ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KORUBAŞI-ARAK DERESİ ASKIDAKİ SEDİMENT TAŞINIMININ ANALİTİK YÖNTEMLER İLE İZLENMESİ

Volkan OĞUZ

TOPRAK ANABİLİM DALI

ANKARA
2010

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Volkan OĞUZ tarafından hazırlanan **"Korubaşı-Arak Deresi Askıdaki Sediment Taşınımının Analitik Yöntemler İle İzlenmesi"** adlı bu tez çalışması 22/10/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mustafa R. ÇANGA
Ankara Üniversitesi Toprak Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Mustafa R. ÇANGA
Ankara Üniversitesi Toprak Anabilim Dalı

Üye: Prof. Dr. Mahmut YÜKSEL
Ankara Üniversitesi Toprak Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Halit APAYDIN
Ankara Üniversitesi Toprak Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Orhan ATAKOL
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KORUBAŞI-ARAK DERESİ ASKIDAKİ SEDİMENT TAŞINIMININ ANALİTİK YÖNTEMLER İLE İZLENMESİ

Volkan OĞUZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa R. ÇANGA

Sediment taşınım modellemesi için öncelikle sediment taşınımı mekaniğinin anlaşılması önem arzetmektedir. Bu amaçla kullanılan bazı eşitlikler ve eşitliklerdeki bazı parametrelerin elde ediliş şekli ve açıklamaları sediment taşınım modellemesinin yapılmasında ve herhangi bir akarsu havzasında yapılan çalışmalarda yol gösterici olmaktadır. Bu çalışmada, kullanılan model ve eşitlikler, sediment taşınım eşitliğinden yola çıkarak askıdaki (süspanse) sediment taşınımını belirlemek için kullanılan esas akış parametreleri olan taban kesme basıncı, birim debi, akış derinliği, akış hızı, ve akış gücüdür. Bunların yanı sıra kullanılan parametreler ve katsayılar; Shields parametresi, Brownlie, Froude sayısı ve Reynold sayısıdır.

Sediment taşınım mekaniği eşitlikleri ve bazı modeller ışığında, bir akarsu havzasında, sediment taşınım modellerinin yorumlanabilmesi için, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından işletilmekte olan Korubaşı Deresi (Bolu) – Arak 1343 No.lu Akım Gözlem İstasyonu (1343 No.lu AGİ) verileri değerlendirilmiştir. AGİ'deki akım ölçüm teknikleri için, debi ölçüm noktasındaki akarsu enkesitinin çıkarılması; akım ölçüsü ışığında yapılan sediment örneklemesi, verilerin kartlara işlenme şekli, numunelerin sediment laboratuvarına nakli, laboratuvar analiz şekli ve sonuçlarının irdelenerek sediment anahtar eğrisinin hazırlanışı incelenmiştir.

Bu incelemede, EİE'ce 13 yıldan bu yana elde edilen AGİ verileri ve havzaya bizzat gidilerek belirlenen havza karakteristikleri ışığında, erozyon şiddeti belirlenmiştir. Sediment taşınımı AGİ'de ölçülmüş akım ve sediment değerleri ile minitab programıyla oluşturulmuş modellerden tahmin edilerek yağış alanından gelen sediment miktarı 6560 ton/yıl, ortalama sediment verimi 52 ton/ yıl/ km^2 olarak hesaplanmıştır.

Ekim 2010, 82 sayfa

Anahtar Kelimeler: sediment taşınımı, akış parametreleri, akım gözlem istasyonu, akarsu enkesiti, sediment örnekleme, sediment anahtar eğrisi, toprak erozyonu.

ABSTRACT

Master Thesis

MONITORING SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORT OF KORUBAŞI-ARAK STREAM BY ANALYTICAL METHODS

Volkan OĞUZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa R. ÇANGA

In order to make sediment transport modelling before all else it is important to understand sediment transport mechanics. Some equations and the way of parameters are obtained in these equations and explanation of these equations, which are used for this purpose, lead making model of sediment transportation and the studying in a river basin land. The models and equations used in this study are shear stress, unit flow, flow depth, flow velocity and stream power. These are main flow parameters used for sediment transport in suspension and set of from sediment transport equation. The other used parameters and approaches are; Shields parameter, Brownlie, Froude number and Reynold number.

In order to interpret sediment transport models, in a river basin, in the light of equations of sediment transport mechanics and some models, the data of Arak Flow Monitoring Station numbered 1343 (FMS No 1343) - Korubaşı Valley (Bolu) which is run by General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration (EİE) was evaluated. For flow measurement tecniques at FMS, the preparation of sediment key curve was analyzed by examining taking out of river cross-section at flow measurement point, making sediment sampling in the light of flow, way of processing the data to cards, transportaion of samples to sediment labaratory, laboratory analysis methods and these results.

At this analysis, in the light of data gathered by EİE for 13 years and the characteristics of the basin which were determined personally, the erosion stress of the basin was determined. Sediment transport was estimated by measured flow and sediment values at FMS and the models developed by minitab programming. The amount of sediment coming from precipitation area was calculated as 6560 tone/year and also average sediment yield was calculated as 52 tone/year/km^2.

Ekim 2010, 82 pages

Key Words: sediment transport, flow parameters, flow monitoring station, river cross-section, sediment sampling, sediment key curve, soil erosion.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülkemiz, farklı mevsimlerin kısa aralıklarla yaşandığı; erozyon açısından dezavantaj olan bu duruma güncel ve dinamik tektoniğin neden olduğu sürekli kırıklanma ve ufalanma nedeniyle de erozyonunun çok yaygın ve yoğun olduğu bir ülkedir. Tez hazırlanırken, erozyon önleme çalışmalarının ülkemiz için ne kadar çok ciddi ve yaşamsal bir konu olduğu; farklı mevsimleri avantaj olarak görüp jeolojik açıdan kısa sayılabilecek süre içinde oluşan toprakların korunması için ne gibi mühendislik yapılarının tasarlanması hususuna bir katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Tez programının her aşamasında yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyen, sürekli teşvik ve desteklerini gördüğüm danışmanım, Sayın Prof. Dr. Mustafa ÇANGA'ya (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi), tez konusunun belirlenmesinde, tezin tamamlanmasında yardımcı olan Prof. Dr. Günay ERPUL'a (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi) ve bütün sorularıma sabırla cevap veren Araş. Gör. Selen DEVİREN SAYGIN 'a içtenlikle ve saygıyla teşekkür ederim.

Ayrıca, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE)'nde, faaliyette olan Korubaşı Deresi–1343 No.lu Arak akım gözlem istasyonunun verilerinin tez çalışmalarında kullanılmasına izin veren Hidrolik Etütler Dairesi Başkanı Ömer AYHAN'a, Şube Müdürleri İsmail UÇAR'a ve Ekrem YALÇIN'a; büro çalışmalarındaki yardımlarını esirgemeyen Meteoroloji Mühendisi İsmail KÜÇÜK'e ve Sediment laboratuvarındaki çalışmalardaki katkılarından dolayı Ziraat Mühendisi Salih ULUDAĞ'a teşekkür ederim.

Son olarak, bugüne kadarki yaşamım boyunca hep yanımda olan, beni her konuda sürekli destekleyen sevgili annem Hatice OĞUZ ile babam Ali OĞUZ'a ve tezin her aşamasında teşvik ve desteklerini esirgemeyen Aslı TERZİOĞLU'na teşekkür ederim.

Volkan OĞUZ
Ankara, Ekim 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET…….. **i**

ABSTRACT…….. **ii**

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR…….. **iii**

ŞEKİLLER DİZİNİ....……..…… **vi**

ÇİZELGELER DİZİNİ……..…….. **vii**

1.GİRİŞ…….....…….….. **1**

2. KAYNAK ÖZETİ……..… **5**

3. MATERYAL ve YÖNTEM……..... **8**

3.1 Materyal …….....…….. **8**

3.1.1 Çalışma alanı…….....…….…….. **8**

3.1.2 Korubaşı deresi havzasının karakteristikleri ……..……..…… **11**

3.1.3 Havzanın topografik yapısı ile hidrografik karakteristikleri..... **12**

3.1.4 Havzayı oluşturan kayaçlar..... **13**

3.1.4.1 Bolu granitoyidi (PƐb)……..……..…….. **13**

3.1.4.2 Ereğli formasyonu (ODe)……...…….……... **14**

3.1.4.3 Yılanlı formasyonu (DCy)…….....……... **14**

3.1.4.4 Ulus formasyonu (Ku) .....…….....……. **15**

3.1.4.5 Abant formasyonu (KTab)..... **15**

3.1.4.6 Akveren formasyonu (KTa)..... **15**

3.1.5 Havzanın iklim ve hidrolojik karakteristikleri..... **17**

3.1.6 Havzadaki sediment karakteristikleri…….……..…….. **18**

3.1.7 Havzadaki toprak karakteristikleri …….……...…… **20**

3.1.8 Havzanın vejetasyon karakteristikleri.…….....…..……... **20**

3.1.9 Havzada arazi kullanma karakteristikleri.....……...…….. **20**

3.1.10 Havza karakteristikleri arasındaki etkileşim…….....… **21**

3.1.11 Havzada kullanılan sediment örnek alma aletleri……..... **22**

3.1.11.1 Nokta entegrasyonuna göre numune alıcıları ……... **22**

3.1.11.2 Derinlik entagrasyonuna göre numune alıcıları……...… **22**

3.1.11.3 Süspanse sediment numune alıcıları……... **23**

3.1.11.4 Elden sediment numunesi alma aleti (dh-48)……...….. **24**

3.1.11.5 Askıdan sediment numunesi alma aleti (D-49)……..… **26**

3.2 Çalışma Yöntemi **28**

3.2.1 Sediment taşınım eşitlikleri..... **29**

3.2.2 Modeller ve eşitlikler……..... **29**

3.2.3 Kesme basıncı…….... **30**

3.2.4 Akış gücü…… **32**

3.2.5 Shields parametresi……... **33**

3.2.6 Brownlie yaklaşımı ……... **34**

3.2.7 Froude sayısı……..... **34**

3.2.8 Reynolds sayısı…….….. **35**

3.2.9 Sediment taşınımının analitik yöntemlerle izlenmesi…….….... **36**

3.3 Havzada Değişik Kesitlerde Süspanse Sediment Ölçümleri...…….…. **37**

3.3.1 Numune alma yöntemleri…….……. **37**

3.3.2 Nokta yöntemi (noktasal örnekleme)…..... **38**

3.3.3 Derinlik entegrasyon yöntemi..... **38**

3.3.4 Altı dikeyden sediment numunesi alınması..... **40**

3.3.5 Dikey yerlerinin tespiti **40**

3.3.6 On dikeyden sediment numunesi alınması…….……..... **41**

3.4 Sediment numunelerinin laboratuvar analizleri……..... **41**

3.4.1 Askıdaki sediment konsantrasyon tayini……..……..……..... **41**

3.4.2 Sedimentlerin tane büyüklüğü dağılımı tayini..... **42**

3.4.3 Filtrasyon yöntemi…….....……..... **43**

3.4.4 Buharlaştırma yöntemi …….....…… **45**

3.4.5 Deplasman yöntemi …….....…….... **45**

4. BULGULAR ve TARTIŞMA…… **46**

4.1 Sediment Anahtar Eğrisi, Taşınan Sediment Miktarlarının Hesaplaması ve Tahmin Oluşturma…….....…….... **49**

4.2 Akımdan (Q) Taşınan Sedimentin (Qs) Tahmin Edilmesi **56**

4.3 Kesme Basıncıdan (T) Taşınan Sedimentin (Qs) Tahmin Edilmesi…… **72**

4.4 Akış Gücüden (W) Taşınan Sedimentin (Qs) Tahmin Edilmesi……..... **74**

5. SONUÇLAR……... **78**

KAYNAKLAR…….……... **80**

ÖZGEÇMİŞ…….……... **82**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 İnceleme alanı yer bulduru haritası..... 8
Şekil 3.2 13 No.lu müteferrik batı karadeniz suları havzası..... 9
Şekil 3.3 Şekil 3.3 İnceleme Alanı, 1/25.000 Ölçekli, Yağış Alanı Haritası……. 9
Şekil 3.4 İnceleme alanındaki Korubaşı Deresi boykesiti krokisi..... 10
Şekil 3.5 Korubaşı D. – 1343 No.lu Arak AGİ akış yukarısından bir görünüm 11
Şekil 3.6 İnceleme alanı 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası……..... 14
Şekil 3.7 İnceleme alanındaki Akveren Formasyonu…… 16
Şekil 3.8 İnceleme alanında, ufuk hattındaki, Yılanlı Formasyonu……... 16
Şekil 3.9 İnceleme alanındaki Ulus Formasyonu…….. 17
Şekil 3.10 Standart dışı sediment taşınımına neden olan sağ sahil yamaç kopmaları…… 19
Şekil 3.11 Standart dışı sediment taşınımına neden olan sol sahil yamaç Kopmaları……... 19
Şekil 3.12 Havzada arazi kullanımı……. 21
Şekil 3.13 400 cl'lik sediment numune alıcısına konulan şişe……... 22
Şekil 3.14 Akarsuya girilerek yapılan akım ölçümlerinde kullanılan muline aleti 23
Şekil 3.15 Akarsuya girilerek yapılan akım ölçümü……... 23
Şekil 3.16 Akarsuya girilerek yapılan akım ölçümlerinden sonra kullanılan sediment numunesi aleti (DH-48)……. 25
Şekil 3.17 Askıdan (teleferik) yapılan akım ölçümlerinde kullanılan muline aleti 26
Şekil 3.18 Askıdan (teleferik) yapılan akım ölçümden hemen sonra kullanılan sediment numune alıcısı aleti 27
Şekil 3.19 Kesme Basıncı Dağılımı……. 32
Şekil 3.20 Bir akarsuyun dikeyinde su yüzünden tabana doğru inildikçe kesitin hızı, konsantrasyonu ve sediment debisi değişimi……..……... 39
Şekil 4.1 Korubaşı Deresi–1343 No.lu Arak AGİ sediment anahtar eğrisi…….. 50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Bolu iline ait meteorolojik istatistikî veriler (DMİGM, 2009)……. 17
Çizelge 3.2 Yağmur miktarı ve şiddetinin yüzey akış ve toprak kaybına etkisi (Alışık 1996) 18
Çizelge 3.3 Kesme Basıncı Dağılımı……... 31
Çizelge 3.4 Tane büyüklüğüne göre tavsiye edilen analiz metotları (Alışık 1996)… 43
Çizelge 4.1 Korubaşı D.-1343 No.lu Arak AGİ 1991-2005 arası ölçüm verileri….. 51
Çizelge 4.2 Korubaşı Deresi-1343 No.lu AGİ ölçüm veriler analitik Hesapları…… 57
Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 0,1- 4 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri.. 62
Çizelge 4.4 Akımdan taşınan sedimentin (Qs) tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler…….. 70
Çizelge 4.5. Akımdan tahmin edilen Qs değerleri için varyans analiz sonuçları…… 70
Çizelge 4.6 Qs'nin akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler…… 71
Çizelge 4.7 Akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Q'dan tahmin edilen Qs değerleri için varyans analiz sonuçları……. 71
Çizelge 4.8 Kesme basıncından Qs' nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait Parametreler…….. 72
Çizelge 4.9 Kesme basıncından tahmin edilen Qs için varyans analiz sonuçları 72
Çizelge 4.10 Kesme basıncından, akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Qs'nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler……. 73
Çizelge 4.11 Akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre t bağımlı değişkeninden tahmin edilen Qs değerleri için varyans analiz sonuçları…….. 73
Çizelge 4.12 Akış gücünden, akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Qs'nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler……. 75
Çizelge 4.13 Akış gücünden tahmin edilen Qs için varyans analiz sonuçları 75
Çizelge 4.14 akış gücünden, akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Qs'nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler……. 76
Çizelge 4.15 Akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre W bağımlı değişkeninden tahmin edilen Qs değerleri için varyans analiz sonuçları…….. 76

1. GİRİŞ

Bir akarsudaki ortalama akım miktarı, taşıdığı sediment miktarı ve suyun kalite sınıfı kısa bir zamanda tam doğrulukla tayin edilemez. Enerji üretimi ve erozyon kontrolü için sediment taşınım miktarının tahmini söz konusu olduğunda, bu değerlerin mümkün olduğu kadar uzun bir devre içinde ve yerinde ölçülerek belirlenmesi ihtiyacı vardır.

Kontrolsüz eğimin olumsuz etkileri, ormanların miktarında gözlenen azalma, yüzey akışlarının verimli üst toprak katmanını taşıyarak uzaklaştırması, arazilerin sürdürülebilirliği açısından tehdit unsuru olmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın ancak sürdürülebilir bir doğal çevre ile sağlanabileceği, bu sebeple, yoğun bir şekilde bilimsel ve diğer çevrelerce de sıklıkla tartışma zemini yaratan erozyon sorunu ülkemizde sıklıkla tekrarlanmakta, fakat gerek alınan önlemlerin yetersizliği gerekse önlem alma bilincinin yerleşmemesi sebebiyle, topraklar hızla ve geri dönülemez şekilde yok olmaktadır. Bugün gelinen noktada erozyon, artık sadece toprakların kaybı olarak endişe yaratmakla kalmıyor, aynı zamanda suyun da etkili kullanımı açısından problem oluşturmakta. Özellikle, Türkiye akarsu havzalarındaki askı sedimenti gözlem istasyonlarının, uzun yıllık ortalama değerleri, etkili akarsu kullanımında çıkabilecek sorunları açıkça ortaya koymaktadır.

Akarsularla taşınan sedimentler, havzalardaki erozyonun derecesini belirlediği gibi, su depolama yapılarında kapasiteyi azaltmasının yanında; verimli arazilerde birikerek arazinin değerini ve toprağın infiltrasyon hızını azaltma, akarsu yatağını yükselterek taşkın riskini ve zararını artırma, su alma yapılarının girişini tıkama, sulama ve drenaj kanallarının kapasitesini azaltarak bakım giderlerini artırma, sudaki çözünmüş oksijen miktarını azaltarak sudaki yaşamı kısıtlama, balık yumurtalarını örterek balıkların çoğalmasını engelleme, içme ve kullanma suyunun arıtma giderlerini yükseltme, tarım sanayi ve diğer kesimlerden kaynaklanan çeşitli kirleticileri taşıyarak çevreyi kirletme, göllerin rekreasyon özelliğini azaltarak çevre estetiğini bozma gibi zararlı etkileri de vardır (Alışık 1996).

Havza Amenajmanı, bir yağış havzasında erozyonu ve taşkınları kontrol altına almak ve arzu edilen kalite ve miktarda su üretmek amacı ile havzanın özelliklerine göre saptanmış temel amaçlara yönelik sosyal ve ekonomik koşulları da dikkate alarak, havzadaki doğal kaynakların idaresi ve bunlardan faydalanmanın düzenlenmesidir. Yukarıdaki tanımlara göre erozyon ve taşkınları kontrol etmek, kaliteli ve arzu edilen miktarda su üretmek, temel amaçları oluşturmaktadır. Ayrıca, hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi, su ürünleri elde edilmesi; tuz, soda, mineral maddeler, şifalı sular vb. maddeler üretilmesi, kanalizasyon işleri, dinlenme ve eğlenme yeri tesisi bir havzanın geliştirilmesinde göz önünde tutulması gereken önemli konulardır.

Havza düzeyinde su erozyonu zararlarının belirlenmesi, su ve toprak kaynaklarının, topografya ve bitki deseninin bir arada değerlendirilmesini gerektirir. Bu yüzden bir havzadaki yağış şiddeti, yüzey sularının kontrolü, toprakların erozyona karşı duyarlılığı, topografyanın su erozyonu açısından değerlendirilmesi ve havza bitki deseninin durumu havza yönetimi açısından önemli unsurlardır.

Havza, üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu havzalardan, sırtlardan geçen bir su ayrım çizgisiyle ayrılan alan, hidrolojik, topografik bir ünite olarak tanımlanabilir. Ayrıca havza, bir dere sistemiyle suları boşaltılan ve topografik olarak sınırlandırılmış bir alan, dere veya nehir üzerindeki hidrolojik bir birim, akarsu kesitine suların boşaltıldığı tüm alan şeklinde tanımlamaktadır (Şekil 3.3).

Erozyon insan ekolojisi ve ekonomisi bakımından; verimli üst toprağı uzaklaştırması, karayolları ve arazilerde oyuntulara, heyelanlara yol açması, akarsu kanalları ve su depolama havzalarında siltlenme, ötröfikasyon ve diğer birçok yolla çevresel bozulmaya neden olması ile çok önemli etkilere sahiptir. Erozyon karmaşık bir takım olayları içermekte olup, mekaniği ve kontrolü hakkında bilinmeyen daha çok husus vardır (Taysun vd. 1995).

Türkiye'de her yıl akarsularla 350 milyon ton toprak askı materyali olarak taşınmaktadır. Bunun ortalama % 20' si olarak kabul edilen yatak yükü de hesaplara

katıldığında, ortalama 420 milyon ton toprağın denizlere taşındığı tahmin edilmektedir (Çanga 1995).

Havzadan gelen sediment miktarının belirlenebilmesi için formüllere dayalı birçok yöntem geliştirilmiştir. Ancak, sediment ölçümleri tahminlere nazaran zor ve pahalı olmasına rağmen en iyi yöntemdir. Ölçüm ve gözlemlere dayanarak çeşitli akarsularımız için hesaplanmış sediment taşınım miktarları, bu akarsular üzerinde yapılması planlanan çok amaçlı su biriktirme mühendislik yapılarının projelendirilmesinde gerekli veri ihtiyacını karşılamasının yanı sıra akarsu havzaları için bulunan yıllık ortalama sediment verim değerleri erozyonun derecesini de belirlemektedir.

Askıdaki sediment ve akım, çeşitli araçlarla derenin bir noktasındaki gözlem istasyonunda belirli zaman aralıklarıyla ölçülür. Elde edilen akım ve sediment değerleri regresyonlar yapılarak anahtar eğrisi elde edilir. Elde edilen eğriden üssel bir değer hesaplanmıştır.

Bunlara ek olarak, akarsu eğimi, yatak pürüzlülüğü, morfolojisi, nehir genişliği, derinliği ve birim debi hesaplanarak akış gücü, taban keseme basıncı ile bunların sediment ve akımla olan regresyonları hesaplanmıştır.

Birbirine yakın akım değerleri ayrı ayrı sınıflandırılıp bunlardan kesme ve akış güçleri hesaplandıktan sonra istatistiksel yöntemlerle akımdan, kesme basıncından ve akış gücünden ayrı ayrı sediment tahminleri oluşturulmuştur, oluşturulan tahminlerden benzer derelerdeki sediment taşınımının hesaplanmasında yardımı olacak modeller geliştirilmiştir.

Askıdaki (süspanse) sediment örnekleri "Derinlik Entegrasyon Yöntemi**"** ne göre, akarsuyun tüm en kesitini ve derinliğini temsil edecek şekilde alınmaktadır. Sediment örneği alınmadan önce istasyonda akım ölçümü yapılmaktadır. Eğer ölçülen akım değeri istasyonun uzun yıllık ortalama akım değerinden büyükse 10 şakul (dikey) (toplam debinin % 5, % 15, % 25, % 35, % 45, % 55, % 65, % 75, % 85, % 95' i temsil

eden); küçükse 6 dikey (toplam debinin % 8, % 25, % 42, % 58, % 75 ve % 92 temsil eden) olarak bölünen ve her bir debi parçasını ortalayacak şekilde sediment örneği alınmaktadır.

Nehir yatağına girilerek akım ölçümü yapılan sularda ve askıdan (teleferik, kren kullanarak) akım ölçümü yapılan sularda farklı tip süspanse sediment örnek alma aletleri kullanılmaktadır. Alınan süspanse sediment örnekleri analizler için laboratuvara gönderilmektedir. Laboratuvara her istasyon için 6 ya da 10 şişe olarak getirilen sediment örneklerinden sedimentin gerekli özellikleri belirlenmektedir (Alışık 1996).

