

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AKARSU HAVZALARINDAKİ KATI MADDE MİKTARLARININ
BELİRLENMESİ VE FIRAT HAVZASI İÇİN BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI**

Mehmet MUTLU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2007**

Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER danışmanlığında, Mehmet MUTLU'nun hazırladığı "Akarsu Havzalarında Katı Madde Miktarlarının Belirlenmesi ve Fırat Havzası İçin Bir Uygulama Çalışması" konulu bu çalışma 13/12/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kasım YENİGÜN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tahsin TONKAZ

Bu Tezin İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

AKARSU HAVZALARINDAKİ KATI MADDE MİKTARLARININ BELİRLENMESİ VE FIRAT HAVZASI İÇİN BİR UYGULAMA ÇALIŞMASI

Mehmet MUTLU

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Reşit GERGER
Yıl: 2007, Sayfa 62**

Bu çalışmada Fırat havzasında belirli istasyonlarda ölçülen katı madde miktarları ile akarsularda katı madde miktarlarını hesaplamalarda kullanılan bağıntılardan elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkilerin irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından işletilen ve katı madde ölçüm değerleri olan 5 adet Akım Gözlem İstasyonunun (2102 nolu Murat Nehri-Palu, 2115 nolu Göksu Nehri-Malpınar, 2119 nolu Fırat Nehri-Kemahboğazı, 2133 nolu Munzur Suyu-Melekbahçe ve 2145 Tohma Suyu-Hisarcık) günlük toplam değerlerinden yararlanılmıştır. Akarsularda katı madde miktarını belirlemede ise yaygın olarak kullanılan Schocklits, Shields, Du Boys, Garde Albertson, Meyer-Peter-Müller bağıntıları tercih edilmiştir. Her bir istasyon için bağıntılardan elde edilen sonuçlarla ölçüm değerleri arasındaki ilişkiler regrasyon eşitlikleri ile belirlenmiştir. Elde edilen bulgular Fırat havzasında katı madde miktarının tahmin edilmesinde, Garde Albertson bağıntısının 2115,2119 ve 2133 nolu istasyonlarda, Meyer-Peter-Müller bağıntısının ise 2102 ve 2145 nolu istasyonlarda güvenle kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Fırat Havzası, Sediment miktarı, Akım gözlemleri

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF SEDIMENT AMOUNTS IN RIVER BASIN AND AN APPLICATION FOR FIRAT BASIN

Mehmet MUTLU

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Reşit GERGER
Year: 2007, Page 62**

This study purposed to investigate relation between, sediment amounts measured at specific station on Fırat River and results that obtained from the functions which used to calculate sediment amounts on river. For this purpose, daily total data for sediment amount of 5 observation stations (2102 Murat-River-Palu, 2115 Göksu River-Malpınar, 2119 Fırat River-Kemehboğazı, 2133 Munzur Water-Mlekbahçe, 2145 Tohma Water-Hisarcık) operated by Elektriciry Works Resarch Manegement used. Also to determine sediment amounts on rivers, widespread used Schocklits, Shields, Du Boys, Garde Albertson and Meyer-Peter-Müller functions preferred. For each station, relation between results taken from functions and measured data was determined by regression equations. Obtained results showed that to estimate sediment amount on Fırat River for 2115,2119 and 2133 stations Garde Albertson functions, for 2102 and 2145 stations Garde Albertson functions can be safely.

KEY WORDS: Fırat Basin, Sediment Amount, Stream Flow.

TEŐEKKÜR

Bu yüksek lisans tez alıŐmam sresince, akademik alanda üstün yardım ve desteklerinden dolayı değerli danıŐmanım sayın Yrd. Do. Dr. Reşit GERGER'e ve bana her türlü teknik desteğini esirgemeyen sayın Yrd. Doç. Dr. Kasım YENİĞN'e, her zaman desteğini yanımda hissetiğim Mustafa ÖZEN, Veysel GÜMÜŞ ve Zeynep ALĖİN'a, Ayrıca desteklerinden dolayı bütün Fakültemiz Araştırma Görevlilerine Őukranlarımı sunarım. Bunun yanında, özellikle manevi desteklerinden dolayı aileme sonsuz teŐekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Çalışma alanını gösterir havza haritası (Fırat Havzası).....	16
Şekil 3.2. Tanenin sürüklenme gerilmesi	25
Şekil 3.3. Laminer akım hali için F_1 , F_d ve F_g kuvvetleri	26
Şekil 3.4. Türbülanslı akım hali için F_1 , F_d ve F_g kuvvetleri	28
Şekil 3.5. Dane çapı D mm (Gronometri eğrisi)	32
Şekil 3.6. Du Boys denklemindeki τ_{kr} ile ψ_D arasındaki bağıntı	32
Şekil 4.1. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği	38
Şekil 4.2. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği	38
Şekil 4.3. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği	39
Şekil 4.4. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği	39
Şekil 4.5. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı uygulama sonuçlarının grafiği	40
Şekil 4.6. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği	41
Şekil 4.7. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı uygulama sonuçlarının grafiği	42
Şekil 4.8. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı uygulama sonuçlarının grafiği	42
Şekil 4.9. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği	43
Şekil 4.10. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği	43
Şekil 4.11. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği	45
Şekil 4.12. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği	45
Şekil 4.13. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği	46
Şekil 4.14. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği	46
Şekil 4.15. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter_Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği	47
Şekil 4.16. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği	48
Şekil 4.17. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği	49
Şekil 4.18. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği	49
Şekil 4.19. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği	50
Şekil 4.20. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği	50
Şekil 4.21. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği	52
Şekil 4.22. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği	52
Şekil 4.23. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği	53
Şekil 4.24. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği	53

Şekil 4.25. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği	54
--	----

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Fırat Havzası'nda bulunan istasyonlar ve özellikleri (EİEİ)	17
Çizelge 3.2. Çeşitli maddeler için sınır sürüklenme gerilmesi	30
Çizelge 4.1. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri	37
Çizelge 4.2. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri	41
Çizelge 4.3.2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri	44
Çizelge 4.4. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri	48
Çizelge 4.5. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri	51
Çizelge 5.1. Çalışma bölgesindeki tüm istasyonlardan elde edilen akım gözlemlerine dayanarak hesaplanan katı madde miktarları ile gözlenen katı madde miktarları arasındaki korelasyon katsayıları	55
Çizelge 5.2. Çalışma bölgesinde istasyonlara göre yapılan hesaplamalarda bulunan sonuçlara göre bağıntıların uygunluk dereceleri	56

SİMGELER DİZİNİ

τ_{kr}	Kritik kayma gerilmesi
H_{kr}	Katı madde hareketinin başladığı su derinliği,
R_{kr}	Katı madde hareketinin başladığı hidrolik yarıçap
γ_s	Katı madde maddesi özgül ağırlığı
γ	Suyun özgül ağırlığı
d	Dane çapı
g_s	Birim zamanda madde akış miktarı
B	Akış genişliği
h	Derinlik
d_e	Karışımın etkili tane çapı
d_g	Partikül çapı geometrik ortalaması
G_{sf}	Partikül şekil faktörü
\dot{I}_b	Partikül yüzdesi
J	Enerji çizgisi eğimi
ρ	Suyun yoğunluğu
ρ_s	Katı maddenin yoğunluğu
T	Suyun sıcaklığı
V	Ortalama Akış hızı
θ_{s1}	Sürüntü maddesi debisi
θ_{s2}	Askı maddesi debisi
k_1	Şekil katsayısı
d_{s1}	Tanenin karakteristik çapı
\dot{d}_s	Tanenin kayma gerilmesinin etkidiği efektif alan
c_2	Efektif alanı tarif eden katsayı
c_1	Kaldırma katsayısı
A_1	Tanenin sıvı hareketi doğrultusuna dik bir yüzey üzerindeki iz düşüm alanı
q_s	Birim genişlikten geçen sürüntü maddesi ağırlığı
τ_0	Akarsu yatağındaki sürüklenme gerilmesi
τ_{kr}	Kritik sürüklenme gerilmesi
Ψ_d	Katı madde dane çapına bağlı faktör
q	Yatağın birim genişliğinden geçen debi
q_0	Yatağın birim genişliğinden geçen kritik debi
d_{40}	Etkili tane çapı
d_{50}	Katı madde ortalama dane çapı

1. GİRİŞ

Akarsuların taşıdığı silt, kum, çakıl, kaya parçaları vb. gibi katı maddeler, kısmen akarsu havzasından, kısmen de akarsu yatağından kazınarak oluşurlar. Havzadan gelen katı maddeler, yağmur neticesinde yüzeysel akışa geçen suyun, rüzgâr enerjisi ile taneler arasındaki bağ kuvvetlerinin zayıflaması neticesinde akarsulara taşınırlar.

Havzaların topoğrafik ve jeolojik yapıları yerden yere büyük farklılıklar göstermesinin yanı sıra akarsulardaki akım çeşitliliğinden ve taşınan katı maddelerin de akım özelliklerini etkileyici bir faktör olduğu düşünülürse, katı madde hareketlerinin çok karmaşık bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Akarsularda katı madde hareketi iki farklı şekilde meydana gelir. Bunlar;

1. Sürüntü madde hareketi
2. Askı madde hareketi

Sürüntü maddeler akarsu yatağında sıçrayarak, kayarak, yuvarlanarak tabana yakın bölgede hareket eden maddelerdir. Askı maddeler ise, akım içerisinde türbülansın da etkisi ile askıda tutulurlar. Bu şekildeki katı madde hareketine ise askı maddesi hareketi denir. Akım hızına bağlı olarak, sürüntü maddeleri ile askı maddeleri devamlı bir dönüşme gösterirler. Bu değişimden dolayı bunlar arasında belirli bir ayırım yapılamamaktadır (Erkek. 1993).

Bir akarsuda taşınan katı madde miktarı, o akarsu ile ilgili mühendislik problemlerinin çözümünde temel bir veri olmaktadır. Özellikle su alma yeri ve tipinin seçiminde, su kuvveti tesislerinde, baraj hazne hacminin belirlenmesinde, taşımacılık ve taşkın kontrolü gibi düzenlemelerde, akarsuyun köprülerle geçilmesinde ortaya çıkabilecek yığılma ve oyulmaların belirlenmesinde taşınan katı

madde miktarının belirlenmesi gerekir. Kısaca katı maddelerin mevcut ve yapılacak yapılara fonksiyon, sağlamlılık, maliyet ve hatta estetik açıdan zarar verdiği bir gerçektir (Erkek. 1993).

Toprak ve su kaynaklarının gelişmesiyle ilgili çalışmaların iyi bir şekilde planlanması için akarsuların akım ve katı madde gözlemlerinin yapılması ve sonuçların havza özellikleriyle ilişkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Erozyonla başlayıp katı madde ile sona eren bu olaylar zincirinde erozyon, katı madde ve katı madde taşınımı olaylarını ayrı ayrı ele almak çok zordur. Bir yandan toprak ve su varlığının kaybına, bir yandan tarımsal kirlenmeye yol açan bu olayların son derece önemli bir sorun olmasına karşın, Türkiye’de bu konudaki çalışmaların oldukça sınırlı olduğu dikkati çekmektedir.

Yüzey akışı, erozyon gibi katı madde hareketini etkileyen faktörler, birbirleri ile sıkı ilişki içerisindeyler. Akarsularda taşınan katı maddeler, erozyonun en belirgin sonuçlarından biridir. Yüzey akışlar ile yerlerinden aşındırılarak alınan üst ve alt toprak maddeler, eğime bağlı olarak aşağılara doğru sürüklenip akarsulara karışarak katı madde hareketini oluştururlar. Hacim ve kalite açısından büyük bir potansiyel kirlilik olan katı madde kaynakları şunlardır.

1. Yağış havzasının yüzeyinde sıçrama, oluk, oyuntu ve yüzey erozyonu ile gelen toprak parçaları,
2. Oyuntuların ve duvarların çökmesi ile meydana gelen erozyon hareketi sonucu oluşan maddeler,
3. Akarsu yatak ve kıyı şevlerinin aşınıp taşınması ile gelen parçalar,
4. Yol ve diğer altyapı inşaatı sırasında oluşan erozyon maddeler

Yüzey akışları tarafından aşındırılan, hareket ettirilen ve çöktürülen katı maddeler kohezyonsuz ve kohezyonlu çökelti maddeleri olarak tanımlanabilir. Olaylara elektrokimyasal etkiler de karıştığı zaman, sadece hidrodinamik açıdan yapılan incelemeler olayları açıklamaya yeterli olamayacaktır. Bu sınıfa giren kohezyonlu çökelti maddeleri çoğunlukla killi, ya da kil karışmış ince taneli silt

benzeri malzemelerdir. Organik maddelerin etkili oranda bulunduğu çökelti maddeleri, kohezyonlu olanlarla beraber davranış gösterirler. Kohezyonlu çökelti maddelerinin akarsularla ilişkisi henüz tam olarak belirlenememiştir (Berkün 2005).

Katı madde kaynakları ve onun çevre üzerindeki etkisi, drenaj alanında alınacak koruyucu önlemler ile insan müdahalesi dışındaki doğal katı madde kaynaklarının ve doğal jeolojik yapının önemli etkisi olduğu gösterilmektedir.

Yağış alanının jeolojisi, erozyon ve katı madde üzerinde diğer etkilerden daha önemli role sahiptir. Jeolojik yapının yüzeysel akışı olumlu veya olumsuz yönde etkilediğini belirten drenaj alanı yüzeyinin geçirgenliğine bölgesel ve jeolojik karakteristiklerinin etkisi üzerindeki çalışmalarda, ana kayanın toprak yüzüne yakın olması, tabaka yerleştirilmelerinin yatay ya da dik olmasının, çatlaklı olup olmamasının toprağın permabilitesini ve buna bağlı olarak yüzey akışını etkilediği belirlenmiştir.

Bazı mineral ve kayalar kristal yüzleri veya dilinim yüzleri boyunca ayrılarak katı maddeyi oluştururlar. Kum taşı, kil taşı ve bazı şistler kaba taneli dilimlere ayrışırlar. Fakat kuvars gibi sert mineraller aşınmaya dayanıklıdır. Bazı kayalarda aşınma sırası fazladan aza doğru kil taşı, kum taşı, andezit, kalker, granit ve kovars olarak sınıflandırılabilir.

Doğal koşullar altında bitki ve kayalarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenleri meydana gelen kayaların oluşum hızının, taşınım hızına eşit olması veya fazla olması anlamına gelen jeolojik erozyon ile toprak oluşumunda olumsuz bir rol oynayan hızlandırılmış erozyon arasındaki dengeyi bilmenin yararlı olacağı aşikârdır. Erozyon tipi ile katı maddeyi dane çapı arasında da yakın bir ilişki olduğu bilinmektedir. Genellikle yüzey erozyonu ince taneli katı madde meydana getirmektedir. Siltli tınlı bir toprakta küçük kanalcıklarda akan suyun uzaklaştırdığı katı maddenin %95'inin 0.005 mm, orijinal topraktaki tanelerin ise sadece %71'inin 0.54 mm den daha küçük çaplı olduğu bulunmuştur. Katı maddelerin; başlıca kuvars, feldspatlar, mika ve kil minerallerinden oluştuğu bilinmektedir.

Katı maddeye bağılı en önemli sorunlardan birisi de tarımsal yönden kirlenmedir. Fakat esas sorun bitki besini olan elementlerin taşınması ile toprakta verimliliğin azalmasına neden olmasıdır.

Katı maddenin taneleri yalnız büyüklük bakımından değil yoğunlukları bakımından da farklılık göstermektedir. Rezervuara gelecek katı maddenin özgül ağırlığın bilinmesi ile bulunabilirler. İnce taneleri katı maddelerde boşluk oranının bulunması zordur.

Kaba kum ve çakıllar yığılmalardan sonra, kısa sürede maksimum sıkışmaya ulaşırlar. Fakat kil ve silt büyüklüğündeki parçacıklar çöktükten hemen sonra maksimum konsolidasyona sahip olmazlar. Dolayısıyla sabit hacim ağırlıklarını uzun senelerde bile elde edemeyebilirler. Orta taneli toprakların erozyonu uğrama eğiliminin genellikle silt yüzdesi arttıkça yükseldiği bilinmektedir.

Askı madde hareketi, türbülans dolayısıyla oluşan kaldırma kuvveti ile, tanenin çökmesini sağlayan yerçekimi kuvveti arasında ki bir denge üzerine gerçekleşir. Bu nedenle askı maddesi taşınımı ile ilgili en önemli bağıntılar bu dengeyi inceleyen difüzyon-dispersiyon yaklaşımı ile elde edilirler. Akarsuyun hızı azaldıkça ince kum ve silt çökerek ayrılırlar. Çok ince silt ise ancak durgun suda çökebilmektedir. Çok ince kil ve organik maddeler ise durgun suda bile çökmeden kalabilmektedir. Asılı halde suda kalabilen bu maddeler çok iyi dağılıma sahiptirler. Suyun moleküler hareketi ile suda asılı halde durular. Suyun elektrolit konsantrasyonunun (genellikle tuzların) çökme etkisine veya su sıcaklığında oluşabilecek ani düşüşün (genellikle donma derecesine yakın) neden olacağı çökme etkisi söz konusu olmadığı takdirde. Asılı halde kalmaya devam ederler. Katı madde dağılımı ölçümleri orta derinlikte ve tabandaki statik katı madde konsantrasyonlarının yüzeydeki konsantrasyonlardan daima büyük olduğunu göstermiştir (Berkün. 2005).

Bu tez çalışması kapsamında Fırat Havzasında yer alan belirli ölçüm istasyonlarına ait noktalarda katı madde miktarı, literatürde verilmiş bulunan katı

madde hareketi ile ilgili bağıntılar kullanarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu istasyonlarda Elektrik İşleri Etüt İdaresinin yapmış olduğu ölçüm sonuçlarıyla hesaplanan değerler karşılaştırılarak aralarındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar yorumlarla birlikte grafiklerle verilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Dünyadaki Çalışmalar

Luk ve ark. (1997) güney Çin'in engebeli bölgesi olan Desing'te yaptıkları bir çalışmada, Schenchong havzasının çıkış ağzında ve nehirden yaklaşık 230 m yukarıda bir yerde su ve katı madde taşınımını gözlemlemişlerdir. Ancak bu iki gözlem noktasının arasında bir yerlerde büyük sel yataklarıyla havza birleştiğinden, sel yataklarının havzanın katı madde taşınımının çoğunu ürettiğini ve katı madde boşaltımının yağmur veriminide yansıttığını ifade etmişlerdir.

Lin ve ark. (2000) çalışmalarında, 5 farklı liman modelinde, hız dağılımlarını ve konsantrasyonlarını belirlemek için su hareketlerini değerlendirmişlerdir. Liman girişinin boyutları ve su derinliğinin, dar-girişli limanlara hızlı su akış sürecini önemli oranda etkilediğini belirlemişlerdir. Limanlarda, kirlilik konsantrasyonlarını azaltmak ve tara(kla)ma ihtiyacı gerekli olduğundan yüksek oranda hızlı su akışını sağlamak için liman ağzının geniş tutulması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Alan ve Xing (2002) İskoçya'nın batı kıyılarındaki katı madde taşınımını etkileyen süreçlerle ilgili yaptıkları bir çalışmada, üç boyutlu bir model geliştirmişlerdir. Buna göre katı madde taşınımını etkileyen süreçleri gelgit, kaya tabakası boyunca akım, rüzgâr dalgaları ve rüzgâr olarak belirlemişler ve çalışmalarını bunlar üzerine yoğunlaştırmışlardır. Çalışma alanı için uygun katı madde türleri ve gelgitsel birleştirme kullanılarak yaptıkları hesaplamalarda, yalnızca tropik gelgitin kendi başına tabandaki katı maddeyi askıya alamayacağını göstermişlerdir. Bununla birlikte bir kaya tabakası boyunca bir akıntı eklenirse biraz katı maddenin askıya alınacağını belirlemişlerdir. Yüzeyde daha zayıf bir kaya üstü taşınımı ile birlikte, alt tabakadaki kaya tabakası açığı net katı madde taşınımı olduğunu belirlemişlerdir. Alan ve Xing (2002) çalışmalarında yaptıkları gözlemler,

taban sınır katmanında zayıf bir kaya açığı akıntısını ortaya çıkarmış ve rüzgar dalgalarının varlığı veya katı madde çökme hızında bir azalmanın katı madde taşınımını arttırdığını göstermişlerdir.

