

**AKARSULARIMIZDA TAŞINAN SEDİMENT MİKTARLARI VE
AKARSULARIMIZDA SEDİMENT VEREN KAYNAKLAR
HAKKINDA İLK NOT**

Dr. İbrahim ATALAY

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ — EDEBİYAT FAKÜLTESİ
ARAŞTIRMA DERGİSİ SAYI 8'den

A y r ı B a s ı

Sayfa:165-197

Sevinç Matbaası, Ankara - 1978

AKARSULARIMIZDA TAŞINAN SEDİMENT MİKTARLARI VE AKARSULARIMIZA SEDİMENT VEREN KAYNAKLAR HAKKINDA İLK NOT

Dr. İbrahim ATALAY

GİRİŞ :

Bilindiği gibi, seller ve akarsular (fluvial amiller) hem aşındırıcı hem de taşıyıcı ve biriktirici amillerdir. Kütle hareketleri (heyelan, toprak akması, çeşitli göçmeler vs.), toprak ve ana materyal aşınması sonucu akarsu yataklarına kadar ulaşan çeşitli büyüklükteki materyaller ile, akarsuların yatak ve yamaçlarında hidrolik yani suyun zinde kuvveti ve korrazyon (çarpma suretiyle aşındırma) suretiyle yaptıkları aşındırmadan hasil olan katı materyaller, akarsuların ve sellerin katı materyal (sediment) yükünü meydana getirirler. Akarsularda taşınan katı materyal yük genel olarak üç sınıfa ayrılır (Tablo: 1):

1 — Yatak yükü (bed-load) : Akarsu yatağında taşınan parçalar olup, bunlar yuvarlanma, kayma ve bazan da sıçrama suretiyle hareket ederler. Genellikle çakıl ve iri kum gibi kaba elemanlar, akarsuyun yatak yükünü teşkil ederler.

2 — Süspanse yatak materyal yükü (Suspended bed-material load) : Bunlar akarsularda genellikle süspansiyon halde taşınırlar ve zaman zaman akarsunun yatağı ile temas ederler. Örneğin, kum boyutundaki parçalar, süspanse yatak yükünün önemli bir kısmını teşkil etmekte olup, bunlar hem yatakda taşınarak yatak yükünü, hem de süspansiyon halde taşınarak, süspanse yatak yükünü oluştururlar.

3 — Su yükü (wash load) : Devamlı olarak süspansiyon yani yüzer halde taşınan ve akarsuyun yatağı ile hiç temas etmeyen kil ve ince mil gibi çok ince boyutlu materyallerdir.

Öte yandan, akarsularda taşınan materyaller, taşınma mekanizmasına ve taşınan materyallerin boyutlarına göre de sınıflandırmaya tabi tutulmuştur.

TABLO : 1 — Akarsularda taşınan katı materyal (sediment) yükün sınıflandırılması

		Sınıflandırma Sistemi	
		Sedimentin taşınma mekanizmasına göre	Sedimentin parça boyutuna göre
Toplam sediment yükü	Su yükü (Wash load)	Asılı yük (Suspended load)	Su yükü (Wash load)
	Asılı (süspanse) yatak materyal Yükü		Yatak materyal yükü
	Yatak yükü	Yatak yükü	

(Cooper ve Peterson'dan, 1970, s. 1181 tadilen)

Taşınma mekanizmasına göre akarsularda taşınan sediment yükü iki gruba ayrılmaktadır :

1 — Yatak yükü (bed-load) : Akarsu yatağında hareket eden parçalar olup, bunlar yuvarlanma, kayma ve bazanda sıçrama suretiyle taşınmaktadırlar.

2 — Süspanse yük (suspended load) : Yatağın üzerinde taşınan sedimentlerdir; bunlar hem süspanse yatak materyalini ve hem de bundan daha ince olan ve devamlı olarak yüzer halde taşınan su yükünü (wash load) teşkil ederler, ayrıca bu yük; akar-

sularda taşınan toplam sediment yükünün önemli bir bölümünü oluşturur.

Akarsularda taşınan sedimentler parça boyutlarına göre de iki sınıfa ayrılmaktadır:

1 — Yatak materyal yükü (bed-material load): Genellikle akarsularda taşınan çakıl dahil iri kum ve kısmen de millerden ibarettir. Bunlar zaman zaman yüzer halde ve akarsu yatağı ile temas ederek taşınırlar.

2 — Bunların üzerinde taşınan ve yatak materyalinden çok daha ince olan kil ve ince mil gibi elemanlardır.

Akarsularda her üç halde taşınan bu materyalleri birbirinden ayırmak mümkün görünmemektedir. Şöyle ki, çakıl ve blok gibi iri unsurlardan ibaret yatak yükü hariç, süspansiyon halde taşınan özellikle kum boyutundaki elemanlar, bazan mecranın taban kısmında taşınarak yatak yüküne, bazan da süspansiyon halde taşınarak süspanse yüke dahil olmaktadır.

Akarsularda taşınan sedimentlerdeki bu ayrım güçlüğünü bertaraf etmek için, akarsulardaki sediment hareketi pratikte iki sınıfa ayrılabilir. Bunlar: 1 — Yatak yüzeyinde ve yüzeye yakın kısımlarda taşınan yatak materyal yükü, 2 — Bunun üzerinde kalan ve genel olarak süspansiyon halde taşınan su yükü veya askı yüküdür.

Akarsuların taşıdığı sedimentin en önemli kısmını, süspansiyon yani yüzer halde taşınan materyaller teşkil etmektedir. Bu, akarsuyun karakterine bağlı olmakla beraber, akarsularda taşınan toplam sedimentin % 50-95 ini teşkil eder.

Örneğin, killi siltler, silttaş, marn ve killi bir arazide aşındırma yapan akarsuların taşıdığı sedimentlerin büyük çoğunluğu kil ve millerden ibarettir; buna karşılık, kumtaş, çakıllı kumlu ve konglomeralardan oluşan araziden geçen akarsular genellikle yatak materyal yükü hakim duruma geçmektedir. Karstik sahalarda doğan ve gelişen akarsular ise, hem daha az materyal taşımakta ve hem de süspanse halde taşınan materyaller akarsu yükünün hemen hemen tamamını teşkil etmektedir.

Diğer taraftan, akarsularda taşınan sedimentlerin hareketinde ve taşınmasında, sediment parçalarının yoğunluğu, vizkozitesi

ile suyun sıcaklığı asitlik ve alkalilik özellikleride etkili olmaktadır (1).

Bunlardan başka, akarsu yatağının şekli, suyun akış hızı ve akış özellikleri (anafor hareketi vs.) gibi faktörler de akarsuların sediment taşınmasını etkileyen amiller arasına girmektedir.

I — AKARSULARIMIZDA TAŞINAN SEDİMENT MİKTARLARI :

Akarsularımızda sediment rasatları 1939 yılında başlamış olmasına rağmen, bugüne kadar akarsularımızın sediment taşıma özelliklerini, kanımızca yeterli rasat verileri olmamasından dolayı, ortaya çıkaracak yayın yapılmamıştır. Bu bakımdan akarsularımızda taşınan çeşitli boyuttaki sedimentlerin yani süspanse ve yatak materyali sedimentlerinin ne kadar taşındığı ve bunların mecraya boyunca olan hareketlerini ortaya çıkaracak bilgilere yeteri kadar sahip değiliz; ayrıca akarsularda taşınan günlük sediment miktarlarının ve özellikle taşkın zamanlarında akarsulardan geçen sedimentlerin ne kadar olduğu hakkında da yeterli veri bulunmamaktadır. Buna ilâveten akarsu havzasının iklim, topoğrafya, jeolojik ve arazi kullanma özellikleri ile sediment taşınması arasındaki ilişkileri de yeteri kadar ortaya çıkaracak araştırmalar da

(1) *Yoğunluk* (density) : Su kütleinin hacmine oranıdır. Su kütleinde sıcaklığın artışı, suyun hacmini arttırdığından, suyun yoğunluğunu düşürmektedir. Filhakika, suyun sıcaklığının 40° den 100° ye çıkması ile suyun hacmini 1.04 arttırmaktadır.

Sıcaklık : Sıcaklıktaki değişmeler, sıvının kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişmelere yol açmaktadır. Özellikle sıcaklık yükseldikçe yüzer maddelerin çökmesi kolaylaşır, bu itibarla soğuk sularda taşınan süspanse materyal, sıcak sulara nazaran daha fazladır.

Viskozite : Sıvı içindeki parçalar arasında mevcut olan çekiçi bir kuvvettir. Bu, sıvıdaki parçalar arasındaki kayma hareketini etkiler. Atelâde basınç altında, vizkozite sadece sıcaklık ile değişir. Örneğin, su sıcaklığının 32° den 4.4° ye düşmesi, viskoziteyi % 80 civarında artırır.

Asitlik veya baziklik : Hidrojen iyon konsantrasyonunun negatif logaritması (10⁻⁷) pH değeri olarak isimlendirilir. pH değeri 7 olan sular nötral, bu değerin üzerindeki sular alkalın, altındaki sular ise asit karakterdedir.

Asit sular, dalgalar ile hareket eden çok ince sedimentlerin kolloidal yığınlar halinde birleşmesine yardımcı olmaktadır.

Bu faktörlerden en önemlileri vizkozite ve sıcaklıktır.

yapılamamıştır. Öte yandan, akarsularımızda sediment rasadı yapan istasyonlarda yeterli sayıda değildir (Şekil: 1).

Bu konulara az da olsa ışık tutmak bakımından, Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Direktörlüğü Sediman Laboratuarından aldığımız sediment rasatlarına ait dökümanlar değerlendirmeye tabi tutularak, önemli nehirlerimizin sediment taşıma özellikleri hakkında bazı açıklamalar yapmak mümkün olmuştur (2). Ancak, nehirlerin sediment taşıma yönünden karakteristiklerini ortaya çıkarmak için, nehirlerin akımları ile taşıdığı sedimentler arasındaki ilişkilerini özellikle, akarsuların günlük akım ve sediment taşınma miktarını gösteren «sediment taşınma eğrilerinin» (sediment-transport curve) logaritmik kağıt üzerine çizilmesi, ayrıca akarsuların akım ve sediment taşıma arasındaki ilişkileri en iyi biçimde karakterize eden sediment oranı eğrisinin de (sediment rating curve) logaritmik kağıtlar üzerine geçirilmesi gerekmektedir. Özellikle, feyzazan zamanlarında nehirlerin taşıdıkları sedimentlerin önemini ortaya koymak bakımından, sel akımı ile taşınan sediment miktarı arasındaki ilişkileri gösteren eğrilerin de çizilmesi lüzumludur.