2. KAYNAK ÖZETİ

Akarsularda toprak taşınım modelleri; taşıyıcının, içinde yer aldığı havzanın karakteristiklerince tayin edilir. Taşınan sedimentlerin köken kayaç türleri, arazi eğim değerleri, bitki örtüsü, yağış rejimi en önemli karakteristiklerdir. Amaca uygun olarak seçilen akım-rasat istasyonları; taşınımın karakteri, taşınan sedimentin fiziksel özelliklerinden hareketle belirlenmeye çalışılmaktadır. Çalışmalarını yayın haline getiren yazar Alışık her istasyon için geliştirilen sediment-anahtar eğrileri yardımıyla ve mevcut akım değerlerini kullanarak akarsuyun taşıdığı süspanse-sediment miktarlarının hesaplanışını günlük verilere dayanarak vermiştir. Böylece, taşınan sediment miktarları yıllık olarak da hesaplanmış; amaca uygun olarak belirlenen ölçme süresince, uzun yıllar ortalaması dikkate alınarak akarsuyun taşıdığı yıllık-ortalama sediment miktarı (ton/yıl/km^2) olarak bulunmuştur.

Kohezif sedimantasyon teorisi (denge durum konsepti): Kohezif sediment (kil, silt) taşınımında uygulandığı gibi Kohezif olmayan (kum-çakıl) sediment taşınımında uygulanmaz. Yani, kohezif olmayan sediment taşınımında su sütunu ile yatak yüzeyi arasında sediment parçacıklarının sürekli değişimi vardır. Eşitlik durumu, yatak üzerinde, yataktan sürüklenen aynı sayıda, cins ve büyüklükte parçacıklar biriktiği zaman gerçekleşir. Kohezif parçacıkların aşınmalarını önleyen ana kuvvetler elektrokimyasal kuvvetlerdir. Yani, kohezif parçacıklar yatakla etkileşime girdiklerinde yatağa yapışma eğilimi gösterirler ve sürüklenmeye direnirler (Anonymous, 1995).

Birikim oranları, süspansiyon içindeki kohezif parçacıkların flökülasyonuna (bir araya toplanma) bağlıdır. Erozyonu, sürüklenmeyi, birikmeyi ve kohezif sedimentlerin birleşimini hesaplamak için analitik teknikler vardır (Anonymous, 1995).

Hareketin başlayışı; parça erozyonu için eşikler, eğer akışkanın ve sedimentin özellikleri biliniyor ise hidrolik parametrelerin ortalama değerleri kullanılarak hesaplanabilir. En önemli akışkan özellikleri ağırlık ve akışkanlıktır. En önemli sediment özellikleri ise büyüklük, şekil, spesifik yerçekimi ve çevresindeki

parçacıkların matrisi içindeki pozisyonudur(Anonymous, 1995).

Önemli hidrolik kuvvetler, kopma gerilimi, kaldırma, türbülansa bağlı basınç değişimleri ve diğer parçacıkların etkileridir (Anonymous, 1995).

Shields Parametreleri: Parça aşınması ile ilgili olarak akışkanın hızının belirleyici olmasına karşın, boyutsuz kopma gerilimi (veya Shields parametresi) ve Reynolds katsayısı arasındaki ilişkinin daha güvenilir bir belirleyici olduğu fark edilmiştir. Shields parametresi ve Reynolds katsayısı boyutsuzdur böylece bunların hesaplanmasında herhangi uyumlu ölçüm birimleri kullanılabilir (Anonymous, 1995).

Shields tarafından yapılan deney ve analizler ışığında, parametre için kritik değeri, deneysel olarak düzenli yatak malzemesi kullanarak ve yatak kopma geriliminin azalan seviyesinde sediment taşınımını ölçerek ve sonra sıfır taşınım sonucuna ulaşarak elde etmiştir.

Belirlenen kritik boyutsuz kopma gerilimi ile ilgili olarak görülen bazı problemler (sediment taşınımı ile oluşan yatakların hesaba katılmaması; yatağın pürüzlülüğünden ileri gelen sorunlar, vb.); Gessler (1971), Paintal (1971), Meyer-Peter ve Muller (1948) ve Gessler (1971), Neill (1968), Andrews (1983) gibi araştırmacılar tarafından geliştirilmiş, sorunlar giderilerek Shields parametresi ve d_{50} yüzey altı materyalinin ortalama çapı ile (En küçük değer 0,020 olarak bulunmuştur) ayrı parçacıklar için kritik kopma geriliminin çok küçük bir aralığa sahip olduğu bulunmuş ve böylece, bütün yatağın yaklaşık olarak aynı kopma geriliminde hareketli hale geldiği belirlenmiştir (Anonymous, 1995).

Sedimantasyon mühendisliğinde (ASCE 1975, s.126-152) The limerinos (1970) çakıl yataklı akarsular ve Einstein-Barbarossa (1952) pürüzlü şekilli yataklı akarsular için akım miktarı tahminleri geliştirmişlerdir. Brown (1981) ise regresyon eşitlikleri ile kumlu yataklı akarsularda hem tane, hem pürüzlülüğünü hesaplayan hidrolik radyanı

hesaplama şansını yakalamıştır.

Brownlie'nin direnç eşitlikleri yaklaşık 31 su yolu ve arazi veri setlerinden 1000 kayıta dayanmaktadır. Veriler doğruluk ve tutarlılık için Brownlie tarafından dikkatlice analiz edilmiştir. Direnç denklemleri parçacık ve şekil pürüzlülüğü için hesaplanmıştır. Fakat, taban pürüzlülüğü için hesaplanmamıştır. Parçacık boyutları 0,088 ve 2,8 mm arasında ve derinlik 0,025 ile 17 m arasında değişkenlik göstermiştir. Bütün bu veriler genişliğin derinliğe oranının 4'ten büyük olup yatak malzemesinin derecelenme katsayısınını 5 eşit veya küçük olduğunu göstermiştir. Regresyon denklemleri üst ve alt akışlar için ayrı direnç akımları geliştirmiştir. Denklemler boyutsuzdur ve herhangi bir birim seti ile kullanılabilmektedir. Verilen hidrolik durum setleri için alt ve üst rejim akışlarını belirlemek için, parçacık Froude numarası olan Fg ve değişken F'g, Brownlie tarafından tanımlanmıştır (Anonymous, 1995).

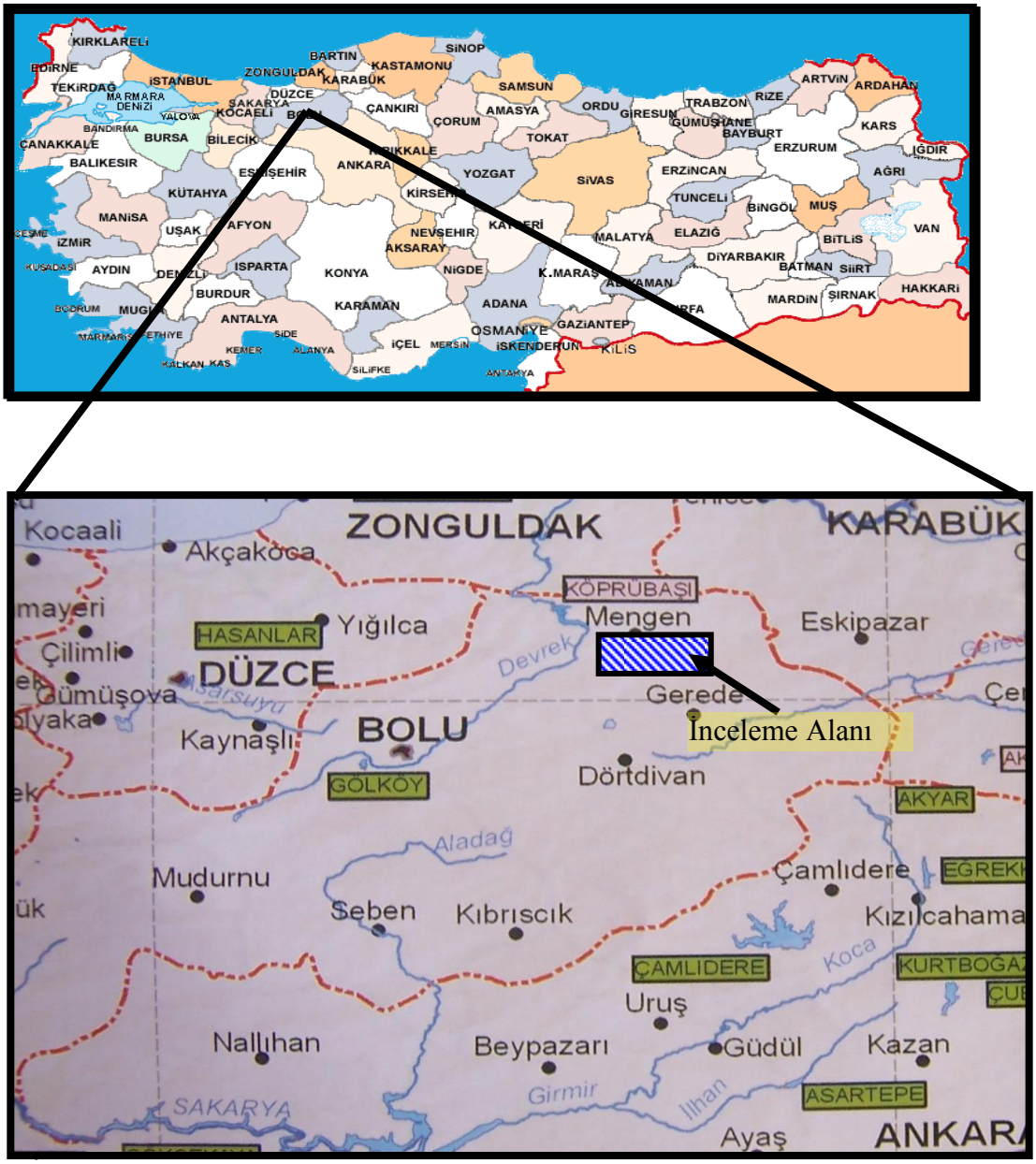
Brownlie'e göre S 0,006 dan büyükse veya Fg 1,25 F'F den büyükse üst rejim akışı gerçekleşir veya eğer Fg 0,8F'g'den küçükse alt rejim akışı gerçekleşir. Bu limitler arasında geçiş katmanı bulunmaktadır. Brownlie Yaklaşımı Sonuçları: Eğer S > 0,006 veya Fg >1,25 Fg' ise yüzey akış rejimi olduğu; Eğer Fg <0,8 Fg' ise yüzey altı akış eğimi olduğu belirleneceği önermesini ileri sürmüştür ve bu sayede taşınan malzemenin karakterine göre toprak erozyonundaki parçalanma ve taşınma sistemlerinden hangisine ait olduğu hususunda yorum yapma imkânları elde edilebilir (Anonymous, 1995).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

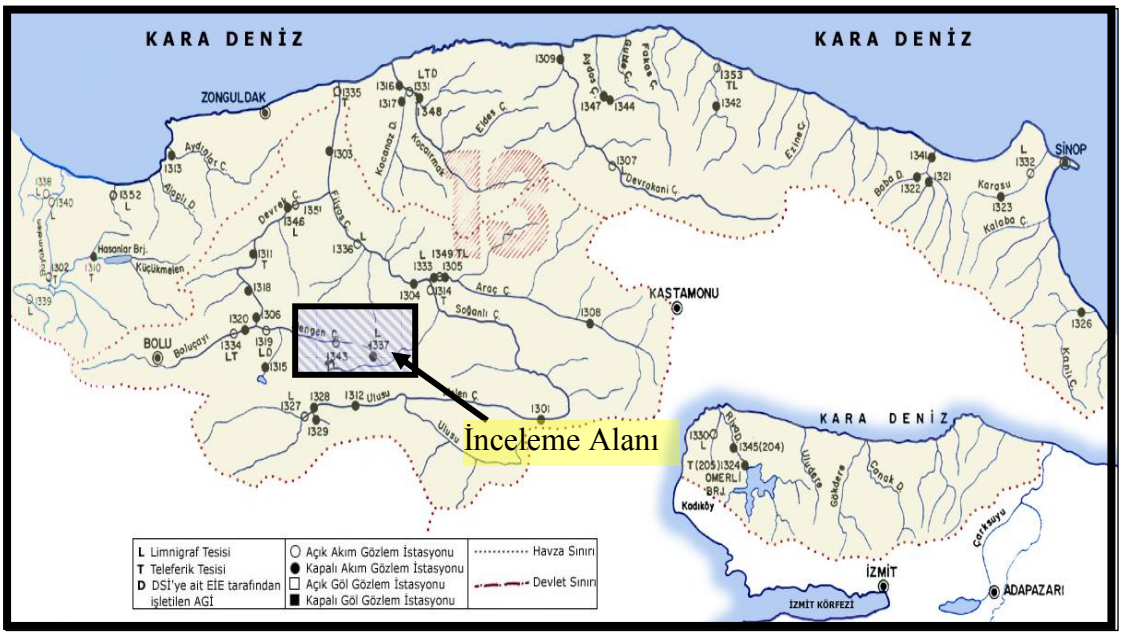
3.1.1 Çalışma alanı

Havza, Bolu il sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1).

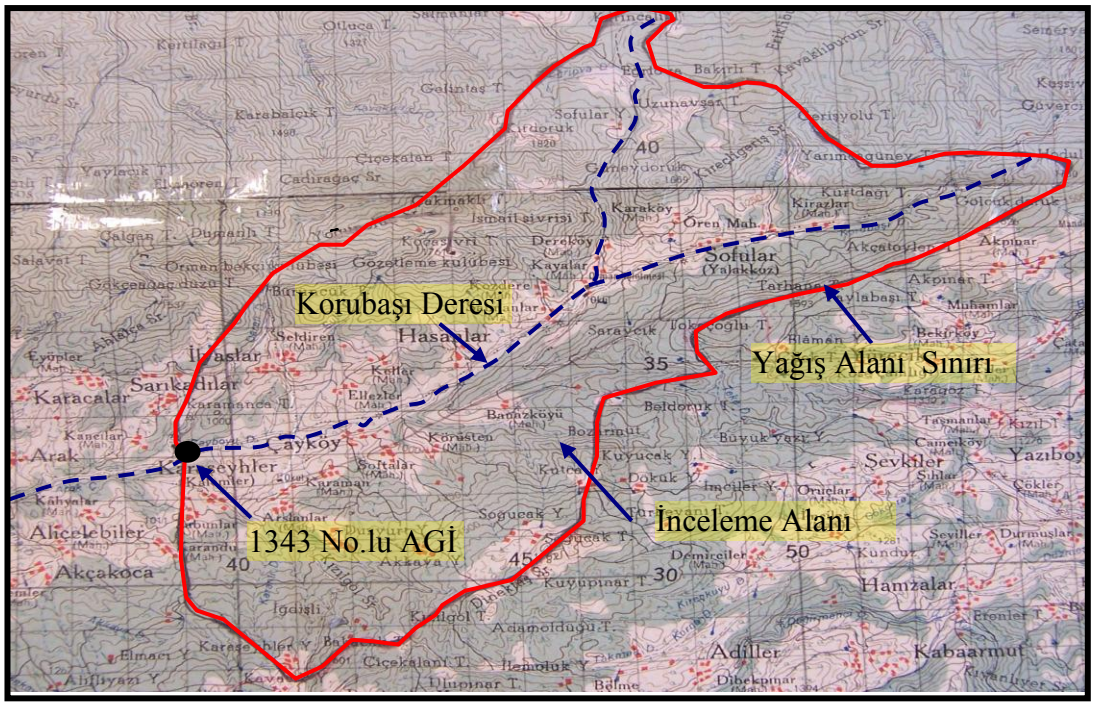


Şekil 3.1 İnceleme alanı yer bulduru haritası

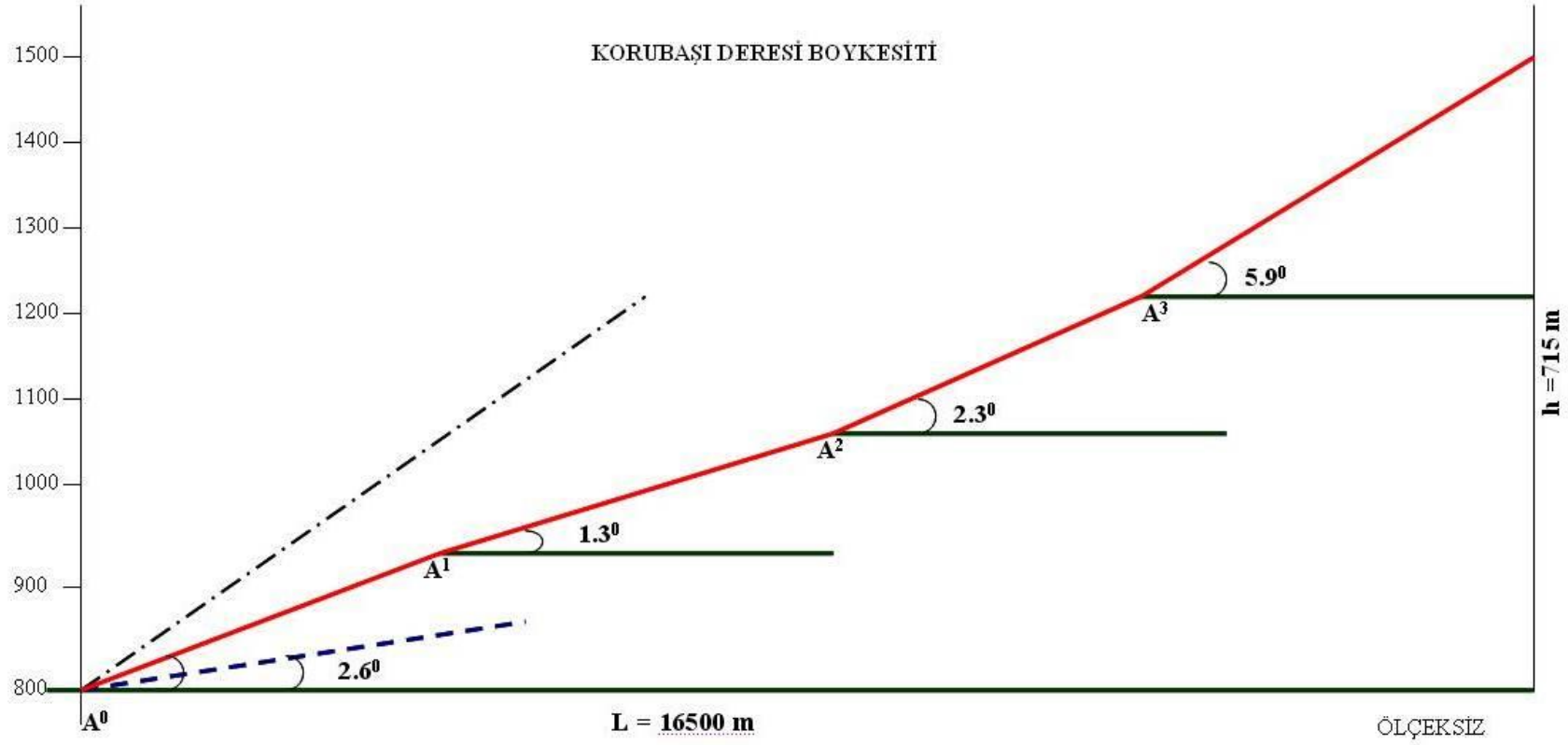
İnceleme alanının içinde yer aldığı akarsu ana havzası, 13 No.lu Müteferrik Batı Karadeniz Suları Havzasıdır. İncelemeye konu olan akarsu, Korubaşı Deresi, Havzanın ana akarsularından olan Filyos Çayı'nın bir koludur, (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 13 No.lu Müteferrik Batı Karadeniz Suları Havzası



Şekil 3.3 İnceleme Alanı, 1/25.000 Ölçekli, Yağış Alanı Haritası



$$\text{Yatak Eğimi } \varphi = \frac{h}{L}$$

Şekil 3.4 İnceleme Alanındaki Korubaşı Deresi Boykesiti Krokisi

Boy kesitin 777 m kotunda belirlenen enkesitteki 1343 No.lu Akım Rasat İstasyonu 1990 yılında kurulmuş ve 1991 yılından itibaren ölçümler ile sediment numune alımı başlamıştır. Korubaşı Deresi-Arak Akam Rasat İstasyonundan bir görüntü (Şekil 3.5)'te verilmiştir .



Şekil 3.5 Korubaşı Deresi 1343 No.lu Arak AGİ akış yukarısından bir görünüm

3.1.2 Korubaşı deresi havzasının karakteristikleri

Havzada yapılan incelemelerde, aşağıdaki sekiz (8) havza karakteristiği ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır. Bunlar;

1) Havzanın Topografik Yapısı ile Hidrografik Karakteristikleri

2) Havzayı Oluşturan Kayaçlar

3) Havzanın İklim ve Hidrolojik Karakteristikleri

4) Havzadaki Sediment Karakteristikleri

5) Havzadaki Toprak Karakteristikleri

6) Havzanın Vejetasyon Karakteristikleri

7) Havzada Arazi Kullanma Karakteristikleri

8) Havza Karakteristikleri Arasındaki Etkileşim

Bunlardan iklimin, toprak çeşitlerinin, topografyanın, bitki örtüsünün ve insan uygulamalarının en etkin öğeler olduğu görülmektedir. Bu havza karakteristiklerini bir şekilde açıklayabilen veya hesaplanılabilen parametreler haline getirebilen bir erozyon modeli, açık olarak diğer yöntemlere oranla daha etkin ve daha uygulanabilir olacaktır (Yılman 2006).

Saha verileri birbirlerini doğrudan etkilerken 1343 No.lu AGİ verilerinin de tamamen bunların etkisinde olduğu kolaylıkla görülecektir. Havza karakteristikleriyle ilgili ayrıntılar alt başlıklar altında verilmiştir.

3.1.3 Havzanın topografik yapısı ile hidrografik karakteristikleri

Çeşitli kayaçlardan oluşan inceleme alanında yapı ile hidrografik şartlar arasında yakın ilişkiler mevcuttur. Yapıyı meydana getiren birimlerin duruş biçimleri, farklı oluşum zamanları ve formasyonları meydana getiren kayaçlar çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklı aşınım ve birikim şekillerinin oluşumuna zemin hazırlayarak morfolojik gelişim yanında akarsu ağı üzerinde çok etkili olmuştur (Karadoğan 2005).

Havzanın topografik şeklinin oluşumunda etkin olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF) ve buna bağlı olarak gelişen ana tansiyon kırıkları ile diğer süreksizlik sistemleridir. Kuzeydoğu-güneybatı gidişli yapısal unsurlar ile vadinin sağ sahilindeki yükselim ve bindirmenin etkisiyle oluşan topografya orta sert karakterlidir. Akarsu drenaj ağı bu yapısal unsurlarla kontrol edilmektedir.

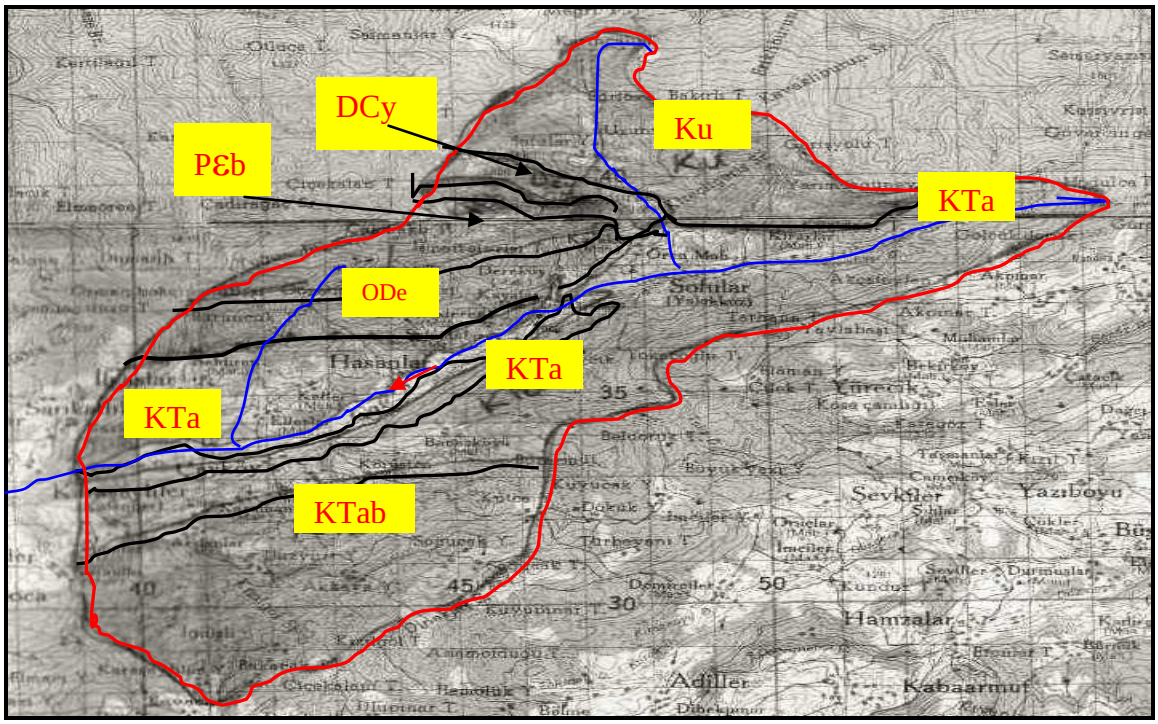
Toplam alanı 125 km^2 olan inceleme alanı, ana akarsu havzasının erozyon alanında (Schum, 1977) yer almakla birlikte yoğun bitki örtüsünün olumlu etkisiyle sediment verimi düşüktür.

