



**HARŞIT ÇAYI HAVZASINDA YAGIŞ-AKIŞ
KARAKTERİSTİKLERİ İLE EROZYON VE SEDİMENT
SORUNLARININ ARAŞTIRILMASI**

ISRAFİL KOCAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SİLAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Lokman DELİBAŞ

TEKİRDAĞ-1994

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARŞIT ÇAYI HAVZASINDA YAĞIŞ-AKIŞ
KARAKTERİSTİKLERİ İLE EROZYON VE SEDİMENT
SORUNLARININ ARAŞTIRILMASI

35178

ISRAFİL KOCAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Bu tez ...02...08...19...94..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL


Doç. Dr. Lokman DELİBAŞ
DANIŞMAN


Yrd. Doç. Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU

ÖZET

Ülkemizde çeşitli nedenlerle meydana gelen erozyon süreci ve bunun doğal sonucu olan sedimentasyonun, toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine olan olumsuz etkilerinin büyük boyutlara ulaştığı bilinen bir gerçektir.

Bu araştırma, şiddetli erozyon etkisi altında bulunan Harşit çayı su toplama havzasında, sedimentasyon sorununun ortaya konması ve bu alanda toprak-su muhafazasının sağlanabilmesi için ileride uygulanabilecek bazı çözüm yöntemlerinin belirlenebilmesi amacıyla ele alınmıştır.

Söz konusu drenaj havzası Doğu Karadeniz Bölgesinde $40^{\circ} 15' - 41^{\circ} 01'$ kuzey enlemleri ile $38^{\circ} 39' - 39^{\circ} 57'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Araştırma alanı arızalı bir topoğrafyaya sahip olan 2589 km^2 lik bir alanı kapsamaktadır.

Havza karakteristiklerinin erozyon süreci ve sedimentasyon verimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için havzanın, jeolojik yapısı, toprak dağılımı ve topoğrafik durumu ile mekra özellikleri incelenmiştir.

Su toplama havzasının bazı hidrolojik karakteristiklerinin belirlenebilmesi için aynı sağanağın zamana karşı yağış veya akış kayıtlarının bilinmesi gerekir. Bu kayıtlar olmadığından sentetik metotlarla havzanın birim ve farklı tekerrürlü taşkın hidrografları çıkarılmıştır. Taşkın hidrograflarından Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} ve Q_{100} yıl tekerrürlü taşkın pik debileri sırasıyla 333, 561, 652, 889, 1219 ve $1580 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak tesbit edilmiştir.

Havzanın erozyon durumunun ve sediment veriminin belirlenmesinde EIE bağlı EIE-2201 nolu istasyon ve DSI' ye bağlı DSI 22-10 nolu istasyondan sağlanan verilerden yararlanılmıştır. Bu istasyonlardan sağlanan verilerden havzanın su potansiyeli hesaplanmış ve yaklaşık olarak $890.10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ bulunmuştur. Havzanın yıllık sediment debisi $678 468 \text{ m}^3$ ve toplam sediment verimi ise $304,05 \text{ ton}/\text{km}^2/\text{yıl}$ olarak belirlenmiştir.

SUMMARY

STUDYING OF RAIN - FLOW CHARACTERISTICS, EROSION AND SEDIMENT PROBLEMS IN HARSIT RIVER BASIN.

Erosion and sedimentation resulting from erosion have negativ effects on development of soil and water resources.

This study has been conducted to find out the erosion and sedimentation problems and precautions to conserve soil and water in Harşit River Basin in Turkey.

The research area is between $40^{\circ} 15' - 41^{\circ} 01' N$ and $38^{\circ} 39' - 39^{\circ} 57' E$ in East Black Sea Region . Total research area is 2589 km^2 and have rough topography.

To determine the effects of hydrological characteristics of basin on erosion and sedimentation ; jeological structure, soil distribution and topografic status have been investigated.

Because of the sincronize rain and flow record are not exist, unit hydrograf and flood hydrografs with sereval repetition have derived. It has been found of 333, 561, 652, 889, 1219 and $1580 \text{ m}^3/\text{s}$ for 2, 5, 10, 25, 50 and 100 year repetition , respectively.

Measurements from the stations EIE - 2201 and DSI 22-10 have been used to investigate erosion and sediment yield of the basin. Acording to data from these stations, water potential of basin is nearly 890.10^6 m^3 . Annual sediment stream size is 678.468 m^3 and total sediment yield is $304 \text{ t /km}^2/\text{year}$.

ÖNSÖZ

Yurdumuzda mevcut 28 milyon ha tarım arazisi gün geçtikçe azalmaktadır. Gerek sanayi ve yerleşim birimlerinin tarım arazilerine kurulması, gerekse erozyon olayı bu olguyu hızlandırmaktadır.

Ülkemiz topraklarının hemen hemen yarısında etkili olan erozyon olayına bağlı olarak, her yıl milyonlarca ton verimli üst toprak denizlere taşınmaktadır. Bununla beraber meydana gelen feyezanlar taban arazileri basarak büyük maddi kayıplara neden olmaktadır.

Toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili çalışmaların iyi bir şekilde planlanabilmesi için, akarsuların akım ve sediment gözlemlerinin yapılması ve sonuçların havza özellikleriyle ilişkileri araştırılarak, alınması gereken tedbirlerin tesbit edilmesi gerekmektedir.

Gümüşhane Harşit çayı havzasının yağış-akış ilişkileri ile erozyon ve sedimentasyon sorunlarının ele alındığı bu araştırmadan elde edilen verilerin havza ıslahı ve erozyon önleme konularında çalışmalar yapan uygulayıcılara yararlı olacağı kanaatindeyim.

Araştırma imkanlarının sağlanmasında ve yürütülmesinde her türlü yardımlarını gördüğüm Sayın Bölüm Başkanım Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL' e, danışmanım Sayın Doç. Dr. Lokman DELİBAŞ' a teşekkürlerimi sunarım.

19.07.1994

İsrafil KOCAMAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Akım-Havza İlişkileri ile Erozyon ve Sedimentasyonla İlgili Çalışmalar	3
2.2.Toprak Muhafazası ve Sedimentasyonun Kontrolü ile İlgili Çalışmalar.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Coğrafik Konum.....	12
3.1.2. Genel Jeolojik Durum.....	12
3.1.3. Topoğrafya	13
3.1.4. Mecra Karakteristikleri.....	14
3.1.5. İklim.....	16
3.1.6. Toprak.....	18
3.1.7. Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanma Şekli.....	21
3.1.8. Erozyon Durumu.....	22
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Hidrometrik Ölçümler.....	23
3.2.2. Hidrograf Analizleri	26
3.2.3. Taşkın Akımları ve Tekerrür Analizleri	27
3.2.4. Süspans ve Kaba Sediment Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel Analiz Yöntemleri	32
3.2.4.1. Kaba Sedimentin Mekanik Analizi	32
3.2.4.2. Kaba Sedimentin Geometrik Ortalama Çapı, Özgül Ağırlığı, Hacim Ağırlığı ve Porozitenin belirlenmesi	32
3.2.5. Süspans ve Kaba Sediment Miktarının Tesbit Edilmesi	33
3.2.5.1. Sediment örneklerinin Alınması.....	33
3.2.5.2. Süspans Sediment Veriminin Hesaplanması	33
3.2.5.3. Kaba Sediment Miktarının Tesbit Edilmesi	33

3.2.6. Yağış, Akış ve Katı Madde Arasındaki İlişkiler	34
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	35
4.1. Hidrometrik Ölçüm Sonuçları	35
4.2. Hidrograf Analizleri.....	36
4.2.1. Harşit Çayı Havzasının Sentetik Birim Hidrografının Çıkarılması ve Değerlendirilmesi	36
4.2.2. Drenaj Havzasının S Hidrografi	38
4.3. Drenaj HavzasıTaşkın Tekerrür Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	40
4.4. Süspanse ve Kaba Sedimentte Fiziksel Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	43
4.4.1. Mekanik Analiz Sonuçları.....	43
4.4.2. Taşman Materyalin özgül Ağırlığı, Hacim Ağırlığı ve Porozitesi	44
4.5. Süspanse ve Kaba Sediment Verimleri ve Değerlendirilmesi	44
4.5.1. Süspanse Sediment Verimi	44
4.5.2. Kaba Sediment Verimi	45
4.5.3. Toplam Sediment Verimi.....	45
4.6. Yağış, Akım ve Sediment İlişkileri	46
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	49
5.1. Havzada Erozyonun Kontrolü ve Sedimentasyonun Azaltılması İmkanları ve Bazı Öneriler.....	49
5.1.1. Yamaç Arazi Islahı	49
5.1.2. Oyuntuların önlenmesi ve Yatak Islahı	51
KAYNAKLAR	52

TABLolar LISTESi

	<u>Sayfa No</u>
1 - Tablo 3.1. Havzada Yer Alan Yerleşim Birimlerinin Topografik Durumu	14
2 - Tablo 3.2. Harşit Çayı ve Yan Kollarının Mecra Uzunlukları ile Ortalama Meyilleri.....	16
3 - Tablo 3.3. Yağış Şiddeti Indisine Göre İklim ve Bitki Örtüsü Tipleri.....	16
4 - Tablo 3.4. Gümüşhane İli Harşit Çayı Havzasına Ait Bazı Meteorolojik Ortalama ve Ekstrem Değerler.....	17
5 - Tablo 3.5. Havza Arazilerinin Şimdiki Kullanma Durumları ile Arazi Kullanma kabiliyet Sınıfları	21
6 - Tablo 3.6. Havzada Bulunan Önemli Ağaç, Ağaçcık ve Otsu Bitki Türleri.....	22
7 - Tablo 3.7. Drenaj Alanında Şiddetlerine Göre Erozyon Sahalarının Dağılımı.....	22
8 - Tablo 3.8. Harşit Çayı Havzasında EİE-2201 Nolu İstasyonda Ölçülen Debi ve Sediment Değerleri.....	23
9 - Tablo 3.9. DSI 22-09 Nolu İstasyonda Ölçülen Seviye-Akım Değerleri	25
10 -Tablo 3.10. Hidrolojik Zemin Grupları ve Bitki Örtüsüne Göre Akış Eğri Numaraları	28
11 - Tablo 3.11.Ticari veya Milli Orman Havzaları İçin Akış Eğri No ları	29
12 - Tablo 3.12.Drenaj Havzası Aylık Toplam Yağış Ortalamaları ile Aylık Toplam Akım Ortalamaları	34

13 - Tablo 4.1. Harşit Çayı Havzası İçin Snyder Metoduna Göre Hesaplanan Birim Hidrograf Değerleri.....	37
14 - Tablo 4.2. Harşit Çayı Havzasına Ait S Hidrografi Değerleri	38
15 - Tablo 4.3. S Hidrografından Birim Hidrografın Çıkarımı	39
16 - Tablo 4.4. Harşit Çayı Havzası Hidrolojik Toprak-örtü Kompleksi Numarası	40
17 - Tablo 4.5. Harşit Çayı Havzası Muhtelif Tekerrürlü 6-saat Süreli Yağış Şiddetleri	40
18 - Tablo 4.6. Drenaj Alanı 100 Yıl Tekerrürlü Yağış - Akış ve Artım Akışlar	41
19 - Tablo 4.7. Drenaj Alanının Snyder Metoduna Göre Hesaplanmış 100 Yıl Tekerrürlü Taşkın Debileri	41
20 - Tablo 4.8. Kaba Sedimentin Mekanik Analiz Sonuçları	43
21 - Tablo 4.9. Sediment ile Akım İlişkilerine Ait Regresyon Denklemleri	46
22 - Tablo 4.10. Akım-Seviye İlişkilerine Ait Regresyon Denklemleri	47
23 - Tablo 4.11. Akımla-Yağış Arasındaki Regresyon Analiz Sonuçları	48

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
1- Şekil 3.1 Soil Conservation Service tarafından önerilen boyutsuz birim hidrograf	27
2- Şekil 3.2 Türkiye' de yağışın zaman içerisindeki dağılımı.....	30
3- Şekil 3.3 Yağış-Akış Bağıntısı.....	31
4- Şekil 4.1 Harşit çayı havzası 1985, 1986 ve 1987 yıllarına ait Seviye-Akım anahtar eğrileri	35
5- Şekil 4.2 Harşit çayı havzasına ait bir ve iki saatlik sentetik birim hidrograflar.....	37
6- Şekil 4.3 Drenaj havzası S hidrografı	39
7- Şekil 4.4 Harşit çayı havzası farklı tekerrürlü taşkın hidrografları	42
8- Şekil 4.5 Harşit çayı havzası kaba sediment granülometri eğrisi.....	43

EKLER

EK-I Harşit çayı ve yan dereleri gösteren harita

EK-II Havzada EIE ve DSI istasyonlarını gösteren harita

EK-III Türkiye' de yağışın zaman içerisindeki dağılımını gösteren harita



1.GİRİŞ

Erozyon toprak, su ve bitki arasındaki tabii dengenin bozulması sonucu ortaya çıkan bir olaydır.

Doğal bir kaynak olan toprak; esas olarak, ana materyalin fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak ayrışmasından ibarettir. Canlıların büyük bir çoğunluğu için yaşam ortamı ve besin kaynağı olan toprak, çeşitli faktörlerin etkisi altında, uzun bir zaman süreci içerisinde oluşmaktadır. Toprak oluşumunu hızlandırmak mümkün olmadığı gibi, toprak varlığını suni olarak artırmak da mümkün değildir. Artan dünya nüfusu ve beslenme ihtiyacı mevcut arazilerin verimli bir şekilde kullanımını gerektirmektedir. Bu nedenle toprağı korumak için arazi kullanım kabiliyet sınıflarına uygun olarak, planlı ve dengeli bir şekilde kullanmak gerekir.

Doğal dengeyi oluşturan başlıca faktörler iklim, topografya ve jeolojik yapıdır. Bu faktörlerin insanlar tarafından değiştirilmeleri büyük ölçüde imkansızdır. Fakat insanın doğal dengeye olan etkisi, diğer bir faktör olan bitki örtüsüne yaptığı müdahale nedeniyledir. İnsanın doğal bitki örtüsünü bilinçsizce ve kısa vadeli çıkarları için tahrip etmesi erozyon olayını gündeme getirmektedir. Erozyon olayı ise toprağın en büyük düşmanı olup, yüzlerce hatta binlerce yılda oluşan toprakları kısa bir zaman zarfında nehir yataklarına ve denizlere sürüklemektedir.

Genel olarak Türkiye, çeşitli yüzey şekillerinden oluşan yüksek ve dağlık eğimli bir arazi yapısına sahiptir. Jeolojik yapı da erozyona çok elverişlidir. Ayrıca kurak ve yarı kurak iklim şartları erozyonu artırıcı niteliktedir. Bugün ülkemiz topraklarının yaklaşık % 79' unda su ve rüzgar erozyonu etkin durumdadır (DSI, 1990).

Ülkemiz topraklarının % 57' sinin az şiddetli, % 22' sinin şiddetli su erozyonuna maruz kaldığı, 468 000 hektar ülke toprağında da rüzgar erozyonunun etkili olduğu tesbit edilmiştir (DSI, 1990).

Devam eden erozyon olayı sonucu, kaba malzeme dışında, yılda 400 milyon ton (yaklaşık 300 milyon m³) ince rüsubatın akarsularımızla taşındığı hesaplanmaktadır (EIE, 1987). Bu da topraklarımızın 2 yılda 1mm aşınması anlamına gelmektedir. Yine ülkemizdeki erozyonun boyutunu vurgulama açısından, başka bir misal verilecek olursa, her sene önemli miktarlarda topraklarımız

denizlere taşınmaktadır ve bu taşınan toprak 20 cm kalınlığında bir tabaka halinde yüzeye serilmiş olsa her sene Kıbrıs adası büyüklüğünde bir saha kaybedilmektedir (Çelebi, 1971).

Ülkemizde taşınan toprak miktarı diğer ülkelerle karşılaştırılırsa Türkiye dünyada en fazla aşınmaya uğrayan ve akarsulara aşırı derecede sediment veren ülkelerin başında gelmektedir. Nitekim, Türkiye'de toplam olarak bir yılda taşınan materyal miktarı, tüm Avrupa kıtasından bir yılda taşınandan daha çoktur (Holeman, 1968).

Erozyon sorununun yanı sıra, erozyonun bir sonucu olarak çok ciddi bir rüsubat sorunu da söz konusudur. Rüsubatın doğal ve yapay akarsu yataklarında birikerek yarattığı kapasite yetersizlikleri nedeniyle meydana gelen taşkınlarda yerleşim yerleri, taban tarım arazileriyle sulama alanlarındaki taşkın ve rüsubat zararları, taşkın ve sulama tesislerinde yapılan rüsubat temizlik masrafları büyük miktarlara ulaşmaktadır. DSI tarafından 1955-1982 yılları arasında yapılan tesbitlere göre; ülkemizde meydana gelen 1132 taşkında 186321 hektar tarım alanı taşkın zararına uğramış ayrıca sulama, tahliye ve kurutma tesisleriyle dere yataklarında yapılması zorunlu hale gelen makinalı rüsubat temizliğinin yılda ortalama 25 milyon m³ civarında olduğu tesbit edilmiş (DSI, 1990).

Bu araştırma, Gümüşhane Harşit çayı havzasının bazı hidrolojik karakteristikleri, erozyon durumu, toprak muhafaza çalışmaları, taşınan rüsubat miktarı ve sedimentasyonun bu çay üzerinde kurulmakta olan su depolama yapılarına olan olumsuz etkilerini ortaya koymak ve bu etkileri azaltabilmek için yapılan ve yapılması gereken erozyon önleme ve havza ıslah çalışmalarının tesbiti amacıyla ele alınmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yüzey akış, erozyon, sediment hareketi ve birikimi olaylarını etkileyen faktörler çok fazla ve birbirleriyle sıkı sıkıya ilişkilidir. Burada bir yağış havzasından erozyonla taşınan toplam sediment miktarının belirlenmesi ve havzanın bu yönden ıslah imkanlarının araştırılması ile ilgili literatürler esas alınmıştır.

2.1. Akım-Havza İlişkileri ile Erozyon ve Sedimentasyonla İlgili Çalışmalar

Şerman (1975), Türkiye' de yağışların, özellikle havza karakteristiklerinin akımlar üzerine etkisini araştıran ilk çalışmayı yapmış, bu çalışmada Kızılırmak, Yeşilirmak ve Sakarya havzalarının 4.-5. mertebedeki kollarına ait 747 adet havza için havza geometrisini tanımlayıcı parametreler ile havza hidrolojisi arasında istatistiksel korelasyonları araştırmıştır. Bu araştırmaya göre, yıllık ortalama debi ile havza çevresi, eğimi ve dairesellik oranı arasında oldukça yakın bir ilişki bulunmuştur. Bu çalışmada havza taşkın debileri, morfometrik parametrelerle tahmin edilme ihtimali de araştırılmış ise de korelasyon katsayılarının düşük olması nedeniyle önerilmemiştir.

Soykan (1972), Ankara, Beytepe temsili havzasının birim hidrografını çıkarmış ve buna dayanarak komşu havzaların sentetik birim hidrograflarını tayin etmiştir.

Özdemir (1978), 1971' de H. Kubilay' ın Gediz havzası için elde etmiş olduğu birim hidrografi bazı sentetik metodlarla mukayese etmiş ve Snyder metodunun Türkiye şartları için uygun olduğunu belirtmiştir.

Benson (1970), oldukça geniş tutulmuş dört ayrı araştırma bölgesinde, çoklu regrasyon yöntemini kullanarak akış karakteristikleri ile drenaj alanı karakteristikleri arasındaki bağlantıyı incelemiştir. Bu araştırma göstermiştir ki havza karakteristikleri (drenaj alanının büyüklüğü ve yıllık ortalama yağış ele alınmıştır) ile akış karakteristikleri arasında kuvvetli bağıntılar bulunmaktadır. Bu tip bağıntılarda kar, orman alanı , yüzeysel depolama ve buna benzer değişkenler yararlı indeksler olarak bulunmuş, fakat faydalılıklarının da bölgeden bölgeye değiştikleri tesbit edilmiştir.

Yağışların şiddetsüre bağıntıları ve havzanın fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişen taşkınların bütün ayrıntıları ile tanınması, tekerrür ve büyüklük-

lerinin belirlenmesi, bunların neden olacağı zararların önlenmesi, çeşitli mühendislik sanat yapılarının ekonomik boyutlandırılması açısından önemlidir (Dinçer, 1959; Soykan, 1967; Yurtsever, 1970).

Her taşkın bir maksimum değeri vardır. Bu değer taşkını doğuran nedenlerin, havzanın topoğrafyasının ve jeolojisinin bir fonksiyonudur. Bu fonksiyonu içeren faktörlerin bir kısmı sabit, bir kısmı da değişken olduğundan taşkın piki sonsuz zaman boyutu içinde herhangi maksimum bir değeri alabilir. Dolayısıyla, sadece belirli faktörlerin kullanılması suretiyle taşkın pikleri üzerinde bir çözümleme yapmak arzu edilen sonuçları vermeyebilir. Nitekim taşkın piklerinin çözümlenmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiş yüzlerce deneysel formüller ancak belirli kabul sınırları içinde yürürlükte olup, yaklaşık bir takım tahminlerden ileri gidememişlerdir. Ancak, o havzaya ait elde hiçbir bilginin bulunmaması halinde kullanılabileceği belirtilmektedir (Einsenlohr, 1962; Özal, 1968).

