

SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

A

CİLT
VOLUME
BAND
TOME

43

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

1

1993

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

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



İSTANBUL ÇEVRESİNDE YERALAN MEŞE-KAYIN ORMAN EKOSİSTEMLERİNDE EŞ-HAVZA DENEMELERİ İLE İLGİLİ KALİBRASYON DÖNEMİ SONUÇLARI

Prof. Dr. A. Nihat BALCI¹⁾
Prof. Dr. Necdet ÖZYUVACI¹⁾
Prof. Dr. Süleyman ÖZHAN¹⁾
Doç. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL¹⁾

Kısa Özet

Bu yazıda, 1979-1985 yılları arasında, havzalarda uygulama öncesi dönemde elde edilen bulgulara dayanılarak belirlenen kalibrasyon denklemleri ile bazı bulgular özetlenmiştir. Ormancılık uygulamalarının su verimi ve su kalitesi üzerine yaptığı etkileri ortaya koymak üzere planlanmış olan bu projede elde edilen korelasyon ve regresyon katsayıları yüksek düzeyde önemlilik göstermişlerdir. Özellikle bitki besin maddelerinin aylık değişimi ve sediment verimi son derece önemli ilişki vermiştir. Aylık ortalama deşarj edilen iyon miktarları arasında, hektarda kilogram olarak en yüksek değerlerin her iki havzada (I ve IV) da HCO_3^- (11.5) ile Cl^- (8.6) olduğu belirlenmiştir.

1. GİRİŞ

Ülkemizde, yerli ağaç türlerimiz ile kaplı ormanlık havzalarda yapılan ormancılık uygulamalarının, ağaç türlerinin ve tür değişimi gibi faaliyetlerin havzalardan elde edilen su verimi, askıda

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

sediment, bitki besin maddeleri konsantrasyonu ve dere akımı tizerinde yaptığı etkileri ortaya koyan araştırma sonuçları çok az sayıdadır. Bunlardan ilki Balcı ve Özyuvacı (1976) tarafından balta-lık orman olarak işletilen Arnavutköy yağış havzasında askıda sediment ve bazı bitki besin madde-leri ölçmeleri ile ilgili sonuçlardır. Yine bu konuda önemli veriler ve sonuçlar içeren bir diğer ça-lışma ise Balcı, Özyuvacı ve Özhan (1986) tarafından, Belgrad Ormanı'nda deneysel havza uygula-malarının ilk değerlendirmelerini içeren yayındır.

İstanbul için kaliteli su temininin geçmişte de bir hayati problem olduğu görölmektedir. Öte yandan bindodokuzyüzaltmışlı yılların sonundan itibaren başlayan ve bozuk yapraklı orman örtüsü ile kaplı sahaların yoğun makinalı toprak işlemeşi uygulanarak iğne yapraklı orman alanlarına dö-nüştürölmesi, İstanbul civarındaki su üretim havzalarında da büyük uygulama alanları bulmuştur.

Havzalardaki bitki örtüsünün tamamen değiştirilmesi yanında, sağlıksız kentleşme ve yine havzalarda arazi kullanımının düzensizliği su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri büyük boyut-lara çıkarmıştır.

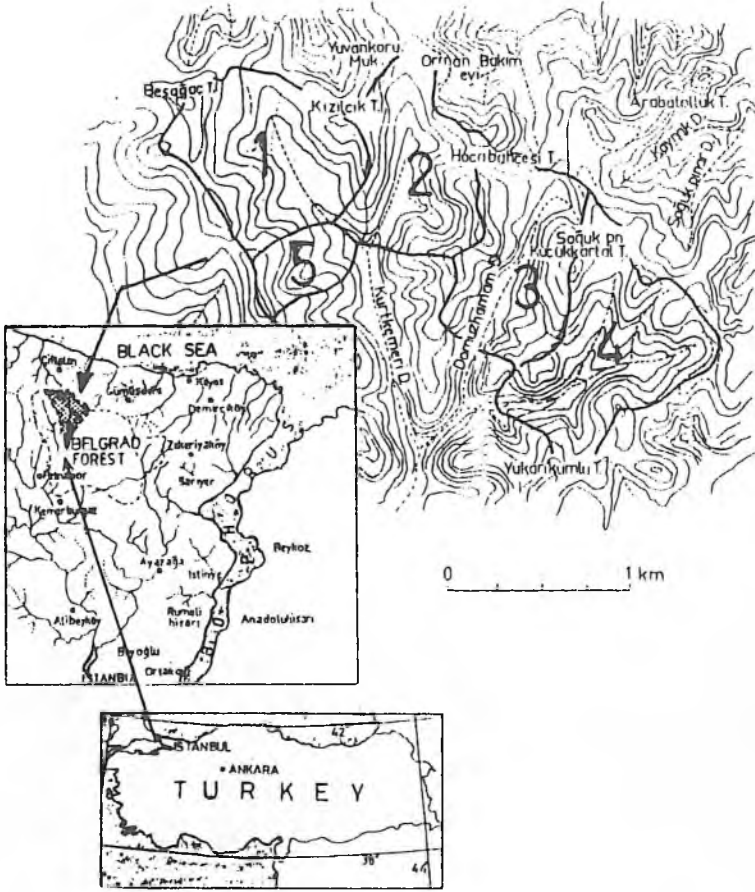
Yukarıda açıklandığı gibi tüm bu uygulamaların etkilerini ortaya koymak amacıyla uzun sü-reli deneysel havza araştırmaları ölkemizde ilk olarak 1979 yılında başlatılmıştır. Bu amaçla, Belgrad Ormanı Ortadere yağış havzasında alanları 17.5 ile 77.5 hektar arasında değişen ve birbiri-ne bitişik beş küçük yağış havzası seçilmiş, bu havzalar da değişik ormancılık uygulamalarının ve yapraklı orman örtüsünün iğne yapraklı orman örtüsüne dönüştürölmesi ile oluşacak etkilerin, su verimi, su kalitesi ve akım karakteristikleri üzerine yaptığı değişimlerin izlenmesi amaçlanmıştır.

Bu makalede, 1979-1985 yılları arasında I ve IV nolu havzalarda yapılan ölçme sonuçları özetlenmiş, ayrıca dere akımları, askıda sediment ve bazı bitki besin maddeleri deşarjı ile ilgili ka-librasyon denklemleri verilmiştir.