3.1.4 Havzayı oluşturan kayaçlar

Şekil 3.6'dan da görüleceği üzere, havzada değişik kayaçlardan oluşan altı (6) formasyon belirlenmiştir. Oluşum sırasına göre, en yaşlıdan en gence doğru, dizilişleri, inceleme alanında görüldüğü yerler, içerdikleri kaya cinsleri, aşınabilme özellikleri ile türettikleri zemin türleri aşağıda verilmiştir.

3.1.4.1 Bolu granitoyidi (PЄb)

İnceleme alanında en yaşlı jeolojik birimdir. İç içe bulunduğu şistler arasında, magmanın yükselimi sonucunda, granitik sokulum şeklinde oluşmuştur. Korubaşı Deresi sağ sahilinde, Karaköy Mahallesi batısında (Şekil 3.6), aşınmaya karşı yüksek dayanımından dolayı en dik topografik yapıyı oluşturur. Yoğun bitki örtüsünün de etkisiyle en az sediment veren birimdir.



Şekil 3.6 İnceleme alanının 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası

3.1.4.2 Ereğli formasyonu (ODe)

Bolu Granitoyidi'ni örten en yaşlı çökel kayaçlardan oluşan bu formasyon, granitik kayaçların yüzeylendiği alanın hemen güneyinde yer alır. Şeyl, kumtaşı ve kireçtaşından oluşan birimdir. Yoğun bitki örtüsü sayesinde sediment verimi düşüktür.

3.1.4.3 Yılanlı formasyonu (DCy)

Granitik sokulumu kuzeyden sınırlayan birimdir. Stratigrafik dizilimde Ereğli Formasyonu üzerine çökelmiştir. Kireçtaşından oluşmuştur. Bitki örtüsüyle birlikte geçirgen yapısı sayesinde yağış anında yüzey sularını tuttuğundan ve aşınmaya karşı dayanımından dolayı çok az sediment verir (Şekil 3.7 - 3.8'de ufuk hattındaki birim).

3.1.4.4 Ulus formasyonu (Ku)

Havzanın en kuzeydoğusunda, kaynak kısmında yer alır. Şeyl, kiltaşı, marn ve kireçtaşından oluşmuştur. Erozyon oluşumunun en şiddetli olduğu bölgede bulunmasına karşın yoğun bitki örtüsü sayesinde sediment verimi düşüktür (Şekil 3.9).

3.1.4.5 Abant formasyonu (KTab)

Havzanın en güneyinde yer alır. Yoğun bitki örtüsü nedeniyle yüzlekler görülmez. Bloklu konglomera, kumtaşı, silttaşı ve marndan oluşmuştur. Yoğun bitki örtüsü sayesinde sediment verimi düşüktür.

3.1.4.6 Akveren Formasyonu (KTa)

İnceleme alanında en genç jeolojik birimdir. Havzanın en akış aşağısını oluşturan 1343 No.lu Akım Gözlem İstasyonu'ndan kaynak noktası olan Bağlar Tepe (1590 m)'ye kadar Korubaşı Deresi'nin her iki sahilinde yüzeylenir, (Şekil 3.6 - 3.7, 3.10). Filiş karakterlidir. Hâkim renkleri sarı, beyaz, grimsi yeşil; ince-orta kalın katmanlı; kumtaşı kırıntılı kireçtaşı, killi kireçtaşı-marn, kiltaşı-silttaşı ardalanmasından oluşur. Ayrışma ürünü olup henüz taşınmamış zemin şeklinde 1–5 m kalınlığında rezidüel zemin oluşmuştur. Kolay aşınabilen kayaçlar, yoğun bitki örtüsüne karşın sediment veren bir birimdir. Özellikle, transfer bölümüne yakın kesimlerle akarsuyla temas halinde olan yamaçlardan meydana gelen kopmalarla (Şekil 3.10 - 3.11) sediment verimi bazen standart miktarlarda sapmalara neden olmaktadır (Çizelge 4.3).



Şekil 3.7 İnceleme alanında Akveren Formasyonu



Şekil 3.8 İnceleme alanı ufuk hattında Yılanlı Formasyonu



Şekil 3.9 İnceleme alanında Ulus Formasyonu

3.1.5 Havzanın iklim ve hidrolojik karakteristikleri

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerinden Bolu ile ilgili olarak alınan kayıtlar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Bolu iline ait meteorolojik istatistikî veriler (Anonim, 2009)

BOLU	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 – 2006)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.0	1.9	4.9	9.8	13.9	17.3	19.7	19.6	16.0	11.7	6.5	2.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	5.5	7.1	11.2	16.7	21.2	24.5	27.2	27.4	24.2	19	12.6	7.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.9	-2.5	-0.3	4.1	7.7	10.5	13.0	13.0	9.7	6.3	1.9	-0.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.1	2.9	4.2	5.3	7.0	8.6	9.0	8.5	7.0	4.8	3.2	1.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.9	14.4	14.3	14.0	13.7	11.5	7.1	6.8	7.2	10.2	12.6	16.0
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 – 2007)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	19.8	20.8	28.0	31.8	32.3	37.0	39.3	38.7	37.3	34.0	25.8	20.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-18.8	-22.0	-17.8	-10.0	-2.1	2.4	4.4	4.2	0.4	-4.2	-12.8	-22.6

En Çok Yağış	21.05.1998	57.5 kg/m^2	En Hızlı Rüzgâr	06.02.2003	88.9 m/sn	En Yüksek Kar	14.02.2004	64.0 cm

Erozyon üzerine etkili iklim etmenleri yağış, rüzgâr ve sıcaklıktır. Bunlar arasında en önemlisi yağıştır (Alışık 1996). Yağmur miktarı ve şiddetinin yüzey akış ve toprak kaybına etkisi Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Yağmur miktarı ve şiddetinin yüzey akış ve toprak kaybına etkisi (Alışık 1996).

Yağmur Miktarı, mm	**Yağmur Şiddeti, mm/dak**	**Yüzey Akış Miktarı, lt**	**Toprak Kaybı, T/ha**
34,0	1,13	40,0	15 625
44,0	0,05	3,3	130

3.1.6 Havzadaki sediment karakteristikleri

İnceleme alanındaki jeolojik birimler bölgenin tektoniğinden dolayı aşırı kırıklanmıştır. Bölgenin bitki örtüsü ve yoğun yağışlar parçalı kırıklı kayaçları kolaylıkla rezidüel zemine dönüştürmekte, sınırlı yüzey akışıyla taşınmaları kolaylaşmaktadır. Rüzgâr ve su gibi taşıyıcı ajanlarla kil-silt tane boyundaki parçalar yoğun bitki örtüsüne karşın taşınabilmektedir.

Akım gözlem istasyonunda 13 yıl boyunca alınan sediment örneklerinde kil ve silt tane boyunun egemen olduğu laboratuvar analizlerinde belirlenmiştir.
Akarsu yatağında gözlenen alüvyon; kumlu çakıl türü zemin karakterindedir (Şekil 3.5), çakıl ve kum parçaları transfer bölümünde ve erozyon üretim bölümündeki drenaj ağını oluşturan yan vadi tabanlarındaki sürüklenmeden dolayı yarı yuvarlaktır. Feyezan dönemlerindeki aşırı sediment taşınımı yüzey aşınmalarından çok transfer bölümündeki arazi kullanımından ve yamaçlardaki küçük çaplı kitle hareketlerinden ileri gelmektedir (Şekil 3.10-3.11).



Şekil 3.10 Standart dışı sediment taşınımına neden olan sağ sahilde yamaç kopmaları



Şekil 3.11 Standart dışı sediment taşınımına neden olan sol sahilden yamaç kopmaları

3.1.7 Havzadaki toprak karakteristikleri

Akarsuyun transfer bölümünde bulunan ve tarımsal faaliyetlerde yer alan topraklar çoğunlukla Akveren Formasyonu'ndan türeyen zeminlerdir. Çakıllı, kumlu silt-kil zemin türü egemendir. Diğer kısımlarda oluşan topraklar doğal bitki örtüsü ile işgal edilmiştir (Şekil 3.12).

Sediment karakteristiklerini etkileyen özelliklere ek olarak iklim özelliği kalın rezidüel zonların oluşumunda etkendir. Bu zonlar taşınsın veya taşınmasın yaygın bir toprak örtüsünün oluşumunda etkendir.

3.1.8 Havzanın vejetasyon karakteristikleri

İnceleme alanında toprak oluşumuna uygun koşullar ve yağış rejimi sayesinde yoğun bitki örtüsü egemendir. Havzada bulunan Akveren Formasyonu'nda ise marn ve kilin egemen olduğu kısımlarda yüzey akışı gerçekleşmektedir. Bu alandaki bitki örtüsü fakirdir (Şekil 3.7 ve 3.8). Bu tür alanlar sınırlı olup havzanın geri kalan bölümlerinde çam türü bitki örtüsü egemen olmakla birlikte sedir ve kızılağaç türleri de yaygındır. Vadi tabanlarında ise söğüt ve kavaklar görülür. Bu ağaçlar arasında kısa otlar ve kaynağa doğru eğrelti otları yüzeyi tamamen kaplayarak sediment üretimini en aza indirmektedir.

3.1.9 Havzada arazi kullanma karakteristikleri

Akarsuyun sadece transfer bölümünde, çoğunlukla sağ sahilde, yer alan Akveren Formasyonu'nun yamaç molozları ile rezidüel zeminleri çevredeki yerleşim birimlerinde yaşayanların ihtiyaçlarının bir kısmını karşılayacak kadar ürünün yetiştirilmesini sağlayacak şekilde tarımsal amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 3.7 ve 3.12). Küçük sınırlanmış bahçeler şeklindeki araziler, akarsuya dik yönde sürüldüklerinde meydana gelen aşırı yağışlarda erozyon şiddeti artmaktadır.



Şekil 3.12 Havzada arazi kullanımı

14 yılın benzer ayları birlikte değerlendirildiğinde Batı Karadeniz için ekim ayları olan Mayıs-Haziran aylarında benzer akımlarda farklı sediment taşınımı olmaktadır. Ayrıca, topuk aşındırmasıyla dere yatağının hemen yakınındaki rezidüel zeminlerden ve yamaç molozlarından oluşan kopmalar homojeniteyi olumsuz yönde etkilemektedir.

3.1.10 Havza karakteristikleri arasındaki etkileşim

Jeolojik yapı en belirgin karakteristiktir. Sert, dayanımlı kayaçlar olan granitik kayaçlar ile kireçtaşı engebeli topografyayı oluşturmaktadır. Diğer çökel kayaçlar nispeten daha az eğimli yamaçlar sunmaktadır.

Bölgenin bol yağışlı iklim yapısı kayaçlardan türeyen toprak örtüsünde yoğun bitki örtüsünün oluşumunu sağlamakta; bu ise, erozyon üretim bölgesinde tane taşınımını engellemektedir. Ancak, kil- silt tane boyundaki sedimentler bitki örtüsüne karşın taşınmaktadır. Transfer bölgesinde arazi kullanım hataları (tarlaların akarsu vadisine paralel sürülmemesi) erozyonu artırmaktadır.

3.1.11 Havzada kullanılan sediment örnek alma aletleri

3.1.11.1 Nokta entegrasyonuna göre numune alıcıları

Akarsuyun istenilen herhangi bir noktasından askı halindeki sediment numunesi almak için kulanılan numune alıcısı. Gerek tasarlanan bir mühendislik yapısının (baraj vb.) gerekse de erozyon kontrol amaçlı çalışmalarda derinlik entegrasyonu daha hassas sonuçlar vermektedir.

3.1.11.2 Derinlik entegrasyonuna göre numune alıcıları

Sediment örnek alma şişesi, Şekil 3.13'de olduğu gibidir. Numune alma aleti, 400 cl'lik şişenin ¾'ü dolacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.13 400 cl'lik sediment numune alıcısına konulan şişe

3.1.11.3 Süspanse sediment numune alıcıları

Girilerek akım ölçümü yapılan sularda ölçümden sonra sediment numunesi alınmaktadır (Şekil 3.14 - Şekil 3.15).



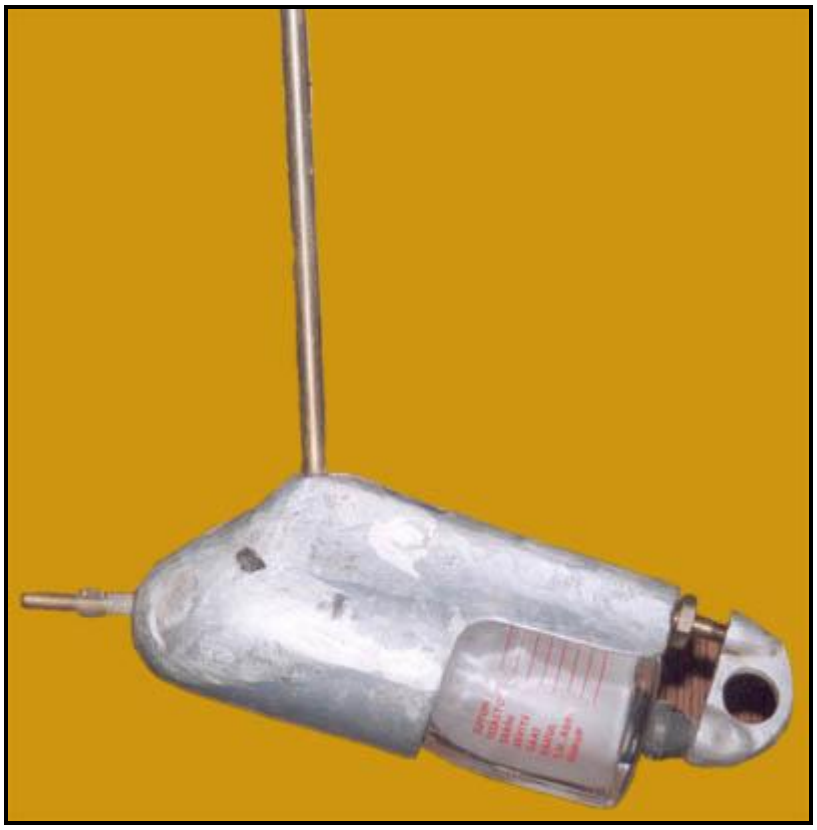
Şekil 3.14 Akarsuya girilerek yapılan akım ölçümlerinde kullanılan muline aleti



Şekil 3.15 Akarsuya girilerek yapılan akım ölçümü

3.1.11.4 Elden sediment numunesi alma aleti (dh-48)

Bu alet derinlik entegrasyonu tipi olup, girerek ölçü yapılan sığ sularda ince taneli katı madde (süspanse sediment) örneklemesi almaya yarar. Bu alet, 33 cm uzunluğunda, 1.6 kg ağırlığında ve içine sediment numune şişesi konulabilen bir bölmeden oluşan alüminyum bir muhafazadan ibarettir. Su hızına göre meme aletin baş kısmına vidalanmaktadır.



Şekil 3.16 Akarsuya girilerek yapılan akım ölçümlerinden sonra kullanılan sediment numunesi aleti (DH-48)

Alet, 1/2 inç'lik standart muline saplarıyla kullanılmaktadır. Düşey ile 72,5 derecelik açı yapan sediment numune şişesiyle akarsu tabanından 8-9 cm yukarıya kadar numune alınabilmektedir. Alet, genellikle 1/4 inch'lik (6.4 mm) meme ile kullanılmalıdır. Debi parçacığındaki ortalama hıza göre saptanan zaman içersinde alet değişmeyen bir hızla aşağıya indirilmeli ve aynı hızla yukarıya çıkarılmalıdır. Şişe tam dolu olduğunda veya ¾'ünden daha az dolması durumunda şişedeki numune dökülerek işlem

tekrarlanmalıdır. Alınan süspanse sediment örnekleri, analiz için laboratuvara gönderilir. Laboratuvarda toplanan örneklere filtrasyon yöntemi uygulanarak, içindeki sediment miktarları tespit edilir ve Eş. (3.1) (Alışık 1996) yardımıyla sediment konsantrasyonu ppm veya mg/l cinsinden bulunur.

$$\text{Sed.Konsantrasyonu(ppm)} = \frac{\text{Sediment}(g/cm^3)\,(\text{Kum} + \text{Kil} + \text{Silt}) \times 10^6}{\text{Örnek}\,(\text{Su}(g/\text{mlt}) + \text{Sediment}(g/cm^3))} \qquad (3.1)$$

Daha sonra laboratuvarda elde edilen net sedimente elek analizi yöntemi uygulanmaktadır. Bunun için net sediment 0.05 mm çaplı elekten geçirilmekte, eleğin üstünde kalan kısmının ağırlığı kum ağırlığı, alta geçen kısmının ağırlığı ise (kil+silt) ağırlığı olarak alınmaktadır. Ortalama süspanse sediment tane büyüklük dağılımları bulunurken, istasyondaki gözlem süresi boyunca bulunan bütün örneklerin, analiz edilen kum ağırlıkları ve (kil+silt) ağırlıkları ayrı ayrı toplanmaktadır. Bulunan toplam kum ağırlığının toplam net sediment (kum+kil+silt) ağırlığına göre yüzdesi alınmaktadır. Böylece, örneklerin % kum, kil ve silt içerikleri belirlenir. Bulunan bu yüzdelerden de daha sonra sediment birim hacim ağırlığı (ton/m³) hesaplanır.

Akım Gözlem İstasyonlarından alınan örneklerin ppm değerlerinden yararlanılarak ve Eş. (3.2) kullanılarak akarsuyun o andaki debisine karşılık gelen süspanse sediment miktarı ton/gün olarak bulunmaktadır.

$$Qs = Qx \quad Cx \quad 0{,}0864 \qquad (3.2)$$

Eşitlik (3.2)' de;
Qs: Akarsudan geçen günlük sediment miktarı
Q: Sediment örneği alındığı anda ölçülen akım
C: Laboratuvarda hesaplanan sediment konsantrasyonu

Örneklerin alındığı anda ölçülen akım ile ton/gün olarak hesaplanan günlük sediment miktarları arasında logaritmik bir ilişki olup, bu durum Eş. (3.3) ile ifade edilmiştir.

$$\text{Log } Qs = a + b \text{ Log } Q \quad \text{veya} \quad Qs = 10^a \times Q^b \qquad (3.3)$$

Eşitlik (3.3)'te a ve b akarsu istasyonunun özelliklerine göre değişen katsayılardır.

Bu raporda verilen sediment miktarları süspanse sediment miktarlarıdır. Toplam sediment miktarını bulmak için, bu miktarlara yatak yükünü de ilave etmek gerekir. Uygulamada akarsuyun özelliklerine göre süspanse sediment miktarının % 10-50'si arasındaki bir değer, yatak yükü olarak eklenmektedir (Alışık 1996).

3.1.11.5 Askıdan sediment numunesi alma aleti (D-49)

Derinlik entegrasyonu tipi olup derinliği 4.5 metreyi geçmeyen akarsularda ince taneli katı madde (süspanse sediment) numunesi almaya yarar (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Askıdan (teleferik) yapılan akım ölçümlerinde kullanılan muline aleti

Ölçümden hemen sonra sediment numunesi alınmaktadır. Numune alıcı yaklaşık 28 kg. ağırlığındadır (Şekil 3.18), hidrodinamik koşullara uymasını sağlamak amacıyla balık

görünümünde yapılmıştır. Sediment numune şişesi aletin baş kısmındaki kapak açılarak, içersine yerleştirilir. Aletin meme kısmını su içersinde akış yönüne karşı tutmayı sağlayan kuyruk kısmıdır. Bu kısmında su hızına göre çeşitli çaplardaki memelerin takılması için vidalı bir delik olup, sediment numunesi de buradan şişe içerisine girmektedir.



Şekil 3.18 Askıdan (teleferik) yapılan akım ölçümden hemen sonra kullanılan sediment numune alıcısı aleti

Sediment numune aleti 2.5 mm'lik kablo ile kullanılmaktadır. Alet su içerisinde kuyruğu sayesinde meme kısmı suyun akış yönüne karşı gelecek bir konuma gelir ve numune alırken yine değişmeyen bir hızla su yüzeyinden tabana doğru indirilir ve yine aynı değişmez hızla yukarı çekilir. Burada da numune alma zamanını yine sediment numune aletinin ucuna takılan meme ve kesitteki ortalama hız belirlemektedir. Şişenin normal olarak 3/4 lük bir kısmı dolması istenir. Bu orandan az veya çok dolması durumunda, şişenin içerisindeki numune boşaltılarak işlem tekrar edilir. Daha sonra, Eş. (3.2) kullanılarak akarsuyun o andaki debisine karşılık gelen süspanse sediment miktarı ton/gün olarak bulunmakta; örneklerin alındığı anda ölçülen akım ile ton/gün olarak hesaplanan günlük sediment miktarları arasında logaritmik ilişki Eş. (3.3)'te ifade edilmiştir.

3.2 Çalışma Yöntemi

Çalışmada, Bolu il sınırları içerisinde yer alan Korubaşı Deresi'nin 777–1590 m kotları arasındaki 1343 No.lu AGİ' ye ait 13 yıllık debi ve sediment değerlerinden yararlanılmıştır. Ölçülen aylık debi (Q, m^3s^{-1})'lerden Manning, Chezy ve Darcy – Weisbach eşitlikleri kullanılarak, akarsu akış derinliği (y, m) ve akış hızı (v, ms^{-1}) hesaplanmıştır. Hesaplamalarda (Chow, 1959; Chaudhry, 1993) (Chang, 1992)'daki eşitliklerden yararlanılmıştır. Ölçülen uzun yıllık verilere ek olarak, belirli dönemlerde akarsu akış derinliği, akış hızı ve sediment ölçümleri de yapılmıştır. Akarsu yatak eğimi (S^b, $m.m^{-1}$) bölgeye ait 1/25.000'lik topografik haritalardan hesaplanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında, akış enerji eğimleri (Se, $m.m^{-1}$) yeknesak kesitler boyunca ayrıca ölçülmüştür. Arazide belirlenen akarsu yatağı geometrik özellikleri ise, akarsu kanalı kesit alanı (A, m^2), üst genişliği (B, m), hidrolik yarıçapı (R, m) ve ıslak çevresidir (P, m). Sediment örneklerinin tane özellikleri, tane büyüklük dağılım analizleriyle laboratuvarda belirlenmiş ve gerekli parametreler hesaplanmıştır.

Sediment taşınım modellemesi için öncelikle sediment taşınımı mekaniğinin anlaşılması önem arz etmektedir. Aşağıdaki bazı eşitlikler ve eşitliklerdeki bazı parametrelerin elde ediliş şekli ve açıklamaları sediment taşınım modellemesinin yapılmasında ve herhangi bir akarsu havzasında arazide yapılan çalışmalarda yol gösterici olmaktadır.

Süspanse sediment örneklerinin genellikle ayda bir alındığı hidrometri istasyonlarında, akarsuyun o istasyon yerindeki akımı ise günlük olarak ölçülmekte ve değerleri akım yıllıklarında yayımlanmaktadır. Dolayısıyla bilinen bu günlük akım değerlerinden yararlanılarak, akarsuyun ölçülmeyen günlerdeki günlük süspanse sediment miktarının hesaplanması mümkün olmaktadır (Çizelge 4.1).