Zhang ve Wen (2004) çalışmalarında 1950'lerden 1990'lara kadarki dönem boyunca, Yukarı Yangtze nehrinin iki büyük kolunu oluşturan nehirlerden Jialing'de katı madde taşınımında bir azalma ve Jinsha nehri de ise bir artma gibi farklı değişiklikler gösterirken, Yukarı Yangtze nehrinde (Yichan) katı madde taşınımında bir değişim olmadığını belirlemişlerdir. Sözü edilen dönem boyunca Yukarı Yangtze nehrinin katı madde taşınımındaki bariz azalma eğiliminin bu dönem boyunca 2 büyük ırmak kolundaki katı madde taşınımı değişikliklerinin dengelenmesinden dolayı olabileceğini ifade etmişlerdir. Jialing nehri katı madde taşınımındaki mevcut azalma eğiliminin yeniden bitki örtüsü oluşturma, toprak koruması ve su muhafaza çabalarının açık etkilerinin sonucu olduğunu, arazi bozulması, makineleşme ve kanal aktivitelerinin ise Jinsha nehrinin katı madde taşınımındaki eğilim artışından sorumlu olduğunu ifade etmişlerdir.

Wheatcroft ve Sommerfield (2004) çalışmalarında, Kuzey Kaliforniya Eel sınırının son dönem STRATAFORM çalışmalarından elde edilen bilgilerin genelliğini test etmek için, nehir katı madde kaynakları ve kıtasal kaya tabakası havzaları için incelemişlerdir. Çalışmalarında Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar tarafından elde edilmiş nehir boşalımı ve katı madde yoğunluk verilerini, 17 nehir için uzun vadeli yıllık asıltı katı madde miktarını güncelleştirmek için kullanmışlardır. Eel, Klamath /Trinity, Mad, Rogue, Umpqua ve Russian nehirleri için Katı Madde Birikme Oranlarını (KMBO) araştırmışlardır. KMBO'ların nehir akım tahminlerinden çok daha az değiştiğini bulmuşlar ve KMBO'ların genellikle 1.5–6 mm/yıl olduğunu ifade etmişlerdir.

Tamene ve ark. (2005) yapmış olduğu çalışma, Kuzey Etiyopya'nın dağlık kurak bölgesinde katı madde taşınımına etki eden faktörlerin nedenlerini araştırılmasıdır. Çalışmalarında uydu görüntülerini ve arazi araştırmalarını içeren farklı kaynaklardan elde ettikleri katı madde taşınımı ve rezervuar özellikleri

arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Katı madde taşınımı değişkenliğini belirleyen başlıca sebepleri belirlemek için Pearson'un korelasyon, ilke unsurları ve çoklu regresyon gibi farklı istatistiksel analizler uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, sel erozyonu, yüzey litoloji ve kara örtüsü rezervuarlar arasında katı madde taşınımı değişkenliğinin büyük kısmını açıklamıştır.

Damia ve Ramon (2005) çalışmalarında, akışı düzenlenmiş olan Aşağı Ebro katı madde taşınımı bir ölçü programı ile tahmin etmişlerdir. Çalışmada Ebro nehrinin Maquinenza ve Riba Roja rezaruarlarında katı madde miktarını ölçerek, barajlardan akış yönünde %60 askı maddesi ve %40 oranında da sürüntü madde hareketi olduğunu belirlemişlerdir.

Juan ve ark. (2005) Güney Amerika'da Magdalena Nehri ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, Magdalena drenaj havzasının katı madde miktarını ve ona etki eden faktörleri 32 noktada çok yıllı veri seti temelinde incelemişler. Çalışmalarında, katı madde taşınımındaki değişkenliğini anlamak ve tahmin etmek için çeşitli hidrolojik ve iklimsel değişkenler hesap etmişlerdir. Çalışma sonucunda rezervuar bölgesinin %68 lik kısmında önemli katı madde taşınımı artışı olduğunu, % 31 lik kısmın katı madde taşınımı ve veriminde düşen bir eğilim olduğunu belirlemişlerdir. Arazi kullanım analizleri ve artan katı madde miktarı trendi, son 10–20 yılda rezervuar bölgesinde toprak erozyonunun arttığını ifade etmişlerdir.

Mio ve ark. (2005) yaptıkları bir çalışmada Yeni Zelanda'nın orman tahribi sonucunda toprak kaymaları ve sel oluşu kompleksleri ile vadi tabanlarına dağılan katı madde şeklini ve miktarını değiştirdiğini belirlemişlerdir. 1988' de yüzyılda bir olan bir olayın (Bola Siklonu) sayısız sığ toprak kaymalarına neden olarak kanal düzeninin şeklini ve miktarını değiştirdiğini ifade etmişlerdir.

Joris ve Jean (2005) çalışmalarında, ilk iş olarak havza alanı, baskın erozyon süreçleri ve katı madde taşınımı arasındaki ilişkiyi Akdeniz bölgesindeki farklı katı madde taşınımı kombinasyonu ile tanımlamışlardır. Öncelikle bir skalada ölçülmüş toprak erozyonu miktarının başka bir skala seviyesindeki katı madde taşınımı için

örnek alınamayacağını belirtmişlerdir. İkinci olarak, havza skalasında erozyon ve katı madde taşınımı için geliştirilmiş nemli yarı-nicel modeller geliştirmişlerdir. Bu modellerin çoğunda, erozyona ve katı madde taşınımına olan hassaslığına dayanarak çevresel faktörleri bir drenaj havzasını tanımlamak için kullanmışlardır.

Lee ve Shing (2005) çalışmalarında üç tanktan oluşan bir tank modelini yüzey akışı ve katı madde taşınımı tahminleri için geliştirmişlerdir. Her tankın katı madde taşınımı, toplam katı madde taşınımı, katı madde taşınım katsayısıyla çarpılarak hesaplanmış taşınım, her bir tankın yüzey akışı miktarı ve tanktaki katı madde yoğunluğu tarafından elde edilmiştir. Birinci tankın katı madde yoğunluğu, kendi deposundan ve katı madde yoğunluk dağılımından hesaplanmış (KMYD); bir sonraki aşağı tankın katı madde yoğunluğu kendi deposu ve üst tankın katı madde infiltrasyonundan hesaplanmış. Artımlı kaynak yüzey akışından (veya etkili yağıştan) kaynaklanan KMYD, ani birim katı madde grafik teorisi (ABKMG) ve bir katı madde yönlendirme fonksiyonu tarafından elde edilmiştir. KMYD yi kullanarak katı madde taşınımı ABKMG modelindekiyle karşılaştırılmış. Yaptıkları çalışmanın sonucunda geliştirdikleri Mississippi dağlık bölge boşaltım havzasında doğrulandığını ortaya çıkarmışlardır.

2.2. Ülkemizdeki Çalışmalar

Aksu ve ark. (1997) çalışmalarında, İzmir Körfezi'nde deniz kirliliğinin boyutlarını yüzey katı maddelerinde inorganik ve organik jeokimyasal verilerle değerlendirmişlerdir. 84 örnek üzerinde belirlenen 42 elementin yoğunlukları, İzmir Körfezi yüzey katı maddelerinin toplam organik karbon ve sülfür ile bağlantılı olarak gelişen Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, P, Pb, Sb, Sn, V, ve Zn gibi ağır metallerce belirgin bir zenginleşme gösterdiğini saptamışlardır. İzmir iç Körfezi'nde 14 örnek üzerinde gerçekleştirilen organik jeokimyasal veriler ise bu katı maddelerin aynı zamanda poliklorlu dibenzo-p-dioksiner, poliklorlu dibenzoflour ve polisiklik aromatik hidrokarbonlarca da çok zengin olduğunu belgelemiştir. Bu inorganik ve organik veriler İzmir iç Körfezi'nin aşırı derecede kirli olduğunu ve denizsel çevrede yaşayan canlılara büyük ölçüde risk oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Birkaç küçük bölge dışında İzmir Orta ve Dış Körfezi düşük oranlarda ağır metal zenginleşmesi göstermektedir. Hekim ve Çiçek Adaları'nın doğu kesimlerinde görülen ve Ag, Cd, Hg, Mo, Sb ve Sn yoğunluklarında gözlenen zenginleşmelerin 1976'dan 1990 yıllarına kadar süren, İzmir iç Körfezi'nin en kirli katı maddelerinin tarama ve döküm işlemleri sonucunda oluştuğunu düşünmüşlerdir. Gediz Nehri'nin bugünkü ağzının güney kesimlerinde görülen ve Cd, Cr, Cu, Hg, Pb ve Zn gibi ağır metallerle belirlenen zenginleşme ise Gediz Nehri'nin drenaj alanındaki büyük sanayileşmeyi yansıtmakta ve bu nehrinin Orta Körfezi'nin önemli antropojenik kaynaklarından biri olduğunu belirtmişlerdir.

Öztürk ve ark. (2003) çalışmalarında, Bilecik ili Pazaryeri ilçesi Küçükelmalı, Güde ve Bahçesultan köyleri arazisi içerisinde bulunan Kurukavak deresi su toplama havzasında 1994-1996 yılları verileri ile yürütülen araştırmada yüzey akış ve katı madde miktarını uyguladıkları model yardımıyla tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla havzaya ait; topografya bitki örtüsü, toprak, arazi kullanımı ve iklim verileri toplanmış, daha sonra bu veriler coğrafi bilgi sistemi ortamına aktarılarak model için gerekli analizler yapılmıştır. Elde edilen harita, tablo ve bireysel verilerle yapılan yüzey akış tahminlerini ölçülen değerlerle karşılaştırmışlardır. Çalışma alanındaki 1994-1996 yılları arasındaki 15 farklı yağış olayından seçilen 8 olaya göre; model

değerlerinin gözlem değerleri üzerine etkinliği % 25, belirtme katsayısı 0.43 olarak bulunmuştur. Kolmogorov-Smirnov testine göre; 0.83 olarak bulunduğundan gözlem ve model değerlerinin homojen olduğu başka bir deyimle aynı popülasyona ait olup model değerlerinin gözlem değerlerini temsil edebileceği kanısına varmışlardır.

Son yıllarda, inşaat mühendisliğindeki bilgisayarlı hesaplamalarda yapay zeka uygulamaları ilk sırayı almıştır. Bu uygulamalar genellikle uzman sistemleri içermektedir. Fırat ve Güngör (2004) çalışmalarında yapay sinir ağlarına değinmiş ve bir uygulama yapmışlardır. Sonuçlara çok kısa zamanda yaklaşımadaki etkinliği nedeniyle yapay zekâ uygulamalarının diğer yaklaşım metotlarına göre tercih edilmesine neden olmuştur. Ülkemizde çeşitli nedenlerle meydana gelen erozyon olayı sonucu, katı madde taşınımının, toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine olan olumsuz etkilerinin büyük boyutlara ulaştığı bilinen bir geçektir. Fırat ve Güngör (2004)'ün çalışmalarında, akarsular tarafından taşınan askı maddesi miktarı ileri beslemeli yapay sinir ağları ile tespit edilmiş. problemin eğitim ve test setinde EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) tarafından yapılan askı maddesi ölçümleri kullanmıştır.

Duman ve ark. (2004) çalışmalarında doğu Ege denizindeki İzmir körfezinin ince taneli bir katı madde alanı olduğunu belirlemişlerdir. Yüzeysel katı maddeler, tane boyutlarına bağlı olarak yedi alt kısma ayrılabilir. Dış körfezin doğu kesimi silt ve çamurla kaplanmışken, dış körfezin batı kesimi siltli ve çamurlu kumla kaplı olduğunu belirlemişlerdir. Körfez merkezinin büyük bölümü %50 kadar karbonat içeren kumlu silt ile kaplıdır ve merkezle iç körfezin arasındaki alan siltle döşenmiştir. Yüzey katı maddelerin toplam organik karbon konsantrasyonları %3.12 ila %40 arasında değiştiğini ve silt hacmi oranında çoğaldığını gözlemlemişlerdir. İç körfezin organik madde birikmesinin muhtemelen ham pis su boşalma ağızlarında içeri akış tarafından üretildiğini gözlemlemişlerdir. Tane büyüklüğü trendleri, hidrodinamik, mineraloji ve jeokimya bilgisi ile bağlantılı olarak, katı madde hareket modelini çıkarmak için analiz edilmiştir. Bu analizler için hazırlanan model, ana tortu alanları ve İzmir körfezi çevresinde kirlenici madde dağılma modelleri katı madde taşıma yönleri ile ilgili bir ön fikir vermek maksadıyla hazırlanmıştır.

Su kaynaklarında yapay sinir ağı (YSA) uygulamalarının çoğunluğu ileri besleme geri yayılım metodu (İBGY) çalışmasını içerir. Çigizoğlu ve Alp' in 2005 yılında yaptıkları çalışmada diğer bir YSA algoritması, genelleştirilmiş regresyon sinir ağı, (GRSA), nehir asıltı katı madde tahmininde kullanılmışlardır. Sinirsel ağlar, günlük nehir akımı Amerika'daki Juniata havzasının asıltı katı madde verileri kullanılarak düzenlenmiştir. Çalışmalarında, iki YSA algoritması tarafından sağlanmış asıltı katı madde tahminleri, konvansiyonel katı madde değerlendirme eğrisi ve çoklu lineer regresyon metodu sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ortalama çaplanmış hata ve katsayı belirleme kriteri karşılaştırma olarak kullanılmıştır. Ayrıca tahmin edilmiş ve gözlenmiş toplamları, önceki bahsedilmiş iki yöntemin kriterine ek olarak gözden geçirmişlerdir. Çalışma, sonuç olarak YSA tahminlerinin önemli bir şekilde konvansiyonel metod sonuçlarından daha üstün olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

Bir havzada erozyon sonucu meydana gelen toprak kaybının ve taşınan katı madde miktarlarının bilinmesi, toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik havza çalışmaları için önemli bir kriterdir. Türkiye akarsularında katı madde gözlem istasyonlarının ve gözlemlerinin yetersiz oluşu nedeniyle taşınan katı madde miktarları ampirik denklemler ile tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak deneye dayalı denklemlerin geliştirilmesi ve kullanımı hız kazanmıştır. İrvem ve Tülücü (2005) çalışmalarında, CBS kullanılarak Üniversal Toprak Kaybı Denklemi'ni (USLE) temel alan erozyonla toprak kaybı ve katı madde verimi tahmin modeli (EST) geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde, arazi kullanımı, bitki örtüsü, arazi eğimi ve katı madde iletim oranı parametrelerini kullanmış ve model; Seyhan Havzasında bulunan Körkün alt havzasına uygulamışlardır. Uygulamada ILWIS (CBS) paket programını kullanmışlardır. Uygulama sonucunda toprak kaybı ve katı madde verimi tahmini yapılmış, tahmin edilen katı madde verimi gözlenen değerlerle kıyaslanarak yapılan değerlendirme sonucunda modelin tahmin kabiliyetinin düşük olmasına rağmen tahmin edilen ve gözlenen değerlerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı, bazı yıllarda hatalı gözlemlerin yapılmış olabileceği, bu yıllar dikkate alınmadığında modelin tahmin kabiliyeti istenen düzeye geldiği tespit

etmişlerdir. Modelde, katı madde iletim oranının tahmin sonucunda en etkili parametre olduğu, bu oranın geniş havzalarda belirlenmesi için ayrı bir çalışmanın yapılması gerektiği belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı ve özellikleri

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada, çalışma alanı olarak Fırat havzası seçilmiştir. Fırat havzası, yurdumuzun en büyük akarsuyu olan Fırat nehrini kapsamaktadır. Fırat nehri, güney Erzurum dağlarında doğar ve güney batıya doğru akarken nehir havzasının üst kısmını oluşturan dağlık alandan su toplar.

Doğu Anadolu'da Erzurum ve Ağrı'dan kaynaklanan Murat ve Karasu nehirleri birleşerek Fırat nehrini oluştururlar. Fırat ile birleşen diğer nehirler, Malatya'da Tohma, Adıyaman'da Kâhta, Ziyaret ve Göksu, Şanlıurfa'da Karadağ yönünden gelen Hacıhıdır ve Hacikamil, Gaziantep'te Karasu ve Nizip'tir. Fırat sınırı geçtikten sonra Suriye ve Irak düzlüklerine ulaşır. Fırat havzası, Suriye sınırının kuzeyinde 102 876 km²'lik bir alanı kapsamakta olup, bunun 22 000 km²'si bölge sınırları içinde, Karakaya barajı ile Suriye sınırı arasındadır. Fırat nehrinin ortalama yıllık debisi ise 31.6x10⁹ m³'tür (Akçakoca. 1997).

Nehir debisindeki mevsimlik değişimler de dikkat çekicidir. Ortalama bir yılda en yüksek akış miktarı Nisan ayında en düşük akış miktarı ise Eylül ayında gözlenir. Ortalama bir yılda aylık akış miktarı, yıllık ortalamanın %275 ile %33 katı arasında değişir (Akçakoca. 1997).

Ülkemizin en büyük ve kapsamlı projelerinden olan GAP bu nehir ve Dicle nehri üzerinde inşa edilmektedir. "GAP su toplama ve dağıtma sistemleri havzalar ve sulama kontrol alanlarını kapsayan 74 000 km²'lik bir toplam potansiyel alanı kapsamaktadır. Fırat havza sisteminde planlanan toplam aktif su depolaması 43.9x

10^9 m³ ve Dicle havza sistemi 15.9×10^9 m³'tür. Planlanan sulama alanları sırasıyla 1.08×10^6 ha. ve 0.67×10^6 ha'dır. GAP alanı dahilinde bu 60 km³ aktif su depolamaya dönüşerek ve en az $17\,500$ km²'lik bir alan sulanacaktır. Aşağı Fırat'ta 53, Batı ve Orta Dicle'de 15, dolayısıyla toplam 68, ayrıca Doğu Dicle'de 22 baraj sulama ve/veya enerji üretimi için gerekli düzenleme haznelerini oluşturacaktır" (Öziş ve ark. 2000).

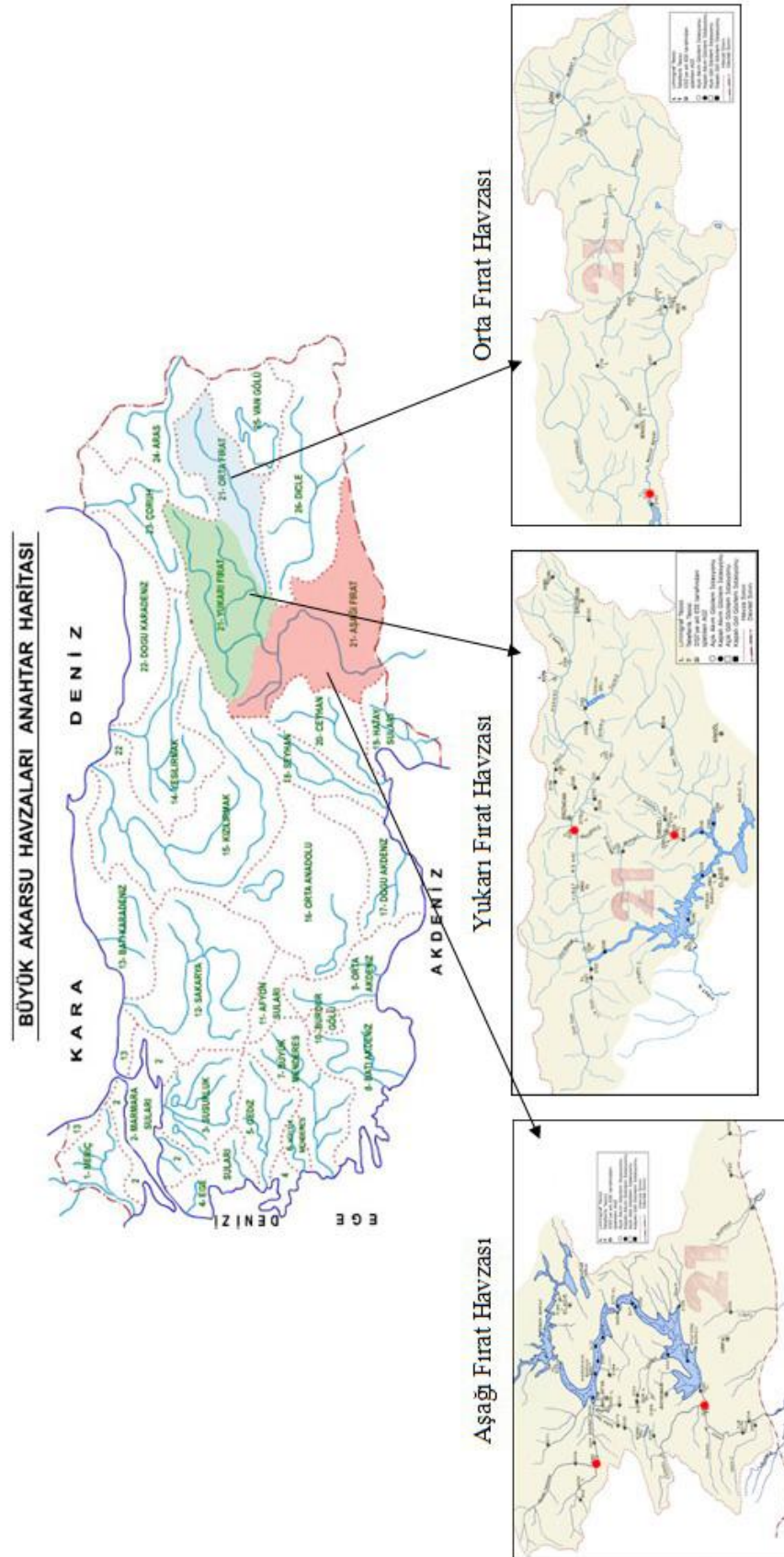
"Güneydoğu Anadolu Projesi tamamlandığında; ülkemiz sınırları içinde yılda 53 milyar m³'ten fazla su akıtan Fırat ve Dicle nehirleri üzerindeki tesislerle Türkiye toplam su potansiyelinin %29'u kontrol altına alınmış olacaktır" (GAP. 2006).