Benson (1964), yapmış olduğu bir araştırmada Amerika'nın yağışlı bir bölgesinde taşkın pikleri ile hidrolojik karakteristikleri arasındaki bağıntıyı incelemiştir. Benson bu çalışmaların sonucunda taşkın pikleri ile hidrolojik karakteristikler arasında kuvvetli bir bağıntının bulunduğunu, pik değerleri topoğrafik ve iklimsel faktörlerin de geniş ölçüde etkilediğini ispatlamıştır.

Langbein (1974), akım karakteristikleri ile topoğrafik karakteristikler arasındaki bağıntıyı incelemiş ve bu iki ayrı özelliği temsil eden karakteristikler arasında doğrudan ve dolaylı bağıntıların bulunduğunu, özellikle topoğrafik faktörlerle azami taşkın debileri arasında çok kuvvetli bir bağıntının olduğunu belirtmiştir.

Oakes (1958), Türkiye toprakları üzerinde 1950-1952 yıllarında yaptığı etütler sonunda, arazinin % 83'ünde çok hafiften çok şiddetliye kadar değişen yüzeysel erozyonun bulunduğunu, toplam arazinin % 87,5'inde toprağın aşınmış ve kalınlığının 18 cm'nin altına düşmüş olduğunu bildirmiştir.

Ülkemizde taşınan toprak miktarı diğer ülkelerle karşılaştırılırsa, Türkiye dünyada en fazla aşınmaya uğrayan ve aşırı derecede materyal veren ülkelerin başında gelmektedir. Türkiye'de birim alandan ortalama taşınan materyal miktarı Kuzey Amerika'dan 6 kat, Avrupa'dan 17 kat, Afrika'dan ise 22 kat fazladır. Ayrıca, Türkiye arazisinden bir yılda taşınan materyal miktarı,

tüm Avrupa kıtasından bir yılda taşınandan daha çoktur (Holeman, 1968; Atalay, 1973).

Aydemir (1967), Orman tahribatının, yüzey akış ve sediment taşınması üzerine etkileri hakkında Kızılcahamam'a bağlı Çamkoru araştırma ormanı içerisinde yapmış olduğu denemelerde % 38 eğimli aynı karekterde 3 adet parsel kullanılmıştır. Bir numaralı parselde orman, enkaz, dal ve humus örtüsü tamamen kaldırılmıştır. İki numaralı parselde yalnız orman örtüsü kaldırılmış. Üç numaralı parselde orman ve toprak örtüsü doğal durumda korunmuştur. 1956' dan 1966' ya kadar devam eden deneme süresinde yüzey akışa geçen su miktarı 1 numaralı parselde en fazla, 2 numaralı parselde fazla, 3 numaralı parselde en az bulunmuştur. Sediment taşınımı, 1.parselde 2.parsel göre % 92-100 ve 3. parselde göre % 100' den daha fazla olmuştur. Orman ve toprak örtüsünün kaldırılması sonucu çıplak kalan alanda önceleri yüzey erozyon ve bunu izleyen oyuntu erozyonu meydana gelmiştir. Arazi otlatmaya karşı korunup üst toprak gevşetilmediğinden, gelen bitki örtüsü ve çam sürgünleri koruyucu görevini 2-3 yıl yapmaya başlamış, dolayısıyla sediment taşınımı durmuş ve oyuntular tamamen gerileyerek beşinci yıldan itibaren de artık görülmemiştir.

Bryan (1969), podzolik toprakların kahverengi topraklardan, orman topraklarının çayır topraklarından, kum taşından oluşan toprakların kireç taşından oluşan topraklardan ve B horizonu topraklarının A horizonu topraklarından daha çok erozyona eğilimli olduğunu belirtmektedir.

Musgrave (1955), tarafından A.B.D.' de % 10 eğimli 22 m uzunluğundaki deneme parsellerinde bitki örtüsünün sediment verimine etkisi üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda en önemli faktörün, bitki örtüsünün karakteri ile kapallığı, diğer faktörlerin ise; yağış miktarı, arazi eğimi ve toprağın yapısı olduğu kaydedilmiştir. Bu sonuncu faktörlerin değişmediği kabul edilirse, tarımda kullanılan arazilerde meydana gelen erozyon, mer' a yahut orman arazilerine göre % 100 daha fazladır.

Bouyoucos (1935), toprakların erozyona uğrama eğilimlerini oransal olarak belirtmek üzere kum ve silt miktarları toplamının kil miktarına oranını esas almış ve bu değerler küçükse, toprağın erozyona dayanıklı, yüksekse erozyona yatkın olduğunu ifade etmiştir.

Çelebi (1971), toprağın erozyona uğrama eğiliminin belirlenmesinde agregat stabilitesi ile organik madde arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğunu, kirecin ise stabilite üzerinde organik madde ile birlikte etkili olabileceğini kaydetmektedir.

Doğal vejetasyondan yoksun çıplak yamaçlarda daha derin şekilde oluşan oyuntular sonuçta sel derelerine dönüşmekte, yeni su toplama yolları meydana getirmektedir. Genel olarak sel derelerinde yataklar dar, fazla eğimli (V) şeklinde olduğundan bu yataklarda yüksek taşıma güçleri doğmakta ve boğaz kısmından mansap ucuna kadar önemli bir sedimentasyon görülmekte ve hatta yatakta oyulmalara raslanmaktadır. Bu tip yan derelerde oyulmalardan oluşan sediment deniz, göl ve su depolama yapılarına kadar taşınabilmektedir (Üçüncü, 1975).

Sedimentasyonun direkt etkisi sadece tarla ziraati yapılan alanları verimsizleştirmekten ibaret olmayıp, aynı zamanda rezervuarların dolmasında neden olarak bunların hizmet sürelerini kısaltmaktadır. Yapılan etütlerden anlaşıldığına göre, Çubuk barajının başlangıçtaki hacminin $13.5.10^6 \text{ m}^3$ olduğu 1935-1953 yılları arasında 4.10^6 m^3 sedimentin taşınmış olduğu tesbit edilmiştir (Uslu, 1971 ; Çelebi, 1971). Buna göre, her yıl baraj gölü hacminin 220.10^3 m^3 azaldığı ve 18 yılda yaklaşık olarak gölün $1/3'$ ünün dolmuş olduğu anlaşılmaktadır. Halen baraj gölünün $2/3'$ ünden fazlası sedimentle dolmuş olduğundan Çubuk-II barajı yapılmıştır. Bu nedenle su kaynaklarının kullanılması için gerekli her türlü depolama tesislerinin projelendirilmesinde birikecek sediment miktarının dikkate alınması gerekmektedir.

Swanson ve Dedrick (1967), erozyonla taşınan toprağın 50 mikrondan küçük parçacıklar bakımından daha zengin olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca yağışlı bölgelerde genel olarak yıllık sedimentin % 90' ı ile 100' ünün yüzey erozyonundan, kurak ve yarı kurak bölgelerde ise yıllık sedimentin büyük bir kısmının akarsu erozyonundan meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Yamanlar (1957), Hirfanlı Barajının siltasyondan korunması bakımından, Yukarı Kızılırmak havzasında yapmış olduğu toprak etütleri sonucunda, sedimentlerin esas kaynağının önce yüzey erozyonu ve sonra da oyuntu erozyonu olduğunu belirtmiştir.

Sediment, erozyonun en belirgin sonuçlarından biridir. Yüzey akışlar ile orijinal yerlerinden aşınan üst ve alt toprak materyalleri eğime bağlı olarak

aşağılara doğru sürüklenerek sedimenti meydana getirirler. Hacim olarak büyük bir kirletici olan sedimentin kaynakları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Kılınc, 1976):

- 1) Yağış havzasının yüzeyinden sıçrama, oluk, oyuntu ve yüzey erozyonuyla gelen toprak parçaları,
- 2) Oyuntuların duvarlarının çökmesi ile oluşan erozyon maddeleri,
- 3) Akarsuyun yatak ve kıyı şevlerinin aşınıp, taşınması ile gelen parçalar,
- 4) Yol ve diğer alt yapı inşaatı sırasında oluşan erozyon.

Sedimentin asıl kaynağını oluşturan erozyon konusunda ülkemizde yapılan en son etütlere göre, halen işlenmekte olan ve genişliği 25 milyon hektarı bulan tarım arazisinin 8 milyon hektarında çok şiddetli (üst toprağın tamamı, alt toprağın da bir kısmı taşınmış ve yer yer ana kaya meydana çıkmış), 4 milyon hektarında şiddetli (üst toprağın % 50-100' ü taşınmış), 6 milyon hektarında orta şiddetli (üst toprağın % 25-50' si taşınmış), 7 milyon hektarında da hiç yada çok az (toprak taşınması yok veya üst toprağın % 0-25' i taşınmış) erozyon bulunduğu belirtilmektedir (Soykam, 1967 ; Üner, 1969).

Doğal şartlar altında bitki ve kayalardan fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerle meydana gelen toprakların oluşum hızının, taşınım hızına eşit olması veya fazla olması anlamına gelen jeolojik erozyon (normal erozyon) ile toprak oluşumunda olumsuz bir rol oynayan hızlandırılmış erozyon arasındaki dengeyi bilmenin yararlı olacağı belirtilmiştir. Ayrıca toprağın erozyona uğrama eğilimi ile sediment ilişkileri ortaya konmuştur (Doğan, 1972).

Olson ve Wischmeier (1963), orta tekstürlü toprakların erozyona uğrama eğiliminin genellikle silt yüzdesi arttıkça yükseldiğini göstermişlerdir.

Yapılan çalışmalar, erozyon tipi ile sedimentin tane çapı arasında da yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir. Genellikle yüzey erozyonu ince taneli sediment oluşumuna neden olmaktadır. Ellison (1946), Ohio' da, siltli tınlı bir toprakta küçük kanalcıklarda akan suyun uzaklaştırdığı sedimentin % 95' inin 0.05 mm' den orijinal topraktaki tanelerin ise sadece % 71' inin 0.54 mm' den daha küçük çaplı olduğunu bulmuştur. Aynı araştırmacıya göre, sedimentler başlıca kuvars, feldispatlar, mika ve kil minerallerinden oluşmaktadır.

Einstein (1969), Türkiye' de sedimentasyonun sorunları üzerine yaptığı bir etütle ilgili olarak vermiş olduğu raporda, toprak koruma çalışmalarının tama-

men hükümet tarafından ve çoğunlukla hükümetin kontrolündeki arazilerde yapıldığına değinmektedir. Araştırmacı, çiftçilerin kendi arazilerinde bu yönden gerekli önlemlerin uygulanması konusunda fazla bir çaba sarfetmediklerini, incelenen rezervuarlarda tahmin edilen miktarlardan daha fazla sedimantasyonun gözlemlerle anlaşıldığını belirtmektedir.

Sedimentin taşınımını etkileyen jeolojik, topoğrafik ve klimatolojik faktörlerin çok fazla ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerinin karmaşık oluşu nedeniyle her hangi bir akarsuyun taşıdığı sediment miktarının analitik olarak hesaplanabilmesi oldukça zordur. Bu amaçla geliştirilmiş bir çok farklı tahmin yöntemleri bulunmakla birlikte, mümkün olduğu kadar uzun süreli ölçüm sonuçlarından yararlanılması daha güvenilir bir yoldur (Miller, 1951).

Sedimente bağlı en önemli sorunlardan birisi de tarımsal yönden kirlenmedir. Fakat esas sorun bitki besin elementlerinin taşınması ile toprakta verimliliğin azalmasıdır (Hudson, Owen ve Robinson, 1971).

Sediment hareketi ve bununla ilgili konular üzerinde çalışan araştırmacılar, sedimentin üç durumda hareket ettiğini tesbit etmişlerdir.

- 1) Süspansiyon durumunda (askıda) hareket,
- 2) Sıçramak suretiyle (saltasyonla) hareket,
- 3) Tabanın en üst tabakasında yuvarlanarak veya kayarak (yatak yükü) şeklinde hareket. Hareket çeşitlerinin aralarındaki sınırları kesinlikle çizip birbirinden ayırma olanağının bulunmadığı belirtilmektedir. Nitekim kısa sıçramalarla hareket eden bir tanenin zemin üzerinde yuvarlanarak veya sürüklenerek hareket eden bir taneden ayrılması çok güçtür (Seler, 1958; Chow, 1959; Yücel, 1976).

Sediment hareketinin fazla olduğu dik yamaçlı akarsularda süspanse sedimentin boyut itibariyle üst sınırı 1mm kabul edilebilir. Az arızalı bölgelerde oluşan ve allüviyal alanlardan geçen akarsulardaki askı maddesinin % 85' inin 0,2 mm' den daha küçük boyutta olabileceği söylenebilir (Seler, 1958).

Wallis (1965), California' daki 23 yağış havzası üzerindeki çalışmalarına dayanarak, hesaplanan sediment miktarındaki artışların havzalardaki mevcut arazi kullanma durumuna göre, şu şekilde olduğunu belirtmiştir:

- 1) Havzadaki dik arazilerin % 14,8' inin ağaçlık, orman veya çalılık arazi-den çayır arazisine çevrilmesi, oluşacak sediment miktarını 4,7 kat artırmıştır.

2) Havza alanlarının % 5,3' ünde, geçen 10 yıl içerisinde meydana gelen yangınlar nedeniyle sediment miktarı 2,3 kat artmıştır,

3) Alanın % 1,4' ünde kötü ağaç kesimi nedeniyle sediment % 26 oranında artmıştır,

4) Havzanın % 0,6' sının düşük sıtandardlı yollarla çevrilmesi sedimenti % 24 artırmıştır.

Böylece insanın katkısıyla oluşan bu dört faktöre göre, sedimentteki maksimum artış 17 kat olmuştur.

Einstein (1950), bir akarsuda taşınan toplam sediment miktarını akarsuyun miktarına göre formüle etmiştir (Güresinli,1987). Araştırmacı gelen sediment miktarının yağmurun şiddetine, devamlılığına toprak şartlarına ve arazi örtüsüne göre değiştiğini ispatamıştır. Ayrıca sağnak merkezi drenaj alanının ağırlık merkezine rastladığında ve sağnak akış yönünde ilerlediğinde fazla miktarda sediment gelebileceğini belirtmiştir.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yıllık yağış miktarının az olmasına karşın sağnak fırtınaları daha şiddetlidir. Beş dakikalık bir sürede 64 mm veya 15 dakikalık bir sürede 89 mm düşen yağışların, çok fazla erozyon meydana getirdiği kabul edilebilir. Bu şartlar altında topraklar, suyu, düştüğü oranda absorbe edememekte ve bu yüzden suyun büyük bir kısmı yüzey akışa geçerek fazla tahribata neden olmaktadır (Ergene, 1972).

Yüzey akış, toprak taşınımları ve yağış yoğunlukları arasındaki ilişkileri belirleyen formülleri inceleyen Ekern (1954), aşınmaya yatkınlığı, arazi eğimi ve yağış yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak vermiştir. Amerika' da Mississippi' de yağın 534 mm' lik bir yağışın çıplak sahalarda 432 mm' si akışa geçmiş olup, beher hektardan 18,5 ton sediment taşındığı halde, kenardaki ormanlık alandan ancak 2,5 mm akışa geçmiş ve hiç bir sediment taşınması olmamıştır.

2.2.Toprak Muhafazası ve Sedimentasyonun Kontrolü ile İlgili Çalışmalar

Erozyona maruz kalan tarım arazilerinde şeritvari ekim, rotasyon, tesviye eğrilerine paralel sürüm ve ekim gibi koruyucu tarım yöntemleri ve bunların kombinasyonları ile çeşitli tipte teraslamalar ve banketler kullanılabilir. Yüzey erozyonuna maruz ve bitki örtüsünü kısmen veya tamamen kaybetmiş orman alanlarının teraslanarak ağaçlandırılması gerekir, ayrıca üst

toprağı hareketli olan dik yamaçların da örme çitlerle stabilizasyonunun sağlanabilir. Erozyon görülen mer' a arazilerinde ise ıslah hendekleri, tesviye karık ve tekneleri, örme çitler gibi fiziki önlemler yanında otlandırma gibi kültürel önlemler ve kontrollü otlatma gibi idari önlemlerin uygulanması gerekir (DSI, 1990).

İyi bir toprak ve su muhafazası sağlayabilmek için araziyi kabiliyetlerine, toprağın kapasitesine, su miktarına ve topoğrafik yapıya tabi olarak kullanmak lazımdır. Ayrıca, erozyona karşı bilinen en iyi metodlar ; çayır, çayır ve baklağil karışımı yetiştirmek veya vejetatif örtü ile mühendislik tesislerinin kombinasyonlarını kullanmaktır. Tesviye eğrilerine paralel ziraat, örtü bitkileri ve bitki münavebesi, tesviye eğrilerine paralel şerit ekimi, erozyona karşı başarıyla kullanılmaktadır (Akalan, 1974).

Erozyon kontrolünde uygulanan mühendislik işlemlerinin en önemli gayesi, meyil özelliklerini değiştirerek yüzey akış miktar ve hızını azaltmaktır. Örneğin, meylin uzunluğu, meyile dik olarak inşa edilen teras aralıklarının tanzimi ile kontrol edilebilir. Meyil derecesinin, yüzey akış sularının birikmesine etkisi de aynı şekilde teraslama ile kontrol edilebilir (Akalan, 1973).

Delibaş (1989), erozyonla ilgili yapmış olduğu gözlem çalışmasında, baklagiller familyasından geven bitkisinin (*Astragalus gummifer*) erozyona karşı ideal bir bitki olduğunu, sarp ve kayalık yamaçlarda bile toprak yüzeyini bir zırh gibi örtterek aşınmasını önlediğini, kapladığı alanlarda erozyonu 4-5 yıl içinde tamamen kontrol altına aldığını ve her geven bitkisinin arkasında kapladığı alanın 2-3 katı kadar toprağı tutabildiğini gözlemlemiştir.

Özellikle çürük yamaçların sağlamlaştırılmasına özen verilmeli ve sediment depolama yapıları inşa edilmelidir. Ancak sediment depolamak üzere çeşitli tesisler yapılması devamlı bir çözüm değildir. Çünkü depolama hacmi sedimentle dolduktan sonra kuşkusuz sorun yine ortaya çıkacaktır. Yukarı havzada erozyonu kontrol etmek suretiyle sediment hareketinin ve taşkınların önlenmesi sorunun ortadan kaldırılması yönünden en etkin yoldur (Norcross, 1956; Yamanlar, 1957).

Özal (1968), en mühim taşkın zararlarını şu şekilde sıralamaktadır:

1) Akarsu havzasındaki ve akarsu yatağındaki erozyon,

2) Fazla gelen suyun akarsuyun normal yatağından dışarı çıkarak civar arazide mal ve can emniyetini tehdit etmesi,

3) Akarsuyun taşımış olduğu çökelti maddelerinin taşıma gücünün düştüğü bölgelerde çökmesi ve dolayısıyla bir sedimentasyona yol açması.

Yan derelerde taban eğiminin azaltılması maksadıyla dere içinde ekseni-ne dik olarak inşa edilebilecek başlıca enine yapılar;

- 1) Canlı eşikler (ağaç ve çalı türleri),
- 2) Taş ve beton eşikler,
- 3) İslah sekileri,
- 4) Tersip sekileridir.

Sediment taşınımı ve tarımsal kirlenme sorunlarını devamlı bir şekilde çözümlmek için erozyon sürecini etkileyen parametreleri ve bunlara ilişkin davranışları ayrıntılı ve kontrollü şekilde incelemek gerekir. Havzada her türlü erozyon bir arada görülebilir. Genellikle, zamanında uygulanırsa, yüzey ve oluk erozyonu için önlemler oldukça basit olmasına karşın, bu önlemler zamanında uygulanmazsa oyuntu ve akarsu erozyonunun ıslahında çeşitli kültürel, teknik ve idari önlemlerin alınması zorunlu olmaktadır (Doğan, 1972; Güresinli, 1987).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Coğrafik Konum

Harşit çayı su toplama havzası Doğu Karadeniz bölgesinde $40^{\circ}15'$ - $41^{\circ}01'$ kuzey enlemleri ile $38^{\circ}39'$ - $39^{\circ}57'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Kuzeyden Karadeniz, kuzey doğudan Zıgana dağı, Kostan dağı, Yağmurdere, doğudan Vavuk dağı, güneyden Köse dağı, Gavur dağı ve Tersun dağı ile çevrilidir. Araştırma sahası 258900 ha olup havzanın büyük bir kısmını kapsamaktadır.

3.1.2. Genel Jeolojik Durum

Havzanın genel jeolojik özelliklerinin belirlenmesinde Harşit çayı üzerinde kurulmakta olan Kürtün Barajı Planlama Raporun' dan faydalanılmıştır (DSİ, 1976).

Araştırma alanında genel olarak jura-kretase yaşlı kireç taşları, kretase yaşlı volkanik seri, üst kretase yaşlı flişler, senozoik yaşlı volkanik seri ve senozoik yaşlı çökel kayalar yer almaktadır.