3.2.1 Sediment taşınım eşitlikleri

Genel olarak sediment taşınım eşitliği aşağıdaki formülde sunulmuştur. Bu eşitlikteki (3.3) parametreler, erozyon modellemesinde kullanılan önemli parametrelerdir.

$$Q_s = f(x, S_0, B, d_s, t_0, y, q, \tau_o, \rho_w, \rho_s, V, g, T) \quad (3.3)$$

Eşitlik (3.3)' de;
Q_s: Sediment
x: Eğim uzunluğu
S_0 : Eğim
B: Kesit su akış genişliği
d_s: Tanecik çapı
t_o:Taban kesme basıncı
y: Yüzey akış derinliği
q: Birim debi
V: Ortalama akış hızı
ρ_w: Su yoğunluğu
ρ_s: Sediment yoğunluğu
g: Yerçekimi ivmesi
T: Su sıcaklığı

3.2.2 Modeller ve eşitlikler

Q_s eşitliğinden yola çıkarak erozyonda sediment taşınımını belirlemek için kullanılan esas akış parametreleri;

- Kesme basıncı
- Birim debi
- Akış derinliği
- Akış hızı
- Akış gücüdür.

Bunların yanında kullanılacak diğer parametreler ve yaklaşımlara örnek olarak;

- Shields parametresi
- Brownlie yaklaşımı
- Froude sayısı
- Reynold sayısı verilebilir.

Bu parametreler aşağıda özetlenmiştir.

3.2.3 Kesme basıncı

Julien ve Simons (1985) değişik hidrolik koşullar altında uygulanabilir çeşitli sediment taşınım eşitliklerini araştırmışlardır. Bu eşitliklerde Eş. (3.4), (3.5) ve (3.11) verilen parametreler yüzey akışı tanımlamakta kullanılmıştır (Erpul, 2001).

Kesme basıncı, birkaç değişik şekilde açıklanabilir.

- Kuvvet olarak tanımlanır.
- Toprak yüzeyinden toprak parçacıklarının koparılması akışın neden olduğu, taban kesme basıncının bir fonksiyonudur.
- Düşük akış hızlarında toprak koparılması yok denecek kadar azdır, akış hızı arttığı için kesme basıncı artar ve sonunda toprak parçacıkları arasındaki kohezif bağları parçalamak için gereken kritik kesme basıncı aşılır (Laflen vd. 1991).

$$\tau_o = \gamma y S_o \tag{3.4}$$

Eşitlik (3.4)' de;

y: Yüzey akış derinliği

γ: Suyun özgül ağırlığı

S_0: eğim

$$\gamma = \rho_w g \tag{3.5}$$

Eşitlik (3.5)' de;

g: Yerçekimi ivmesi

ρ_w: Suyun yoğunluğu

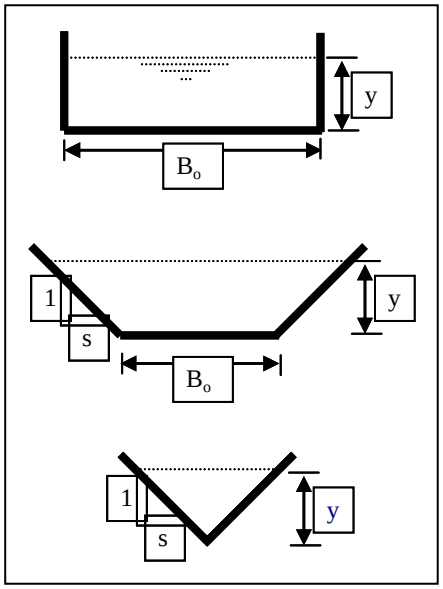
Kesme basıncını etkileyen faktörler.

- Üniform akış koşulları altında, hidrostatik kuvvetler denge halindedir ve kesme basıncı dengeleyici karşıt kuvvettir. Kesme basıncı su derinliği ile doğrusal olarak artar.
- Kesme basıncının kesit, alan, ıslak çevre, hidrolik yarıçap ve kanal üst genişliğiyle olan ilişkisi Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Kesme Basıncı Dağılımı

Kesit	**Alan (A)**	**Islak çevre (P)**	**Hidrolik yarıçap (R)**	**Kanal üst genişliği (B)**
Dikdörtgen	$B_o y$	$(B_o + 2y)$	$\frac{B_o y}{B_o + 2y}$	B_o
Trapez	$(B_o + sy)y$	$B_o + 2y\sqrt{1+s^2}$	$\frac{(B_o + sy)y}{B_o + 2y\sqrt{1+s^2}}$	$B_o + 2sy$
Üçgen	sy^2	$2y\sqrt{1+s^2}$	$\frac{sy}{2\sqrt{1+s^2}}$	$2sy$

Eş. (3.6), (3.7), (3.8) ve Şekil 3.19' da kesme basıncının değişik yüzeylerdeki su ve kesitle ilgili eşitlikleri verilmiştir



$$B = B_0 \tag{3.6}$$

$$B = B_o + 2sy \tag{3.7}$$

$$B = 2sy \tag{3.8}$$

Şekil 3.19 Kesme Basıncı Dağılımı

Şekil 3.19 ve Eşitlik (3.6), (3.7) ve (3.8)' da;
B: Kesit su akış genişliği
B_o: Kesit taban genişliği
y: Akış derinliği
s: Kesit kenar eğimi

3.2.4 Akış gücü

Düz ve düzgün olmayan yataklarda taşıma kapasitesini tahmin etmeye yarayacak hidrolik parametre, birim akış gücü Eş. (3.9) olarak tanımlanmıştır.

Birim akış gücü, sıvının her bir birim zamana ve birim yoğunluğuna düşen enerjinin dağılımıdır (Çanga 1995).

$$\Omega = \gamma q S_o \tag{3.9}$$

Burada,

Ω : Akış gücü

q : Birim debi

S_0: Eğim

γ : Suyun özgül ağırlığı (N m^{-3})

3.2.5 Shields parametresi

Parçacığın aşınıp aşınmayacağını tahmin etmek için tarihsel olarak hız kullanılmasına rağmen, boyutsuz kopma gerilimi (veya Shields parametresi), ve Reynolds katsayısı arasındaki ilişkinin daha güvenilir bir belirleyici olduğu fark edilmiştir.

Shields parametresi Eş. (3.10) ve Reynolds katsayısı Eş. (3.17) boyutsuzdur. Böylece, bunların hesaplanmasında herhangi uyumlu ölçüm birimleri kullanılabilir. Shields tarafından deneyler ve analizler yapılmış olmasına rağmen, Shields eğrisi olarak bilinen şekil Rouse tarafından önerilmiştir. Shields eğrisi Eş. (2.8) ve (2.9) olarak ifade edilebilir ve bilgisayar programı için kullanışlıdır.

Shields-tipi deneyler ilk gevşek ve homojen yatak tanelerinin hareket etmeye başladığı zaman yapılan gözlemlerdir.

Eşitlik (3.10) ve (3.11)' da;

$$\Theta = \frac{\rho_w u_{f*}^2}{g(\rho_s - \rho_w)d_s} \tag{2.8}$$

$$u_{f*} = \left(\frac{\tau_0}{\rho_\omega}\right)^{1/2} \tag{2.9}$$

Θ: Shields parametresi u_{f*}: kesme hızı

ρ_w: suyun yoğunluğu ν_*: suyun kinematik viskozitesi

ρ_s: sediment yoğunluğu

d_s: tanecik çapı

3.2.6 Brownlie yaklaşımı

Brownlie (1981) regresyon eşitlikleri (3.12) ve (3.13) ile kumlu yataklı akarsularda hem tane hem pürüzlülüğü hesaplayan hidrolik radyanı hesaplama şansını yakalamıştır.

Regresyon eşitlikleri: Brownlie bir akarsu kesitinde üst ve alt akış için ayrı direnç akımları geliştirmiştir. Denklemler boyutsuzdur ve herhangi bir birim seti ile kullanılabilir.

Yüzey Akış Rejimi :

$$R_b = 0.2836\, d_{50}\, q_*^{0.6248}\, S^{-0.2877}\, \sigma^{0.0813} \tag{3.12}$$

Yüzey Altı Akış Rejimi :

$$R_b = 0.3742\, d_{50}\, q_*^{0.6539}\, S^{-0.2542}\, \sigma^{0.1050} \tag{3.13}$$

$$q_* = \frac{V\,D}{\sqrt{g\ d_{50}^{\ 3}}} \tag{3.14}$$

Eşitlik (3.12), (3.13) ve (3.14)' de;

R_b: Hidrolik yarıçap

σ: Geometrik yatak gereci derecelenme katsayısı

V: Ortalama hız

D: Su Derinliği

3.2.7 Froude sayısı

Brownlie yaklaşımında verilen hidrolik durum setlerinde alt ve üst rejim akışlarını belirlemek için, Froude sayısını (Fg) Eş. (3.15) ve değişkenini (Fg') Eş. (3.16) tanımlamıştır.

Brownlie'ye göre eğim 0.006'dan büyükse veya Froude sayısı değişkenin 1.25 katından büyükse üst rejim akışı gerçekleşir.

(Fg) > 1.25 (Fg')

Eğer Froude sayısı değişkenin 0.8 katından küçükse alt rejim akışı gerçekleşir.
(Fg) < 0.8 (Fg')

$$F_g = \frac{V}{\sqrt{g\ d_{50}\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right)}} \tag{3.15}$$

$$F'_g = \frac{1.74}{S^{0.3333}} \tag{3.16}$$

Eşitlik (3.15) ve (3.16)' de;
V: Ortalama hız
γs: Tane özgül ağırlığı
γ: Suyun özgül ağırlığı
d_{50}: Tanecik çapı
S: Eğim

3.2.8 Reynolds sayısı

Reynolds sayısı, bir akışkanın, atalet kuvvetlerinin viskozite kuvvetlerine olan oranıdır ve bu değer bu iki tip kuvvetin belli bir akış şartı altında birbirine olan göreceli önemini verir. Bundan ötürü, Reynolds sayısı (3.17), düzgün akış ve türbülanslı akış gibi değişik akış rejimlerini nitelemek için kullanılır.

$$R_e = \frac{u_f y}{\nu_*} \tag{3.17}$$

$$u_f = \frac{1}{n} y^{2/3} S_o^{1/2} \tag{3.18}$$

$$y = \left(\frac{qn}{S_o^{1/2}}\right)^{3/5} \tag{3.19}$$

Eşitlik (3.17), (3.18) ve (3.19)' da;

u_f: Yüzey akış hızı

y: Yüzey akış derinliği

ν_*: Suyun kinematik viskozitesi

n: Manning pürüzlülük katsayısı

S_0: Eğim

Yukarıda anlatılan eşitliklerdeki parametrelerin sağlıklı bir şekilde elde edilmesi için, arazide gözlem ve ölçümlerin yapılması gereklidir. Bu nedenle, bir akarsu havzasındaki çalışmaların baz olarak alınması veya yeni sahanın bu amaçla hazırlanması gereklidir.

Bu amaçla, Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin kurulu bir istasyonu baz alınmış ve aşağıda konu başlıklarına uygun olarak veriler kullanılmıştır.

3.2.9 Sediment taşınımının analitik yöntemlerle izlenmesi

Herhangi bir akarsu tarafından taşınan askıdaki sediment miktarı akarsu akış kesitleri, akarsu yatağı eğimi, akarsu akış derinliği ve akarsu akış hızı gibi fiziksel akış parametreleri ve sediment özellikleri kullanılarak analitik yöntemler ile izlenebilir.

Bir akarsu havzasında yapılan akım gözlem ve sediment numunesi çalışmalarına ilişkin özet bilgi aşağıda sunulmuştur.

Bir akarsuyun ortalama akım miktarı, taşıdığı sediment miktarı, suyun kalite sınıfı kısa bir zamanda tayin edilemez. Erozyon kontrolü için sediment taşınım miktarının tahmini söz konusu olduğunda, bu değerlerin mümkün olduğu kadar uzun bir devre içinde ve yerinde ölçülerek belirlenmesi gereklidir.

Su ile birlikte taşınan toprak (kum, silt, kil ve çakıl) başka bir ifade ile sediment yüklü su rezervuara girince akımın hızı ve türbülanslığı önemli ölçüde azalır ve bunun bir sonucu olarak asılı durumdaki parçalar ile yatak yükünün büyük bir bölümü çökelir. Böylece rezervuarın girişinde delta şeklinde sediment birikmeye başlar. Akarsular ile

taşınan sedimentler su depolama yapısının-gölünün tabanında biriktikçe, bunun bir sonucu olarak barajların kullanılabilir kapasitesi giderek azalır.

Askıdaki (süspanse) sediment örnekleri "Derinlik Entegrasyon Yöntemi" ne göre, akarsuyun tüm en kesitini ve derinliğini temsil edecek şekilde alınmaktadır. Sediment örneği alınmadan önce istasyonda akım ölçüsü yapılmaktadır.

Nehir yatağına girilerek akım ölçüsü yapılan sularda muline aleti (DH-48), askıdan (teleferik, kren kullanarak) akım ölçüsü yapılan sularda ise süspanse sediment örnek alma aletleri (D-49) kullanılmaktadır.

Alınan süspanse sediment örnekleri analizler için laboratuvara gönderilir.Laboratuvara her istasyon için 6 ya da 10 şişe olarak getirilen sediment örneklerinden sedimentin gerekli özellikleri belirlenir.Bu sediment anahtar eğrilerinden yararlanılarak her bir sediment gözlem istasyonu için gerek sediment gözlem süresi boyunca ve gerekse akım gözlem süresi boyunca sediment değerleri yıl yıl belirlenebildiği gibi ortalama sediment değerlerini ve drenaj alanlarının birim alanından gelen sediment verimi değerlerini belirlemek mümkündür. (Alışık 1996).Bu sonuçlardan yararlanarak, her istasyonun temsil ettiği havzanın birim alanından gelen havza sediment verimi değerleri ton / yıl / kilometrekare olarak saptanır. Bu sayede mühendislik yapı tipi tasarımında taşınacak malzemenin olumsuz etkisinin hesaplanabilmesi olanaklı olacak ve havzanın erozyon derecesinin hesabı mümkün olacaktır.

3.3 Havzada Değişik Kesitlerde Süspanse Sediment Ölçümleri

3.3.1 Numune alma yöntemleri

Sediment ölçümlerinde birçok yöntem denenmiştir. Denenen bütün bu metotlar nehrin durumuna, yapılacak çalışmaların önemlilik derecesine ve özelliğine göre değişir. Sediment debisini iyi bir şekilde hesaplayabilmek için bir en kesitle numune alma düşeylerinin dikkatle seçilmesi lazımdır. Akarsulardaki sediment numuneleri değişik şekillerde alınabilir bunlardan 2 tanesi aşağıdakiler gibidir.

3.3.2 Nokta yöntemi (noktasal örnekleme)

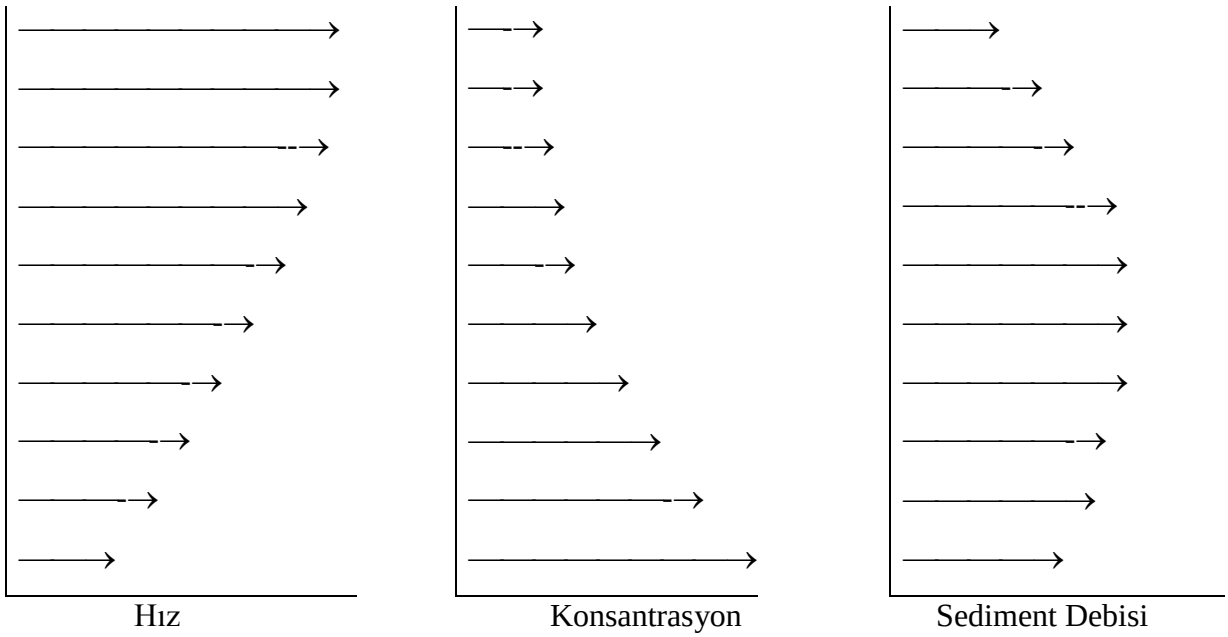
Adından da kolayca anlaşılacağı gibi akarsuyun herhangi bir en kesiti boyunca ve herhangi bir noktasından alınan sediment numunesidir. Numuneyi almak istenilen noktaya nokta numune alıcısı indirilerek bir kontak vasıtasıyla giriş ağzı açılarak numune alınır ve kapatılır (Alışık 1996). Hassas bir ölçüm şekli değildir.

3.3.3 Derinlik entegrasyon yöntemi

Bir akarsuyun içerisinde yüzerek taşınan ince taneli katı maddelerin konsantrasyonu su yüzünden tabana doğru değişiklik gösterdiği gibi, akarsuyun en kesitinin her noktasında da değişiklik göstermektedir.

Bir dikey boyunca ortalama askı malzemesinin konsantrasyonunu elde etmek için kullanılır. Sediment numunesi alınacak olan herhangi bir akarsuda önce akım ölçüsü yapılarak ölçü yerinde hesap edilir. Şakullerde sediment numune alma cihazı su seviyesinin değiştiği andan itibaren muayyen bir hızla indirilir ve çıkarılır. Bu indirip çıkarmada şişenin ¾ ü doluncaya kadar geçen zaman bellidir. Şayet şişenin içindeki sediment numunesi ¾ ten az veya fazla ise meme (giriş ağzı) değiştirilerek numune alma işlemine yeniden başlanır.

Derinlik entegrasyon metodu yıllık programa göre yapılacak ölçümlerle tatbik edilir.



Şekil 3.20 Bir akarsuyun dikeyinde su yüzünden tabana doğru inildikçe kesitin hızı, konsantrasyonu ve sediment debisi değişimi.

Şematize edildiği Şekil 3.20'de de açıkça görüleceği gibi; akarsuyun bir dikeyinde su yüzünden tabana doğru inildikçe kesitin hızı, konsantrasyonu ve sediment debisi oklar yönünde değişim göstermektedir. Diğer bir anlatımla tabana doğru hız azalmasına karşın konsantrasyon yükselmekte, sediment debisi ise hızla konsantrasyonun ortalama bir büyüklüğüne ulaşmaktadır. Bu nedenlerden ötürüdür ki derinlik entegrasyonu yöntemi, yatay ve düşey yöndeki tüm bu değişimleri göz önüne alarak akarsuyun en kesiti boyunca her bir dikeyden birim zamanda geçen ince taneli katı maddelerin miktarını farklı dikeylerden alınacak numunelerle ortalama olarak saptama ilkesine dayanmaktadır.

Derinlik entegrasyonu metodunda su derinliği 4.5 metreden az olan akarsularda belirlenen dikeylerden ve akarsuyun hızına uygun meme takılmış sediment numune alma aletleriyle değişmeyen bir hızla iniş-çıkış yönünde numune alınmaktadır. 4.5-9.0 metre derinliği olan akarsularda ise numune alma işlemi ya inişte ya da çıkışta gerçekleştirilmektedir. 9.0 metreden daha fazla derinliği olan akarsularda ise sediment numune alma işlemi sadece iniş yönünde gerçekleştirilmektedir.

En az 20 ara kesitte yapılan debi ölçümünden sonra ölçü kartında hesaplanan debi sediment numunesi almak için ve tüm kesiti entegre edecek biçimde 6 veya 10 eşit parçaya bölünmektedir. Sediment numunesi alındığı andaki akarsuyun debisi, eğer o akım gözlem istasyonunun akım gözlem süresince belirlenen uzun yıllık ortalama debisinden az ise 6 dikey, fazla ise 10 dikey seçilmektedir.

3.3.4 Altı dikeyden sediment numunesi alınması

Önce akım ölçülür. Ölçüm yapılan istasyonun uzun süre ortalama debisi bilinmelidir. O anda ölçülen debi ortalama debinin altında ise 6 şakulde (dikeyde) ölçü alınır.

3.3.5 Dikey yerlerinin tespiti

Q/6' sı birinci dilim debidir. Bu debi toplam debinin yüzde 0.08'dir.

$$(Q/6)/Q = Q/(6*Q) = 1/6$$

1/6' lık debinin ortasından bir numune alınırsa ilk dilim debiyi en iyi temsil eder şeklinde düşünülür. Bu düşüncelerle her şakülün dikey yeri toplam debinin yüzdesi olarak bulunur:

Kesit doğrultusunda birinci dikey yeri: 1/6 lık debinin ortası: $(1/6)/2 = 1/12 \cong 0.08$

" " ikinci " " : 1. dikey yeri $+1/6 = (1/12)+(1/6) = 3/12 \cong 0.25$

" " üçüncü " " : 2. " " $+1/6 = (3/12)+(1/6) = 5/12 \cong 0.42$

" " dördüncü " " : 3. " " $+1/6 = (5/12)+(1/6) = 7/12 \cong 0.58$

" " beşinci " " : 4. " " $+1/6 = (7/12)+(1/6) = 9/12 \cong 0.75$

" " altıncı " " : 5. " " $+1/6 = (9/12)+(1/6) = 11/12 \cong 0.92$

3.3.6 On dikeyden sediment numunesi alınması

Altı dikey için söylenenler 10 dikey için de söylenirse 10 dikey yerleri aynı yöntemle tespit edilebilir:

Kesit doğrultusunda birinci dikey yeri: 1/10' luk debinin ortası: (1/10)/2 = 1/20 ≅ 0.05

" " ikinci " " : 1.Dikey yeri +1/10 = (1/20) +(1/10) = 3/20 ≅ 0.15

" " üçüncü " " : 2.Dikey yeri +1/10 = (3/20) +(1/10) = 5/20 ≅ 0.25

" " dördüncü " " : 3.Dikey yeri +1/10 = (5/20) +(1/10) = 7/20 ≅ 0.35

" " beşinci " " : 4.Dikey yeri +1/10 = (7/20) +(1/10) = 9/20 ≅ 0.45

" " altıncı " " : 5.Dikey yeri +1/10 = (9/20) +(1/10) = 11/20 ≅ 0.55

" " yedinci " " : 6.Dikey yeri +1/10 = (11/20)+(1/10) = 13/20 ≅ 0.65

" " sekizinci " " : 7.Dikey yeri +1/10 = (13/20)+(1/10) = 15/20 ≅ 0.75

" " dokuzuncu " " : 8.Dikey yeri +1/10 = (15/20)+(1/10) = 17/20 ≅ 0.85

" " onuncu " " : 9.Dikey yeri +1/10 = (17/20)+(1/10) = 19/20 ≅ 0.95

Sediment ölçümü özetlenirse

a) Örnek alınan istasyonda önce akım ölçüsü yapılır.

b) Bu yapılan ölçü ile bulunan debi ortalama debiden küçük ise altı (6) dikeyde, ortalama debiden büyük ise on (10) dikeyde numune alınır.

c) Bu duruma göre debinin yüzdeleri alınır, ölçü kâğıdına bakılarak ölçünün başlangıcından itibaren her kesitin ölçülerini toplaya toplaya ölçü sonuna doğru devam edilir. Debinin ilk yüzdesi kadar debiye gelince o kesit yeri birinci dikey (şakul)' dir. Diğer şakul yerleri de aynı şekilde bulunur. Toplanırken yüzde debi miktarına en yakın yer dikey olarak seçilir. Çünkü her zaman tam rakam çıkmayabilir (Alışık 1996).

3.4 Sediment Örneklerinin Laboratuvar Analizleri

3.4.1 Askıdaki sediment konsantrasyon tayini

Askı halindeki sediment konsantrasyonunu belirtmek için genel birim bir litredeki miligram (mg/ lt)'dır.

Kuru sediment ağırlığının su + sediment karışımının santimetreküp cinsinden hacmine bölümünün bir milyonda biri olarak hesaplanır. Diğer birimlerle milyonda bir parça (ppm) veya ağırlık itibariyle yüzde oranıyla konsantrasyon belirtilir. Laboratuvarda en uygun yol su + sediment karışımının ağırlığını bulup sonra hacmini bulmaktadır.