Bunlara ilâve olarak, akarsularda taşınan çeşitli boyuttaki sedimentler (kum, kil, çakıl vs.) ile akım arasındaki ilişkileri gösteren analizlerin yapılması ve bunlara ait grafiklerin de çizilmesi gerekmektedir.

Fakat, bunlara ait veriler şimdilik elimizde olmadığı için, tablo 2 deki bilgilere dayanılarak akarsularımızdaki sediment taşınmaları ile ilgili genel değerlendirmeler yapılacaktır.

1 — Akarsularımızda Taşınan Yıllık Ortalama Sediment Miktarları :

Ülkemizde en fazla sediment taşıyan nehrimiz Fırat'tır. Bu nehrin Dutluca yapılan sediment rasatlarına göre yılda ortalama olarak 108 178 882 ton (72 119 254 m³) sediment taşıdığı tesbit edilmiştir. Bunun yanında aynı nehir üzerinde Keban'da 33 522 877 ton, Kemaliye'de 17 468 170 ton ve Birecik'de ise 73 358 937 ton sediment taşınmıştır. Bu duruma göre, Fırat Nehri'nin çeşitli ke-

(2) Nehirlerimizde taşınan sedimentlere ait dökümanları veren E.İ.E.İ. Genel Direktörlüğü Sediman Laboratuarından hidrolog Cahit ÖZENİR'e teşekkür ederim.

şitli kesimlerinde taşınan sediment miktarları arasında önemli ölçüde farklar bulunmaktadır. Burada ilginç bir durum, Dutluca'da taşınan sediment miktarı 108 milyon ton olduğu halde, bu istasyonun 100 km. kadar güneyindeki Birecik'de bu miktar normal şartlar altında çoğalacağı yerde, azalarak 73 milyon tona ulaşmıştır. Bu durum, sözü edilen sahalar arasında nehrin yatak eğiminin azalması, nehir suyunun bir kısmının sulama suyu olarak kullanılması ve suyun yatakta yayılması sonucunda önemli ölçüde rüsup biriktirdiğine bağlanabilir.

Sediment taşıma yönünden ikinci önemli nehrimiz Yeşilirmak olup, bu nehir yılda ortalama olarak 54 692 677 ton (36 461 784 m³) sediment nakletmektedir.

Bundan başka belli başlı nehirlerimizin taşıdığı sediment miktarları ton olarak şöyledir: Kızılırmak 44 960 700, Ceyhan 19 579 311, Palu'da Murat 18 667 735, Büyük Menderes 12 394 122, Sakarya 8 540 405, Filyos 8 121 323, Göksu 6 874 139, Gediz 5 787 075 (Tablo: 2).

2 — Akarsularımızın Yıllık Ortalama Akımları ve Taşınan Sediment Miktarları Arasındaki İlişkiler :

Akarsularımızda taşınan sediment miktarının, akarsuyun debisi ile olan ilişkilerini ortaya çıkarmak için, yıllık ortalama taşınan sediment miktarı, yıllık ortalama akım miktarına bölünmüştür. Yani akarsuda taşınan katı maddelerin miktarı su ağırlığına oranlanmıştır (Tablo: 2). Böylece onbinde olarak akarsularda sediment taşınma oranları çıkarılmıştır. Gerçekten akarsularda bu değerler 1:1 000 — 1:100 000 arasında oynamaktadır. Tablo: 2 deki verilere göre, akarsularımızda taşınan sediment oranı en fazla 0.000061 değeri ile Yeşilirmak Nehri'nde olduğu bulunmuştur. Bunu sırasıyla, Kızılırmak 0.000057, Fırat Dutluca'da 0.000030, Birecik'de 0.000018, Büyük Menderes 0.000027, Susurluk 0.000026, Ceyhan 0.000022 değerleri ile takip etmektedir.

En az sediment taşınma oranları ise Göksu'da 0.00006, İyidere'de 0.00005, Sakarya'da 0.000013 dür.

Ancak, bu şekilde yapılan değerlendirme, akarsularımızda akıma göre sediment taşınma oranları hakkında çok kaba ve genel bilgiler vermektedir. Akarsuların sediment taşınma oranları

TABLO : 2 — Akarsularımızda taşınan sediment miktarları.

Akarsu havzasının ve sediment rasat istasyonunun adı	Rasat süresi	Akarsu havzasının yüzölçümü (km ²)	Yıllık ortalama toplam su akımı (m ³)	Yıllık ortalama toplam taşınan sediment miktarı (ton)	Sediment miktarının akıma oranı (onbinde)	Akarsu havzasının ortalama sediment verimi (ton/yıl/km ²)
Karasu, Kemah boğazı	1963—69	10 356	3 620 332 800	6 340 882	17.5	612
Karasu, Kemalîye	1963—69	20 678.6	7 395 822 720	17 468 170	23.6	844
Fırat, Keban	1963—69	63 873.6	26 901 469 440	33 522 877	12.8	525
Fırat, Dutluca	1963—69	92 654	35 886 706 560	108 178 882	30.1	1167
Fırat, Birecik	1963—69	100 915	39 740 090 400	73 358 937	18.4	727
Murat, Palu	1963—69	26 139.6	9 728 856 000	18 667 735	19.1	727
Dicle, Diyarbakır	1946—69	6 298.4	3 471 798 240	6 833 289	19.6	1085
Aras, Kağızman	1963—69	8 872.8	2 740 478 400	5 169 407	18.8	583
Ceyhan, Kılavuzlu	1957—74	8 484	2 861 892 000	3 818 630	13.3	450
Ceyhan, Yeniköprü	1954—69	19 727.2	8 829 449 280	19 579 311	22.1	992
Seyhan, Üçtepe	1966—70	13 846	7 119 822 720	7 792 531	10.9	563
Göksu, Karahacılı	1961—69	10 043.6	4 132 792 800	6 874 139	16.6	684
Dalaman, Akköprü	1964—69	4 510	1 561 032 000	1 615 417	10.3	358
Dalaman, Suçatı	1962—69	3 411.6	973 831 680	906 915	93.1	266
Göksu, Himmetli	1966—70	2 596.8	1 372 762 080	859 272	6.2	331
Çine Ç., Kayırlı	1938—69	948	247 972 960	974 915	39.3	103
B. Menderes, Söke	1963—68	23 889.2	4 507 755 840	12 394 122	27.4	519

TABLO : 2'nin devamı

Gediz, Manisa Köp.	1963—69	9 941.4	3 276 275 040	5 787 075	17.6	582
Kirmasti - Döllük	1939—69	9 629	2 025 241 920	3 401 435	16.7	353
Ardmaz, Kestellek	1939—69	4 672	847 056 960	1 761 117	20.8	376
Susurluk, Yahyabey	1953—69	6 454	2 176 299 360	5 801 189	26.6	898
Kirmir, Taksir	1963—68	3 941.6	793 761 120	543 017	6.8	138
Filyos, Devcikiran	1964—69	13 300.4	4 627 592 640	8 121 323	17.5	610
Sakarya, Kargı	1961—69	33 847.2	2 191 436 640	1 579 455	7.2	47
Ankara, Meşecik	1961—69	7 140	542 734 560	9 843 320	181.4	138
Sakarya, Botbaşı	1961—69	13 126	6 568 633 440	8 540 405	13.0	651
Kızılırmak, Gülşehir	1962—69	15 581.6	3 006 957 600	11 884 765	39.3	763
Kızılırmak, İnözü	1962—69	48 408	7 841 426 400	44 960 700	57.3	929
Perisuyu, Seyitli	1963—69	5 492	3 443 415 840	5 040 650	146.0	919
Munzur, Melekbağçe	1963—69	3 496.8	3 095 258 400	2 410 733	77.8	689
Harşit, Kürtün	1963—69	2 750	812 367 360	602 980	74.2	219
İyidere, Şimşirli	1963—69	855.3	1 145 702 880	558 884	4.9	653
Yeşilirmak Çarşamba	1964—69	35 958	8 933 202 720	54 692 677	61.2	1521
Kelkit, Fatlı	1964—69	10 048.8	2 516 888 160	10 821 520	43.0	1077
İspir	1965—69	5 505.2	1 681 184 160	2 433 615	14.5	442

nın sıhhatli bir şekilde belirtilmesi bakımından, günlük akım ve sediment değerlerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu bilgilerin elde edilmesi ile, akarsuyun taşkın ve çekik zamanlarındaki sediment taşınma oranları ortaya çıkarılmakta ve bu verilerle akarsuların debisi ile sediment taşıma miktarı arasındaki oranı iyi bir biçimde yansıtan «sediment taşınma oranı eğrilerinin» (sediment rating curve) logaritmik kağıt üzerine çizilmesi sağlanmaktadır. Bu konuda kaba da olsa bir fikir vermesi bakımından, Gediz Nehri'nin yıllık ortalama ve ocak ayına ait günlük sediment taşınma oranı eğrileri logaritmik kağıt üzerine çizilmiştir. (Şekil: 2 ve 3).