2. DENEME HAVZALARININ TANITIMI

Bu araştırma için seçilen deneme havzaları, İstanbul yakınlarındaki tek korunmuş ve yaşlı doğal Meşe-Kayın ve Kestane ormanı olan ve İ.Ü. Orman Faköltesi'nin bir deneme ormanı olarak işlevini sürdüren Belgrad Ormanı içinde yer almaktadır. Bu orman, içinde yer alan 7 adet eski ve Osmanlı İmparatorluğu döneminde yapılmış su bendi ile yaklaşık beşyüz yıldan bu yana İstanbul'un içme suyu ihtiyacının bir kısmını sağlamaktadır (Şekil 1).

Thornthwaite yöntemine göre yapılan iklim tasnifine göre, deneme havzalarının da içinde yer aldığı Belgrad Ormanı; nemli, okyanus tesirine yakın mezotermal ve yaz mevsiminde orta derecede su noksanı olan bir iklim tipine sahiptir. 1979-1985 yılları arasındaki kalibrasyon döneminde havzalara düşen yıllık ortalama yağış 1090.5 mm olarak belirlenmiş olup, bu yağışın büyük bir kıs-mının Nisan ve Ekim ayları arasında düştüğu görölmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık 12.8°C ve Thornthwaite yöntemine göre yıllık evapotranspirasyon 698.3 mm'dir (Tablo 1).



Şekil 1 : Araştırma havzalarının yeri.

Fig. 1 : The location map of the experimental watersheds.

Deneme havzalarının yer aldığı alanda toprağı oluşturan anamateryal, Karbonifer kil şistleri, Neojen kili ve çakıl depolarıdır. Kil şistlerinin yer aldığı alanlarda, bu anamateryalden oluşmuş topraklar genelde sığ, orta derin, taşlı, balçıklı kil tekstüründe, organik madde bakımından zengin ve suyu orta hızlı geçirimlidirler.

Neojen depoları üzerinde gelişmiş topraklar; derin, üst toprakların tekstürü balçıklı kil, alt toprakların tekstürü ise kil'dir. Bu topraklar da suyu orta geçirimli olarak ayırdedilmişlerdir. Her iki anamateryalden gelişmiş topraklarda da karbonat reaksiyonu görülmemektedir. Havzalarda ortalama 5 cm kalınlığındaki mull tipi ölü örtü tabakası yüzeysel akış ve yüzeyaltı akışlara karşı iyi bir tampon etkisi yaratarak havzadan meydana gelebilecek taşkın (peak) akımları azaltmaktadır.

Topografik yapı olarak dik olmayan havzalar, yaklaşık olarak denizden 140 m yüksekliktedir. Her iki havza (I ve IV) da güneybatıda yer alıp, havza sınırlarının Karadeniz kıyısına uzaklığı yaklaşık 3-4 km'dir. Daha küçük olan I no'lu havza 71.9 ha büyüklüğünde olup, ortalama % 10 eğimli ve 3.6 km/km^2 lik bir drenaj yoğunluğuna sahiptir. IV no'lu havza ise 77.5 ha büyüklüğünde, % 14.0 eğimli ve 3.8 km/km^2 lik drenaj yoğunluğuna sahiptir.

Havzaların hakim bitki örtüsü yaşlı ve normal kapalılıkta Meşe (*Q. frainetfo Ten.*, *Q. cerris L.*) ve Kayın (*F. orientalis L.*) olup değişik oranlarda Gürgeç (*Carpinus betulus L.*), Kestane (*Castanea sativa Mill.*), Titrek kavak (*Populus tremula L.*), Kızılağaç (*Ahus glufinosa L.*) ve bazı Akçağaç (*Acer sp.*) türleri de bu karışıma katılmaktadır.

3. YÖNTEMLER

Deneme havzalarından I ve IV no'lu havzalarda sırasıyla 90°C ve 120°C 'lik keskin kenarlı V kesitli savaklar inşa edilmiş olup, buralarda Elliott EM 1720 otomatik seviye ölçerleriyle düzenli olarak dere akımları kayıt edilmektedir (Şekil 2). Akım ölçme istasyonlarının yaklaşık 50 m kadar memba tarafında haftalık su örnekleri, kapma yöntemiyle alınmakta ve aynı gün laboratuvarında analiz edilmektedir.



Şekil 2 : IV no'lu havzada kurulmuş bulunan 120°C 'lik, V kesitli ve keskin kenarlı akım ölçme istasyonu.

Fig. 2 : Streamflow gaging station with sharp crested 120°C V-notch weir of Watershed-IV

Tablo 1 : Belgrad Ormanı'nda, aylık ve yıllık ortalama yağış, sıcaklık ve potansiyel evapotranspirasyon değerleri.

Table 1 : Mean monthly and annual temperature, precipitation and potential evapotranspiration at Bahçeköy, Belgrad Forest.

Aylar (Months)	Sıcaklık (Temp.) (°C)	Yağış (Precip.) (mm)	PET (mm)
I	4.7	161.5	11.5
II	4.9	105.4	12.3
III	6.1	104.4	19.8
IV	10.5	55.0	41.7
V	15.0	45.2	78.5
VI	19.3	39.9	111.4
VII	21.5	34.8	121.7
VIII	21.6	48.8	114.4
IX	18.0	68.1	82.8
X	14.1	121.2	54.9
XI	10.6	133.9	31.7
XII	6.9	172.3	17.6
Yıllık Ort. (mean annual)	12.8	1090.5	698.3

Akım ölçme istasyonlarının yanında orman içinde kurulan bir meteoroloji parkında yağış ölçmeleri yapılmakta, ölçme sonuçları Bahçeköy Meteoroloji istasyonunun kayıtları ile kontrol edilmektedir. Ormaniçi meteoroloji istasyonundaki yağış ölçmeleri standart ve tipping-bucket kaydedici tip yağış ölçerlerle yapılmaktadır.

Haftalık olarak alınan su örnekleri üzerindeki fiziksel ve kimyasal su kalitesi analizleri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı laboratuvarlarında yapılmakta, Amerikan Halk Sağlığı (American Public Health Association) örgütü ile paralellik gösteren, Türk Standartlar Enstitüsü'nün yöntemleri izlenmektedir. Askıda sediment konsantrasyonları, belli hacimdeki su örneğinin 105°C'den sonraki buharlaştırma kalıntısı olarak belirlenmektedir.