Jura-kretase kireçtaşı, araştırma alanının güney doğusunda yer alır. Gri-boz renkte, kalın tabakalanmalı, kırıklı ve tabakalanma boyunca erime boşlukludur.

Üst kretase volkanik serisi, Harşit vadisinin her iki yakasında yer almakta olup, Doğu Karadeniz bölgesinin tipik volkanitlerini içermektedir. Genellikle spilitik lav, aglomera, volkanik breş ve tüften oluşmaktadır. Oldukça kalın bir istiflenme gösterir. Deniz altı volkanizma ürünlerine özgü karmaşık, düşey ve yanal geçiş gösterirler. Bazı kesimlerde tüfler arasında kireçtaşları tabakaları görülür. Volkanitler genellikle koyu-gri yeşilimsi renkte, sert sıkı ve dayanımlıdır.

Üst kretase flişi, araştırma alanında Torul ilçesi civarında görülür. Tabakalı kireçtaşı, kiltası, volkanik breş ve tüften oluşmaktadır. İnce ve orta kalınlıkta tabakalanmalı, kırılmalı fakat sert ve dayanımlıdır.

Üst kretase kireçtaşı, araştırma alanında volkanitler üzerinde ve içerisinde

merceksel olarak gömülü veya yarı gömülü durumda bulunur. Gri-boz renkli, ince kalsit damarlı ve kalın tabakalanmalıdır.

Senozoik volkanik seri, araştırma alanının güneyinde yer alır. Üst kretase flişleri üzerinde uyumsuz olarak gelir. Volkanik breş, tuf ve aglomeradan oluşur. Genellikle masif ve yer yer kalın tabakalanmalıdır. Oldukça sert, sıkı ve dayanımlıdır.

Senozoik çökel kayalar, araştırma alanında teras depoziti, traverten, yamaç molozu ve alüvyon ile simgelenirler. Teras depoziti, harşit çayının her iki yakasında vadi tabanından 20 m kadar yükseklikte izlenir. Çimentolanmamış bloklu çakıl-kum niteliğindedir. Traverten, Harşit vadisi boyunca görülür. Kalınlıkları 5-6 m' ye ulaşır ve oluşumları sürmektedir. Yamaç molozu, genellikle çimentolanmamış, kolay kazılabilir, çakıllı kil niteliğindedir. Kalınlıkları 4-5 m kadardır. Alüvyon ise vadiye bloklu kumlu çakıl özelliğindedir. Alüvyon kalınlığı talvegden üst kotlara doğru çıkıldıkça azalmaktadır.

Araştırma alanının yapısal jeolojisi ise Doğu Karadeniz bölgesinin tipik tektonik özelliklerini taşır. Bölgede en yaygın olan üst kretase yaşlı volkanik kayalar, denizaltı volkanizması ürünü oluşumlara aittir. Bu deniz altı oluşumları Alpin orojenezinin etkisi ile karalar haline gelirken kırılma ve kıvrımlar olmuştur. Fay, eklem ve çatlaklar çoktur. Faylarda eğimler dik ve dike yakındır. Faylar boyunca breşleşme, ezilme, killeşme, silisleşme gibi tipik özellikler görülmektedir.

3.1.3. Topoğrafya

Havzanın topoğrafik yapısı incelenirken arazi ve büro çalışmalarında 1: 25000 ölçekli Harşit çayı havzasına ait (G42-c1, c2, c3, c4, d1, d2, d3, d4 ; H42 b1, b2 ; H43 - a1, a2, a3, a4, b1, b2) topoğrafik paftalar kullanılmıştır.

Yağış havzasının sınırı, Kürtün baraj çıkışından itibaren baraj gölüne gelebilecek tüm yüzey akışları toplayacak şekilde arazinin en yüksek noktalarını izleyen sırtlar ve tepelerden geçilerek belirlenmiştir. Havza topoğrafik yönden son derece arızalı ve dağlıktır. Havzanın bu özelliği toprak kaybında etkin olan karakteristiklerin başında gelmektedir. Havzanın sınırını oluşturan önemli forasyonlar, batıda Topuklu dağı , güneyde Hasan dağı, Gavur dağı, Tersun dağı,

Derindağ doğuda Karakaban dağı, Kostan dağı, Kolat dağları, Zigana dağı ve Kızılali dağı yer almaktadır.

Havza kuzey-batıya açık durumda olup, doğudan batıya uzunluğu 80 km, Kürtün baraj yerinden kuzey-güney doğrultusunda genişliği 55 km civarındadır. Havzanın en yüksek noktası ile en alçak noktası (Kürtün baraj yeri) arasındaki yükseklik farkı 2790 m' dir.

Su toplama havzasının ortalama yüksekliği ;

$$H_m = 0.435 \frac{H_o - H_p}{\log H_o - \log H_p} \quad (3.1)$$

formülüne göre hesaplanmıştır (Ağırallıoğlu ve Erkek, 1991).

Bu eşitlikte;

H_m = ortalama havza yüksekliği (m),

H_o = havzanın en yüksek noktasının rakımı (m),

H_p = havzanın en alçak noktasının rakımı (m)dir.

Buna göre havzanın ortalama yüksekliği 1536 m olarak bulunmuştur.

Sözkonusu havzada yer alan büyük yerleşim birimleri Gümüşhane merkez, Torul ve Kürtün ilçeleridir. Bu yerleşim birimlerinin yüzölçümleri ve topoğrafik durumları ayrıntılı olarak Tablo 3.1' de gösterilmiştir (Köy Hizmetleri, 1992).

Tablo 3.1. Havzada Yer Alan Yerleşim Birimlerinin Topoğrafik Durumu

İlçesi	Yüzölçümü Hektar	Topoğrafik Durum							
		Dağlık		Yayla		Ova		Dalgalı	
		Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%	Hektar	%
Gümüşhane Merkez	180985	153069	84.5	2372	1.3	702	0.4	24841	14
Torul ve Kürtün	184127	184127	95.6	-	-	-	-	8114	4.4

3.1.4. Mecra Karakteristikleri

Cimli, Karakaban ve Kostan dağlarından doğan Harşit çayı Erzurum Trabzon kara yolu boyunca kuzey batı yönünde Gümüşhane kentine doğru akar.

Gümüşhane'ye kadar güneyden gelen Tezene kolunu alır. Gümüşhane' den sonra Torul ilçesine kadar sağ sahilden Korum, sol sahilden en büyük kolu olan Ikisu (Kodil) dereleri ile birleşir.

Harşit çayı Torul ilçesinden sonra Doğu Karadenizin yamaçları dik ve eğimi yüksek vadi özelliklerini oluşturarak akar. Kürtün ilçesine gelmeden suyu en bol olan Kürtün (Manastır) kolunu alır.

Drenaj yüzeyi gittikçe daralan harşit çayı Doğankent ilçesinde Kavraz kolu ile birleştikten sonra Tirebolu ilçesinin doğusundan denize dökülür.

Harşit çayı havzası boyunca yamaç eğimleri membadan mansaba doğru gidildikçe artmaktadır. Havzanın genellikle dağlık ve doğal bitki örtüsünün çok zayıf olması Harşit çayının fazla miktarda rüsubat taşımaya neden olmaktadır. Toprakların sıg olması, yağın yağışın büyük bir kısmının yüzey akışına geçmesi bu olguyu hızlandırmaktadır. Su ile taşınan rüsubat eğimin düştüğü ve vadi genişliğinin arttığı yerlerde birikerek büyük rüsubat birikintilerini oluşturmaktadır. Bunun en iyi örneği Harşit çayı ile Ikisu deresinin birleştiği noktada görülmektedir. Akarsu yatağında biriken rüsubat taşkınlarına sebep olmakta, bu durumda çayın iki yakasında bulunan bağ ve bahçelerin sular altında kalmasına veya rüsubatla dolmasına neden olmaktadır.

Harşit çayının, Kürtün baraj yerinden itibaren ana mecra uzunluğunun %10' una ve %85' ine tekabül eden noktalardaki kotları tesbit edilmiş(Benson, 1970) ve bunların farkı bu iki nokta arasındaki uzunluğa bölünerek ortalama eğim (S) %1,3 olarak bulunmuştur.

Harşit çayı havzası ve bu çayı besleyen yan derelerin haritası Ek-I' de verilmiştir. Ayrıca ana mecra ve yan derelerin ortalama eğim ve mecra uzunlukları havzaya ait 1: 25000' lik topoğrafik haritalardan yararlanılarak tesbit edilmiş ve Tablo 3.2' de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Harşit Çayı ve Yan Kollarının Mecra Uzunlukları ile Ortalama Meyilleri

Akarsuyun adı	Mecra uzunluğu (m)	Ortalama meyil (%)
Harşit Çayı	90 000	1,3
Arzular Deresi	30 000	8
Tezene Deresi	20 000	10
Mavrangel Deresi	10 000	6
Korum Deresi	8 000	15
İkisu(kodil) Deresi	20 000	3
Çit Deresi	8 000	8
Süme Deresi	7 000	20

3.1.5. İklim

Eriñç(1957)'in, yıllık ortalama yağış ve yıllık ortalama yüksek sıcaklık değerlerinden yararlanarak geliştirmiş olduğu " Yağış Şiddeti Indisi " formülüne göre iklim ve vejetasyon tipleri Tablo 3.3' de verilmiştir. Havza ile ilgili meteorolojik karakteristiklerin belirlenmesinde Gümüşhane ili meteoroloji istasyonundan sağlanan verilerden yararlanılmış ve bu veriler Tablo 3.4'te verilmiştir(D.M.I.G. Müdürlüğü,1984).

Tablo 3.3. Yağış Şiddeti Indisine Göre İklim ve Bitki Örtüsü Tipleri

İndis	İklim tipi	Vejetasyon tipi
I 8	Tam kurak	Çöl
8 I 15	Kurak	Çölümsü step
15 I 23	Yarı kurak	Step
23 I 40	Yarı nemli	Kurak muntaka ormanı
40 I 55	Nemli	Nemli orman
I 55	Çok nemli	Çok nemli orman

Eriñç(1957)'e göre yağış şiddeti indisi şu eşitlikle hesaplanmaktadır :

$$I_m = \frac{P}{T_{\text{ort}}} \quad (3.2)$$

Tablo 3.3. Gümüşhane İli Harşit Çayı Havzasına Ait Bazı Meteorolojik Ortalama ve Ekstrem Değerler

Meteorolojik elemanlar	AYLAR												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama sıcaklık(C°)	-0,4	0,0	4,2	9,5	14,5	17,2	19,8	20,0	16,3	10,7	6,4	1,7	10,0
Ortalama yük.sıc.(C°)	3,9	5,4	9,9	16,7	21,8	25,1	27,8	28,2	24,7	18,6	12,0	5,1	16,5
En yük. sıcaklık(C°)	11,5	16,8	19,7	29	32	35,5	39,5	38,3	34,6	29,3	21,8	14,4	39,5
En düş. sıcaklık(C°)	-17,4	-19,0	-13,5	-8,9	0,5	2,2	6,9	7,4	0,6	-4,2	-13,6	-16,0	-19,0
Gün. en yük. sıc.farkı	16,4	18,9	20,8	21,8	21,6	24	24,6	26	24,7	23,4	17,1	14,2	26
Ort. nisbi nem (%)	68	66	63	60	60	57	58	57	59	64	66	70	62
Ortalama yağış(mm)	33,3	28,5	39,2	54,1	72,1	43,5	13,0	12,4	23,5	39,9	41,5	33	434,3
Yağış >10mm olan gün say.	0,6	0,6	0,9	1,4	2,3	1,1	0,2	0,3	0,6	1,0	1,2	0,8	11,0
Günlük max. yağış(mm)	24,3	23,0	49,5	38,0	54,8	27,9	18,8	48,9	59,8	32,1	37,4	44,5	459,0
Gün.en yük.kar ört.kal.(cm)	80	60	56	15	-	-	-	-	3	10	35	68	80
En düş.toprak sıc.(5cm için)	-15,5	-13,5	-0,6	-1,2	2,7	7,0	13,0	10,7	4,5	-0,5	-6,0	-13,2	-15,5
En düş.top.sıc.(100cm için)	2,0	1,7	1,6	5,0	8,6	12,7	15,8	18,6	16,1	11,2	7,6	3,7	1,6

Bu eşitlikte;

I_m = yağış şiddeti indisi,

P = yıllık ortalama yağış (mm),

T_{om} = yıllık ortalama maksimum sıcaklık (C°)tır.

Harşit havzası için yıllık ortalama yağış 434,3 mm ve yıllık ortalama maksimum sıcaklık 16,5 °C' dir. Bu değerlerden yağış şiddeti indisi 26,3 olarak bulunmuştur. Bu değere göre havzanın iklim tipi " Yarı nemli ", vejetasyon tipi "Kurak muntaka ormanı " olarak belirlenmiştir. De Mortonne' nin önerdiği formüle göre de havzanın kuraklık indisi 10-20 arasına düşmekte olup iklim tipi "Kurak bölge iklimi" olarak belirlenmiştir(Yüksel, 1986). Bu da havza için belirlenen iklim tipini desteklemektedir. Ayrıca havzanın günlük ve mevsimlik sıcaklık farkları büyüktür. Yıllık ortalama nisbi nem ise maksimum % 62, minimum % 4' tür. Havzada yıllık Potansiyel Evapotranspirasyon (ETp) Thorntwaite yöntemi ile yapılan hesaplamalara göre 624 mm olarak bulunmuştur.

Havzada ilkbahar ile yaz aylarında havaların ısınmaya başlamasıyla oluşan sağnak halindeki konvektif yağışlar erozyon ve sediment taşınımı bakımından ayrı bir önem taşımaktadır(Ertuğrul, 1968).

3.1.6. Toprak

Havza toprakları Gümüşhane ili Toprak Kaynağı Envanter Haritası' ndan yararlanılarak aşağıya çıkarılmıştır(Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1992).

Havza toprakları oluşumları yönünden iki büyük gruba ayrılabilir ; 1) Yerinde oluşmuş topraklar, 2) Taşınarak oluşmuş allüviyal ve kollüviyal topraklardır.

1) Yerinde oluşmuş toprak gruplarının cinsi taşlı olup, şiddetli ve orta derecede erozyon teşkil eden topraklardır. Bu toprak grubunun; % 60' ı çok sığ olup derinliği 0-20 cm arasında değişmektedir. % 40' ı sığ olup derinliği 20-50 cm arasında değişmektedir.

% 60' ı sarp olup eğimi en az % 30 civarındadır. % 20' sinin eğimi çok dik olup % 20-30 arasındadır. % 20' si lithozolik topraklardan oluşmaktadır.

2) Taşınarak oluşmuş allüviyal ve kollüviyal topraklar, genellikle orta ve kaba bünyeli genç topraklardır. Bu topraklar su ihtiyaçları fazla, organik maddece çok fakir ve kolayca erozyona uğrayabilecek özelliktedir.

Bu toprak grubunun; % 40' ının derinliği en az 90 cm civarındadır. % 40' ı sığ olup, derinlikleri 20-50 cm arasında değişmektedir. % 20' si orta derinlikte olup, derinlikleri 50-90 cm arasında değişmektedir.

Taşınarak oluşmuş toprak gruplarının tümünün eğimi orta olup % 6-12 arasında değişmektedir.

Havzada yer alan ve oluşumları itibariyle genel özellikleri verilen büyük toprak gruplarının özellikleri ve bazı arazi tiplerinin karakterleri şöyledir;

Allüviyal topraklar, yüzey sularının tabanlarında veya tesir sahalarında akarsular tarafından taşınarak yığılmış bulunan genç sedimentler üzerinde yer alan; düz, düze yakın meyile sahip, C profilli, azonal genç topraklardır. İklim, drenaj ve kullanma tarzına göre organik madde miktarları geniş bir değişiklik gösterir. Bu topraklar üzerine sediment yolu ile bugün bile muhtelif kalınlıklarda yeni çok genç ilave katlarda gelebilir. Azonal topraklar olması nedeniyle özel bir iklim tipi ve vejetasyonu yoktur. Her iklim ve vejetasyona sahip olabilirler.

Kollüviyal topraklar, yüzey akımla veya yan derelerin kısa mesafelerden taşıyarak meylin azalmış olduğu yerlerde depo ettikleri materyallerin meydana getirdiği genç C profilli topraklardır. Toprak karakterleri daha ziyade civardaki yüksek arazi topraklarının karakterlerine benzemektedir. Yağışın şiddetine ve meylin derecesine göre muhtelif katlar ihtiva ederler. Bu katlar allüviyal topraklar gibi birbirine paralel olmayıp gayri mütecanistir. Dik yamaçların eteklerinde ve vadi boğazlarında bulunanlar daha ziyade az topraklı kaba taş ve molozları ihtiva ederler. Kollüviyal topraklar % 2' den fazla olmak şartı ile mutlak bir meyile sahiptirler. Ancak sulu tarım yapılan sahalarda tesviye yapılarak meyil % 2' den aşağı düşürüldüğünden düz düze yakın bir meyil görülebilir. Özel bir iklime ve vejetasyona sahip değildirler. Her iklimde bulunabilirler.

Kırmızı kahverengi topraklar, ısının daha fazla olduğu yerlerde teşekkül eder. Fazla ısı topraktaki demirin oksidasyonunu artırdığından rengi kırmızı olarak tezahür eder. Yağış, vejetasyon ve ana materyalde kahverengi toprakların aynı veya benzeridir.

Kahverengi topraklar A, B, C profilli zonal topraklardır. Erozyona uğrayan kısımlarda yalnız A ve C horizonu görülür. Profilde çok miktarda kalsiyum bulunmakta ve baz saturasyonu da yüksek olmaktadır. Tabii vejetasyon kısa ve orta boylu çayır otlardır. Bu toprakların ana materyali marn, kil ve kalkerdir.

Kalkersiz kahverengi topraklar, ABC profilli topraklardır. Üst toprak kahverengi veya açık kahverengide, B horizonu ise soluk kırmızımsı kahverengidedir. Tabii vejetasyonu ot ve ot-çalı karışığı olarak görülür. Ana materyali kalkerli kumlu kil ve kumlu kil taşlarıdır.

Yüksek dağ çayır toprakları, belirli bir profil yapısına sahip değildirler. Genellikle yüksek irtifalarda orman hududunun daha yukarlarında taşlı, kayalı sahalarda arasında muhtelif genişliklerde yer alır. Bu topraklar kalın ve sık bir çayır örtüsüne sahiptir. Genellikle fena drenaj ve soğuk iklim şartları altında kısmen gleyleşme ve kısmen de kalsifikasyon ameliyesi sonucu oluşmuş sıg ve taşlı topraklardır.

Orman toprakları A, B, C profiline sahiptirler. A horizonu iyi teşekkül etmiş gözenekli yapı arzeder. B horizonu zayıf teşekkül etmiş kahverengi veya koyu kahverengili yuvarlak köşeli blok yapıdadır. Tabii vejetasyonu orman ağaçlarıdır.

Kumlu, çakıllı, molozlu, ırmak taşkın yatakları, ırmakların taşkın yataklarındaki kumlu, çakıllı, molozlu materyalin bulunduğu sahalara kapsama alır. Bu sahalarda yağışların az olduğu yaz aylarında görülür. Yağışın fazla olduğu devrede ise ırmak yatağında devamlı akan su ince toprak materyalini devamlı yıkadığından toprak materyali bulunmaz. Vejetasyondan yoksundurlar, VIII. sınıf arazi karakteri arzederler.

Çıplak kaya ve molozlar, üzerinde toprak katı bulunmadığı herhangi bir toprak yapısına girmeyen ve bu sebeple arazi tipi olarak mütalaa edilen, parçalanmamış veya kısmen parçalanmış sert kaya ve taşlarla kaplı sahalardır. Bu kaya ve taşlar kalkerli ve kalkersiz, jipsli ve tuzlu olabildiği gibi volkanik, tortul ve metamorfik menşeyli de olabilir. Tarımda hiçbir işe yaramayan bu araziler arazi kullanma kabiliyeti yönünden VIII. sınıftır. Genellikle vejetasyondan yoksundurlar.

3.1.7. Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanma Şekli

Havzada insan müdahalesi olmadan önce orman vejetasyonunun hakim olduğu, arazinin genel görünümünden anlaşılmaktadır. Bilinçsiz ve düzensiz kesimler sonucunda orman varlığı büyük oranda azalmıştır. Ayrıca mer' aların aşırı ve bilinçsiz otlatılması nedeniyle tabii vejetasyon büyük zarar görmekte, bu süreç ise erozyon olayını hızlandırmaktadır.

Havzanın doğal vejetasyon ve kültür bitkileri bakımından bugünkü kullanma durumları ile arazi sınıflarının alanları ve toplam araziye oranları tesbit edilmiştir. Arazi kullanma kabiliyet sınıfları ve havzanın şimdiki arazi kullanma durumuna ilişkin veriler Tablo 3.5' de verilmiştir(Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1992).

