

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139064

**DİCLE HAVZASINDAKİ AKARSULARDA
SEDİMENT TAŞINIMININ MATEMATİKSEL MODELLERLE
BELİRLENMESİ**

Necati KAYAALP

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DIYARBAKIR
ARALIK-2003**

139064
**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEZ GÖRÜNTÜLEME MERKEZİ**

T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Bu çalışma, jürimiz tarafından...**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**.....
Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

İmza

Başkan: Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ (Danışman)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Halil GÖRGÜN

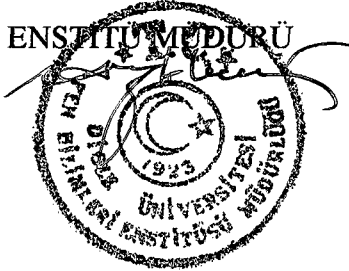
Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan BEKLEYEN (Yedek)

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

25 / 12 / 2003

Prof. Dr. Çetin AYTEKİN

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda emeği geçen, danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr.Nizamettin HAMİDİ'ye, Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU'na, Yrd. Doç. Dr. Halil GÖRGÜN'ne, F.Ü. öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Ragıp İNCE'ye, D.Ü. öğretim üyelerinden Öğr. Gör. Ali EM'e, EİE Elazığ Bölge şefi Osman Gazi KARAKUZU'ya, DMİ Diyarbakır Bölge Müdürlüğü Meteoroloji Mühendisi Dr. Latif GÜLTEKİN'e , DSİ X. Bölge İnşaat Mühendislerinden Ramazan KILIÇ'a ve sevgili eşim Menese KAYAALP'a teşekkürü bir borç bilirim.

TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	3
2.1 Erozyonun Tanımı	3
2.2. Erozyonun Nedenleri	3
2.3. Erozyonun Zararları	4
2.4. Türkiye’de Erozyonun Boyutu	4
2.5. Akarsularda Katı Madde Hareketi	5
2.5.1. Akarsularda Katı Madde Hareketlerinin Sınıflandırılması	6
2.6. Hidrolojik Faktörlerin Sediment Taşınımına Etkileri	8
2.6.1 Akımın Sediment Taşınımına Etkileri	10
2.6.2 Sıcaklığın Sediment Taşınımına Etkileri	14
2.6.3 Yağışın Sediment Taşınımına Etkileri	17
2.7. Matematik Model Kavramı	17
3. DİCLE HAVZASININ GENEL ÖZELLİKLERİ	19
3.1. Doğal Coğrafya	19
3.2. Genel Jeolojik Özellikler	19
3.3. Genel İklim Özellikleri	21
3.4. Su Kaynakları	22
3.4.1. Dicle Nehri	22
3.4.2. Batman ve Garzan Çayı	22
3.4.3 Botan Çayı	23
3.4.4. Devegeçidi Baraj Gölü	23
4. MATERYAL VE METOT	24
4.1. Materyal	24
4.2. Metot	28
4.2.1. Regresyon Analizi	28
4.2.2. Yapay Sinir Ağları	29

4.2.2.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	31
4.2.3. Regresyon Analizi (RA) Modellerinin Kurulması	36
4.2.4. Yapay Sinir Ağları (YSA) Modellerinin Kurulması	36
5. BULGULAR	39
5.1. Çalışmada Kurulan Modellerin Değerlendirilmesi	39
5.2. Botan Çayı Modellerinin Değerlendirilmesi	40
5.3. Garzan Çayı Modellerinin Değerlendirilmesi	45
5.4. Dicle Nehri Modellerinin Değerlendirilmesi	49
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	54
7. KAYNAKLAR	56
ŞEKİL LİSTESİ	60
TABLO LİSTESİ	61
ÖZ GEÇMİŞ	62



ÖZET

Dicle Havzası, M.Ö. 4500 yılından bu yana kültür ve modernleşmede önemli bir rol oynamıştır. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin ikinci önemli su kaynağı olan bu havzanın ülkemiz sınırları içerisinde drenaj alanı 37.280 km², yıllık ortalama akış miktarı 14.710 milyon m³ tür.

Erozyon ve onun sonucu olan sediment taşınımı ve birikimi insanlar ve toplumlar üzerinde ekolojik ve ekonomik açıdan önemli etkileri olan bir olaydır. Bir yandan erozyonla verimli tarım alanları yok olurken, diğer yandan erozyon sonucu oluşan ve nehirlerin taşıdığı sedimentle de içme, sulama ve kullanma suyu temininde çeşitli güçlüklerle ve barajları doldurarak ekonomik ömürlerinin kısalmasına neden olmaktadır.

Havzalarda çeşitli istasyonlarda ölçülen sediment miktarları, iklim özelliklerine, yağış-akış ilişkilerini etkileyen havza özelliklerine, ayrıca sedimentin oluşmasında ve taşınmasında önemli rol oynayan akım özelliklerine bağlı olarak değişir. Bu amaçla havzaların ölçülen sediment veriminin, bu verim üzerinde etkili olan değişkenlerle bağıntıya getirilmesi ve böylece elde edilen eşitliklerden yararlanılarak matematik modellerinin belirlenmesi, ölçüm yapılamayan benzer nitelikteki havza akarsularındaki sediment verimlerinin tahmin edilebilmesi olanağı vermektedir.

Bu araştırma çalışması, Dicle Havzası akarsularında farklı örnekleme istasyonlarında kullanılan veriler, Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Devlet Meteoroloji İşleri tarafından yönetilen sürekli ölçüm ve analiz işlerinden elde edilmiştir. Dicle Havzası sınırları içinde bulunan Dicle Nehri, Botan Çayı ve Garzan Çayı'nda taşınan süspansediment miktarlarının matematiksel modellerinin kurulması amaçlanmıştır. Matematiksel model olarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Regresyon Analizi (RA) yöntemleri kullanılarak, her akarsu için kurulan 14 modelden çeşitli istatistiklere göre en az hatayı veren model uygun model olarak seçilmiştir. Her iki modelde de yağış, sıcaklık ve akım parametreleri bağımsız değişken, süspansediment parametresi ise bağımlı değişken olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmadan, her üç akarsuyun süspansediment miktarlarının modellenmesinde YSA modellerinin RA modellerinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Dicle Nehri, Sediment Taşınımı, Erozyon, Matematik Model, Yapay Sinir Ağları (YSA), Regresyon Analizi (RA).

SUMMARY

Tigris Basin has been playing an important role in culture and modernization since 4500 B.C. This basin, which is the second important water resource of the Southeastern Anatolian Project, has 37.3820 km² drainage area in our country, and its annual average discharge is 14.710 million m³.

Erosion, along with its consequences, i.e, sediment transport and storage, is a phenomenon which has important effects on humans and societies regarding ecology and economy. While productive agricultural areas are being exhausted due to sediment resulting from erosion and transporting by rivers causes various difficulties in supplying drinking and irrigation water, and results in reduced economic life of dams.

Sediment amounts which are measured in several stations in basins vary depending upon climate characteristics, basin characteristics which affect rainfall- runoff relations, as well as, flow characteristics which play an important role in occurrence and transportation of sediment .

To this end, the determination of a correlation between sediment yield measured in basins and variables which have effects on this yield, and establishment of mathematical models obtained by using equations enable us to estimate sediment yield of other rivers of the basin, sediment data of which have not been measured.

This study was established by using data provided from Turkish State Meteorological Service (DMI) and General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration (EIE). It was aimed to establish mathematical models of suspended- sediment transport in Tigris River, Botan River and Garzan River, all of which are in Tigris watershed. Artificial Neural Networks (ANN) and Regression Analysis (RA) were used as Mathematical models and 14 models were established for each river. The model which had least error according to several statistics of models was chosen as the most appropriate model. While rainfall, temperature and flow discharge were used as independent variables, suspended- sediment load was used as dependent variable in both models.

It was concluded from this study that use of ANN models exhibited better results than did RA models in the modelling of suspended-sediment transport of the three rivers.

KEY WORDS: Tigris River, Sediment Transport, Erosion, Mathematical Models, Artificial Neural Networks (ANNs), Regression Analysis (RA).

1. GİRİŞ

Eski tarihlerde medeniyetin beşiği sayılan Mezopotamya'da M.Ö. 4000 yıl gibi önce bir kanal ağının bulunduğu dair kanıtlar vardır. M.Ö. 5200 tarihli olan Nippur ve diğer harabelerin kazılarında kemerli sulama kanalları olduğu bulunmuştur. Bunlar, insanın gerekli gördüğü her amaç için kanallar inşa etmenin farkında olduğuna dair en eski tarihli kanıtlardır. Dicle ve Fırat arasındaki çok geniş kanal sistemleri, Babil ovalarındaki yoğun nüfusa bolluk sağlamıştır. Bu gibi kanallar malları takas etmek için , bir defadan fazla ürün elde edilebilecek uygun iklimi sağlamak için, su seviyesini kontrol etmek için veya yeni yerleri ıslah etmek amacıyla inşa edilmişlerdir. Gerçekten, eski Ur şehrinin nehrin sediment deposundan ıslah edildiği şeklinde bazı düşünceler vardır. Su sadece ülkeyi verimli tutmakla kalmıyor, aynı zamanda akarsularla taşınan çok sayıda katı madde de doğal gübre olarak kullanılıyordu. Diğer hidrolik başarıların M.Ö. 800 yıllarında Asur kraliçesi Semiramis zamanında olduğu söylenir. Ninova ve Babil şehirleri, çok gelişkin bir sulama sistemi gerektiren "asma bahçeleri"yle ünlenmiştir. Esas olarak M.Ö. 3000 yıllarında inşa edilen, çok önemli olan Babil şehri ile Pers körfezini birleştiren önemli bir kanal yeniden inşa edilmiştir. Asur krallarından biri olan Sennacherib (M.Ö. 707-681), özellikle Ninova çevresindeki su kaynaklarının gelişimiyle ilgilenme arzusuyla bilinir.(Graf, 1971)

Toprak ve su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve bu kaynakların toplum yararına uygun biçimde değerlendirilmesi, çağımızda hemen bütün ülkelerin önde gelen sorunları arasında yer almaktadır. Ülkemizin büyük bir erozyon ve su sorunu ile karşı karşıya bulunduğu gerçeği göz önüne alınırsa, geniş erozyon alanlarını kapsayan ve çoğu zaman kuraklıktan, sık sık da taşkınlardan zarar gören yurdumuzda erozyonla mücadele ve sel kontrolüne ilişkin konular giderek daha fazla önem kazanmaktadır.(Görcelioğlu, 1982)

Yüzeysel su kaynaklarının çeşitli kullanılış amaçları doğrultusunda yapılan planlama çalışmalarında ve bu amaçla kurulacak su kontrol yapılarının projelendirilmesinde, akarsuların taşıdığı sediment miktarı ile ilgili veriler önemli bir girdidir. Su kontrol yapılarının depolama tesislerinde biriken sediment miktarının hassas ve güvenilir olarak önceden bilinmesi, tesisin belirlenen ömrü boyunca, depolamada gerekli olan ölü-hacmin gerçekçi olarak saptanabilmesi için zorunludur. Bu depolama tesisinde biriken sediment miktarı için ayrılması gereken bu ölü-hacim, projenin teknik ve yapılabiliğine tesir ettiği gibi, projenin ekonomik analizlerini de etkileyen önemli bir unsurdur.

Akarsuların taşıdığı sediment miktarına etki eden jeolojik, morfolojik, topoğrafik ve hidrometeorolojik parametrelerin çok fazla ve zaman boyunca değişimler gösteren süreçler olması ve bu etkenlerin birbirleriyle ilişkilerinin karmaşıklığından dolayı, akarsularca taşınan sediment miktarının analitik olarak hesaplanması çok zordur. Akarsu üzerinde kurulacak bir su kontrol yapısının, 30-50 yıl mertebesinde olan ekonomik ömrü boyunca taşınan uzun süreli toplam sediment miktarının analitik olarak hesaplanabilmesi ise çok daha zor bir problemdir. (Yurtsever vd.,1982)

Akarsularda taşınan sediment miktarı, olaya etkiyen parametrelerin çokluğu ve bu parametrelerin olayla ilişkisinin karmaşıklığı nedeniyle, henüz yeterli doğruluğa sahip, zaman ve mekandan bağımsız rasyonel bir formül geliştirilememiştir. Bugün kullanılmakta olan formüller ampirik formüllerdir ve bunların verdikleri sonuçlar arasında %100'e varan farkların olmasının yanında bunlar, sadece çalışmanın yapıldığı bölgedeki sediment taşınım olayında kullanılabilmekte ve farklı bir bölgede uygulanması ciddi hatalara yol açmaktadır.