Kalibrasyon dönemi içinde her iki havzada ölçülen akım karakteristikleri ve bazı kimyasal ve fiziksel su kalitesi parametreleri birbiriyle ilişkiye getirilmiş, böylece, uygulama havzası olarak seçilen IV no'lu havza üzerinde yapılacak uygulamaları müteakip, uygulama öncesi değerlerin tahmini için kontrol havzası olarak seçilen I no'lu havzanın değerlerinden faydalanmak amaçlanmış ve kalibrasyon denklemleri çıkarılmıştır. Aynı zamanda, doğal olarak korunan I no'lu havza, iklim ve IV no'lu havzada yapılacak uygulama dışında bir nedenden kaynaklanabilecek etkenleri minimuma indirecek bir kontrol havzası işlevini görecektir.

4. SONUÇLAR VE İRDELEME

Tablo 2'de topluca verilen ve tek tek her parametre için hesaplanan kalibrasyon denklemleri ile ilgili korelasyon katsayıları 0.758 ile 0.950 arasında değişmekte olup, yüksek düzeyde önemlilik göstermektedir. I no'lu havza ile IV no'lu havza arasında her bir parametre için sıkı ilişki gösteren regresyon denklemleri vasıtasıyla IV no'lu havzada uygulamalardan sonra, uygulama öncesi koşullar için bu parametrelerin tahmini yapılabilecektir.

Tablo 2 : Kontrol ve uygulama havzası olarak seçilen iki havzada (I ve IV) tek tek ölçülen her bir parametre için hesaplanan kalibrasyon denklemleri.

Table 2 : Calibration equations for individual parameters (streamflow, selected ions and total residue) defining the relationships between the paired watersheds (W-I, W-IV) (1979-1985).

Parametreler (Parameters)	Elemanlar (Elements of Regression Equations)					
	r	r ²	Sabiteler		SEC ¹⁾	DF ²⁾
			a	b		
Streamflow (l/sec)	0.949	0.902	1.072	1.204	0.043	85
Streamflow (mm)	0.950	0.903	3.549	1.123	0.040	85
Total Residue (kg/ha/month)	0.880	0.775	3.066	0.893	0.052	85
Ca (kg/ha/month)	0.946	0.895	0.158	0.712	0.028	74
Mg (kg/ha/month)	0.937	0.878	-0.006	0.989	0.043	74
Cl (kg/ha/month)	0.927	0.860	1.056	0.946	0.046	70
HCO ₃ (kg/ha/month)	0.872	0.760	-0.049	0.671	0.045	71
P (kg/ha/month)	0.945	0.893	0.002	1.060	0.043	74
K (kg/ha/month)	0.945	0.893	0.066	0.983	0.039	74
Na (kg/ha/month)	0.938	0.880	0.258	0.972	0.042	74
N (kg/ha/month)	0.758	0.574	0.016	1.077	0.102	83

1) Standart hata katsayısı (Standart error of coefficient)

2) Serbestiyet derecesi (Degrees of freedom)

Bu konuda yapılmış çalışmalarda havzada yapılan uygulamalar sonrası bulanıklık ve bazı kimyasal madde konsantrasyonları gibi su kalitesi parametrelerinin değiştiği bulguları pek açık olarak belirlenememiş ise de (Reinhart, 1958), Amerika Birleşik Devletleri'nde (Pacific North-west) Duglaz meşcerelerinin tıraşlama kesildiği havzalarda lizimetreler ile yapılan bir çalışmada bazı elementlerin ölü örtüden yıkanmasının hızlandığı görülmüştür (Cole and Gessel, 1965). Belgrad Ornam'ndaki bu araştırmada da derelerden alınan su örnekleri üzerinde bazı su kalitesi ve bitki

besin maddeleri konsantrasyonları ile ilgili analizler yapılmıştır. Bundan amaç IV no'lu havzada planlanan uygulamalar sonucunda kimyasal su kalitesi parametrelerinde meydana gelmesi muhtemel değişimlerin ortaya konulmasıdır. Ayrıca uygulama havzasında değişik şekillerde yapılacak kesimlerin, her birinin mevcut toprakta farklı ayrışma rejimleri doğuracağı beklenebilir. Bu işlemler sonucunda meşcere tabanına ulaşacak daha fazla miktardaki güneş enerjisi, ölü örtü-toprak sistemindeki organik maddenin ayrışmasını daha da arttırarak mevcut elementlerin serbest hale geçmesini hızlandırabilecektir. Bu oluşumun, Akdeniz ikliminin nispeten tesirinde olan Belgrad Ormanı'ndaki mutedil orman ekosisteminde daha da etkin olacağı düşünülebilir. Öte yandan Kızılağaç gibi yapraklı orman örtüsü altında gelişen ölü örtünün iğne yapraklı Duglaz altında gelişen ölü örtüden daha hızlı ayrıştığı (Balcı, 1964 ve 1973) gözönüne alındığında, araştırma havzalarındaki yapraklı ağaçlardan oluşan ölü örtünün ayrışmasının hızlanacağı söylenebilir.

Yapılan akım ölçmeleri sonucunda (Tablo 3), I ve IV no'lu deneme havzaları arasında, yıllık ortalama su verimi ile ilgili bir kalibrasyon denklemi geliştirilmiştir (Şekil 3). Bu denklem yardımıyla, IV no'lu havzada yapılan uygulama sonucunda yıllık su veriminde meydana gelebilecek artına veya değişimin miktarının bulunması, uygulama öncesi değerlerin kalibrasyon denkleminde hesaplanması ile mümkün olabilecektir.

$$Y = 67.20 + 1.03 X$$

şeklinde bir doğrusal ilişkinin hesaplandığı denklemde (Y), uygulama havzası olan IV no'lu havzadan oluşan yıllık ortalama su verimini (mm), (X) ise kontrol havzası olan I no'lu havzadan yıllık su verimini (mm) temsil etmektedir. Yukarıda verilen kalibrasyon denkleminin korelasyon katsayısı