Sediment konsantrasyonunun belirlenmesinde 3 yöntem vardır.

- Filtrasyon metodu
- Buharlaşma metodu
- Deplasman metodu

Sediment laboratuvarında genellikle filtrasyon yöntemiyle örneklerin konsantrasyonu saptandığından burada bu yöntem açıklanacaktır.

3.4.2 Sedimentlerin tane büyüklüğü dağılımı tayini

Sediment taneleri yalnız büyüklük bakımından değil, özgül ağırlık ve şekil bakımından da büyük farklılıklar gösterir. Bundan dolayı belli bir fiziki büyüklükteki tane, özgül ağırlığının ve şeklinin nasıl olduğuna bağlı olarak ve hidrolojik şartlara uygun olarak hareket edecektir.

Hem askı, hem de yataktaki malzemenin tane büyüklüğünün tayini önemlidir. Birikmede belli bir ağırlık veya hacimdeki taşınmış sedimentin miktarını hesaplamak barajların ömrünü hesaplamada en önemli hususlardan bir tanesidir.

- Taşlar ve hatta iri çakıllar, direk olarak doldurma usulü ile ölçülüp çevreleri ve çapları da verilir.
- Çakıl ve kumları içine alan büyüklükler elekle ölçülür.
- İnce kumlar ve 200 No.lu elek altı siltler, killer su içinde çökelme özellikleri gözlenerek sedimantasyon tekniği vasıtasıyla hidrolik olarak ölçülür. Tanelerin çökelme boşluğundaki düşme hızları standart düşme çapına çevrilir. Tanelerin elle veya elekle ölçülmesi ile bulunan nominal çap yaklaşıktır. Nominal çap ile sedimantasyon çapı arasındaki bağıntı tanelerin çökelme hızını etkileyen şekil, yoğunluk ve özgül ağırlıklarının bir ölçüsüdür.

Tane Büyüklüğü Analizlerinde;

- VA tüpü(Visual accumulation-tube = Görülebilir çökelti tüpü) kum analizlerinin yapılmasında
- Pipet metodu ve BW tüpü (Bottom withdrawal-tube = Dipten çekmeli çökelti tüpü) silt ve kum analizlerinin yapılmasında
- Hidrometre metodu kil analizlerinin yapılmasında kullanılır.

Genellikle kullanılan tane büyüklüğü metotları için tavsiye edilen sediment miktarı, analiz konsantrasyonu ve tane sınırları, Çizelge 3,4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 Tane büyüklüğüne göre tavsiye edilen analiz metotları (Alışık 1996).

Analiz metotları	Tavsiye edilen büyüklük sınırı (mm)	Analiz konsantrasyonunda arzu edilen sınırlar (1/mg)	Sedimentin optimum miktarı sınırları (gr)
Elekler (a)	0,062 –32,00	-	0,05 –
VA tüpü (b)	0,062 – 2,00	-	0,05 – 15,00
Pipet	0,002 – 0,062	2,000 – 5,000	1,00 – 5,00
BW tüpü (c)	0,002 – 0,062	1,000 – 3,500	0,50 – 1,80
Hidrometre (d)	0,002 – 0,062	25,000 – 50,000	20,00 – 200,00

Daha sonra bu değerler süreklilik eğrisi kâğıdında yatay eksende % daha küçük değerler düşey eksende tane büyüklüğü (mm) olarak işaretlenir ve askı malzemesi süreklilik eğrisi çizilmiş olur. Diğer taraftan yatak malzemesinin aynı şekilde süreklilik eğrisi çizilir ve bu eğriden, D 35, D 65, D 90 çaplarındaki malzeme tespit edilmiş olur.

3.4.3 Filtrasyon yöntemi

Uygun birkaç filtre malzemesinden biri olan çanak filtrasyon metodu için kullanılır. Bu çanak yaklaşık olarak 25 mililitre kapasiteli dibi delikli porselen olup, değişik vakum sistemlerine takılacak şekildedir. İçinde sediment tamamen veya nispeten dağılmış durumda bütün örnek filtre edilebileceği gibi genellikle sedimentin örnek şişesinde dibe çökmesine izin verilir. Üstte kalan temiz su çalkalanmadan alınır, geriye kalan su ve dipteki sediment filtre üzerine çalkalanarak dökülür. Sonra filtre çanağı fırında kurutulur, desikatörde soğutulur ve tartılır.

Net sedimentin elde edilmesinde, sediment örneklerine sırasıyla aşağıdaki işlemler uygulanır:

- Araziden gelen şişeler istasyon adı, tarih, seviye, grup şakul ve şişe adedine göre gruplandırılır.
- Her gruba bir sıra numarası verilir. 6 veya 10 şişe aynı numarayı taşırlar. Bu numaralar şişenin buzlu kısmına yazılır.
- Aynı istasyona ait şişeler ayrı ayrı veya toptan kaba terazide kapakları çıkartılarak tartılır.
- Sediment analiz raporuna, daralı numune ağırlığı sütununa yazılır.
- Fırında 105 °C' de en az 2 saat kurutulmuş ve desikatörde ½ saat soğutulmuş ve nemi alınmış filtre kâğıdı desikatörden çıkarılarak hassas terazide tartılır ve üzerine ağırlığı miligram olarak yazılır.
- Dörde katlanmış olan filtre kâğıdının huniye yerleştirmeden önce ağırlığı ve sırası üç kat olan kısmına aynı zamanda analiz raporundaki hanesine yazılır.
- Aynı sıra numarasını taşıyan şişeler aynı filtre kâğıdına boşaltılmaya başlanır. Eğer sediment çoksa ve filtre kâğıdı dolmuş ve iyi süzemiyorsa ikinci filtre kâğıdına da yeni numara yazılmak suretiyle süzme işine devam edilir. Hiçbir zaman filtre kâğıdına numuneyi ağzına kadar doldurmamak, 0,5-1,0 cm pay bırakmak lazımdır.
- Huninin altındaki temiz şişeye süzülen temiz su ölçü kabında ölçülerek hacim hanesine yazılır.
- Örnek şişelerinin dibinde sediment kalmışsa temiz su ile çalkalanarak temizlenir. Olmazsa bir fırça ile şişenin dibi iyice temizlenir ve temiz suyun içerisinde fırça iyice çalkalanarak fırçada sediment kalmamasına dikkat edilir.
- Süzme işi bittikten sonra kurumaya yüz tutmuş sedimentli filtre kâğıtları porselen krozelere yerleştirilerek kurutma fırınına konur. 105 °C de 2 saat bekletilir. Fırından çıktıktan sonra ½ saat desikatörde ($CaCl_2$) soğuması beklenir. Tekrar hassas terazide tartılarak daralı sediment ağırlığı bulunur. Dara düşüldüğünde o istasyondan alınan net sediment miktarı bulunur.
- Bir yandan da boş şişeler tartılır ve cetvele geçirilir. Daralı ağırlık – Boş şişe ağırlığı = Su + Sediment ağırlığıdır. Bu değerler rapordaki net sediment sütununa işlenir.
- Filtre kâğıdındaki sediment, spatula ile porselen havana kazınır. Kıl parça ile temizlenir. Hafif hafif ezilerek kum, silt ve kilin ayrılması sağlanarak eleğe alınır.

3.4.4 Buharlaştırma yöntemi

Buharlaştırma metodunun, filtrasyon metoduna göre ekipmanının ve tekniğinin basitliği gibi bazı avantajları vardır. Buharlaştırma metodunda, sedimentin numune şişesinin dibine çökmesine müsaade edilir. Sonra üstteki temiz su çalkalanmadan alınır ve kalan sediment ve su bir buharlaştırma camı üzerine yıkanarak alınır ve sonra fırında kurutulur. Çökeltme numune kabını sallamadan bir kaç saat veya gün bir yere koymak lazımdır. Ancak numune tabii halde çökelmiş kil ihtiva ediyorsa bu halde özel çökelticiler lazımdır. Numune şişesinin üst kısmındaki su, tabandaki sedimentin muayyen miktarda bir su ile (takriben 20 m/ lt / birlikte) sedimentin hiç bir kısmının ayrılmayacağı şekilde, dikkatle akıtılarak alınır. Sediment ve kalan su damıtık su ile yıkanarak bir buharlaştırma camına alınır. Buharlaştırma camı muhtevası, bir fırında buharlaşma sıcaklığının 5-10 ^{o}C altındaki bir sıcaklıkta kurutulur. Buharlaştırma camları, tartmadan evvel ve tartılırken bir desikatör kullanılarak kuru durumda muhafaza edilir. Numune kabının dibindeki sedimentin üstünde kalan suda mevcut suda erimeyen tabii maddelerde kurutulmuş sediment kalır.

3.4.5 Deplasman yöntemi

Özel çalışmalar, fazla miktarda ve tamamına yakınının kum büyüklüğünde sediment olduğu hallerde, sedimentin fırında kurutulması gibi problemleri de ortadan kaldırdığı için deplasman metodunu kullanmak avantajlıdır. Prensip isminden de anlaşıldığı gibi, özgül ağırlığın tayini aynı olup, bir hacım su ile aynı hacimde su artı istenen katı maddenin ağırlıkları arasındaki farktır. Sedimentin özgül ağırlığı bilindiği halde, deplasman metodu ile numune içindeki katı maddenin ağırlığı tayin edilebilir.

Deplasman metodunun doğruluğu

- Katı maddelerin özgül ağırlığının doğruluğuna ve terazinin hassasiyetine bağlıdır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Herhangi bir ana akarsu havzasının kaynak noktası ve/veya o akarsuyun herhangi bir yan kolunun kaynak noktası; erozyon başlangıç noktası olup sedimentlerin taşınım şekilleri bu alandaki jeolojik birimler ile yağış türü ve diğer havza karakteristikleriyle kontrol edilir. Akarsuyun oyuntu bölümü ile aşınma bölüm sınırında belirlenecek akım gözlem istasyonları (AGİ) ve düzenli gözlem ile sediment alımı ve laboratuvar incelemeleri erozyon şekilleri ile şiddeti hakkında önemli veriler sunarlar. Bu sayede, erozyonu azaltan mühendislik yapı tasarımlarına gidilebildiği gibi arazi kullanımında da alınması gereken önlemlere ışık tutarlar.

Somut saha gözlem verileri ile AGİ'den alınan sediment örneklerinin laboratuvar ortamında amaca uygun olarak incelenmesi sonucunda elde edilen veriler birleştirilmiştir. Literatürde yaygın olarak kullanılmakta olan ve sediment taşınım modellerine ışık tutan yayınlar taranmış inceleme alanı ile ilgili bazı yaklaşımlarda bulunulmuştur. Buna göre;

Sedimantasyon; erozyon, sürüklenme, taşınma, birikme ve sedimentlerin sıkışma süreçlerini şekillendirir. Bunlar, jeolojik zamanlardan beri aktif olan ve dünyamıza şu andaki şeklini veren doğal süreçlerdir. En önemli dış dinamik faktörleri su, rüzgâr, yer çekimi ve buzdur. Burada sadece hidrodinamik kuvvetler göz önüne alınmıştır. Einstein (1950) tarafından simgelenen taşınma fonksiyonları, sadece "taşınma" sürecini ele alır.

Kohezif sedimentasyon teorisi: Kohezif sediment (kil, silt) taşınımında uygulandığı gibi kohezif olmayan (kum-çakıl) sediment taşınımında uygulanmaz. Yani, kohezif olmayan sediment taşınımında su sütunu ile yatak yüzeyi arasında sediment parçacıklarının sürekli değişimi vardır. Eşitlik durumu, yatak üzerinde, yataktan sürüklenen aynı sayıda, cins ve büyüklükte parçacıklar biriktiği zaman gerçekleşir. Kohezif parçacıkların aşınmalarını önleyen ana kuvvetler elektrokimyasal kuvvetlerdir. Yani, kohezif parçacıklar yatakla etkileşime girdiklerinde yatağa yapışma eğilimi gösterirler ve sürüklenmeye direnirler. Birikim oranları, süspansiyon içindeki kohezif parçacıkların flökülasyonuna (bir araya toplanma) bağlıdır. Erozyonu, sürüklenmeyi,

birikmeyi ve kohezif sedimentlerin birleşimini hesaplamak için analitik teknikler vardır.

Havzadaki sediment taşınımının analitik hesaplamalarından önce sediment taşınımını doğrudan etkileyen 8 havza karakteristiği aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

1) Havzanın topografik ve hidrografik karakteristiği: Topografik biçimlenmede Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF) ve buna bağlı olarak gelişen ana tansiyon kırıkları ile diğer süreksizlik sistemleri etkindir. Kuzeydoğu-güneybatı gidişli yapısal unsurlar ile vadinin sağ sahilindeki yükselim ve bindirmenin etkisiyle oluşan engebeler orta sert karakterlidir. Akarsu drenaj ağı bu yapısal unsurlarla kontrol edilmektedir. Korubaşı Deresi bir akış sistemi içinde transfer bölümü özelliğinde olup erozyon üretim alanı bitki örtüsünün olumlu etkisiyle sediment verimi düşüktür. Toplam alanı 125 km^2'dir.

2) Havzada değişik kayaçlardan oluşan altı (6) formasyon belirlenmiştir. Granit, kireçtaşı, kumtaşı, konglomera, silttaşı ve kiltaşı egemen kayaç türleridir.

3) Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerinden Bolu ile ilgili olarak alınan kayıtlara göre inceleme alanı kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcaktır.

4) Havzanın sediment karakteri jeolojik birimlerce kontrol edilir. Bölgenin tektoniğinden dolayı aşırı kırıklanmıştır. Bölgenin bitki örtüsü ve yoğun yağışlar parçalı kırıklı kayaçları kolaylıkla rezidüel zemine dönüştürmekte, sınırlı yüzey akışıyla taşınmaları kolaylaşmaktadır. Rüzgâr ve su gibi taşıyıcı ajanlarla kil-silt tane boyundaki parçalar yoğun bitki örtüsüne karşın akarsuyun transfer bölümüne ulaşabilmektedir.

5) Havzadaki Toprak Karakteristikleri, akarsuyun transfer bölümünde yer alan tarımsal faaliyetlerde kullanılan topraklar çoğunlukla kayaların ayrışmış ancak henüz taşınmamış zeminleridir. Çakıllı, kumlu siltli kil türü araziye egemendir.

6) Havzanın Vejetasyon Karakteristikleri; inceleme alanında toprak oluşumuna uygun koşullar ve yağış rejimi sayesinde yoğun bitki örtüsü egemendir. Karaçam egemen

olmakla birlikte sedir, kızılağaç türleri de yaygındır. Vadi tabanlarında ise söğüt ve kavaklar görülür. Bu ağaçlar arasında kısa otlar ve kaynağa doğru eğrelti otları yüzeyi tamamen kaplayarak erozyon üretimini en aza indirmektedir.

7) Havzada Arazi Kullanma Karakteristikleri; yamaç molozları çevredeki yerleşim birimlerinde yaşayanların ihtiyaçlarının bir kısmını karşılayacak kadar ürünün yetiştirilmesini sağlayacak şekilde tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Küçük sınırlanmış bahçeler şeklindeki araziler, akarsuya dik yönde sürüldüklerinde meydana gelen aşırı yağışlarda erozyon şiddeti artmaktadır.

8) Havza Karakteristikleri Arasındaki Etkileşim; Erozyonu engelleyecek şekildedir. Bölgenin bol yağışlı iklim yapısı kayaçlardan türeyen rezidüel karakterli toprak örtüsünde yoğun bitki örtüsünün oluşumunu sağlamakta; bu da, erozyon üretim bölgesinde tane taşınımını engellemektedir. Ancak, transfer bölgesinde arazi kullanım hataları (tarlaların akarsu vadisine paralel sürülmemesi) erozyonu artırmaktadır.

Korubaşı deresi 1343 No.lu AGİ ölçülerinin analitik hesaplamalarından sonra akarsuyun taşıdığı süspanse sediment miktarı; Qs ordinata, debi değerleri apsis eksenine konularak bulunan sediment anahtar eğrisi yardımıyla bulunmuştur. Günlük olarak hesaplanan sediment miktarları aylık ve yıl için de bulunabilir. AGİ'nin 13 yıllık verileri işlenerek istasyonun kontrol ettiği havzanın birim alanından gelen havza sediment verim ortalama değeri 52 ton/ yıl/ km^2 olarak hesaplanmıştır.

4.1 Sediment Anahtar Eğrisi, Taşınan Sediment Miktarlarını Hesaplaması ve Tahmin Oluşturma

Su içersinde yüzerek taşınan ince taneli katı maddelerin (süspanse sediment) konsantrasyonu demek, birim hacim su içerisindeki ağırlık cinsinden katı madde miktarı demek olup genellikle litrede miligram veya milyonda kısım (ppm) olarak tanımlanmaktadır. Uygulamada birim hacim içerisindeki katı madde miktarı, kuru sediment ağırlığının su-sediment karışımının hacmine oranı olarak alınmaktadır.

$$Q_S = Q_W \times C \times T \qquad (4.1)$$

Eşitlik (4.1)' de;

Q_S = Taşınan sedimenti (ton/gün)

Q_W = Günlük debiyi (m^3/sn)

C = Konsantrasyonu (ppm)

T = Zamanı simgelemektedir (Sn)

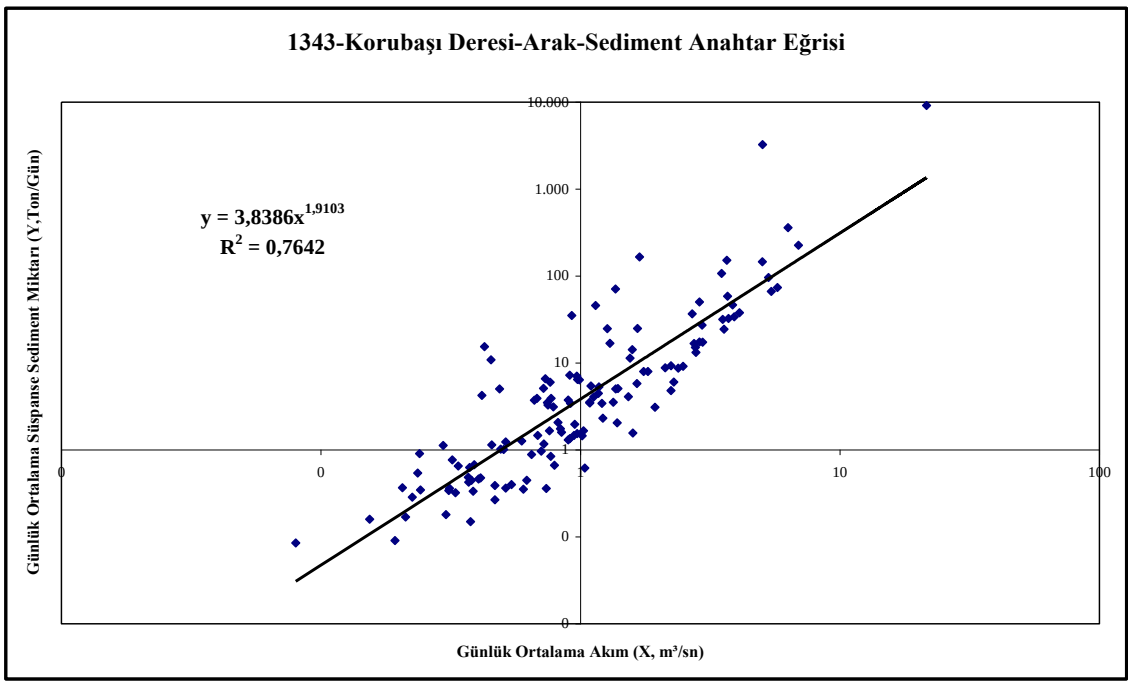
Bu bağıntı yardımıyla saptanan günlük sediment miktarına karşı günlük ortalama debi değerleri log-log kâğıtlarına noktalanarak;

$$\log Q_S = a+b(\log Q_W)+c(\log Q_W)^2+.....+n(\log Q_W)^n \qquad (4.2)$$

Eş (4.2) polinominal eşitliği ile 4. dereceye kadar olanların standart hatası en düşük olanları seçilerek her bir sediment gözlem istasyonu için ayrı ayrı sediment anahtar eğrileri çizilmektedir (Şekil 4.1). Bu sediment anahtar eğrilerinden yararlanılarak her bir sediment gözlem istasyonu için gerek sediment gözlem süresi boyunca ve gerekse akım gözlem süresi boyunca sediment değerleri yıl yıl belirlenebildiği gibi ortalama sediment değerlerini ve drenaj alanlarının birim alanından gelen sediment verimi değerlerini belirlemek mümkündür (Alışık 1996).

Süspanse sediment yük ölçüm sonuçlarından yararlanarak, her istasyonun temsil ettiği havzanın birim alanından gelen havza sediment verimi değerleri Ton / yıl / kilometrekare

olarak saptanır. Bu sayede gerek mühendislik yapı tipi tasarımında taşınacak malzemenin olumsuz etkisinin hesaplanabilmesi olanaklı olacak gerekse de havzanın erozyon derecesinin hesabı mümkün olacaktır.



Şekil 4.1 Korubaşı Deresi–1343 No.lu Arak AGİ Sediment Anahtar Eğrisi (Alışık 1996).

Korubaşı deresi 1343 No.lu AGİ ölçülerinin analitik hesaplamalarından sonra (Çizelge 4.1e) havzanın sediment anahtar eğrisi (Şekil 4.1) yardımıyla akarsuyun taşıdığı süspanse sediment miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1'deki verilerden hareketle sediment miktarı, Qs, günlük olarak ton cinsinden hesaplanmıştır.

$$Qs = Qw \cdot C \cdot T \qquad (4.3)$$

Eşitlik (4.3)'te;

Qw = Debi (m^3/sn), C = Konsantrasyon (ppm), T = Saniye (24 x 60 x 60 = 86.400)

Çizelge 4.1 Korubaşı Deresi-1343 No.lu Arak AGİ 1991-2005 arası ölçüm verileri (Alışık 1996).