3.1.2. Çalışmada kullanılan veriler

Fırat havzası kendi içerisinde Aşağı Fırat, Orta Fırat ve Yukarı Fırat olarak üçe ayrılmıştır (Şekil 3.1).

Fırat Havzasında EİEİ tarafından işletilmekte olan ve verisi bulunan istasyon sayısı toplam 83 tane olup bunların 56 sı kapalıdır. Fırat Havzası $127\,304$ km²'lik yüzölçümü, 1009.87 m ortalama yüksekliği ile Türkiye'nin en büyük su havzasıdır. Fırat Havzası'na düşen ortalama yağış $540,1$ mm/yıl ve ortalama yıllık akış ise 31.61 km³ tür (EİEİ. 2000).

Katı madde hareketinde kullanılmak üzere, akım gözlem istasyonları ve bunlara ait gözlem değerleri incelenerek aşağıdaki temel kıstasları sağlayan istasyonlar kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanını gösterir havza haritası (Fırat Havzası) (Gümüş, 2006)

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada EİEİ 'nin gözlem istasyonlarından faydalanılmıştır. Bu akım gözlem istasyonları aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Fırat Havzası'nda bulunan Akım Gözlem istasyonları ve özellikleri (EİEİ,2006)

AGI NO	SU VE İSTASYON ADI	AÇ.TAR.	KAP.TAR.	ALAN (Km ²)	KOT (m)	COĞ. KOORDİNAT
2101	FIRAT N.-KADIKÖY	26.07.1936	11.07.1945	77453.6	625	38 41 25D-38 25 15K
2102	MURAT S.-PALU	26.07.1936		25515.6	859	39 56 22D-38 41 49K
2103	FIRAT N.-KEBAN	03.08.1936		63873.6	698	38 43 54D-38 48 07K
2104	FIRAT N.-BAKIRHAN	08.10.1936	30.11.1938	78118.0	600	38 51 37D-38 24 00K
2105	FIRAT N.-KARAKAYA (KARAKİLİSE)	13.10.1936	01.01.1983	80421.2	540	39 10 49D-38 11 47K
2106	FIRAT N.-SARSAP	16.10.1936	30.11.1938	81898.4	500	39 10 44D-38 01 50K
2107	MURAT N.-ARDİŞEN	30.10.1936	21.05.1943	21252.4	1300	41 03 20D-38 47 44K
2108	MURAT N.-PERTEK	07.11.1936	30.04.1941	31922.8	740	39 15 30D-38 51 31K
2109	FIRAT N.-KEMALİYE	11.11.1936	15.03.1975	20687.6	810	38 30 04D-39 15 54K
2110	FIRAT N.-KÖMÜRHAN	10.12.1938	16.01.1971	78461.6	628	38 49 03D-38 26 33K
2111	DERME S.-PINARBAŞI	11.02.1943	22.12.1950	0.0	1225	38 15 21D-38 17 28K
2112	GÖKPINAR-YELKENKÖY	04.11.1945	21.07.1953	137	1450	37 18 30D-38 39 38K
2113	GİRLEVİK D.-KALECİK	22.07.1947	01.09.1953	26.0	1463	39 44 14D-39 34 23K
2114	FIRAT N.-BİRECİK	23.12.1947	16.01.1998	100915.6	337	37 58 27D-37 01 39K
2115	GÖKSU-MALPINAR	15.02.1953		3998.8	397	38 09 26D-37 29 36K
2116	MUNZUR S.-KALENDER	31.07.1953	23.07.1957	3895.2	810	39 36 22D-38 53 15K
2117	FIRAT N.-MEZRA	17.08.1953	24.03.1963	81878.0	525	39 11 55D-38 03 31K
2118	TOHMA S.-KIRKGÖZ	23.08.1953	01.10.1967	9340.4	653	38 21 00D-38 29 40K
2119	FIRAT N.-KEMAH BOĞAZI	04.09.1953		10356.0	1123	39 23 36D-39 41 00K
2120	FIRAT N.-KÖTÜR KÖP.	05.09.1953	31.01.1972	5137.2	1375	40 15 12D-39 43 55K
2121	FIRAT N.-SANSAN BOĞAZI	05.09.1953	01.08.1967	8505.6	1205	39 52 52D-39 35 22K
2122	MURAT-TUTAK	09.09.1953		5882.4	1552	42 46 49D-39 32 19K
2123	ÇAĞ ÇAĞ S.-ÇINARKÖY (ÇAĞ ÇAĞ S.-NUSAYBİN)	27.11.1953	31.01.1994	863.6	560	41 18 14D-37 11 38K
2124	TOHMA S.-YAZIKÖY	01.09.1954		1256,1	1180	37 26 33D-38 40 21K
2125	SULTANSUYU-SUÇATI	01.09.1954	30.09.1976	450.0	995	37 59 21D-38 11 49K
2126	TOHMA S.-AYVALI	04.09.1954	01.02.1962	3478.9	1125	37 40 06D-38 42 24K
2127	TOHMA S.-SAMAH	05.09.1954	30.06.1962	6174.4	825	37 50 21D-38 30 39K
2128	CİMİN D.-CİMİN	03.06.1955	10.12.1965	31.2	1467	39 42 20D-39 42 45K
2129	SAKALTUTAN S.-ERKENEK	20.08.1955	24.12.1965	45.2	1220	37 53 44D-37 55 24K
2130	PÜLÜR Ç.-SAKALIKESİK	09.08.1956	31.10.1968	290.8	1050	41 05 51D-39 50 39K
2131	BEY D.-KILAYIK	07.09.1956		277.6	925	38 12 36D-38 19 21K
2132	CULAP S.-İNCİRLİ	10.09.1956	31.10.2001	464,5	470	39 02 02D-37 09 37K
2133	MUNZUR S.-MELEKBAHÇE	31.07.1953		3284.8	875	39 31 35D-39 02 39K
2134	ABDULHARAP G.AYAĞI-ŞEREFHAN	10.07.1959	01.10.1967	106.0	1371	38 16 23D-38 03 42K
2135	BULAM Ç.-FATOPAŞA	28.09.1957		166.4	1240	38 44 49D-37 59 26K
2136	PÜLK Ç.-KOŞMAŞAT	06.10.1958	12.12.1965	85.6	1900	39 42 42D-39 53 20K
2138	BÜYÜKÇAY-GÜLEBAĞDI	28.10.1959	01.10.1971	138.0	1760	39 50 54D-39 52 06K
2139	MERCAN D.-ARKLARBAŞI	11.03.1961	31.10.1968	108.0	1385	39 36 18D-39 34 25K
2140	FIRAT N.-DUTLUCA	21.04.1961	31.01.2002	92654.0	386	38 18 37D-37 28 30K
2141	PERİ SUYU-KORUDİBİ	20.11.1961	12.09.1997	3604.4	1035	40 06 28D-39 09 13K
2142	MURAT N.-GÜLÜŞKÜR KÖP.	06.05.1962	01.09.1968	26139.6	817	39 42 57D-38 38 32K
2143	MUNZUR S.-LAZVAN	09.05.1962	01.09.1968	3496.8	890	39 30 17D-38 58 13K
2144	PERİ S.-SEYİTLİ	15.05.1962	01.11.1968	5492.0	838	39 47 03D-38 51 40K
2145	TOHMA SUYU-HİSARCIK	30.06.1962		5822.0	935	37 41 08D-38 28 32K

Çizelge 3.2 (Devamı). Fırat Havzası'nda bulunan Akım Gözlem istasyonları ve özellikleri (EİEİ.2006)

2146	MURAT N.-AŞVAN KÖP.	09.11.1962	01.10.1968	40720.0	710	38 53 53D-38 52 34K
2147	MUNZUR S.-DEDİKUŞAĞI	07.11.1962	01.10.1997	875.0	1195	39 17 53D-39 20 40K
2148	PÜLÜMÜR Ç.-PAH KÖP.	18.01.1963	30.09.1974	1238.4	905	39 36 38D-39 06 23K
2149	MUNZUR S.-MİSKİSAĞ	17.01.1963		1669.0	900	39 32 35D-39 06 29K
2150	ÇALTI S.-ÇALTI	28.09.1963	30.08.1968	4606.0	845	38 20 26D-39 22 21K
2151	FIRAT N.-DEMİRKAPI D.D.Y. (SANSABOĞAZI)	13.06.1963		8185.6	1355	40 10 05D-39 34 41K
2152	MURAT N.-MUŞ	01.10.1967	30.09.1983	17773.6	1241	41 30 00D-38 52 03K
2153	FIRAT N.-FIRAT D.D.Y. KÖP.	08.11.1967	01.08.1986	77740.4	640	38 49 05D-38 26 26K
2154	KARASU-AŞAĞI KAĞDARIÇ	01.10.1968		2886.0	1675	40 45 33D-39 56 16K
2155	TUZLA D.-TERCAN KÖP.	01.03.1969	31.08.1990	2144.0	1415	40 22 41D-39 46 31K
2156	FIRAT N.-BAĞIŞTAŞ	01.10.1968		15562.0	865	38 26 55D-39 25 57K
2157	KARASU-KARAKÖPRÜ	15.11.1968		2098.4	1250	41 29 43D-38 47 02K
2158	BİNGÖL Ç.-ABDURAHMANPAŞA K.	19.11.1968		1577.6	1310	41 29 14D-39 06 30K
2159	ÇAM D.-HACIKAMİL KÖP.	17.12.1968	04.02.1993	1036.0	525	39 04 57D-37 39 21K
2160	NİZİP Ç.-DANA OĞLU	16.12.1968	25.04.1989	1020.0	365	37 56 38D-36 57 18K
2161	HABUR Ç.-CEYLANPINAR	01.07.1969	25.10.1972	2998.0	345	40 01 25D-36 50 03K
2162	FIRAT N.-ERİÇ	09.07.2003			995	38 57 08D-39 35 06K
2163	KAHTA Ç.-KAHTA	01.10.1969	01.10.1974	1687.2	480	38 39 33D-37 47 11K
2164	GÖYNÜK Ç.-ÇAYAĞZI	07.11.1968		2232.0	998	40 33 32D-38 48 06K
2165	ZERKAN Ç.-HOCAKÖY	23.11.1968	30.11.1998	490.0	445	40 30 30D-37 08 32K
2166	PERİ S.-LOĞMAR	01.11.1968		5385.8	847	39 48 50D-38 51 31K
2167	ÇALTI S.-DAZLAK	21.10.1967	07.04.1997	4288.0	890	38 15 33D-39 20 52K
2168	DUMLU Ç.-YEŞİLDERE	01.10.1972	03.06.1997	52.0	2000	41 24 36D-40 08 17K
2169	FIRAT N.-TİLLA KÖP.	25.10.1972	14.02.1975	84044.8	430	38 53 43D-37 45 05K
2170	FIRAT N.-BELKISKÖY	01.07.1973	01.10.1999	100702.4	340	37 52 09D-37 03 44K
2171	ULUDERE-HASANÇELEBİ	01.05.1976	13.04.1993	411.2	1188	37 52 56D-38 55 38K
2172	PÜLÜMÜR Ç.-BATMAN KÖP.	14.11.1977		1374.0	890	39 33 55D-39 06 20K
2173	SULTAN S.-DEDEKÖY	01.06.1976	14.01.1993	486.0	943	37 59 39D-38 14 22K
2174	MURAT N.-AKKONAK	01.10.1979		17435.1	1285	41 31 11D-39 02 29K
2175	FIRAT N.-HİNDİBABA	24.10.1982	12.11.1990	80486.0	523	39 11 21D-38 12 22K
2176	TACİK D.-MUTUBOĞAZI	01.03.1983		94.4	1225	39 52 19D-39 35 24K
2177	HİNİS Ç.-ADIVAR	28.05.1985		2995.3	1452	42 10 06D-39 13 10K
2178	GÖYNÜK Ç.-DEVECİK KÖP.	01.07.1986	04.11.1992	437.5	1579	40 51 45D-39 04 43K
2179	KOP SUYU-PIRNAKAPAN	04.10.1996		9.0	1780	40 33 44D-39 59 15K
2180	DUMLU Ç.-YEŞİLDERE	03.06.1997		52.3	1935	41 24 31D-40 08 19K
2181	ARABALI D.-TUTAK	17.06.1997		117.3	1615	42 49 35D-39 31 31K
2182	ULUÇAY - KURTDERE	12.12.1998	31.10.2001	43.5	875	39 18 03D-38 47 05K
2183	PAMUKÇAYI - KOCALİ	18.12.1998		68.0	1028	38 16 46D-37 56 06K
2184	KAPIKAYA D. - KAPIKAYA	20.02.1999	31.10.2001	13,3	805	38 33 59D-38 21 55K
TOPLAM 1 AĞI SAYISI: 83 KAPALI AĞI SAYISI: 56 AÇIK AĞI SAYISI: 27						

1. Veri sayısının istatistik anlamda nicelik bakımından yeterli örnek olması
2. Tüm havza alanını temsil etmesi bakımından havza alanında homojen dağılmış olması
3. Gözlem yıllarında kesiklik ve düzensizlik olmaması,
4. Güncel katı madde değerlerini bulmak bakımından günümüze yakın verileri bulunan istasyonlar özellikle seçildi.

Bu çerçevede değerlendirilen istasyonlardan, kriterlere uygun olarak kabul edilen 5 istasyon seçilmiştir. Geçmişe dayalı uzun yıllık veri içeren 2102' nolu Murat Nehri Palu istasyonu, 2115 nolu Göksu Nehri Malpınar istasyonu, 2119' nolu Fırat Nehri Kemahboğazı İstasyonu, 2133' nolu Munzur Suyu Melekbahçe İstasyonu ve 2145' nolu Tohma Suyu Hisarcık İstasyonları seçilmiştir.

Bu istasyondaki verilerden, 2102 nolu istasyonda 1962 ile 2005 yılları arasında aylık olarak 474 adet veri bulunmaktadır, 2115 nolu istasyonda 1977 ile 2005 yılları arasında aylık olarak 378 adet veri, 2119 nolu istasyonda 1965 ile 2005 yılları arasında aylık olarak 463 adet veri, 2133 nolu istasyonda 1962 ile 2005 yılları arasında 344 adet veri ve 2145 nolu istasyonda ise 1990 ile 2005 arasında aylık olarak 193 veri bulunmaktadır. Aylık olarak alınan bu verilerin tamamı günlük verilere çevrilerek işlem yapılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Akarsularda katı maddeler ile ilgili tanımlar

Akarsu yatağının her noktasında aynı büyüklükteki tanelerin sürüklenmeye karşı aynı direnci gösterdiği kabul edilirse, tanelerin harekete başladığı andaki su derinliğine ait sürüklenme gerilmesi kritik kayma gerilmesi adını alır (Denklem 3.1).

$$\tau_{kr} = 1000 * h_{kr} * J = 1000 * R_{kr} * J \quad (3.1)$$

Burada;

T_{kr} = Kritik kayma gerilmesi,

h_{kr} = Katı madde hareketinin başladığı su derinliği,

R_{kr} = Katı madde hareketinin başladığı hidrolik yarıçap

J = Hidrolik eğim

Kritik kayma gerilmesinin tane özelliklerine bağımlı olduğu bilinmektedir. Schocklitsch kritik kayma gerilmesi tane çapına (d) bağımlı olarak;

$$d > 0.006 \text{ m için} \quad \tau_{kr} = 0.76(\gamma_s - \gamma) * d \quad (3.2)$$

olarak belirlenmiştir. Burada;

γ_s = Katı madde özgül ağırlığı,

γ = Suyun özgül ağırlığı,

d = Dane çapıdır.

$$V_x = \left(\frac{\tau}{\gamma} \right)^{1/2} = \left(\frac{\tau}{\gamma} \right)^{1/2} = \left(\frac{1000 * h_{kr} * J}{\gamma} \right)^{1/2} = \left(\frac{1000 * R_{kr} * J}{\gamma} \right)^{1/2} \quad (3.3)$$

İfadesi ise kayma hızıdır. Kritik kayma hızı V_{kr} olup.

$$V_{xkr} = g * R_{kr} * J^{1/2} = g * h_{kr} * j^{1/2} \quad (3.4)$$

eşitliğinden hesaplanır.

Shields tarafından $\frac{\tau_{kr}}{(\rho_s - \rho) d}$ ifadesi kayma Reynolds sayısının (R_{ex})

fonksiyonu olarak tanımlanmış olup deney sonuçlarına bağlı eğriler çıkarılmıştır.

Kayma Reynold sayısı $R_{ex} = \frac{d * V_x}{\nu}$ eşitliğinden hesaplanır.

Genel katı madde taşınım denklemi fonksiyonel olarak bu şekildedir.

$$g_g = f(v, h, j, b, d_e, \rho_s, G_{sf}, d_g, i_b, \rho, T)$$

Burada;

g_s = Birim zamanda madde akış miktarı,

b = Akış genişliği,

h = Derinlik,

d_e = Karışımın etkili tane çapı,

d_g = Partikül çapı geometrik ortalaması,

G_{sf} = Partikül şekil faktörü,

i_b = Partikül yüzdesi

J = Enerji çizgisi eğimi,

ρ = Suyun yoğunluğu,

ν = Ortalama akış hızı,

T = Suyun sıcaklığı

ρ_s = Katı madde yoğunluğu

Bu veriler gruplandırılacak olursa (v, h, g, b) hidrolik parametreler, (d_e, g_s, G_{sf}) katı madde partikül parametrelerini, (d_g, i_b) katı madde parametrelerini (ρ, T) akışkan özelliklerini göstermektedir (Berkün. 2005).

3.2.2. Katı madde hareketi

Akarsularda katı madde hareketi iki farklı şekilde meydana geldiği bilinmektedir. Bunlar,

1. Sürüntü madde hareketi
2. Askı madde hareketi

Akarsu tabanında hareket eden maddelere “sürüntü maddesi” yüzerek hareket eden maddelere ise “askı maddesi” birim zaman içerisinde bir kesitten geçen katı madde miktarına “sürüntü maddesi debisi” “askı madde miktarına” “askı madde debisi” denir. Bu durumda toplam katı madde debisi denklem 3.5’te verilmiştir.

$$Q_T = Q_{si} + Q_{s2} \quad (3.5)$$

Burada,

Q_T = Toplam katı madde debisi,

Q_{si} = Sürüntü maddesi debisi,

Q_{s2} = Askı maddesi debisidir.

Q_T sabit değildir zamana göre değişir. $Q_T = f(\dots)$ ’dir. Ayrıca toplam katı madde miktarı seneden seneye değişim gösterir.

