkili olmamasının nedenini, yağışın atmosferdeki su buharının soğuyarak yoğunlaşması sonucunda meydana gelmesi

ve bu soğuma olayının orman ağaçlarının boyunun yetişemeyeceği kadar yüksekte oluşmasıyla izah etmektedir (1988).

Ormanın, bir yerin yağış miktarı üzerinde az miktarda da olsa artırıcı etkisini ÇEPEL, şu şekilde açıklamaktadır.

- 1- Ormana çarpan nemli havanın bu engeli yükselerek aşması ve bu anda soğuyarak bir miktar hava neminin yoğunlaşması ile yağış meydana gelebilir.
- 2- Ormanın düz olmayan tepe çatısına sürtünerek geçen havanın içindeki nemin yoğunlaşması bu sürtünme ile sağlanabilir.
- 3- Ormanın üstündeki havanın genellikle nemli ve geceleri daha serin oluşundan dolayı sis ve çığ yağışları meydana gelebilir.

MOLCHANOV (1963) da ormanın yağış üzerindeki etkileri konusunda 1870'den 1960 yılına kadar yapılan çeşitli araştırma verilerine dayanarak ormanların yağış miktarını artırmadığını, fakat yağış sırasında su buharının yoğunlaşması dikkate alınırsa böyle artışların % 10 a ulaşabileceği sonucuna varmaktadır.

Çeşitli kaynaklara dayanarak KITTREDGE, ÇEPEL ve MOLCHANOV'un yukarıda vardığı sonuçları özetlemek gerekirse ormanlar orografik ve yoğunlaştırıcı etkileri nedeniyle buldukları yerlerdeki yağış miktarlarını az (% 10'a kadar) da olsa artırmaktadırlar.

4. ORMANIN SU VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bilindiği üzere yağış, ister orman örtüsü bulunan bir alana düşsün, ister ormansız bir alana düşsün çeşitli aşamalardan geçtikten sonra akarsulara ulaşır ve akarsu kesitlerinde yapılan ölçmelerle de debi veya su verimi belirlenir. İşte bu aşamalar irdelenmeden ,ormanlık bir alana düşen yağışın ormansız alana göre daha fazla olması halinde bile bunun su verimine ne ölçüde yansdığı sorusunu yanıtlamak güçtür.

GÖRCELİOĞLU, RAKHMANOV'a (1970) atfen Beyaz Rusya koşullarında ormanlık havzaların su verimlerinin ormansız havzaların su verimlerinden yaklaşık iki kat daha fazla olduğunu, orman örtüsünde her % 10'luk artışa karşılık yıllık ortalama akışın 12-17 mm'lik bir artış meydana getirdiğini belirterek havzaların su verimi üzerine ormanların olumlu etkilerinin bulunduğu sonucunu ortaya koymuştur. Yani bu sonuca göre bir havzada orman örtüsü arttıkça, dereden akan su miktarı da artmaktadır.

Böyle bir değerlendirme önce kaynak araştırmaların amaçları ve dayandıkları yöntem bakımından, sonra da bu konuda yapılmış çeşitli araştırma sonuçları bakımından ele alınacaktır.

4.1.KAYNAK ARAŞTIRMALARIN AMAÇLARI VE DAYANDIKLARI YÖNTEM BAKIMINDAN DEĞERLENDİRME

GÖRCELİOĞLU'nun yararlandığı kaynak araştırmaların amaçlarını bilmemekle beraber eğer su verimini etkileyen iklim (yağış tipi, şiddeti, yıl içerisindeki dağılımı, sıcaklık) jeolojik yapı ve toprak, topoğrafya ve havza büyüklüğü gibi faktörler dikkate alınmadan su veriminin sadece orman örtüsü yüzdesi ile ilişkisi amaç olarak ortaya konulmaya çalışılırsa ormanla kaplı havzaların veya orman örtüsü fazla olan havzaların su verimlerinin daha fazla olduğu sonucu normal karşılanır. Çünkü ormanların daha çok yukarı havzalarda yer aldığı, bu yukarı havzalara topografya itibarıyla daha fazla yağış düştüğü ve yağış nedeniyle de ormanların buralarda var olduğu bir gerçektir. Bir başka ifadeyle yağışın fazla olduğu yerde su verimi fazla olmaktadır. Nitekim Amerika Birleşik Devletlerinde yağış dağılımı ile su verimi dağılımı arasında yakın ilişki olduğu belirtilmekte ve bu dağılımları gösteren haritaların büyük bir benzerliğe sahip olduğu

görülmektedir (COLMAN ,1953). Bir başka anlatımla yağışın bol olduğu yerlerde su verimi de fazla olmaktadır.