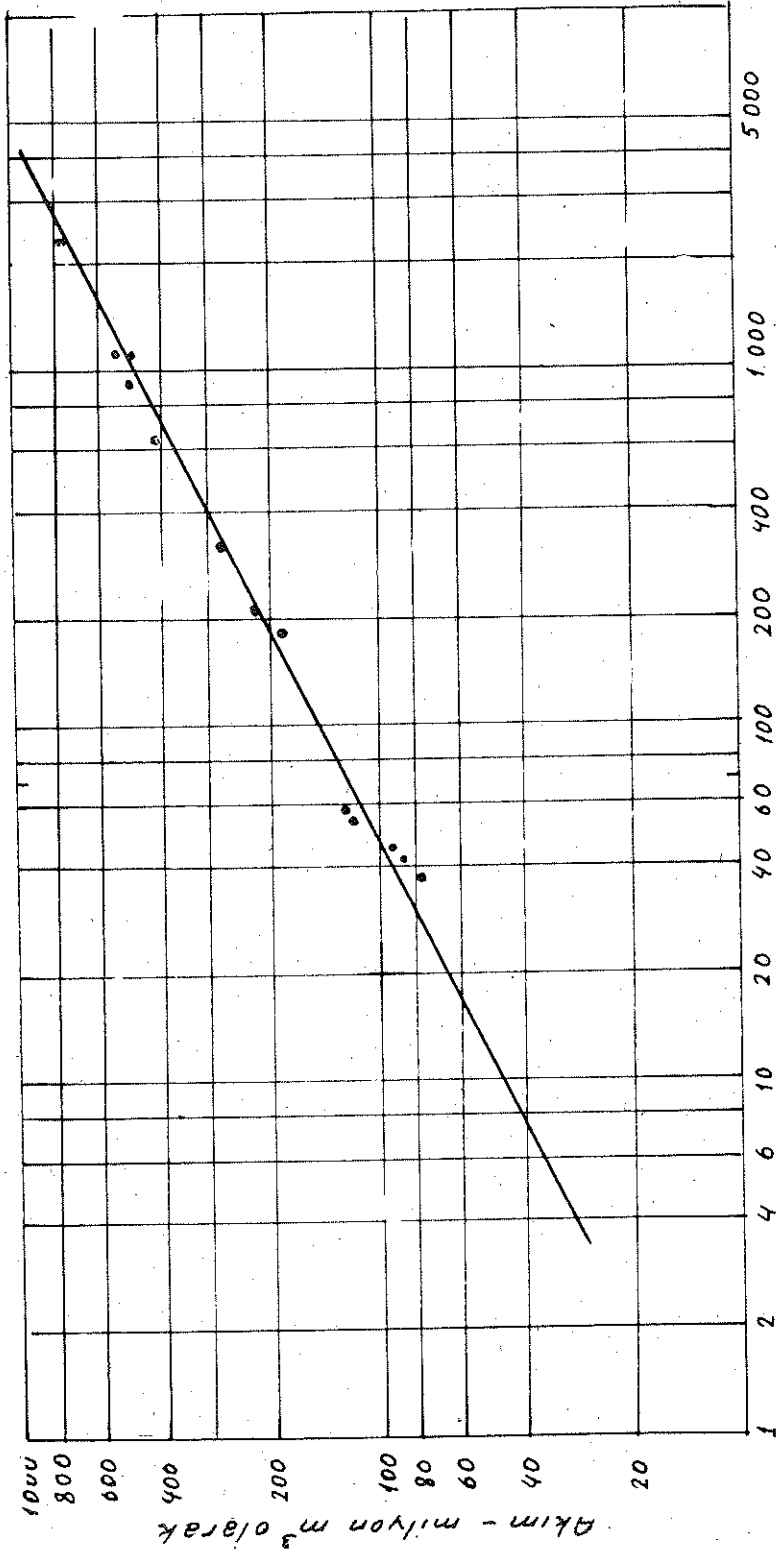
Bu eğrilerin yardımı ile ilk bakışta Gediz Nehri'nin yıllık akım ve ocak ayına ait günlük akımları ile sediment taşınması arasındaki ilişkiler açıkça görülmektedir. Genel bir ifade ile, akarsuların debisi arttıkça, buna bağlı olarak da taşınan sediment miktarı da fazlaşmakta ve özellikle akarsuların taşkın zamanlarında taşınan sediment miktarı maksimum seviyeye erişmektedir.

3 — Akarsu Havzalarının Ortalama Sediment Verimi :

Bir akarsuda taşınan yıllık toplam sediment miktarının o akarsuyun drenaj alanına bölünmesi ile, o havzanın birim sahasının yıllık ortalama sediment verimi bulunmaktadır. Örneğin: Fırat Nehri'nin drenaj alanı 100 915.6 km², yıllık ortalama taşınan sediment miktarı 73 358 937 ton olup, beher kilometre karedeki yıllık ortalama sediment verimi ise 727 ton / yıl / km² dir. (73 358 937 : 100 915.6 = 727). Bu değer ise, Fırat Nehri'nin drenaj alanında bir yılda 1 km² sahada 727 ton materyalin taşındığını ifade etmektedir. Fakat bu şekilde yapılan bir değerlendirme benzer eğim, bitki örtüsü, iklim ve arazi kullanma özelliği gösteren havzalar için geçerlidir. Böyle bir değerlendirme ancak memleketimizin bazı lokal sahalarına uygulanabilir. Ancak, akarsu havzalarının sediment verimlerini kaba bir biçimde de olsa mukayese etmek bakımından akarsu havzalarının ortalama sediment verimi bulunmuştur (Tablo: 2).

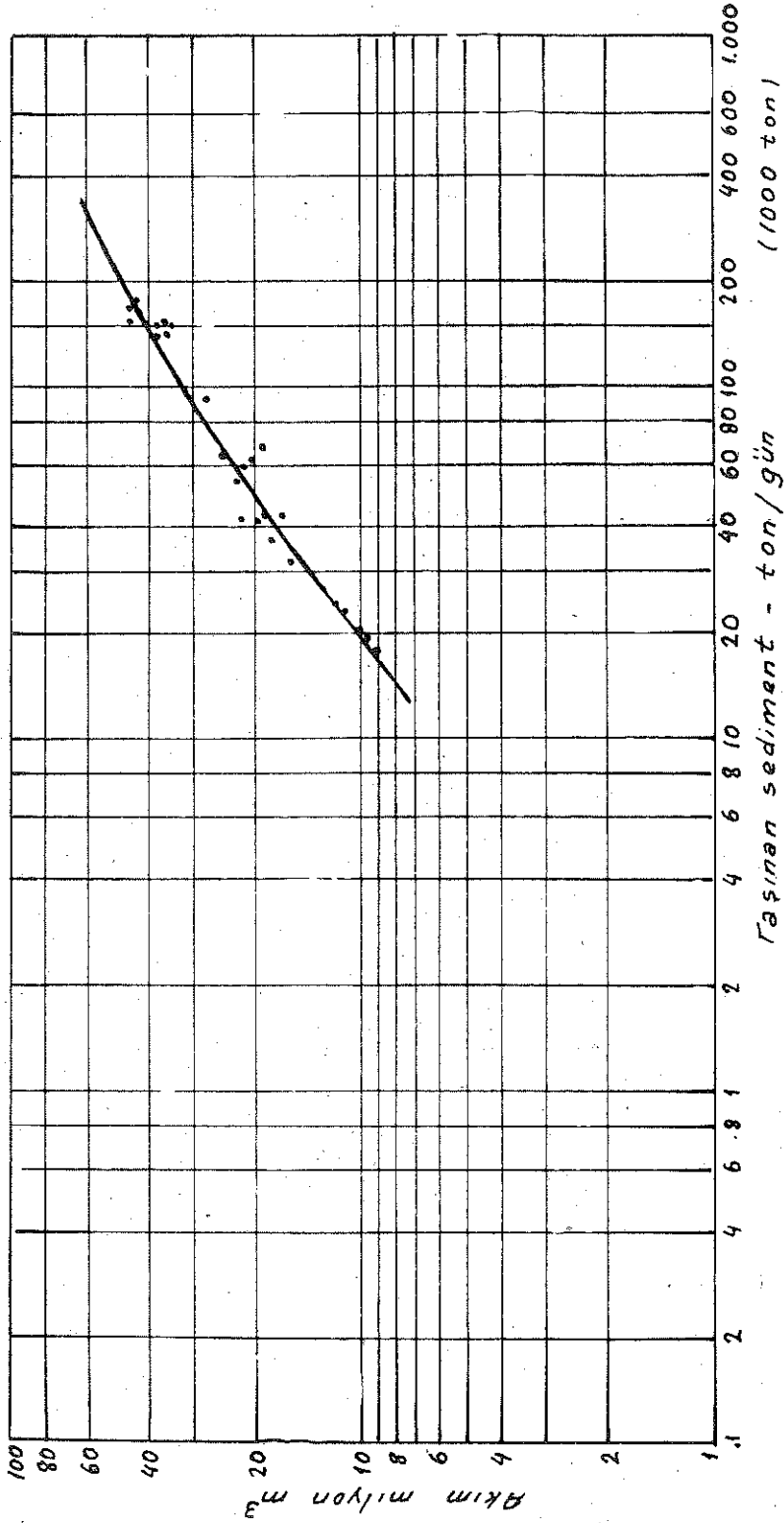
Tablo: 2 deki verilere göre, ülkemizde en fazla aşınan ve akarsulara en fazla sediment veren Yeşilirmak havzası olup, bu havzada 1 km² lik sahanın yılda 1 mm aşındığını ifade etmektedir.

Diğer sediment verimi yüksek olan belli başlı akarsu havzalarımızın ton/yıl/km² olarak sediment verimleri şöyledir: Dicle



Taşınan Sediment - 1000 ton olarak

Şekil : 2 — Gediz Nehrinin yıllık ortalama akımı ile sediment taşınması arasındaki ilişkileri gösteren sediment taşınma oranı eğrisi (Sediment rating curve).



Şekil : 3 — Gediz Nehri'nin ocak ayı ortalama akımı ile sediment nakli arasındaki ilişkileri gösteren sediment taşıma oranı eğrisi (Sediment rating curve).

1085, Kızılırmak 929, Ceyhan 992, Susurluk 898, Murat 727, Gediz 582, Büyük Menderes 519.

Yukarıdaki havzalara göre sediment verimi nisbeten düşük olan Akarsu havzalarımızın sediment verimleri ise, Harsit'de 219, Kirmir'de 138, Çine Çayı'nda 103, Ankara Çayı'nda 137 ton/yıl/km² dir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, sözü edilen ortalama sediment verimleri akarsu havzasının her tarafını karakterize etmekten çok uzak ve geçersizdir. Örneğin, Büyük Menderes Nehri havzasının ortalama sediment verimi 519 ton/yıl/km² olduğu halde, aynı havzadaki Çine Çayı havzasının ortalama sediment verimi 103 ton/yıl/km² dir. Diğer havzalar için de aynı durum söz konusudur.

II — AKARSULARIMIZA SEDİMENT VEREN KAYNAKLAR :

Akarsulara ve sellere sediment veren kaynakların araştırılması ve bu kaynakların sediment verme yönünden önemlerinin belirtilmesi, gerek taşkın ovalarında (flood-plain), baraj rezervuarlarında, göller ve denizlerde ve akarsuların yayıldığı sahalardaki sedimentasyon ve gerekse akarsularda taşınan sediment olaylarının değerlendirilmesi bakımından ve bu konuda alınacak kontrol tedbirleri için büyük önem arz etmektedir.

Bu bakımdan arazide yaptığımız araştırmalara dayanarak ülkemizde akarsulara sediment veren kaynaklar hakkında kısa olarak durmayı uygun bulmaktayız.