Teknolojinin gelişmesi ve buna paralel olarak yeni teknik ve yöntemlerin ortaya çıkmasıyla doğadaki olayların modelleme çalışmalarının bu yeni teknik ve yöntemlere uygun olarak yeniden ele alınması gereklidir. Bu gerçekten yola çıkarak bu çalışmada, yeni bir yöntem olan Yapay Sinir Ağlarının, Dicle havzasındaki akarsularda taşınan sediment miktarının matematik modelinin kurulması çalışmasında uygulanabilirliği ve başarı derecesinin belirlenmesi ve geleneksel bir yöntem olan Regresyon Analizi ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

2.1. Erozyonun Tanımı

Erozyonun kelime anlamı, bir varlığın bir değeri yerine getirilemeyecek şekilde yok olmasıdır. Toprak biliminde ise, yeryüzündeki ana materyalin çeşitli etkenlerle (sular, çığlar, buzullar ve rüzgar) aşınıp taşınması olayıdır. Erozyon, tabiatın normal süreci içinde meydana geliyorsa normal erozyon; insanın tabiatındaki toprak, su ve bitki arasındaki dengeyi bozucu nitelikteki müdahaleleri sonucu meydana geliyorsa hızlandırılmış erozyon adını alır (www.agm.gov.tr/erozyon)

2.2. Erozyonun Nedenleri

İklim, topoğrafya, jeolojik ve toprak yapısı, bitki ve ölü örtüsü, ormanların tahribi, tarım alanlarında yanlış arazi kullanımı ve aşırı otlatma erozyonun başlıca nedenleridir.

İklim: İklimin erozyon üzerine etkisi yağış, sıcaklık ve rüzgarla olmaktadır. Bunların içinde en önemlisi yağış olup, yağışın da şekli, şiddeti, süresi ve rejimi erozyona farklı etkiler yapmaktadır. Diğer taraftan sıcaklık, yağışların çeşidini, toprağın donmasını ve nem içeriğini etkilemek suretiyle dolaylı olarak erozyonun şiddetine etki etmektedir.

Topografya: Yamacın eğim ve uzunluğu erozyonda etkili topografik etkenlerdir. Erozyonun şiddeti ve toprağın yüzeysel akışla taşınmasına neden olan faktörlerin başında eğim gelir. Yükselti basamakları dikkate alınarak yapılan değerlendirmede 0-500 m. arasındaki alanlar ülkemizin %17.5'ini, 500-1000 m. arasındaki sahalarda %26.6'sını kapsamakta, 1000-2000 m. arasındaki alanlar ise %49.5'a ulaşmaktadır (www.agm.gov.tr/erozyon).

Jeolojik ve Toprak Yapısı: Ülkemizin jeolojik ve toprak yapısı, genelde pekişme durumu zayıf, ayrışmaya ve değişmeye karşı fazla direnç göstermeyen taneli, tortul ve volkaniktir. Toprak ile jeolojik yapı arasında sıkı bir ilişki vardır. En fazla aşınmaya uğrayan zeminler Eosen ve Neojen zamanlara ait araziler ile volkanik kül ve tüflerdir. Genelde pekişme durumu zayıf, ayrışmaya ve erozyona karşı fazla direnç göstermeyen gevşek yapılardan oluşan topraklarımız erozyona hassas bir yapıdadır.

Bitki Örtüsü ve Ölü Örtü: Çıplak arazilere oranla bitki örtüsü ile kaplı arazilerde erozyon daha az meydana gelmektedir. Çünkü, bitki örtüsü intersepsiyonla toprağa ulaşan yağışın miktarını, şiddetini ve mekanik etkisini azaltır, kökleriyle toprağı sarar ve taşınmasını önler.

Ormanların Tahribi: Ülkemiz ormanları, bilinçsiz ve usulsüz faydalanmalar, otlatma, tarla açma ve bilinçsiz endüstrileşme gibi çok değişik kullanım amaçları ile tahrip edilmekte ve antropojen step alanına dönüştürülmektedir.

Tarım Alanlarında Yanlış Arazi Kullanımı: Ülkemizde yetenek sınıflarına göre tarıma uygun olmadığı halde tarım yapılan ve bu şekilde yanlış kullanılan arazinin alanı 6.1 milyon hektarı bulmaktadır. Yanlış arazi kullanımı, değişik amaçlara yönelik uygulamalarla giderek artmaktadır. I., II., III. ve IV. sınıf arazilerdeki yaklaşık 172.000 hektar arazi yerleşme alanı ve sanayi alanı olarak kullanılmaktadır. Özellikle son 20 yıldan bu yana tarım alanları, yerleşim ve ticari tesislerle işgal edilmesi büyük bir ivme kazanmıştır. Bu durum tarımda verimi azaltırken aynı zamanda sel ve taşkınları arttırmıştır.

Meralarda Aşırı Otlatma: Verim kapasitesinin çok üzerinde ve düzensiz otlatılan meralarda ot örtüsünün tahrip olması yüzey erozyonunu arttırmaktadır.

2.3. Erozyonun Zararları

Erozyonun zararları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Bitki örtüsünün yok olması, erozyonun yanı sıra toprak kayması, taşkın ve çığ felaketlerini artırır.
2. Verimsizleşen ve yok olan tarım arazileri üzerinde yaşayanları besleyemez duruma gelip, kırsal kesimden kentlere doğru göçü arttırarak, büyük ekonomik ve toplumsal sorunlara yol açar.
3. Meraların yok olması hayvancılığın gerilemesine neden olurken, gelirin azalması ve iş olanağının daralması sonucunu doğurur.
4. Erozyon sonucu taşınan verimli topraklar, baraj göllerini doldurarak, ekonomik ömürlerini kısaltır.
5. Yeşil örtü ve toprağın elden gitmesi ile ortaya çıkan iklim değişikliği ve bozulan ekolojik denge sonucunda, vahim boyutlarda doğal varlık kaybedilerek ekonomik zarara uğratır.
6. Bitki örtüsü ve toprağın olmadığı bir yüzey, kar ve yağmur sularını emmediğinden, doğal su kaynakları düzenli ve sürekli olarak beslenemez.
7. Kaybedilen toprak örtüsünün yeniden oluşması için binlerce yıl gerekir.
(www.agm.gov.tr/erozyon)

2.4. Türkiye’de Erozyonun Boyutu

Yurdumuzun 3/4’ünde aktif erozyon (orta veya şiddetli erozyon) hüküm sürmektedir. Tablo 2.1’de görüldüğü gibi erozyonun sıfır ve hafif olduğu alanların Türkiye yüzölçümüne oranı % 13.86’dır. Ülkemiz topraklarının %79.43 oranında orta, şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülmektedir.

Tablo 2.1 Türkiye Topraklarının Erozyon Şiddetine Göre Sınıflandırılması
(<http://www.agm.gov.tr/erozyon>, 2003)

Erozyonun Derecesi	Kapladığı Alan (Ha.)	%
Sıfır	5.166.627	6.64
Hafif	5.611.892	7.22
Orta	15.592.750	20.04
Şiddetli	28.334.933	36.42
Çok Şiddetli	17.366.463	22.32
Çıplak Kayalık	2.930.933	3.77
Rüzgar Aşındırması	506.309	0.65
Toplam	75.509.907	100

Tablo 2.2 Dicle Havzası Sediment Gözlem İstasyonlarının Değerlendirilmesi (EİE.2002)

Su ve İstasyon		İstasyonun		Gözlem Yılları		Sediment anahtar eğrisi				Sediment Gözlem Yıllarına Göre Ort. Süspanse sediment miktarı (ton/yıl)
No	Adı	Net Yağış Alanı (km ²)	Yükseltisi (m)	Akım	Sediment	Q _s : Sediment Q: Akım	Belirtme Katsayısı (R ²)	Örnek Sayısı	Değerlendirilen akım yılı	
2603	Garzan Çayı Beşiri	2450.4	545	1945-1996	1975-1999	$Q_s = 0.635Q^{1.82}$	0.83	285	22	688.305
2605	Dicle Nehri D.Bakır	2164.2	570	1945-1995	1966-1999	$Q_s = 0.570Q^{1.93}$	0.86	336	30	2.704.509
2606	Dicle Nehri Cizre	30774.7	370	1945-1993	1968-1993	$Q_s = 0.010Q^{2.29}$	0.81	251	25	22.557.064
2610	Bitlis Çayı Baykan	640.4	910	1954-1996	1987-1999	$Q_s = 0.784Q^{1.89}$	0.84	154	10	233.586
2617	Dic. N-Ç. özü	1186.0	695	1968-1996	1975-1997	$Q_s = 13.358Q^{1.44}$	0.79	257	22	805.919
2626	Botan Çayı Billoris	8761.2	457	1971-1996	1971-1999	$Q_s = 0.039Q^{2.28}$	0.77	314	26	4.282.671
2627	Zap Suyu Narlı	6771.9	775	1977-1989	1985-1991	$Q_s = 0.046Q^{2.25}$	0.77	55	5	2.458.375
2630	Zap Suyu Teknisyenler	4153.2	1440	1985-1996	1985-1999	$Q_s = 1.501Q^{1.79}$	0.83	163	11	1.081.911

2.5. Akarsularda Katı Madde Hareketi

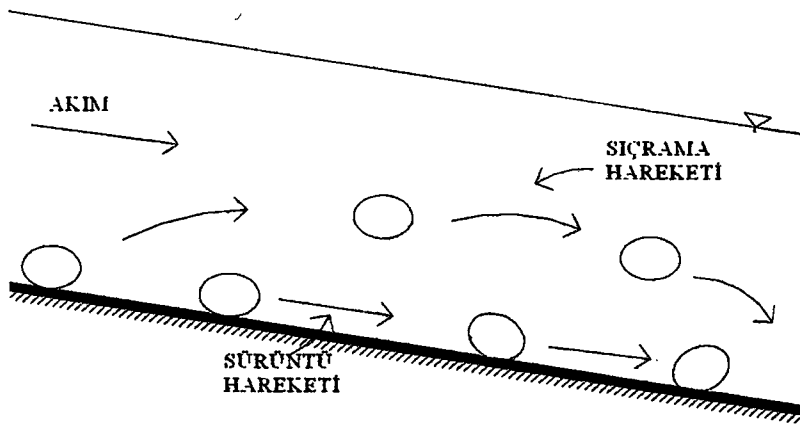
Tabiattaki akarsular, doğal akışları sırasında beraberinde katı maddeler (sediment) de taşırlar. Bu katı maddeler ya akarsu havzasındaki erozyondan veya akarsuyun kendi

yatağındaki aşınmalardan kaynaklanır. Aşınmalar o bölgede bir takım oyulmaların oluşmasına sebep olur. Öte yandan akarsudaki akımın sürüklenme hızının azaldığı bölgelerde, taşınmakta olan katı maddelerin bir kısmı tabana çöker ve yığılmalar olur. Böylece akarsu boyunca katı madde hareketinden kaynaklanan bir takım oyulma ve yığılmalar meydana gelir. Bu katı madde olayları sonucunda akarsu morfolojisi değişir, akarsu üzerinde yapılan yapılar fonksiyon ve sağlamlık açısından zarar görür, hatta akarsuyun su kalitesi etkilenir. (Erkek ve Ağralıoğlu, 1993)

2.5.1. Akarsulardaki Katı Madde Hareketlerinin Sınıflandırılması

Akarsularda taşınmakta olan katı madde, katı maddenin hareket şekline göre sürüntü/sıçrama ve askı hareketi olarak ve malzemenin kaynağına göre taban (yatak) malzemesi ve aşınma (yıkanmış) malzemesi olarak iki şekilde sınıflandırılır.