Söz konusu araştırmalarda amaç, bir havzada orman örtüsü arttıkça su verimi artar mı, sorusunu yanıtlamak ise uygulanan yöntem yanlıştır. Zira böyle bir soruyu yanıtlamak için su verimini etkileyen orman örtüsü dışındaki diğer tüm faktörlerin benzer seçilmesi zorunluluğu vardır.

4.2. DİĞER KOŞULLARIN VE ETMENLERİN AYNI OLMASI DURUMUNDA ORMANIN SU VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN, FARKLI ARAZİ KULLANMA ŞEKİLLERİNİN ETKİLERİYLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ VE BAZI DENEYSEL ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Bu başlık altında önce hidrolojik döngüde yağışın geçirdiği evrelerden intersepsiyon, transpirasyon ve toprak yüzeyinden olan su kayıpları üzerinde durulacaktır. Çünkü farklı arazi kullanma biçimlerinde yağışın dere akımına geçmesini etkileyen etmenler değişmekte ve bu değişim de su verimine yansımaktadır.

4.2.1 İntersepsiyon

Tablo'1 de değişik ağaç türleri için intersepsiyon miktarı yağışın %'si olarak verilmiştir (BALCI 1958; PENMAN 1963; MOLCHANOV 1963; ÖZYUVACI 1976; ÇEPEL 1988; ÖZHAN 1982).

Tablo 1: Yağış miktarının yüzdesi olarak intersepsiyon değeri

Balci (1958) :	
Meşe (baltalık)	% 16.1
Penman (1963) :	
Ladin (Batı Almanya)	% 26
Kayın (“ “)	% 8
Selvi (Kenya)	% 26
Bamboo (Kenya)	% 20
Akçaağaç	% 22.6
Çepel (1965):	
Kayın	% 17.4
Meşe	% 20
Çam	% 31.1
Özyuvacı (1976):	
Meşe-Gürgen (baltalık)	% 15.3
Özhan (1982):	
Karaçam	% 28.3
Meşe	% 15.6
Gürgen-Meşe (baltalık)	% 13.8

Tablodaki değerler, araştırmaların farklı koşullarda ve farklı yaş ve çağdaki ormanlarda yapılmış olmasıyla birlikte, değişik ağaç türlerinin oluşturduğu ormanların, düşen yağışın % 10-30 arasındaki bir bölümünü daha ölü örtü-toprak yüzeyine ulaşmadan atmosfere geri gönderdiğini yani buharlaştırdığını ortaya koymaktadır.

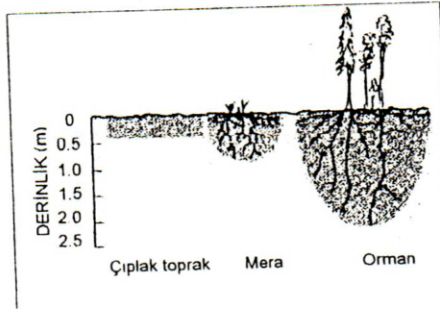
4.2.2 Transpirasyon

Değişik bitki cinslerinin transpirasyon yoluyla bir yılda kaybettikleri su miktarı Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2: Yıllık yağış ve transpirasyon değerleri

	Transpirasyon (mm)	Yağış (mm)
Molchanov (1963):		
Çam (60 yaş)	200	550
Meşe (“)	352	523
Ladin (“)	30	580
Titrek Kavak (60 yaş)	220	500
Dışbudak (60 yaş)	228	500
Çepel (1978) :		
Karışık Orman (Almanya)	290	771
Çam-Melez (Avusturya)	300	861
Okalıptus (Afrika)	1200	760
Akasya (Afrika)	2500	760