Akarsulara ve sellere sediment veren belli başlı kaynaklar ve bunların sediment yani materyal verme yönünden arzettikleri özellikler aşağıda anahatları ile belirtilecektir :

1 — Toprak Aşınması :

Arazinin tabii dengesinin bozulması ile oluşan toprak aşınması, akarsuların sediment yükünün artmasına sebep olan amillerin başında gelmektedir. Ülkemizde ise, toprak aşınması önemini koruyan çok ciddi bir sorundur. Nitekim, memleketimizin % 50' den fazla bir kısmında çeşitli derecede toprak aşınması görülmektedir. Harvey Oakes'a göre (1), ülkemiz arazisinin % 83'ünde

(1) Oakes, H., 1958, Türkiye Toprakları : Türk Yük. Zir. Müh. Bir. Neş. No. 18, İzmir.

çok hafiften çok şiddetliye kadar değişen toprak aşınmasının mevcut olduğu ve topraklarımızın % 87.5 inde kalınlığın 18 cm. ye ve hatta daha az olduğunu belirtmiştir.

Baade (2) başkanlığında FAO kurulunca hazırlanan raporda ise «şimdilik» kaydıyla akarsu havzalarımızda yılda 1 mm kalınlığında toprakların taşındığı belirtilmiştir.

İmar ve İskân Bakanlığı (3) tarafından yapılan araştırmalara göre Türkiye'de aşınmağa maruz alanların 385 198 km² olduğu ve bunun göller dahil ülkemiz arazisinin % 49.32 sine tekabül ettiği açıklanmıştır.

D.S.İ.nin (4) havzalar seviyesinde yaptığı araştırmalarda, ülkemizin % 79.22 sinde toprak aşınmasının etkili bir biçimde devam ettiği ileri sürülmüştür.

Atalay (5), Orman Bakanlığı hesabına Gediz ve Kızılırmak nehri havzalarında ile Toros Dağları'nın muhtelif kesimlerinde yaptığı 444 447 hektar tutarındaki toprak erozyonu araştırmalarında, tüm sahanın % 77.0 sinde çeşitli derecede toprak aşınmasının mevcut olduğunu tesbit etmiştir.

Yukarıdaki araştırmaların neticelerine göre, ülkemizin yarısından fazlasında aktif halde devam eden aşınma olayları, bir taraftan memleketimizde tabii dengenin son derece bozuk olduğunu, diğer taraftan da toprakların aşınması sonucu sellere ve akarulara önemli ölçüde kum, mil gibi metaryaller verdiğini ortaya çıkarmaktadır. Gerçekten, toprak aşınmasının aktif olduğu özellikle oyuntularla parçalanmış sahalardan hasil olan çeşitli boyuttaki materyaller, sellerin sediment yönünden önemli derecede yüklenmesini sağlamıştır.

Öte yandan ülkemizin çok arızalı ve eğim şartlarının çok yüksek olması, bitki örtüsünün tahrip edildiği, kısaca tabii dengenin

-
- (2) F.A.O., 1969, Akdeniz kalkınma projesi memleket etüdü, Türkiye, Cilt I, Ankara.
 - (3) İmar ve İskân Bakanlığı Bölge Planlama Dairesi, 1969, Türkiye'de tabii ve beşeri kaynakların illere göre dağılımı: B.P.D. Yayını, Ankara.
 - (4) D.S.İ., 1970, Türkiye istikşafı arazi amenajmanı raporu: Cilt II, Ankara.
 - (5) Atalay, İ., 1974, Türkiye'de toprak erozyonunu etkileyen başlıca jeo-morfolojik faktörler: Tabiat ve İnsan Derg., Yıl 8. Sayı 3, s. 16.

bozulduğu sahalarda aşınma ve taşıma olaylarının şiddetlenmesine yol açmıştır. Nitekim, Tunçdilek (6) tarafından yapılan eğim analizlerine göre tesbit edilen eğim sınıfları ve kapladıkları alanlar tablo 3 de verilmiştir.

TABLO : 3 Tunçdilek'e göre değişik Eğim Gruplarının Türkiye'de Dağılımı

Arazi Durumu	Eğim (%)	Alanı (km ²)	Oranı (%)
Düz ve hafif eğimli	0—5	65 846	8.5
Orta eğimli, hafif dalgalı	5—10	100 386	12.8
Çok eğimli	10—15	125 909	16.2
Dik eğimli	< 15	487 864	62.5
Toplam	—	780 005	100.0

Öte yandan D.S.İ. (7) nin havzalar seviyesinde yaptığı araştırmalarda Türkiye toplam arazisinin % 20.49 unda eğimin % 0-10; 7.85 inde ise eğimin % 10-20 arasında değiştiği, buna karşılık arazinin % 61.35 inde ise eğimin % 20 den fazla olduğu kaydedilmiştir.

Oakes'un çalışmalarında ise (8), tesbit edilen eğim sınıfları ve kapladıkları alanlar tablo 4 de verilmiştir.

TABLO : 4 — Oakes'a göre değişik eğim sınıfları ve kapladıkları alanlar

Eğim sınıfı (%)	Kapladığı alan (km ²)	Genel alana oranı (%)
0—1	62 428	8.14
1—3	25 105	3.31
3—8	48 361	6.30
8—15	15 938	2.07
15—40	264 862	34.40
< 40	351 813	45.78

(6) Tunçdilek, N., 1969, Türkiye eğim haritası : İÜ. Coğrafya Ens. Yay. No. 56, İstanbul.

(7) D.S.İ., 1970, a.g.e.

(8) Oakes, H., 1958, a.g.e.

Yukarıdaki tablonun tetkikinden de anlaşılacağı üzere, özellikle eğim % 15 den yukarı olan araziler ülkemizin % 80.18 ini oluşturmaktadır. İlgi çekici bir durum, eğimin % 40 ın üzerinde olduğu sahalara genel alana oranı % 46 yı bulmaktadır ki, bu da ülkemizde eğim şartlarının çok fazla olduğunu açıkça göstermektedir.

Yukarıda değişik kaynaklardan yararlanarak belirtilen eğim özellikleri Türkiye'nin topoğrafik yönden çok genç bir araziye sahip olduğunu ve özellikle akarsular tarafından dağlık alanların şiddetle parçalandığını ve bu arızalı durumun da tabii dengenin bozulması sonucu aşınma ve taşınma olaylarını geniş ölçüde kolaylaştırdığı göstermektedir.

Gerçekten, teorik incelemelere ve bazı deneme sonuçlarına göre arazinin eğimi dört misli arttığında suyun akış hızı iki misline çıktığı; suyu hızı iki katına çıktığında, kinetik enerji ile ifade edilen erozyonlaşma dört misli arttığı; hız iki misli arttığında, seller ve akarsular tarafından taşınma materyalin miktarının 32 defa çoğaldığı (burada taşınan materyalin miktarı hızın beşinci kuvveti ile değişir); hızın iki misli arttığında, taşınan yükün kütlelerinin 64 kat fazlalaşmakta olduğu (taşınma gücü, hızın altıncı kuvveti ile doğru orantılı olarak artar) belirtilmiştir.

Netice olarak, yukarıda verilen bilgilerin ışığı altında, başta aşırı orman tahribi, arazi kabiliyet sınıflarının dışında arazi kullanılması, ot kapasitesinin üzerinde hayvan otlatılması, yani aşırı otlatma vs. sonucunda başlayan toprak aşınması, ülkemizde eğim fazla olması dolayısıyla de şiddetini muhafaza etmiş ve böylece şiddetli bir şekilde devam eden aşınma olayları akarsuların ve sellerin sediment miktarlarının artmasına yol açmıştır.

2 — Anamateryal aşınması :

Anamateryal aşınması, toprakların taşınmasından sonra başlamaktadır. Bu safhada, aşınma ana materyale yani jeolojik temele intikal etmektedir. Bu safhadaki aşınmayı toprak aşınmasından ayırt etmek için, jeolojik temel aşınması veya anamateryal aşınması olarak nitelendirilmek uygun düşmektedir. Toprakların aşınmasından sonra başlayan jeolojik temel veya anamateryal aşınmasının seyrini ve şeklini, anamateryalin porozite, permabilite, mineralojik bileşimi, kohezyon durumu, tabakaların istiflenme şekli,

anamateryali oluşturan malzemenin unsur boyutu tayin etmektedir.

Türkiye'de toprakların aşınmasından sonra başlayan jeolojik temel aşınması, toprakların aşınmasına nazaran çok daha önemlidir. Şiddetli toprak aşınması sahalarında ve derin oyuntularda anamateryal aşınması hâkim durumdadır.

Türkiye'de en fazla aşınmağa uğrayan anamateryallerin başında dağların eteklerindeki kolluviyal depolar, Kuvaterner ve Neojen'e ait çakıllı, kumlu ve milli depolar, Kretase ve Tersiyer flişlerinin kohezyonu düşük, kumlu, milli seviyeleri ile volkanik aglomara, tuf, kül ve cüruf depoları gelmektedir.

Nitekim, pekişmemiş ve gevşek olan araziler, Bozdağların kuzey ve Aydın Dağları'nın güney eteklerinde uzanan karasal kökenli kumlu çakıllı, milli Plio-Kuvaterner depoları, Karadeniz Dağları'nın genellikle kuzey kesimlerinde uzanan Üst Kretase fliş ve volkanik serileri, Orta Anadolu'da geniş sahalara yayılan ve Doğu Anadolu'nun havzalarında uzanan Tersiyer kumlu, çakıllı, killi marnlı depoları ile volkanik kökenli dağların eteklerinde uzanan piroklastik maddelerden ibaret depolardır.

Sözü edilen bu sahaların bitki örtüsünden yoksun ve dejenere edilmiş fazla eğimli kesimlerinde genellikle oyuntu erozyonu gelişmiştir. Buna ilâveten, ülkemizdeki paleozoik kütlelerdeki epimetamorfik şistler (fillatler, kloritli serizitli şistler vs.) üzerinde de geniş ölçüde oyuntu erozyonu gelişmiştir.