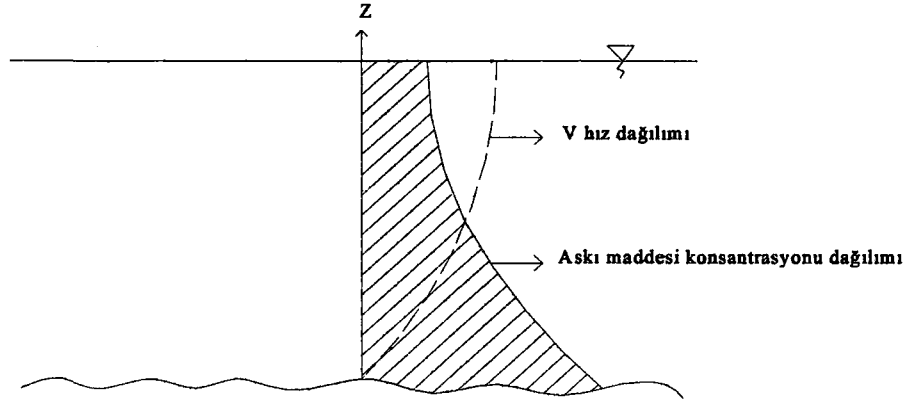
Sürüntü ve Sıçrama Hareketi: Akarsuyun hızının artmasıyla tabandaki kayma gerilmeleri de artacağından tanelerin bazılarının harekete geçtikleri görülür. Bu hareket düşük hızlarda tanelerin taban üzerinde kayma ve yuvarlanması şeklinde olur. Buna sürüntü hareketi denir. Akımın hızının daha da artmasıyla bazı taneler kısa bir süre için yataktan ayrıлып küçük sıçramalar yaparlar, buna "sıçrama (saltasyon)" hareketi denir, Şekil 2.1. Sıçramanın başlama nedeni tane yakınında basıncın değişmesi yada başka bir tanenin çarpması olabilir. Sıçrama hareketi havada önemli ise de suda genellikle göz önüne alınmayabilecek kadar önemsizdir.



Şekil 2.1 Taban Yakınlarındaki Sürüntü ve Sıçrama Hareketleri (Bayazıt, 1971)

Askı Hareketi: Daha yüksek hızlarda tanelerin hareketi daha da şiddetlenir, bazı taneler akımın yukarıya yönelmiş düşey türbülans hızı bileşenlerinin etkisiyle akışkan ortamı içinde, tabandan uzakta hareketlerine devam ederler. Buna, "askı (süspansiyon) hareketi"

denir. Askı maddesi konsantrasyonun kesit içerisindeki değişimi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Kesit İçerisinde Askı Konsantrasyonunun Dağılımı (Erkek ve Ağralıoğlu, 1993)

Taban (yatak) Malzemesi: Akarsuyun kendi yatağından sökerek taşıdığı tanelere “taban (yatak) malzemesi” denir. Taban malzemesi akarsuyun tabanında önemli miktarda bulunan çaplardaki tanelerdir.

Aşınma (Yıkanmış) Malzemesi: Akarsuyun beslenme bölgesinden erozyon olayı sonucunda koparılarak akarsuya erişen tanelere “aşınma (yıkanmış) malzemesi” denir.

Genellikle akarsularda taşınan toplam katı maddenin %80-90’ını aşınma malzemesi teşkil eder. Aşınma malzemesi çok çeşitli etkenlere bağlıdır: bölgenin büyüklüğü, yağışların şiddet ve süresi, bitki ve kar örtüsü, rüzgar, yüzeysel akış, arazinin jeolojisi ve kurutma durumu gibi.

Aşınma malzemesinin hareket miktarının bilinmesi, özellikle biriktirme haznelерinin hacimlerinin hesaplanması için gerekli olur. Çünkü, haznelerde yığılan katı maddenin büyük bir kısmı aşınma malzemesidir. Hazneler genellikle ömürleri 50-100 yıl olacak şekilde hesaplanır, yani bu süre içinde yığılacağı kestirilen katı madde için yer ayrılır. Akarsuyun beslenme bölgesinden gelecek katı madde miktarı şu şekilde belirlenebilir:

1. Benzer bölgelerde elde edilmiş sonuçlarla karşılaştırarak
2. Akarsudaki katı madde miktarını ölçerek
3. Mevcut formüllerini kullanarak.

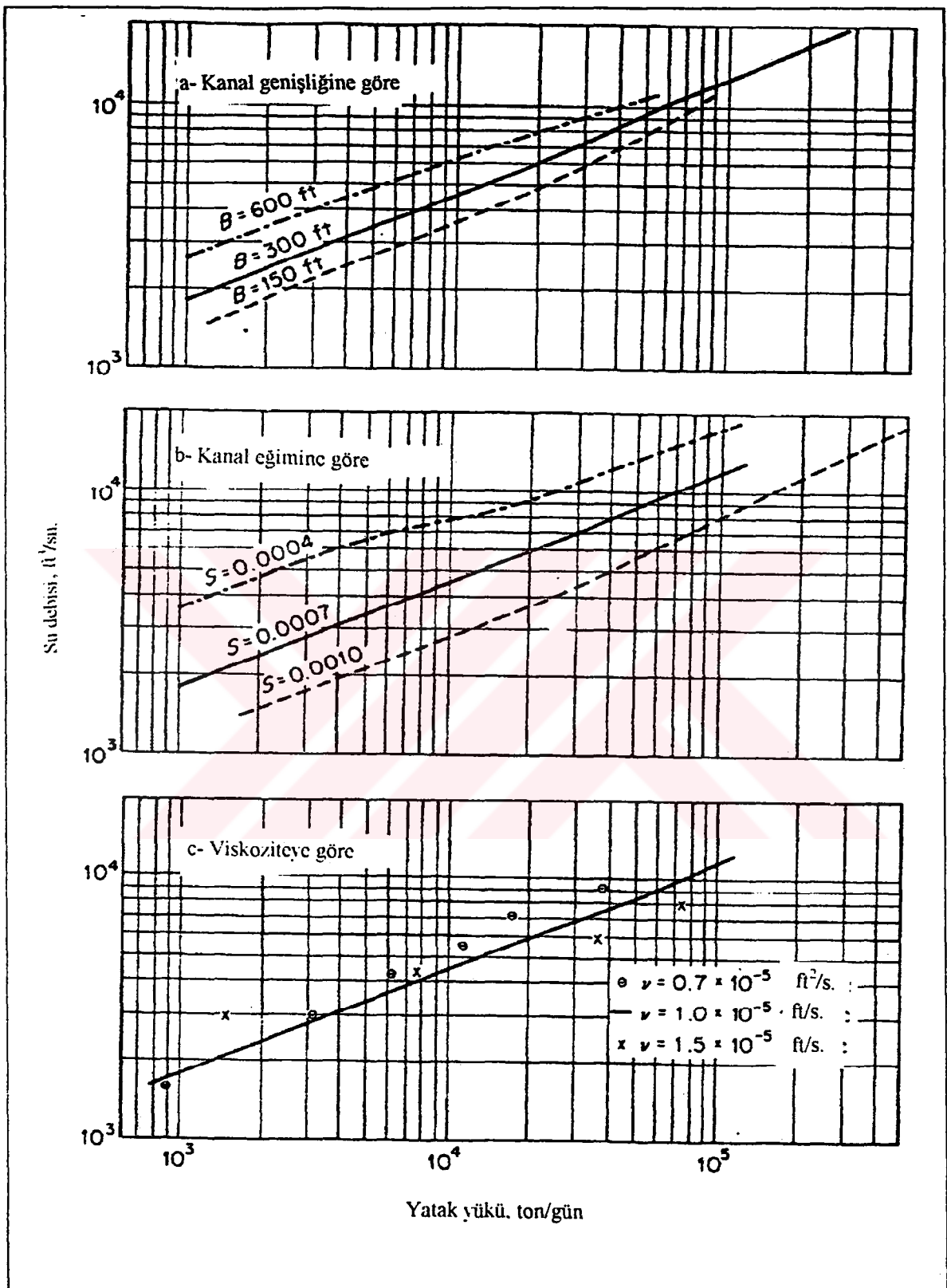
Aşağıda mevcut formüllerden biri verilmiştir:

$$S=C.A^{0.4}.T^{0.8}.E.C_T^{0.4}$$

Burada S, T yıl sonunda haznede birikecek malzemenin ağırlığı, A akarsuyun beslenme bölgesinin alanı, E bölgenin birim alanında bir yıldaki erozyon miktarı, C_T haznenin kapasitesidir. (Bayazit, 1971)

2.6. Hidrolojik Faktörlerin Sediment Taşınımına Etkileri

Sediment taşınımı üzerinde kuvvetli etkileri ve önemi olan hidrolik faktörlerin yanında hidrolojik faktörler de vardır. Hidrodinamik güç bağıntıları ile yatak malzemesi yükünü tahmin etmek mümkündür. Bununla birlikte bazı akarsular için toplam sediment yükü yatak malzemesi yükünden önemli derecede daha büyüktür. Örneğin A.B.D.'nin Atlantik sahilindeki akarsuları araştıran GUY (1964), kaba sediment debisinin (yaklaşık olarak yatak yükü ile aynıdır.) toplam yükün (yatak malzemesi ve yıkanmış malzemenin toplamı) yarısından daha az olduğunu bulmuştur; COLBY (1963), A.B.D.'deki alüvyal akarsularda, taşınan sedimentin çoğunun yıkanmış malzeme olduğu ve böylece hidrolik teorilerin yatak malzemesi taşınımında yardımcı olduğu fakat toplam sediment taşınımının hesaplanması için yetersiz olduğunu belirtmiştir.



Şekil 2.3 Su Debisinin Yatak Malzemesi Yükü ile Değişimi (Graf, 1971)

Böyle bir ikilem araştırmacıları, sediment taşınım olayında etkili olabilecek daha fazla faktörleri araştırmaya götürmüştür. Elbette meteorolojik, iklimsel, jeolojik, coğrafik, biyolojik vb. faktörler, havza veya nehir havzalarının hidrolojisine etkidikleri için incelenmesi gerekir. Bu yöndeki önemli bir adım GUY (1964) tarafından yapılan bir çalışmadır. A.B.D.'nin Atlantik sahili bölgesindeki yedi akarsudan alınan veriler, sediment taşınımındaki değişmelerin nedenini belirlemek amacıyla analiz edilmiştir. 1- mevsim, 2- net yüzey akışı, 3- yer altı suyu akışı, 4- uzun-dönem hava sıcaklığı ortalaması, 5- su debisinin pik değeri, 6- rüzgar yoğunluğu ölçüsü, 7- ortalama yağış, 8- ortalama yağış yoğunluğu bağımsız değişkenler olarak varsayılmıştır. Veri analizi, grafik korelasyon -veri çalışması için bir başlangıç ve öngörülemeyen olayları not etmek için- ve analitik çoklu regresyon metoduyla yapılmıştır. Mevcut verilerin çok büyük bir kısmı sadece bazı eğilim işaretlerinin görülmesine olanak tanımıştır. Örneğin, sediment debisinin su debisi, pik akış, yağış miktarı ve yağış yoğunluğu ile arttığı bulunmuştur. Bu metot GUY (1964) tarafından tanımlanmış ve örneklerle açıklanmıştır. Bu metodun daha genel uygulanabilirliği, farklı hidrolojik karaktere sahip çok sayıdaki havza ve akarsularla kanıtlanmalıdır.