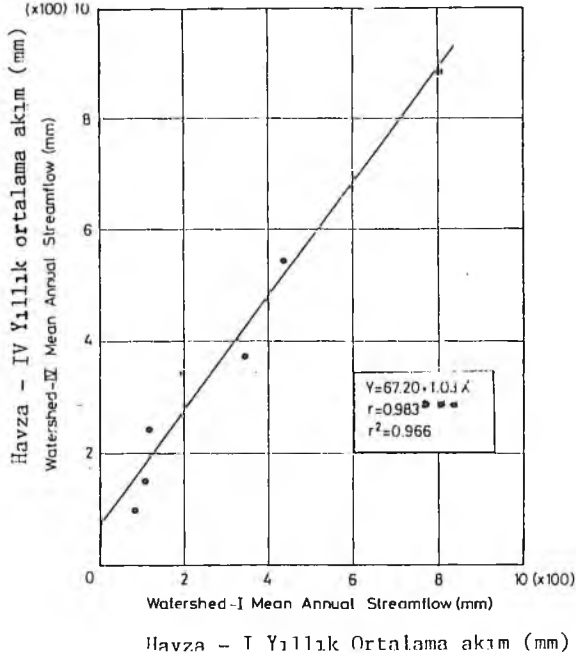
$$r = 0.938 \quad (r^2 = \% 97)$$

oldukça yüksek düzeydedir. Standart hatası ise 54.36 olarak hesaplanmıştır.

Aynı şekilde, kalibrasyon döneminde ölçülen kimyasal su kalitesi parametreleri için kontrol ve uygulama havzaları arasında hesaplanan doğrusal ilişki denklemleri ile ilgili katsayılar da Tablo 2'de topluca verilmiştir. Bu denklemler Tablo 4 ve 5'de özetlenen uygulama öncesi ölçme verilerine dayanarak ölçme sonuçlarına göre, havzalardan kg/ha olarak taşınan bitki besin maddelerinin miktar ve artışı, kısmen, akım oranına ve su verimine bağlı olduğu görülmüştür. Gerçekten de Balcı ve arkadaşları (1986) tarafından belirtildiği gibi Ca, Mg, HCO₃ gibi diğer bazı katyon ve anyonların, akım miktarı ile çok sıkı bir ilişki içinde olduğu bulunmuştur (Korelasyon katsayıları 0.936 - 0.995 arasında ve 0.001 düzeyde önemli). Aynı şekilde, I ve IV no'lu havzalar arasında, benzer ilişkiler olarak Kalsiyum, Magnezyum ve diğer İyonların (kg/ha) aylık deşarjı ile yine aylık ortalama su verimi (1/sn) arasında çok yüksek düzeyde önemli olan korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Şekil 4 ve 5).

Tablo 3 : 1979-1985 yılları arasında yıllık yağış ve akım değerleri (mm).**Table 3 :** Annual streamflow and precipitation in area-mm for the period of 1979-1985.

Yıl (Year)	Yağış (Precipitation)	Akım - (Streamflow)	
		Havza-I kontrol (Watershed-I Cont)	Havza-IV uygulama (Watershed-IV treat)
1979	1137.3	199.92	341.48
1980	1316.2	436.16	539.95
1981	1594.0	801.21	886.06
1982	892.0	342.86	368.58
1983	939.5	107.81	148.52
1984	950.5	82.82	95.19
1985	1206.5	117.11	239.39
Ort. (Mean)	1148.0	298.27	374.17

**Şekil 3 :** Kontrol ve uygulama havzaları arasında yıllık ortalama su verimleri ile ilgili kalibrasyon denklemi (1979-1985).**Fig. 3 :** Calibration equation for mean annual streamflows from control (W-I) and treatment (W-IV) watersheds (1979-1985).

Tablo 4 : Kalibrasyon periyodunda saptanan aylık ortalama yağış, akım, bazı iyon konsantrasyonları ve askıda sediment değerleri.

Table 4 : Monthly average streamflow, precipitation, concentration of selected ions and suspended sediment during the calibration period of 1979-1985.

Havza - I WATERSHED - I

Aylar (Months)	Akım (Streamflow)		Yağış (Precipitation)	Konsantrasyon - Concentration (mg/l)								
	L/sec	mm	mm	Ca	Mg	Na	K	P	N	Cl	HCO ₃	Askıda sedim. (Suspended Sediment)
Jan.	21.157	78.7	217.2	21.16	7.48	13.22	1.34	0.053	0.40	38.50	58.81	190.57
Feb.	15.243	51.7	127.0	16.50	6.77	12.37	1.25	0.051	0.23	33.94	43.70	169.71
March	14.943	55.6	91.8	16.83	6.41	12.87	1.31	0.059	0.26	35.28	47.89	178.43
April	5.957	21.4	53.9	22.91	8.09	14.48	1.33	0.054	0.20	39.31	70.72	221.71
May	3.214	12.0	43.9	29.26	9.54	15.68	1.37	0.054	0.27	42.16	95.60	250.00
June	0.971	3.5	30.4	32.61	9.74	17.17	1.32	0.054	0.25	45.54	116.90	255.29
July	0.614	2.3	58.7	33.19	9.23	15.90	1.34	0.053	0.34	43.98	119.91	262.71
Aug.	0.586	2.2	53.2	33.54	9.35	16.02	1.34	0.047	0.26	45.83	104.87	281.71
Sept.	0.657	2.4	40.5	34.20	9.32	15.98	1.40	0.014	0.29	46.64	123.19	264.71
Oct.	4.013	14.9	130.4	24.25	9.39	15.17	1.50	0.050	0.28	46.77	123.18	278.50
Nov.	6.200	22.3	164.8	30.74	9.16	15.10	1.66	0.46	0.30	45.02	115.40	275.25
Dec.	10.288	38.3	174.7	28.65	8.77	13.86	1.49	0.045	0.28	42.92	93.63	230.87
Ort. (Mean)	6.99	25.4	98.9	28.32	8.60	14.82	1.39	0.05	0.28	42.16	92.82	238.29
Std.	6.62	24.2	62.3	6.11	1.09	1.41	0.11	0.01	0.05	4.23	28.72	38.17
cv (%)	94.7	95.0	63.0	21.5	12.60	9.8	7.6	22.8	17.3	10.0	30.9	16.00