Genelde yatak maddesi üzerinde maddelerin tanelerden oluştuğu bilinmektedir ve kohezyonun mevcut olmadığı kabul edilir. Gerçekte kohezyonun olmadığı bir durum söz konusu değildir. Fakat kohezyon etkisi ihmal edilebilir. Kanal içerisinde hareket eden sürüntü maddesi kanal tabanına çok değişik şekiller verir.

Tanelerden oluşan bir yatak üzerinde su çok küçük bir hız ile aktığı zaman önce tane hareketi olmaz. Hız artarak sürüklenme gerilmesinin sınır değeri aşıldığı zaman tabandaki taneler hareket etmeye başlar. Eğer yatak malzemesi kum gibi ince malzemedir oluşuyorsa ilk önce dalgacılar şeklinde malzeme birikimi oluşur.(ripple) Bu buruşuklukları kumlu sahillerde görmek mümkündür

Daha yüksek hızlarda periyodik düzensizlikler görülür. Bunlara tepecik (dunes) denir. Buruşukluklarla beraber görünürler. Daha büyük hızlarda buruşukluklar

tamamen ortadan kalkar ve yalnız tepecikler ortada kalır. Tepecikler buruşukluklara nazaran daha yuvarlak ve geniş başlıklı olurlar. Fakat tepe noktaları kesit boyunca uzanmaz. Her ikisi de zamanla yavaş şekilde aşağıya doğru hareket ederler ve ön taraftan sürüklenen malzeme aşağıya doğru itilir. Tepecikler ve buruşukluklar arasında kesin bir hat çizmek mümkün değildir. Ancak iri kumlarda buruşukluklara rastlanmaz. Hızlar daha fazlalaşırsa düz yataklar meydana gelir. Daha da arttırılırsa kum dalgaları oluşur ve yüzeyde dalgalanmalar belirir. Froude sayısının birden büyük olduğu zaman yani akım sel rejiminde olduğu zaman su yüzeyindeki dalgalar çok dikleşerek memba tarafına doğru kırılır ve tabandaki dalgalar memba tarafına doğru hareket ederler. Bunlara karşı tepecikler adı verilir. Bunlara rüzgârın tesiri ile hareket eden kısımlarda rastlamak mümkündür.

Yüksek debilerde sürüntü maddesi miktarı artar. Buna bağlı olarak tabanda dalgacıklar ve ters basamaklar oluşabilir. Taşkınlarda, katı madde konsantrasyonu büyük olduğu için, taşkın süresince gelen katı madde miktarının katı madde miktarına oranı, taşkın suyu hacminin, akarsuyun bir senedeki su hacmine oranından daha büyük olmaktadır. Diğer bir deyişle, katı madde miktarı debisindeki sapmalar, akarsuyun maksimum debisinin ortalama debisine olan sapmalardan çok daha büyük olmaktadır.

Akarsu içerisindeki katı maddeler, türbülansın şiddetine göre su içerisinde askıdaki madde olarak hareket ederler. Türbülans şiddetlendikçe daha iri taneler askıdaki madde haline geçerler. Katı madde konsantrasyonunun en büyük olduğu yer tabanın tam üzerindedir. Tabandan itibaren yaklaşık 0.05h yüksekliğinde en büyük askı maddesi konsantrasyonu (c_a) bulunacağı kabul edilecektir.

Akarsudaki askı maddelerinin c konsantrasyonu tabandan olan uzaklıkla değişir. Tabana paralel olarak alınan bir birim alanda türbülans nedeniyle yukarıya

doğru taşınan katı madde miktarı $\left(\frac{d_c}{d_z}\right)$ ile orantılıdır. $E_s\left(\frac{d_c}{d_z}\right)$ değerinde E_s orantı

sayısı Denklem 3.6'da verilmiştir (Erkek ve Ağıroğlu, 1993).

$$c_w + E_s \left(\frac{d_c}{d_z} \right) = 0 \quad (3.6)$$

Askıdaki maddelerin büyüklükleri 2-3 mm' den 0.002 mm' ye kadar olan kolloid parçalar arasında değişir. Askı maddesi konsantrasyonu akarsuyun karakteristiklerine bağlıdır. Akarsulardaki bu katı maddeler su kuvvetleri tesislerinde ve su arıtma tesislerinde çeşitli zararlara sebep olur. Özellikle büyük düşüşlerde su içerisindeki askı maddesi daha da tehlikeli olur. 1000 m' lik düşüşlerde 0.1 mm 'den daha büyük tanelerin çökerek suda ayrılması gerekir. Burada askı maddesinin cinsinin bilinmesi alınacak önlemlerin çeşidinin tespiti açısından önem taşır.

Vahşi dere yatakları kaya ve taneli malzemeden oluşmaktadır. Belirli çaptaki bir taneyi sabit halden hareketli hale getirmek için gerekli kuvvet yuvarlanmaya başladıktan sonra taneyi harekette tutmak için gerekli kuvvetten çok büyüktür. Yuvarlanma esnasındaki sürtünmeler çok küçüktür. Su seviyesi zamanla alçaldığından iri taneler harekete devam edemez ve durunca çevresinde çevrintiler oluşur. İri taneler arasındaki küçük çaplı taneler devamlı yıkandığı için bir zaman sonra tane tabanı iri taşlarla kaplanır. Bunların altında kalan kumlar ve çakıllar sürüklenmeye karşı korunmuş olur. Bu gibi vahşi derelerde, büyük bir taşkınımın başlangıcında çeşitli yönlerdeki akımın etkisi ile belirli bir sürüklenme gerilmesinin üzerine ulaşıncaya, araya sıkışmış olan küçük taşlar yerinden fırlayarak ayrılırlar. Bunun sonucunda iri tanelere olan etki giderek artar. Bunların sürüklenmeye başlaması ile sürüntü madde miktarının bir darbe şeklinde birden çok büyük bir hacme ulaşır.

3.2.2.1. Tek bir tanenin dengesi

Kohezyonsuz bir malzeme ile kaplı çok geniş bir yataktaki, bir katı madde tanesi üzerine etkiyen kuvvetler bu tanenin su altındaki ağırlığı, kaldırma kuvveti ve sürüklenme (kayma) kuvvetidir. Kaldırma kuvvetini bağlayan parametreler ile sürtünme kuvvetini hesap etmek için kullanılanlar benzer olduğu için kaldırma

kuvveti hesaplarda açıkça görünmez. (Şekil 3.2) Laminer ve türbülanslı akım halinde tek bir taneye etkileyen F_1 kaldırma kuvveti, F_d sürüklenme kuvveti ve suya batmış tanenin F_g ağırlığı gösterilmiştir. Ayrıca katı maddenin (θ) şev açısı ve tabanın (ϕ) açısı da gösterilmiştir ve yine c ağırlık merkezi ve G dayanak noktası da belirtilmiştir (Şekil 3.3).

$$F_g = c_1(\gamma_s - \gamma)d_s^3 \quad (3.7)$$

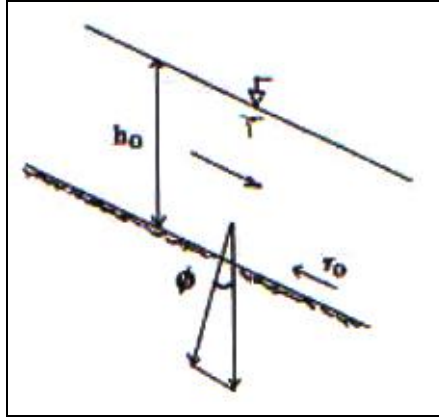
Burada;

c_1 = Şekil katsayısı

d_s = Tanenin karakteristik çapıdır.

Tanenin hacmi $c_1 d_s^3$ tür. Tane küresel ise $c_1 = \left(\frac{\pi}{6}\right)$ olur

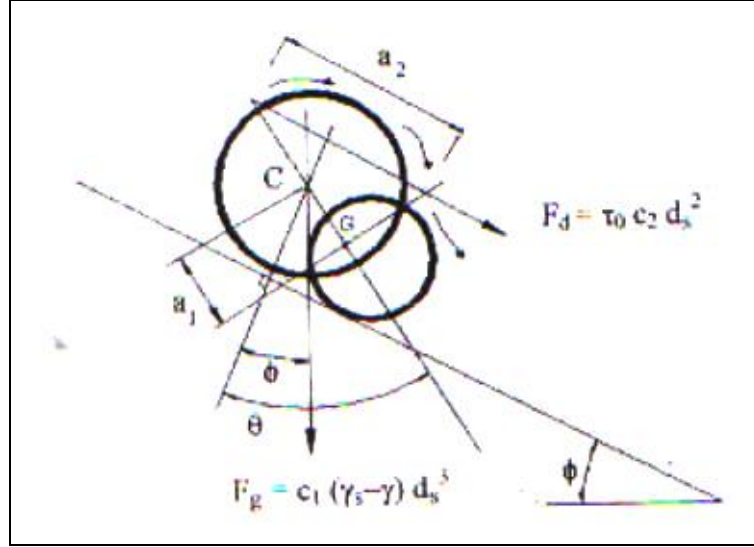
Sürüklenme kuvvetleri ise iki ayrı şekilde hesaplanabilir.



Şekil 3.2. Tanenin sürüklenme gerilmesi

3.2.2.1.1. Laminer akım hali

Bu halde viskoziteden oluşan kuvvetler ağır basacağından su ipcikleri taneyi sarar ve etrafından dolaşır. Bunların bileşkesi c ağırlık merkezinden geçer (Şekil 3.3).

Şekil 3.3. Laminer akım hali için F_d ve F_g kuvvetleri (Berkün. 2005)

3.2.2.1.2. Türbülanslı akım hali

Bu halde atalet en önemli etken olduğundan bileşke c' den geçer. Laminer akım halinde bir tek tanenin dengesi incelenerek kritik kayma gerilmesi için bulunan formül;

$$\tau_{kr} = 0.18 \gamma_s - \gamma d_s \tan \theta \quad (3.8)$$

Şeklindedir (White. 1940).

İnşaat mühendisliği alanına giren hemen hemen bütün problemlerde akım türbülanslıdır. Bu takdirde sürüklenme kuvveti Denklem 3.9'da ki gibi yazılabilir.

$$F_d = \tau_0 c_2 d_s^3 \quad (3.9)$$

Burada;

τ_0 = Tabandaki kayma gerilmesi

d_s = Tanenin kayma gerilmesinin etkidiği efektif alan

c_2 = Efektif alanı tarif eden katsayı

Şekil 3.3'de Laminer akım halinde taneye etkiyen kuvvetlerin G dayanma noktasına göre momenti;

$$c_1 \gamma_s - \gamma d_s^3 a_1 \sin \vartheta - \theta = c_2 \tau_o d_s^2 a_1 \cos \theta \quad (3.10)$$

şeklinde yazılabilir.

$$\tau_o = \tau_k \quad \text{için bağıntı}$$

$$c_1 \gamma_s - \gamma d_s^3 a_1 \sin \theta - \vartheta = c_2 \tau_{kr} d_s^2 a_2 \cos \theta \quad (3.11)$$

olur. τ_{kr} kesme gerilmesidir. Buradan kritik kayma gerilmesi;

$$\tau_{kr} = \left(\frac{c_1 a_1}{c_2 a_2} \right) \gamma_s - \gamma d_s \cos \vartheta \tan \theta - \tan \vartheta \quad (3.12)$$

olur. Tabanda eğimin 0 olması halinde bu denklem;

$$\tau_{kr} = \left(\frac{c_1 a_1}{c_2 a_2} \right) \gamma_s - \gamma d_s \tan \theta \quad (3.13)$$

haline gelir. (θ ' nin değeri $\cos \theta = 1$ etkilediğini sağlayacak değerdedir.) Bu durumda;

$$\left(\frac{c_1 a_1}{c_2 a_2} \right) = 0.18 \quad (3.14)$$

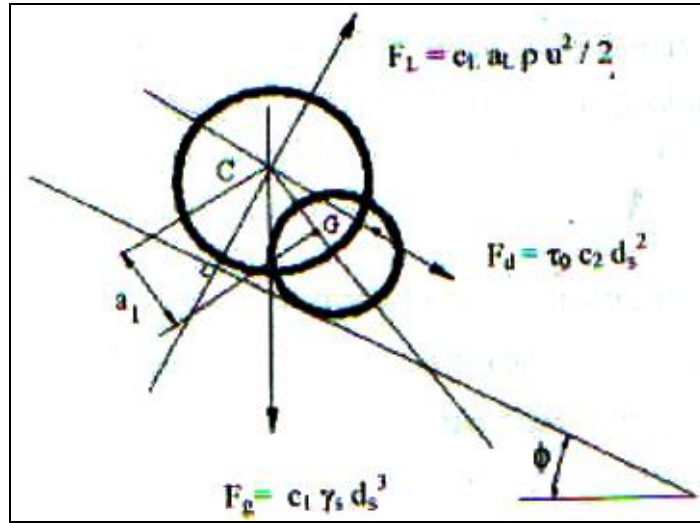
olmaktadır. Bu değer, Laminer akım için deneysel çalışmalar ile bulunmuştur. Tam oluşmuş türbülanslı bir akımla $a_1 = a_2$ ' dir. Buna göre;

$$\tau_{kr} = k \gamma_s - \gamma d_s \tan \theta \quad (3.15)$$

$$k = \left(\frac{c_1}{c_2} \right) \text{ çıkar. Buradan;}$$

$$\frac{\tau_{kr}}{\gamma_s - \gamma} d_s = k \tan \theta \quad (3.16)$$

bulunur. $\frac{\tau_{kr}}{\gamma_s - \gamma} d_s$ Parametresi yer çekimi kuvvetinin sürüklenme kuvvetine oranıdır ve bu ifade bir çeşit Froude sayısının gösterir. Bu Froude sayısına, tane çapı ile ilgili olması dolayısıyla dolayısıyla tane Froude sayısı ismi verilir.



Şekil 3.4. Türbülanslı akım hali için F_L , F_d ve F_g kuvvetleri (Berkün. 2005)

3.2.2.1.3. Kaldırma kuvvetinin göz önüne alınması halinde tek bir katı madde tanesinin dengesinin incelenmesi

Katı madde hareketinin başlaması ile ilgili kayma gerilmesi dikkate alınmış olup, mevcut olduğu halde katı madde üzerindeki kaldırma kuvvetinin etkisi dikkate alınmamıştır. Üzerinde bir sıvı hareketinin yer aldığı bir yüzey üzerinde bir tek katı taneye etkiyen kaldırma kuvveti şiddetini şunlar belirler;

1. Türbülanslı akımın hızı ve hız salınımları
2. Tanenin yüzeyi boyunca şiddeti değişen ve türbülans dolayısıyla salınımlar yapan hidrostatik basınç.

Genel olarak kaldırma kuvveti Denklem 3.17'deki gibi ifade edilir.

$$F_l = c_l A_l \rho \left(\frac{v^2}{2} \right) \quad (3.17)$$

Burada;

c_l = Kaldırma katsayısı,

A_l = Tanenin sıvı hareketi doğrultusuna dik bir yüzey üzerindeki iz düşüm alanı

U = Ortalama hızdır.

c_l katsayısı deneysel çalışmalar sonucunda bulunur. Örneğin özel koşullar altında yapılan deneysel 0.178 olarak verilmiştir. Yapılan deneylerde $2700 < uR/V < 6600$ için $F_l = F_d/6$ olacağı gösterilmiştir (Berkün. 2005).

Aşağıdaki işlemler yapılarak kaldırma kuvveti denge denklemi içine sokularak Denklem 3.18'deki gibi yazılır.

$$c_l \gamma_s - \gamma d_s^3 a_1 \sin \theta - \rho - a_l c_l \rho \left(\frac{v^2}{2} \right) = c_2 \tau_0 d_s^2 a_2 \cos \theta \quad (3.18)$$

Bu esaslardan hareketle kritik kayma gerilmesinin bulunması için mühendislik uygulamalarında kaldırma kuvveti ihmal edilerek akışın hidrolik özelliklerinin kullanıldığı aşağıdaki yöntem tercih edilmektedir.

Su derinliği h_0 taban su yüzeyi enerji hattı düşük eğim değerleri için $J = \tan \theta \cong \sin \theta$ kabul edilerek ıslak çevredeki kayma gerilmesi τ_0 ve (b. L)yüzey alanı için $\tau_0 b l = \gamma B h_{0d} \sin \theta$ ifadesinden, birim yüzey alanı için

$$\tau_0 = h_0 j \quad (3.19)$$

Denklem 3.19'da verilmiştir. h su derinliğini göstermek üzere geniş yataklarda yukarıdaki eşitlik kullanılabilir.(genişliği derinliğinin minimum 30 katı olan kesitlerde) Diğer yataklarda $\tau_0 = \gamma R J$ eşitliği geçerli olup R hidrolik yarıçaptır.

Kesitte su derinliği belirli bir h_0 değerini geçtiği zaman yatakta sürüklenme hareketi başlar ve oluşan gerilmeye sınır sürüklenme gerilmesi denir h_0 derinliğine sınır derinlik denir.

Sınır sürüklenme gerilmesinin alt değerine inildiği zaman maddelerin hareketi çok yavaşlar veya tamamen durur. Üstüne çıkıldığı zaman ise hareketsiz maddeler harekete geçer.

Çizelge 3.3. Çeşitli maddeler için sınır sürüklenme gerilmesi aşağıdaki tabloda verilmiştir

Taban Cinsi	$\tau(N/m^2)$
Normal Kuvars Kum (0.20-0.40 mm)	1.8-2.0
Normal Kuvars Kum (0.40-1.00 mm)	2.5-3.0
Normal Kuvars Kum (2.0 mm kadar)	4.0
Kumlu Killi Zemin	10.00-12.00
Yuvarlak Kuvars Çakıllı (5-15 mm)	12.5
İri Kuvars Çakıllı (40-50 mm)	48.0

3.3. Katı Madde Miktarının Bulunmasında Kullanılan Bağlılar

Katı madde taşınım fonksiyonlarının çoğu kararlı hidrolik ve yatak materyali koşulları altında madde taşınım miktarının tahminini sağlar. Bazı taşınım denklemleri sadece yatak yükünün veya askı madde yükünün bulunması için geliştirilmiştir. Bazıları ise, toplam madde yükünün hesaplanmasını sağlar. Bu ayırım özellikle kum yataklı akarsularda önemlidir. Bu çeşit akarsularda askıdaki madde miktarı yatak maddeleri yükünden defalarca fazla olabilir. Katı madde taşınım fonksiyonlarının diğer önemli farklılığı madde boyutu ile ilgilidir. Katı madde taşınım fonksiyonlarının çoğu tek bir madde boyutu için geliştirilmiştir. Bunlar dengeli bir taşınım olayının kabulü durumunda uygundur. Taşkın olaylar vb. değişkenler hidrolik ve madde koşullarında taşınım olaylarının incelenmesi, farklı malzeme boyutları için geliştirilmiş eşitliklerin kullanılması gerekir. Akarsuların taşıdıkları maddelerin miktarının bulunması için literatürlerde çeşitli formüller verilmiştir. Bu literatür çalışmalarında bazıları; Du Boys (1879), Meyer-Peter Müller (1948), Schocklitsch (1935), Shields (1936), Einstein-Brown (1950), Einstein bed

load function (1950), Laursen (1958), Blench (1966), Colby (1964), Engelund-Hansen (1966), Inglis (1968), Toffeleti (1969) olarak sıralanabilir. Bu çalışmamızda Du Boys, Meyer-Peter Müler, Schocklitsch, Shields, Garde Albertson formüllerini kullanılmıştır.