Tablo 3.5. Havza Arazilerinin Şimdiki Kullanma Durumları ile Arazi Kullanma Kabiliyet sınıfları

Arazilerin Kullanım Şekli	Arazi Kullanma Kabiliyet Sınıfları						Genel top.
	II	III	IV	VI	VII	VIII	
Tarım arazileri (ha)	1762	179	4407	10853	10465	-	27666
Orman fundalık arazileri (ha)	-	-	112	1343	144899	-	146354
Çayır - Mer' a arazileri (ha)	-	63	293	125236	49753	-	175345
Meskun araziler (ha)	-	-	-	-	-	1094	1094
Diğer araziler (ha) (çıplak kayalık., ırmak yat.)	-	-	-	-	-	14653	14653
Kabiliyet sınıfları top. (ha)	1762	242	4812	137432	205117	15747	365112

Drenaj alanının orman vejetasyonunu meşe(% 30), sarıçam(% 30), kavak(% 10), kuşburnu, ahlata ve diğerleri(% 30) teşkil etmektedir. Erozyon için ideal bitki olan gevene havzanın hemen hemen her yerinde rastlamak mümkündür. Ayrıca havzada yer alan önemli bitki türleri Tablo 3.6' da verilmiş olup, bunlara ek olarak bazı önemli buğdaygil ve baklagil yem bitkileri de verilmiştir.

Tablo 3.6. Havzada Bulunan Önemli Ağaç, Ağaçcık ve Otsu Bitki Türleri (Kurhan, 1969)

Botanik isimleri	Türkçe isimleri	Botanik isimleri	Türkçe isimleri
<i>Pinus silvestris</i>	Sarı çam	<i>Rosa canina</i>	Kuşburnu
<i>Juniperus nana</i>	Bodur ardıç	<i>Corylus avellana</i>	Fındık
<i>Quercus phellas</i>	Bodur meşe	<i>Astragalus angustif.</i>	Dikenli kör geven
<i>Populus nigra</i>	Kara kavak	<i>Astragalus vulneraria</i>	Top geven
<i>Populus orientalis</i>	Şark kavağı	<i>Astragalus gummifer</i>	At geveni
<i>Carpinus fragilis</i>	Adi gürgen	<i>Erynglum compestr</i>	Boğa dikeni
<i>Salix fragilis</i>	Gevrek söğüt	<i>Euphorbia spp</i>	Sütlegen
<i>Salix alba</i>	Ak söğüt	<i>Onobrychis spp</i>	Yabani korunga
<i>Eleagnus spp</i>	İğde	<i>Agropyrum spp</i>	Ayrık
<i>Hippophae rhamn.</i>	Yabani iğde	<i>Bromus spp</i>	Bromus
<i>Crataegus orientalis</i>	Alıç	<i>Avena fatua</i>	Yabani yulaf
<i>Crataegus monogyra</i>	Geyik dikeni	<i>Medicago disciform.</i>	Yabani yonca
<i>Pinus elaegrifolia</i>	Ahlat		

3.1.8. Erozyon Durumu

Drenaj alanı genel özellikleri itibariyle gerek topoğrafyası, gerek jeolojik yapısı ve gerekse bitki örtüsü bakımından erozyona son derece müsaittir. Havzada zaten hızlı jeolojik erozyona paralel olarak yüzeysel erozyon, insan müdahalesi ile daha çok artmış ve bugün havzada kapladığı alan 365.112 hektara ulaşmıştır.

Havzanın yüzey erozyonu durumu, şiddetlerine göre kapladığı alanlar , havza ile ilgili 1: 25000' lik topoğrafik haritalardan ve Gümüşhane ili toprak kaynağı envanterinden yararlanılarak aşağıya çıkarılmıştır(Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1992).

Tablo 3.7. Drenaj Alanında Şiddetlerine Göre Erozyon Sahalarının Dağılımı

İlçe adı	Zayıf croz. saha (ha)	Ort.Şid. croz.sa. (ha)	Şid. croz. saha (ha)	Çok şid. croz.sa.(ha)	Erozyonsuz saha(ha)	Genel top.(ha)
Gümüşhane	1508	67504	90543	18052	3378	180985
Torul	163	23238	23238	3537	10502	97200
Kürtün	-	38981	38981	1968	1873	86927
Toplam	1671	129723	129723	23557	15753	365112

3.2. Yöntem

3.2.1. Hidrometrik Ölçümler

Drenaj havzasında akım, seviye ve sediment arasındaki ilişkilerin araştırılmasında ve sediment hesabı çalışmalarında EİE ile DSİ kuruluşlarından sağlanan verilerden yararlanılmıştır.

EİE' nin 2201 nolu ölçüm istasyonu Gümüşhane' nin Kürtün ilçesinde bulunmaktadır. Bu istasyonda 21.11.1968 ve 10.08.1988 tarihleri arasında muhtelif zamanlarda EİE tarafından 217 ölçüm yapılmış ve ölçüm sonuçları Tablo 3.8' de verilmiştir. İstasyonun net drenaj alanı 2589.00 km² olup, takribi rakımı 550 m civarındadır. DSİ' ye bağlı 22-09 nolu istasyon ise Gümüşhane' nin Torul ilçesindedir. İstasyonun net drenaj alanı 1902 km² olup, rakımı yaklaşık 925 m'dir. Bu istasyonda DSİ tarafından yapılan ölçümler Tablo 3.9' da verilmiştir (DSİ; 1985, 1986, 1987). Her iki istasyonda da akım ölçümleri limnigrafı olarak yapılmaktadır. EK-II' de hidrometeorolojik haritada havzaya ait ölçüm istasyonları gösterilmiştir (DSİ, 1966-1988 ; EİE, 1968-1991).

Tablo 3.8. Harşit Çayı Havzasında EİE-2201 İstasyonunda Ölçülen Debi ve Sediment Değerleri

Tarih	Debi (m ³ /s)	Sediment (ton/gün)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Sediment (ton/gün)
21.11.1968	7.670	80.2	16.10.1973	7.100	102.5
25.12.1968	12.100	590.7	17.11.1973	26.800	3102.8
13.01.1969	5.610	100.4	20.01.1974	4.900	33.5
17.02.1969	10.500	172.4	07.02.1974	8.000	23.6
08.03.1969	15.700	294.4	26.03.1974	100.200	20310.0
10.04.1969	24.800	810.0	15.04.1974	47.700	2316.2
10.05.1969	86.300	10513.5	17.05.1974	69.000	1448.7
04.06.1969	46.690	645.5	16.06.1974	24.300	113.4
17.07.1969	8.650	116.6	24.07.1974	5.600	45.0
06.08.1969	5.740	88.8	19.08.1974	4.100	43.6
01.10.1969	4.340	116.3	15.09.1974	7.000	191.8
21.01.1970	4.800	9.6	16.10.1974	3.400	20.9
04.03.1970	6.600	24.0	19.11.1974	5.200	34.2
05.03.1970	17.000	298.2	14.12.1974	6.100	24.3
09.04.1970	56.600	2151.8	16.01.1975	6.600	41.1
06.05.1970	41.800	433.4	21.02.1975	10.700	342.1
05.07.1970	10.600	11.0	27.03.1975	53.600	5649.9
28.08.1970	4.100	62.0	12.04.1975	83.500	3289.8
13.09.1970	3.400	12.4	17.05.1975	61.600	883.5
18.10.1970	10.000	57.9	09.06.1975	30.500	1178.0

Tablo 3.8' in devamı

Tarih	Debi (m ³ /s)	Sediment (ton/gün)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Sediment (ton/gün)
09.11.1970	9.800	54.2	21.07.1975	6.900	547.9
11.12.1970	19.100	104.0	10.08.1975	5.300	14.2
15.01.1971	8.100	13.3	25.09.1975	4.800	121.1
05.02.1971	7.000	12.1	21.10.1975	4.900	311.6
07.03.1971	12.900	42.4	21.11.1975	4.600	20.3
10.04.1971	60.600	4015.9	09.01.1976	5.200	22.1
14.05.1971	64.700	1744.2	21.02.1976	8.500	122.0
02.06.1971	118.800	12522.5	24.03.1976	41.100	2688.2
17.07.1971	10.200	17.7	07.04.1976	74.300	6040.8
08.08.1971	11.700	1172.7	07.06.1976	54.700	619.2
12.09.1971	4.300	4.9	16.07.1976	16.500	162.6
11.10.1971	7.600	67.7	21.11.1976	4.700	15.1
15.11.1971	6.100	83.8	22.12.1976	5.900	25.5
17.12.1971	13.900	112.9	20.01.1977	5.800	3.6
11.01.1972	7.700	42.0	13.02.1977	17.000	77.9
19.02.1972	6.300	25.6	10.03.1977	10.700	72.2
13.03.1972	28.400	2552.0	06.04.1977	80.000	7741.5
09.04.1972	102.100	27611.1	26.04.1977	79.200	6623.9
14.05.1972	78.900	3885.7	11.05.1977	67.000	1291.0
25.05.1972	52.000	2915.9	16.06.1977	35.200	1070.6
12.06.1972	61.200	6218.4	12.07.1977	10.300	27.6
27.07.1972	6.500	16.9	09.08.1977	10.000	1441.2
18.09.1972	5.800	61.7	27.09.1977	11.400	270.9
20.11.1972	7.800	95.7	11.10.1977	5.800	11.6
16.12.1972	5.100	12.8	15.11.1977	12.000	32.2
19.01.1973	5.300	15.6	20.12.1977	11.400	53.2
14.03.1973	13.100	251.3	19.01.1978	8.100	18.2
24.03.1973	11.400	172.4	23.02.1978	25.000	423.4
13.04.1973	45.000	6244.2	09.03.1978	37.700	1628.7
22.04.1973	60.800	11057.9	25.03.1978	46.900	2062.6
11.05.1973	72.400	11009.5	15.04.1978	61.400	2652.5
25.05.1973	39.300	458.4	21.04.1978	68.600	3568.1
18.06.1973	48.000	2413.7	26.05.1978	63.400	1922.7
15.07.1973	11.400	107.4	14.07.1978	16.300	33.8
15.09.1973	3.900	18.6	23.08.1978	5.800	42.1
24.10.1978	8.300	10.1	14.10.1983	6.471	29.7
22.11.1978	7.300	10.1	28.11.1983	43.759	1595.5
25.01.1979	10.100	112.6	13.01.1984	7.500	9.1
14.02.1979	21.900	433.4	17.02.1984	10.697	28.7
31.03.1979	54.000	1185.1	23.03.1984	16.100	47.3
18.04.1979	35.100	206.3	21.04.1984	74.087	2157.2
19.05.1979	54.000	256.7	16.05.1984	109.633	12806.6
26.06.1979	27.900	573.8	22.06.1984	24.492	57.2
29.08.1979	4.100	91.4	13.07.1984	17.724	32.2
20.09.1979	4.100	13.5	04.08.1984	7.719	10.1
17.10.1979	4.800	102.9	15.09.1984	4.479	2.0
13.11.1979	27.000	3454.9	18.10.1984	6.212	14.0
19.12.1979	10.900	35.8	11.12.1984	4.660	10.9
20.01.1980	9.600	5.9	15.01.1985	5.719	6.0
12.02.1980	10.100	24.5	19.03.1985	33.078	683.1
11.03.1980	26.900	1396.9	04.04.1985	54.655	1426.2
22.04.1980	313.400	34388.8	18.05.1985	55.143	343.1
13.05.1980	138.200	14686.8	14.06.1985	26.463	372.7

Tablo 3.8' in devamı

Tarih	Debi (m ³ /s)	Sediment (ton/gün)	Tarih	Debi (m ³ /s)	Sediment (ton/gün)
12.06.1980	27.000	144.7	09.07.1985	8.752	12.9
24.07.1980	6.700	49.8	08.08.1985	2.466	54.6
05.08.1980	6.700	20.9	06.09.1985	3.152	6.0
16.09.1980	5.100	16.4	11.10.1985	11.204	95.9
14.10.1980	5.100	16.8	29.11.1985	9.552	33.1
18.11.1980	14.100	109.7	11.12.1985	23.749	82.1
16.12.1980	10.800	29.0	08.01.1986	9.138	17.4
13.01.1981	6.900	11.4	21.02.1986	21.105	56.6
17.02.1981	12.200	53.8	11.03.1986	37.278	283.5
24.03.1981	30.200	135.7	08.04.1986	65.478	1137.2
27.04.1981	85.500	4868.2	16.05.1986	95.360	2422.3
15.05.1981	107.000	4557.7	19.06.1986	50.316	617.4
09.06.1981	60.400	2050.9	18.07.1986	21.095	60.2
07.07.1981	23.000	81.5	29.08.1986	4.468	15.9
09.08.1981	7.000	13.4	11.09.1986	4.551	7.1
26.09.1981	4.500	13.7	25.10.1986	8.994	21.8
23.10.1981	6.000	23.9	21.11.1986	10.017	7.8
17.11.1981	14.100	79.2	09.12.1986	12.741	10.0
15.12.1981	10.700	19.5	27.02.1987	25.538	90.5
22.01.1982	7.000	38.2	17.03.1987	15.198	81.5
19.02.1982	7.200	21.2	14.04.1987	105.966	9256.2
21.04.1982	106.000	7198.5	09.06.1987	58.893	351.1
11.05.1982	70.100	926.7	07.07.1987	31.054	574.2
04.06.1982	62.600	1162.9	12.08.1987	9.854	10.3
06.07.1982	22.400	245.8	17.09.1987	4.000	4.2
03.08.1982	8.200	27.0	14.10.1987	4.886	3.0
15.09.1982	4.300	13.8	10.11.1987	19.214	96.3
10.01.1983	5.600	9.2	15.12.1987	24.921	107.7
08.02.1983	8.500	217.4	29.01.1988	12.749	27.6
22.03.1983	35.200	1037.1	09.02.1988	16.824	56.7
12.04.1983	64.000	1421.2	16.03.1988	26.467	91.5
10.05.1983	64.939	785.6	05.04.1988	56.888	727.5
07.06.1983	51.784	2277.4	09.05.1988	118.703	9291.9
05.07.1983	11.665	1.1	06.07.1988	48.042	626.8
02.08.1983	5.990	9.4	10.08.1988	13.430	38.3
06.09.1983	4.600	16.3			

Tablo 3.9 DSİ 22-09 Nolu İstasyonda Ölçülen Seviye ve Akım Değerleri

1985 Su Yılı										
Seviye, cm	24	40	55	65	80	100	120	140	160	190
Akım, m ³ /s	1.500	4.000	8.800	13.500	21.000	33.000	48.000	68.000	90.000	120.000
1986 Su Yılı										
Seviye, cm	46	65	80	95	110	125	140	155	170	180
Akım, m ³ /s	4.000	11.000	18.500	29.000	39.000	54.000	68.000	84.000	98.000	110.000
1987 Su Yılı										
Seviye, cm	18	40	60	80	100	120	140	160	190	232
Akım, m ³ /s	2.300	7.500	17.000	32.000	50.000	68.000	92.000	115.000	150.000	200.000

3.2.2. Hidrograf Analizleri

Akım gözlemlerinin değerlendirilmesinde hidrograf analizleri önemli bir yer tutmaktadır. Akarsu debisinin zamana göre değişiminin grafiğine hidrograf denmektedir(Wilson, 1974).

Harşit çayı havzasında aynı sağanağın yağış ve akım verimleri mevcut olmadığından, söz konusu havza için birim hidrograf teorisi kullanılmamış, birim hidrografın sentetik olarak bulunması yoluna gidilmiştir.

Havzanın fiziksel karakteristikleri ve amprik denklemler kullanılarak o havzanın sentetik birim hidrografı bulunabilir. Bu şekilde birim hidrografın üç önemli karakteristiği , taban süresi(T_b), pik değeri(Q_{mak}) ve gecikme zamanı(t_p) tahmin edilerek yaklaşık birim hidrograf bulunmuş olur.

Sentetik birim hidrografın çıkarılmasında Snyder metodu kullanılmıştır. Bu metod; tanınmış olması, yaygın ve kolay kullanımı sebebiyle tercih edilmiştir (Özer, 1990). Snyder metoduna göre; birim hidrografın süresi(saat) ve maksimum debisi(m^3/s) için aşağıdaki formüller verilmiştir :

$$Q_{mak} = 2,78 \frac{C_p}{t_{pR}} A \quad (3.3)$$

$$t_p = 0,75 C_t (L \cdot L_c)^{0,3} \quad (3.4)$$

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \quad (3.5)$$

$$T_{pR} = 0.5 t_o + t_{pR} \quad (3.6)$$

$$t_{pR} = t_p + 0.25 (t_o - t_r) \quad (3.7)$$

$$T_b = 3 + \frac{t_{pR}}{8} \quad (3.8)$$

Bu eşitliklerde;

L_c = çıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu (km),

L = çıkış noktası ile havzanın en uzak noktası arasındaki akarsu uzunluğu (km),

A = havzanın alanı (km^2),

t_o = etkili yağış süresi(artık yağış süresi) (saat),

t_p = birim hidrografın gecikme zamanı (saat),

t_r = birim hidrografın standart artık yağış süresi (saat),

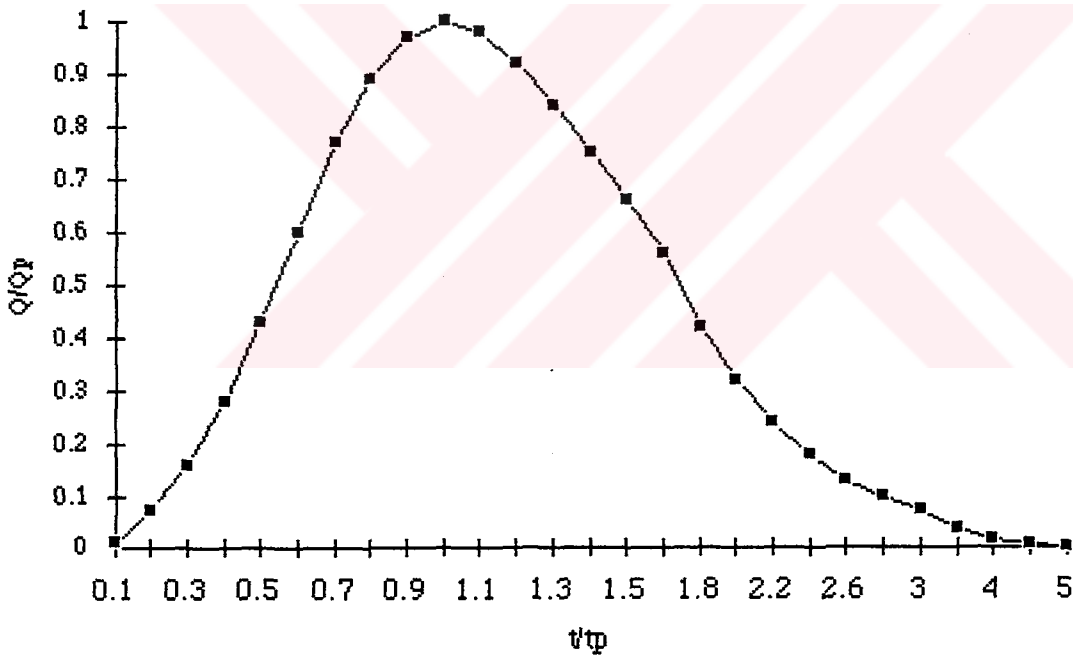
T_{pR} = birim hidrografın pik debisinin görüldüğü an (saat),

t_{pR} = düzeltilmiş t_p değeri (saat),

T_b = Birim hidrografın taban genişliği(gün); taban genişliğini veren eşitlikte t_{pR} ' nin birimi de gündür.

C_t ve C_p = havza ile ilgili katsayılar; C_t katsayısı 0,4-2,2 arasında değişir. Dağlık bölgelerde C_t katsayısı küçük değerler alır. C_p katsayısı ise 0,56-0,94 arasında değişir. Dağlık bölgelerde büyük değerler alır.

Verilen ampirik denklemler (Eşitlik 3.3-3.8) kullanılarak gerekli değerler hesaplandıktan sonra boyutsuz birim hidrograf yardımıyla havzanın değişik zamanlara ait sentetik birim hidrographarı çıkarılmıştır. Büyük drenaj alanlarında sentetik metotta kullanılan Soil Conservation Service(SCS)' in boyutsuz birim hidrographı Şekil 3.1' de verilmiştir(Özer, 1990).



Şekil 3.1. SCS tarafından önerilen boyutsuz birim hidrograph

3.2.3. Taşkın Akımları ve Tekerrür Analizleri

Drenaj havzasında meydana gelebilecek taşkınlara ait debiler ve tekerrür periyotları da Snyder yöntemine göre tesbit edilmiştir.

İlk önce havzaya ait hidrolojik toprak-örtü kompleks numarası belirlenmiştir. Hidrolojik toprak-örtü kompleks numarası belirlenirken, söz konusu arazilerin kullanım şekli, bitki örtüsü, hidrolojik toprak grupları ve arazi miktarlarından Tablo 3.8' den yararlanılarak, her arazi için ayrı ayrı akış-eğri numaraları belirlenmiştir. Bulunan eğri numarası değerleri arazilerin toplam araziye oranları ile çarpılarak her bir arazi için hidrolojik toprak-örtü kompleksi numarası bulunmuştur. Elde edilen bu değerlerin toplamından havzanın hidrolojik toprak-örtü kompleks numarası elde edilmiştir.