Tablo 4 : Devam

Table 4 : Continued

Havza - IV WATERSHED - IV

Aylar (Months)	Akım (Streamflow)		Yağış (Precipitation)	Konsantrasyon - Concentration (mg/l)								
	l/sec	mm	mm	Ca	Mg	Na	K	P	N	Cl	HCO ₃	Askıda sedim. (Suspended Sediment)
Jan.	25.614	88.5	217.2	12.12	4.85	10.68	1.33	0.051	0.26	35.52	26.61	143.86
Feb.	19.528	61.6	127.0	9.72	5.05	10.23	1.78	0.053	0.23	29.39	22.86	129.14
March	18.114	62.6	91.8	10.11	4.92	10.33	1.15	0.061	0.36	30.53	24.68	132.43
April	7.757	25.9	53.9	12.86	5.81	11.98	1.26	0.058	0.23	36.00	32.77	154.14
May	3.814	13.2	43.9	15.01	6.07	12.05	1.37	0.056	0.24	38.52	42.07	176.71
June	0.729	2.4	30.4	15.91	6.34	13.82	1.37	0.058	0.26	43.24	50.46	181.00
July	0.428	1.5	58.7	16.32	5.51	13.43	1.44	0.055	0.31	39.01	61.54	175.43
Aug.	9.328	1.1	53.2	11.97	4.42	10.57	1.24	0.044	0.19	32.66	48.66	150.43
Sept.	0.357	1.2	40.5	13.01	5.16	10.62	1.23	0.048	0.21	32.62	49.09	143.14
Oct.	3.743	12.9	130.0	12.50	4.77	11.50	1.58	0.054	0.25	32.41	39.70	178.71
Nov.	11.700	39.1	164.8	15.46	6.02	12.74	1.70	0.051	0.30	41.55	44.21	196.71
Dec.	18.157	62.7	174.7	14.49	6.16	12.16	1.54	0.046	0.27	41.33	36.08	176.00
Ort. (Mean)	10.80	31.0	98.9	13.29	5.42	11.68	1.42	0.050	0.26	36.03	39.89	161.47
Std.	8.70	29.5	62.3	2.08	0.61	1.17	0.19	0.004	0.05	4.44	11.29	20.95
cv (%)	80.6	94.9	63.0	15.6	11.3	10.00	13.3	9.300	17.60	12.3	28.2	12.90

Tablo 5: Aylık ortalama akım, askıda sediment ve deşarj edilen iyon miktarları.

Table 5: Monthly average streamflow, discharge of selected ions and suspended sediment (kg/ha)

Havza - I WATERSHED - I

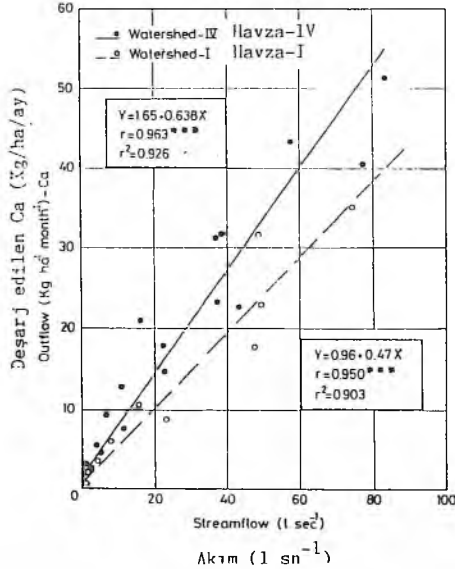
Aylar (Months)	Akım (Streamflow) mm	Deşarj edilen bazı iyonlar Outflow of selected ions (kg/ha)								Askıda Sediment (Suspended) Sediment)
		Ca	Mg	Na	K	P	N	Cl	HCO ₃	
Jan.	78.7	11.3	4.96	9.22	1.46	0.046	0.36	24.11	29.78	123.33
Feb.	51.7	6.9	3.73	6.51	0.91	0.029	0.12	17.03	17.83	73.75
March	55.6	8.9	3.76	7.73	0.93	0.043	0.18	20.18	24.66	94.36
April	21.4	3.5	1.60	2.93	2.93	0.014	0.04	8.06	11.29	35.18
May	12.0	3.4	1.17	2.00	0.18	0.007	0.02	5.45	11.65	26.73
June	3.5	1.0	0.32	0.56	0.05	0.002	0.01	1.53	3.88	8.89
July	2.3	0.7	0.22	0.37	0.03	0.001	0.01	1.04	2.80	6.00
Aug.	2.2	0.6	0.19	0.32	0.03	0.001	0.00	0.94	2.10	6.11
Sept.	2.4	0.8	0.23	0.40	0.04	0.005	0.01	1.18	3.12	6.19
Oct.	14.9	1.5	0.42	0.66	0.07	0.002	0.01	2.30	6.22	41.68
Nov.	22.3	0.9	1.94	3.27	0.44	0.009	0.09	5.28	12.57	61.77
Dec.	38.3	7.4	2.02	3.68	0.53	0.011	0.14	8.99	12.64	68.38
Ort. (Mean)	25.4	3.96	1.71	3.14	0.63	0.014	0.08	8.01	11.50	46.03
Std.	24.2	3.59	1.57	2.98	0.82	0.015	0.10	7.76	8.512	37.08
cv (%)	95.0	90.50	91.50	95.10	130.10	109.30	123.2	96.9	73.70	80.50