Yukarıda sözü edilen düşük kohezyonlu depolar üzerinde yüzeysel akışa geçen sular tarafından mil ile kum arasındaki elemanlar kolaylıkla taşınmaktadır. Filhakika, genel olarak, 0.3-0.8 m/sn. akış hızı olan sular tarafından iri mil ve iri kum taneleri arasındaki sedimentler, buna karşılık 2-4 m/sn akış hızına sahip olan sular tarafından da kil ve çakıllar taşınmaktadır (9). Bu da, çeşitli depolardaki kum ve mil boyutundaki sedimentlerin alelade bir yüzeysel akış ile nakledildiğini ortaya koymaktadır. Gerçekten arazide yaptığımız araştırmalarda, oyuntuların en fazla kumlu, çakıllı ve milli depolar üzerinde geliştiği görülmüştür. Konuya açıklık getirmek bakımından, bazı örnekler verecek olursak, İsparta şehrinin kuzeydoğusunda Gölcük Gölü civarındaki kumlu volka-

(9) Bursalı, S., 1971, Kohezyonsuz zeminlerde oyulma problemi : DSİ Teknik Bülteni, sayı 23, s. 3.

nik arazide ve Gediz Nehri havzasının güney, Bozdağlar'ın kuzey eteklerinde uzanan Plio-Kuvaterner depoları üzerinde dik ve derin oyuntular gelişmiştir. Gölcük Gölü civarında oyuntuların geliştiği sahadan aldığımız numunelerin tekstür analizleri sonucunda, söz konusu depoyu teşkil eden elemanların % 90 ını kum, % 8-9 unu mil ve % 1 ininde kil olduğu (10), aynı şekilde Bozdağlar'ın kuzey eteklerindeki Plio-Kuvaterner depolarındaki metaryallerin de % 70 inin kum, % 15 inin mil ve geriye kalan % 15 ininde killerden ibaret olduğu tesbit edilmiştir (11). Bu depolarda başta kil miktarının çok düşük olması, deponun kohezyonunun çok zayıf olduğunu göstermektedir. Depoların kohezyon yönünden çok zayıf yani pekişmemiş olması ve depoyu teşkil eden materyallerinde düşük akışlı sular tarafından taşınması, bu sahalarda özellikle yüzeysel akışa geçip kanalize olan suların, kanalize oldukları yerlerdeki özellikle kum ve mil gibi materyalleri kolaylıkla taşınmaları oyuntuların oluşmasına; oyuntuların ise müteakip yüzeysel akışa geçen suları toplamaları ise, oyuntuların daha da genişlemesine ve derinleşmesine yol açmıştır.

Türkiye'de yukarıda sözü edilen olaylar sonucunda oyuntularla parçalanan sahalarda arazinin tabii şev açısı son derece bozulduğundan, özellikle kohezyonu son derece düşük olan depolarda oyuntuların yamaçlarından, oyuntu içine doğru devamlı materyal akıntısı meydana gelmektedir. Bu durum ise, bir taraftan oyuntuların genişlemesine, diğer taraftan da oyuntularda kanalize olan sel sularının daha fazla materyal nakletmesine yol açmaktadır. Ayrıca, oyuntu yamaçlarında devam edegelen akıntılar, yamaçların stabilleşmesini ve buralara bitki örtüsünün gelmesini de son derece güçleştirmektedir.

Diğer taraftan, ülkemizdeki Paleozoik arazilerdeki epimeta-morfik karakterdeki şistlerin bitki örtüsünden yoksun eğimli yamaçlarında da oyuntu şekilleri gelişmiştir. Genel olarak ilkbahar aylarında, özellikle fillat, grafit şist, kloritli ve serizitli şist gibi kil bakımından zengin olan şistlerin su ile doymun hale geldikten sonra hacimlerinin genişlemeleri, bunların pörsümelerine ve şişmelerine yol açmaktadır. Bu devrelerde zemin su ile doymun olduğun-

(10) Atalay, İ., 1972, Toprak erozyonuna tesir eden jeolojik faktörler: Prospektör Derg., Sayı 1, s. 63-73.

(11) Atalay, İ., 1972, Gediz Nehri havzasında toprak erozyonu problemleri üzerine bir araştırma: Türk Coğr. Derg. basılmakta.

dan geçirimsizdir. Bu nedenle yağış sularının büyük bir kısmı yüzeysel akışa geçiş, pörsünüş zemin üzerinde yer yer kanallı olmaları oyuntuları oluşturmaktadır. Bu durum, Toros Dağları'nda, Sultandağları'nda ve Ilgaz Dağları'nda çok yaygın halde görülmektedir.

Netice olarak, pekişmemiş ve gevşek olan çeşitli depolar üzerinde hattı akışa geçen sular, bu sahaları kolaylıkla parçalayarak oyuntuların oluşmasına ve gelişmesine neden olmuş ve oyuntularda şiddetli bir şekilde devam eden aşınma olayları seller vasıtasıyla taşınan sediment miktarının yükselmesine ve böylece akarsularımızda taşınan sediment miktarının da önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Oyuntulardan hasil olan sedimentler ise, jeolojik temelin aşınmasından ileri gelmektedir.

Bunlardan başka, daha önceden belirtildiği gibi, ülkemiz arazisinin çok arızalı ve eğiminin çok fazla olması, yerine göre akarsuların derine ve yana doğru aşındırmasına meydan vermiştir. Özellikle taşkın zamanlarında, suyun zinde kuvvetinin fazla olması bu şekildeki aşınmayı aktif hale sokmuştur. Nitekim, taşkın zamanlarında akarsuların özellikle yatak yükü çok fazladır; yatakta sürünerek ve yuvarlanarak taşınan çakıl ve blok gibi materyaller, korrazyon suretiyle hem yatağın aşınmasına yardımcı olmakta hem de aşındırma yönünden suyun zinde kuvvetinin artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, yatakta çakıl ve blok gibi materyallerin birbirlerine ve yatağa çarpması ufalanmağa yol açmaktadır; bu materyallerden kum boyutuna kadar dövuşen parçalar akarsuların mansap kesimlerine kadar taşınarak buralarda birikme olaylarının şiddetlenmesine etkili olmaktadır.

Özellikle, kohezyonu düşük olan kumlu çakıllı, milli Neojen ve Kuvaterner depolarını kateden akarsuların taşkın zamanlarında, altan oyma ve yana doğru aşındırmaları (kıyı oyulması) önem kazanmaktadır. Bu şekilde, bu depoların parçalanması ile akarsular gerek süspanse ve gerekse yatak materyali yönünden aşırı derecede yüklenmektedir.

3 — Kütle Hareketleri :

Akarsulara ve sellere çeşitli boyutta sediment veren kaynaklardan biri de, özellikle akarsu yatakları boyunca vukubulan çeşitli heyelanlar, toprak ve yamaç enkazı akıntıları, çeşitli boyutta

çözölmüş materyal akıntıları vs. dir. Bu hareketler sonucunda akarsu yatağına kadar ulaşan çeşitli boyuttaki materyaller (kum, çakıl, çeşitli büyüklükte kaya blokları, organik artıklar) akarsu-yun ve selin hem yatak yükünün ve hem de süspanse yükünün fazlalaşmasına sebep olmaktadır.

Türkiye'de akarsu vadilerinin çok genç bir karakter taşıması yani, yamaçların çok dik olması ve bu sahalarda bitki örtüsünün tahribi kütle hareketlerinin ön plâna geçmesine amil olmuştur. Bilhassa dağlık alanlarımızda vadi yamaçlarından akarsu yataklarına doğru özellikle donma ve çözölmeye olayları ile önemli miktarda hareket eden enkaz akıntısı görölmektedir.

Öteyandan seller tarafından yarılarak tabii şev açısı bozulmuş kolluviyal depolarıda vadi yataklarına doğru hareket etmektedir. Buna paralel olarak da, oyuntularla parçalanmış düşük kohezyonlu volkanik ve sedimanter kökenli depolar en fazla heyelan eden araziler arasına girmektedir. Filhakika, Neojen'e ait kumlu, çakıllı, killi ve marnlı depoları ile Eosen ve Kretase yaşlı fişler, kütle hareketlerinin en yaygın olduğı formasyonlar arasındadır (12). Orta ve Doğı Karadeniz bölgelerinde, Orta ve Doğı Anadolu'da ve Trakya'da yaygın durumda olan bu araziler, zaman zaman akarsu yataklarına heyelan ederek, yatağı tıkamaktadır. Bu durum ise, özellikle ani taşkınlarda suların heyelan eden kütlelerin arkasında toplanıp, bilahere hem heyelan eden kütle yi sürökle-mekte, hem de ani taşkınlaraın oluşmasına neden olmaktadır.

Yukarıda sözü edilen kütle hareketleri Fırat, Murat, Kızılırmak, Yeşilirmak ve Gediz nehirlerinin dağlık araziden geçen kolları üzerinde görölmektedir. Nitekim, Murat Nehri vadisinin Muş ile Palu arasındaki kesimde heyelan, enkaz materyalleri akıntısı, kaya yuvarlanmaları vs. aktif halde devam etmekte olup, bunlar aynı zamanda demiryolu ulaşımını zaman zaman aksatmakta ve önemli zararlara sebebiyet vermektedir (13). Aynı şekilde, Kızılırmak Nehrinin Devrez Çayı boyunca ve bilhassa Tosya civarında Deringöz; Kamil civarında Kamil ve Zeytindere havzalarının üst

(12) Taşdemiroğılu, M., 1971, Türkiyede kütle hareketleri : Türkiye Jeoloji Kur. Bül. Sayı 13.

(13) Atalay, İ., 1974, Muş-Palu arasında Murat vadisi boyunca vukubulan kütle hareketleri : İ.Ü. Coğr. Enst. Derg. basılmakta.

kesimlerinde geniş ölçüde kütle hareketleri görülmektedir (14,15). Gediz Nehri havzasının Turgutlu-Salihli arasında Bozdağlar'ın eteklerinde uzanan kumlu, çakıllı depolar da zaman zaman Yeşilkavak, Irlamaz, Ahmetli, Sart derelerine heyelan etmektedir. Bunların dışında diğer akarsu havzalarında da geniş ölçüde kütle hareketleri görülmektedir (16).

Yukarıda kısaca açıklamaya çalıştığımız vadiler boyunca oluşan kütle hareketleri ile akarsuların yatağına kadar intikal eden çeşitli boyuttaki materyaller, özellikle seller tarafından taşınarak nehirlerimizde taşınan sediment miktarının artmasında etkili olmaktadır.