Tablo 3.10. Hidrolojik Zemin Grupları ve Bitki Örtüsüne Göre Akış Eğri Numaraları (Özer, 1990)

Arazi kullanma şekli ve örtü	Muamele ve tatbikat	Sızma için hidro. şart	Hidrolojik top. grubu			
			A	B	C	D
NADAS	SR	-	77	86	91	94
SIRA BİTKİLERİ (Pancar gibi)	SR	Zayıf	72	81	88	91
	SR	İyi	67	78	85	89
	C	Zayıf	70	79	84	88
	C	Zayıf	65	75	82	86
	CT	Zayıf	66	74	80	82
KÜÇÜK DANELİLER (Buğday gibi)	CT	İyi	62	71	78	81
	SR	Zayıf	65	76	84	88
	SR	İyi	63	75	83	87
	C	Zayıf	63	74	82	85
	C	İyi	61	73	81	84
SİK EKİLMİŞ BAKLAGİLLER VEYA OT ROTASYONU	CT	Zayıf	61	72	79	82
	CT	İyi	59	70	78	81
	SR	Zayıf	66	77	85	89
	SR	İyi	58	72	81	85
	C	Zayıf	64	75	83	85
ÇAYIRLIK VEYA MEYDAN	C	İyi	55	69	78	83
	CT	Zayıf	63	73	80	83
	CT	İyi	51	67	76	80
	-	Zayıf	68	79	86	89
	-	Müsait	49	69	79	84
DEVAMLİ ÇAYIR	-	İyi	39	61	74	80
	C	Zayıf	74	67	81	88
	C	Müsait	25	59	75	83
	C	İyi	6	35	70	79
	-	-	-	30	58	71
ORMAN Çiftlik Ağaçları	-	Zayıf	45	66	77	83
	-	Müsait	36	60	73	79
	-	İyi	25	55	70	77
ÇİFTLİK BİNASI	-	-	59	74	82	86
YOLLAR(tozlu)	-	-	72	82	87	89
YOLLAR(sert z.)	-	-	74	84	90	92

Tablo 3.11. Ticari veya Milli Orman Havzaları İçin Akış Eğri Numaraları (Özer, 1990)

Hidrolojik sınıflar	Hidrolojik toprak grubu			
	A	B	C	D
I En zayıf	56	75	86	91
II Zayıf	46	68	78	84
III Orta	36	60	70	76
IV İyi	26	52	62	69
V En iyi	15	44	54	61

Tablo 3.10. ve 3.11' deki sembollerin ifade ettikleri anlamlar aşağıdaki gibidir;

A = Çok kumlu zeminler,

B = Kumu çok, kili az zemin, derince bitkisel toprak,

C = Kumu az, kili çok zemin, sık bitkisel toprak,

D = Çok ağır killi veya kayalık zemin, bitkisel toprak çok ince veya hiç yok.

SR = muntazam sıralı,

C = tesviye eğrilerine paralel ekim,

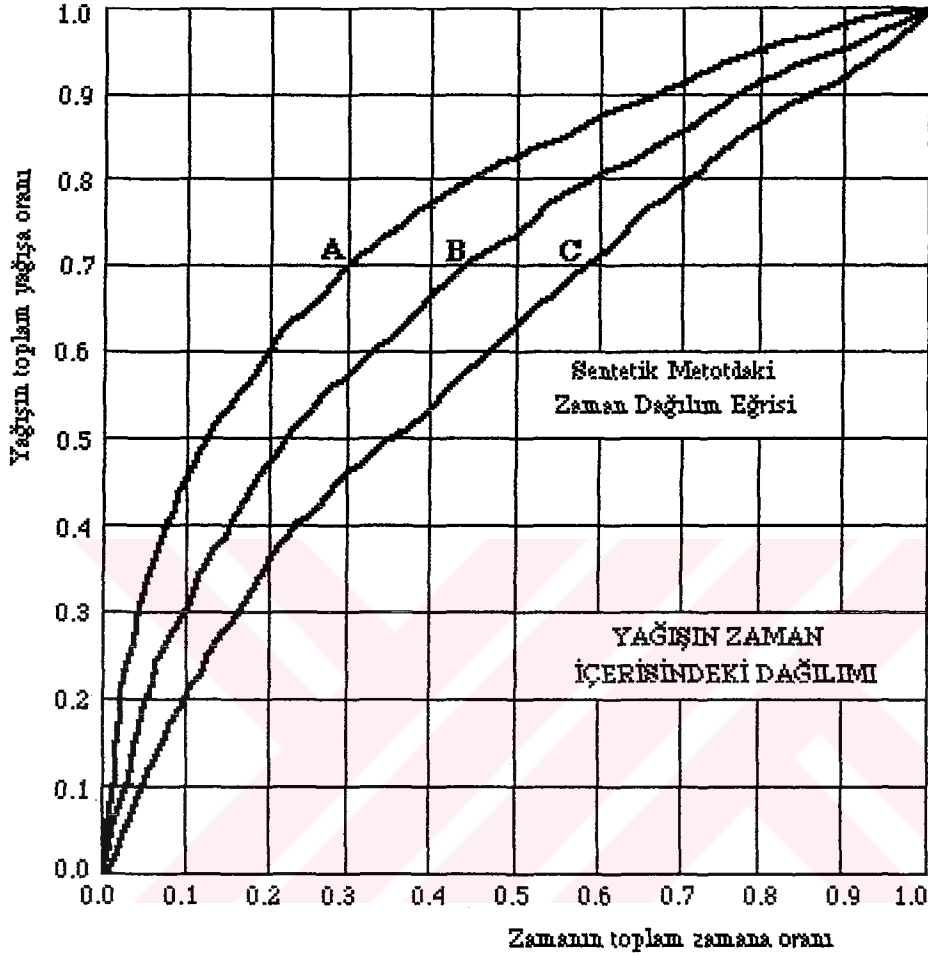
T = teraslanmış arazi,

CT = tesviye eğrilerine paralel ekim ve teraslanmış arazi,

EK-III' de verilen Türkiye'de yağışın zaman içerisindeki dağılımını gösteren haritadan yararlanılarak havzanın içerisinde yer aldığı yağışın zaman içerisinde dağılım grubu belirlenmiştir. Daha sonra proje sağanak süresi oranlarından (Proje sağanak süresi 18 saat alınmıştır. Sağanak süresi oranları = $2/18$, $4/18$ $18/18$ (Özer, 1990)) yağışın zaman içerisindeki dağılım oranları Şekil 3.2' deki yağışın zaman içerisindeki dağılımı eğrisinden yararlanmak suretiyle tesbit edilmiştir.

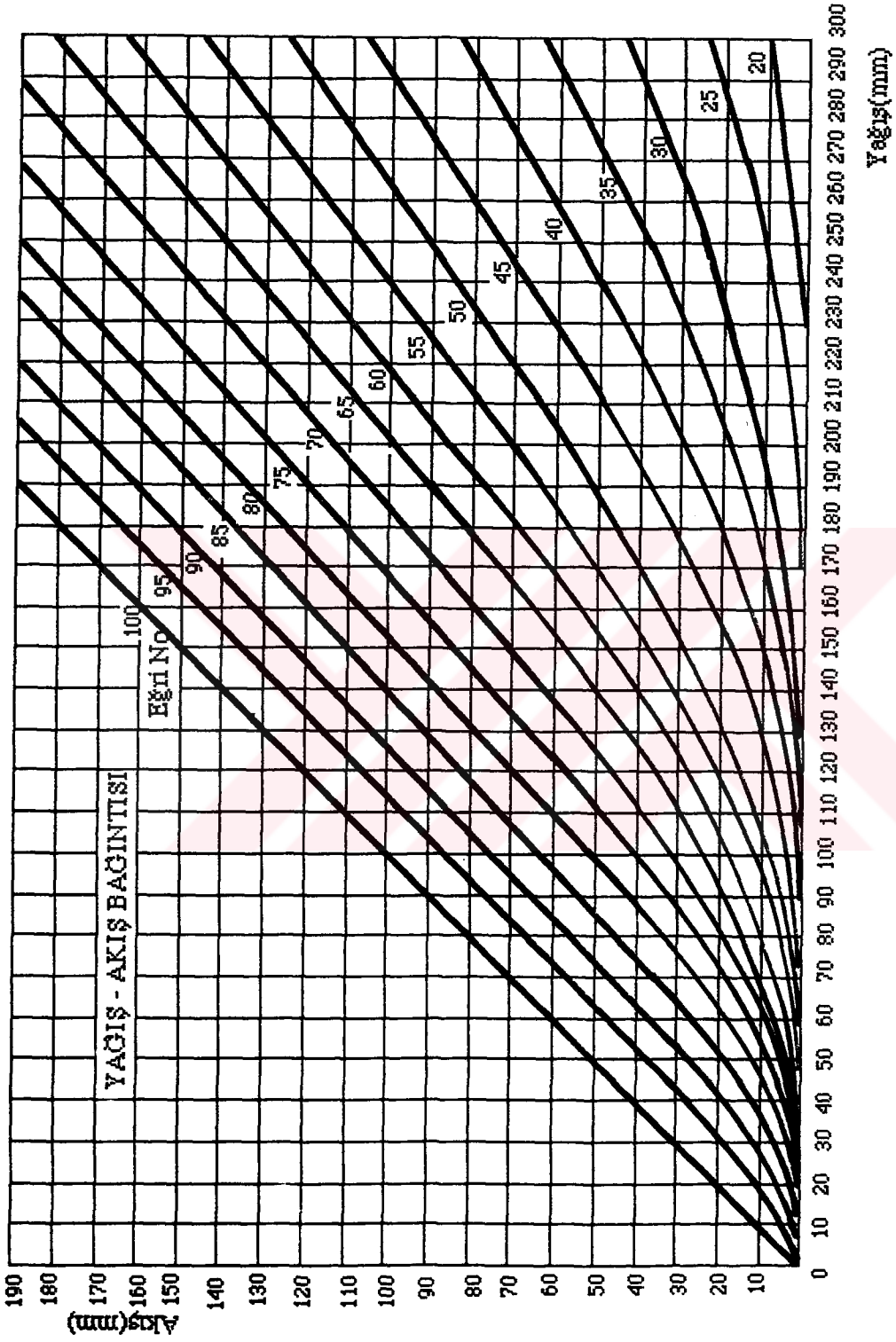
Söz konusu havzada hesaplanmak istenen muhtelif tekerrürlü yağış şiddetleri ile yağışın zaman içerisinde dağılım oranları çarpılarak, drenaj alanı yağış değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra drenaj alanı yağış değerlerinden ve hidrolojik toprak-örtü kompleksi numarasından hareketle Şekil 3.3' den havzaya ait akış miktarları belirlenmiştir. Akış değerlerinin ardışık farkları alınarak artım akış değerleri bulunmuştur. Daha sonra havzaya ait sentetik birim hidrograf değerleri bir tabloda düşey konumda, artım akış değerleri yatay konumda yerleştirilmiştir. Birim hidrograf değerleri ile artım akış değerlerinin çarpımı, sentetik birim hidrografta hesaplanan t_r (artık akış süresi) değerine göre süperpoze işlemine tabi

tutulmuştur. Bulunan değerler toplanarak istenen tekerrürlü yağışa ait taşkın hidrografi değerleri hesaplanmıştır(Özer, 1990).



Şekil 3.2 Türkiye' de yağışın zaman içerisindeki dağılımı

Burada aynı yol izlenerek Harşit çayı havzasına ait 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü yağışların meydana getirebileceği feyzanların taşkın hidrografları çizilmiştir. Hesaplamalara bir örnek olması bakımından 100 yıl tekerrürlü yağışa ait hesaplamalar yapılan işlem sırasına göre tablolar halinde verilmiştir.



Şekil 3.3. Yağış - Akış Bağıntısı

3.2.4. Süspans ve Kaba Sediment Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel Analiz Yöntemleri

3.2.4.1. Kaba Sedimentin Mekanik Analizi

Kaba sediment örnekleri havzayı karakterize edecek şekilde Gümüşhane' ye 15 km uzaklıkta ve havzanın ağırlık merkezini teşkil eden İkisü deresi mevkiinden farklı derinliklerden alınmıştır. Gümüşhane Köy Hizmetlerinden sağlanan standart eleklerle kaba sedimentin standart yöntemle göre ıslak elek analizleri yapılmıştır.

Elek analizlerinde % geçen miktarlar ile elek açıklığı değerleri kullanılarak kaba sedimentin granülometri eğrisi çizilmiştir. Bu granülometri eğrisinden yararlanılarak yatak yükünün % 90' nının geçtiği elek ebadı (D₉₀) tesbit edilmiştir.

3.2.4.2. Kaba Sedimentin Geometrik Ortalama Çapı, Özgül Ağırlığı, Hacim Ağırlığı ve Porozitenin belirlenmesi

Geometrik ortalama çap(D); Kaba sedimentin tesbit edilen yüzde ağırlığına göre granülometri eğrisinden tane çapları(mm) bulunarak ortalama değerleri hesaplanmıştır(Düzgüneş, 1963).

$$D = (d_1. d_2d_n)^{1/n} \quad (3.9)$$

Özgül ağırlık(Ö); Harşit çayı drenaj havzası için süspans sediment ve kaba sediment özgül ağırlıklarının tayini daha önce DSİ tarafından yapılmıştır. Bu analizlerde süspans sedimentin özgül ağırlığının piknometre ile kaba sedimentin özgül ağırlığının ise standart yöntemle tesbit edildiği belirtilmiştir(DSİ, 1976)

Hacim ağırlığı(W); Baraj gölünde çökecek olan rusubatın hacim ağırlığı USBR'ce önerilen yöntemle göre Prob cihazı ile tesbit edilmiştir. Problar su altındaki rusubat depolarının hacim ağırlıklarını yerinde ölçmek için kullanılan hassas ve pratik cihazlardır(DSİ,1976).

Porozite(P); Taşınan materyalin porozitesi, sedimentin özgül ağırlığı ve hacim ağırlığı değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954):

$$P (\%) = \frac{\bar{O} - W}{O} 100 \quad (3.10)$$

3.2.5. Süspans ve Kaba Sediment Miktarının Tesbit Edilmesi

3.2.5.1. Sediment Örneklerinin Alınması

Süspans sediment örnekleri EİE-2201 nolu gözlem istasyonu kesitinde değişik aralıklarla üç ayrı yerden entegrasyon yöntemiyle alınmış ve derinlik entegrasyon ölçüm aleti olarak da USDH-48 mekaniksel ölçek kullanılmıştır(DSİ,1976).

3.2.5.2. Süspans Sediment Veriminin Hesaplanması

Süspans sediment verimi EİE-2201 nolu istasyondan sağlanan değerlerden yararlanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır(U.S. Geological, 1970). Hesaplamalarda ortalama debi ve sediment konsantrasyonunun değişmediği kabul edilmiştir.

$$S = 0,0864 \cdot Q \cdot C \quad (3.11)$$

Burada;

S = günlük sediment miktarı(ton/gün),

Q = günlük ortalama debi(m³/s),

C = günlük ortalama sediment konsantrasyonu(ppm),

3.2.5.3. Kaba Sediment Miktarının Tesbit Edilmesi

Sürüntü halinde hareket eden kaba sediment miktarının tesbitinde Japon İnşaat Bakanlığı tarafından geliştirilen ve aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır (DSİ, 1976):

$$\log Q = -3,1980 - 0,2059 \log A + 0,9687 \log R + 1,213 \log Me + 0,6757 \log Rr \quad (3.12)$$

Burada;

Q = sürüntü maddesi(m³/km²),

A = su toplama yüzeyi(km²),

R = yıllık ortalama yağış(mm),

Me = su toplama yüzeyi ortalama yükseltisi(m),

Rr = ortalama ırmak eğimidir.

3.2.6. Yağış, Akış ve Katı Madde Arasındaki İlişkiler

Haşit çayı su toplama havzasında EİE-2201 ve DSİ 22-09 nolu istasyonlardan sağlanan yağış, akım ve katı madde ölçüm değerleri regresyon analizine tabi tutularak aralarındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Regresyon analizinde Tablo 3.8' de verilen debi değerleri ile sediment değerleri ve Tablo 3.9' da verilen 1985, 1986 ve 1987 yıllarına ait seviye akım değerleri lineer, üstel, logaritmik, üslü ve ikinci dereceden regresyon analizine tabi tutularak hangi tip regresyona daha uygun olduğu incelenmiştir. Ayrıca bir fikir edinilmesi açısından havzaya düşen aylık ortalama toplam yağış değerleri ile aylık ortalama toplam akım değerleri (Tablo 3.12) de regresyon analizine tabi tutularak elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Tablo 3.12. Drenaj Havzası Aylık Toplam Yağış Ortalamaları ile Aylık Toplam Akım Ortalamaları

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Aylık Top. Ort. Yağış (mm)	31.1	27.4	39.4	56.9	70.3	44.4	12.9	12.2	18.5	34.9	39.9	36.2
Aylık Top. Ort. Akım (m ³ /s)	206	311	605	1615	1828	855	279	102	66	175	218	213

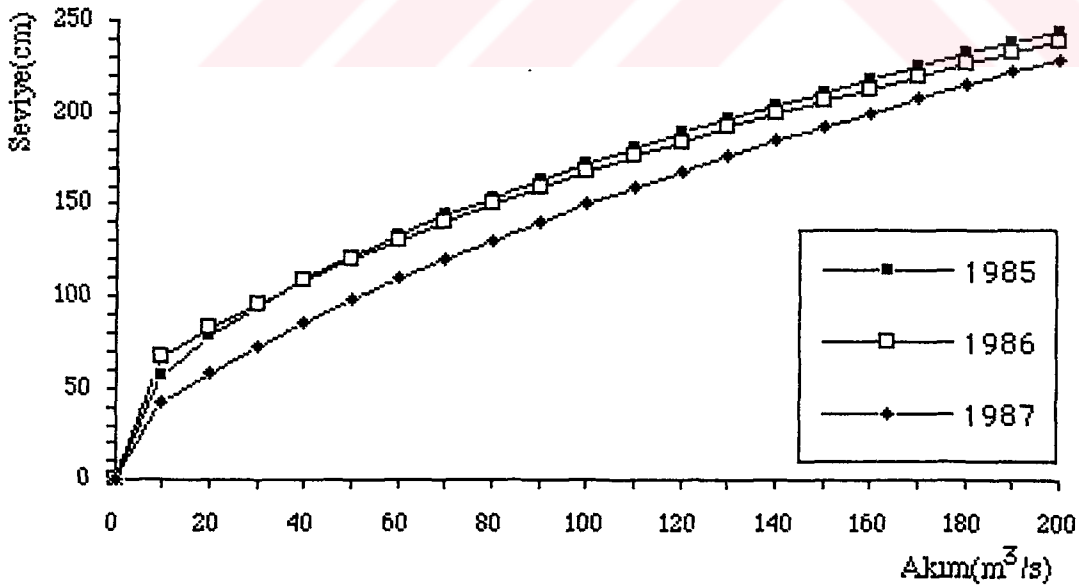
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Hidrometrik Ölçüm Sonuçları

Bir drenaj havzasının erozyon süreci ve buna paralel olarak meydana gelen sedimentasyon sorunlarının çözümlenebilmesi için, toprak ve su muhafaza çalışmalarının geliştirilmesi ile ilgili mühendislik çalışmalarının hemen hepsinde ilk adım, hidrolojik verilerin toplanması yönünden yağış ve akış ölçümlerinin yapılmasıdır. Hidrometrik ölçüm sonuçlarının daha hassas ve doğru olması açısından ölçümlerin uzun yıllara dayanması ve yılın her gününde ölçümlerin itina ile yapılması gerekmektedir.

Harşit çayı drenaj havzasında yapılmış olan bu araştırmada, erozyon süreci ve sediment veriminin belirlenmesinde uzun süre ölçüm yapma imkanı olmadığından hesaplamalarda EİE' den sağlanan veriler kullanılmıştır. EİE tarafından EİE-2201 nolu istasyonda 21.11.1968 ile 10.08.1988 tarihleri arasında ayda bir defa olmak üzere rastgele tarihlerde 217 ölçüm yapılmıştır. Bu değerlerden yararlanarak havzanın ortalama akımı $28,360 \text{ m}^3/\text{s}$, ortalama sediment verimi ise $608 \text{ ppm}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca DSİ 22-09 nolu istasyondan son üç yıla ait (1985, 1986 ve 1987) ve Tablo 3.9' da verilen seviye-akım değerleri kullanılarak yapılan regresyon analizinde seviye-akım değerlerinin en iyi ikinci derece regresyon denklemine uyduğu görülmüş ve bu denklemlere göre seviye-akım anahtar eğrileri çizilmiştir.



Şekil 4.1 Harşit çayı havzası 1985, 1986 ve 1987 yıllarına ait Seviye-Akım anahtar eğrileri

4.2. Hidrograf Analizleri

4.2.1. Harşit Çayı Havzasının Sentetik Birim Hidrografının Çıkarılması ve Değerlendirilmesi

Tabiidir ki; bir havzanın herhangi bir süreli birim hidrografının çıkarılabilmesi için o havzaya ait aynı süreli sağanağın yağış veya akım değerlerinin zamana göre değişimlerinin tesbit edilmiş olması gerekir.

Araştırma havzasında aynı sağanağın yağış ve akım değerleri bulunmadığından, havzanın birim hidrografi sentetik olarak Snyder metoduna göre çıkarılmıştır. Bu amaçla yapılan hesaplamalarda şu sonuçlar elde edilmiştir ;

Havza alanı(A) = 2589 km².