Tablo 5 : Devam

Table 5 : Continued

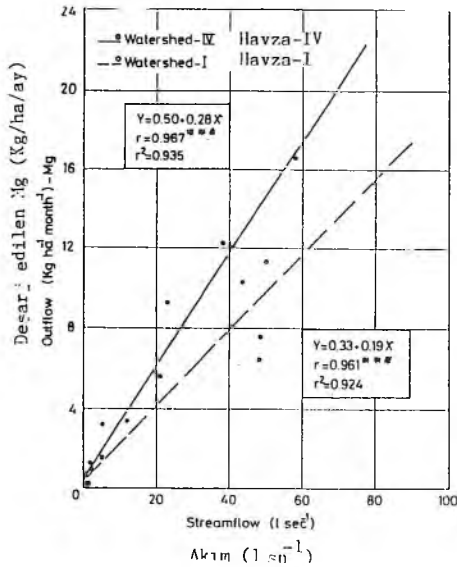
Havza - IV WATERSHED - IV

Aylar (Months)	Akım (Streamflow)	Deşarj edilen bazı iyonlar Outflow of selected ions (kg/ha)								Askıda Sediment
	mm	Ca	Mg	Na	K	P	N	Cl	HCO ₃	(Suspended) Sediment)
Jan.	88.5	8.97	3.93	8.88	1.44	0.051	0.22	23.43	19.37	114.97
Feb.	61.6	5.43	3.64	6.57	0.92	0.037	0.14	17.92	13.48	74.65
March	62.6	6.46	3.66	7.14	0.91	0.048	0.41	20.19	16.36	86.37
April	25.9	2.99	1.67	3.11	0.36	0.017	0.05	7.65	7.70	33.79
May	13.2	2.04	0.91	1.86	0.20	0.008	0.02	5.02	5.68	22.79
June	2.4	0.40	0.15	0.32	0.04	0.001	0.00	1.10	1.21	4.45
July	1.5	0.40	0.08	0.19	0.02	0.001	0.00	0.61	0.86	2.64
Aug.	1.1	0.15	0.06	0.14	0.01	0.001	0.00	0.43	0.67	2.05
Sept.	1.2	0.18	0.07	0.15	0.02	0.001	0.00	0.49	0.72	2.06
Oct.	12.9	1.54	0.65	1.02	0.12	0.005	0.04	4.72	4.76	18.33
Nov.	39.1	5.03	2.47	4.55	0.70	0.018	0.15	6.99	7.62	82.44
Dec.	62.7	5.49	2.74	5.78	0.90	0.022	0.22	14.85	13.07	90.10
Ort. (Mean)	31.0	3.25	1.67	3.31	0.47	0.02	0.10	8.62	7.62	44.5
Std.	29.5	2.84	1.48	3.03	0.46	0.02	0.12	7.98	6.28	40.2
cv (%)	94.9	87.50	88.60	91.40	98.80	101.50	115.10	92.50	82.30	90.1



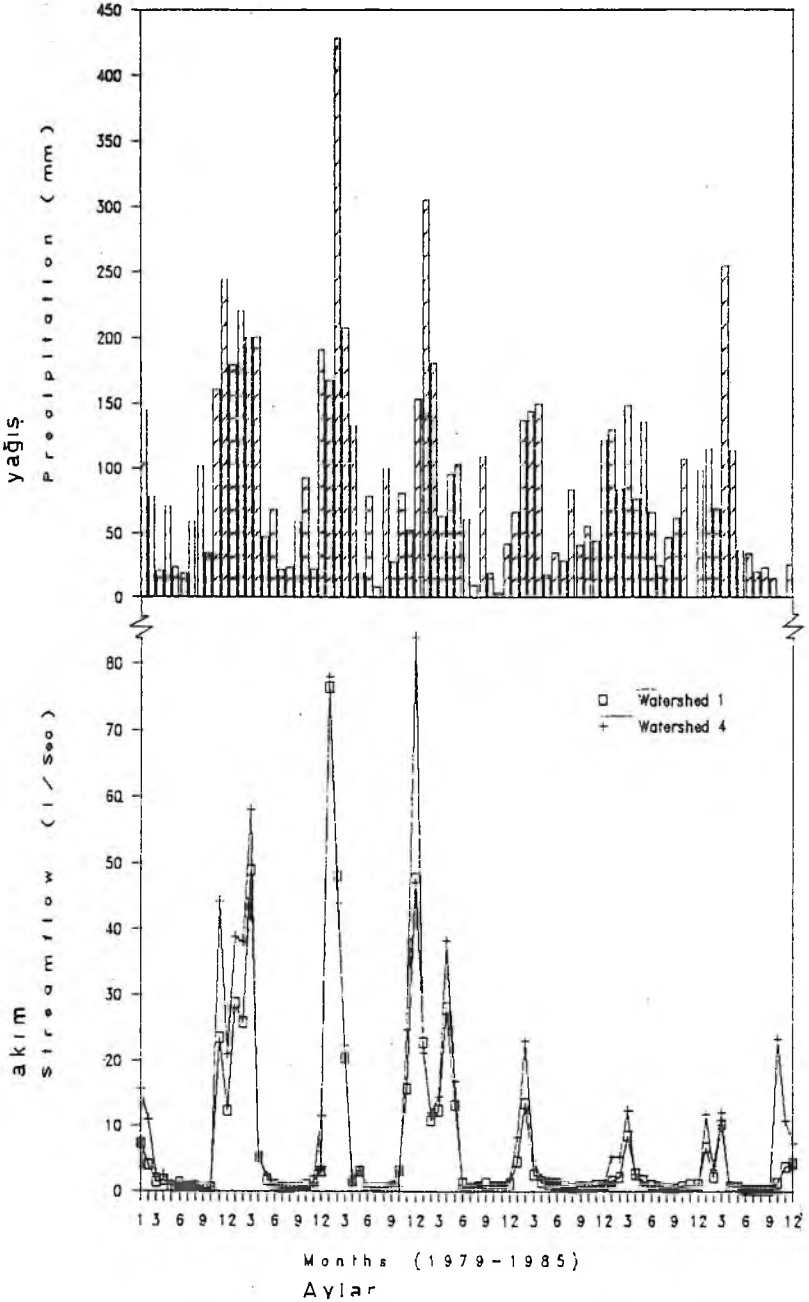
Şekil 4 : I ve IV no'lu havzalardan meydana gelen akım ve deşarj edilen kalsiyum miktarları arasındaki ilişki.

Fig. 4 : Relationship between of Calcium in streamwater and streamflow from Watershed I and IV during the calibration period.



Şekil 5 : Kalibrasyon döneminde I ve IV no'lu havzalardan meydana gelen akım ve magnezyum miktarları arasındaki ilişki.

Fig. 5 : Relationship between outflow of Magnesium in streamwater and streamflow from Watershed I and IV during the calibration period.



Şekil 6 : I ve IV no'lu havzalarda kalibrasyon döneminde aylık yağış ve yıllık akım hidrografları.
 Fig. 6 : Monthly precipitation and annual hydrographs of watershed-I and Watershed-IV during the calibration period.

Her iki yağış havzasında da aylık yağışlardaki değişimin yıllık akım hidrografları üzerinde gözle görülür etkileri izlenmektedir.

Şekil 6'dan açıkça izlenebileceği gibi, Kasım-Mayıs devresindeki yağışlı sezonda ulaşılan pe-ak akımlara karşılık, Haziran-Ekim devresindeki yağışsız sezonda dere akımlarının minimuma düştüğü görülmektedir.