Netice olarak, akarsularda taşınan sedimentler birçok kaynaklardan hasil olmaktadır. Kesif bir orman ve çayırda kaplı sahalarda aşınma son derece az olduğundan, bu sahalardan akarsulara intikal eden sedimentlerin miktarı hem çok az ve hem de çok ince kil ve mil gibi sedimentlerdir. Buna karşılık, arazinin tabii dengesinin bozulması ile bir taraftan aşınma ve taşınma olayları şiddetlenmekte, diğer taraftan akarsulara intikal eden sedimentlerin boyutları irileşmektedir.

Ülkemizde başta eğimin çok yüksek olması, tabii bitki örtüsünün tahribi, arazinin tabii dengesinin özellikle toprak-bitki-su dengesinin son derece bozulmasına yol açmış ve bu yüzden yağışlardan yüzeysel akışa geçen su miktarı fazlaşmış, bunun sonucu olarak topraklar önemli ölçüde taşınmıştır. Toprakların tamamen taşındığı sahalarda aşınma anamateryale intikal etmiş, bu safhadan sonra aşınma ve taşınma olayları anamateryalin aşınmaya karşı gösterdiği özelliğe göre cereyan etmiştir. Nitekim, kalker, kristalin şist, bazalt vs. gibi kütleli kayalar üzerinde satıl erozyonu gelişirken, gevşek, pekişmemiş kumlu çakıllı milli depolar üzerinde ve bazı şistik arazilerde oyuntu şekilleri gelişmiştir.

Bundan başka, dere yamaçlarında tabii dengenin bozulduğu yüzeylerde kütle hareketleri ön plâna geçmiştir. Bütün bu kaynak-

(14) Atalay, İ., 1972, Devrez Çayı havzasında toprak erozyonu problemleri : Jeomorfoloji Derg., Yıl 4, Sayı 4, Ankara.

(15) Atalay, İ., 1974, Kızılırmak havzasının Osmancık - Kargı - Kamil arasında toprak erozyonu, taşkın ve sedimentasyon problemleri : Tabiat ve İnsan Derg. Yıl 8, Sayı 4, s. 43-49, Ankara.

(16) Atalay, İ., 1972, Gediz Nehri havzasında.

lardan akarsulara intikal eden çeşitli boyuttaki materyaller akarsularımızın sediment yükünün artmasına ve birikim sahalalarında birikmenin aşırı derecede fazlaşmasına amil olmuştur.

Yukarıda belirtilen akarsulara sediment veren kaynakların sediment verimleri çok değişik bir mahiyette tezahür etmektedir. Özellikle doğal dengenin bozuk olduğu havzalarda, sediment kaynaklarının sediment verimleri ve sediment boyurları yer yer önemli ölçüde değişmektedir. Bazı sahalarda kıyı oyulmaları ve oyuntu erozyonundan; bazı sahalarda ise, toprak erozyonu ve kütle hareketlerinden hasıl olan sedimentler ön plâna geçmiştir.

Bu konuda sıhhatli olmasa da bir fikir vermek bakımından, bazı akarsularımıza sediment veren kaynakların sediment verimlerini belirtmeyi uygun bulmaktayız.

Turgutlu ile Salihli arasındaki Bozdağların kuzey kesimindeki sahalarda Gediz Nehrine sediment veren belli başlı kaynaklar ve bunların sediment verimindeki yüzde oranları şöyledir (17) : Satih erozyonu (toprak aşınması) % 22, kıyı oyulmaları ve kolluviyal depoların tahribi % 26, kütle hareketleri % 12, oyuntu erozyonu % 35, akarsu erozyonu % 5.

Tosya kesiminde Devrez Çayı'na materyal veren belli başlı kaynakların sediment verimleri ise şöyledir : Satih erozyonu % 22, kıyı oyulmaları ve kolluviyal depoların tahribi % 13, kütle hareketleri % 8, oyuntu erozyonu % 38 ve diğerleri % 19.

Bu sahalarda akarsulara materyal veren kaynakların üçde birini oyuntu erozyonu sahalarından hasıl olan sedimentler teşkil etmektedir. Evvelce de belirtildiği gibi, Gediz Nehri havzasındaki oyuntular kumlu çakıllı depolar, Devrez Çayı havzasında ise Neojen kumlu, çakıllı, milli ve killi depoları üzerinde gelişmiştir. Kısaca, yukarıdaki değerlerin tetkikinden de anlaşılacağı gibi, akarsulara materyal veren sedimentlerin sadece beşte biri toprak aşınmasından diğerleri ise, jeolojik materyallerin taşınmasından hasıl olmaktadır. Bu da ülkemizde genel bir ifade ile toprak taşınmasından hasıl olan sedimentlerin jeolojik temel aşınmasından hasıl olan sedimentlere nazaran az olduğunu göstermektedir. Netice itibariyle, memleketimizde, jeolojik temel aşınması aktif bir durumda devam etmektedir.

(17) Atalay, İ., 1973, Türkiye'de aktüel sedimentasyon problemleri hakkında bazı gözlemler: Prospektörler Derg., Yıl 2, Sayı 2, s. 105-119, Ankara.

NETİCELER:

Tablo: 2 deki Türkiye akarsularında taşınan sediment değerlerine göre, akarsularımızda taşınan sediment miktarı ve özellikleri hakkında bazı görüşler ileri sürülebiliriz :

1 — Akarsularımız aşırı denecek miktarda sediment taşımaktadırlar. Bu durum başta ülkemiz arazisinin doğal dengesinin çok bozuk olduğundan ileri gelmektedir. Nitekim, çeşitli yollardan ormanların tahrip ve dejenere edilmesi, mer'a sahalarımızda aşırı derecede hayvan otlatılması, arazi kabiliyet sınıflarına göre arazi kullanılmaması (ormanlık ve mer'a sahalarında tarla açılması), genel olarak tarımsal arazilerde toprak koruma tedbirlerinin alınmaması, aşınma olaylarına yol açmış ve ülkemiz arazisini çok fazla eğimli olması da, aşınma ve taşınma olaylarının şiddetlenmesine ve şiddetli bir şekilde hüküm sürmesine sebep olmuştur. Sık bir orman ve çayır örtüsü altında yok denecek derecede aşınma olduğu halde, dejenere edilmiş ormanlık alanlarda, bitki örtüsünün tahrip edildiği eğimli arazilerde ve eğimli tarımsal alanlarda şiddetli bir aşınma söz konusudur. Gerçekten, Bolu Dağı'nda yapılan araştırmalara göre (18), orman rejimi altında tarım yapılan % 30 eğimli bir sahanın yıllık ortalama taşınan materyal miktarı 806 ton/yıl/km², buna karşılık aynı eğim şartları altında fındık parsellerinde toprak miktarı yaklaşık olarak 340 ton/yıl/km² dir. Öte yandan Eymir Gölü civarında kontrolsüz orman otlatması ve tarım yapılan sahada taşınan materyal miktarı ise yaklaşık olarak 900 ton/yıl/km² dir (19). Belgrad Ormanı Şeytandara havzasında yapılan bir araştırma da ise çıplak sahada yaklaşık olarak 500 ton/yıl/km², Çalı ile kaplı sahada 4 ton/yıl/km², ve tarım yapılan sahada ise 120 ton/yıl/km² toprak taşınması olmuştur (20). (Burada tasviye eğirilerine dik ekim yapılan parsellerde 150 ton/yıl/km², tesviye eğirilerine paralel ekim yapılan sahada ise 110 ton/yıl/km² sediment verimi ölçülmüştür).

- (18) Aydemir, H., 1973, Boul Masifinde araziden faydalanma biçimlerinde yüzeysel akışla su kaybı ve toprak taşınması üzerine araştırmalar : Ormancılık Araştırma Enst. Yay., Teknik Bülten Serisi No: 54.
- (19) Aydemir, H., 1973, Eymir Gölü çevresinde taşınan toprak miktarı ve islah tedbirlerinin bu miktara etkisi : Ormancılık Araş. Enst. Yay. Teknik Raporlar Serisi No. 2.
- (20) Uslu, S., 1971, Muhtelif arazi kullanma şekillerinin yüzeysel akış ve erozyon üzerindeki tesiri : İ.Ü. Orman Fak. yay. No. 167.

Öte yandan doğal dengenin az bozulduğu Çine ve Dalaman Çayları'nın yukarı havzalarında ve Harşit Nehri havzasında taşınan materyal miktarları sırasıyla 103, 266 ve 219 ton/yıl/km² dir.

Yukarıdaki denemelerden elde edilen neticelere göre, yurdumuzda doğal dengenin kısmen de olsa bozulduğu sahalarda sediment verimi 100-200 ton/yıl/km² arasında değişmektedir. Fakat, genel bir değerlendirme yaptığımızda ülkemizde 1 km² sahadan 1 yılda taşınan materyal miktarı 600 tonun üzerindedir. Ayrıca, bir yılda ortalama olarak denizlere taşınan sediment miktarı ise yaklaşık olarak 400 milyon tonun üzerindedir. Bu değerlere göre, ülkemizde normal aşınmaya nazaran en az altı misli fazla sediment taşınması hüküm sürmektedir.

2 — Çeşitli fasiyesteki kumlu, çakıllı, milli depolardan taşınan materyaller ile kütle hareketleri sonucunda akarsu yataklarına intikal eden çeşitli boyuttaki sedimentlerin, akarsularımızın sediment yükünün artmasında büyük payı mevcuttur. Akarsularda taşınan sedimentlerin yarısından fazlasının bu kaynaklardan hasil olduğu söylenebilir. Filhakika, Yeşilirmak Nehrinin diğer nehirlerimize nazaran çok fazla sediment taşınmasının bir sebebi de, havzada seller tarafından kolaylıkla tahrip edilen ve taşınan arazilerin yaygın olmasına (fliş formasyonu, Neojen ve Kuvaterner depoları), bağlanabilir.