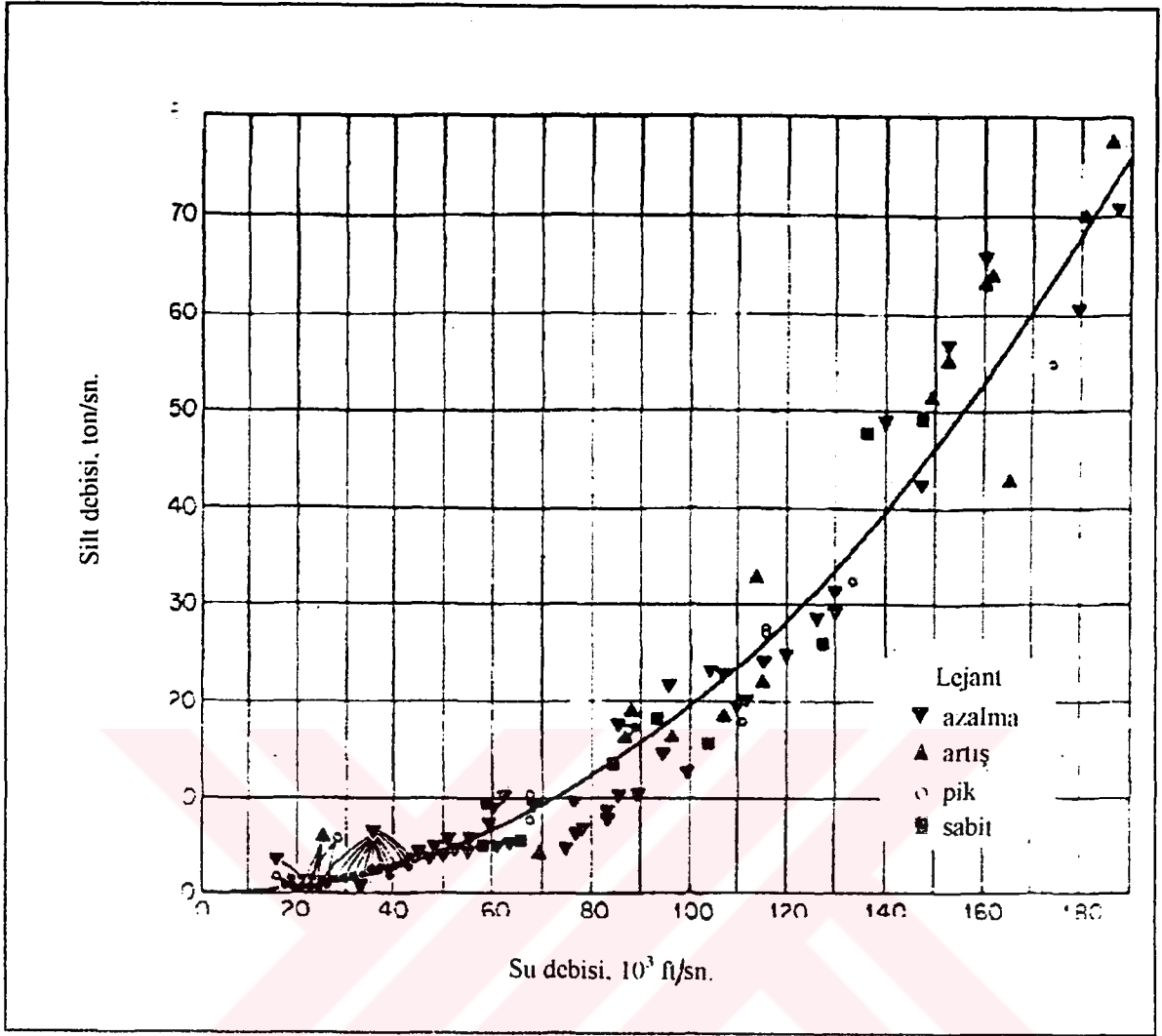
Yine de hidrolojik faktörlerin daha iyi anlaşılması, sediment debisi verilerinin yorumlanması ile elde edilebilir.

2.6.1 Akımın Sediment Taşınımına Etkileri

Akarsu sediment malzemesi taşıdığı için, kanala ulaştığı zaman akım ve onun sediment taşınımı ile ilişkisi incelenmelidir.

Sediment taşınım eğrileri, verilen bir akarsu için su debisi ile sediment debisini ilişkilendiren eğilerdir. Eğer yatak malzemesi debisinin sediment debisi ile aynı olduğu anlaşılırsa, bu ikisi fonksiyonel olarak bağılıdır ve mantıklı bir korelasyon beklenebilir. Gerçekte korelasyon tahmin edilebilir, yeterli yatak malzemesi yükünü sağlayan bir eşitlik bulunabilir. COLBY (1964) tarafından yapılan bir araştırmada, yatak malzemesi yüklerinin, en azından bazı durumlarda, ortalama hız \bar{u} ile, ortalama güç $\gamma R_h S$ \bar{u} ile ve/veya $R_h S$ değeriyle de korele edilebildiğine işaret etmiştir, toplam kayma gerilmesi $\gamma R_h S$ genellikle yeterli bir ölçü olarak dikkate alınmaz. (Böyle bir bilgiye dayanarak COLBY (1964) de yatak malzemesi debisinin pratik olarak hesaplanması için ampirik grafikler oluşturmuştur. Son zamanlarda MADDOCK (1959) benzer görüşleri sürmüştür.)

Ölçülen verilerle sediment-taşınım eğrileri oluşturmak için değişik akarsular üzerinde hidrolojik araştırmalar yapılmıştır. Bununla beraber akarsular için böyle bağıntılar, bu ölçümlerin doğru olarak belirlenmesinden ve sınırlamalardan etkilenirler.



Şekil 2.4 Missouri Nehri'nin Silt Taşınım Eğrisi (Graf, 1971)

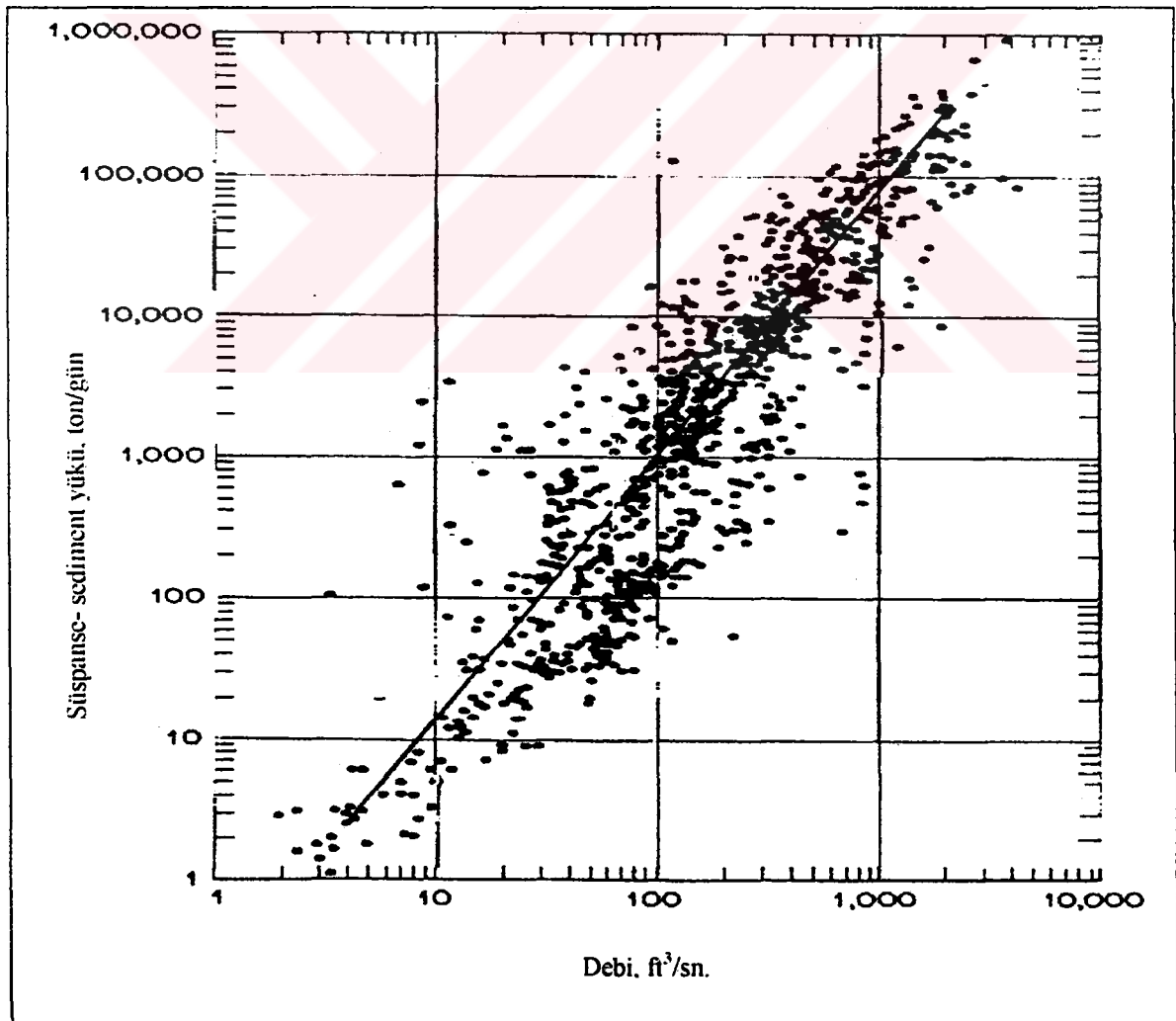
Yatak yükü örnekleri için ikna edici yaygın bir metot bulunmadığından, alan çalışmalarının bir çoğu sadece süspans malzeme ile ilgilidir. Üstelik öyle görünüyor ki süspans malzeme olarak söylenen, yatak malzemesi yükü ve yıkanmış malzemenin toplamının askıdaki oranıdır. Şimdiki görüş yatak malzemesi debisinin gerçekten debiye bağlı olduğu şeklindedir, oysa ki yıkanmış malzeme debi ile fonksiyonel bir ilişki sergilemez. Dolayısıyla süspans malzeme neden debinin bir fonksiyonu olmalıdır?

Kullanışlı bir bağıntının elde edilmesinin kesin olmamasına karşın bazı araştırmalar tartışmaya değerdir. STRAUB (1936) tarafından Missouri Nehri için bir silt-debisi taşınım eğrisi verilmiştir (Şekil 2.4). Askı malzemesinin iki yıllık günlük ölçümlerinin sonucu (açıkça süspans yük, yatak malzemesi yükü ve yıkanmış malzemenin toplamının oranıdır) ilk kez KENNEDY (1895) tarafından önerilen aşağıdaki bağıntı ile iyi bir şekilde korele edilebilir.

$$G_{ssm} = pQ^j \quad (1)$$

Burada G_{ssm} , ton/s olarak ölçülen askı malzemesi ve Q , m^3/s olarak su debisidir, üssün ise $j= 2.16$ olduğu bulundu. Bununla birlikte değişik hidrolojik faktörlere bağlı olarak belirli bir gün için askı malzemesinin ortalamadan çok fazla sapabildiği anlaşılmıştır, fakat aylık değerler iyi bir uyum içerisindedir. JAKUSCHOFF (1932) da Türkistan'da bazı akarsular için benzer bağıntılar elde etmenin mümkün olduğunu bulmuştur.

Şekil 2.5'te Powder Nehri için sediment yükünün debi ile bağıntısı verilmiştir, ki LEOPOLD (1953) vd. bunun tipik bir bağıntı olduğunu düşünmektedir. Şekil 2.5 açıkça göstermektedir ki askıdaki sediment ile debi arasında açıkça basit bir bağıntı yoktur. Verilen bir debi farklı hidrolojik olayların sonucu olabilir ; kar erimesinden , ortalama veya yoğun şiddette bir yağıştan veya değişik coğrafik boyut veya sürelerden vb. dolayı süspansediment yükü her durumda farklı olabilir.