Yağışsız geçen vejetasyon döneminde, zaman zaman düşen az miktardaki yağmurun da yüksek orandaki intersepsiyon kaybı nedeniyle, taban suyunu besleyememesi, çok az veya hiç oluşmayan yüzeysel akış, dere akımları üzerine bir etki yapmamaktadır.

Tablo 6 : I ve IV no'lu havzalarda yağış, akım ve yüzeysel akış miktarlarının mevsimlik ve yıllık olarak karşılaştırılması.

Table 6 : Relationship between precipitation and runoff coefficients of the Watersheds during the Calibration period in dry and wet Seasons.

Mevsim Seasons	Havzalar Watershed	Yağış Precip.	Akış Streamflow	Yüzeysel akış katsayısı Runoff Coefficient
		mm	mm	%
Yağışlı - Wet	I	1003.4	294.9	29.4
Yağışsız - Dry	I	182.8	10.4	5.7
Yıllık - Annual	I	1186.2	305.3	25.7
Yağışlı - Wet	IV	1003.4	366.5	36.5
Yağışsız - Dry	IV	182.8	6.2	3.4
Yıllık - Annual	IV	1186.2	372.7	31.4

Kalibrasyon dönemindeki yıllık ortalama yüzeysel akış oranı IV no'lu havzada % 31.3, I no'lu havzada ise % 25.7 olarak belirlenmiştir. Tablo halinde verilen değerler incelendiğinde (Tablo 6) Ekim-Mayıs döneminde de IV no'lu havzada oluşan yüzeysel akış oranı (% 36.5), yine I no'lu havzadan (% 29.4) daha yüksek bulunmaktadır. Bu farklılığın genel olarak topografya ve jeolojik yapının özellikleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

CALIBRATION OF PAIRED EXPERIMENTAL WATERSHEDS WITH RESPECT TO STREAMFLOW CHARACTERISTICS IN MATURE OAK-BEECH FOREST ECOSYSTEMS NEAR ISTANBUL-TURKEY

A. Nihat BALCI
Necdet OZYUVACI
Süleyman OZHAN
Kamil ŞENONUL

Abstracts

Some results and calibration equations based on the data of pretreatment period (1979-1985) are summarized. The project was designed and executed in order to study the effects of forestry operations on streamflow and water quality. Coefficients of correlation and regression were highly significant. Coefficients of monthly variation of nutrient flux and sediment yield were extremely high. The highest mean discharges of ions in kg/ha/month were HCO_3 (11.5) and Cl (8.6) in both W-I and W-IV.

Few data are currently available about the hydrologic characteristics, nutrient chemical discharges, suspended sediment and water yields as influenced by forest types, forestry operations and species conversions on small watersheds under indigenous forest ecosystems in Turkey. Balcı and Ozyuvacı (1976) have first documented the nutrient flux and suspended sediment discharge from the Arnavutköy municipal watershed dominated by deciduous coppice near Istanbul. The other noticeable data and some initial results were published by Balcı, Ozyuvacı and Ozhan (1986) based on a comprehensive experimental watershed study initiated in the Belgrad Experimental Forest near Istanbul.

The quality water supply in ever expanding greater Istanbul has always become a vital problem. Since late 1960's extensive degraded deciduous forest areas in the municipal watersheds have been converted to the fast-growing conifers by using the mechanized plantation techniques. Besides such drastic changes in the forest cover, other disastrous activities like unhealthy urbanization and some land use practices have been exerting great impact upon water resources.

A long-term experimental watershed research project therefore was initiated in 1979. Five small adjoining catchments tributary to Ortadere creek ranging from 17.50 to 77.50 hectares in area were selected within the Belgrad Experimental Forest in order to study the effects of forestry operations and the conversion of natural hardwoods to fast growing conifers upon streamflow, water and water yield.

This paper presents some of the results obtained during the calibration period between 1979-1985, mainly on calibration equations, streamflow, suspended sediment and nutrient discharges from only two experimental watersheds W-I and W-IV.

1. DESCRIPTION OF THE EXPERIMENTAL WATERSHEDS

The experimental watersheds are located within the Belgrad Experimental Forest which has been preserved as the only old-growth oak-beech-chestnut natural forest near Istanbul. It has also been used as an experimental forest by the Faculty of Forestry. There are seven old block-stone masonry dams within the forest built during the time of the Turkish Ottoman Empire which have been supplying domestic water to the city of Istanbul for about 500 years (Fig. 1).

According to Thornthwaite system, the climate of the catchments and surrounding area is humid, mesothermal oceanic with a moderate water deficit in summer. Annual precipitation during the calibration period (January 1, 1979 - January 1, 1985) averaged 1090.5 mm on experimental watersheds and mainly occurred between October and April. Mean annual temperature was 12.8°C. Mean annual potential evapotranspiration according to Thornthwaite system was calculated to be 698.3 mm (Table 1).

Underlying parent materials include mainly Carboniferous clay schists and Neogene loamy, gravelly deposits. The soils derived from clay schists are usually shallow to moderately deep, gravelly, loamy clay in texture, rich in organic matter with moderately good permeability rates. The soils developed on Neogene deposits are deep, loamy clay in top-soil and clay in the sub-soil with medium permeability rates. Both soils have no carbonate reaction. The mull type forest floor with an average depth of 5 cm has a good buffering effect on overland and subsurface flows and reduces peaks in streamflows.

The topography of the watersheds is not steep, and mean elevation is around 140 m above sea level. Both watersheds (W-I and W-IV) are on a gentle southern aspect adjacent to the divide which is about 3-4 km from the Black Sea coast. Watershed-I has smaller area (71.9 ha), lower average slope (10.0 percent) and drainage density (3.6 km km²) than Watershed (IV (77.5 ha, 14.0 percent, and 3.8 km km² respectively).

Vegetation is dominated by oak (*Q. frainetto* Ten., *Q. cerris* L.) and beech (*F. orientalis* L.) old growth with a normal crown closure. These dominant tree species are mixed with varying amounts of Hornbeam (*Carpinus betulus* L.), Chestnut (*Castanea sativa* Mill.), Aspen (*Populus tremula* L.), Alder (*alnus glutinosa* L.), Maple (*Acer trautvetteri* Med., *Acer campestre*), and Elm (*Ulmus campestris* L.).