Tablo 2 verileri, düşen yağışın önemli bir bölümünün orman örtüsü tarafından transpirasyon yoluyla atmosfere geri gönderildiğini yani yağışın bir bölümünün dere akımına geçmekten alıkonulduğunu göstermektedir. Okalıptus ve akasyadaki transpirasyonun yağıştan daha fazla oluşu ise tabansuyu yüksekliği ve bunun tükeniminden kaynaklanmaktadır. Toprağa ulaşım içerisinde depolanan yağış kısmını ormanın bu kadar çok tüketebilmesinde en önemli etkenler arasında kuşkusuz ki büyük bir terleme yüzeyine sahip olması ve derin kök sisteminden sözedilebilir. Bu yönden ormanın diğer arazi kullanım biçimleriyle kıyaslaması şekil 1 de görülmektedir.



(Brooks et al.,1993)

Şekil 1: Farklı arazi kullanım biçimlerinde kök sistem dağılımı ve toprak nemi tüketimi

4.2.3 Toprak yüzeyinden buharlaşma

Toprakta depolanan yağış suyunun toprak yüzeyinden buharlaşan miktarının değişik arazi kullanımlarına göre farklı olması beklenir. Bir başka anlatımla orman örtüsü altındaki toprak

yüzeyinden meydana gelen buharlaşma otlak veya tarım alanındaki toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmadan daha farklı olmalıdır. Bu konuda bir fikir edinmek üzere bazı araştırma sonuçlarına bakmak gerekir. Aşağıda değişik araştırmalardan derlenen bazı veriler Tablo 3'de sunulmuş bulunmaktadır.

Tablo 3: Farklı koşullar altındaki toprak yüzeyinden buharlaşma

	Yağış (mm)	Toprak yüzeyinden buharlaşma (mm)
Molchanov (1963)		
Colorado		
Orman	53.9	17.8
Ormansızlaşmış	52.9	22.9
North Carolina		
Orman	168	39.4
Traşlamadan sonra	158.7	59.2
Çepel (1978)		
Rusya		
Meşe meşçeresi (0.5 kapaklıkta)	589	77
Meşe meşçeresi (0.75 kapaklıkta)	589	81
Meşe meşçeresi (1.0 kapaklıkta)	589	96

Tablo 3 de sunulan verilerden açıkça görüleceği gibi orman örtüsü kaldırılınca veya kapaklık derecesi azaldıkça toprak yüzeyinden atmosfere yitirilen su miktarı artmaktadır. Bir başka ifadeyle orman örtüsü ve kapaklığın artması toprak yüzeyinden buharlaşmayı azaltmaktadır. Bu husus, orman örtüsünün toprak nemini koruduğu ve dolayısıyla su verimine olumlu etkide bulunduğu şeklinde algılanabilirse de bu olumlu etki su bütçesinin sadece sözkonusu ögesi için geçerlidir, çünkü su bütçesinde yer alan intersepsiyon ve transpirasyon ögeleri ormanlık alanlarda büyük değerlere ulaşmakta ve toplam olarak da toprak yüzeyinden buharlaşma farkını kat kat aşmaktadır. Nitekim yukarıdaki tablolardan genel bir sonuç çıkarılmaya çalışılırsa normal kapaklıkta bir orman örtüsü yağışın % 10'dan fazlasını intersepsiyonla ve % 35'ini transpirasyonla kaybetmek suretiyle, ikisinin toplamı olarak da yağışın % 45'ten fazlasını akıma geçmekten alıkoyarken yağışın sadece % 10'u dolayında bir kısmının, gölgeleme ve rüzgar hızını kesme gibi etkileriyle toprakta kalmasına katkı yapmakta ve dolayısıyla su verimi üzerinde olumlu rol oynamaktadır.