Çıkış noktası ile havzanın en uzak noktası arasındaki akarsu uzunluğu (L) = 90 km,

Çıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu (Lc) = 35 km,

Ct, ve Cp birer kat sayı olup havzadan havzaya farklılık gösterir. Harşit çayı havzası dağlık olduğu için Ct değeri 0.6 , Cp değeri ise 0.8 alınmıştır.

Buna göre ; Birim hidrografın gecikme zamanı (tp), Eşitlik 3.4' den 5 saat olarak bulunmuştur.

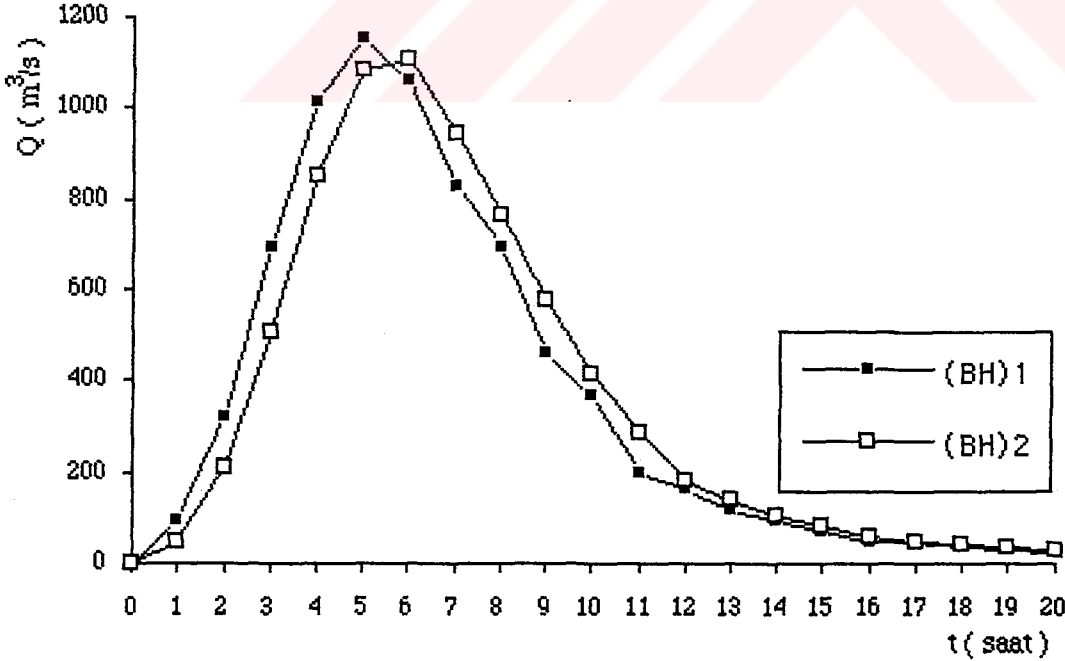
Snyder metodunda elde edilecek birim hidrografın standart artık yağış süresi(tr) ise; Eşitlik 3.5' den 1 saat olarak hesaplanmıştır. Bulunan tr değeri aranan birim hidrografın değeri ile aynı olduğu için tp değerinin düzeltilmesine gerek kalmamıştır. Eğer farklı olsaydı tp değerinin Eşitlik 3.7 kullanılarak düzeltilmesi gerekirdi. Bulunan bu değerlerden hareketle Eşitlik 3.3' den birim hidrografın pik debisi(Q_{mak}) 1152 m³/s olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen birim hidrografın pik debisi ile birim hidrografın gecikme zamanı, SCS(Amerikan Toprak Muhafaza Servisi) tarafından verilen boyutsuz birim hidrograf değerleri ile çarpılarak aranan bir saatlik birim hidrografın değerleri bulunmuştur . Elde edilen bir saatlik birim hidrograf bir saat kaydırılarak tekrar yazıldıktan sonra, elde edilen değerler bir saatlik birim hidrografın ordinatları ile toplanıp ikiye bölünmek suretiyle iki saatlik birim hidrografın ordinatları bulunmuştur. Bu şekilde hesaplanan birim hidrograf değerleri Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1. Harşit Çayı Havzası İçin Snyder Metoduna Göre Hesaplanan Birim Hidrograf Değerleri

SCS tarafından önerilen Boyutsuz Birim Hidrograf		(BH) ₁		(BH) ₂	
t / t _p	Q/Q _p	t (saat)	Q (m ³ /s)	t (saat)	Q (m ³ /s)
0.0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.2	0.08	1	92.16	1	46.08
0.4	0.28	2	322.56	2	207.36
0.6	0.60	3	691.20	3	506.08
0.8	0.88	4	1013.76	4	852.48
1.0	1.00	5	1152.00	5	1082.88
1.2	0.92	6	1059.84	6	1105.92
1.4	0.72	7	829.44	7	944.64
1.6	0.60	8	691.20	8	760.32
1.8	0.40	9	460.80	9	576.00
2.0	0.32	10	368.64	10	414.72
2.2	0.17	11	195.84	11	282.24
2.4	0.14	12	161.28	12	178.56
2.6	0.10	13	115.20	13	138.24
2.8	0.08	14	92.16	14	103.66
3.0	0.06	15	69.12	15	80.62
3.2	0.04	16	46.08	16	57.60
3.4	0.04	17	46.08	17	46.08
3.6	0.03	18	34.56	18	40.32
3.8	0.02	19	28.80	19	31.68
4.0	0.02	20	23.04	20	25.92

Tablo 4.1' de verilen (BH)₁ ve (BH)₂ değerlerinden yararlanılarak çizilen birim hidrograf eğrileri Şekil 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2 Harşit çayı havzasına ait 1 ve 2 saatlik sentetik (BH)' lar

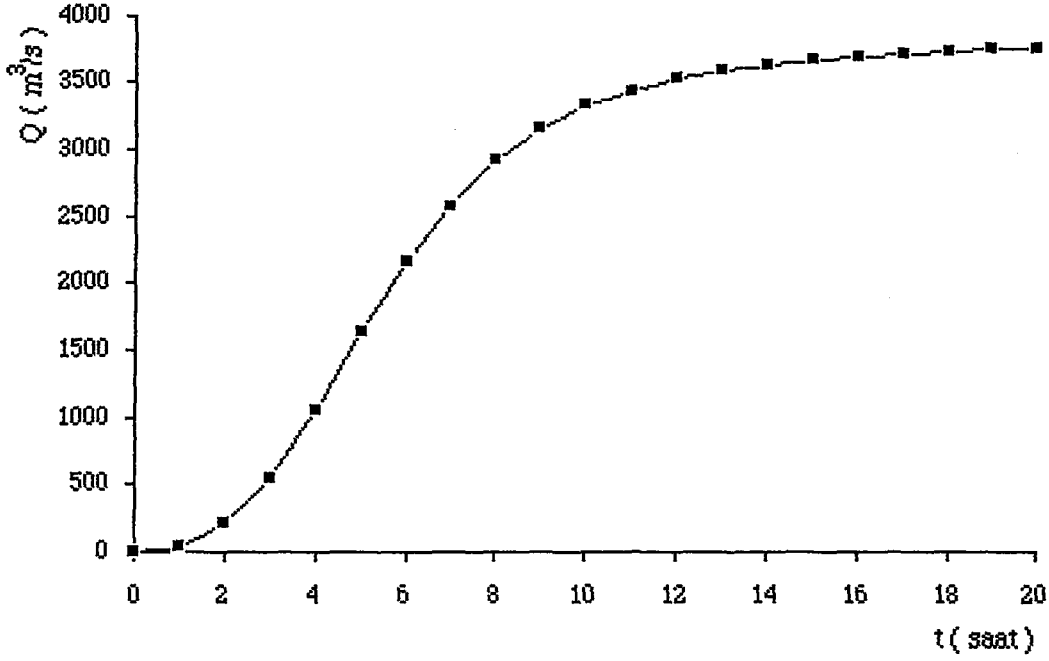
4.2.2. Drenaj Havzasının S Hidrografı

Hem kısa süreli birim hidrograftan uzun süreli birim hidrografın elde edilmesinde, hem de uzun süreli birim hidrograftan kısa süreli birim hidrografın elde edilmesinde kullanılan genel yöntem S hidrografı ya da toplam eğri yöntemi olarak bilinen yöntemdir. S hidrografı sabit şiddette sonsuz süreli bir yağışın hidrografı olarak tanımlanabilir. S hidrografı kendi süresi kadar kaydırılan çok sayıdaki birim hidrografın toplanması sonunda elde edilir. Örneğin iki saatlik birim hidrografların ikişer saat kaydırılarak toplanmaları sonucunda 2 saatlik S hidrografı elde edilir. Bulunan S hidrografının en büyük değeri de birim hidrografın hacmine eşittir (Apan, 1981).

Harşit çayı havzası için elde edilen iki saatlik sentetik birim hidrograftan yararlanılarak havzaya ait iki saatlik S hidrografı(S_2) çıkarılmıştır. Bu S hidrografı süperpoze işlemine tabi tutularak elde edilen değerlerin toplanmasıyla söz konusu havza için istenilen zamana ait birim hidrograf elde edilebilir. Bu amaçla araştırma havzası için çıkarılan S hidrografı hesaplamaları Tablo 4.2' de, hidrograf eğrisi ise Şekil 4.3' de gösterilmiştir. Elde edilen S eğrisi değerlerinden yararlanılarak herhangi bir süreli BH çıkarılmasına örnek olması bakımından $(BH)_1$ ' in çıkarımı da Tablo 4.3' de verilmiştir.

Tablo 4.2. Harşit Çayı Havzasına Ait S Hidrografı Değerleri

t saat	$(BH)_2$ (m^3/s)										S_2 (m^3/s)
0	0										0
1	46.08										46.08
2	207.36	0									207.36
3	506.88	46.08									552.96
4	852.48	207.36	0								1059.84
5	1082.8	506.88	46.08								1635.84
6	1105.9	852.48	207.36	0							2165.76
7	944.64	1082.8	506.88	46.08							2580.48
8	760.32	1105.9	852.48	207.36	0						2926.08
9	576.00	944.64	1082.8	506.88	46.08						3156.48
10	414.72	760.32	1105.9	852.48	207.36	0					3340.80
11	282.24	576.00	944.64	1082.8	506.88	46.08					3438.72
12	178.56	414.72	760.32	1105.9	852.48	207.36	0				3519.36
13	138.24	282.24	576.00	944.64	1082.8	506.88	46.08				3576.96
14	103.68	178.56	414.72	760.32	1105.9	852.48	207.36	0			3623.04
15	80.64	138.24	282.24	576.00	944.64	1082.8	506.88	46.08			3657.60
16	57.60	103.68	178.56	414.72	760.32	1105.9	852.48	207.36	0		3680.64
17	46.08	80.64	138.24	282.24	576.00	944.64	1082.8	506.88	46.08		3703.68
18	40.32	57.60	103.68	178.56	414.72	760.32	1105.9	852.48	207.36	0	3720.96
19	31.68	46.08	80.64	138.24	282.24	576.00	944.64	1082.8	506.88	46.08	3735.36
20	25.92	40.32	57.60	103.68	178.56	414.72	760.32	1105.9	852.48	207.6	3746.88



Şekil 4.3. Drenaj havzasının S hidrografi eğrisi

Tablo 4.3. S Hidrografından Birim Hidrografın Çıkarılması

2 Saatlik S Hidr. (m ³ /s)	Ötelenmiş S Hidr. (m ³ /s)	Fark Hidrograf (m ³ /s)	(BH) ₁ (m ³ /s) (Fark x 2)
0.00	-	0.00	0.00
46.08	0.00	46.08	92.16
207.36	46.08	161.28	322.56
552.96	207.36	345.60	691.20
1059.84	552.96	506.88	1013.76
1635.84	1059.84	576.00	1152.00
2165.76	1635.84	529.92	1059.84
2580.48	2165.76	414.72	829.44
2926.08	2580.48	345.60	691.20
3156.48	2926.08	230.40	460.80
3340.80	3156.48	184.32	368.64
3438.72	3340.80	97.92	195.84
3519.36	3438.72	80.64	161.28
3576.96	3519.36	57.60	115.20
3623.04	3576.96	46.08	92.16
3657.60	3623.04	34.56	69.12
3680.64	3657.60	23.04	46.08
3703.68	3680.64	23.04	46.08
3720.96	3703.68	17.28	34.56
3735.36	3720.96	14.40	28.80
3746.88	3735.36	11.52	23.04

4.3. Drenaj Havzası Taşkın Tekerrür Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Taşkınlar yağışların şiddeti, süresi ve dağılımları ile havzanın fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişirler. Benson(1964), havzanın taşkın akımları ile hidrolojik karakteristikleri arasında kuvvetli bir bağıntı olduğunu belirtmiştir. Araştırma konusu havzanın topografyası, jeolojik yapısı, bitki örtüsü , yatak eğimleri gibi karakteristiklerin uzun süre değişmediği kabul edilirse havzanın taşkın sarfiyatını etkileyen en önemli unsurun yağış ve yağışın özellikleri olduğu görülecektir(Özal,1968). Taşkınların havza üzerinde meydana getirdiği tahribatın ve kaybolan toprak miktarının derecesini ortaya koymak için Harşit çayının değişik frekanslı taşkın debileri sentetik olarak tesbit edilmiştir.

Drenaj havzasının taşkın tekerrür hesaplarında Snyder metodu kullanılmıştır. Bu metot esas alınarak havzanın 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü feyazan debileri(Q_2 , Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} ve Q_{100}) belirlenmiş, ayrıca her tekerrür poryoduna ait feyazan hidrografları çizilmiştir. Yapılan hesaplamalara bir örnek olması açısından 100 yıl tekerrürlü taşkın hidrografının belirlenmesine ait hesaplamalar sırasıyla tablolar halinde aşağıda verilmiştir(Tablo 4.4 - 4.7):

Tablo 4.4. Harşit Çayı Havzası Hidrolojik Toprak-Örtü Kompleksi Numarası

Arazi kullanma şekli ve örtü	Tedbirler	Sızma için hidrolojik durum	Hidrolojik toprak grupları	Arazi mitanı		
				Genel sahaya göre	Eğri no çapları	
Tarım arazileri	SR (sıralı)	iyi	B	0.075	75	5.6
Orman fundalık ara.	-	orta	C	0.40	70	28
Çayır-mer' a arazileri	-	zayıf	D	0.48	89	42.7
Çıplak kayalıklar	-	zayıf	D	0.04	92	3.7
					Toplam	80

Tablo 4.5. Drenaj Havzası Muhtelif Tekerrürlü 6-saat Süreli Yağış Şiddetleri (Çelebi, 1973)

İstasyon	Tekerrür Yılları					
	2	5	10	25	50	100
Gümüşhane	6-saat Süreli yağış şiddetleri (mm/saat)					
	4.4	6.5	6.8	8.0	9.2	10.2

Tablo 4.6. Drenaj Alanı 100 Yıl Tekerrürlü Yağış-Akış ve Artım Akışları

100 yıl tekerrürlü yağış (mm)	6 x 10.2 = 61.2 mm								
Proj. sağanak süresi (saat)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Yağışın zaman dağılımı oranı	0.46	0.61	0.71	0.80	0.85	0.90	0.94	0.97	1.00
Drenaj alanı yağışı (mm)	28.2	37.3	43.5	49.0	52.0	55.0	57.5	59.4	61.2
Akış (mm)	3.5	7.0	9.0	12.5	14.5	17.0	18.5	19.5	21.0
Artım akış (mm)	3.5	3.5	2.0	3.5	2.0	2.5	1.5	1.0	1.5

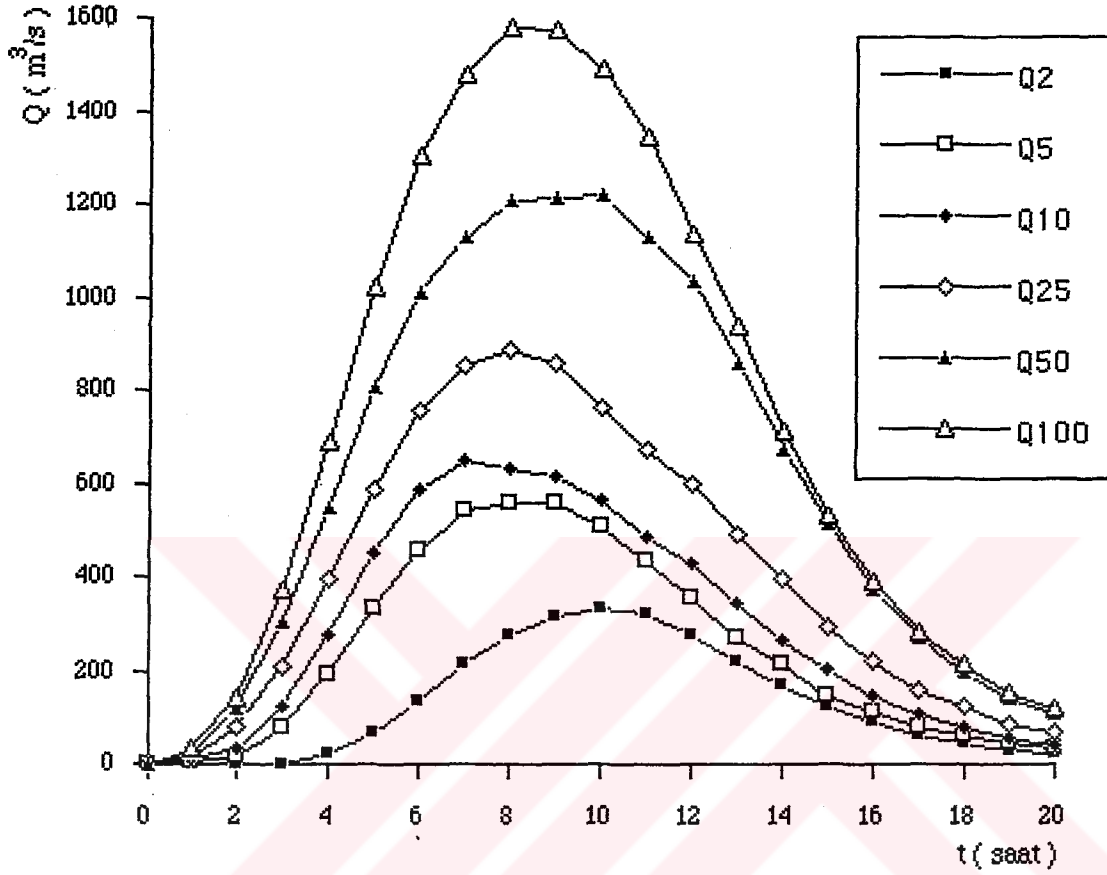
Tablo 4.4 ve 4.6' da hesaplanan değerlerden ve birim hidrograf değerlerinden yararlanılarak araştırma sahasının 100 yıl tekerrürlü taşkın değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7. Drenaj Alanının Snyder Metoduna Göre Hesaplanan 100 Yıl Tekerrürlü Taşkın Debileri

t saat	(BH) ₁ m ³ /s	3.5	3.5	2.0	3.5	2.0	2.5	1.5	1.0	1.5	Q ₁₀₀ m ³ /s
0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
1	9	32	0	-	-	-	-	-	-	-	32
2	32	112	32	0	-	-	-	-	-	-	144
3	69	242	112	18	0	-	-	-	-	-	372
4	101	354	242	64	32	0	-	-	-	-	692
5	115	403	354	138	112	18	0	-	-	-	1025
6	106	371	403	202	242	64	23	0	-	-	1306
7	83	291	371	230	354	138	80	14	0	-	1478
8	69	242	291	212	403	202	173	48	9	0	1580
9	46	161	242	166	371	230	253	104	32	14	1573
10	37	130	161	138	291	212	288	152	69	48	1489
11	20	70	130	92	242	166	265	173	101	104	1343
12	16	56	70	74	161	138	208	159	115	152	1133
13	12	42	56	40	130	92	173	125	106	173	937
14	9	32	42	32	70	74	115	104	83	159	711
15	7	25	32	24	56	40	93	69	69	125	533
16	5	18	25	18	42	32	50	56	46	104	391
17	5	18	18	14	32	24	40	30	37	69	282
18	4	14	18	10	25	18	30	24	20	56	215
19	3	11	14	10	18	14	23	18	16	30	154
20	2	7	11	8	18	10	18	14	12	24	122

Benzer şekilde yapılan hesaplamalarla havzanın Q₂, Q₅, Q₁₀, Q₂₅ ve Q₅₀ tekerrürlü taşkın pik debileri sırasıyla 333, 561, 652, 889 ve 1219 m³/s olarak

hesaplanmıştır. Ayrıca belirtilen periyotlara ait taşkın hidrografları da Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4 Harşit çayı havzası farklı tekerrürlü taşkın hidrografları

Taşkın hidrografları incelendiğinde Harşit çayı havzasında iki yılda bir beklenen ortalama taşkın akımının muhtemelen $333 \text{ m}^3/\text{s}$ olacağı anlaşılır. Ayrıca EİE-2201 ve DSİ 22-09 nolu istasyonlardan sağlanan akım değerleri incelendiğinde taşkınların genellikle, tarımda kritik bir devre olan Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında meydana geldiği görülmektedir. Taşkın pik değerlerinin bu derece yüksek oluşu bahçelerin tahribi, mansap arazilerin sedimentle örtülerek elden çıkması, dere yataklarının dolması ve daha önemlisi geniş çapta toprak kaybına neden olacaktır.