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		SU SICAKLIĞI	ÖRNEK(SU +SED)	SEDİMENT AĞIRLIĞI	
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSANTRASYONU		AĞIRLIĞI	KİL + SİLT	KUM
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	^{O}C	(gr)	(gr)	(gr)
1	24.12.1991	**0.765**	6.0	**90.8**	6	**1201**	0.109	**0.000**
2	03.01.1992	**0.733**	**6.6**	**104.1**	1	**1066**	0.111	**0.000**
3	01.02.1992	**0.665**	**3.7**	**64.8**	1	**1606**	0.104	**0.000**
4	17.03.1992	**5.036**	**3248.2**	**7465.3**	3	**2708**	0.887	**19.329**
5	14.04.1992	**6.927**	**225.5**	**376.8**	3	**2720**	0.408	**0.617**
6	12.05.1992	**2.235**	**4.8**	**24.9**	8	**2368**	0.059	**0.000**
7	02.06.1992	**0.837**	**1.7**	**24.2**	14	**1490**	0.036	**0.000**
8	06.07.1992	**0.926**	**35.1**	**438.4**	20	**1494**	0.235	**0.420**
9	25.08.1992	**0.206**	**0.4**	**20.6**	22	**1505**	0.031	**0.000**
10	08.09.1992	**0.225**	**0.3**	**14.7**	19	**1154**	0.017	**0.000**
11	08.10.1992	**0.193**	**0.1**	**5.4**	16	**1474**	0.008	**0.000**
12	10.11.1992	**0.760**	**1.7**	**25.2**	5	**1310**	0.033	**0.000**
13	01.12.1992	**1.179**	**5.3**	**52.0**	6	**1422**	0.074	**0.000**
14	05.01.1993	**1.220**	2.3	**21.9**	1	**1549**	0.034	**0.000**
15	02.02.1993	**1.338**	3.5	**30.5**	1	**1508**	0.046	**0.000**
16	05.03.1993	**2.786**	13.2	**55.0**	1	**2598**	0.143	**0.000**
17	13.04.1993	**5.739**	73.6	**148.4**	8	**2608**	0.205	**0.182**
18	01.05.1993	**3.722**	32.5	**100.9**	8	**2378**	0.175	**0.065**
19	03.05.1993	**2.941**	27.2	**107.0**	8	**2177**	0.213	**0.020**
20	22.06.1993	**0.945**	1.5	**18.0**	16	**1558**	0.028	**0.000**
21	19.07.1993	**0.240**	0.9	**43.8**	17	**1507**	0.066	**0.000**
22	03.08.1993	**0.236**	0.5	**26.5**	16	**1394**	0.037	**0.000**
23	19.09.1993	**0.242**	0.3	**16.6**	16	**1569**	0.026	**0.000**
24	15.10.1993	**0.212**	0.2	**9.2**	15	**1410**	0.013	**0.000**
25	21.10.1993	**0.154**	0.2	**12.0**	17	**1666**	0.020	**0.000**
26	09.11.1993	**0.452**	10.8	**277.7**	11	**1480**	0.317	**0.094**
27	07.12.1993	**0.313**	0.4	**13.4**	5	**1572**	0.021	**0.000**
28	03.01.1994	**0.750**	3.3	**50.5**	6	**1544**	0.078	**0.000**
29	03.02.1994	**0.412**	0.5	**13.4**	5	**1722**	0.023	**0.000**
30	02.03.1994	**0.819**	2.1	**29.3**	4	**1776**	0.052	**0.000**
31	05.04.1994	**1.015**	1.5	**16.5**	11	**1451**	0.024	**0.000**
32	03.05.1994	**0.542**	0.4	**8.5**	10	**1526**	0.013	**0.000**
33	07.06.1994	**0.338**	0.7	**22.4**	9	**1564**	0.035	**0.000**

Çizelge 4.1 Korubaşı Deresi-1343 No.lu Arak AGİ 1991-2005 arası ölçüm verileri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		SU SICAK LIĞI	ÖRNEK(SU +SED)	SEDİMENT ĞIRLIĞI	
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU		AĞIRLIĞI	KİL + SİLT	KUM
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	^OC	(gr)	(gr)	(gr)
34	07.07.1994	**0.080**	0.1	**12.3**	17	**1546**	0.019	**0.000**
35	08.12.1994	**0.330**	0.3	**11.3**	3	**1592**	0.018	**0.000**
36	05.01.1995	**4.098**	37.9	**107.0**	6	**1570**	0.109	**0.059**
37	06.02.1995	**1.368**	5.0	**42.5**	1	**1554**	0.033	**0.033**
38	09.03.1995	**2.875**	17.4	**70.0**	4	**1542**	0.108	**0.000**
39	06.04.1995	**3.913**	34.0	**100.5**	10	**2578**	0.118	**0.141**
40	04.05.1995	**2.232**	9.3	**48.3**	7	**2818**	0.136	**0.000**
41	12.06.1995	**0.787**	3.1	**46.0**	21	**1500**	0.069	**0.000**
42	11.07.1995	**0.910**	7.2	**91.8**	17	**1645**	0.039	**0.112**
43	03.08.1995	**0.455**	1.1	**29.0**	19	**1516**	0.044	**0.000**
44	19.09.1995	**1.144**	45.8	**463.7**	12	**2786**	0.348	**0.944**
45	02.10.1995	**1.299**	16.8	**149.7**	11	**2398**	0.142	**0.217**
46	08.11.1995	**0.468**	0.3	**6.6**	5	**1667**	0.011	**0.000**
47	07.12.1995	**1.087**	3.5	**36.8**	7	**1602**	0.059	**0.000**
48	05.01.1996	**1.752**	8.0	**52.8**	4	**2483**	0.131	**0.000**
49	09.02.1996	**2.698**	36.7	**157.5**	4	**2444**	0.151	**0.234**
50	04.03.1996	**1.173**	4.5	**44.0**	4	**1385**	0.061	**0.000**
51	02.04.1996	**3.856**	46.5	**139.6**	11	**2213**	0.184	**0.125**
52	20.05.1996	**0.972**	1.5	**18.4**	19	**1360**	0.025	**0.000**
53	13.06.1996	**0.951**	2.0	**24.0**	23	**1666**	0.040	**0.000**
54	01.07.1996	**0.417**	4.2	**117.5**	19	**1294**	0.135	**0.017**
55	12.12.1996	**0.377**	0.1	**4.6**	7	**1744**	0.008	**0.000**
56	08.01.1997	**2.122**	8.8	**47.9**	8	**1606**	0.077	**0.000**
57	05.02.1997	**0.720**	5.1	**82.2**	0	**1180**	0.097	**0.000**
58	06.03.1997	**1.531**	4.1	**30.9**	2	**1521**	0.047	**0.000**
59	03.04.1997	**6.315**	360.1	**660.0**	7	**2444**	0.802	**0.811**
60	01.05.1997	**21.564**	9149.4	**4910.8**	7	**2611**	5.763	**7.059**
61	02.06.1997	**1.365**	71.1	**602.6**	14	**1510**	0.334	**0.576**
62	14.07.1997	**0.488**	5.0	**119.1**	16	**1579**	0.128	**0.060**
63	18.08.1997	**1.690**	165.5	**1133.8**	14	**1428**	1.030	**0.589**
64	18.09.1997	**0.603**	0.4	**6.8**	16	**1626**	0.011	**0.000**
65	06.10.1997	**0.706**	1.0	**15.8**	13	**1830**	0.029	**0.000**
66	10.11.1997	**0.723**	1.2	**18.8**	12	**1333**	0.025	**0.000**
67	04.12.1997	**0.738**	0.4	**5.6**	7	**1594**	0.009	**0.000**

Çizelge 4.1 Korubaşı Deresi-1343 No.lu Arak AGİ 1991-2005 arası ölçüm verileri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		SU SICAK LIĞI	ÖRNEK(SU +SED)	SEDİMENT AĞIRLIĞI	
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU		AĞIRLIĞI	KİL + SİLT	KUM
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	^{O}C	(gr)	(gr)	(gr)
68	06.01.1998	**1.385**	2.0	**17.1**	4	**1580**	0.027	**0.000**
69	05.02.1998	**3.664**	151.8	**479.4**	6	**2718**	0.843	**0.460**
70	02.03.1998	**3.575**	24.4	**79.1**	5	**2706**	0.092	**0.122**
71	04.04.1998	**3.533**	31.7	**103.7**	5	**2564**	0.126	**0.140**
72	17.05.1998	**2.959**	17.4	**67.9**	11	**2664**	0.130	**0.051**
73	13.08.1998	**0.771**	3.9	**58.9**	17	**1648**	0.097	**0.000**
74	23.09.1998	**0.680**	3.9	**66.6**	8	**1651**	0.110	**0.000**
75	15.10.1998	**0.370**	0.5	**15.1**	14	**1720**	0.026	**0.000**
76	16.11.1998	**0.427**	15.4	**418.4**	5	**1728**	0.468	**0.255**
77	16.12.1998	**0.468**	0.4	**9.6**	5	**1557**	0.015	**0.000**
78	11.01.1999	**0.380**	0.4	**13.6**	5	**1540**	0.021	**0.000**
79	11.02.1999	**0.493**	1.0	**24.0**	4	**1668**	0.040	**0.000**
80	05.03.1999	**2.875**	50.2	**202.0**	4	**2569**	0.231	**0.288**
81	10.04.1999	**2.289**	6.0	**30.6**	7	**2913**	0.089	**0.000**
82	04.05.1999	**1.027**	1.7	**18.7**	9	**1769**	0.033	**0.000**
83	09.06.1999	**1.659**	24.9	**174.0**	14	**2880**	0.290	**0.211**
84	05.08.1999	**0.296**	1.1	**43.9**	22	**1708**	0.075	**0.000**
85	06.12.1999	**0.515**	1.2	**27.8**	5	**1799**	0.050	**0.000**
86	20.01.2000	**0.506**	1.0	**23.1**	1	**1644**	0.038	**0.000**
87	14.02.2000	**1.585**	14.2	**103.9**	4	**2714**	0.233	**0.049**
88	09.03.2000	**1.652**	5.8	**40.6**	2	**2712**	0.110	**0.000**
89	20.04.2000	**5.441**	66.4	**141.2**	9	**2875**	0.219	**0.187**
90	11.05.2000	**2.380**	8.7	**42.3**	8	**2788**	0.118	**0.000**
91	08.06.2000	**5.027**	146.1	**336.4**	13	**2815**	0.314	**0.633**
92	06.07.2000	**0.969**	7.1	**84.4**	21	**1493**	0.126	**0.000**
93	13.09.2000	**0.386**	0.3	**10.1**	17	**1890**	0.019	**0.000**
94	03.01.2001	**0.374**	0.6	**19.4**	5	**1755**	0.034	**0.000**
95	14.03.2001	**0.768**	0.8	**12.7**	9	**1888**	0.024	**0.000**
96	17.04.2001	**0.911**	1.3	**17.1**	14	**1693**	0.029	**0.000**
97	02.05.2001	**0.648**	0.9	**15.8**	12	**1520**	0.024	**0.000**
98	07.06.2001	**0.916**	3.4	**43.3**	10	**1733**	0.075	**0.000**
99	12.12.2001	**0.311**	0.3	**12.7**	2	**1655**	0.021	**0.000**

Çizelge 4.1 Korubaşı Deresi-1343 No.lu Arak AGİ 1991-2005 arası ölçüm verileri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		SU SICAK LIĞI	ÖRNEK(SU +SED)	SEDİMENT AĞIRLIĞI	
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU		AĞIRLIĞI	KİL + SİLT	KUM
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	^{O}C	(gr)	(gr)	(gr)
100	24.01.2002	**1.097**	5.4	**57.4**	2	**1726**	0.099	**0.000**
101	06.02.2002	**1.820**	8.0	**50.8**	7	**2522**	0.128	**0.000**
102	04.03.2002	**2.743**	16.7	**70.7**	6	**2717**	0.158	**0.034**
103	04.04.2002	**3.688**	58.6	**184.0**	4	**3060**	0.482	**0.081**
104	02.05.2002	**3.499**	107.1	**354.3**	10	**2797**	0.654	**0.337**
105	03.06.2002	**0.991**	6.4	**74.5**	11	**1489**	0.111	**0.000**
106	09.07.2002	**0.975**	6.5	**76.7**	21	**1681**	0.129	**0.000**
107	14.08.2002	**0.321**	0.8	**27.7**	20	**1772**	0.049	**0.000**
108	13.11.2002	**0.621**	0.4	**8.3**	6	**1802**	0.015	**0.000**
109	30.01.2003	**1.039**	0.6	**6.9**	5	**1743**	0.012	**0.000**
110	26.02.2003	**0.846**	1.6	**21.8**	2	**1785**	0.039	**0.000**
111	04.03.2003	**1.270**	24.9	**226.5**	6	**1594**	0.333	**0.028**
112	02.04.2003	**1.552**	11.4	**84.8**	8	**2795**	0.068	**0.169**
113	27.05.2003	**1.395**	5.1	**42.1**	14	**1780**	0.075	**0.000**
114	12.06.2003	**0.594**	1.3	**24.7**	23	**1740**	0.043	**0.000**
115	19.11.2003	**1.086**	3.5	**37.7**	5	**1697**	0.064	**0.000**
116	18.12.2003	**0.303**	0.2	**6.9**	1	**1746**	0.012	**0.000**
117	07.01.2004	**0.898**	3.8	**48.4**	2	**1530**	0.074	**0.000**
118	17.02.2004	**1.125**	4.1	**41.8**	1	**1794**	0.075	**0.000**
119	02.03.2004	**5.303**	96.4	**210.3**	6	**2701**	0.423	**0.145**
120	31.05.2004	**1.210**	3.4	**32.7**	15	**1742**	0.057	**0.000**
121	10.06.2004	**2.771**	15.1	**63.0**	12	**2826**	0.138	**0.040**
122	06.07.2004	**0.746**	3.5	**54.2**	16	**1604**	0.087	**0.000**
123	09.12.2004	**0.405**	0.5	**13.2**	3	**1737**	0.023	**0.000**
124	10.01.2005	**0.371**	0.4	**13.3**	5	**1656**	0.022	**0.000**
125	10.02.2005	**0.685**	1.5	**24.8**	1	**1772**	0.044	**0.000**
126	02.03.2005	**1.937**	3.1	**18.5**	4	**2710**	0.050	**0.000**
127	21.04.2005	**1.591**	1.6	**11.4**	9	**2815**	0.032	**0.000**
128	04.05.2005	**2.485**	9.2	**42.7**	14	**2835**	0.121	**0.000**
129	29.06.2005	**0.897**	1.3	**16.9**	15	**1780**	0.030	**0.000**
130	13.07.2005	**0.390**	0.7	**20.0**	22	**1500**	0.030	**0.000**
131	17.11.2005	**0.515**	0.4	**8.2**	7	**1591**	0.013	**0.000**
132	08.12.2005	**0.794**	0.7	**9.7**	7	**1647**	0.016	**0.000**

Çizelge 4.1 Korubaşı Deresi 1343 No.lu AGİ Aylık ve Yıllık Ortalama Qs Değerleri (devam)

İSTASYON NO ve ADI	**:**	**1343- KORUBAŞI DERESİ - ARAK**			
YAĞIŞ ALANI	**:**	**125km²**			
ORT.AKIM ve GÖZLEM YILLARI	**:**	**1,43 m³/sn**		**(01.10.1992 - 30.09.2004 , 13 yıllık)**	
ORT.SEDİMENT DANE DAĞILIMI	**:**	**Kum : %62**	**Kil : %18**	**Silt : %20**	
ORT.SED. MİKTARI ve VERİMİ	**:**	**Miktar : 6560 Ton/yıl**	**Verim: 52.48Ton/yıl/km²**		

Sediment Anahtar Eğrisindeki Eşitlikte İstasyonun Günlük Ortalama Akımlarının Girilmesiyle Elde Edilen Aylık ve Yıllık Toplam Süspanse Sediment Miktarları (Ton)

Sıra No	Su Yılı	ekim	kasım	aralık	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	Yıllık Toplam
					A	Y	L	A	R					
1	1992	**39**	33	**66**	82	**156**	3,072	**6,551**	717	**116**	201	**11**	5	**11,050**
2	1993	**40**	125	**389**	229	**458**	3,532	**2,715**	1,652	**157**	17	**36**	13	**9,364**
3	1994	**7**	29	**35**	32	**30**	242	**70**	238	**12**	1	**0**	0	**697**
4	1995	**1**	7	**50**	1,018	**354**	951	**1,585**	600	**89**	89	**14**	19	**4,776**
5	1996	**30**	46	**321**	141	**287**	482	**792**	225	**144**	16	**7**	9	**2,500**
6	1997	**22**	16	**63**	267	**170**	415	**4,839**	3,341	**159**	33	**759**	84	**10,168**
7	1998	**142**	106	**330**	501	**1,424**	2,065	**2,470**	14,437	**1,548**	216	**45**	28	**23,313**
8	1999	**81**	38	**45**	21	**183**	740	**658**	139	**422**	127	**20**	123	**2,597**
9	2000	**29**	60	**97**	94	**302**	1,110	**4,043**	809	**1,387**	65	**45**	18	**8,058**
10	2001	**37**	5	**11**	11	**47**	260	**176**	727	**66**	9	**10**	7	**1,364**
11	2002	**2**	7	**282**	242	**373**	584	**1,846**	469	**361**	133	**25**	12	**4,335**
12	2003	**21**	22	**5**	212	**154**	251	**888**	258	**88**	6	**2**	4	**1,911**
13	2004	**8**	23	**28**	185	**863**	1,791	**1,556**	423	**234**	17	**12**	6	**5,145**
Toplam		**458**	517	**1,723**	3,034	**4,800**	15,496	**28,189**	24,034	**4,782**	930	**986**	329	**85,277**
Ortalama		**35**	**40**	**133**	**233**	**369**	**1,192**	**2,168**	**1,849**	**368**	**72**	**76**	**25**	**6,560**
Maksimum		**142**	125	**389**	1,018	**1,424**	3,532	**6,551**	14,437	**1,548**	216	**759**	123	**23,313**
Minimum		**1**	**5**	**5**	**11**	**30**	**242**	**70**	**139**	**12**	**1**	**0**	**0**	**697**

Qs=(Ton/zaman);(Ton/dak,Ton/gün,Ton/ay,Ton/yıl) olarak hesaplanabilir,(çizelge 4.1e)

Sediment miktarı; Qs ordinata, debi değerleri apsis eksenine konularak bulunan sediment anahtar eğrisi (Şekil 4.1)'yle günlük olarak hesaplanan sediment miktarları yıl için bulunabilir. 1343 No.lu Arak AGİ'nin 14 yıllık verilerinin ortalaması alınarak 14 yıl için; havza karakteristikleri ve yılların benzer aylardaki benzer akım-sediment ilişkisindeki standarda yakın değerler (yamaç kopmalarından ve tarımsal faaliyet dönemindeki yanlış arazi kullanımından ileri gelen aşırı sediment verimi ihmal edilmiştir) göz önünde bulundurularak tasarlanan mühendislik yapılarının (baraj, gölet, vb.) ne kadar sürede dolacağı tahmin edilir. Ayrıca, bu sonuçlardan yararlanılarak, istasyonun kontrol ettiği havzanın birim alanından gelen havza sediment verim değerleri Ton/ yıl/ km^2 olarak hesaplanır.

4.2 Akımdan (Q) Taşınan Sedimentin (Qs) Tahmin Edilmesi

Akım ile sedimentin regresyonu anahtar eğrisinde yapılmıştır. Yapılan regresyonun sonucunu karşılaştırmak ve daha iyi, doğru değerler almak için daha çok veri içeren (sediment, akım, taban kesme basıncı, akış gücü) regresyon ve tahminler yapılmıştır (Çizelge 4.2). Bu çizelgedeki değerler 0,5 aralıklı Q'ya göre gruplandırılarak 8 sınıf oluşturulmuştur (Çizelge 4.3).

Qs'nin tahmin edilmesi için Minitab 14 programının yardımıyla kurulan modelde Q değişkeni bağımsız değişken olarak dikkate alınarak Eşitlik (4.4)'de gösterilen model oluşturulmuş (R2=75,7) olup modele ait parametreler ve tahmin edilen gözlem değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4-4.5'de gösterilmektedir. Gözlem değerleri arasındaki fark fazla olduğu için modelde Q ve Qs değerlerine logaritmik dönüşüm yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sınıfların bütün olarak modele etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

$$\mathbf{log\ Qs} = 0,480 + 1,68\ \mathbf{log\ Q} + 0,0489\mathbf{C} \qquad (4.4)$$

- Q : Akım
- Qs : Taşınan Sediment
- C : Bütün akım sınıflarının ortak etkisi

Çizelge 4.2 Korubaşı Deresi-1343 No.lu AGİ ölçüm veriler analitik hesapları

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
No.	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	N m^{-3}	m	m^2 s^{-1}	kg s^{-3}	kg s^{-3}
1	24.12.1991	**0.765**	6.0	**90.8**	6.40	0.047	0.035	9810	0.094	0.120	43.159	55.112
2	03.01.1992	**0.733**	6.6	**104.1**	8.30	0.047	0.035	9810	0.078	0.088	35.991	40.719
3	01.02.1992	**0.665**	3.7	**64.8**	6.15	0.047	0.035	9810	0.088	0.108	40.639	49.856
4	17.03.1992	**5.036**	3248.2	**7465.3**	11.00	0.047	0.035	9810	0.210	0.458	96.604	211.086
5	14.04.1992	**6.927**	225.5	**376.8**	8.70	0.047	0.035	9810	0.292	0.796	134.646	367.107
6	12.05.1992	**2.235**	4.8	**24.9**	6.70	0.047	0.035	9810	0.173	0.334	79.891	153.805
7	02.06.1992	**0.837**	1.7	**24.2**	6.50	0.047	0.035	9810	0.098	0.129	45.130	59.372
8	06.07.1992	**0.926**	35.1	**438.4**	6.70	0.047	0.035	9810	0.102	0.138	47.087	63.724
9	25.08.1992	**0.206**	0.4	**20.6**	4.40	0.047	0.035	9810	0.053	0.047	24.594	21.586
10	08.09.1992	**0.225**	0.3	**14.7**	5.00	0.047	0.035	9810	0.052	0.045	24.016	20.748
11	08.10.1992	**0.193**	0.1	**5.4**	4.10	0.047	0.035	9810	0.054	0.047	24.674	21.704
12	10.11.1992	**0.760**	1.7	**25.2**	6.00	0.047	0.035	9810	0.097	0.127	44.686	58.402
13	01.12.1992	**1.179**	5.3	**52.0**	6.40	0.047	0.035	9810	0.121	0.184	55.947	84.938
14	05.01.1993	**1.220**	2.3	**21.9**	7.20	0.047	0.035	9810	0.115	0.169	53.210	78.126
15	02.02.1993	**1.338**	3.5	**30.5**	7.00	0.047	0.035	9810	0.124	0.191	57.200	88.130
16	05.03.1993	**2.786**	13.2	**55.0**	7.20	0.047	0.035	9810	0.189	0.387	87.331	178.408
17	13.04.1993	**5.739**	73.6	**148.4**	14.50	0.047	0.035	9810	0.192	0.396	88.524	182.488
18	01.05.1993	**3.722**	32.5	**100.9**	7.80	0.047	0.035	9810	0.215	0.477	99.035	220.013
19	03.05.1993	**2.941**	27.2	**107.0**	8.00	0.047	0.035	9810	0.184	0.368	84.688	169.501
20	22.06.1993	**0.945**	1.5	**18.0**	6.90	0.047	0.035	9810	0.102	0.137	46.830	63.147
21	19.07.1993	**0.240**	0.9	**43.8**	3.70	0.047	0.035	9810	0.065	0.065	29.908	29.907
22	03.08.1993	**0.236**	0.5	**26.5**	4.40	0.047	0.035	9810	0.058	0.054	26.684	24.730
23	19.09.1993	**0.242**	0.3	**16.6**	7.20	0.047	0.035	9810	0.044	0.034	20.159	15.497
24	15.10.1993	**0.212**	0.2	**9.2**	3.20	0.047	0.035	9810	0.066	0.066	30.289	30.546
25	21.10.1993	**0.154**	0.2	**12.0**	3.60	0.047	0.035	9810	0.051	0.043	23.297	19.724
26	09.11.1993	**0.452**	10.8	**277.7**	4.30	0.047	0.035	9810	0.087	0.105	39.956	48.466
27	07.12.1993	**0.313**	0.4	**13.4**	4.50	0.047	0.035	9810	0.068	0.070	31.187	32.070
28	03.01.1994	**0.750**	3.3	**50.5**	5.00	0.047	0.035	9810	0.107	0.150	49.458	69.161
29	03.02.1994	**0.412**	0.5	**13.4**	4.90	0.047	0.035	9810	0.076	0.084	34.946	38.768
30	02.03.1994	**0.819**	2.1	**29.3**	5.60	0.047	0.035	9810	0.106	0.146	48.712	67.431