Bilindiği gibi su bütçesi eşitliği çeşitli ögelerden oluşmaktadır. En genel şekliyle;

$$\text{Su Verimi} = \text{Yağış} - \text{Evapotranspirasyon}$$

olarak yazılan eşitlik, evapotranspirasyon ögesinin açılımı ve belli bir dönemdeki toprak nemi değişimi dikkate alınmak suretiyle aşağıdaki biçimde de yazılabilir.

$$A = Y - (\dot{I} + T + TYB + SYB) + TSDd$$

Burada;

A: Akım (Su verimi) mm

Y : Yağış mm

İ : İntersepsiyon mm

T : Transpirasyon mm

TYB : Toprak yüzeyinden buharlaşma mm

SYB : Su yüzeyinden buharlaşma mm

TSDd : Toprak suyu depolamasındaki değişim mm'dir.

Eşitlikte yeralan ögelerden su yüzeyinden buharlaşma, bir havzada dere ve açık kanal yüzeyinin genel alana oranının çok küçük ve dolayısıyla gözardı edilebileceği dikkate alınırsa bu öge bakımından ormanlık veya ormansız alanlarda önemli bir fark olmayacaktır. Böylece farklı arazi kullanım şekilleri dikkate alındığında su bütçesinde etkin öge olarak intersepsiyon, transpirasyon ve toprak yüzeyinden buharlaşma görülecektir.

Buraya kadar su bütçesi eşitliğinin sağında yeralan ögeler üzerinde ayrı ayrı duran araştırma sonuçları değerlendirilmeye çalışılmış bulunmaktadır. Aşağıda ise su bütçesi ögelerini ayrı ayrı veya birlikte değerlendirmek suretiyle su verimi üzerinde yapılan çalışmalara değinilecektir.

GARCZYNSKI, orman örtüsü yüzdeleri ile su verimi arasındaki ilişkiler üzerine yaptığı araştırmada GÖRCELİOĞLU'nun açıklandığı sonuca paralel bir sonuca ulaşmış bulunmaktadır (1980). Söz konusu çalışmada A.B.D. nin üç ayrı bölgesinde yer alan değişik büyüklükte ve farklı orman örtüsü yüzdelere sahip çok sayıda havzaya ilişkin verileri esas alan çoğul korelasyon analizlerinin, dere uzunluğu 15-30 km den daha uzun olan havzalarda ormanın su verimi üzerine olumlu etkisini ortaya koyduğunu, veya hiç olmazsa ormanın su verimi üzerinde negatif etkisinin olmadığını ve ormanın başlıca taban suyu akışı üzerinde etkili olduğunu ifade etmektedir. Bu sonucu GARCZYNSKI şu gerekçelere dayandırmaktadır.

- 1- Ormanla kaplı bir alanda yağışın önemli bir kısmı infiltre olur ve bu su derelerin yukarı bölümünden geçici olarak bir kayıp gibi görünse de aşağı kesimlerde akım haline geçer; çünkü ormanlık alanda infiltre olan su derede belli bir mesafeden sonra taban suyu olarak dere akımına katılmaktadır.
- 2- Yağışın miktarı orman tepe çatısı içinde dışarıya göre daha boldur, fakat bu yağış sis, çığ ve kırağı şeklinde iken ölçülmemekte ve bu miktar yani yağış miktarı gerçek değerinin altında tahmin edilmektedir.
- 3- BOCHKOV'a göre evapotranspirasyon ormanda dışarıya göre daha düşüktür ki bu görüş kabul gören teoriye aykırıdır.
- 4- Dere akımı traşlama kesimi yapılan zonun hemen altında değil aynı zamanda mansabın değişik noktalarında ölçülmelidir.

LULL ve SUPPER ise orman örtüsü ile akım arasındaki pozitif ilişkiyi yani orman örtüsü ile kaplı alan yüzdesinin artmasıyla daha fazla akım meydana gelmesini değişik açıdan yorumlamakta ve bu sonucun orman örtüsünün akım miktarını artırmaya eğilimli yetişme ortamı koşullarının bir göstergesi olabileceği hususunda fikir verebileceğini ifade etmektedir (1967). Örneğin Amerika'nın Kuzeydoğusundaki orman örtüsü fazlalığı, daha çok yağışa, ve düşük sıcaklığa sahip dik eğimli ve sıg topraklı alanların daha fazla akım üreten yüksek ve dağlık alan olması ile ilgili olduğu açıklanmaktadır.