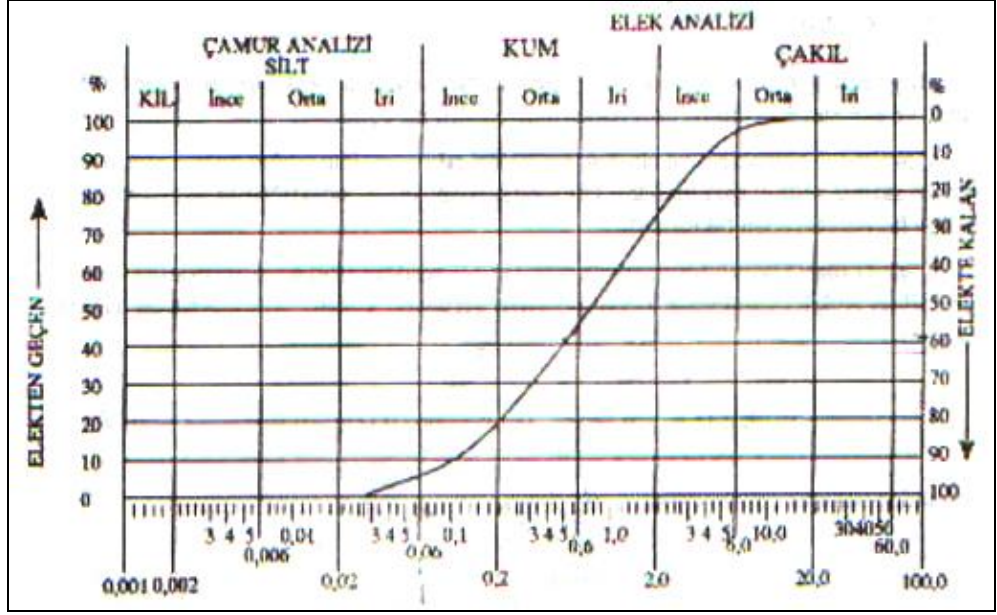
3.3.1. Du Boys bağıntısı

Bu formül, yatak kesme gerilmesinin mevcut olduğunu ve sürüntü maddelerin tabalar halinde hareket ettiğini ileri sürmüştür. Du Boys' un en önemli yaklaşımı, katı madde taşınımının hidrolik kesme kuvveti ile yatak malzemesinin kritik kesme kuvveti farkı sonucu olduğunu ve ortalama kesitin hidrolik parametreler kullanılarak hesaplanabileceğini göstermiştir. Kayma gerilmesinin hareket eden tabaka kalınlığına aşağı doğru doğrusal olarak azaldığını kabul eder (Denklem 3.20).

$$g_s = \psi_d \tau_0 \left(1 - \frac{\tau_{kr}}{\tau_0} \right) \quad (3.20)$$

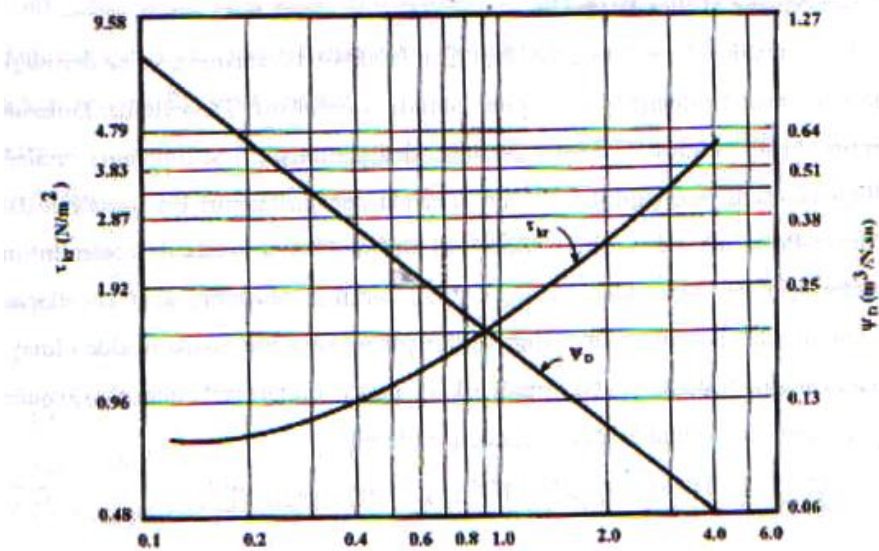
Denklem 3.20'de bulunan g_s , birim genişlikten geçen sürüntü maddesi ağırlığı, τ_0 : akarsu yatağındaki sürüklenme gerilmesi, τ_{kr} : kritik sürüklenme gerilmesi ve ψ_d : sürüntü maddesi dane çapına bağlı faktörleri belirtmektedir (Berkün. 2005).

τ_{kr} hesaplanırken d çapının belirlenmesi için şekil 3.4'deki granulomeri eğrisinden faydalanılmıştır.



Şekil 3.5. Dane çapı D mm (Gronometri eğrisi) (Erkek ve Ağiroğlu, 1993)

Du Boys bağıntısı yatak yükü tipinde olup, normalde askıda madde taşıyan kum yataklı akarsularda kullanımının uygun olmadığı düşünülebilir. Ancak bu formüldeki ψ_d ve τ_{kr} değerlerinin taşınım deneylerinde askıda madde ve sürüntü maddeleriyle birlikte kullanılması, bu formülden askıda madde içeren akarsularda iyi sonuç verilmesine sebep olmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.6. Du Boys denklemindeki τ_{kr} ile ψ_D arasındaki bağıntı (Özbek ve Özcan, 2001)

3.3.2. Schocklitsch bağıntısı

Schocklitsch tarafından katı maddelerin homojen çaplı tanelerden oluştuğu varsayılarak, (3.21) eşitliği aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$g_s = 7000 * d^{1/2} * j^{1/2} * \left(\frac{q}{q_0} \right)^{1/2} \quad (3.21)$$

3.21 eşitliğinde; g_s :birim genişlikten geçen sürüntü maddesi ağırlığı, d :tane çapı, q :yatağın birim genişliğinden geçen debi ve q_0 :yatağın birim genişliğinden geçen kritik debi miktarlarını belirtmektedir.

3.21 eşitliğinin farklı tane çaplarından oluşan sürüntü maddesine uygulanması durumunda, her grup için sürüntü maddesi miktarı bulunarak, yüzde miktarına göre ağırlıklı olarak hesaplanması gerekir. Q değerinin hesabı için 3.22 eşitliğindeki Manning bağıntısı kullanılabilir.

$$V = k * R^{2/3} * j^{1/2} \quad (3.22)$$

Geniş akarsularda $h = R$ alınabileceği kabulü ile 3.22 eşitliği yeniden düzenlenince 3.23 eşitliği elde edilir;

$$q_0 = V * h = k * R^{5/3} * j^{1/2} \quad (3.23)$$

3.23 eşitliği, $k = \frac{19}{\left(\frac{d_{40}}{40} \right)^6}$ kabulü yapılarak yeniden düzenlenince 3.24 eşitliği elde edilir;

$$q_0 = \left[\frac{19}{\left(\frac{d_{40}}{40} \right)^6} \right] * R^{5/3} * j^{1/2} \quad (3.24)$$

3.24 eşitliğinde d_{40} :etkili tane çapını belirtmektedir (Berkün. 2005).

3.3.3. Shields bağıntısı

Shields formülü, 40 – 80 cm genişliğinde akış koşulları altında ve özgül kütleleri 1.06 – 4.2 arasında değişen beş katı madde kullanılarak yapılmıştır. En hafif katı madde kehribar partikülü olup, medyan boyutu 1.56 mm' dir. Diğer katı maddelerin medyan boyutları 1.7 – 2.5 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney esnasında buruşukluklar olmuştur. Ancak bunların hiçbiri dik ve yüksek şekilli olmamıştır. Deneyde kullanılan katı madde malzemesi iri ve kesme gerilmeleri düşük olduğu için, katı madde hareketi sürüntü madde yükü şeklinde olmuştur. Bunlar ışığında oluşturulan Shields formülü;

$$g_s = \frac{10 * q * j * \tau_0 - \tau_{kr}}{\left[\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right]^2} d_{50} \quad (3.25)$$

şeklindedir. 3.25 eşitliğinde g_s :birim genişlikten gelen sürüntü maddesi ağırlığı, q :birim genişlikten geçen su debisi, τ_0 :sürüklenme gerilmesi, τ_{kr} : d_{50} katı madde büyüklüğü için kritik sürüklenme gerilmesi değeri, j :akış eğimi, γ_s :sürüntü maddesi özgül ağırlığı, γ :suyun özgül ağırlığı, d_{50} :katı madde medyan büyüklüğü ve d_{si} :elekten geçen kısmın ortalama çapını belirtmektedir. Peter – Meyer ve Müler tarafından verilmiş olan eski formül ise;

$$g_s^{2/3} = 250 * q^{2/3} * j - 42.5 * d_s \quad (3.26)$$

şeklindedir. 3.26 eşitliğinde; q :birim genişliğinden geçen su debisi, d_{50} :yatağın medyan katı madde çapını belirtmektedir.

Bu formüllerdeki sabitler iyi ayrılmış ve medyan çapları $3.1 \approx 28.6$ mm arasında değişen nehir katı maddelerinden elde edilen değerlere uydurulan eşitliklerden elde edilmiştir. Bu formül sadece akışa karşı yatak formasyonunun

direncinin toplam dirence oranla az olduğu için nispeten kaba taneli yataklar için kullanılır. (Erkek ve Ağırlioğlu, 1993)

3.3.4. Meyer-Peter Müller bağıntısı

Deneyler genişliği 15 cm – 2 m arasında, eğimi 0.0004 – 0.02 arasında ve su derinliği 1 cm – 120 cm arasında değişen koşullar altında yapılmıştır. Deneylerde kullanılan katı maddenin özgül kütlesi 1.25 – 4 arasında değiştirilmiştir. Katı maddelerin ortalama büyüklüğü ve etkili dene çapı 0.4 – 30 mm arasındadır. Bu formülün daha önce Meyer_Peter adı ile verilmiş olan eski formülden avantajı derecelendirilmiş katı maddeler için ve tepecekler ve diğer yatak formları oluşturan akış koşullarında kullanılabilmesidir. Formülün dayandığı veriler çok az veya hiç askıda madde olmayan durumlara karşılık düştüğü için (1.8) eşitliğinde verilen bu formül askıda madde miktarı fazla olan akış koşulları için uygun değildir.

$$q_s = \left(\frac{k_s}{k_r} \right)^{3/2} * \gamma * R^{2/3} * j = \left[0.047 \gamma_s - \gamma d_m \right] + \left\{ 0.25 \left(\frac{\gamma}{9} \right)^{1/3} \left[\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s} \right] * g_s^{2/3} \right\} \quad (3.27)$$

3.27 eşitliğinde; g_s : birim genişlikten geçen sürüntü madde ağırlığı, j : sürtünme eğimi, k_s : Stricler pürüzlülük katsayısı, $k_r = \frac{26}{\left(\frac{d_{90}}{100} \right)^6}$: tane pürüzlülük katsayısı, R : hidrolik yarıçapı, d_m : efektif tane çapı: $\sum P_i * d_{si}$, P_i : elekten geçen % miktarını belirtmektedir (Özbek ve Özcan, 2001).

3.3.5. Garde Albertson bağıntısı

Garde Albertson tarafından geliştirilen formül aşağıdaki gibidir;

$$q_t = 16 \tau_*^4 \gamma_s u_* d \quad (3.28)$$

şeklinde olup τ_* ile u_* ilişkisi aşağıdaki gibi verilmiştir (Özbek ve Özcan, 2001).

$$\tau_* = \frac{\tau_0}{\rho_s - \gamma_f} d \quad (3.29)$$

$$\tau_0 = \gamma^* R^* j \quad (3.30)$$

$$u_* = \sqrt{gjh} \quad (3.31)$$

3.4. Gözlem Değerlendirmede İzlenen Yol

Bu çalışmada, çalışma bölgesini kapsayan istasyonlara ait veriler dikkate alınmıştır. Daha sonra da bir önceki bölümde anlatılan bağıntılar kullanılarak katı madde miktarları ayrı ayrı günlük olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar Excel tabanında oluşturulan bir programla grafiklere dökülmüştür. Bu grafikler yardımıyla bağıntı sonuçlarıyla EİEİ'nin gözlem sonuçları arasındaki ilişki göz önüne alınmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde toplam olarak 9075 adet veri girişi ve sonucu elde edilmiştir. Bu veriler ve sonuçları, boyut büyüklüğünden dolayı tezde açık olarak verilmemiştir. Ancak bu sonuçların grafiksel olarak gösterimle yetinilmiştir.

Hesaplama yapılırken; her istasyon için elde edilen katı madde miktarları alınmış bunlara ait gözlenmiş anahtar eğrisi 1. adım kabul edilmiştir. Ardından seçilmiş olan 5 adet bağıntı (Schocklits, Shields, Du Boys, Garde Albertson, Meyer-Peter-Müller) 2. adım olarak kabul edilmiştir. Daha sonra 1. ve 2. adım değerleri tablo ve grafik (gözlem ve hesaplama elde edilen değerlerin logaritmaları alınmıştır) olarak karşılaştırılmalı değerlendirilmiş ve bunlar arasında korelasyon değerleri en yüksek olanlar ve yakınsak grafik özelliği gösterenler listelenmiştir. Böylelikle Fırat havzası için geçerli en uygun bağıntı belirlenmeye çalışılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

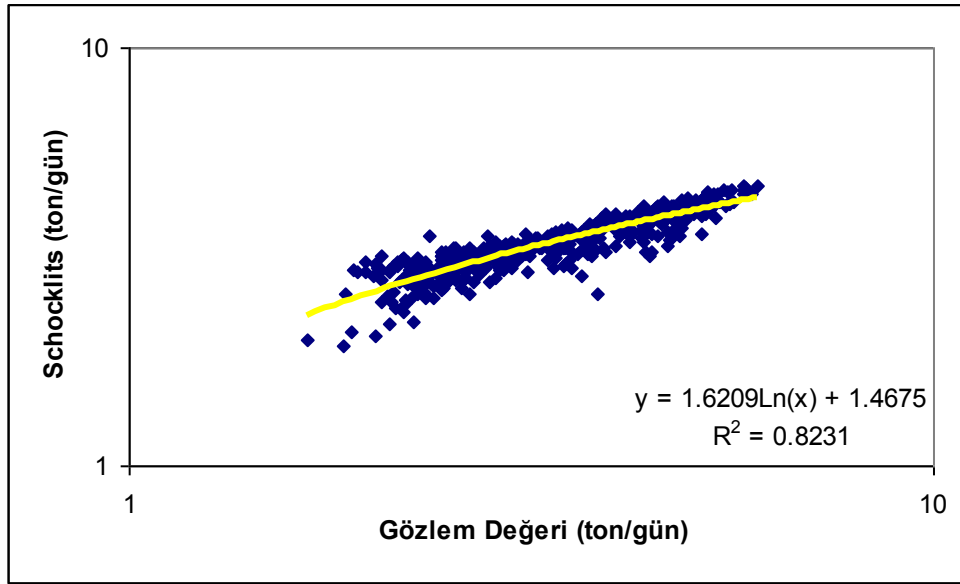
Bu tez kapsamında yapılan çalışmada Fırat nehri üzerindeki 5 istasyon seçilmiştir. Bu istasyonlar; 2102'nolu Murat Nehri Palu, 2115'nolu Göksu Malpınar, 2119 nolu Fırat Nehri Kemahboğazı, 2133'nolu Munzur Suyu Melekbahçe ve 2145'nolu Tohma Suyu Hisarcık istasyonlarıdır. Daha sonra seçilen bu istasyonlar için literatürde katı madde miktarının hesabı için verilen Schocklits, Shields, Du Boys, Garde Albertson ve Meyer Peter Müller bağıntıları kullanılarak, seçilen istasyonlar için katı madde miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için Excel programında her bağıntı için program yapılarak elde edilmiş bulunan sonuçların da ayrıca grafikleri çıkarılmıştır.

4.1. 2102 nolu İstasyon İçin Elde Edilen Sonuçlar

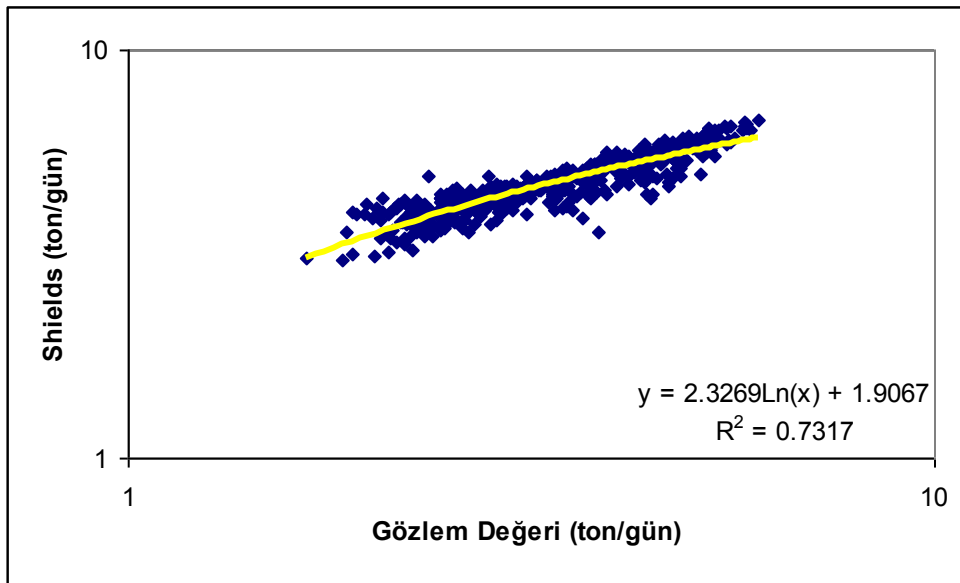
2102 nolu istasyonda elde edilen ve EİEİ tarafından ölçümü yapılan akım değerleri kullanılarak, yöntemde verilen 5 formülle katı madde miktarları hesaplanmış, ardından bu değerlerin gözlenmiş (gerçek) katı madde miktarı anahtar eğrisi ile korelasyonları gözlenmiş ve çizelge 4.1'de verilmiştir. Ayrıca test sonuçlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 4.1. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri

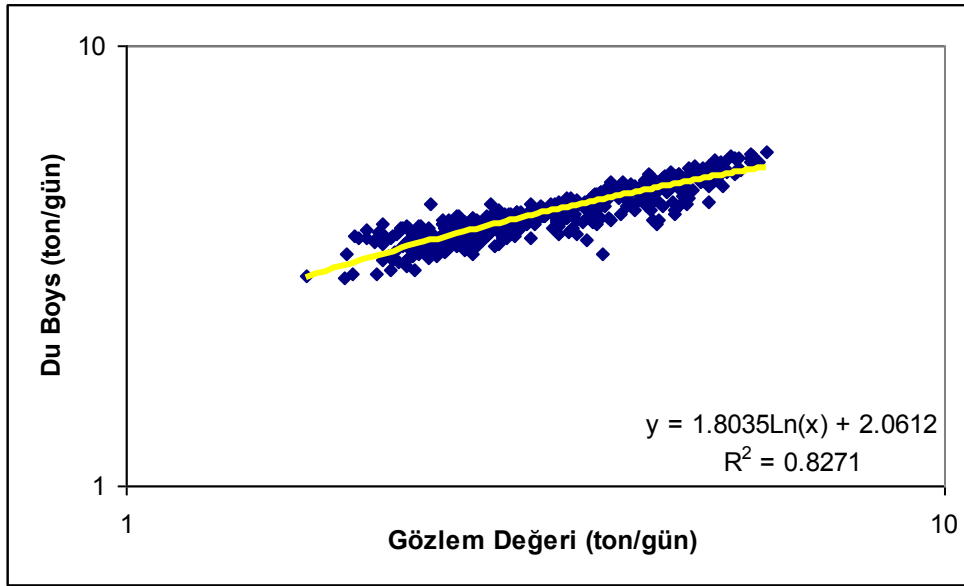
Bağıntılar	Korelasyonlar
Schocklits Bağıntısı	0.9072
Shields Bağıntısı	0.8553
Du Boys Bağıntısı	0.9094
Garde Albertson Bağıntısı	0.9090
Meyer-Peter- Müller Bağıntısı	0.9096