Şekil 2.5 Powder Nehri'nin Sediment Taşınım Eğrisi (Graf, 1971)

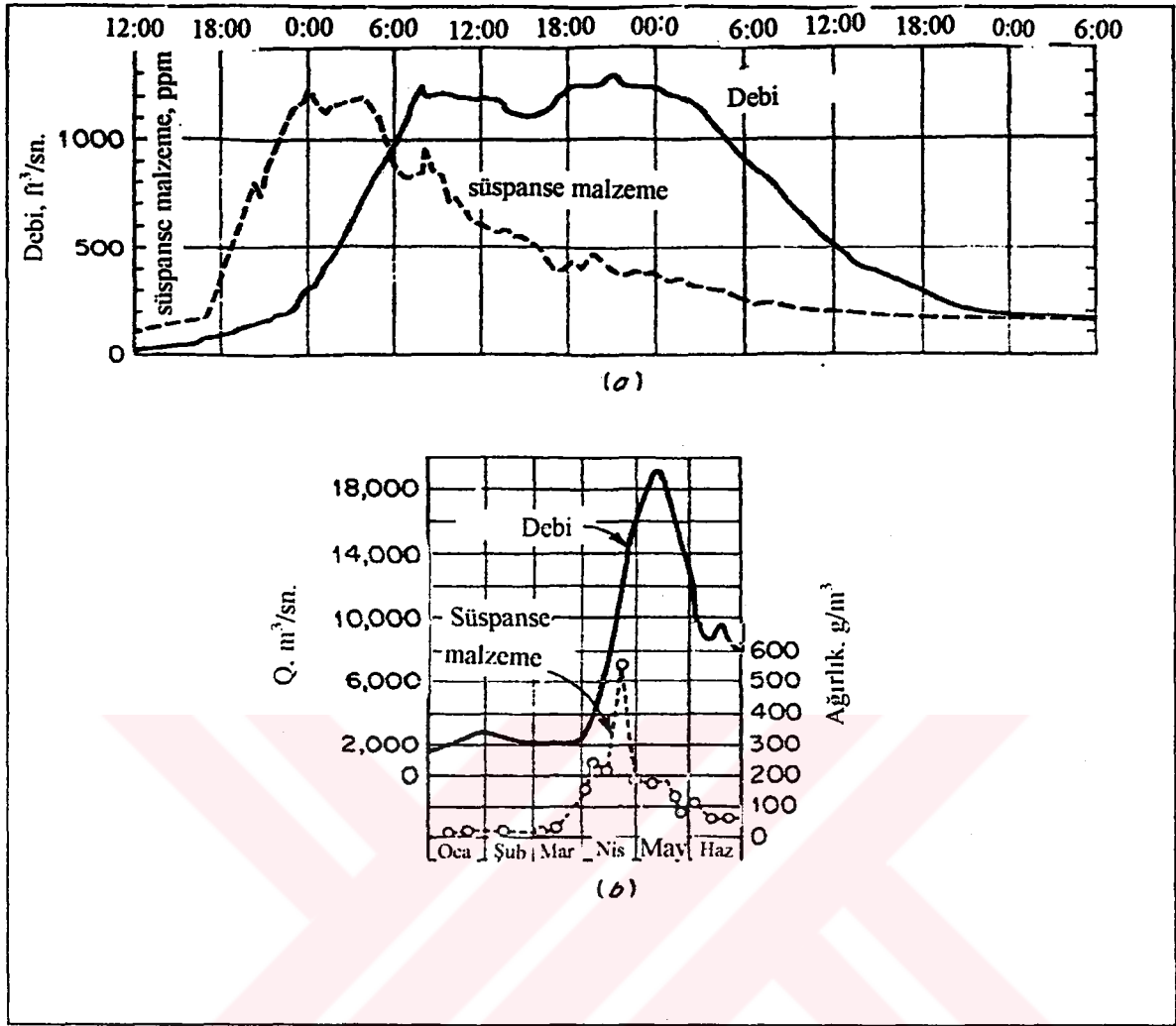
Buna rağmen LEOPOLD (1953) vd, (1)'deki gibi yazılan bağıntının kaba bir korelasyon verdiğini düşünmektedir. ABD'nin batı bölgelerindeki akarsular için j üssünün tipik değerleri 2 ve 3 arasında değişmektedir. Ayrıca verilen bir istasyon için süspansediment yükünün su debisinden daha hızlı olarak artması tipik bulunmuştur.

JAROCKI'nin (1963) esas olarak Sovyetler Birliği ve Polonya'daki bazı uzunluklara sahip ova akarsuları için sediment taşınım eğrilerini tartıştığı söylenebilir. Bazen anlamlı bir korelasyon çıkarmanın zor hatta imkansız olduğu bulunmuştur.

Süre giden tartışmalar eldeki tüm sediment taşınım eğrilerinin dikkatle kullanılması gerektiği açık sonucuna götürmüştür. Bunlar aylık ortalama veya yıllık ortalama sediment değerlerinin tahmini için yeterince açık sonuçlar sağlayabilir , fakat küçük ve homojen havzaların günlük tahmininde de iyi sonuçlar verebilirler. Son olarak NORGAARD'ın (1968) akarsu debisindeki belirsizlikler nedeniyle yatak hareketinin yükseldiği şeklindeki hipotezinden bahsetmek yararlıdır.

Sediment debisi ve su debisinin aynı anda yükselmediği veya alçalmadığı sık sık gözlenir. JAROCKI (1963) bunun iki etkenin nedenindeki farktan dolayı olduğunu söylemiştir. Nehir havzalarındaki yoğun sediment taşınımı maksimum debi ile ille de aynı zamanda oluşmaz. Küçük ve homojen havzalar için, her ikisi de akış veya yağıştan kaynaklandığından iki pik aynı zamanda meydana gelir. Büyük nehirler için, su hızı ve havzanın hidrolojik sistemine bağlı olarak sediment pik debisinin suyun pik debisinden önce geldiği sıkça söylenir. EINSTEIN (1940) ve diğerlerinin Enoree Nehri için yaptığı gözlemler, JAROCKI'nin (1963) Vistula ve Volga için yaptığı gözlemlerin ve NORDİN (1963) ve diğerlerinin Rio Grande için yaptığı gözlemlerin hepsi aynı eğilimi sergilemiştir. Enoree Nehrinde gözlenen iki günlük bir taşkın ve Volgada mevsimsel etki Şekil 2.6' da verilmiştir. Yaygın olarak bütün gözlemlerde süspansediment konsantrasyonunun su debisinden daha yavaş azaldığı gerçektir.

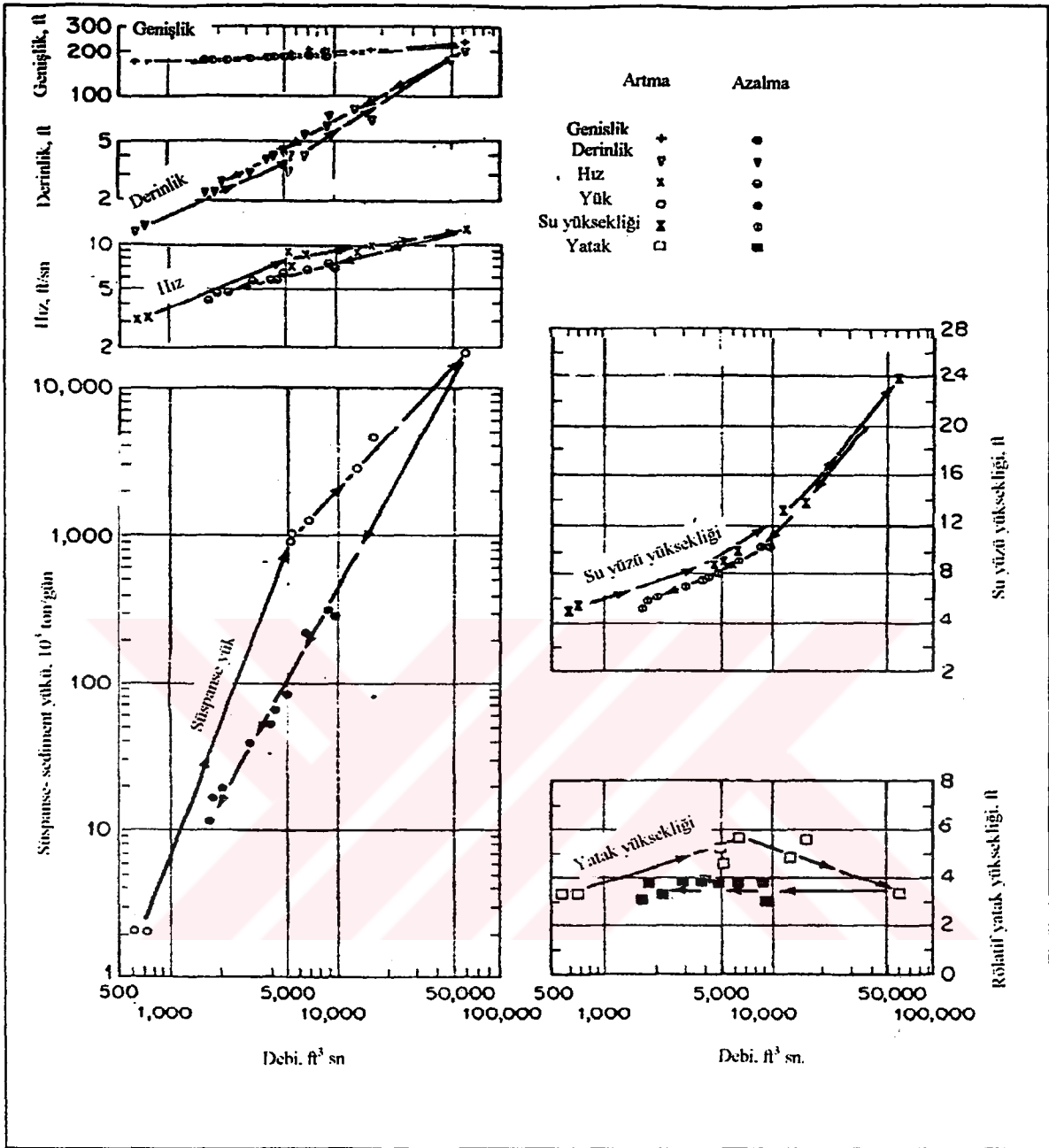
Bu araştırmalar sediment taşınım eğrilerine de ışık tutmuştur. Bir taşkın geçişi sırasında, süspansediment malzemesi histerik bir çevrim yapar ve aynı debide, süspansediment malzeme miktarı suyun artma aşamasında, suyun azalma aşamasından bir hayli daha büyüktür. Bu, Vistula için JAROCKI'nin (1963) yaptığı ve San Juan Nehri, Rio Grande ve Colorado Nehri için LEOPOLD (1953) vd.'nin yaptığı çalışmadan gözlenmiştir ve Şekil 2.7'de verilmiştir. Şekil 2.7 aynı zamanda hız, genişlik, derinlik, akarsu yatağı ve su yüzündeki değişimleri de gösterir, ki bunların hepsi histerik bir döngü gösterir.



Şekil 2.6 Hidrograf ve Süspanse-Sediment Eğrileri; (a) Enore Nehri, (b) Volga Nehri (Graf, 1971)

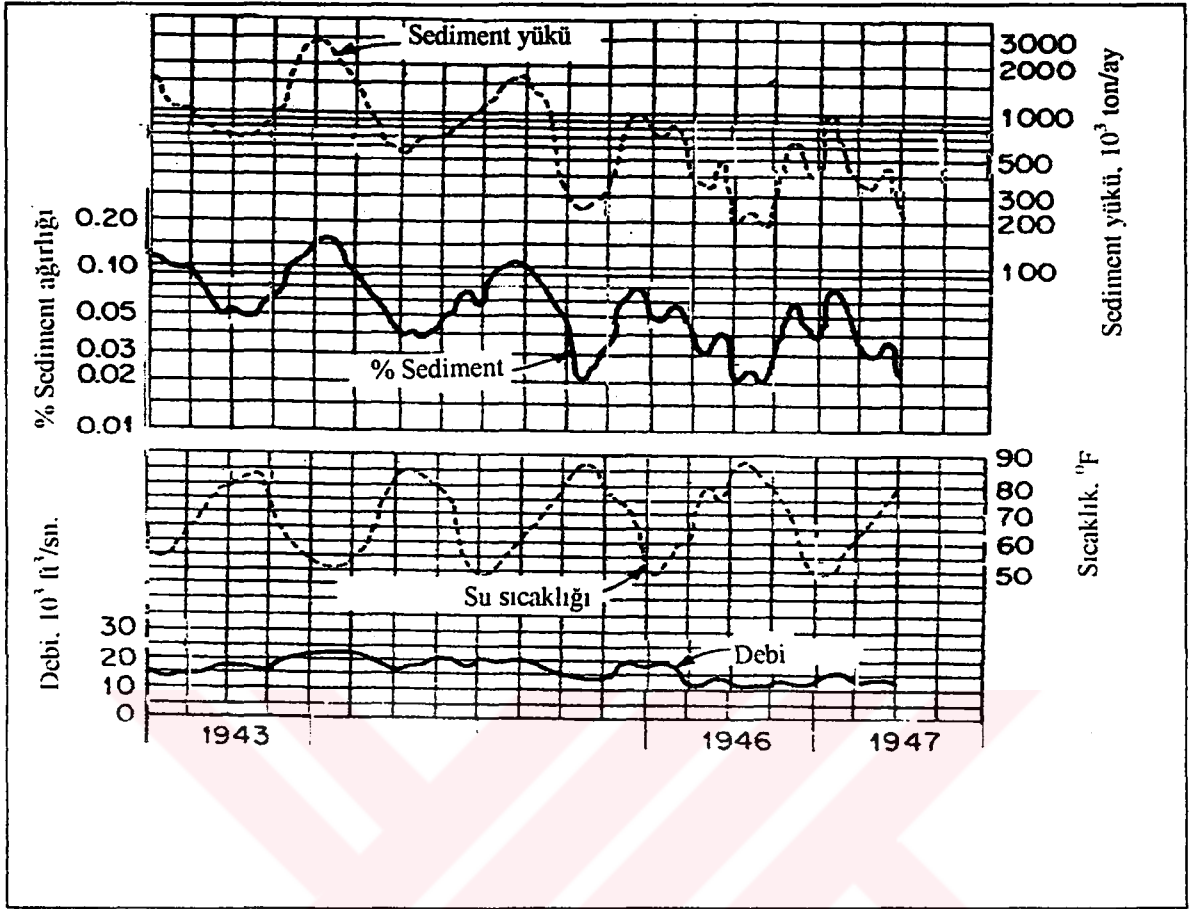
2.6.2. Sıcaklığın Sediment Taşımına Etkileri