Şimdi GARCZYNSKI'nin ortaya koyduğu bu gerekçeler diğer araştırma sonuçlarıyla birlikte irdelenmeye çalışılacaktır :

1 ci gerekçe

Bu gerekçede yeralan “ ormanda yağışın önemli bir kısmının açık alana kıyasla daha fazla infiltre olması” görüşü doğrudur. Ancak toprağa giren bu suyun önemli bir bölümü de toprakta depolanıp ormanda transpirasyon yoluyla kaybedilmektedir. Dolayısıyla toprağa giren suyu gerek yüzeyaltı akım gerekse tabansuyu akımı yoluyla dere akımına yani su verimine dönüşmesi ormanlık alanda daha az olur. Bu azlık, havzanın mansap kısmında da kendini gösterir. Bununla beraber mansapta toplam akımın önemli bir bölümünü ormanlık alandaki yüzeyaltı ve tabansuyu akımı oluşturur. Konuyu netleştirmek için tabansuyu beslenmesiyle ilgili araştırmalara gözatmak yerinde olur.

SHACHARI ve arkadaşları (1967) orman (*Pinus halepensis*), maki-çalı (*Quercus*, *Pistacia*, *Carotonia*, *Rhus* vb), çayır (yıllık ve çok yıllık çayır otları) ve çıplak parseller üzerinde Neutron metre ile toprak nemi ölçmeleri yaparak sürdürdüğü çalışmada 700 mm'lik yıllık yağışın maki-çalı alanında 230 mm'sinin, ormanda 340 mm sinin, otlak ve çıplak alanda ise 420 mm'sinin taban suyunu beslediğini belirlemiştir. Bu sonuca göre aynı yağış ve iklim koşullarında orman, otlak ve çıplak alanlara göre taban suyunu daha az katkıda bulunmaktadır.

ROBERTS ve arkadaşları, (1986) İngiltere Hidroloji Enstitüsü tarafından orta Galler yöresinde sürdürülen araştırmada çayır örtüsü ile kaplı havzada 230 mm'lik yağışın % 17'si evaporasyon ve transpirasyonda kaybolurken ormanlık havzada bu kaybın % 38 olarak bulunduğunu belirlemekte, Thetford'da yapılan ölçümlerde ise ormanda meydana gelen toplam evaporasyonunun çayır örtüsü bulunan alandakinden % 49 daha yüksek olduğunu ve bu durumun taban suyu beslenmesinde % 44 azalmaya neden olduğunu açıklamaktadır.

A.B.D. de Güney Carolina'da 1630 hektarlık alanda sürdürülen araştırma sonuçları, ormanlık alanda su veriminin daha az olduğunu net olarak göstermektedir (Tablo 4).

Tablo 4: Bazı şü bütçesi öğelerinin farklı örtüler altındaki değerleri

Su bütçesi öğeleri toprak	Orman (mm)	Traşlanmış Alan (mm)	Çayır (mm)	Çıplak (mm)
İntersepsiyon	375	-	125	-
Topraktan buharlaşma	125	475	350	625
Transpirasyon	400	-	300	-
Akım	1100	1525	1225	1375

Tablo 4'den izlenebileceği gibi en yüksek akım yani su verimi traşlama kesimi yapılan alanda, en düşük ise ormanlık alanda görülmektedir. Bu çalışmada ormanlık alandaki su veriminin % 5-10'unun yüzeysel akış ve % 90-95'inin tabansuyu akışından oluştuğu, çıplak toprakta ise su veriminin % 60-80'nin yüzeysel akış, % 10-35'nin yüzeyaltı akış ve % 5-10'unun da drenaj kanallarındaki sudan, çayırda kaplı alanda da su veriminin % 80'inin yüzeysel akış ve % 20'sinin yüzeyaltı akıştan meydana geldiği açıklanmaktadır (MOLCHANOV, 1963).