Çizelge 4.2 Korubaşı Deresi-1343 No.lu AGİ ölçüm veriler analitik hesapları (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
No.	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	N m^{-3}	m	m^2 s^{-1}	kg s^{-3}	kg s^{-3}
31	05.04.1994	**1.015**	1.5	**16.5**	5.60	0.047	0.035	9810	0.120	0.181	55.405	83.569
32	03.05.1994	**0.542**	0.4	**8.5**	5.60	0.047	0.035	9810	0.082	0.097	38.025	44.625
33	07.06.1994	**0.338**	0.7	**22.4**	6.50	0.047	0.035	9810	0.057	0.052	26.193	23.976
34	07.07.1994	**0.080**	0.1	**12.3**	3.90	0.047	0.035	9810	0.033	0.021	14.990	9.458
36	05.01.1995	**4.098**	37.9	**107.0**	6.50	0.047	0.035	9810	0.237	0.561	109.176	258.831
37	06.02.1995	**1.368**	5.0	**42.5**	7.30	0.047	0.035	9810	0.123	0.187	56.524	86.403
38	09.03.1995	**2.875**	17.4	**70.0**	7.30	0.047	0.035	9810	0.196	0.411	90.511	189.368
39	06.04.1995	**3.913**	34.0	**100.5**	7.00	0.047	0.035	9810	0.245	0.593	112.813	273.359
40	04.05.1995	**2.232**	9.3	**48.3**	6.60	0.047	0.035	9810	0.170	0.323	78.431	149.146
41	12.06.1995	**0.787**	3.1	**46.0**	6.90	0.047	0.035	9810	0.096	0.125	44.316	57.597
42	11.07.1995	**0.910**	7.2	**91.8**	6.30	0.047	0.035	9810	0.099	0.132	45.782	60.808
43	03.08.1995	**0.455**	1.1	**29.0**	6.90	0.047	0.035	9810	0.072	0.077	33.180	35.557
44	19.09.1995	**1.144**	45.8	**463.7**	5.90	0.047	0.035	9810	0.118	0.176	54.436	81.148
45	02.10.1995	**1.299**	16.8	**149.7**	6.50	0.047	0.035	9810	0.072	0.077	33.180	35.557
46	08.11.1995	**0.468**	0.3	**6.6**	6.10	0.047	0.035	9810	0.072	0.077	33.077	35.374
47	07.12.1995	**1.087**	3.5	**36.8**	6.50	0.047	0.035	9810	0.114	0.167	52.792	77.105
48	05.01.1996	**1.752**	8.0	**52.8**	6.90	0.047	0.035	9810	0.147	0.254	67.825	117.072
49	09.02.1996	**2.698**	36.7	**157.5**	6.60	0.047	0.035	9810	0.196	0.409	90.256	188.480
50	04.03.1996	**1.173**	4.5	**44.0**	6.60	0.047	0.035	9810	0.119	0.178	54.756	81.945
51	02.04.1996	**3.856**	46.5	**139.6**	6.80	0.047	0.035	9810	0.238	0.567	109.839	261.454
52	20.05.1996	**0.972**	1.5	**18.4**	6.70	0.047	0.035	9810	0.105	0.145	48.477	66.890
53	13.06.1996	**0.951**	2.0	**24.0**	6.50	0.047	0.035	9810	0.106	0.146	48.724	67.458
54	01.07.1996	**0.417**	4.2	**117.5**	6.30	0.047	0.035	9810	0.066	0.066	30.273	30.518
55	12.12.1996	**0.377**	0.1	**4.6**	4.60	0.047	0.035	9810	0.075	0.082	34.413	37.788
56	08.01.1997	**2.122**	8.8	**47.9**	7.00	0.047	0.035	9810	0.164	0.303	75.434	139.770
57	05.02.1997	**0.720**	5.1	**82.2**	5.80	0.047	0.035	9810	0.096	0.124	44.149	57.236
58	06.03.1997	**1.531**	4.1	**30.9**	7.68	0.047	0.035	9810	0.127	0.199	58.661	91.914
59	03.04.1997	**6.315**	360.1	**660.0**	12.25	0.047	0.035	9810	0.225	0.516	103.734	237.686
60	01.05.1997	**21.564**	9149.4	**4910.8**	8.80	0.047	0.035	9810	0.573	2.450	264.318	1129.831
61	02.06.1997	**1.365**	71.1	**602.6**	7.00	0.047	0.035	9810	0.126	0.195	57.889	89.909

Çizelge 4.2 Korubaşı Deresi-1343 No.lu AGİ ölçüm veriler analitik hesapları (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
No.	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
62	14.07.1997	**0.488**	5.0	**119.1**	4.95	0.047	0.035	9810	0.083	0.099	38.447	45.455
63	18.08.1997	**1.690**	165.5	**1133.8**	8.70	0.047	0.035	9810	0.125	0.194	57.756	89.564
64	18.09.1997	**0.603**	0.4	**6.8**	7.50	0.047	0.035	9810	0.074	0.080	34.020	37.070
65	06.10.1997	**0.706**	1.0	**15.8**	7.50	0.047	0.035	9810	0.081	0.094	37.396	43.402
66	10.11.1997	**0.723**	1.2	**18.8**	7.20	0.047	0.035	9810	0.084	0.100	38.874	46.299
67	04.12.1997	**0.738**	0.4	**5.6**	7.80	0.047	0.035	9810	0.081	0.095	37.511	43.624
68	06.01.1998	**1.385**	2.0	**17.1**	8.00	0.047	0.035	9810	0.117	0.173	53.901	79.823
69	05.02.1998	**3.664**	151.8	**479.4**	7.80	0.047	0.035	9810	0.213	0.470	98.106	216.585
70	02.03.1998	**3.575**	24.4	**79.1**	8.40	0.047	0.035	9810	0.201	0.426	92.465	196.229
71	04.04.1998	**3.533**	31.7	**103.7**	8.50	0.047	0.035	9810	0.198	0.416	91.162	191.642
72	17.05.1998	**2.959**	17.4	**67.9**	9.50	0.047	0.035	9810	0.166	0.311	76.671	143.611
73	13.08.1998	**0.771**	3.9	**58.9**	12.50	0.047	0.035	9810	0.063	0.062	29.018	28.439
74	23.09.1998	**0.680**	3.9	**66.6**	2.40	0.047	0.035	9810	0.157	0.283	72.436	130.637
75	15.10.1998	**0.370**	0.5	**15.1**	5.00	0.047	0.035	9810	0.070	0.074	32.368	34.119
76	16.11.1998	**0.427**	15.4	**418.4**	1.80	0.047	0.035	9810	0.141	0.237	65.114	109.376
77	16.12.1998	**0.468**	0.4	**9.6**	1.80	0.047	0.035	9810	0.149	0.260	68.796	119.878
78	11.01.1999	**0.380**	0.4	**13.6**	2.00	0.047	0.035	9810	0.124	0.190	56.994	87.603
79	11.02.1999	**0.493**	1.0	**24.0**	2.00	0.047	0.035	9810	0.145	0.247	66.630	113.654
80	05.03.1999	**2.875**	50.2	**202.0**	9.50	0.047	0.035	9810	0.163	0.303	75.358	139.534
81	10.04.1999	**2.289**	6.0	**30.6**	11.00	0.047	0.035	9810	0.131	0.208	60.191	95.944
82	04.05.1999	**1.027**	1.7	**18.7**	9.30	0.047	0.035	9810	0.089	0.110	41.156	50.916
83	09.06.1999	**1.659**	24.9	**174.0**	11.50	0.047	0.035	9810	0.105	0.144	48.313	66.514
84	05.08.1999	**0.296**	1.1	**43.9**	8.50	0.047	0.035	9810	0.045	0.035	20.592	16.056
85	06.12.1999	**0.515**	1.2	**27.8**	6.00	0.047	0.035	9810	0.077	0.086	35.381	39.575
86	20.01.2000	**0.506**	1.0	**23.1**	4.00	0.047	0.035	9810	0.097	0.127	44.651	58.325
87	14.02.2000	**1.585**	14.2	**103.9**	10.50	0.047	0.035	9810	0.108	0.151	49.646	69.600
88	09.03.2000	**1.652**	5.8	**40.6**	5.50	0.047	0.035	9810	0.163	0.300	75.018	138.489
89	20.04.2000	**5.441**	66.4	**141.2**	12.00	0.047	0.035	9810	0.208	0.453	96.045	209.057
90	11.05.2000	**2.380**	8.7	**42.3**	10.50	0.047	0.035	9810	0.137	0.227	63.359	104.509
91	08.06.2000	**5.027**	146.1	**336.4**	12.00	0.047	0.035	9810	0.199	0.419	91.591	193.150

Çizelge 4.2 Korubaşı Deresi-1343 No.lu AGİ ölçüm veriler analitik hesapları (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
No.	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
92	06.07.2000	**0.969**	7.1	**84.4**	7.10	0.047	0.035	9810	0.101	0.136	46.732	62.926
93	13.09.2000	**0.386**	0.3	**10.1**	3.30	0.047	0.035	9810	0.092	0.117	42.601	53.931
94	03.01.2001	**0.374**	0.6	**19.4**	2.60	0.047	0.035	9810	0.105	0.144	48.230	66.323
95	14.03.2001	**0.768**	0.8	**12.7**	3.30	0.047	0.035	9810	0.140	0.233	64.370	107.304
96	17.04.2001	**0.911**	1.3	**17.1**	8.30	0.047	0.035	9810	0.089	0.110	41.006	50.607
97	02.05.2001	**0.648**	0.9	**15.8**	8.00	0.047	0.035	9810	0.074	0.081	34.172	37.347
98	07.06.2001	**0.916**	3.4	**43.3**	9.10	0.047	0.035	9810	0.084	0.101	38.931	46.411
99	12.12.2001	**0.311**	0.3	**12.7**	5.10	0.047	0.035	9810	0.063	0.061	28.820	28.116
100	24.01.2002	**1.097**	5.4	**57.4**	8.50	0.047	0.035	9810	0.098	0.129	45.191	59.505
101	06.02.2002	**1.820**	8.0	**50.8**	8.80	0.047	0.035	9810	0.130	0.207	59.970	95.358
102	04.03.2002	**2.743**	16.7	**70.7**	8.80	0.047	0.035	9810	0.166	0.312	76.705	143.718
103	04.04.2002	**3.688**	58.6	**184.0**	8.50	0.047	0.035	9810	0.203	0.434	93.541	200.050
104	02.05.2002	**3.499**	107.1	**354.3**	10.00	0.047	0.035	9810	0.178	0.350	82.214	161.328
105	03.06.2002	**0.991**	6.4	**74.5**	5.50	0.047	0.035	9810	0.120	0.180	55.208	83.076
106	09.07.2002	**0.975**	6.5	**76.7**	8.50	0.047	0.035	9810	0.091	0.115	42.105	52.887
107	14.08.2002	**0.321**	0.8	**27.7**	6.70	0.047	0.035	9810	0.054	0.048	24.937	22.090
108	13.11.2002	**0.621**	0.4	**8.3**	7.50	0.047	0.035	9810	0.075	0.083	34.626	38.177
109	30.01.2003	**1.039**	0.6	**6.9**	8.00	0.047	0.035	9810	0.098	0.130	45.362	59.881
110	26.02.2003	**0.846**	1.6	**21.8**	8.50	0.047	0.035	9810	0.084	0.100	38.668	45.890
111	04.03.2003	**1.270**	24.9	**226.5**	8.80	0.047	0.035	9810	0.105	0.144	48.325	66.541
112	02.04.2003	**1.552**	11.4	**84.8**	8.80	0.047	0.035	9810	0.118	0.176	54.503	81.316
113	27.05.2003	**1.395**	5.1	**42.1**	9.00	0.047	0.035	9810	0.109	0.155	50.440	71.466
114	12.06.2003	**0.594**	1.3	**24.7**	8.00	0.047	0.035	9810	0.070	0.074	32.434	34.234
115	19.11.2003	**1.086**	3.5	**37.7**	10.50	0.047	0.035	9810	0.086	0.103	39.570	47.688
116	18.12.2003	**0.303**	0.2	**6.9**	8.00	0.047	0.035	9810	0.047	0.038	21.657	17.463
117	07.01.2004	**0.898**	3.8	**48.4**	8.00	0.047	0.035	9810	0.090	0.112	41.561	51.755
118	17.02.2004	**1.125**	4.1	**41.8**	9.50	0.047	0.035	9810	0.093	0.118	42.918	54.600
119	02.03.2004	**5.303**	96.4	**210.3**	11.00	0.047	0.035	9810	0.216	0.482	99.645	222.278
120	31.05.2004	**1.210**	3.4	**32.7**	8.50	0.047	0.035	9810	0.104	0.142	47.929	65.635
121	10.06.2004	**2.771**	15.1	**63.0**	9.50	0.047	0.035	9810	0.160	0.292	73.710	134.487

Çizelge 4.2 Korubaşı Deresi-1343 No.lu AGİ ölçüm veriler analitik hesapları (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
No.	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m^3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	N m^{-3}	m	m^2 s^{-1}	kg s^{-3}	kg s^{-3}
122	06.07.2004	**0.746**	3.5	**54.2**	6.00	0.047	0.035	9810	0.096	0.124	44.191	57.326
123	09.12.2004	**0.405**	0.5	**13.2**	7.00	0.047	0.035	9810	0.061	0.058	27.925	26.676
124	10.01.2005	**0.371**	0.4	**13.3**	6.00	0.047	0.035	9810	0.063	0.062	29.061	28.509
125	10.02.2005	**0.685**	1.5	**24.8**	6.00	0.047	0.035	9810	0.091	0.114	41.986	52.639
127	21.04.2005	**1.591**	1.6	**11.4**	10.00	0.047	0.035	9810	0.111	0.159	51.237	73.356
128	04.05.2005	**2.485**	9.2	**42.7**	10.00	0.047	0.035	9810	0.145	0.249	66.954	114.576
130	13.07.2005	**0.390**	0.7	**20.0**	6.50	0.047	0.035	9810	0.062	0.060	28.541	27.664
131	17.11.2005	**0.515**	0.4	**8.2**	8.00	0.047	0.035	9810	0.065	0.064	29.772	29.681
132	08.12.2005	**0.794**	0.7	**9.7**	8.80	0.047	0.035	9810	0.079	0.090	36.457	41.601

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 0,1-0,5 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
1	25.08.1992	**0.206**	0.4	**20.6**	4.4	0.047	0.035	9810	0.053	0.047	24.594	21.586
2	08.09.1992	**0.225**	0.3	**14.7**	5	0.047	0.035	9810	0.052	0.045	24.016	20.748
3	08.10.1992	**0.193**	0.1	**5.4**	5.4	0.047	0.035	9810	0.045	0.036	20.916	16.479
4	19.07.1993	**0.240**	0.9	**43.8**	3.7	0.047	0.035	9810	0.065	0.065	29.908	29.907
5	03.08.1993	**0.236**	0.5	**26.5**	4.4	0.047	0.035	9810	0.058	0.054	26.684	24.730
6	19.09.1993	**0.242**	0.3	**16.6**	7.2	0.047	0.035	9810	0.044	0.034	20.159	15.497
7	15.10.1993	**0.212**	0.2	**9.2**	3.2	0.047	0.035	9810	0.066	0.066	30.289	30.546
8	21.10.1993	**0.154**	0.2	**12.0**	3.6	0.047	0.035	9810	0.051	0.043	23.297	19.724
9	09.11.1993	**0.452**	10.8	**277.7**	4.3	0.047	0.035	9810	0.087	0.105	39.956	48.466
10	07.12.1993	**0.313**	0.4	**13.4**	4.5	0.047	0.035	9810	0.068	0.070	31.187	32.070
11	03.02.1994	**0.412**	0.5	**13.4**	4.9	0.047	0.035	9810	0.076	0.084	34.946	38.768
12	07.06.1994	**0.338**	0.7	**22.4**	6.5	0.047	0.035	9810	0.057	0.052	26.193	23.976
13	07.07.1994	**0.080**	0.1	**12.3**	3.9	0.047	0.035	9810	0.033	0.021	14.990	9.458
14	08.12.1994	**0.330**	0.3	**11.3**	6.5	0.047	0.035	9810	0.056	0.051	25.819	23.408
15	03.08.1995	**0.455**	1.1	**29.0**	6.9	0.047	0.035	9810	0.066	0.066	30.205	30.404
16	08.11.1995	**0.468**	0.3	**6.6**	6.1	0.047	0.035	9810	0.072	0.077	33.077	35.374

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 0,1-0,5 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
17	01.07.1996	**0.417**	4.2	**117.5**	6.3	0.047	0.035	9810	0.066	0.066	30.273	30.518
18	12.12.1996	**0.377**	0.1	**4.6**	4.6	0.047	0.035	9810	0.075	0.082	34.413	37.788
19	15.10.1998	**0.370**	0.5	**15.1**	5	0.047	0.035	9810	0.070	0.074	32.368	34.119
20	16.11.1998	**0.427**	15.4	**418.4**	1.8	0.047	0.035	9810	0.141	0.237	65.114	109.376
21	16.12.1998	**0.468**	0.4	**9.6**	1.8	0.047	0.035	9810	0.149	0.260	68.796	119.878
22	11.01.1999	**0.380**	0.4	**13.6**	2	0.047	0.035	9810	0.124	0.190	56.994	87.603
23	11.02.1999	**0.493**	1.0	**24.0**	2	0.047	0.035	9810	0.145	0.247	66.630	113.654
24	05.08.1999	**0.296**	1.1	**43.9**	8.5	0.047	0.035	9810	0.045	0.035	20.592	16.056
25	13.09.2000	**0.386**	0.3	**10.1**	3.3	0.047	0.035	9810	0.092	0.117	42.601	53.931
26	03.01.2001	**0.374**	0.6	**19.4**	2.6	0.047	0.035	9810	0.105	0.144	48.230	66.323
27	14.08.2002	**0.321**	0.8	**27.7**	6.7	0.047	0.035	9810	0.054	0.048	24.937	22.090
28	18.12.2003	**0.303**	0.2	**6.9**	8	0.047	0.035	9810	0.047	0.038	21.657	17.463
29	09.12.2004	**0.405**	0.5	**13.2**	7	0.047	0.035	9810	0.061	0.058	27.925	26.676
30	10.01.2005	**0.371**	0.4	**13.3**	6	0.047	0.035	9810	0.063	0.062	29.061	28.509
31	13.07.2005	**0.390**	0.7	**20.0**	6.5	0.047	0.035	9810	0.062	0.060	28.541	27.664

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 0,5-1,0 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
1	24.12.1991	**0.765**	6.0	**90.8**	6.4	0.047	0.035	9810	0.094	0.120	43.159	55.112
2	03.01.1992	**0.733**	6.6	**104.1**	8.3	0.047	0.035	9810	0.078	0.088	35.991	40.719
3	01.02.1992	**0.665**	3.7	**64.8**	6.15	0.047	0.035	9810	0.088	0.108	40.639	49.856
4	02.06.1992	**0.837**	1.7	**24.2**	6.5	0.047	0.035	9810	0.098	0.129	45.130	59.372
5	06.07.1992	**0.926**	35.1	**438.4**	6.7	0.047	0.035	9810	0.102	0.138	47.087	63.724
6	10.11.1992	**0.760**	1.7	**25.2**	6	0.047	0.035	9810	0.097	0.127	44.686	58.402
7	22.06.1993	**0.945**	1.5	**18.0**	6.9	0.047	0.035	9810	0.102	0.137	46.830	63.147
8	03.01.1994	**0.750**	3.3	**50.5**	5	0.047	0.035	9810	0.107	0.150	49.458	69.161
9	02.03.1994	**0.819**	2.1	**29.3**	5.6	0.047	0.035	9810	0.106	0.146	48.712	67.431
10	03.05.1994	**0.542**	0.4	**8.5**	5.6	0.047	0.035	9810	0.082	0.097	38.025	44.625
11	12.06.1995	**0.787**	3.1	**46.0**	6.9	0.047	0.035	9810	0.091	0.114	41.962	52.589
12	11.07.1995	**0.910**	7.2	**91.8**	6.3	0.047	0.035	9810	0.105	0.144	48.350	66.599
13	20.05.1996	**0.972**	1.5	**18.4**	6.7	0.047	0.035	9810	0.105	0.145	48.477	66.890
14	13.06.1996	**0.951**	2.0	**24.0**	6.5	0.047	0.035	9810	0.106	0.146	48.724	67.458
15	05.02.1997	**0.720**	5.1	**82.2**	5.8	0.047	0.035	9810	0.096	0.124	44.149	57.236
16	18.09.1997	**0.603**	0.4	**6.8**	7.5	0.047	0.035	9810	0.074	0.080	34.020	37.070
17	06.10.1997	**0.706**	1.0	**15.8**	7.5	0.047	0.035	9810	0.081	0.094	37.396	43.402
18	10.11.1997	**0.723**	1.2	**18.8**	7.2	0.047	0.035	9810	0.084	0.100	38.874	46.299
19	04.12.1997	**0.738**	0.4	**5.6**	7.8	0.047	0.035	9810	0.081	0.095	37.511	43.624
20	13.08.1998	**0.771**	3.9	**58.9**	12.5	0.047	0.035	9810	0.063	0.062	29.018	28.439

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 0,5-1,0 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
21	23.09.1998	**0.680**	3.9	**66.6**	2.4	0.047	0.035	9810	0.157	0.283	72.436	130.637
22	06.12.1999	**0.515**	1.2	**27.8**	6	0.047	0.035	9810	0.077	0.086	35.381	39.575
23	20.01.2000	**0.506**	1.0	**23.1**	4	0.047	0.035	9810	0.097	0.127	44.651	58.325
24	06.07.2000	**0.969**	7.1	**84.4**	7.1	0.047	0.035	9810	0.101	0.136	46.732	62.926
25	14.03.2001	**0.768**	0.8	**12.7**	3.3	0.047	0.035	9810	0.140	0.233	64.370	107.304
26	17.04.2001	**0.911**	1.3	**17.1**	8.3	0.047	0.035	9810	0.089	0.110	41.006	50.607
27	02.05.2001	**0.648**	0.9	**15.8**	8	0.047	0.035	9810	0.074	0.081	34.172	37.347
28	07.06.2001	**0.916**	3.4	**43.3**	9.1	0.047	0.035	9810	0.084	0.101	38.931	46.411
29	03.06.2002	**0.991**	6.4	**74.5**	5.5	0.047	0.035	9810	0.120	0.180	55.208	83.076
30	09.07.2002	**0.975**	6.5	**76.7**	8.5	0.047	0.035	9810	0.091	0.115	42.105	52.887
31	13.11.2002	**0.621**	0.4	**8.3**	7.5	0.047	0.035	9810	0.075	0.083	34.626	38.177
32	26.02.2003	**0.846**	1.6	**21.8**	8.5	0.047	0.035	9810	0.084	0.100	38.668	45.890
33	12.06.2003	**0.594**	1.3	**24.7**	8	0.047	0.035	9810	0.070	0.074	32.434	34.234
34	07.01.2004	**0.898**	3.8	**48.4**	8	0.047	0.035	9810	0.090	0.112	41.561	51.755
35	06.07.2004	**0.746**	3.5	**54.2**	6	0.047	0.035	9810	0.096	0.124	44.191	57.326
36	10.02.2005	**0.685**	1.5	**24.8**	6	0.047	0.035	9810	0.091	0.114	41.986	52.639
37	27.06.2005	**0.897**	1.3	**16.9**	9	0.047	0.035	9810	0.084	0.100	38.700	45.953
38	17.11.2005	**0.515**	0.4	**8.2**	8	0.047	0.035	9810	0.065	0.064	29.772	29.681
39	08.12.2005	**0.794**	0.7	**9.7**	8.8	0.047	0.035	9810	0.079	0.090	36.457	41.601

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 1,0-1,5 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Kanal eğimi	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(So)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	mm^{-1}	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
1	01.12.1992	**1.179**	5.3	**52.0**	6.4	0.047	0.035	9810	0.121	0.184	55.947	84.938
2	05.01.1993	**1.220**	2.3	**21.9**	7.2	0.047	0.035	9810	0.115	0.169	53.210	78.126
3	02.02.1993	**1.338**	3.5	**30.5**	7	0.047	0.035	9810	0.124	0.191	57.200	88.130
4	05.04.1994	**1.015**	1.5	**16.5**	5.6	0.047	0.035	9810	0.120	0.181	55.405	83.569
5	06.02.1995	**1.368**	5.0	**42.5**	7.3	0.047	0.035	9810	0.123	0.187	56.524	86.403
6	19.09.1995	**1.144**	45.8	**463.7**	5.9	0.047	0.035	9810	0.125	0.194	57.693	89.401
7	02.10.1995	**1.299**	16.8	**149.7**	6.5	0.047	0.035	9810	0.127	0.200	58.748	92.143
8	07.12.1995	**1.087**	3.5	**36.8**	6.5	0.047	0.035	9810	0.114	0.167	52.792	77.105
9	04.03.1996	**1.173**	4.5	**44.0**	6.6	0.047	0.035	9810	0.119	0.178	54.756	81.945
10	02.06.1997	**1.365**	71.1	**602.6**	7	0.047	0.035	9810	0.126	0.195	57.889	89.909
11	06.01.1998	**1.385**	2.0	**17.1**	8	0.047	0.035	9810	0.117	0.173	53.901	79.823
12	04.05.1999	**1.027**	1.7	**18.7**	9.3	0.047	0.035	9810	0.089	0.110	41.156	50.916
13	24.01.2002	**1.097**	5.4	**57.4**	8.5	0.047	0.035	9810	0.098	0.129	45.191	59.505
14	30.01.2003	**1.039**	0.6	**6.9**	8	0.047	0.035	9810	0.098	0.130	45.362	59.881
15	04.03.2003	**1.270**	24.9	**226.5**	8.8	0.047	0.035	9810	0.105	0.144	48.325	66.541
16	27.05.2003	**1.395**	5.1	**42.1**	9	0.047	0.035	9810	0.109	0.155	50.440	71.466
17	19.11.2003	**1.086**	3.5	**37.7**	10.5	0.047	0.035	9810	0.086	0.103	39.570	47.688
18	17.02.2004	**1.125**	4.1	**41.8**	9.5	0.047	0.035	9810	0.093	0.118	42.918	54.600
19	31.05.2004	**1.210**	3.4	**32.7**	8.5	0.047	0.035	9810	0.104	0.142	47.929	65.635