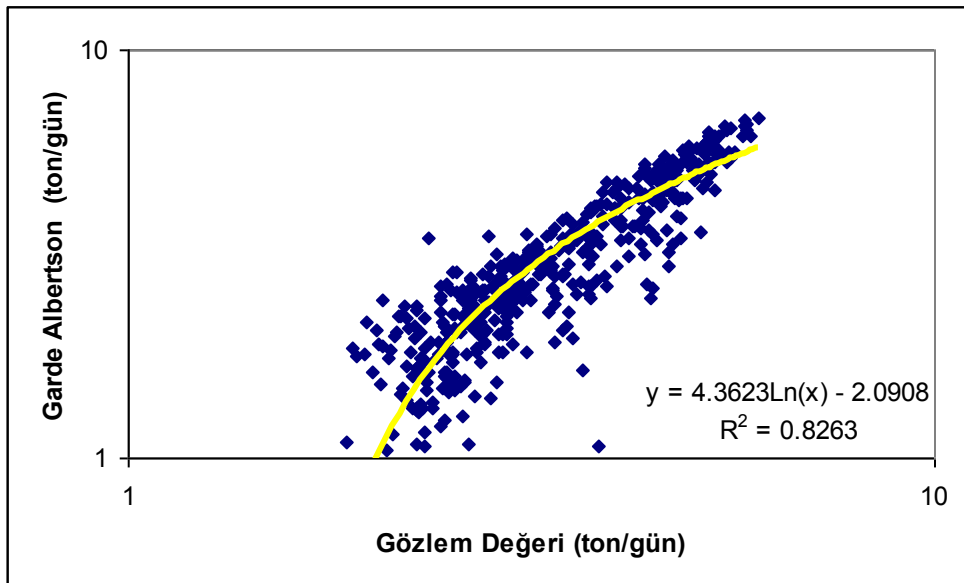
Şekil 4.1. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği



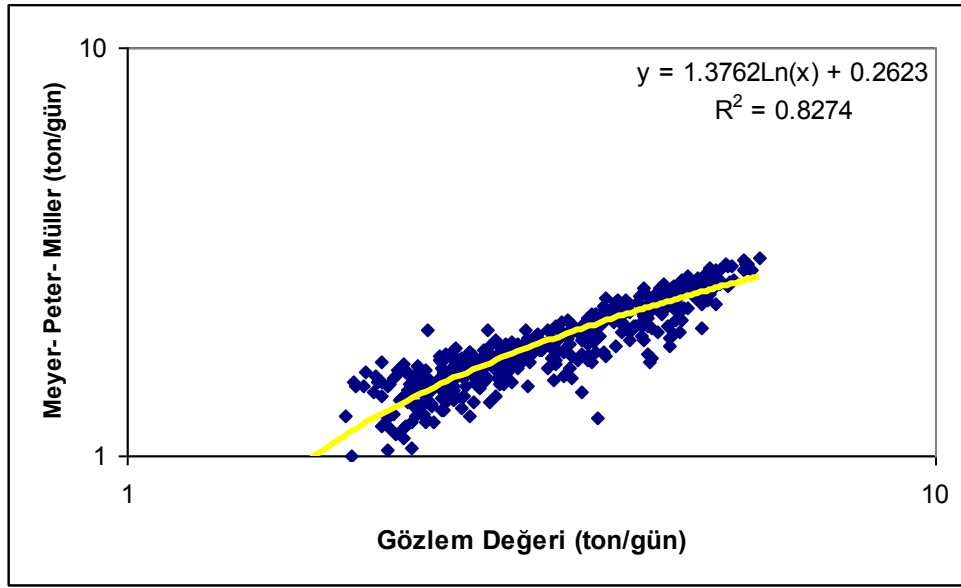
Şekil 4.2. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.3. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.4. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.5. 2102 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği

Elde edilen verilerden hareketle yukarıda hazırlanmış grafikler logaritmik olarak çizilmiştir. Bu sonuçlar EİEİ'nin gözlem sonuçları ile korelasyon katsayıları hesaplanmış ve böylelikle aralarında nasıl bir ilişki olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

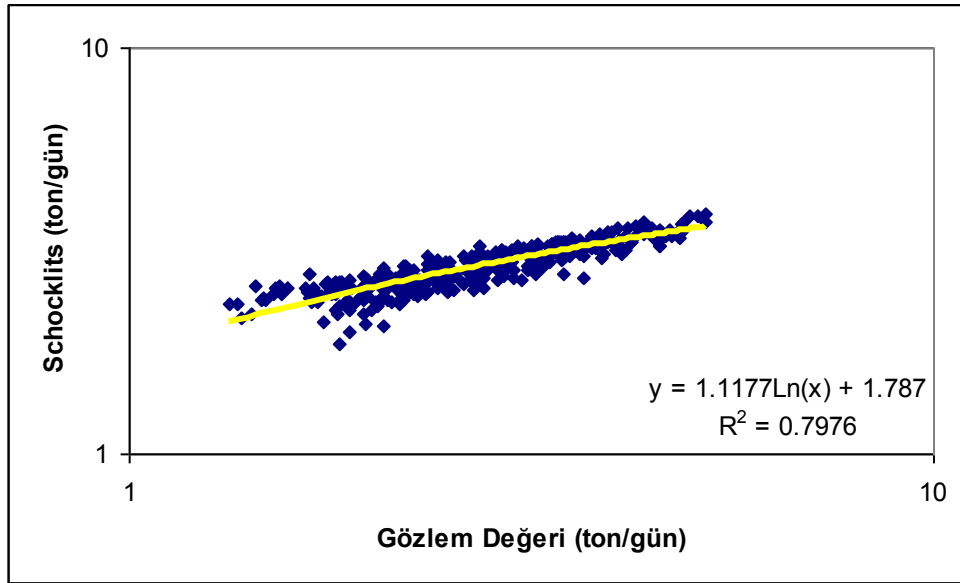
Bu bulgular incelendiğinde 2102 nolu istasyon verileri açısından, katı madde verimini en iyi değerlendirme kabiliyetine sahip eşitlik olarak Meyer-Peter-Müller bağıntısı belirlenmiştir.

4.2. 2115 nolu İstasyon İçin Elde Edilen Sonuçlar

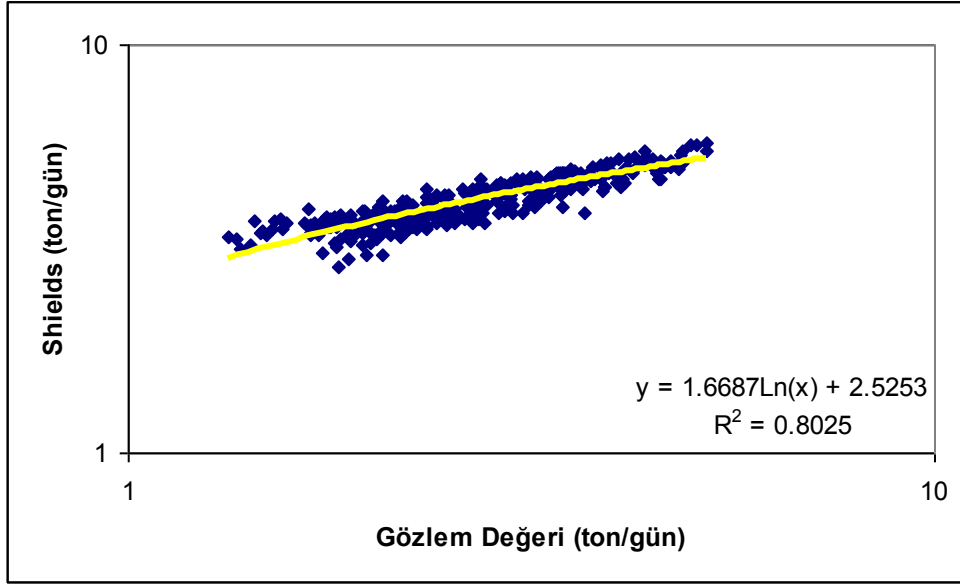
2115 nolu istasyonda elde edilen ve EİEİ tarafından ölçümü yapılan akım değerleri kullanılarak, yöntemde verilen 5 bağıntıyla katı madde miktarları hesaplanmış, ardından bu değerlerin gözlenmiş (gerçek) katı madde miktarı anahtar eğrisi ile korelasyonları gözlenmiş ve çizelge 4.2'de verilmiştir. Ayrıca test sonuçlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 4.2. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri

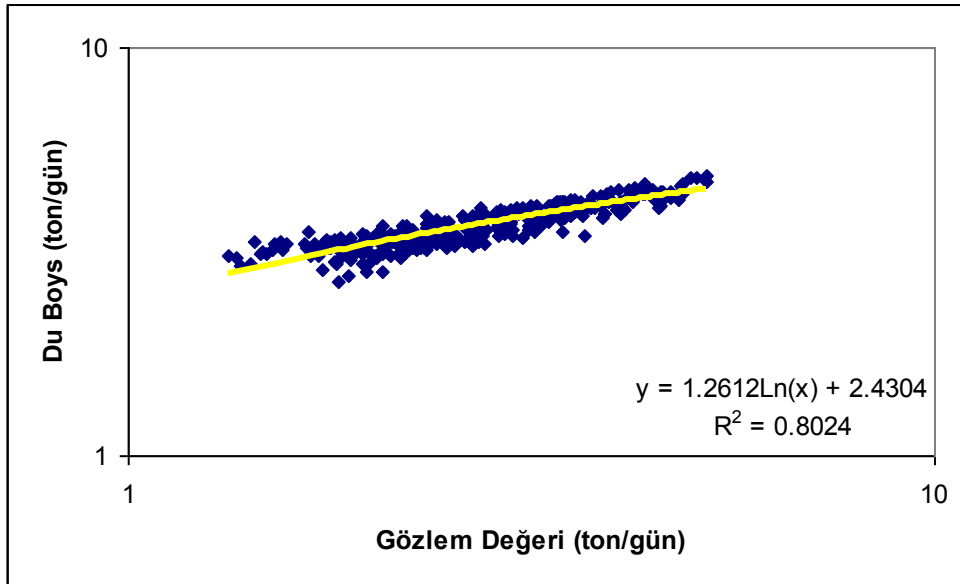
Bağıntılar	Korelasyonlar
Schocklits Bağıntısı	0.8930
Shields Bağıntısı	0.8958
Du Boys Bağıntısı	0.8957
Gadre Albertson Bağıntısı	0.8959
Meyer-Peter- Müller Bağıntısı	0.8956



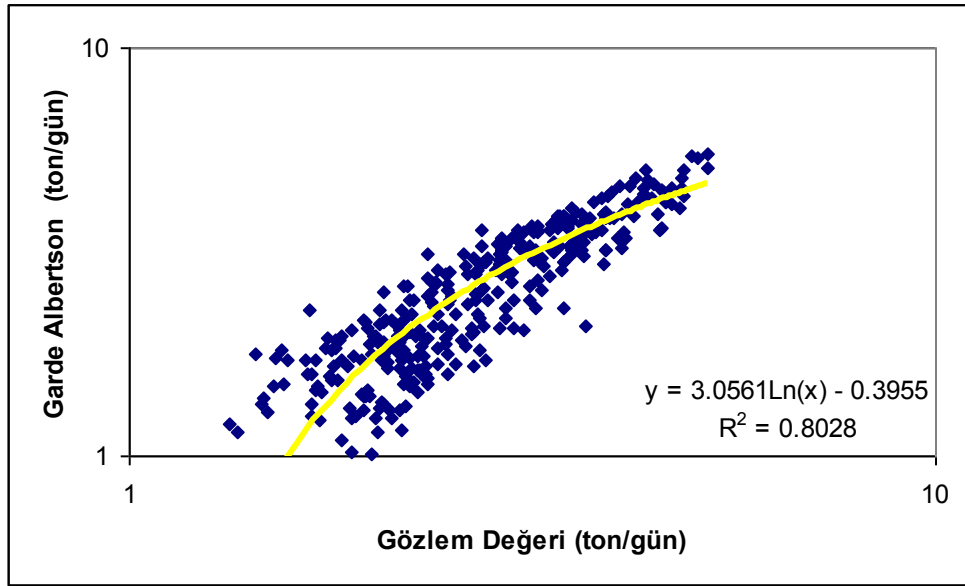
Şekil 4.6. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği



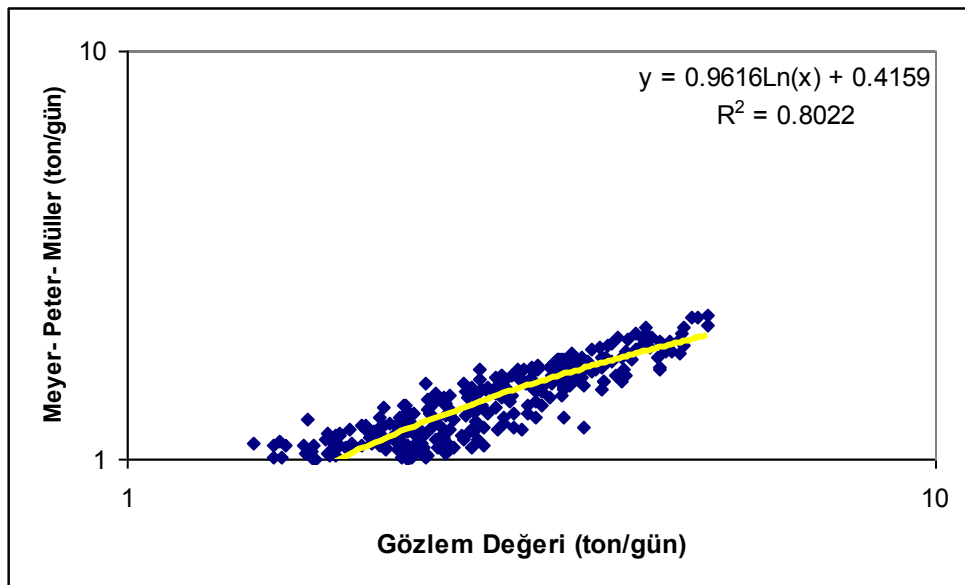
Şekil 4.7. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.8. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.9. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.10. 2115 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği

Elde edilen verilerden hareketle yukarıda hazırlanmış grafikler logaritmik olarak çizilmiştir. Bu sonuçlar EİEİ'nin gözlem sonuçları ile korelasyon katsayıları hesaplanmış ve böylelikle aralarında nasıl bir ilişki olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

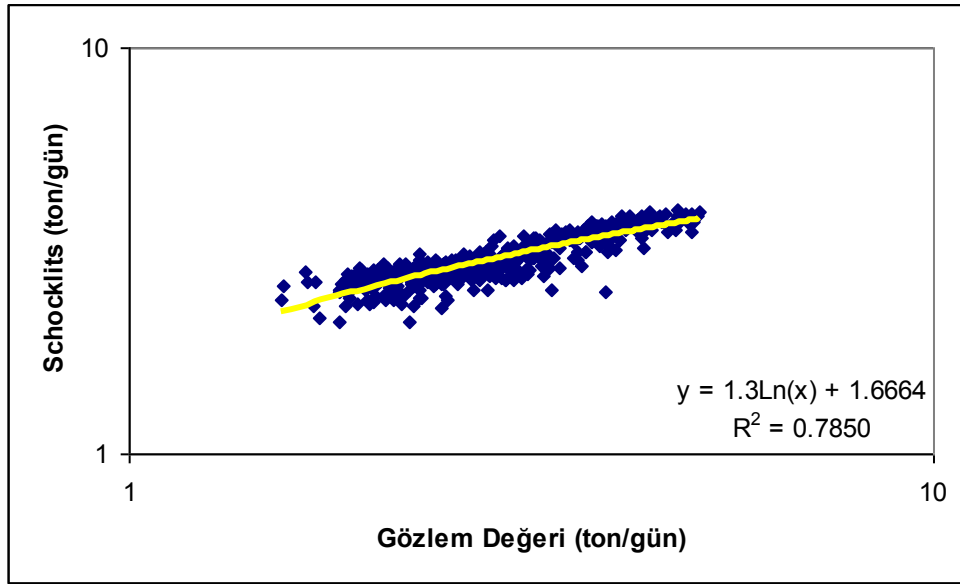
Bu bulgular incelendiğinde 2115 nolu istasyon verileri açısından, katı madde verimini en iyi değerlendirme kabiliyetine sahip eşitlik olarak Garde Albertson bağıntısı belirlenmiştir.

4.3. 2119 nolu İstasyon İçin Elde Edilen Sonuçlar

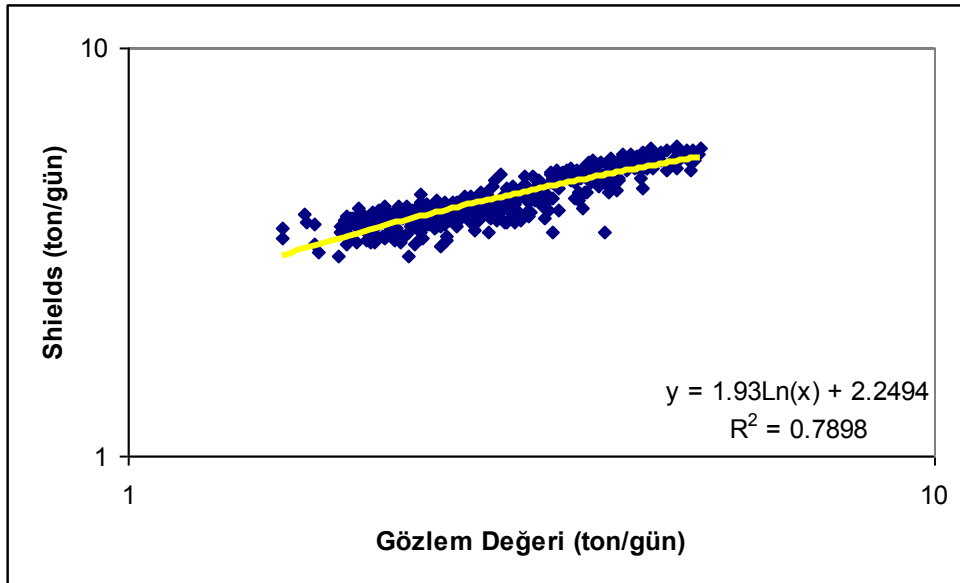
2119 nolu istasyonda elde edilen ve EİEİ tarafından ölçümü yapılan akım değerleri kullanılarak, yöntemde verilen 5 bağıntıyla katı madde miktarları hesaplanmış, ardından bu değerlerin gözlenmiş (gerçek) katı madde miktarı anahtar eğrisi ile korelasyonları gözlenmiş ve çizelge 4.3'de verilmiştir. Ayrıca test sonuçlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 4.3. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri

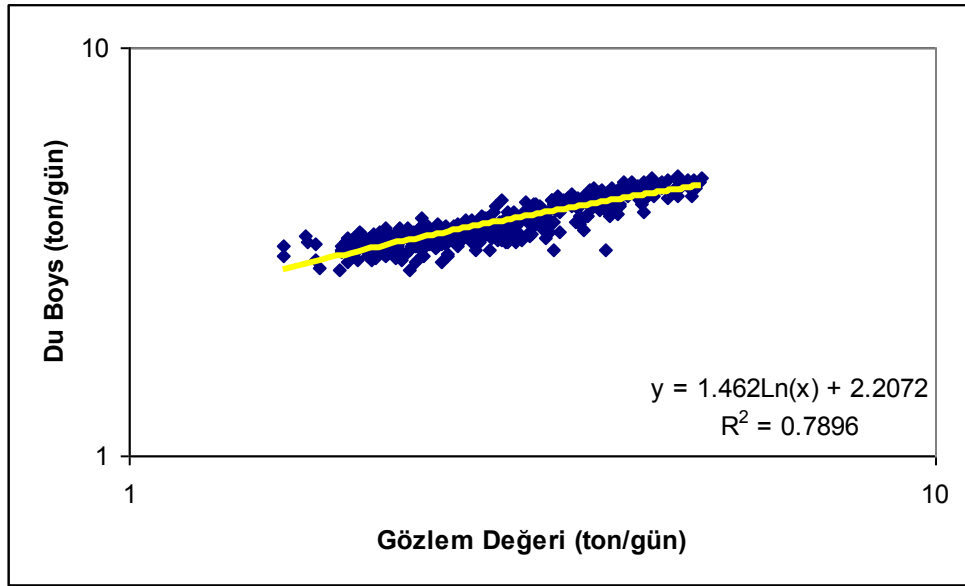
Bağıntılar	Korelasyonlar
Schocklits Bağıntısı	0.8860
Shields Bağıntısı	0.8887
Du Boys Bağıntısı	0.8885
Gadre Albertson Bağıntısı	0.8888
Meyer-Peter- Müller Bağıntısı	0.8884