2. gerekçe

Yağış miktarı ile orman arasındaki ilişki üzerinde daha önce durulmuş ve çok az da olsa ormanın lokal olarak yağış miktarını artırdığı açıklanmıştır. Bununla beraber Amerika da ormanlık alanlar diğer alanlara göre bir kat fazla yağış aldığı için (1140 mm/yıl'a karşılık 570 mm/yıl) ülke yüzeyinin üçte birini kapsayan orman alanlarının dere akımlarının dörtte üçünü ürettiği belirtilmektedir (LEE, 1980). Ancak Amerikada yüksek su üreten havzaların aynı zamanda yüksek yağış düşen alanlarda yer aldığı gerçeği (COLMAN, 1953) gözönünde tutulursa ormanların daha çok yağış düşen alanlarda bulunduğu ve dolayısıyla fazla su veriminin, orman örtüsünün fazlalığından değil, bizatihi düşen yağışın fazla oluşundan kaynaklandığı sonucuna ulaşılır.

3. gerekçe

Evapotranspirasyon değerinin ormanlık alanlarda diğer kullanım şekillerine göre ne kadar yüksek olduğu çok sayıdaki araştırmalarla ortaya konmuş bulunmaktadır. Örneğin Tablo 4'teki veriler bunu açıkça göstermektedir. Yine 5 yıllık araştırma sonunda elde edilen ortalama verilere göre toplam buharlaşma ortalaması ormanlık alanda meradan % 10 daha fazla olmaktadır (PENMAN, 1963) Douglass'a (1967) göre de çayırda, daha sığ bir kök sistemine sahip olmaları nedeniyle ormana oranla daha az su tüketmekte, normal kapalıdaki bir ormanda toplam göğüs yüzeyinin % 20'sine karşı gelen hacimdeki ağaçlar kesildiğinde ise evapotranspirasyon azalmakta ve dere akımı artmaktadır.

Yeni Zelanda da traşlama kesim artıklarını yakma ve çam ağaçlandırmalarının hidrograf ve su verimine etkisi üzerine yapılan çoğul havza araştırmasında da 1977 Mart ayı ile 1978 Eylül ayı arasında düşen 3055 mm'lik yağışın 1500 mm'sinin kontrol havzasında, 2635 mm'sinin ise traşlanıp yakılan havzada dere akımına dönüştüğü belirlenmiş, bunun su veriminde yıllık olarak 650 mm artış anlamı taşıdığı sonucuna varılmıştır (PEARCE et al, 1980). Bu artış, intersepsiyon ve transpirasyonun ortadan kalkması ile açıklanmaktadır. Çekoslovakya'da Cervik nehri üzerinde yer alan iki küçük havzada on yıl süreyle yağış ve dere akımını ölçmek suretiyle şeritler üzerindeki traşlama kesimlerinin dere akımı oluşumu üzerindeki etkileri araştırılmış ve traşlama işleminin su verimini artırdığı saptanmıştır (KRECEK/ZELENY 1980).

HIBBERT, orman örtüsünü değiştirmenin su verimine etkileri konusunda yapılan otuz dokuz ayrı araştırma sonucuna göre orman azalmasının su verimini artırdığını, ormanlaştırmanın ise su verimini azalttığını ortaya koymuştur (1967).

BROOKS ve arkadaşlarına BOSCH ve HEWLETT'e dayanarak verdiği bulut ormanı olmayan veya kıyı ormanı koşullarındaki bitki örtüsündeki azalmanın su verimine katkısına ilişkin veriler Tablo 5'te sunulmuş bulunmaktadır (1993). Tablo verilerine göre bitki örtüsündeki her % 10 azalma konifer ve okaliptus ormanında ortalama 40 mm, yapraklı ormanda 23 mm ve çalı örtüsünde de 10 mm'lik su verimi artmasına neden olmaktadır.

Tablo 5: Bitki örtüsündeki azalmayla ilgili su verimindeki artış (bulut ormanı olmayan ve kıyı ormanı koşullarında)

Örtüdeki her % 10'luk azalmaya karşılık su verimindeki artış

Bitki örtüsü tipi	Ortalama (mm)	Maximum (mm)	Minimum (mm)
Konifer ve Okaliptus	40	60	20
Yapraklı Orman	25	40	6
Çalı	10	20	1