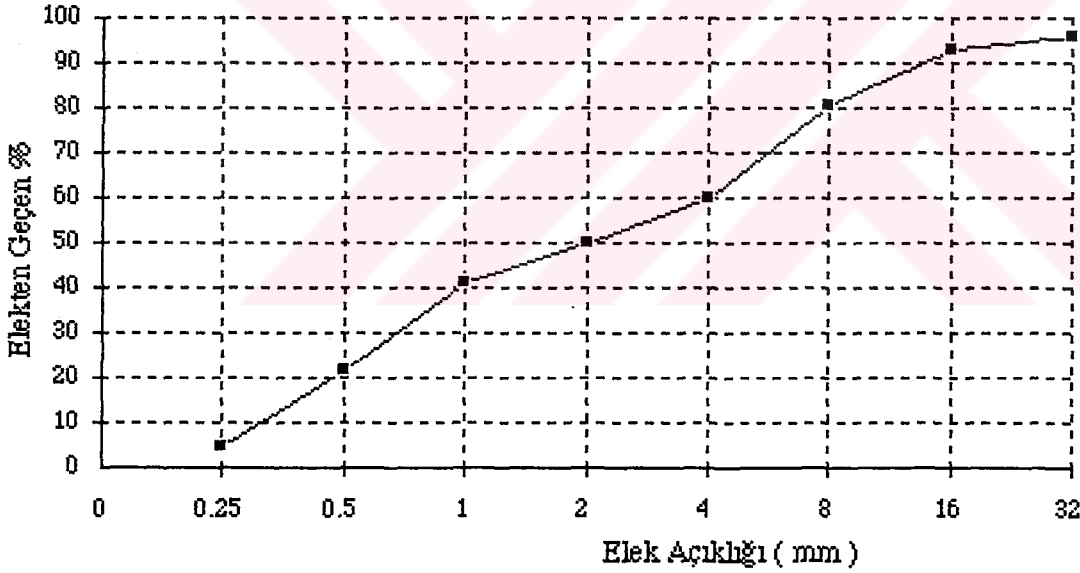
4.4. Süspans ve Kaba Sedimentte Fiziksel Analiz Sonuçları ve Değerlendirilmesi

4.4.1. Mekanik Analiz Sonuçları

Harşit çayı havzasında taşınan materyalin büyüklüğü ve diğer fiziksel özelliklerinin belirlenmesi açısından Gümüşhane İkisu deresi mevkiinden farklı derinliklerden alınan örneklerin standart elek analizi sonuçları Tablo 4.8' de, bu değerlerden elde edilen granülometri eğrisi de Şekil 4.5' de verilmiştir.

Tablo 4.8. Kaba Sedimentin Mekanik Analiz Sonuçları

Analize tabi tutulan örnek miktarı = 2205 gram							
Elek Çapı (mm)	0.25	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0	32.0
Elekten Geçen (gram)	110	904	1103	1323	1786	2051	2117
Elekten Geçen (%)	5	41	50	60	81	93	96



Şekil 4.5. Harşit çayı havzası granülometri eğrisi

Granülometri eğrisi incelendiğinde materyalin % 90' nının geçtiği D_{90} çapı 15 mm civarındadır. Geometrik ortalama çapı ise eşitlik 3.9' dan 2,83 mm olarak bulunmuştur. Ayrıca yapılan gözlemlerde mabadan mansaba yaklaştıkça yatak yükünün granülometrisi, suyun devamlı aşındırma etkisiyle incelendiği, yani baraj gölüne yaklaştıkça kaba materyalin büyük bir kısmının su hızının düştüğü

ve yatağın genişlediği kesimlerde birikerek azaldığı; buna karşılık süspanse sedimentin büyük bir kısmının çökmeden baraj yerine ulaşabildiği tesbit edilmiştir.

4.4.2. Taşınan Materyalin Özgül Ağırlığı, Hacim Ağırlığı ve Porozitesi

Sedimentin özgül ağırlığı, oluştuğu kayanın cinsine bağlı olarak 2,1-2,8 arasında değişebilir(Güresinli, 1987). Harşit çayı havzasında süspanse ve kaba sedimentin özgül ve hacim ağırlıkları DSİ ve EİE kuruluşlarının tesbit ettiği değerlere göre; süspanse sedimentin özgül ağırlığı 2,1 ile 2,6 ton/m³ arasında, hacim ağırlığı ise 1,1064 ile 1,1084 ton/m³ arasında bulunmuştur(DSİ,1976). Burada yapılan hesaplamalarda süspanse sedimentin özgül ağırlığı 2,3 ton/m³ , hacim ağırlığı ise 1,107ton/m³ olarak alınmıştır. Kaba sedimentin özgül ağırlığı ortalama 2,6ton/m³, hacim ağırlığı ise 1,3ton/m³ olarak alınmıştır(DSİ, 1976).

Taşınan materyalin porozitesi, eşitlik 3.10' dan % 51,8 olarak hesaplanmıştır. Porozitenin artışı sedimentin hacim ağırlığı ile özgül ağırlığı arasındaki ilişkiyle de açıklanabilir(Richards, 1957).

4.5. Süspanse ve Kaba Sediment Verimleri ve Değerlendirilmesi

4.5.1. Süspanse Sediment Verimi

Harşit çayı havzasında erozyon sürecine bağlı olarak taşınan sediment miktarını tesbit etmek için EİE-2201 nolu istasyondan sağlanan ölçüm sonuçlarından yararlanılmıştır(Tablo 3.8).

Debi ile sediment verimi arasında yapılan ve daha sonra verilen değişik regresyon analizlerinde elde edilen korelasyon katsayılarının hemen hemen tüm regresyon tiplerinde yüksek oluşu aradaki ilişkiyi güçlendirmektedir. Yani sediment verimi akıma bağlı olarak artmaktadır. Bu ilişkiden hareketle ve yapılan ölçüm sonuçlarından günlük ortalama debi ile günlük ortalama sediment veriminin değişmediği kabul edilerek günlük ortalama debi 28,360 m³/s ve günlük ortalama sediment verimi ise 608 ppm/m³ olarak tesbit edilmiştir.

Buna göre; Eşitlik 3.11' den günlük sediment miktarı 1490 ton/gün olarak hesaplanmıştır. Ortalama akım ve süspanse sediment değerlerinden, yıllık toplam su sarfiyatı, yıllık toplam süspanse sediment miktarı ve ortalama süspanse sediment verimi ise şöyledir ;

Yıllık toplam su sarfiyatı = $28,360 \cdot 365 \cdot 86400 = 894\,360\,960 \text{ m}^3$,
 Yıllık toplam süspanse sediment = $1490 \cdot 365 = 543\,850 \text{ ton}$,
 Yıllık toplam süspanse sediment hacmi = $543\,850 / 1,107 = 491\,283 \text{ m}^3$,
 Havzanın gözlem yerine göre alanı = 2589 km^2 ,
 Ortalama süspanse sediment verimi = $543\,850 / 2589 = 210 \text{ ton/km}^2/\text{yıl}$ dır.

4.5.2. Kaba Sediment Verimi

Sürüntü halinde hareket eden kaba sediment miktarı Eşitlik 3.12' de verilen Japon İnşaat Bakanlığı'nca geliştirilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır. Buna göre ;

Havzanın yıllık ortalama kaba sediment verimi = $72,300 \text{ m}^3/\text{km}^2$,
 Yıllık toplam kaba sediment miktarı = $72,300 \cdot 2589 = 187\,185 \text{ m}^3$,
 Yıllık toplam kaba sediment hacmi = $187\,185 \cdot 1,3 = 243\,341 \text{ ton}$ dur.

4.5.3. Toplam Sediment Verimi

Süspanse ve kaba sediment debileri toplanarak Harşit çayının Kürtün baraj yerine göre yıllık toplam sediment debisi $678\,468 \text{ m}^3$ veya $787\,191 \text{ ton}$ olarak tesbit edilmiştir. Buna göre, havzanın toplam sediment verimi $304,05 \text{ ton/km}^2/\text{yıl}$ dır. Bu demektir ki Gümüşhane harşit çayı havzası yılda $0,3 \text{ mm}$ aşınmaktadır.

Taşınan rüsubat sadece orman, mer'a ve tarım arazilerini tahrip etmeyip, akarsular üzerine kurulan depolama yapılarının da ekonomik ömürlerinden daha kısa bir zamanda dolarak işlevlerini kaybetmelerine sebep olmaktadır. Harşit çayı üzerine kurulmakta olan Kürtün barajının ölü hacmi DSİ tarafından $46,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ olarak belirlenmiştir, yaklaşık bir hesapla baraj gölüne yüz yıllık bir sürede $67,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ rüsubat geleceği tesbit edilmiştir. Bu demektir ki büyük masraflarla kurulmaya çalışılan baraj beklenenden çok daha kısa zamanda rüsubatla dolarak devre dışı kalacaktır.

Bu sonuç bir havzada yapılacak mühendislik yapılarının planlama ve projelendirilmesinde, havzanın hidrolojik karakteristiklerinin yerinde ve uzun yıllara dayanan ölçümler yapılarak tesbit edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Akarsularda toplam çökelti maddesi taşınımına ilişkin en iyi bağıntı, gerek mekanik yaklaşım, gerekse rejim yaklaşımı olsun, uygulamanın yapılacağı akarsu şartları

için en çok denenmiş ve başarılı olmuş bağıntıdır(Einstein,1950;Yalın,1963; Chang, 1967).

4.6. Yağış, Akım ve Sediment İlişkileri

Araştırma konusu drenaj havzası için sedimentle akım, akımla seviye ve akımla yağış arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile incelenmiş, bu amaçla lineer, logaritmik, üstel, üslü ve ikinci dereceden regresyon tiplerine göre elde edilen sonuçlar aşağıya çıkarılmıştır.

1) Sediment-Akım İlişkileri

Sedimentle akım arasında regresyon analizi yapılırken Tablo 3.8' de verilen değerlerden yararlanılmıştır. Analizde sediment değerleri Y, akım değerleri x olarak seçilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.9' da verilmiştir.

Tablo 4.9. Sediment ile Akım İlişkilerine ait Regresyon Denklemleri

Regresyon tipi	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı
Lineer regresyon	$Y = 3,56 + 0,05 x$	0,779
Üstel regresyon	$Y = 35,32 e^{0.05x}$	0,779
Logaritmik regresyon	$Y = - 4703,26 + 2228,91 \ln x$	0,582
Üslü regresyon	$Y = 0,83 x^{1,87}$	0,867
İkinci dereceden regresyon	$Y = -697,26 + 65,03x + 0,174x^2$	0,840

Tablodan da görüleceği üzere sediment ile akım arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan denklem korelasyon katsayısı en yüksek(0,867) olan üslü regresyon denklemidir. Havzada taşınan sediment debisine Q_S , akıma da Q_A denilirse, havza için önerilen eşitlik ;

$$Q_S = 0,83 Q_A^{1,87}$$

olur. Bu eşitlik kullanılarak herhangi bir akımda taşınacak sediment miktarı hakkında fikir edinmek mümkündür.

2) Akım-Seviye İlişkileri

Akım ile seviye arasındaki ilişkilerin incelenmesinde 1985, 1986 ve 1987 yıllarına ait ve Tablo 3.9' da verilen seviye-akım değerlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla yapılan regresyon analiz sonuçları Tablo 4.10' da verilmiştir.

Tablo 4.10 incelendiğinde yapılan bütün regresyon analizlerinde akım ile seviye arasında yüksek derecede ilişkinin olduğu görülür. Bu denklemlerde akımları Y ve seviyeleri de x karakterize etmektedir. Buna göre Harşit çayı için önerilecek regresyon denklemi korelasyon katsayısı en yüksek olan ikinci dereceden regresyondur. Bu dikkate alınarak Harşit çayı havzası için 1987 su yılı için akım-seviye denklemi, $Q_A =$ akım (m^3/s), $S =$ seviye (cm) olmak üzere, verilecek olur ise ;

$$Q_A = - 10,60 + 0,390 S + 0,0023 S^2$$

olur. Bu eşitlik kullanılmak suretiyle Harşit çayı için herhangi bir seviyeye karşı taşınan su miktarı hakkında fikir edinmek mümkündür.

Tablo 4.10. Akım-Seviye İlişkilerine Ait Regresyon Denklemleri

Regresyon Tipi	Regresyon Denklemi	Korelasyon Katsayısı
1985 Su yılı		
Lineer regresyon	$Y = 0,63 + 0,02 x$	0,953
Üstel regresyon	$Y = 1,87 e^{0,02 x}$	0,953
Logaritmik regresyon	$Y = -198,35 + 54,24 \ln x$	0,882
Üslü regresyon	$Y = 0,0015 x^{2,16}$	0,995
İkinci dereceden regresyon	$Y = -2,58 + 0,0413x + 0,0032 x^2$	0,999
1986 Su yılı		
Lineer regresyon	$Y = 0,91 + 0,02 x$	0,965
Üstel regresyon	$Y = 2,49 e^{0,02 x}$	0,965
Logaritmik regresyon	$Y = -319,33 + 79,28 \ln x$	0,943
Üslü regresyon	$Y = 0,00048 x^{2,395}$	0,994
İkinci dereceden regresyon	$Y = -15,156 + 0,180 x + 0,003 x^2$	0,996
1987 Su yılı		
Lineer regresyon	$Y = 1,45 + 0,02 x$	0,935
Üstel regresyon	$Y = 4,28 e^{0,02 x}$	0,935
Logaritmik regresyon	$Y = -255,84 + 72,90 \ln x$	0,867
Üslü regresyon	$Y = 0,01 x^{1,82}$	0,996
İkinci dereceden regresyon	$Y = -10,60 + 0,390 x + 0,0023 x^2$	0,998

3) Aylık Toplam Yağış Ortalamaları ile Aylık Toplam Akım Ortalamaları Arasındaki İlişkiler

Yağışla akım arasında ne gibi bir ilişkinin olduğunu ortaya koymak açısından aylık toplam yağış ortalamaları ile aylık toplam akım ortalamaları regresyon analizine tabi tutulmuştur. Bunda amaç yağışa bağlı olarak yüzey akışın ne oranda etkilenebileceği hakkında fikir edinmektir. Bu maksatla drenaj havzasına ait Tablo 3.12' de verilen değerlerden yararlanılmıştır. Elde edilen regresyon analiz sonuçları Tablo 4.11' de verilmiştir.

Regresyon analiz sonuçları incelendiğinde elde edilen korelasyon katsayıları akımla yağış arasında olumlu bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Akımla yağış arasındaki ilişkileride ikinci derece regresyon tipinde en yüksek korelasyon elde edilmiştir.

Tablo 4.11. Akımla Yağış Arasındaki Regresyon Analiz Sonuçları

Regresyon tipi	Regresyon denklemi	Korelasyon katsayısı
Lineer regresyon	$Y = 3,99 + 0,05 x$	0,844
Üstel regresyon	$Y = 53,92 e^{0,05 x}$	0,844
Logaritmik regresyon	$Y = - 2186,97 + 791,93 \ln x$	0,722
Üslü regresyon	$Y = 2,27 x^{1,44}$	0,760
İkinci dereceden regresyon	$Y = 276,684 - 20,138x + 0,643x^2$	0,941

Burada akım Q_A ile yağış y ile gösterilirse havza için önerilen eşitlik;

$$Q_A = 276,684 - 20,138 y + 0,643 y^2$$

olur. Bu eşitlik kullanılmak suretiyle aylık toplam yağış ortalamalarından yararlanılarak aylık toplam ortalama akım hakkında fikir edinilebilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Havzada Erozyonun Kontrolü ve Sedimentasyonun Azaltılması İmkanları ve Bazı Öneriler

Doğal dengenin mevcut olduğu havzalarda aşınma, taşınma ve çökelme olayları normal ölçüler içinde olup genellikle bir sorun oluşturmazlar.

Harşit çayı havzası gerek topoğrafik yapısı bakımından, gerek jeolojik yapısı bakımından, gerekse bitki örtüsü bakımından erozyona ve bunun doğal sonucu olan sedimentasyona son derece müsaittir. Tablo 3.7' de de görüldüğü gibi havza topraklarının 1.671 ha' da zayıf erozyon, 129.723 ha' da orta şiddetli erozyon, 194.408 ha' da şiddetli erozyon ve 23.557 ha' da çok şiddetli erozyon görülmektedir. Erozyonsuz saha ise 15.753 ha'dır. Bu bilgilerin ışığı altında havzada sınırlı olan tarım arazilerinin korunması, taşkınların önlenmesi ve Harşit çayı üzerinde yapılmakta olan ve yapılması düşünülen su depolama tesislerinin ekonomik ömürlerinin uzatılması bakımından erozyon olayının kontrol altına alınması şarttır.

Harşit çayı havzası gibi sorunlu havzalarda rüsubatın kontrolü için alınabilecek önlemler iki ana grupta toplanabilir:

- 1) Yukarı havzada erozyonu kontrol altına almak suretiyle rüsubat oluşumunu önlemek.
- 2) Oluşan rüsubatı depolayıcı tesisleri inşa etmektir. Rüsubatı depolamak üzere inşa edilen tesisler olan tersip bentleri(biriktirme bentleri), devamlı bir çözüm değildir. Biriktirme bentleri depolama hacimlerine bağlı olarak rüsubat kontrolü yapabilmekte ve rüsubatla dolduktan sonra işlevleri bitmektedir. Bu sebeple bu yapılar planlanırken erozyonu önleyecek diğer tedbirlerin de birlikte düşünülmesi gerekmektedir.

Erozyonun kontrol altına alınması için uygulanacak teknik önlemler, yamaç arazilerin ıslahı ile oyuntu ve mecra ıslahı önlemlerinden oluşmaktadır.

5.1.1. Yamaç Arazi Islahı

Bir drenaj havzasında doğal dengesi bozulmuş olan ve erozyon bakımından sorun oluşturan alanlar genellikle tarım, orman veya mer'a arazisi durumundadır. Doğaldır ki, bu üç çeşit arazi kullanma tipinde erozyonun kontrolü farklı özellikler taşıyacağından, alınacak önlemler de ayrı ayrı düşünülmelidir.

1. Tarım alanlarında alınacak önlemler

Havzada toprak taşınmasının başlıca nedenlerinden biri arazilerin kabiliyetlerine göre kullanılmamasıdır. Özellikle orman, çayır ve mer'a olarak kullanılması zorunlu olan alanların tarımda kullanılmaması gerekir. Kullanma yeteneği bakımından II., III., IV. sınıf olupta erozyona maruz tarım alanlarında şeritvari ekim, rotasyon, tesviye eğrilerine paralel sürüm ve ekim gibi koruyucu tarım yöntemleri ve bunların kombinasyonları ile çeşitli tipte teraslamalar ve banketler kullanılmalıdır.

2. Orman alanlarında alınacak önlemler

Yüzey erozyonuna maruz ve bitki örtüsünü kısmen veya tamamen kaybetmiş orman alanlarının teraslanarak ağaçlandırılması ve koruma altına alınması gereklidir. Ancak ağaçlandırmaya elverişli olmayan yüzey toprağın çok sığ olduğu dik yamaçlarda ve kıraç arazilerde ise ilk adımda ağaçlandırma yoluna gidilmemelidir. Nitekim Gümüşhane Orman İşletmesi' nin 1971 ve 1990 yılları arasında Yukarı Harşit havzasında erozyon kontrolü için yapmış olduğu ağaçlandırma çalışmalarından pek başarı sağlanamamış ve bir çok kesimde dikilen ağaçların tutma oranı % 10-30 düzeyinde kalmıştır. Bunun en belirgin sebebi ağaçlandırma yapılan alanlarda toprakların çok sığ ve iklimin yazları kurak olmasıdır. Bu gibi alanlarda erozyonu kontrol altına alabilmek için baklagiller familyasından olan çok yıllık geven bitkisi üzerinde durulmalıdır. Bu konuda gözlem çalışmaları yapan Delibaş(1989), geven bitkisinin en dik, en kayalık yamaçlarda bile toprak yüzeyini bir zırh gibi örterek aşınmasını önlediğini, kapladığı alanlarda erozyonu 4-5 yıl içinde tamamen kontrol altına aldığını gözlemlemiş ve her geven bitkisi arkasında kendi kapladığı alanın 2-3 katı kadar toprak tutabildiğini belirtmiştir.

3. Mer' a alanlarında alınacak önlemler

Mer' a olarak ıslah edilecek arazide esas amaç, erozyona engel olabilecek bir ot örtüsünün tesisi ve devamlılığının sağlanmasıdır. Bunun için ıslah hendekleri, tesviye karıkları, örme çitler gibi fiziki önlemler yanında otlandırma gibi kültürel önlemler ve kontrollü ve dönüşümlü otlatma gibi idari önlemler uygulamada kullanılmalıdır.