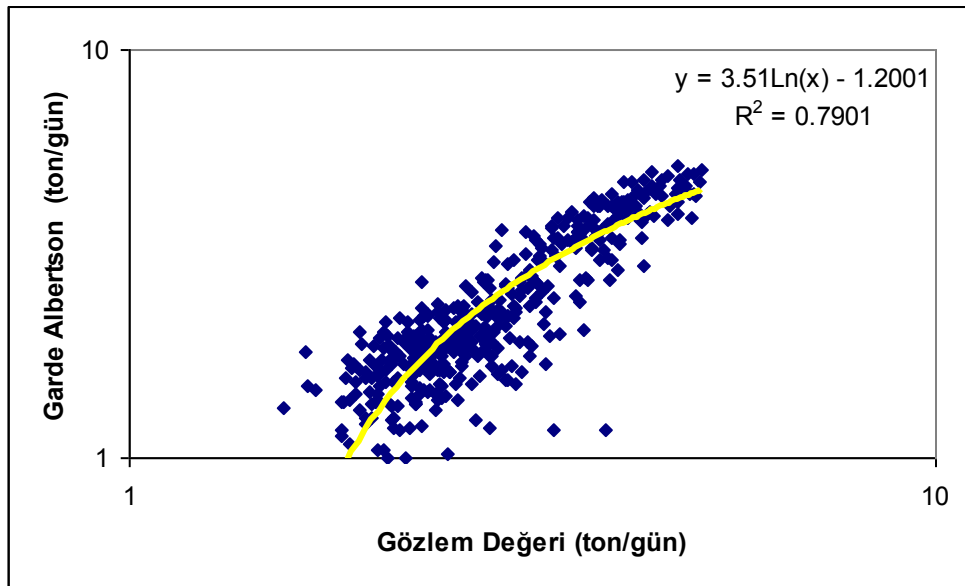
Şekil 4.11 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği



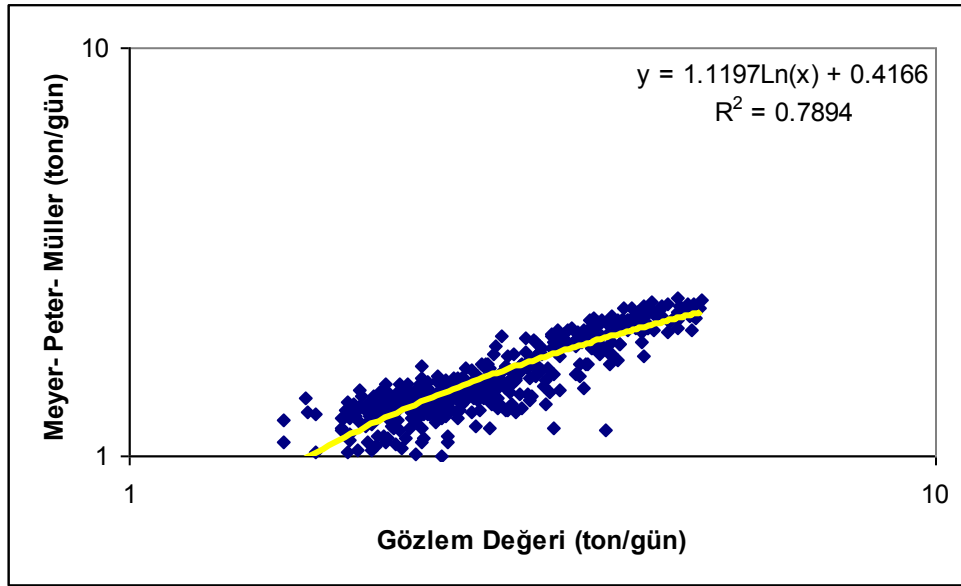
Şekil 4.12. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.13. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.14. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.15. 2119 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter_Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği

Elde edilen verilerden hareketle yukarıda hazırlanmış grafikler logaritmik olarak çizilmiştir. Bu sonuçlar EİEİ'nin gözlem sonuçları ile korelasyon katsayıları hesaplanmış ve böylelikle aralarında nasıl bir ilişki olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

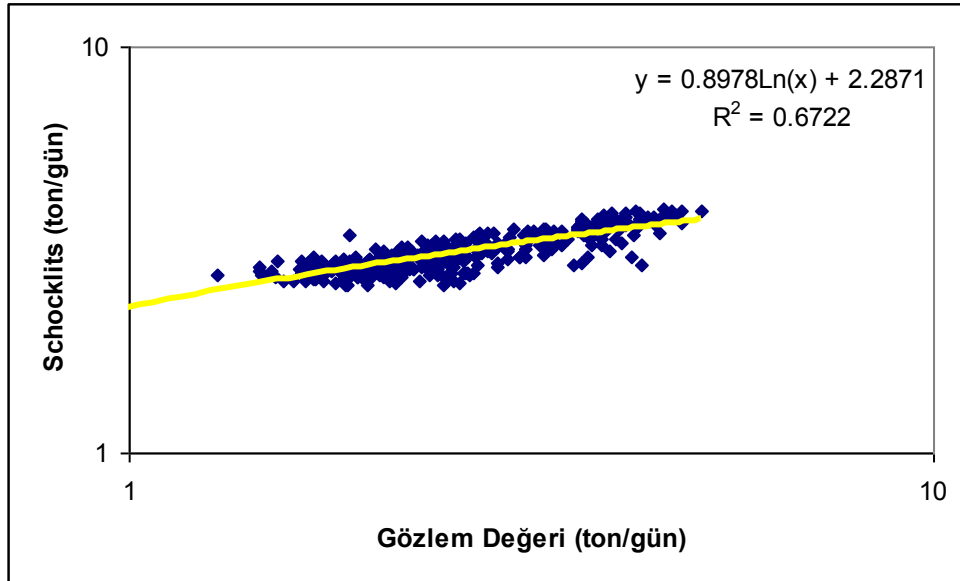
Bu bulgular incelendiğinde 2119 nolu istasyon verileri açısından, katı madde verimini en iyi değerlendirme kabiliyetine sahip eşitlik olarak Garde Albertson bağıntısı belirlenmiştir.

4.4. 2133 nolu İstasyon İçin Elde Edilen Sonuçlar

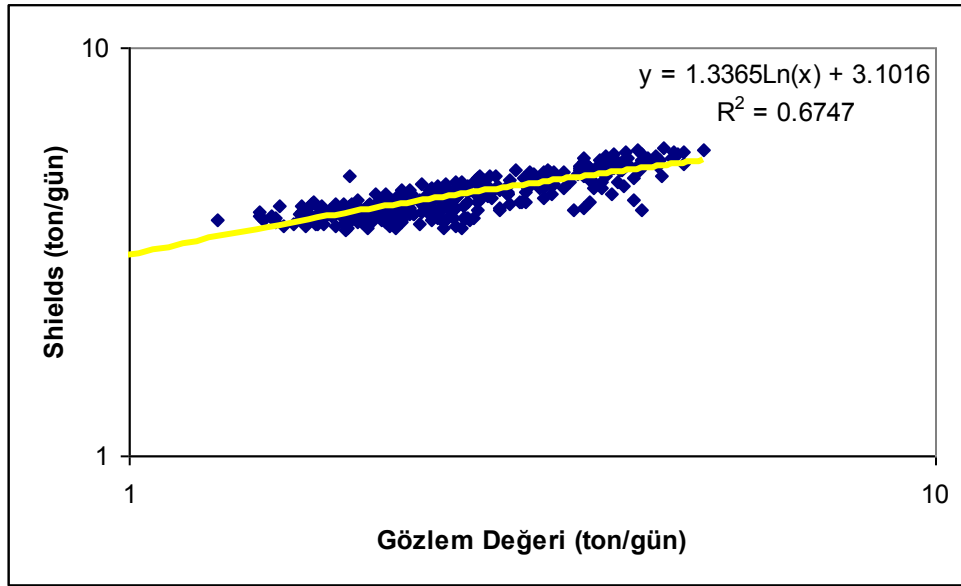
2133 nolu istasyonda elde edilen ve EİEİ tarafından ölçümü yapılan akım değerleri kullanılarak, yöntemde verilen 5 bağıntıyla katı madde miktarları hesaplanmış, ardından bu değerlerin gözlenmiş (gerçek) katı madde miktarı anahtar eğrisi ile korelasyonları gözlenmiş ve çizelge 4.4'de verilmiştir. Ayrıca test sonuçlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 4.4. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri

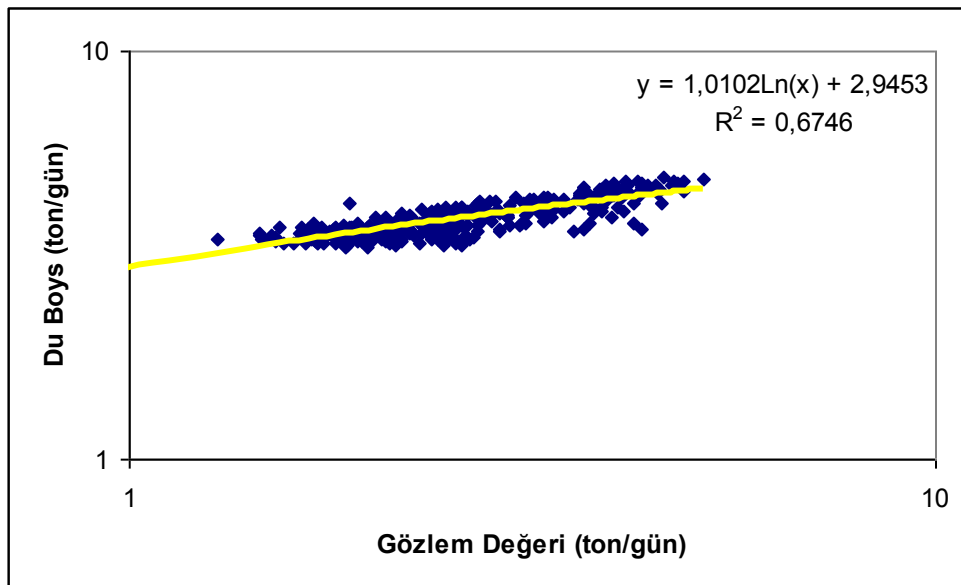
Bağıntılar	Korelasyonlar
Schocklits Bağıntısı	0.8198
Shields Bağıntısı	0.8214
Du Boys Bağıntısı	0.8213
Gadre Albertson Bağıntısı	0.8215
Meyer-Peter- Müller Bağıntısı	0.8212



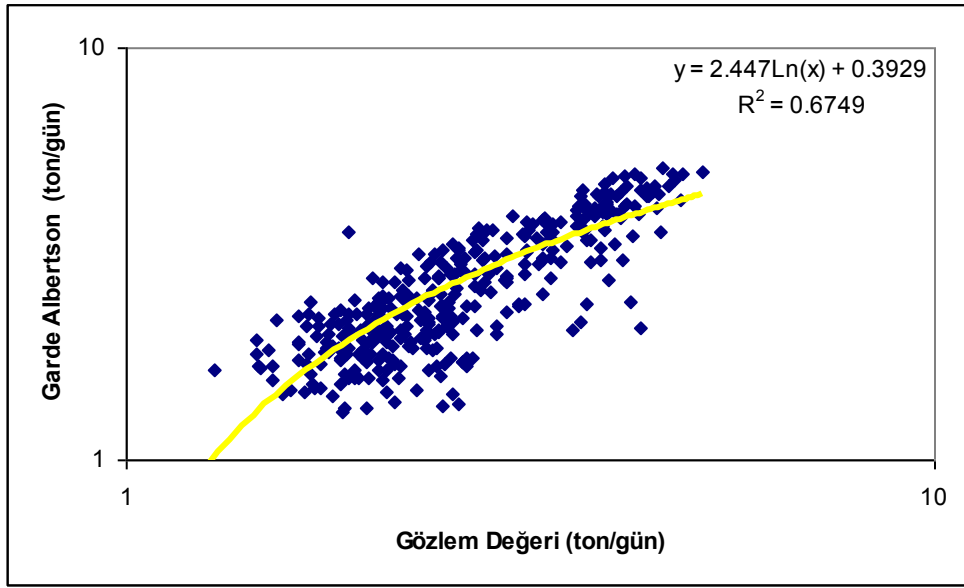
Şekil 4.16. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği



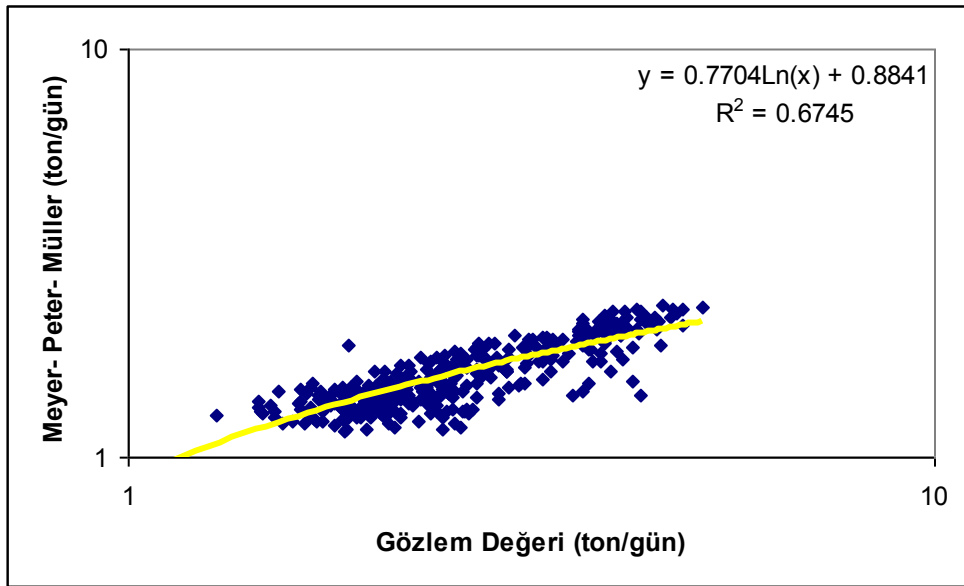
Şekil 4.17. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.18. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.19. 2133 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.20. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği

Elde edilen verilerden hareketle yukarıda hazırlanmış grafikler logaritmik olarak çizilmiştir. Bu sonuçlar EİEİ'nin gözlem sonuçları ile korelasyon katsayıları hesaplanmış ve böylelikle aralarında nasıl bir ilişki olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

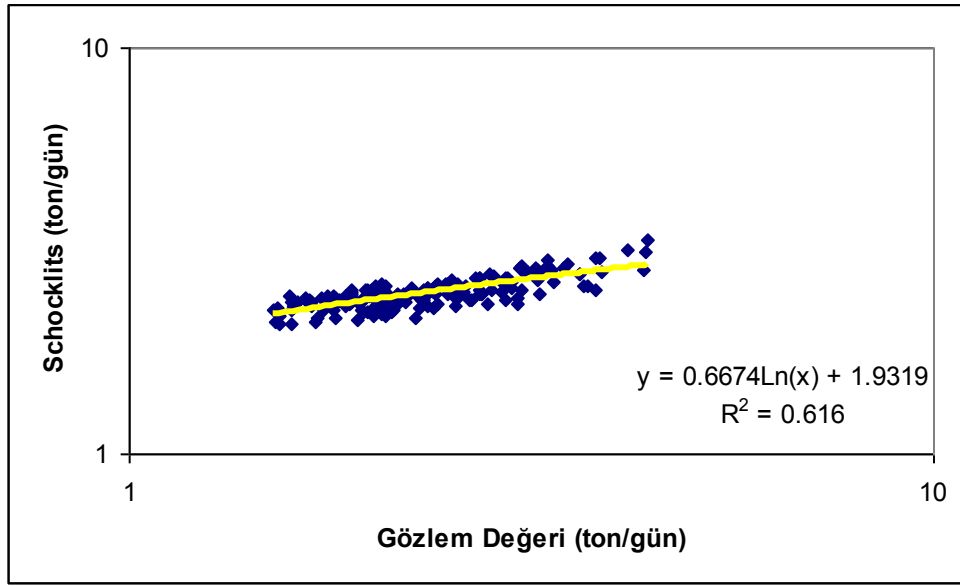
Bu bulgular incelendiğinde 2133 nolu istasyon verileri açısından, katı madde verimini en iyi değerlendirme kabiliyetine sahip eşitlik olarak Garde Albertson bağıntısı belirlenmiştir.

4.5. 2145 nolu İstasyon İçin Elde Edilen Sonuçlar

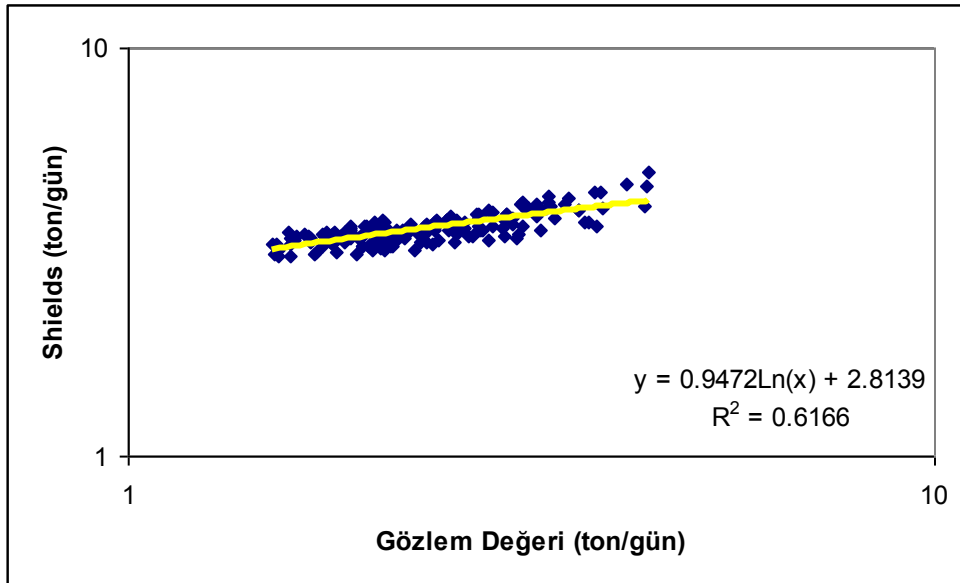
2145 nolu istasyonda elde edilen ve EİEİ tarafından ölçümü yapılan akım değerleri kullanılarak, yöntemde verilen 5 bağıntıyla katı madde miktarları hesaplanmış, ardından bu değerlerin gözlenmiş (gerçek) katı madde miktarı anahtar eğrisi ile korelasyonları gözlenmiş ve çizelge 4.5'de verilmiştir. Ayrıca test sonuçlarının grafiksel gösterimi verilmiştir.