LANE vd. (1949) ve COLBY vd. (1965) Colorado Nehri ve Niobrara için su sıcaklığının düşmesinden dolayı taşınan sediment miktarının arttığını söyledikten sonra araştırmacılar bu etkiye dikkat etmişlerdir. Aynı sonuç FRANCO (1968) tarafından, hareketli yatak modeli çalışmasından elde edilmiştir. Belki de bu olayın en dikkat çekici göstergesi Colorado Nehri için söylenmiştir, ki burada mevsimlik ve yıllık debi açıkça sabit kalmaktadır. Sediment yükündeki değişmelerin önemli bir miktarı, Şekil 2.8'den görüldüğü gibi su sıcaklığındaki değişmelerle iyi bir şekilde korele edilebilir. Sıcaklığın etkilerinin bir çoğunun nehir yatağından alınan sediment oranına bağlı olduğu düşünülmüştür.



Şekil 2.7 Bir Taşkının Süspansiyon-Sediment Yükü ve Diğer Hidrolik Parametrelere Etkisi (Graf, 1971).

Gerçekten COLBY vd. (1965) tarafından yapılan son bir araştırmada yatak malzemesi yükünün 40 °F da, 80 °F tın kabaca iki katı olduğu kanıtlanmaya çalışılmıştır. EINSTEIN (1950) tarafından yapılan, yatak malzemesi hesaplama anaizi şimdiye kadar yapılan en geniş kapsamlı araştırmayı temsil eder, bu analizi sıcaklığın etkilerini ortaya çıkarmak için kullanabiliriz. Hem su yoğunluğu ρ , hem de suyun kinematik viskozitesi ν suyun T sıcaklığına bağlıdır. Göz önüne alınan bütün pratik amaçlar için ρ yoğunluğunun aynı kaldığını varsayabiliriz, bu kuşkusuz ν kinematik viskozitesi için söylenemez.



Şekil 2.8 Sediment Yükü, Su Sıcaklığı ve Debinin Değişimi (Graf, 1971)

Viskozitedeki değişimler sediment taşınım probleminde önemli olan iki parametreyi etkileyecektir: laminer alt tabaka kalınlığı δ ve taneciklerin çökme hızı v_{ss} ; karman sabiti vb. diğer parametreleri de etkileyebilir. Laminer alt tabaka kalınlığına etkisinin az olduğu söyleniyor, fakat göz ardı edilemez. Dolayısıyla Ψ ve Ψ^* vasıtasıyla iki yolla kayma yoğunluğunun değişimine neden olacaktır ve böylece olası yatak şekli değişimiyle beraber yatak malzemesi sonuçlarında da değişimler beklenebilir. Sıcaklık değişimleri z süspansiyon dağılımı üssü ile gösterilebilir, çünkü bu üs çökme hızı v_{ss} ye bağlıdır. Sıcaklığın açık olan etkisi süspansiyon malzeme dağılımındaki bir değişimdir. Sıcaklığın etkilerinin gözlenmesi amacıyla yatak malzemesi yükü karşılaştırmalı bir şekilde hesaplanırsa –Şekil 2.3’de basit bir örnek için bu yapılmıştır – daha büyük debilerde hiç olmazsa su sıcaklığındaki düşüşle yatak malzemesi yükünün artma eğiliminde olduğu görülebilir. COLBY vd. (1965) tarafından yapılan kapsamlı bir araştırmada, sıcaklığın etkisinin sığ kanallarda küçük olduğu fakat derin, doğal akarsularda ise daha büyük olduğu

bulunmuştur. 0.5 mm den daha büyük çaplı sediment partiküllerinin yatak yükü üzerinde sıcaklıktan kaynaklanan etkisi azdır, fakat çap 0.5 mm den daha küçük ise çökmeyi kontrol eden viskoz kuvvetlerden dolayı etki bir hayli olabilir. Laboratuvar kanallarını çalıştıran FRANCO (1968), sıcaklığın etkilerinin en çok yatak şekli ve yatak pürüzlülüğü şeklinde ortaya çıktığı sonucuna varmıştır. Böylece sediment taşınım problemleri araştırmaları için sıcaklık ölçümlerinin dikkatli yapılması gerektiği sonucu çıkarılabilir.

2.6.3. Yağışın Sediment Taşınımına Etkileri

Yağışın akışın hidroligini etkilediğini ve sırasıyla başlangıç hareketi ve sediment taşınımı üzerinde etkiye sahip olduğunu beklemek oldukça mantıklı görünüyor.

Sığ kanal çalışmasında – sığ kanallarda akım büyük bir yağış periyodu esnasında sıkça oluşur- SMERDON (1964) yağıştan dolayı ortalama akış hızının düştüğü sonucunu çıkarmıştır. Bununla birlikte kritik kayma gerilmesi yavaşça artar ki bu, yağışın kanal yatağını aşındıran akış eğimini azaltması anlamına gelir ve sonuçta akıdaki sediment miktarı azalır (Graf, 1971).

2.7. Matematik Model Kavramı

Bir akarsu havzasına girdileri çıktılara dönüştüren bir sistem gözüyle bakılabilir. Sistem, belirli bir zaman süresi içinde giriş ve çıkış verileri arasında bağıntıyı gösteren gerçek ya da soyut bir yapı, düzenek, şema veya işlem olarak tanımlanabilir. Öte yandan, bir sistemin değişen koşullar altında davranışlarını incelemek, kontrol etmek ve geleceği hakkında tahminlerde bulunmak amacıyla modellerden yararlanılmaktadır. Klasik yaklaşımda, bir sisteme verilen girdilerin çıktısını tahmin etmek için, sistem içerisindeki süreçleri meydana getiren fiziksel kanunlar bir matematik girdi ile birlikte bu model içerisine dahil edilir ve sistem davranışı girdiyi alan ve çıktı haline dönüştürülen kavramsal bir eleman olarak da düşünülebilir (Görcelioğlu, 1982)

Matematik model; gözlenen, analiz edilen veya tahmin edilen bir olay veya oluşun, bir takım matematiksel bağıntılarla ifadesidir. Hiçbir oluş bütünüyle gözlemlenemediğinden her hangi bir matematiksel ifade bir takım belirsizlikler içermektedir. Bu nedenle, bir olay veya oluşu temsil için formüle edilen her hangi bir matematiksel model, bazı kavramsal büyüklüklere dayanacak ve modelin güvenilirliği bu büyüklüklerin ne olabileceğine veya gerçekleşmiş değerine bağlı olacaktır. Modelin gerçekleşmesi, modelin bilimsel olarak denenebileceği verilerin bulunmasına ve bu denemeleri yapmak için eldeki kaynakların kullanımına bağlı olacaktır.

Matematik model özünde sezgiye dayanır. Modelleme işlemi bir deneysel projelendirmedeki klasik düşünce işlemlerinin modern bir ifadesidir. Bu değerlendirmeyi sağlayan mekanizmalar, bilgisayar ve sistem analizi denen bir seri analitik tekniktir (Ağırlioğlu, 1984)



3. DİCLE HAVZASININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Su kaynaklarının planlanması, geliştirilmesi ve korunması için, incelenen alanın fiziksel ve sosyoekonomik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Çalışmanın bu bölümünde Dicle Havzası'nın doğal coğrafyası, jeolojisi, iklimi, sosyal ve ekonomik yapısı, su kaynakları, mevcut ve projelendirilmiş yararlı kullanımlar gibi özellikler verilmiştir.

3.1. Doğal Coğrafya

Dicle havzası Türkiye'nin güneydoğusunda bulunup $36^{\circ} 45'$ - $38^{\circ} 42'$ enlem ve Ayasofya başlangıcına göre $10^{\circ} 36'$ - $15^{\circ} 45'$ boylamları arasında bulunmaktadır. Doğuda İran devlet sınırı, kuzeyde Fırat ve Van kapalı havzası, batıda Fırat havzası, güneyde Fırat havzası Suriye-Irak devlet sınırı ile çevrilmiştir. Mestan ve Murtazan dağlarından başlayan Dicle nehri çeşitli kollar alarak Cizre civarında Türkiye topraklarını terkeder. Fırat nehri ile birleşerek Basra körfezine dökülür. Türkiye'de doğup sınırlarımız dışında ana yatağa karışan kolları ile birlikte toplam yağış alanı 52780 km^2 dir.

Havza topografyası genel olarak arızalı bir durum arz etmekte olup Sason dağları, Karacadağ (1919 m.), Raman dağı (1228 m.), Berhiv dağı (2593 m.), Körtük dağı (1055 m.), Mirismail dağı (2585 m.), Cillo dağları (4188 m.) ve Altındağ (3250 m.) havzanın önemli dağlardır. Havzanın en önemli akarsuyu Dicle nehridir. Kuzeyde Murtazan dağı ve Mestan dağlarını drene eden Kehkik ve Azizyan deresi ile başlayan Dibni suyu, Murat boyunca uzanan yüksek sıradağların güney eteklerini drene eden Halikan deresi, Fatrakum deresini alır. Amini mevkiinden itibaren Diyarbakır'a kadar dik ve derin bir vadiden akar. Halvıran civarında Furtaşko deresini alır. Bilahare sağ sahilde Göksu, Şeyhan ve Savur çaylarını alır. Sol sahilde Ambar çayı, Kuru çay, Salat çayı, Batman çayı, Garzan çayı, Botan çayı, Kızılsu ve Nerduş deresini alır. Cizre'den itibaren Türkiye-Suriye sınırını çizen Habur nehrini alır ve Irak topraklarına girer. Havzada 5542387 ha. ziraat arazisi mevcuttur. Bunun 428858 hektarı sulanabilir, 90459 hektarı muvakkaten sulanamaz, 34921 hektarı sulanamaz arazidir (DSİ, 1968).

3.2. Genel Jeolojik Özellikler

Dicle havzası değişen jeolojik ve topografik yapıya sahiptir. Havzanın çeşitli kısımlarında bütün jeolojik zamanlardaki oluşumlara rastlanır. Havza az yüksek bir plato görünümünde olup, bir çok çanaklaşmış havzalar ve alçak tepelerden oluşmuştur. Büyük bir püskürük kütle olan Karacadağ, Fırat ve Dicle havzalarının hemen hemen ortasında yer alan ve üçüncü zamanın sonlarında pliosen devresinde faaliyete geçmiş eski bir volkandır. Bir çok ağızdan lavlar yayarak oluştuğu için yatık ve az eğimlidir. Karacadağ'ın doğusunda

yer alan Diyarbakır, kuzeyden ve doğudan metamorfik Bitlis kütlesi ile güneyden ise Midyat-Mardin eşiği ile sınırlanmıştır (DSİ, 1971).