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 1,5-2,0 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
1	05.01.1996	**1.752**	8.0	**52.8**	6.9	0.047	0.035	9810	0.147	0.254	67.825	117.072
2	06.03.1997	**1.531**	4.1	**30.9**	7.68	0.047	0.035	9810	0.127	0.199	58.661	91.914
3	18.08.1997	**1.690**	165.5	**1133.8**	8.7	0.047	0.035	9810	0.125	0.194	57.756	89.564
4	09.06.1999	**1.659**	24.9	**174.0**	11.5	0.047	0.035	9810	0.105	0.144	48.313	66.514
5	06.02.2002	**1.820**	8.0	**50.8**	8.8	0.047	0.035	9810	0.130	0.207	59.970	95.358
6	02.04.2003	**1.552**	11.4	**84.8**	8.8	0.047	0.035	9810	0.118	0.176	54.503	81.316
7	02.03.2005	**1.937**	3.1	**18.5**	9	0.047	0.035	9810	0.133	0.215	61.420	99.233
8	21.04.2005	**1.591**	1.6	**11.4**	10	0.047	0.035	9810	0.111	0.159	51.237	73.356

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 2,0-2,5 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
1	12.05.1992	**2.235**	4.8	**24.9**	6.7	0.047	0.035	9810	0.173	0.334	79.891	153.805
2	04.05.1995	**2.232**	9.3	**48.3**	6.6	0.047	0.035	9810	0.175	0.338	80.551	155.925
3	08.01.1997	**2.122**	8.8	**47.9**	7	0.047	0.035	9810	0.164	0.303	75.434	139.770
4	10.04.1999	**2.289**	6.0	**30.6**	11	0.047	0.035	9810	0.131	0.208	60.191	95.944
5	11.05.2000	**2.380**	8.7	**42.3**	10.5	0.047	0.035	9810	0.137	0.227	63.359	104.509
6	04.05.2005	**2.485**	9.2	**42.7**	10	0.047	0.035	9810	0.145	0.249	66.954	114.576

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 2,5-3,0 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
1	05.03.1993	**2.786**	13.2	**55.0**	7.2	0.047	0.035	9810	0.189	0.387	87.331	178.408
2	03.05.1993	**2.941**	27.2	**107.0**	8.0	0.047	0.035	9810	0.184	0.368	84.688	169.501
3	09.03.1995	**2.875**	17.4	**70.0**	7.3	0.047	0.035	9810	0.191	0.394	88.261	181.586
4	09.02.1996	**2.698**	36.7	**157.5**	6.6	0.047	0.035	9810	0.196	0.409	90.256	188.480
5	17.05.1998	**2.959**	17.4	**67.9**	9.5	0.047	0.035	9810	0.166	0.311	76.671	143.611
6	05.03.1999	**2.875**	50.2	**202.0**	9.5	0.047	0.035	9810	0.163	0.303	75.358	139.534
7	04.03.2002	**2.743**	16.7	**70.7**	8.8	0.047	0.035	9810	0.166	0.312	76.705	143.718
8	10.06.2004	**2.771**	15.1	**63.0**	9.5	0.047	0.035	9810	0.160	0.292	73.710	134.487

Çizelge 4.3 Korubaşı Deresi - 1343 No.lu AGİ 3,0- 4 m^{3-s} arası Q-Qs değerleri (devam)

ÖRNEK		AKIM	TAŞINAN SEDİMENT		Genişlik	Kanal eğimi	Manning	Suyun özgül ağırlığı	Nehir akış derinliği	Birim Debi	Taban kesme Basıncı	Nehir akış gücü
NO	ALMA TARİHİ	Q	MİKTARI (Qs)	KONSAN - TRASYONU	(B)	(So)	(n)	γ	y	q	τ	Ω
		(m3/sn)	(ton/gün)	(ppm)	m	mm^{-1}	-	$N\ m^{-3}$	m	$m^2\ s^{-1}$	$kg\ s^{-3}$	$kg\ s^{-3}$
1	02.05.2002	**3.499**	107.1	**354.3**	10	0.047	0.035	9810	0.178	0.350	82.214	161.328
2	01.05.1993	**3.722**	32.5	**100.9**	7.8	0.047	0.035	9810	0.215	0.477	99.035	220.013
3	06.04.1995	**3.913**	34.0	**100.5**	7	0.047	0.035	9810	0.236	0.559	108.899	257.738
4	05.02.1998	**3.664**	151.8	**479.4**	7.8	0.047	0.035	9810	0.213	0.470	98.106	216.585
5	02.03.1998	**3.575**	24.4	**79.1**	8.4	0.047	0.035	9810	0.201	0.426	92.465	196.229
6	04.04.1998	**3.533**	31.7	**103.7**	8.5	0.047	0.035	9810	0.198	0.416	91.162	191.642
7	04.04.2002	**3.688**	58.6	**184.0**	8.5	0.047	0.035	9810	0.203	0.434	93.541	200.050
8	02.05.2002	**3.499**	107.1	**354.3**	10	0.047	0.035	9810	0.178	0.350	82.214	161.328

Çizelge 4.4 Akımdan taşınan sedimentin (Qs) tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler

Tahmin	**Varyasyon katsayısı**	**T**	**P**
Sabit değer	0,4800 ± 0,1146	4,19	0,000
log Q	1,6794 ± 0,2700	6,22	0,000
C	0,04890 ± 0,05082	0,96	0,338
S = 0,441465	R-Sq = 75,7%	R-Sq(adj) = 75,3%	
PRESS = 25,3510	R-Sq(pred) = 74,29%		

Çizelge 4.5 Akımdan tahmin edilen Qs değerleri için Varyans analiz sonuçları

Kaynak	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
Regresyon	2	74,624	37,312	191,45	0,000
Kalan hatası	123	23,972	0,195		
Toplam	125	98,596			

Sınıfların modele olan etkilerini ayrı ayrı değerlendirerek Qs değişkeninin tahmin edilmesinde kurulan model Eşitlik (4.5) ile gösterilmektedir. Kurulan modele ait parametreler ve tahmin edilen gözlem değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4 - 4.5'te gösterilmiştir.

log Qs = 0,835 + 2,07 **log Q** - 0,069 S1 - 0,291 S2 - 0,296 S3 - 0,334 S4
- 0,700 **S5** - 0,433 S6 - 0,254 S7 (4.5)

- Qs : Taşınan sediment
- Q : Akım
- S1…S7 : Akım sınıfları

Çizelge 4.6 Qs'nin akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler

Tahmin	**Varyasyon Katsayı**	**T**	**P**
Sabit değer	0,8348 ± 0,3290	2,54	0,012
log Q	2,0732 ± 0,3471	5,97	0,000
S1 (0,1-0,5 $m^3 s^{-1}$)	-0,0693 ± 0,4949	-0,14	0,889
S2 (0,5-1,0 $m^3 s^{-1}$)	-0,2911 ± 0,3722	-0,78	0,436
S3 (1,0-1,5 $m^3 s^{-1}$)	-0,2963 ± 0,3214	-0,92	0,358
S4 (1,5-2,0 $m^3 s^{-1}$)	-0,3341 ± 0,3038	-1,10	0,274
S5 (2,0-2,5 $m^3 s^{-1}$)	-0,7002 ± 0,2881	-2,43	**0,017***
S6 (2,5-3,0 $m^3 s^{-1}$)	-0,4333 ± 0,2569	-1,69	0,094
S7 (3,0-3,5 $m^3 s^{-1}$)	-0,2542 ± 0,2402	-1,06	0,292
S = 0,428859	R-Sq = 78,2%	R-Sq(adj) = 76,7%	
PRESS = 25,2997	R-Sq(pred) = 74,34%		

(*p<0,05)

Çizelge 4.7 Akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Q'dan tahmin edilen Qs değerleri için Varyans analiz sonuçları

Kaynak	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
Regresyon	8	77,0770	9,6346	52,38	0,000
Kalan hatası	117	21,5186	0,1839		
Toplam	125	98,5956			

Çizelge 4.6'de verilen sınıflara ait P değerlerine göre, sadece 5. sınıfın temsil ettiği yani akımın 2 ile 2,5 $m^3 s^{-1}$ arasında değiştiği gözlem aralığında ölçülen sediment verimlerinin modele katkısı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu koşulda model aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenerek Eşitlik (4.6) de gösterildiği şekilde yeniden kurulmuştur (R^2=78,2).

$$\log Qs = 0,835 + 2,07 \log Q - 0,700\ S5 \qquad (4.6)$$

4.3 Kesme Basıncıdan (T) Taşınan Sedimentin (Qs) Tahmin Edilmesi

Kurulan modelde t değişkeni bağımsız değişken olarak dikkate alınarak Eşitlik (4.7)'de gösterilen model oluşturulmuş (R^2=73,1) olup modele ait parametreler ve tahmin edilen gözlem değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8 ve 4.9 ile gösterilmektedir. Gözlem değerleri arasındaki fark fazla olduğu için modelde Qs ve t değerlerine logaritmik dönüşüm yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sınıfların bütün olarak modele etkisi önemli bulunmuştur (p<0,05).

log Qs = - 3,09 + 1,93 **log t** + 0,189 **C** (4.7)

- Qs : Taşınan sediment, t : Kesme basıncı, C : Bütün akım sınıflarının ortak etkisi

Çizelge 4.8 Kesme basıncından Qs'nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler

Tahmin	**Varyasyon Katsayısı**	**T**	**P**
Sabit değer	-3,0924 ± 0,6149	-5,03	0,000
log Q	1,9350 ± 0,4019	4,81	0,000
C	0,18948 ± 0,03741	5,06	0,000
S = 0,464292	R-Sq = 73,1%	R-Sq(adj) = 72,7%	
PRESS = 28,3077	R-Sq(pred) = 71,29%		

Çizelge 4.9 Kesme basıncından tahmin edilen Qs değerleri için Varyans analiz sonuçları

Kaynak	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
Regresyon	2	72,081	36,040	167,19	0,000
Kalan hatası	123	26,515	0,216		
Toplam	125	98,596			

Çizelge 4.8 de görüldüğü üzere, sınıfların bütün olarak eşitlik (4.7) ile gösterilen modele etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Sınıf etkisinin ayrı ayrı değerlendirilmesi için kurulan model Eşitlik (4.8) ile gösterilmekte olup, modele ait parametreler ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8 ve 4.9' da belirtilmektedir.

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 1,78 **S1** - 1,43 **S2** - 1,18 **S3** - 0,997 **S4** - 1,25 **S5**
0,903 **S6** - 0,603 **S7** (4.8)

Çizelge 4.10 Kesme basıncından, akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Qs'nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler

Tahmin	**Varyasyon Katsayı**	**T**	**P**
Sabit değer	-1,1621 ± 8545	-1,36	0,176
log Q	1,7813 ± 0,4023	4,43	0,000
S1 (0,1-0,5 $m^3 s^{-1}$)	-1,7765 ± 0,3033	-5,86	**0,000***
S2 (0,5-1,0 $m^3 s^{-1}$)	-1,4320 ± 0,2622	-5,46	**0,000***
S3 (1,0-1,5 $m^3 s^{-1}$)	-1,1802 ± 0,2506	-4,71	**0,000***
S4 (1,5-2,0 $m^3 s^{-1}$)	-0,9966 ± 0,2684	-3,71	**0,000***
S5 (2,0-2,5 $m^3 s^{-1}$)	-1,2516 ± 0,2689	-4,65	**0,000***
S6 (2,5-3,0 $m^3 s^{-1}$)	-0,9030 ± 0,2444	-3,69	**0,000***
S7 (3,0-3,5 $m^3 s^{-1}$)	-0,6026 ± 0,2389	-2,52	**0,013***
S = 0,453377	R-Sq = 75,6%	R-Sq(adj) = 73,9%	
PRESS = 28,5669	R-Sq(pred) = 71,03%		

(*p<0,05)

Çizelge 4.11 Akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre t bağımlı değişkeninden tahmin edilen Qs değerleri için varyans analiz sonuçları

Kaynak	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
Regresyon	8	74,5462	9,3183	45,33	0,000
Kalan hatası	117	24,0494	0,2056		
Toplam	125	98,5956			

Çizelge 4.10 da verilen sınıflara ait P değerlerine göre, akım sınıflarının kesme basınçlarından sediment veriminin tahmin edildiği modele olan katkısı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu koşulda akım sınıflarının etkilerinin ayrı ayrı değerlendirilebileceği alternatif modeller aşağıdaki şekilde yeniden düzenlenerek Eşitlik (4.9 - 4.15)' de gösterildiği şekilde yeniden kurulmuştur (R^2=75,6).

0,1-0,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 1,78 **S1** (4.9)

0,5-1,0 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 1,43 **S2** (4.10)

1,0-1,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 1,18 **S3** (4.11)

1,5-2,0 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 0,997 **S4** (4.12)

2,0-2,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 1,25 **S5** (4.13)

2,5-3,0 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 0,903 **S6** (4.14)

3,0-3,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 1,16 + 1,78 **log t** - 0,603 **S7** (4.15)

4.4 Akış Gücüden (W) Taşınan Sedimentin (Qs) Tahmin Edilmesi

Eşitlik (4.16)' da gösterilen modelde akış gücü (W) değişkeni bağımsız değişken olarak dikkate alınarak akım sınıfların ortak etkisini göstererek taşınan sediment miktarının (Qs) tahmin edilmektedir (R^2=73,1). Kurulan bu modele ait parametreler ve tahmin edilen gözlem değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.12 ve 4.13 ile gösterilmektedir. Gözlem değerleri arasındaki fark fazla olduğu için modelde Qs ve W değerlerine logaritmik dönüşüm yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sınıfların bütün olarak modele etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

log Qs = - 1,95 + 1,16 **log W** + 0,189 **C** (4.16)

- W : Akış gücü
- Qs : Taşınan sediment
- C : Bütün akım sınıflarının ortak etkisi

Çizelge 4.12 Akış gücünden, akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Qs'nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler

Tahmin	**Katsayı**	**T**	**P**
Sabit değer	-1,9501 ± 03793	-5,14	0,000
log Q	1,1610 ± 0,2412	4,81	0,000
C	0,18949 ± 0,03741	5,06	0,000
S = 0,464292	R-Sq = 73,1%	R-Sq(adj) = 72,7%	
PRESS = 28,3077	R-Sq(pred) = 71,29%		

Çizelge 4.13 Akış gücünden tahmin edilen Qs değerleri için varyans analiz sonuçları

Kaynak	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
Regresyon	2	72,081	36,040	167,19	0,000
Kalan hatası	123	26,515	0,216		
Toplam	125	98,596			

Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere, akım sınıfların eşitlik (4.16) ile gösterilen modele etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sınıf etkisinin ayrı ayrı değerlendirilmesi için kurulan model Eşitlik (4.17) ile gösterilmekte olup, modele ait parametreler ve varyans analiz sonuçları Tablo 4.12 ve 4.13 de belirtilmektedir.

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 1,78 **S1** - 1,43 **S2** - 1,18 **S3** - 0,997 **S4** - 1,25 **S5**
- 0,903 **S6** - 0,603 **S7** (4.17)

Çizelge 4.14 akış gücünden, akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre Qs'nin tahmin edilmesinde kurulan modele ait parametreler

Tahmin	**Varyasyon Katsayı**	**T**	**P**
Sabit değer	-0,1106 ± 0,6237	-0,18	0,860
log w	1,0688 ± 0,2414	4,43	0,000
S1 (0,1-0,5 $m^3 s^{-1}$)	-1,7765 ± 0,3033	-5,86	**0,000***
S2 (0,5-1,0 $m^3 s^{-1}$)	-1,4321 ± 0,2622	-5,46	**0,000***
S3 (1,0-1,5 $m^3 s^{-1}$)	-1,1802 ± 0,2506	-4,71	**0,000***
S4 (1,5-2,0 $m^3 s^{-1}$)	-0,9966 ± 0,2684	-3,71	**0,000***
S5 (2,0-2,5 $m^3 s^{-1}$)	-1,2516 ± 0,2689	-4,65	**0,000***
S6 (2,5-3,0 $m^3 s^{-1}$)	-0,9030 ± 0,2444	-3,69	**0,000***
S7 (3,0-3,5 $m^3 s^{-1}$)	-0,6026 ± 0,2389	-2,52	**0,013***
S = 0,453377	R-Sq = 75,6%	R-Sq(adj) = 73,9%	
PRESS = 28,5669	R-Sq(pred) = 71,03%		

(*p<0,05)

Çizelge 4.15 Akım sınıflarının ayrı ayrı etkilerine göre W bağımlı değişkeninden tahmin edilen Qs değerleri için varyans analiz sonuçları

Kaynak	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
Regresyon	8	74,5462	9,3183	45,33	0,000
Kalan hatası	117	24,0494	0,2056		
Toplam	125	98,5956			

Çizelge 4.14 de verilen sınıflara ait P değerlerine göre, akım sınıflarının, akış gücünden sediment veriminin tahmin edildiği modele olan katkısı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu koşulda akım sınıflarının etkilerinin ayrı ayrı değerlendirilebileceği alternatif modeller düzenlenerek Eşitlik (4.17-4.23)'de gösterildiği şekilde yeniden kurulmuştur (R^2=75,6).

0,1-0,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve akış gücü ile oluşturulan model

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 1,78 **S1** (4.17)

0,5-1,0 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve akış gücü ile oluşturulan model

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 1,43 **S2** (4.18)

1,0-1,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve akış gücü ile oluşturulan model

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 1,18 **S3** (4.19)

1,5-2,0 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve akış gücü ile oluşturulan model

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 0,997 **S4** (4.20)

2,0-2,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve akış gücü ile oluşturulan model

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 1,25 **S5** (4.21)

2,5-3,0 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 0,903 **S6** (4.22)

3,0-3,5 $m^3 s^{-1}$ akım aralığı için taşınan sediment ve taban kesme basıncı ile oluşturulan model

log Qs = - 0,111 + 1,07 **log W** - 0,603 **S7** (4.23)

5. SONUÇLAR

Bolu il sınırları içerisinde yer alan Korubaşı-Arak Deresindeki askıdaki sediment taşınımını hesaplamak için ilk olarak havzada detaylı gözlemler yapılmıştır. Havzanın topografik yapısı ile hidrografik karakteristikleri, kaya türleri, iklim ve hidrolojik karakteristikleri, havzadaki sediment karakteristikleri, toprak karakteristikleri, vejetasyon karakteristikleri, arazi kullanma karakteristikleri ve havza karakteristikleri arasındaki etkileşim belirlenmiştir.

İnceleme alanında belirlenen havza karakteristikleri dikkate alınarak çok amaçlı tasarlanacak su biriktirme yapıları erozyonu en aza indireceği gibi yerleşim birimlerinin ihtiyaç duyduğu suyu da sağlayacaktır.

Yatak eğimi (S^b, $m.m^{-1}$) bölgeye ait 1/25.000'lik topografik haritalardan hesaplanmıştır. 1343 No.lu AGİ' ye ait 13 yıllık debi ve sediment değerlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca dereden derinlik entegrasyonuna göre çeşitli zamanlarda sediment numuneleri alınıp askıdaki sediment, akış derinliği, akış hızı ve sediment ölçümleri de yapılmıştır. Laboratuvara her istasyon için 6 ya da 10 şişe olarak getirilen sediment örneklerinden sedimentin gerekli özellikleri belirlenmiştir.

Korubaşı deresi 1343 No.lu AGİ ölçülerinin analitik hesaplamalarından sonra havzanın sediment anahtar eğrisi ışığında akarsuyun taşıdığı süspanse sediment miktarı hesaplanmıştır.

Yapılan ölçümlerden birim akış gücü ve toprak kesme basıncı hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan yararlanarak, istasyonun temsil ettiği havzanın birim alanından gelen sediment miktarı 6560 ton/yıl, ortalama sediment verimi 52 ton/ yıl/ km^2 olarak hesaplanmıştır.

Örneğin, % 10 eğimli arazide tarım yapılırken, bu eğimin sekiler ile azaltılması ve yüzey akışın kontrol altında tutulması gerekir. Bu tip arazilerde sekilemeden başka eş yükseklik eğrilerine paralel sürüm, şeritsel ekim, ekim nöbeti gibi önlemler de alınmalıdır.

Tüm verilerle yapılan tahminler sonucunda akımla, sedement miktarı arasında yapılan regresyonda R^2 = % 75,7 hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sınıfların bütün olarak modele etkisi önemsiz bulunmuştur. Sedimentin akım sınıflarına göre ayrı ayrı etkilerini bulmak için kesme basıncından ve akış gücünde yararlanılarak yeni regresyonlar yapılmıştır. Yapılan regresyonlarda ölçülen sediment verimleri,
R^2= %73,1 - %75,6 - %78,2 olarak hesaplanmıştır. Bulunan değerlerin modellere katkısı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kurulan bu modeller benzer özellikteki dere yataklarındaki hesaplanmış sediment verimlerini daha iyi sonuçlar elde etmek üzere kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Alışık, A. 1996. Sediment Taşınımı ve Ölçüm Metodları. EİE Yayınları, Yayın No: 96-1, Ankara.

Andrews, E. D. 1983. "Entrainment of gravel from naturally sorted reverbed material," Geological Society of America. Bulletin, 94, 1225-1531.

Anonim. 1998a Çevre ve Orman Bakanlığı.

Anonim. 2009. http://www.meteor.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik. aspx?m=BOLU Erişim Tarihi: 20/06/2009

Anonymous. 1995 Engineering and Design Sedimentation Investigations of Rivers and Reservoirs, U.S. Army Corps of Engineers. (Chapter 9 – Sediment Transport Mechanics), EM 1110-2-4000, Washington.

Chang, H. H. 1988a, Fluvial Processes In River Engineering, Wiley, New York.

Chaudhry, M. H. 1993. Open-Channel Flow. Prentice-Hall, Inc

Chow, V.T. 1959. Open Channel Hydraulics. New York, McGraw-Hill Book.

Çanga, M. R. 1995. Toprak ve Su Koruma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1386. Ders Kitabı: 400. Ankara.

Einstein, H. A., 1950. the bed-load function for sediment transport in open channel flows, U.S. dept. agric. Soil Conser. Serv. 1026

Einstein, H.A. and Barbarossa, N.L. 1952. River channel roughness. Transactions of The ASCE, 117: 1121-1132.

Erpul, G. 2001. Detachment and Sediment Transport From Interrill Areas Under Wind-Driven Rain (Doktora Tezi), Purdue, ABD.

Gessler, J. 1971. River Mechanics, Beginning and Ceasing of Sediment Motion, Chapter 7, and Aggradation and Degradation, Chapter 8, Shen, H.W. (eds). Fort Collins, CO.

Julien, P. Y. and D. B. Simons 1985. Sediment transport capacity of overland flow. Trans. ASAE. 28(3), 755-762.

Karadoğan, S. 2005, Adıyaman havzasının genel ve uygulamalı jeomorfolojisi. F.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, Elazığ.

Laflen, J.M. Elliot,W.J. Simanton, J.R. Holzhey, C.S. and Kohl, K.D. 1991. WEPP soil erodibility experiments for rangeland and cropland soils. Journal Soil and Water Conservation. 46: 39-44.

Limerinos, J.T. 1970. Determination of the Manning coefficient from measured bed roughness in natural channels. USGS Wat. Supply Pap. 1898-B

Mermer. H. 1986. Hidrolik Etütler Dairesi Rasat Teknisyeni Kursu Ders Notları, EİE Yayınları, No. 86-46, Ankara.

Meyer-Peter, E. and Muller, R. 1948. Formulas for bed-load transport, Second Meeting of the International Association for Hydraulics Research, 39-64 Stockholm, Sweden.

Neill, C. R. 1968. A Reexamination of the beginning of movement for coarse granular bed meterials, Report IT 68, Hydraulic Research Station, Wallingford, England.

Paintal, A. S. 1971. Concept of critical shear stress in loose boundary open channels, Journal of Hydraulic Research, 1, 90-113

Parlak, M. 2005. Farklı debi ve eğim koşullarının parmak erozyonu ve sediment taşınımı üzerine etkileri (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Ankara.

Taysun, A. Çanga, M.R. Uysal, H. ve Erpul, G. 1995. Toprak erozyonu ve korunma önlemleri. IV. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi. 9-13 Ocak 1995. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No: 26 s. 267-280.

Yılman, F.E. 2006, Rusle yönteminin su havzaları ölçeğinde uygulanması (Seminer), Ankara Üniversitesi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Volkan OĞUZ

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi: 06/08/1982

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lise : Bahçelievler Deneme Lisesi1998 - 2001
Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü 2002 - 2006
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı (Eylül 2006-Kasım 2010)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) 2006 -