4. Gerekçe

Havza kapalı bir sistem olarak ele alınırsa yani havzada üretilen suyun kaynağının sadece havza üzerine düşen yağış olduğu ve çevresi ile yüzeyden ve yüzeyaltından (taban suyu dahil) hiçbir su alışverişi olmadığı kabul edilirse mansaba gelen dere akımını oluşturan bileşenlerden taban suyu akımının açık alana göre daha az olduğu gerçeğiyle karşılaşılır (SHACHARI et al, 1967) Nitekim taban suyunun yüzeye yakın olduğu yerlerde orman örtüsünün kaldırılmasıyla taban suyu yükselmekte ve bunun tersine ormanlaştırma yarıbataklık koşulları ortadan kaldırmaktadır (LEE 1980, HEWLETT 1982). Yani orman taban suyu seviyesini düşürmekte ve bu da su veriminin azalmasına neden olmaktadır.

5. SONUÇ

Buraya kadar yapılan açıklamalar ışığında ormanın su verimi üzerine etkisi konusunda aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

- 1- Aynı iklim koşulları altındaki ormanlık alanların ormansız alanlara göre lokal olarak aldığı yağış fazlalığı ormanın orografik etkisi nedeniyle % 1-2 kadar olabilmekte ve bazı nemli koşullarda %10'a kadar ulaşabilmektedir. Bunun dışında ormanın, yağışı önemli ölçüde artırdığı görüşü kabul görmeyen (bulut ormanları hariç) ve kanıtlanamayan bir görüştür. Buna karşılık ormanların çok önemli bir bölümünün yüksek yağış düşen alanlarda daha yaygın olduğu bir gerçektir.
- 2- Ormana düşen yağış miktarının en az % 10'unu intersepsiyonla, toprağa infiltre olan yağış miktarının önemli bir bölümünü de transpirasyonla kaybetmek suretiyle toplam buharlaşma, ormanlık alanlarda açık veya mera alanlarına göre daha fazla olmakta ve dolayısıyla taban suyuna daha az su iletilerek ormanlık alanda daha az su verimi meydana gelmektedir. Bu nedenledir ki su üretiminin önem taşıdığı havzalarda su veriminin artırılması yönünde orman örtüsünün (kapalılığının) azaltılması veya kaldırılması, iğne yapraklılar yerine yapraklı türlerin getirilmesi, derin köklü bitkiler yerine sığ köklü bitkilerin yetiştirilmesi vb. orman yönetimine ilişkin yöntemler havza amancılıkları tarafından önerilmektedir (COLMAN 1953; SATTERLUND 1972; BOOKS et al 1991).

Yukarıda yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı üzere bu yazıda ormanın sadece su verimi üzerindeki etkileri irdelenmiş ve orman örtüsünün artmasıyla su veriminin artması değil, bunun tam tersine orman örtüsünün su tüketimini artırıcı ve dolayısıyla su verimini azaltıcı etkisi bugüne dek gerçekleştirilen uygulamalı araştırma sonuçlarıyla ortaya konmuştur. Ormanın su rejimi

üzerinde oynadığı role ise değinilmemiştir. Bir başka ifade ile ormanın akım rejimini düzenleyici ve su kalitesine olumlu katkıları konu dışında tutulmuştur.

Orman-su ilişkilerini tüm bu yönleri ile ele alan Havza Amenajmanacıları, ormanın azaltılması suretiyle su kalitesini olumsuz etkilemeden su veriminin ne ölçüde artırılabilceği yani havza koşullarının optimize edilmek suretiyle yeterli kaliteye sahip su verimini artırıcı yöntemlerin nasıl olabileceği üzerinde önemle durmakta ve bu yönde değişik ekolojik koşullarda araştırmalarını sürdürmektedirler.