3 — Akarsu havzasının her tarafında sediment verimi aynı ölçüde olmayıp, yer yer büyük değişiklikler görülmektedir. Bu durum başta, arazinin eğim, arazinin kullanma şekli ve aşınmağa uğrayan arazinin litolojik özelliklerine bağlıdır. Şöyle ki, dik eğimli, düşük kohezyonlu ve bitki örtüsünden mahrum sahalarda aşınma ve taşınma en fazladır, buna karşılık kesif bir orman örtüsü altındaki sahalarda aşınma son derece azdır. Bu arada, özellikle toprakları aşınmış karstik sahalarda da sediment verimi çok düşüktür. Öte yandan, nehir yatağı boyunca, sediment nakli geniş ölçüde değişiklik arz etmektedir. Zira, sel derelerinin ana dereye veya nehre açıldığı sahalarda sediment taşınması çok yüksektir. Ayrıca, nehirlerde su akışının yüksek olduğu kesimlerde de sediment taşınması fazladır; buna mukabil, nehir sularının yayıldığı, ve nehir sularının azaldığı sahalarda sediment taşınması azalmakta ve özellikle süspanse halde taşınan sedimentler hakim duruma geçmektedir. Bu durumun en belirgin örneği, Fırat Neh-

rinin aşağı mecrasında görülmekte olup, Fırat Dutluca'da yılda 108 milyon ton sediment naklettiği halde daha güneyde Birecik'de 73 milyon ton sediment taşıtmaktadır. Bu da bilindiği gibi, bir nehir havzasında taşınan sedimentlerin hepsinin akarsular vasıtasıyla deniz, gl ve baraj rezervuarlarına intikal etmediğini göstermektedir. Bu noktadan hareket ederek, ülkemizde aşınma ve taşınma olaylarının aşırı derecede fazla olduğu, ancak aşınan materyallerin bir kısmının akarsular vasıtasıyla taşındığını belirtebiliriz. Özellikle sel sularının yayıldığı dağ eteklerindeki düzlüklerde birikme azami hadde ulaşmaktadır.

4 — Akarsularımızda taşınan sedimentlerin günlük, aylık ve mevsimlik değerlerinde çok büyük değişiklikler grlmektedir. Söyle ki, Dalaman ayında yazın çok berrak akmakta olup, sediment taşınması eriyik maddeler haricinde yok denecek kadar azdır. Fakat kış mevsiminde ve sağanakların akabinde sediment taşınması azami hadde ulaşmaktadır. Diğer nehirlerimiz içinde aynı durum aşağı yukarı caridir. Nehirlerimizde en fazla sediment taşınması, taşkın zamanlarında vukubulmakta olup, bu devrelerde nehirlerde taşınan hem yatak yükü hem de süspanse yk artmaktadır. Bunun dışındaki devrelerde ise daha ziyade süspanse yk hakim durumdadır. Bu durumu sıhhatli bir Şekilde değerlendirmek için, bu devrelerde yapılmış sediment rasatlarına henüz sahip değiliz. Ancak bazı tahmin edilebilen değerler ileri sürülebilir.

5 — Akarsularımızda taşınan yüksek miktardaki sedimentler telafisi mümkün olmayan veya çok zor giderilebilen zararlara yol açmaktadır. Örneğin, her yıl binlerce dönüm verimli tarımsal alanlarımız çakıl ve kumlarla kaplanmakta, mahsl önemli ölçüde zarar görmekte ve arazinin verim kabiliyeti düşmektedir. Daha da tehlikelisi, baraj rezervuarlarımız kısa denilebilecek bir devre içinde önemli ölçüde siltasyona uğrayarak su taşıma kapasitesi düşmekte, bu ise elektrik üretiminin, içme ve sulama suyunun azalmasına neden olmakta ve ileride barajın dolması da, giderilmesi zor kayıplara yol açmaktadır. Bu durum, bütün Őiddeti ile, 15-20 yıl önce yapılmış barajlarımızda etkisini göstermeğe başlamıştır.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- ANDERSON, H.W., 1954, Suspended sediment discharge as related to streamflow, topography, soil, and land use: Trans. Am. Geophys. Union, 35 (2), s. 268-281.
- ATALAY, İ., 1972, Toprak erozyonuna tesir eden jeolojik faktörler : Prospektör Derg., Sayı 1, s. 63-73.
- ATALAY, İ., Gediz Nehri havzasında toprak erozyonu problemleri üzerine bir araştırma: XXI Coğrafya Meslek Haf. Tebliği, İzmir. Türk Coğ. Derg. basılmakta.
- ATALAY, İ., 1972, Devrez Çayı havzasında toprak erozyonu problemleri : Jeomorfoloji Derg., Sayı 4, Ankara.
- ATALAY, İ., 1972, Burdur Gölü havzasının jeomorfolojik-sedimentolojik etüdü: Orman Bak. Ağaçlandırma ve Erozyonu Kontrol Gen. Müd. verilmiş rap., basılmamış.
- ATALAY, İ., 1973, Türkiye'de aktüel sedimentasyon problemleri : Prospektör Derg., Sayı 2, s. 105-119, Ankara.
- ATALAY, İ., 1974, Sultandağları'nda toprak erozyonu araştırmaları (Soil erosion researches in Sultan Mountains SW Central Anatolia): Türk Coğr. Derg., Sayı 26, s. 48-73.
- ATALAY, İ., 1974, 1973 İzmit Seli (6 Ekim 1973 de İzmit - Hereke arasında vukubulan seli oluşturan sebepler ile sele sediment veren kaynaklar üzerinde gözlemler): Tabiat ve İnsan Derg., Yıl 7, Sayı 1, s. 33-38, Ankara.
- ATALAY, İ., 1974, Kızılırmak Havzasının Osmancık - Kargı - Kamil arasında toprak erozyonu, taşkın ve sedimentasyon problemleri: Tabiat ve İnsan Derg., Yıl 8, Sayı 4, s. 43-49, Ankara.
- ATALAY, İ., 1974, Türkiye'de toprak erozyonunu etkileyen başlıca jeomorfolojik faktörler : Tabiat ve İnsan Derg., Yıl 8, Sayı 3, s. 16-24, Ankara.

- ATALAY, İ., 1974, Muş-Palu arasında Murat vadisi boyunca oluşan kütle hareketleri: XXIII. Coğr. Meslek Haftası Tebliği, Trabzon. Coğr. Enst. Derg. basılmakta.
- ATALAY, İ., 1976, Türkiye arazisinde tabii denge bozulmasının sonuçlarından biri: Aşırı birikme (sedimantasyon): Tabiat ve İnsan Derg., Yıl 10, Sayı 2.
- AYDEMİR, H., 1973, Bolu Masifinde araziden faydalanma biçimlerinde yüzeysel akışla su kaybı ve toprak taşınması üzerine araştırmalar : Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yay., Teknik Bül. Serisi No. 54, Ankara.
- AYDEMİR, H., 1967, Orman tahribatının sathi su akımı ve rüsubat taşınması üzerine tesirleri: Ormancılık Araş. Enst. Yay., Tek. Rap. Serisi, No. 24, Ankara.
- AYDEMİR, H., 1973, Eymir Gölü çevresinde taşınan toprak miktarı ve islah tedbirlerinin bu miktara etkisi : Ormancılık Araşt. Enst. Yayın, Teknik Raporlar Serisi No. 2, Ankara.
- BALCI, A.N., 1973, İç Anadolu'da anamateryal ve bakı faktörlerinin erodibilitite ile ilgili toprak özellikleri üzerindeki etkileri : İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, No. 195, İstanbul.
- BURSALI, S., 1971, Kohezyonsuz zeminlerde oyulma problemi : DSİ Teknik Bülteni, Sayı 23.
- COOPER, R.H. - PETERSON, A.W., 1970, Discussion of cordination in mobile-bed hydraulics: Amer. Soc. Civil Eng., Jour. of Hydraulics Division, Vol. 9, HY9, s. 1880-1886.
- COLBY, B.R. - SCOTT, C.H., 1965, Effects of water temperature on the discharge of bed-material: U.S.A. Geological Survey, Prof. Paper 462-A.
- DSİ, 1970, Türkiye'de istikşafi arazi amenaımanı raporu : Cilt II, Ankara.
- E.İ.E.İ. Genel Direktörlüğü, Su yılı akım neticeleri.
- ERİNÇ, S., 1969, Jeomorfoloji. Cilt I: İ.Ü. Coğrafya Enst. Yay. No: 23, İstanbul.
- FAO, 1969, Akdeniz kalkınma projesi, Türkiye Cilt I, Ankara.
- GOTTSCHALK, L.C., 1965, Sediment transportation mechanics : Nature of sedimentation problems: Jour. Hydraulics Division, Proc. Amer. Soc. Civil Eng. s. 251-266.
- GOTTSCHALK, L.C. - JONES, V.H., 1955, Valleys and Hills, erosion and sedimentation: Water The yearbook of Agricul., Washington D.C., s. 135-143.
- GÖRCELİOĞLU, E., 1974, Türkiye'de toprak erozyonunun kapsam ve önemi: İ.Ü. Orman Fak. Derg., Seri B, Cilt 24, Sayı 1, s. 107-120.

- İMAR İSKÂN BAK. BÖLGE PLANLAMA DAİRESİ BŞK., 1969, Türkiye'de tabii ve beşeri kaynakların illere göre dağılışı: B.P.D. Yayını, Ankara.
- JOHN H. STEWART - VALMORE C. LaMARCHE, Jr., 1967, Erosion and deposition produced by the flood of December 1964 on Coffe Creek Trinity Country, California: U.S.A. Geological Survey Prof. Raper 422-K.
- LAWRENCKE, K. LUSTIG - ROBERT D. BUSCH, 1967, Sediment transport in Cache Creek drainage basin in the Coast Ranges West of Sacramento, California: U.S.A. Geological Survey, Prof. Paper 562-A.
- OAKES, H., 1958, Türkiye toprakları: Yük. Zir. Bir. Neş. No. 18, İzmir.
- SÜR, Ö., 1979, Heyelan olaylarına sebep olan faktörler ve bunların Türkiye'de etkili bulunduğu alanlar: Coğrafya Araştırmaları Derg., Sayı 5-6, s. 215-222.
- TANG, G. - ÜÇÜNCÜ, N., 1971, Askı materyali (suspense sediment) ölçülmesi ve hesaplanmasına ait klavuz: DSİ Etüt Plânlama Dairesi Bşk., Teksir baskı, Ankara.
- TAŞDEMİROĞLU, M., 1971, Türkiye'de kütle hareketleri: Türkiye Jeol. Kur. Bül. Sayı 13.
- TUNÇDİLEK, N., 1969, Türkiye eğim haritası: İ.Ü. Coğr. Enst. Yay. No. 56, İstanbul.
- USLU, S., 1971, Muhtelif arazi kullanma şekillerinin yüzeysel akış ve erozyon üzerine tesiri: İ.Ü. Orman Fak. Yay. No. 167, İstanbul.
- U.S. Department of Agriculture SCS, 1971, Sedimentation, Section 3, SCS National Eng. Handbook, Washington D.C.
- ÜÇÜNCÜ, N., 1969, Kaba rusubat (bed-load) miktarının tayini: Orman Müh. Der., Sayı 12, Ankara.
- ÜÇÜNCÜ, N., 1974, DSİ Erozyon kontrolü çalışmaları: Tabiat ve İnsan Derg., Yıl 7, Sayı 1, s. 40-42.