Çizelge 4.5. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile uygulanan bağıntı sonuçlarının korelasyon değerleri

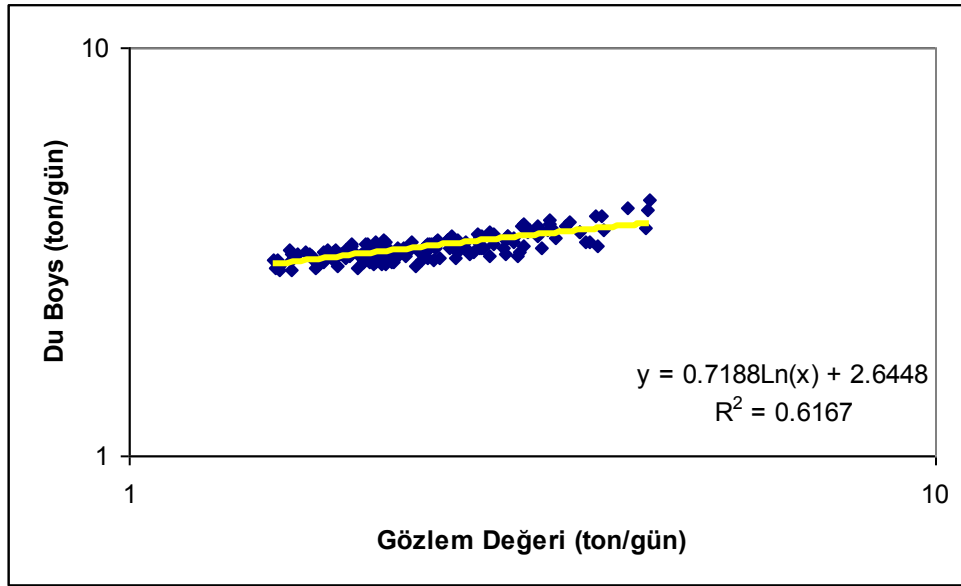
Bağıntılar	Korelasyonlar
Schocklits Bağıntısı	0.7848
Shields Bağıntısı	0.7852
Du Boys Bağıntısı	0.7853
Gadre Albertson Bağıntısı	0.7849
Meyer-Peter- Müller Bağıntısı	0.7854



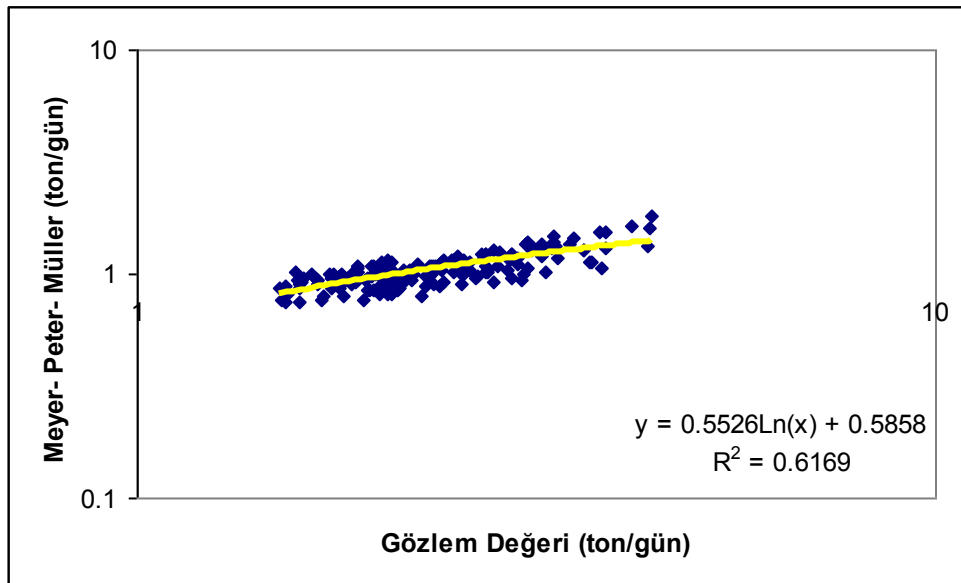
Şekil 4.21. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Schocklits bağıntısı sonuçlarının grafiği



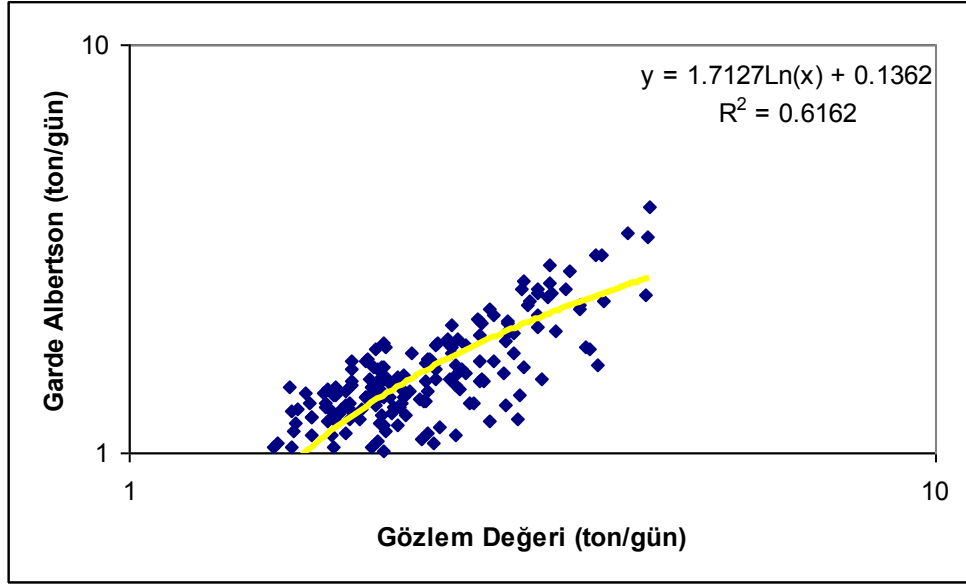
Şekil 4.22. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Shields bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.23. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Du Boys bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.24. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Meyer-Peter-Müller bağıntısı sonuçlarının grafiği



Şekil 4.25. 2145 nolu istasyon için EİEİ'nin gözlem sonuçları ile Garde Albertson bağıntısı sonuçlarının grafiği

Elde edilen verilerden hareketle yukarıda hazırlanmış grafikler logaritmik olarak çizilmiştir. Bu sonuçlar EİEİ'nin gözlem sonuçları ile korelasyon katsayıları hesaplanmış ve böylelikle aralarında nasıl bir ilişki olduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

Bu bulgular incelendiğinde 2133 nolu istasyon verileri açısından, katı madde verimini en iyi değerlendirme kabiliyetine sahip eşitlik olarak Meyer-Peter-Müller bağıntısı belirlenmiştir

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tez çalışması içerisinde Fırat Havzasında bulunan EİEİ'nin işlettiği beş ayrı gözlem istasyonu için literatürdeki beş farklı bağıntının uygulaması incelenmiştir. Bu gözlem istasyonlarının her biri için bu beş bağıntıdan elde edilen sonuç değerleri ile EİEİ'nin gerçek gözlem sonuçları karşılaştırılmış ve aralarındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak bu istasyonların her biri için kullanılan bağıntularla gözlem ilişkileri grafiksel olarak açıklanmıştır.

5.1. Sonuçlar

Bu tez kapsamında ortaya çıkan grafikler incelendiğinde her istasyonda bağıntıların farklı korelasyonlara sahip olduğu görülmüştür. Bu korelasyon değerleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Çalışma bölgesindeki tüm istasyonlardan elde edilen akım gözlemlerine dayanarak hesaplanan katı madde miktarları ile gözlenen katı madde miktarları arasındaki korelasyon katsayıları

	Schocklits	Shields	Du Boys	Garde Albertson	Meyer-Peter-Müller
2102 nolu İstasyon	0.9072	0.8553	0.9094	0.9090	0.9096
2115 nolu İstasyon	0.8930	0.8958	0.8957	0.8959	0.8956
2119 nolu İstasyon	0.8860	0.8887	0.8885	0.8888	0.8884
2133 nolu İstasyon	0.8198	0.8214	0.8213	0.8215	0.8212
2145 nolu İstasyon	0.7848	0.7852	0.7853	0.7849	0.7854

Çizelge 5.2. Çalışma bölgesinde istasyonlara göre yapılan hesaplamalarda bulunan sonuçlara göre bağıntıların uygunluk dereceleri

	1	2	3	4	5
2102 nolu İstasyon	Meyer-Peter Müller	Du Boys	Garde Albertson	Schocklits	Shields
2115 nolu İstasyon	Garde Albertson	Shields	Du Boys	Meyer-Peter Müller	Schocklits
2119 nolu İstasyon	Garde Albertson	Shields	Du Boys	Meyer-Peter Müller	Schocklits
2133 nolu İstasyon	Garde Albertson	Shields	Du Boys	Meyer-Peter Müller	Schocklits
2145 nolu İstasyon	Meyer-Peter Müller	Du Boys	Shields	Garde Albertson	Schocklits

Yukarıdaki çizelge 5.1 ve çizelge 5.2' incelendiğinde;

- 2102 nolu istasyon için EİEİ tarafından ölçülen değerler ile uygulaması yapılmış bağıntılar arasında en kuvvetli ilişkinin Meyer-Peter-Müller bağıntısı olduğu görülmektedir.
- 2115 nolu istasyon için EİEİ tarafından ölçülen değerler ile uygulaması yapılmış bağıntılar arasında en kuvvetli ilişkinin Garde Albertson bağıntısı olduğu görülmektedir.
- 2119 nolu istasyon için EİEİ tarafından ölçülen değerler ile uygulaması yapılmış bağıntılar arasında en kuvvetli ilişkinin Garde Albertson bağıntısı olduğu görülmektedir.
- 2133 nolu istasyon için EİEİ tarafından ölçülen değerler ile uygulaması yapılmış bağıntılar arasında en kuvvetli ilişkinin Garde Albertson bağıntısı olduğu görülmektedir.
- 2145 nolu istasyon için EİEİ tarafından ölçülen değerler ile uygulaması yapılmış bağıntılar arasında en kuvvetli ilişkinin Meyer-Peter-Müller bağıntısı olduğu görülmektedir.
- Genel olarak bütün istasyonlarda en kötü sonucu Schoklits'in verdiği görülmektedir.
- Ayrıca her istasyon için korelasyon değerleri hem kendi arasında hem de istasyondan istasyona farklı değerler aldığı görülmektedir.

- Dikkati çeken başka bir özellik ise hemen hemen bütün istasyonlarda korelasyon sıralamasının bir birine oldukça yakın olmasıdır.

5.2. Öneriler

Gelişmekte olan birçok ülkede, sürdürülebilir arazi idaresi ve su kaynakları gelişimi toprak erozyonu ve katı madde ile ilgili problemlerle tehdit edilmektedir. Bu gibi tehditlere karşılık olarak, geliştirilmiş kaptaj temelli erozyon kontrolüne ve katı madde miktarı idare stratejilerine acil bir ihtiyaç vardır. Bu gibi stratejilerin plan ve yürütmesi, erozyon planları hakkında veri ve havza sistemi içinde katı madde miktarını kontrol eden sebeplerin anlaşılmasını gerektirir.

Burada katı maddenin günümüzde akarsular için önemli bir tehdit olduğu bilinmektedir. Bu yüzden akarsu üzerine yapılacak her hangi bir yapının bu olaydan en az derecede zarar görmesi için; akarsu havzasının ağaçlandırılması, akarsu düzenleme yapılarının yapılması, akarsu havzalarındaki yapılaşmanın havzalara zarar vermeyecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

Ayrıca bu çalışma sonucunda Fırat nehri ve kolları üzerinde incelenen bu istasyonlarda yapılacak bir su kaynakları çalışmasında, katı madde hareketinin hesaplanması için Garde Albertson bağıntısının yeterli doğrultuda sonuç vermesi bakımından uygun olacağı düşünülmektedir.

Öte yandan katı madde hareketi ile ilgili olarak hesaplarda kullanılan başka formüllerin varlığının yanı sıra, istasyonlarda yapılmakta olan akım ve katı madde gözlemlerinin devam ettiği ve değerlerin dinamik yapıda olduğu bilgisinden hareketle, yapılabilecek yeni çalışmalarda bulunabilecek farklı sonuçlar ve bunlara dayalı öneriler, irdelemeye açıktır. Tüm bu bilgiler ışığında literatürde geniş çaplı çalışmaların yapılmaya devam ettiği/edeceği ve yeni bulgulara açık olduğu da unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- AIME'E, M.S., RORY, P.D.W., and KAWI, B., 2006. Pipe flow Suspended Sediment Dynamics and Their Contribution to Stream Sediment Budgets in Small Rainforest Catchments, Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 224: 119–130.
- AKSU, A.E., YAŞAR, D., USLU, O. 1997. Assessment of Marine Pollution in Izmir Bay: Heavy Metal and Organic Compound Concentrations in Surficial Sediments. *TÜBİTAK*, 387 – 415.p
- BURR, D.M., EMERY, J.P., LORENZ, R.D., COLLINS, G.C. and CARLING, P.A., 2005. Sediment Transport by Liquid Surficial Flow: Application to Titan. *Icarus*, 181: 235–242.
- CIGIZOGLU, H.K. and ALP, M., 2005. Generalized Regression Neural Network in Modelling River Sediment Yield. *Advances in Engineering Software*, 1:1–6.
- DAMIA, V., and RAMON, J.B., 2005. Sediment Transport in a Large Impounded River: The Lower Ebro, NE Iberian Peninsula. *Geomorphology*,
- DAVIES, A.M. and XING, J.; 2002. Processes Influencing Suspended Sediment Movement on the Malin–Hebrides Shelf. *Continental Shelf Research*, pp 2081–2113.
- DIŞIŞLERİ BAKANLIĞI, 1996. Orta Doğu'da su sorunu . Ankara, T.C.Dışişleri Bakanlığı, Bölgesi ve Sınır aşan Sular İdaresi, 99s
- DUMAN, M., AVCI, M., DUMAN, Ş., DEMİRKURT, E. and DUZBASTILAR, M.K., 2004. Surficial Sediment Distribution and Net Sediment Transport Pattern in Izmir Bay, Western Turkey. *Continental Shelf Research*, 24: 965–981.
- EİEİ., 2000 Akım Gözlem Yıllığı ANKARA,
- EİEİ 2006, <http://www.eie.gov.tr/turkce/hidroloji/havzalar.html>.
- FIRAT, M ve GÜNGÖR, M., 2004. Askı Madde Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sınır Ağları ile Belirlenmesi. *İMO Teknik Dergi*, s3267-3282.
- AKÇAKOCA, H.,1997 Güneydoğu Anadolu Projesi Su Kaynakları, T.C. Başbakanlık GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı s 3-37
- GÜMÜŞ, V. 2006. Fırat Havzası Akımları Trend Analizi ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, s 84
- GAP İDARESİ 2006 [http:// www.gap.gov.tr/Turkish/Tarım/tsk2htm,12/05/2006](http://www.gap.gov.tr/Turkish/Tarım/tsk2htm,12/05/2006)
- İRVEM, A. 2005 Coğrafi Bilgi Sistemi ile Toprak Kaybı ve Sediment Verimi Tahmin Modelinin (Est) Oluşturulması ve Seyhan Körkünü Alt Havzasına Uygulanması. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ADANA.
- JORIS, D.V. and JEAN, P., 2005. Predicting Soil Erosion and Sediment Yield at the Basin Scale: Scale Issues and Semi-Quantitative Models. *Earth-Science Reviews*, 71: 95–125.

- JUAN, D.R., BJORN, K., MICHEL, and H., JUAN, C.R., 2005. Factors Controlling Sediment Yield in a Major South American Drainage Basin: The Magdalena River, Colombia. *Journal of Hydrology*, 316: 213–232.
- LUK, S.H., DICENZO, P.D., LIU, X.Z., 1997. Water and Sediment Yield from a Small Catchments in the Hilly Granites Region, South China. *Catena*, 29: 177-189.
- MIO, K., GARY, J.B., MIKE, J.P., TOMOMI, M.,and NOEL, A.T., 2005. Impacts of Land Use Change on Patterns of Sediment flux in Weraamaia Catchments, New Zealand. *Catena*, 64: 27–60.
- ÖZİŞ, Ü., 1994 La gestion des besoins et d’approvisionnement en eau dans le bassin Euqhrate Tigre. Cario, International Water Resources Association, IWRA VII World Congresson Water Resources, 2:1-13
- ÖZİŞ, Ü., FISTIKOĞLU, O. ve ÇANGA, R. 2000. Keban, Karakaya, Atatürk baraj yerlerinde aylık akışlar. İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, 11:1-14
- ÖZTÜRK, F., SÖNMEZ, F.K., YILDIRIM, Y.E., BAYRAMİN, İ., APAYDIN, H., ve KARAS, E., 2003. Kurukavak Deresi Havzasında YüzeY Akış ve Sediment Miktarının AGNPS Modeli ile Tahmini. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (3): 344-351
- SHAHIN, M. 1989 Review and Assessment of Water Resources in the Arab Region *Water İnternational*, 14(4):206-219
- SHANG, P.,and KAMAE, S.,005. Fractal Nature of Time Series in the Sediment Transport Phenomenon. *Chaos, Solitons and Fractals*, 26:97–1007.
- TAMENE, L., PARK, S.J., DIKAU, R., and K P.L.G., 2005. Analysis of Factors Determining Sediment Yield Variability in The Highlands of Northern Ethiopia. *Geomorphology*, 76:76– 91.
- VERSTRAETEN, G., and POESEN, J., 2000. Factors Controlling Sediment Yield from Small Intensively Cultivated Catchments in a Temperate Humid Climate. *Geomorphology*. 40:123–144.
- WHEATCROFT, R.A., and SOMMERFIELD, C.K., 2004. River Sediment Flux and Shelf Sediment Accumulation Rates on the Pacific Northwest Margin. *Continental Shelf Research*, 25: 311–332.
- Y. H. LEE, Y.H. and SINGH, V.P; 2005. Tank Model for Sediment Yield. *Water Resources Management*, 19: 349–362.
- YIN, J., FALCONER, R.A., CHEN, Y.,and PROBERT, S.D., 2000. Water and Sediment Movements in Harbours. *Applied Energy*, 67:341–352.
- ZHANG, X., and WEN, A., 2004. Current Changes of Sediment Yields in the Upper Yangtze River and Its Two Biggest Tributaries, China. *Global and Planetary Change*, 41:, 221–227.

ÖZGEÇMİŞ

1979 Yılında Şanlıurfa'da doğdu. İlk orta ve lise tahsilini yine Şanlıurfa'da tamamladıktan sonra 1998 yılında Harran Üniversitesi Şanlıurfa Meslek Yüksekokulunda İnşaat Bölümüne girdi. 2000 yılında buradan mezun olduktan sonra 2 yıl kadar bir özel şirkette şantiye saha sorumlusu olarak çalıştı. Daha sonra 2002 yılında Dikey Geçiş sınavı ile yine Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde eğitimime devam etti. 2004 yılında buradan mezun oldu, aynı yıl Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimime başladı. 2005 yılında aynı yerde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olup evli ve bir çocuk babasıdır.

ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında Türkiye'nin en büyük projelerinden olan Güneydoğu Anadolu Projesinin en büyük ayağını oluşturan Fırat havzası üzerinde, Yukarı Fırat havzasında yer alan belirli ölçüm istasyonlarına ait noktalarda katı madde miktarı, literatürde verilmiş bulunan katı madde hareketi ile ilgili bağıntılar kullanarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu istasyonlarda Elektrik İşleri Etüt İdaresinin 1965 ile 2005 yılları arasında yapmış olduğu ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Bu verilerle, hesaplanan değerler karşılaştırılarak, gözlenen ve hesaplanan değerlerin birbiriyle ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar yorumlarla birlikte grafiklerle verilmiştir.

Çalışmada geçmişe dayalı geniş çaplı veri içeren 2102 nolu Murat Nehri Palu istasyonu, 2115 nolu Göksu Nehri Malpınar istasyonu, 2119 nolu Fırat Nehri Kemahboğazı İstasyonu, 2133 nolu Munzur Suyu Melekbahçe İstasyonu ve 2145'nolu Tohma Suyu Hisarcık İstasyonları seçilmiştir.

Daha sonra da literatürde katı madde hareketinin hesabı için verilen bağıntılar (Schocklits, Shields, Du Boys, Garde Albertson, Meyer-Peter-Müller) kullanılarak katı madde miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar excell tabanında oluşturulan bir programla grafiklere dökülmüştür. Bu grafikler yardımıyla, bağıntı sonuçlarıyla EİEİ'nin gözlem sonuçları arasındaki ilişki göz önüne alınmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde toplam olarak 9075 adet veri girişi ve sonucu elde edilmiştir. Elde edilen değerler tablo ve grafik olarak karşılaştırılmalı değerlendirilmiş ve bunlar arasında korelasyon değerleri en yüksek olanlar ve yakınsak grafik özelliği gösterenler listelenmiştir. Böylelikle Fırat havzası için geçerli en uygun formül belirlenmeye çalışılmıştır.

SUMMARY

In this study, the amount of sediments which took from specific stations on Up Firat region which is on Firat region that the biggest leg of Southeast Anatolian Project, one of the biggest projects of Turkey, are determined by equations of sediment transportations in literatures. Also at these stations measurement results taken by E.I.E.I between 1965 and 2005 years are used. With comparison of these data to calculated data we tried to create a relation between observed data and determined data. Obtained results are shown by graphics with explanations and comments.

At this study, stations; 2102 Murat River-Palu, 2115 Goksu River-Malpınar, 2119 Firat River-Kemahbogazi, 2133 Munzur Water-Melekbahce and 2145 Tohma Water-Hisarcik which are include big amount of data based on passed are selected.

Then by the equations in literature about transportation of sediments (Schocklits, Shields, Du Boys, Garde Albertson, Meyer-Peter-Müller) are used to calculate the amounts of sediments separately. Calculations the showed by graphics was made by an excel program. With the help of these graphics, relation between observed data of EİEİ and equation data has been examined. As a result of these calculations totally 9705 data input and output has been obtained. Obtained data have been realized by tables and graphics with comparison and among these ones that have biggest correlation data and convergent graphic property have been listed. In this way we tried to obtain the appropriate formula for Firat basin.