KAYNAKLAR

- BALCI, A.N. 1958. *Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkanları ve Vejetasyon-Su Düzeni Üzerine Araştırmalar* (İ.Ü. Orman Fakültesi Doktora tezi, yayınlanmamış)
- BROOKS, K.N., 1991: F.FOLLIOTT, P.F; GREGERSEN, H.M; THAMES, J.L. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State University press/ames.
- COLMAN, E.A., 1953: *Vegetation and Watershed Management*. The Ronald Press Co. New York.
- ÇEPEL, N., 1965: *Orman Topraklarının Rutubet Ekonomisi Üzerine Araştırmalar ve Belgrad Ormanı'nın Bazı Karaçam, Kayın, Meşe meşcerelerinde İntersepsiyon, Gövdeden Akış, Toprak Rutubeti miktarının sistematik ölçmelerle tespiti*. Dizerkonca matbaası, İstanbul.
- ÇEPEL, N., 1988: *Orman Ekolojisi 3. Baskı*. İ.Ü. Yay. No. 3518, Or.Fak Yay. No. 399 İstanbul.
- DOUGLASS, J.E., 1967: *Effects of Species and Arrangement of Forests on Evapotranspiration*. International Symposium on Forest Hydrology. Proceedings of a National Science Foundation Advanced Science Seminar Held at the Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania.
- E.İ.E., 1983: *Aylık Ortalama Akımlar*. EİE Matbaası Ankara.
- GARCZYNSKI, F., 1980: *Effect of Percentage Forest Cover on the Hydrological Regime With Special Reference to Representative and experimental Basins*, IAHS – AISH Publication No : 130.
- HIBBERT, A.R. 1967. *Forest Treatment Effects On Water Yield*. International Symposium on Forest Hydrology. Proceedings of a National Science Foundation advanced Science Seminar Held at the Pennsylvania State university, University Park, Pennsylvania.
- KITTREDGE, J., 1948: *Forest Influences*. McGraw-Hill Book-Company, Inc. New York.
- KRECEK, J., And ZELEY, V. 1980: *Effects of Commercial Forest Logging Upon Stream Flow Processes in a Small Basin in the Moravian-silesian Beskydy Mountains P.105-114 The Influence of Man on the Hydrological Regime With Special Reference to Representative and Experimental Basins*, IAHS – AISH Publication No : 130.
- LEE, R., 1980: *Forest Hydrology*. Columbia University Press New York.
- LULL, H.W, SUPPER, W.E., 1967: *Prediction of Avarage Annual and Seasonal Streamflow of Physiographic Units in the Northeast P. 507-522 International Symposium on Forest Hydrology. Proceedings of a National Science Foundation Advanced Science Seminar Held at the Pennsylvania state University, University Park, Pennsylvania*.
- MOLCHANOW, A.A.1963: *The Hydrological Role Of Forests*. Program For Scientific Translations Jerusalem.

ÖZHAN, S., 1982: *Belgrad Ormanındaki Bazı Meşcerelerde Evapotranspirasyonun Deneysel Olarak Saptanması ve Sonuçların Ampirik Modellerle Karşılaştırılması*. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları İ.Ü. Yay. No. 2906, Or. Fak.Yay.No :311.

ÖZYUVACI, N. 1976. *Arnavutköy Deresi Yağış Havzasında Hidrolojik Durumu Etkileyen Bazı Bitki-Toprak-su İlişkileri*. İ.Ü. Yay. No. 2082. Or.Fak.Yay.No. 221.

PEARCE, A.J., ROWEN, L.K., O'LOUGHLIN, 1980: *Partial Clear Felling and Slash-Burning on Water Yield and Storm Hydrographs in Evergreen Mixed Forest, Western New Zealand P.119-127 The Unfluence of Man on the Hydrological Regime With Special Reference to Representative and Experimental Basins, IAHS – AISH Publication No. 130.*

PENMAN, H.L. 1963: *Vegetation and Hydrology Technical Communication no. 53 Commonwealth Bureau of Soils Harpenden Royal, Bucks, England.*

ROBERTS, G; HUDSON, J; BLACKIE, J., 1986: *The Iuanbrynmair Moor Afforestation Study. Institute of Hydrology, Wallingford England.*

SATTERLUND, D.R. 1972: *Wildland watershed management. The Ronald Press Co. New York.*

SHACHORİ, A., ROSENZWEİG, D., POLİAKOFF – MAYBER, A. 1967. *Effect of Mediterranean Vegetation On the Moisture Regime. International Symposium on Forest Hydrology. Proceedings of a National Science Foundation Advanced Science Seminar Held at the Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania.*

WİSLER, C.O., BRATER, E.F., 1954: *Hydrology. Johv Wiley and Sons, Inc, New York.*