THE SEDIMENT YIELD OF THE SOME RIVERS OF TURKEY

Dr. Ibrahim ATALAY

This article has been prepared in order to point out the sediment yields or sediment discharge of some rivers or streams of Turkey.

Turkey covers an area of 780 000 km sq; nearly 12 per cent of the total land is closed basins.

There has been no publication appeared on the sediment yield in Turkey, though the early data were began to be recorded since 1939. On the other hand, we do not have any records about some of the streams and rivers. In addition, the validity of some of the data may be questionable, because of short records and variability of the sediment sampling methods.

The sediment load transported by rivers is shown in table 1, and locations of the river basins and sediment stations are also presented in Fig. 1. As shown in table 1, the rivers are listed according to descending order of drainage area. The amount of the sediment transported by the Euphrates was measured as 73 358 937 tons at the Birecik station. But, the sediment load of the Euphrates varies in a great extent. For example, its sediment transport at the Dutluca which is situated 100 km. north of Birecik, is 108 178 882 tons, whereas at the Tabqa, Syria, this amount descends to 4 750 000 tons.

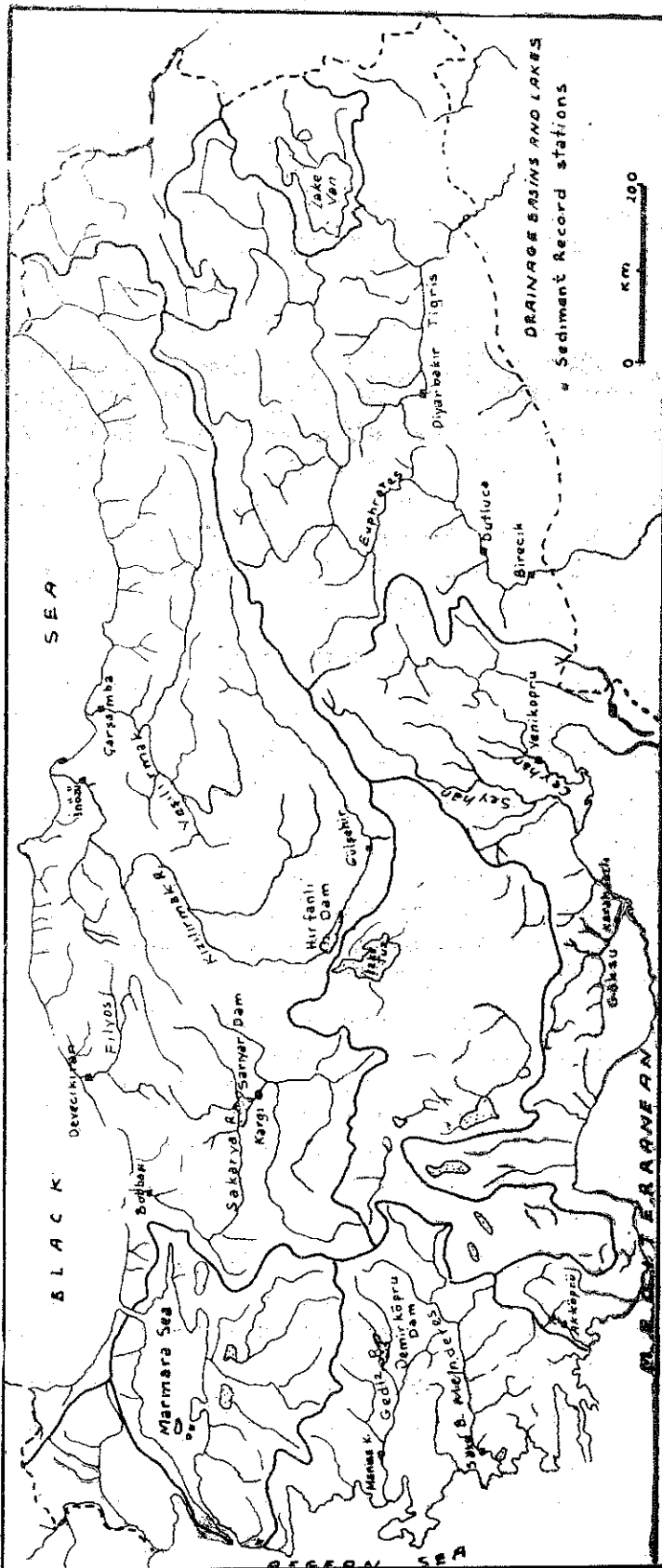
The Yeşilirmak is the second largest carriers of sediment, discharging more than 54 million tons in to the Black Sea, each

TABLE: 1 — Annual total sediment yields of the some rivers of Turkey

River Location	Period of sediment record	Total drainage area at the sediment record station		Average annual water discharge at the sediment station ton	Average annual total sediment load ton	Average sediment yield	
		km ²	mil ²			ton/year/sq km.	ton/year/sq mi
Euphrates, Birecik	1963—69	100 915	38 845	39 620 332 800	73 358 937	612	1.884
Euph. Tabqua, Syria	1962—64	73 994	46 570	1 800 300	4 750 000	63	100x
Tigris, Diyarbakır	1946—69	6 298	2 422	3 417 789 240	6 833 289	1.085	2821
Tigris, Bağdad, İraq	1918—19	79 736	30 800	1 800 300	57 600 000	722	1870x
Kızılırmak, İnönü	1962—69	48 408	18 618	7 841 426 400	44 960 700	929	2408
Kızılırmak, Gülşehir	1962—69	15 581	5 992	3 006 957 600	11 884 765	763	1973
Sakarya, Botbaşı	1961—69	13 126	5 046	6 568 633 440	8 540 405	651	1693
Sakarya, Kargı	1961—69	33 847	13 018	2 191 436 640	1 579 455	47	121
Yeşilirmak, Çarşamba	1964—69	33 958	13 060	8 933 202 720	54 692 677	1.521	4187
B. Menderes, Söke	1963—68	22 889	8 803	4 507 755 840	12 394 122	519	1408
Ceyhan, Yeniköprü	1954—69	19 727	7 587	8 829 449 280	19 579 311	992	2579
Filyos, Devecikaran	1964—69	13 300	5 115	4 627 492 640	8 121 323	610	1589
Gediz, Manisa Köp.	1963—69	9 941	3 823	3 276 275 040	5 787 075	582	1514
Göksu, Karahacılı	1961—69	10 043	3 865	4 132 792 800	6 874 139	684	1798
Dalaman, Akköprü	1964—69	4 510	1 734	1 561 032 000	1 615 417	358	931

x) Source: Holeman, 1968, p. 744.

Figure 1



years. The Kızılırmak transport nearly 45 million tons into the Black Sea.

The sediment yields of the rivers of Ceyhan, Büyük Menderes, Sakarya, and Filyos are: 19.5, 12.3, 8.5 and 8.1 million tons, respectively.

Generally, the total sediment load of the rivers which flow into Black Sea, are very high; whilst the total sediment yield of the Mediterranean rivers which drain on the kartic region, are low.

According to the sediment data, the Euphrates transports almost as much sediment as the Nile, and the Yeşilirmak carries nearly as much sediment as the Caroni, Venezuela, the Tigris, Bagdad, Iraq, and the Chenab, West Pakistan (1).

Generally, the total sediment yield of the major rivers of Turkey more than those of Europe's rivers.

The average annual sediment yield of the land of Turkey, is more than 1500 tons sq mi. This yield varies from 4187 to 931 tons/year/sq mi. The highest producer of sediment is Yeşilirmak basin, with 4187 tons per square mile. In this basin, severe sheet and gully erosion is being prevailed, especially the flysch formation of the Upper Cretaceous and less cohesive deposits of Neogene, are dissected by gullies and rills. The sediments such as sand, silt which derived from the these deposits, caused an increase in the river sediment. The sediment yield of the karstic and the dense forest lands, are low. The average of the lowest sediment yield more than 300 tons/year/sq mi.

The measured and estimated sediment yield of the continents such as Africa, Europe and Australia appears to be very low, averaging 70, 90, and 115 tons per square mile each year, respectively. South America has the low with 160 tons per square mile; North America is a moderate sediment producer with 245; and the highest producer of sediment is Asia, with 1530 tons per square miles (2).

In addition, according to the classification made by Holeman,

-
- (1) Holeman, J.N., 1968, The sediment yield of major rivers of the World: Water Resources Research, 4 (4), p. 744.
 - (2) Holeman, J.H., 1968, Op. cit., p. 745.

on ton/year/sq mi basis, 500 tons are considered as high, between 200 and 500 as moderate and under 200 as low (3).

According to these values, the sediment production of Turkey is very high with more than 1000 tons sq mi. The amount of the sediment transported by rivers, streams and creeks into the seas is over 300 million tons, and is nearly 400 million tons.

This value shows that natural equilibrium of Turkey is being deteriorated because of misuse of the land, over-grazing and the destruction of the natural vegetation.

As it is known, the main sediment sources are soil erosion, erosion of land or parent material and mass movement that occur on the valley slopes.

Turkey is subjected to severe soil erosion. According to soil erosion researches, at the least more than 50 per cent of the total area of Turkey is being prevailed to the soil erosion of the several types. Some part of the forest and pasture land has been ploughed and converted into agricultural land. So, the soil cover of these areas are carried away from original surface, and especially in the steep slopes, parent materials are exposed. The unconsolidated deposits of the Neogene and Quaternary and colluvial deposits were eroded and dissected by runoff. And such deposits give much more sediment to the floods and the rivers. This situation can be clearly seen in the watershed of Yeşilırmak, Kızılırmak, Filyos and Euphrates and in the southern part of the Gediz. For this reason, the sediment loads of such rivers are very high.

As a result, intense modern sedimentation is being prevailed; the accumulation of the sediments in the reservoirs, natural and artificial channels flood plains, and an agricultural lands causes different types of damage which are the common problems in Turkey.

Generally, the sediments which derived from soil erosion are less than those of other sources (4).

(3) Holeman, J.H., 1968, Op. cit., p. 738.

(4) Atalay, İ., 1973, Türkiye'de aktüel sedimentasyon problemleri hakkında bazı gözlemler - Some observations about modern sedimentation problems in Turkey - (Summary in english) : Prospektör Derg., Yıl 2, Sayı 2, p 105-119, Ankara.