Çatak dolaylarında batıya doğru Bitlis masifine yakın Baykan'ın kuzey kesimlerini kaplayan Permien serileri genellikle gri ve beyazımsı renkli olup, yer yer koyu renkli kısımlara da rastlanır. Kalınlıkları 200 m. den fazladır. Ayrıca havzanın kuzeyinde Paleozoik metamorfik serileri geniş sahalara yayılmış bulunmaktadır. Hazro ilçesinin kuzeyinde görülen Trias, kumlu marnlı kalkerlerden ibaret olup kalınlığı 15-75 m. arasındadır. Raman ve Kurtalan yörelerindeki Jura-Kretase gri-siyah kalkerlerden ibaret olup, kaba dokulu, koyu renkli kalkerlerde yapılan petrol sondajlarında 400-1000 m. arasında kalınlık tespit edilmiştir. Bütün Güneydoğu Anadolu'daki Mezozoik kalkerlerini kokerdens ve yer yer hafif diskordansla örten germav formasyonu Şırnak ve dolaylarında geniş yer kaplar ve zengin linyit damarları ihtiva eder. Kalker ve konglomeralardan ibaret ve genellikle karasal çökeltilerden oluşan Gercüş formasyonu çok değişik kalınlıklar arz eder. Ortalama kalınlık 300- 400 m. dir. Cizre'nin güneydoğusunda Silopi bölgesi ve çevrelerinde görülen neojen serileri konglomera ve gre serilerinden ibarettir. Genellikle alt kısımları kısmen denizel, üst kısımları karasal fasiestedir. Alt kesimlerde miosenin kireçtaşları, pliosen ve yer yer kuarterner içine alan üst düzeylerde kumlu, çakıllı tabakalar bulunur (DSİ, 1980)

Dicle nehri ve kollarının teşkil ettiği geniş bir sahada görülen üst miosen yumuşak yapılı, gre, silt ve killerden ibaret olup en az 800 m. kalın tabakalar halindedir. Karışık bir tektonik yapıları olup, bol miktarda kıvrım ihtiva ederler. Genel olarak temeli teşkil eden Eosen kalkerleri ile beraber bulunurlar. Bismil ve civarındaki gre ve konglomera serileri ile Dicle nehrinin kolları arasında kalan kısımlar Plio-Kuarterner yaşlıdır. Bunlar Diyarbakır ovasında kil katkılı ve konglomeralar kalker çakıllıdır. Bu seri dağlardan sürüklenen çukur sahaları doldurulması ile oluşmaktadır. Kalınlık 250 m. kadardır.

Bugünkü düzeylerinden 50 m. kadar yüksekte bulunan Batman, Garzan ve Botan çay yatakları çevresinde eski alüvyonlar taraça şeklinde bulunmaktadır. Bunlar miosen üzerinde normal stratigrafik sıralamaya göre konkordans olarak bulunur. Ayrıca Dicle nehri sağ sahilinde 700 m. yükseklikteki taraçalar bazalt akıntıları üzerinde bulunur. En son oluşum olan yeni alüvyonlar nehir boylarında kum ve çakıl birikintileri ile özellikle Cizre ve Yüksekova düzlüklerini oluşturmuşlardır. Kalınlık yer yer 5-30 m. arasında değişmektedir (DSİ, 1980).

Havzanın kuzeyi ve kuzeydoğusu belirli zamanlarda depremlere maruz kalmıştır. Tektonik ve sismik durum itibarıyla birbirinden farklı birkaç bölge mevcuttur. Başlıca iki

büyük şariyajı mevcut olan Bitlis masifi bölgesinde bu şariyajların etkisi ile çeşitli itilmeler olmuştur. Bu bölge esas itibariyle bir deprem hattı üzerinde olmayıp Muş, Nemrut ve Malazgirt deprem bölgelerinin etkisindedir. Çeşitli yıllarda bu civarda meydana gelen depremler Bitlis bölgesinde de etkisini göstermiştir. Antiklinal ve senklinallerden ibaret kıvrımları bulunan, küçük çaptaki düzensiz kıvrımlardan başka normal, ters faylar ve şariyajlara raslanan Hakkari ve çevresini içine alan bu bölge sismik bakımdan aktif olmayıp şimdiye kadar önemli bir deprem olmamıştır.

Düz ova şeklinde bulunan Diyarbakır bölgesi, batıda Karacadağ volkanik kütlesi ile ikiye ayrılmıştır. Arap platformu Dicle'nin güneyine kadar sokulur ve muhtemelen Diyarbakır ovasının altına girer. Diyarbakır ovasının etrafında antiklinal eksenleri ve kıvrım sistemleri birbirinden ayrılarak yelpaze şeklini almıştır. Diyarbakır bölgesinde şimdiye kadar başka bölgelerin etkisi önemli olmayan hafif depremlere maruz kalmıştır. Güneydoğu Anadolu Alpin kıvrımlarının dış kenarını teşkil eden ve Diyarbakır'ın kuzeyinde uzanan kırık sistemini oluşturan Lice-Kulp bölgesinde sık sık depremlerin olduğu bir üst merkezler halindedir. Dicle havzasında yukarıda söz konusu bölgelerin dışında kalan kısımlar tektonik yapı itibariyle fazla arızalı olmayıp Alpin kıvrımlarının eksenlerine paraleldir. Sismik açıdan da yukarıdakilerin dışında önemli ve aktif bölgeler mevcut değildir (DSİ, 1971,1980).

3.3. Genel İklim Özellikleri

Havzada genel olarak Güneydoğu Anadolu bölgesinin sert karasal iklimi hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçer. Havzanın kuzeyindeki yüksek dağlar yöre iklimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kış mevsiminde buralarda oluşan yüksek basınç alanı yörede kış aylarının soğuk geçmesine neden olur. Güneydeki çöl ikliminin etkisinde olması ve kuzeydeki serin hava kütlelerinin güneye girememesi sonucu yaz ayları çok sıcak geçer. Ayrıca son yıllarda bölgede yapımı tamamlanan barajların etkisiyle nem oranında ve sıcaklığın tesirinde artışlar görülmüştür. Havzadaki uzun yıllar boyunca gözlenen en yüksek sıcaklık 1937 yılı Temmuz ayında Diyarbakır'da 46,2 °C olarak, en düşük sıcaklık ise 1933 yılı Ocak ayında Diyarbakır'da -24,2 °C olarak ölçülmüştür. Havzada yıllık sıcaklık ortalaması 15-17 °C arasındadır (Diyarbakır: 15,8 °C, Batman: 16,1 °C, Siirt: 15,9 °C). Yıllık ortalama yağış miktarı ise 450 mm ile 750 mm arasında değişmektedir (Diyarbakır: 494,4 mm, Batman: 534 mm, Siirt: 726,5 mm). Karla kaplı gün sayısı 12 ile 17 gün arasında, donlu günlerin sayısı ise 45 ile 62 gün arasında değişmektedir (DMİ, 2002).

3.4. Su Kaynakları

Havzanın yüzeysel su kaynaklarını genellikle akarsular oluşturmaktadır. Pınar ve göl olarak önemli bir su kaynağı yoktur. Havzanın başlıca su kaynaklarını Dicle Nehri, Batman Çayı, Garzan Çayı, Devegeçidi Baraj Gölü ve Botan Gölü oluşturmaktadır. Dicle Havzası'nda yer alan yüzeysel su kaynakları ile ilgili açıklayıcı bilgiler aşağıda bölümler halinde verilmiştir. Şekil 3.4'de Dicle Havzası'ndaki akarsular gösterilmiştir.

3.4.1. Dicle Nehri

Türkiye'nin Fırat Nehri'nden sonraki ikinci büyük nehridir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ortalarında yer alan ve Fırat Havzası ile Dicle Havzasının yağışlı alanlarını ayıran Karacadağ'ın doğusunda yer almaktadır. Dicle Nehri, Dicle Havzasını Murat Havzasından ayıran Hazar Gölü yakınlarında bulunan Karaoğlan dağlarından doğar. Güneye doğru akan Dicle Nehri, Diyarbakır'ın hemen güneyinde doğuya doğru yönelir, bu arada Dicle Nehri'nin bu ana koluna kuzeyden Anbarçayı, Pamukçay, Salat Çayı, Batman Çayı, Garzan Çayı; batıdan Devegeçidi Çayı; güneyden ise Dankıran Deresi, Pamukluk Deresi, Göksu Çayı, Kuşi Deresi ve Savur Çayı katılır. Doğudan Botan kolunu aldıktan sonra Botan'la birleştiği noktanın hemen aşağısında, Razuk'ta güneydoğu yönünde akarak Cizre'ye varır. Cizre'nin aşağısında Suriye sınırı boyunca akarak Irak topraklarına girer (DSİ, 1980; DPT,1990).

Dicle Nehir sisteminde nehrin havza alanı 38.295 km², uzunluğu ise 430 km. dir. Dicle Nehri ana kol üzerinde en aşağıda bulunan istasyon Cizre istasyonudur. Cizre'de yıllık ortalama yağış hacminin 1946-1983 dönemi ortalaması itibariyle $16,8 \times 10^9$ m³ olduğu tahmin edilmiştir. Dicle Nehri'nde akım değişik dönemlerde farklılıklar göstermektedir. 1958-1962 yılları arasındaki kritik dönemde en kurak yıl olan 1961'de yıllık akış hacmi $7,89 \times 10^9$ m³ olup, bu 38 yılın yıllık ortalamasının %47'sine karşılık gelmektedir. 1970-1975 yılları arasındaki ikinci kritik dönemdeki 1973 yılında yıllık akış hacmi yıllık ortalama akışın %58'i oranında ve $9,67 \times 10^9$ m³ olmuştur. En yağışlı yıl olan 1969 yılında yıllık akış hacmi $34,34 \times 10^9$ m³'le yıllık ortalamasının %204'ü oranında gerçekleşmiştir. Cizre'deki mevsimlik debi değişimleri de Nisan ve Eylül'de %260 ile %23 arasında değiştiği gözlenmiştir.

3.4.2. Batman ve Garzan Çayı

Batman Çayı Muş ilinin güneybatısındaki Kulp ve Sason ilçeleri civarındaki kollardan beslenir. Bu kolları Lice ilçesinin doğusunda sırasıyla Sarım Çayı, Kulp ilçesini yakınlarından geçen Kulp Çayı, Taleri Çayı ve Sason ilçesinin içinden geçen Sason Çayı'dır. Bu Çaylar güneye doğru akarak Diyarbakır-Siirt yolu üzerinde ve Silvan'a 20 km.

uzaklıktaki Malabadi köprüsünün yaklaşık 7 km. kadar yukarısında Batman Çayı'nı oluştururlar. Batman Çayı güneye doğru akarak Dicle Nehri'ne katılır. Batman Çayı'na ait su toplama havzasının yağış alanı $4150,2 \text{ km}^2$ olup, Batman Malabadi köprüsü istasyonundaki yıllık ortalama akımı $3816,61 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür.

Garzan Çayı, Bitlis ilinin Mutki ilçesinin batısındaki ufak kollar ve Keyburan suyu ile beslenerek Kozluk ilçesinin yaklaşık 1 km. yakınından geçerek güneybatıya doğru akar. Diyarbakır-Kurtalan demiryolu üzerindeki Beşiri ilçesine 1,5 km. uzaklıktaki Beşiri istasyonundan güneydoğuya doğru kıvrılarak Dicle Nehri'ne katılır. Bu çaya ait Beşiri istasyonundaki yağış alanı $2450,4 \text{ km}^2$ olup, yıllık ortalama akımı $1649,66 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür (DSİ,1980).

3.4.3. Botan Çayı

Dicle havzasının kuzeydoğusunda Van ili sınırları içinde yer alan Çatak deresi, bunun batısında Mukus Çayı, Bitlis ili karasu ilçesinin yakınından geçen Ankis deresi suları Botan çayının kollarını oluşturur. Botan Çayı'nın kuzeybatısında Kezir Çayı ve Bitlis Çayı, Siirt-Eruh yolunun 20. km.'sindeki Billoris ölçüm istasyonundan hemen sonra Botan Çayı'nın suyu ile birleşerek güneye doğru akar ve Dicle Nehri'ne katılır. Ayrıca Botan Çayı üzerinde 2 km^2 yüzey alanına sahip Botan Gölü bulunmaktadır. Botan Çayı'nın yağış alanı 7989 km^2 olup, Billoris istasyonunda su toplama havzasına ait yıllık ortalama akım $4482,57 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'tür (DSİ, 1980).