2. METHODS

Watershed-I and Watershed-IV were instrumented with 90° and 120° concrete sharp-crested V-notch tite-box weirs respectively (Fig. 2) and with Elliott EM 1720 automatic water level recorders. Weekly grab water samples were taken from the streamflow above the gaging stations.

precipitation near the gaging stations on a cleared site within the forest was measured by tipping bucket type recording and stardard rain gages. The data were checked against those of the of-fical Bahçeköy Meteorological station nearby.

Chemical and physical water analyses, performed by the Department of Watershed Management, Faculty of Forestry, University of Istanbul, followed standard methods (Institute of Turkish Standards) similar to those of the American Public Health Association. The concentration of suspended sediment was determined by evaporating the known volume of water sample as the "total residue on drying at 105°C".

During the calibration period, streamflow characteristics, some chemical and physical water quality parameters of one watershed (W-I) were related to another (W-IV), leading to expressions for predicting values of one (treatment watershed, W-IV) from values of the other (control watershed, W-I). The control watershed under natural forest conditions was used as a reference check area to provide a means by which variation due to climate and other factors not associated with the treatment might be minimized.

Straight line regression equations were developed to define the relationships which fit the data very well.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Calibration equations developed for individual parameters are presented in table 2. Correlation coefficients ranging from 0.758 to 0.950 are highly significant. Regression equations defining the close relationships for each parameter between watershed-I and watershed-IV will be used for the estimation of chemical discharges and streamflow from watershed-IV after treatment.

Although from some previous studies there seems little doubt that changes in water quality, such as turbidity and chemical discharge, that result from treatment will be significant (Reinhart, 1958), tension lysometer studies in the Pacific North-West, U.S.A. have revealed that the removal of Douglas fir stand by clearcut accelerated elemental release from the forest floor (Cole and Ges-

sel, 1965). Results on water quality and nutrient discharge through streamflow were analyzed in this study because changes in stream water chemistry are expected after contemplated treatment in Watershed-IV. Various patterns of cutting in the treatment watershed may be expected to place the soil system under a different weathering regime. A consequent higher intensity of solar energy received by the ground accelerate the release of elements from the forest floor-soil system through more vigorous decomposition of organic matter may be reflected in the stream-water. This effect is anticipated to be more pronounced in a temperate forest ecosystem in Belgrad Forest near Istanbul influenced by the Mediterranean climate. Besides, the forest floor developed under certain deciduous forests like red alder decomposes more rapidly than those of coniferous forest of Douglas fir (Balci, 1964 and 1973). This phenomena may well be valid for the experimental watersheds.

A calibration equation was also developed for the mean annual streamflow for Watershed-I and Watershed-IV (Table 3 and Fig. 3). An estimated annual increase or change in streamflow after treatment will be obtained as the difference between the observed streamflow value from watershed-IV for a given year and the corresponding estimate calculated from a regression equation which is based upon calibration period data in Table 3, and given by

$$Y = 67.20 + 1.03 X$$

where Y equals annual streamflow in mm from the treatment watershed (W-IV), and X equals annual streamflow in mm from the control (W-I). The correlation coefficient $r=0.983$ ($r^2 = 97$ percent) is highly significant, and the standard error of estimate is 54.36 mm. Similar analysis and discussion may be made for the streamflow chemistry data by referring to the calibration equations presented in Table 2. These equations were based upon the pretreatment period data given in Table 4 and 5 representing chemical concentrations and discharges through streamflow of watershed-I and watershed-IV. The magnitude and rate of nutrient outflow in kg/ha/month are partially related to the rate and volume of streamflow. In fact, Balci et al (1986) reported that the outflows of Ca, Mg, HCO_3 and some other cations and anions have very high correlations with the streamflow of which the coefficients ranging from $r=0.936$ to $r=0.995$ were significant at the 0.001 level. Similar close relationships were obtained for Ca, Mg, and other ions with highly significant correlation coefficients between the monthly discharges in kg/ha and monthly average streamflows in l/sec. for Watershed-I and Watershed-IV (Fig. 4 and 5).

The variation in monthly precipitation has a profound influence upon the annual stream hydrographs of both experimental watersheds. In fact, these two entities follow the similar pattern as shown in Figure 6. Monthly streamflows reached several peaks during the wet season between October and May. the streamflows of both watersheds dropped down to minimum level during dry summer months between June and November. Scanty rainfall during this dry growing season did not make any significant contribution to the streamflow because of higher rate of interception, insufficient recharge to groundwater and practically little or no surface and subsurface flow. Mean annual runoff coefficient during the calibration period was 31.4 percent in Watershed-IV as compared to 25.7 percent in Watershed-I. The tabulation (Table 6) shows that the runoff coefficient of W-IV (36.5 percent) was higher than that of W-I (29.4 percent) during the wet season. This sort of

variation in runoff coefficient of the experimental watersheds is believed to be intimately related to the topographic and geological variations.

KAYNAKLAR

BALCI, A. Nihat, 1964. *Physical, Chemical and Hydrological Properties of Certain Western Washington Forest Floor Types. University of Washington, Ph. D., Thesis Printed in 1973, İ. Ü. Orman Fakültesi Yay. 1849/200, Istanbul, Turkey.*

BALCI, A. N., N. ÖZYUVACI and S. ÖZHAN, 1986. *Sediment and nutrient Discharge Through Streamflow Two Experimental Watersheds in Mature Oak-Beech Forest Ecoystems Near Istanbul, Turkey. Journal of hydrology, 85 (1986) 31-47 Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.*

BRECHTEL, H. M., A. BALAZS and F. LEHNARDT, 1986. *precipitation input of Inorganic Chemicals in the Open Field and in Forest Stands-Results of Investigations in the State of Hesse-H. W., Georgü (ed), Atmospheric Pollutants in Forest Areas, 47-67, 1986 D. Reidel Publishing Company.*

COLE, D. W. and S. P., GESSEL, 1965. *Movement of Elements Influenced by Tree Removal and Fertilizer Additions. Forest-Soil Relationships in North America Oregon State University Press, Corvallis, Ore. U.S.A., 1965.*

JOHNSON, E. A. and J. L. KOVNER, 1956. *Effec on Streamflow of Cutting a Forest Understory. Forest Science, Vol. 2, Number 2, June 1956.*

REINHART, K. G., 1958. *Calibration of Five Small Forested Watersheds. Transactions, Amer. Geophysical Union, Vol. 38, No. 5, 1958.*