5.1.2. Oyuntuların Önlenmesi ve Yatak Islahı

Oyuntu ve yataklarda erozyon ve rüsubat hareketinin, yani oyulmalar ile bunun sonucu oluşan göçme ve heyelanların durdurulabilmesi için akan suyun oyma ve sürüklenme gücüyle suyun üzerinde aktığı zeminin dayanıklılığı arasında bir denge kurmak gerekir. Bu da iki şekilde sağlanır :

1) Ya yatak ve oyuntularda taban eğimi düşürülerek suyun hızı ve dolayısıyla sürüklenme ve oyma gücü azaltılmalı, oyuntu ve yataklarda taban eğiminin düşürülerek oyulma, göçme ve heyelanların kontrolü amacıyla yatak eksenine dik olarak inşa edilen çeşitli tipte eşikler (bitkisel, ahşap, kuru taş veya kargir), ıslah sekileri, taban kuşakları ve biritler yapılmalıdır.

2) Veya mevcut dere profili değiştirilmeden, yapılacak tahkimatla zeminin ve kıyılarının dayanıklılığı arttırılmalıdır. Bu amaçla çeşitli cins kaplamalar (bitkisel, beton v.s), kıyı duvarları, taş dolgu ve anroşmanlar gibi tesisler inşa edilmelidir. Kıyı şevlerinin tahkiminde kullanılması gereken ağaç türleri havzada bolca bulunan ve yetişmesi kolay olması nedeniyle özellikle söğüt, ığde ve kavak olmalıdır. Oyuntu erozyonunun fazla olduğu yan dereler ve bunlara bağlı sel dereciklerinde civarda bulunan mahalli malzemeler ile kuru duvar eşikler yapıldıktan sonra bu eşiklerin alt ve üst kısımlarına elverişli şartlar mevcut ise yine söğüt ve kavak dikilmelidir. Havzada yerli bir ağaç türü olan yaban kavakları da bu amaç için kullanılabilir.

Sonuç olarak etkili bir erozyon kontrolü; yukarı havzalarda toprağı koruyan ve akışı düzenleyen bitki örtüsünün korunmasını, geliştirilmesini ve gerekli yerlerde yeniden tesisini esas almalıdır. Ayrıca havzada toprak ve su kaynaklarının korunması için bütün ilgili kuruluşların katılımı ile hazırlanacak program ve projelere göre gerekli kültürel, teknik ve yönetsel önlemler en kısa zamanda uygulanmaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akalan, İ. Toprak ve Su Muhafazası, A. Ü. Ziraat Fakültesi No: 532, Ankara, 1974.
- Anderson, H.W. Suspended Sediment Discharge as Related to Stream-Flow, Topography, Soil and Land Use, Transactions of the American Geophysical Union 35: 268-281, 1954.
- Apan, M. Hidroloji Ders Notları, Atatürk Üniv. Ziraat Fak Yayınları, Erzurum, 1981.
- Atalay, İ. Türkiye' de Aktüel Sedimentasyon Problemleri, Prospektör Dergisi, Sayı: 2, 105-119 Ankara, 1973.
- Aydemir, H. Orman Tahribatının Sathi Su Akımı ve Sediment Taşınması Üzerine Tesirleri Hakkında Kızılcahamam 'a Bağlı Çamkoru' da Yapılan Araştırmalar, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten, Seri No: 24, 7-14, Ankara, 1967.
- Benson, M. A. and Thomas, D. M. Generalization of Stream Flow Characteristics from Drainage-Basin Characteristics, Geological Survey, Wat-Sup, 1970.
- Bouyoucos, G. J. The Clay Ratio as a Criterion of the Susceptibility of Soil to Erosion, Jour, Am. Soc. Agron, 27, 738-741, 1935.
- Brown, W.M. and Ritter, J.R. Sediment Transport and Turbidity in the River Basin California, U.S. Geological Survey Water Supply 70, 1971.
- Bryan, R. B. The Relative Erodibility of Soils Developed in the Peak District of Derby Shire, Geografiska Annaler, 51 A: 149-154, 1969.
- Chang, F.M. Total Bed-Material Discharge in Alluvial Channels 12 th. Congress TAHR. For Collins, 1967.
- Chow, V. T. Handbook of Applied Hydrology, Mc Grow Hill Book Company, Section 17 New-York, 1964.
- Çeçen, K. Vahşi Derelerden Su Alma, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Kütüphane Sayı: 485, 3 - 10, İstanbul, 1962.

- Celebi, H. Toprak Erozyonu, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 37, 46 - 62 Erzurum, 1971.
- Celebi, H. Yüzey Akış ve Yüzey Akış Miktarını Hesaplama Metotları, Ata. Üniv. Yayınları No:193, Ziraat Fak. Yayınları No : 101, Yardımcı Ders Kitabı No: 8 , Ankara, 1973.
- Delibaş, L. Erozyona Karşı Geven, Bilim ve Teknik Dergisi, Cilt : 22, Sayı : 256, 28-29Ankara, 1989.
- Department of the Interior (USDI).Analysis of Flow Duration, Sediment Rating Curve Method of Computing Sediment Yield. U.S. Bureau of Reclamation on Sedimentation Section, Denver, Colorado, 1951.
- D.M.İ.G. Müdürlüğü, Ortalama, Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, Ankara,1984.
- DSİ Genel Müdürlüğü, Ülkemizde Erozyon Sorunu, Ankara , 1990.
- DSİ Genel Müdürlüğü, Kürtün Barajı Planlama Raporu, DSİ VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun, 1976.
- DSİ Genel Müdürlüğü, Su Yılı Akım Neticeleri(1985-1987), Ankara, 1987.
- Dinçer, T. Kızılırmak Sediment Hesapları ve Hirfanlı Barajının Sediment Problemi, DSİ Yayın No : 18-2, Ankara, 1959.
- Doğan, O. Toprak Kanseri Erozyon, EİE Bülteni, Sayı : 39-40, Ankara, 1972.
- EİE Genel Müdürlüğü, Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri, EİE Genel Müdürlüğü, Yayın No : 87-44, Ankara, 1987.
- EİE Genel Müdürlüğü, Su Yılı Akım Neticeleri, EİE Genel Müdürlüğü, Ankara, 1968-1991.
- Einstein, A. H. The Bed-Load Function for Sediment Transportation in Open Channel-Flow, U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1026, 1950.
- Einsenlohr, W. S. Use of Records of Runoff to Estimate 25 Year Average Runoff in the Potomac River Basin, U. S. Geological Survey Research, Professional 458-D, 178-179, 1962.

- Ekern, P. C. Rainfall İntensity as a Measure of Storn Erosivity, Soil, Sci. Soc. Amer.Proc. 18, 212-216, 1954.
- Ergene, A. Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:12 :243 Erzurum, 1982.
- Erkek, C., Ağralıoğlu, N. Su Kaynakları Problemleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Sayı : 1433 İstanbul, 1991.
- Erinç, S. Tatbiki Klimatoloji ve Türkiyenin İklim Şartları, İstanbul, 1957.
- Ertuğrul, H. Erzurum Ovası Topraklarında Faydalanma Şekliyle Mevkiinin Toprakların Sulama ile İlgili Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Tesiri, A. Ü. Ziraat. Fak. Zirai Araştırma Enstitüsü, Araştırma Bülteni No: 25, Erzurum, 1968.
- Güresinli, Z.Y. Türkiye' de Sedimentasyon Sorunu ve Kontrolü Üzerine Bir Araştırma (Teknik Rehber), DSİ Genel Müdürlüğü, Sivas, 1987.
- Holeman, J. N. The Sediment Yield of Major Rivers of The World : Water Reseour
- Hudson, N. Soil Conservation BT. Bastford Limited 4, Fitshardinge Street London W 1,320, Cornel University, 1971.
- Karakaplan, S. Sedimentasyon, Toprak ve Su Muhafazası Mühendisliği Ders Notları, A. Ü. Ziraat Fakültesi 1-2, Erzurum, 1977.
- Kılınç, M.Y.Sediment Problemi-Tarımsal Kirlenme, O.D.T.Ü. Mühendislik Fakültesi İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Üniversite Sonrası Erozyon ve Sedimentasyon Kurs Notları,1ve 2. Bölüm : 1-18, Ankara, 1976.
- Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Gümüşhane İli Toprak Kaynağı Envanter Haritası, Trabzon Köy Hizmetleri Bölge Müdürlüğü, Trabzon, 1992.
- Kurhan, N. Türkiyenin Başlıca Yabancı Otları, Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Karantina Müdürlüğü Yayınları Teknik Bülten No : 45, Ankara, 1969.
- Langbein,W.B. Topographic Charasteristics of Drainage Basins, Geo. Sur. Wa-Sup.,1968.

- Miller, C.B. Analysis of Flow-Duration, Sediment-Rating Curve Method of Computing Sediment Yield, U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation Sedimentation, Denver, Colorado, 1951.
- Musgrave, G.W. How Much of The Rain Enters The Soil, U.S. Department of Agriculture Year Book 151-159, 1955.
- Norcross, T.W. Handbook of Erosion Control Engineering on The National Forest 4-21, 1956.
- Oakes, H. Türkiye Toprakları, Türkiye Ziraat Mühendisleri Birliği Yayını, İzmir, 1958.
- Olson, T.C; Wischmeier, W.H. Soil Erodibility Evaluations for Soil on Runoff and Erosion Station, Soil Sci. Soc. Am., 1963.
- Owen, O.S. Natural Resource Conservation, an Ecological Approach The Macmillian Company, New-York, 1971.
- Özal, K. Feyazan Hidrolojisi Hakkında Genel Bilgiler, Taşkınlar Hidrolojisi, 1-10 DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 1968.
- Özdemir, H. Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, Ankara, 1978.
- Özer, Z. Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber), Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Havza Islahı ve Göletler Daire Başkanlığı, Ankara, 1990.
- Richards, L.A. Soil Moisture U.S.D.A. Soil The Yearbook of Agriculture, S.49-60, 1957.
- Robinson, A.R. Sediment as a Pollutant, Journal of Soil and Water Conservation, Vol.26 No:2: 61, 1971.
- Seler, K. Sularda Rüşubat Hareketi, Etüt ve Planlama Rehberi, No: 11-8 Kot No: 338: 4-5 DSİ Matbaası, Ankara, 1958.
- Soydam, S. Rezervuarlarda Toplanan Sedimentin Birim Ağırlığı, DSİ Etüt ve Planlama Rehberi No: 11-23, Ankara, 1960.

- Soykan, J. Hidroloji, Kısım I-II, Topraksu Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Tarsus, 1967.
- Soykan, I. Ankara Beytepe Su Toplama Havzası Hidrografının Çıkarılması v e Bunun Benzer Havzalarda Uygulama İmkanları Üzerinde Bir Araştırma, Ankara, 1972.
- Stallings, J.H. Soil Conservation, Printice Hall, Inc. Englewood Ciffs N.J. 53 - 68, 1957.
- Swanson, N.P. and Dedrick, A.R. Soil Particles and Aggregates Transported in Water Runoff Under Various Slope Conditions Using Simulated Rainfall, Trans,A.S.A.E.19, 1967.
- Şorman, Ü. Türkiye' de Seçilen Drenaj Havzalarının Kantitatif Analizi, Ankara, 1975.
- Uslu, S. Muhtelif Arazi Kullanma Şekillerinin Yüzeysel Akış ve Erozyon Üzerindeki Tesiri, İ.Ü.Orman Fak. Yayını No: 167, İstanbul,1971.
- Üçüncü, N. DSİ Erozyon Kontrol Çalışmaları, DSİ Genel Müdürlüğü Erozyon Mühendisleri Semineri (14-19), 1-5, İzmir,1975.
- Üner, N. Tabiatın Muhafazası Bakımından Toprak ve Su Mes'eleleri, Türkiye Tabiatını Koruma Cemiyeti Yayınları, Yıl : 3 Sayı :1: 35-45, Ankara, 1969.
- Walls, J. R. and Anderson, H.W. An Applications of Multi-Variate Analysis To Sediment Network Design, International Association of Scientific Hydrology, Publication 67: 357-378, 1965.
- Wischmeier W.H. Rainfall Energy And Its Relationship to Soil Loss Transactions, American Geophysical Union, Vol. 39. No : 2, 1958.
- Yalın, S. An Expression for Bed-Load Trensportation, Proc.A.S.C.E.Vol.89 No: HY 3, 1963.
- Yamanlar, O. Kızılırmak Nehri Yağış Havzası Yukarı Mıntakalarında Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Hirfanlı Barajının Siltasyondan Korunması İmkanlarına ait Etütler, E.İ.E. Yayınları, Ankara,1957.

Yurtsever, Y. Türkiye' nin Muhtelif Akarsularında Taşınan Sediment Miktarının Tayini için bir Etüt, Türkiye İnşaat Mühendisleri V. Teknik Kongresi Raporu No: 18, Ankara, 1970.

Yücel, Ö. Akarsularda Çökelti Maddesi Taşınımı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Üniversite Sonrası Kurslar, Bölümü 4,1- 99,5:1-36 ve 6:1- 44, Ankara,1976.

Yüksel, A. N.; Altay, H. Meteoroloji Ders Notları, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fak. Ders Notu No : 27, Yayın No : 31, Tekirdağ,1986.

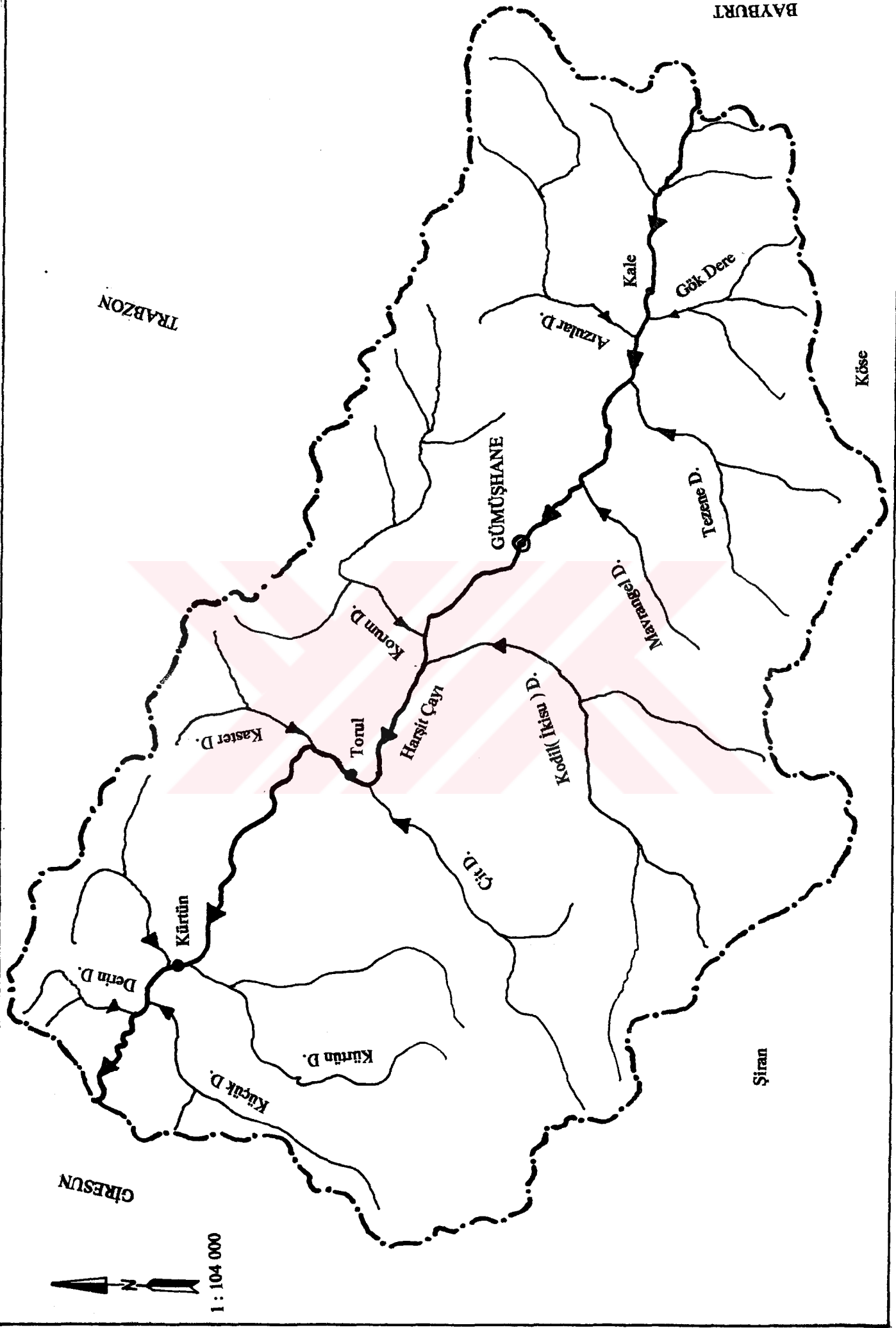


ÖZGEÇMİŞ

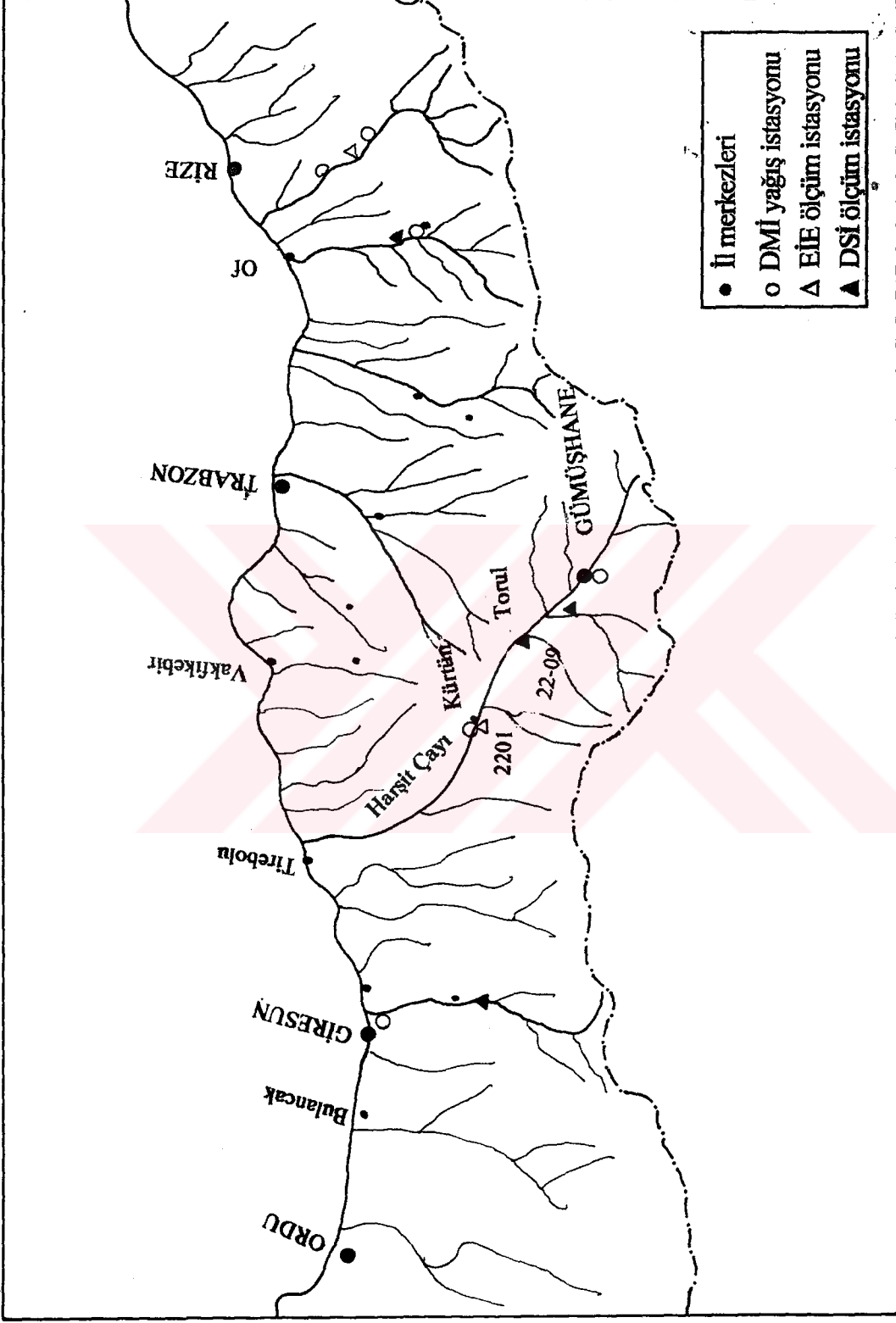
1964 yılında Gümüşhane'de doğdum. İlk ve orta tahsilimi Gümüşhane' de tamamladım. 1984 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik bölümünde okumaya hak kazandım. 1988 yılında lisans öğrenimimi tamamladıktan sonra 1989 yılında askerlik görevimi yerine getirdim. 1992 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesinde araştırma görevlisi olarak göreve başladım ve halen bu görevime devam etmekteyim.



Ş.K-1. Harsit çayı ve yan dereleri gösteren harita



EK-2. Havzada EIE ve DSI istasyonlarını gösteren harita



EK-3. Türkiye’de yağışın zaman içerisinde dağılımını gösteren harita