3.4.4. Devegeçidi Baraj Gölü

32 km^2 'lik yüzey alanına sahip olup, en derin yeri 27 m.'dir. Diyarbakır'a yaklaşık 20 km. uzaklıktaki Boğaz Çayı, Gevrik Çayı ve Devegeçidi çaylarının sularını toplayan Devegeçidi baraj gölü 1607 km^2 'lik yağış alanına sahiptir. Sulama amaçlı barajın aktif depolama hacmi $195 \times 10^6 \text{ m}^3$, sulama alanı 7500 hektardır (DSİ, 1980; DPT, 1990).

Ayrıca havza sınırları içerisinde Diyarbakır'ın, Çüngüş ilçesinde 1987 yılında işletmeye açılan ve kurulu gücü 1800 MW olan enerji amaçlı Karakaya Barajı, Dicle ilçesinde 1998 yılında işletmeye açılan ve kurulu gücü 94 MW olan yine enerji amaçlı Kralkızı Barajı ve Çınar ilçesinde bulunan 1996 yılında işletmeye açılan 3582 hektarlık sulama alanına sahip olan sulama amaçlı Göksu Barajı bulunmaktadır (DSİ, 2003)

4. MATERYAL VE METOT

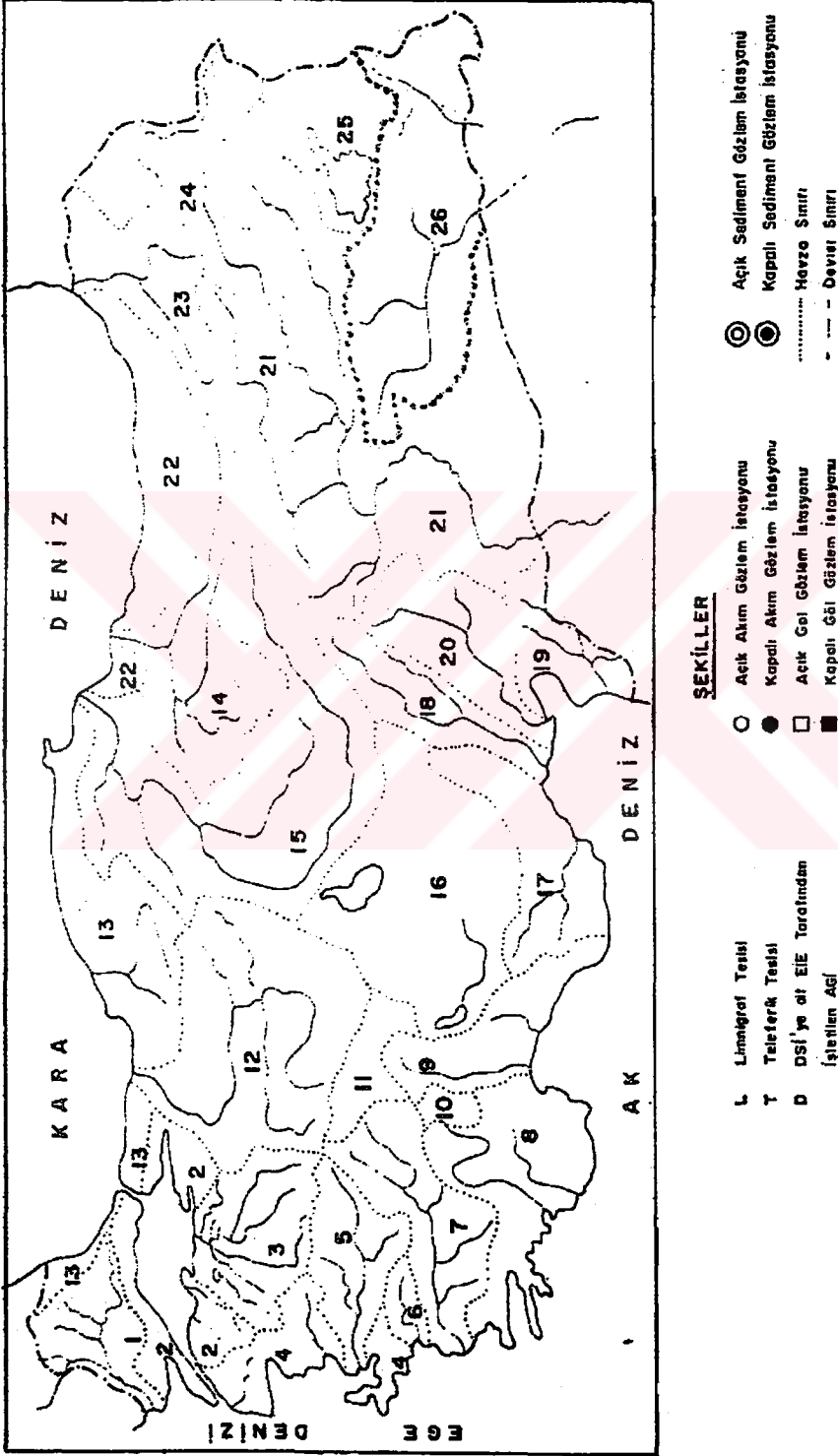
4.1. Materyal

Çalışmada Botan Nehri modelleri için 225 aylık, Garzan Nehri modelleri için 246 aylık ve Dicle Nehri modelleri için 330 aylık yağış, sıcaklık, akım ve süspanse- sediment verileri kullanılmıştır. Bu verilerden, yağış ve sıcaklık verileri DMİ Diyarbakır Bölge Müdürlüğü'nden, akım ve sediment verileri ise EİE tarafından yayınlanan "Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri Ve Sediment Taşınım Miktarları" yıllıklarından alınmıştır. Çalışma için, Dicle Havzası sınırlarında bulunan 17210 nolu Siirt istasyonunun, 17282 nolu Batman istasyonunun ve 17281 nolu Diyarbakır meteoroloji istasyonunun sırasıyla Botan Çayı, Garzan Çayı ve Dicle Nehri havzalarını temsil edebilecekleri düşünülerek bu istasyonların yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Yine çalışma için Botan Çayı, Garzan Çayı ve Dicle Nehri üzerindeki sırasıyla 2626, 2603 ve 2605 nolu istasyonların akım ve sediment değerleri kullanılmıştır. Bu akarsulardan sadece Dicle Nehri üzerinde yapımı 1972 yılında tamamlanan Devegeçidi Barajı ve yapımı 1997 yılında tamamlanan Dicle ve Kralkızı Barajları bulunmaktadır.

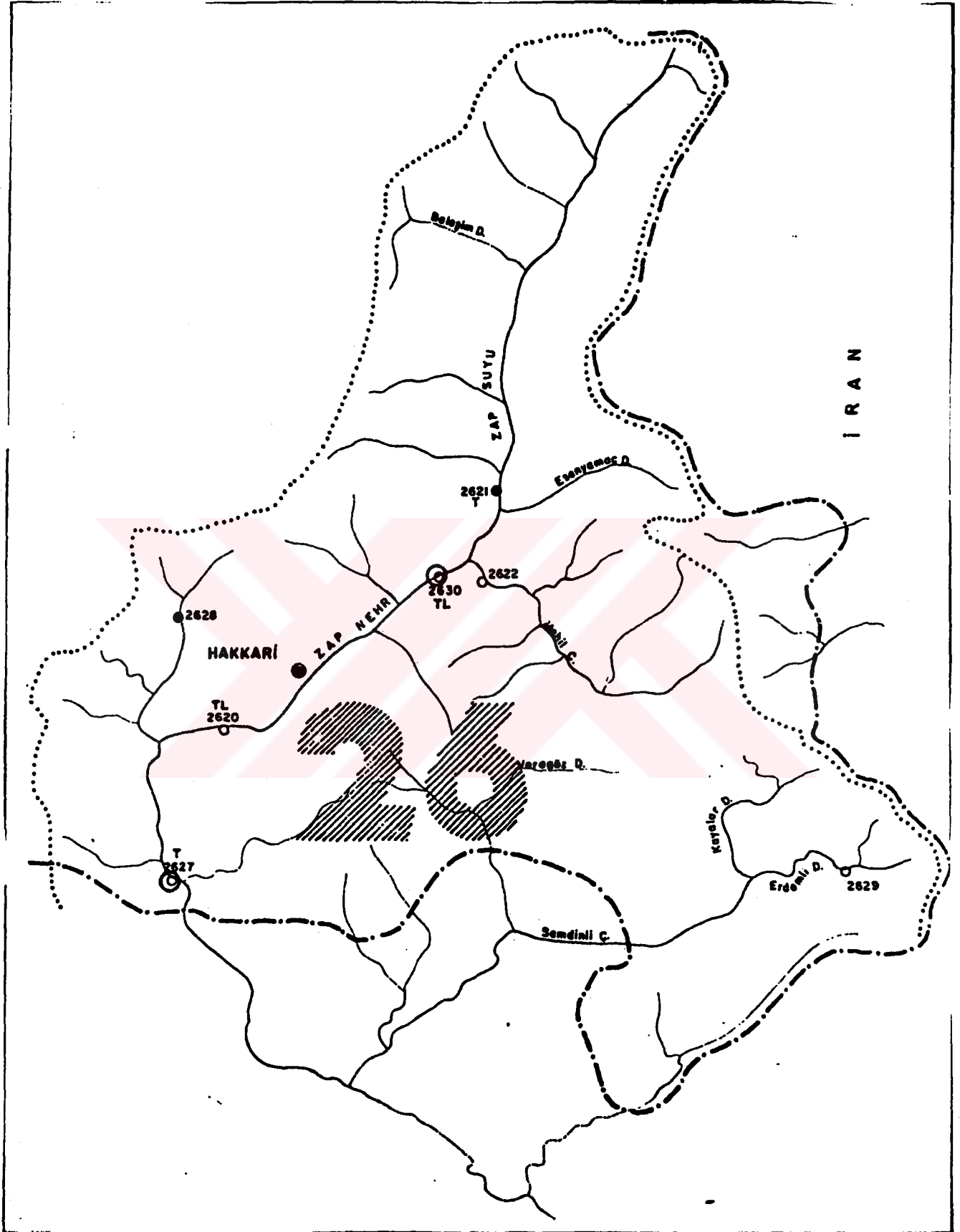
Yukarıda bahsedilen istasyonlarda ölçülen parametrelerin uzun dönem ortalamaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1 Botan Çayı, Garzan Çayı ve Dicle Nehri'nin Ortalama Akım ve Sediment Miktarları ile Bunların Yağış Havzalarına Ait Ortalama Yağış ve Sıcaklık Değerleri (DMİ, 2003; EİE, 2002)

Parametre Akarsu	Yağış (kg/m ²)	Sıcaklık (°C)	Akım (m ³ /s)	Sediment Miktarı (Ton/yıl)
Botan Çayı	67,63	13,9	150,00	4282671
Garzan Çayı	41,51	16,6	71,20	2704509
Dicle Nehri	40,64	15,8	50,40	688305



Şekil 4.1 Havzaları Gösteren Anahtar Harita



Şekil 4.3 Dicle Havzası – 2

4.2. Metot

Dicle Havzası akarsularında taşınan uzun dönem sediment miktarlarının matematiksel modellenmesi çalışmasında iki ayrı matematik model metodu kullanılmıştır. Bunlardan ilki klasik bir metot olan Regresyon Analizidir, diğeri ise son yıllarda hidrolojide yaygın olarak etkin bir şekilde kullanılan Yapay Sinir Ağları metodudur.

Çalışmada, Dicle Havzasında bulunan Botan Çayı, Garzan Çayı ve Dicle Nehrinde taşınan süspanse-sediment miktarlarının, ilişkili olduğu düşünülen hidrolojik parametreler (yağış, sıcaklık ve akım) kullanılarak matematik modelinin kurulması amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde DMİ'den alınan yağış ve sıcaklık verileri ile EİE'den alınan akım ve sediment değerleri kullanılarak her bir akarsu için, sediment ile yağış, sıcaklık ve akım parametrelerinin değişik kombinasyonları arasında bulunabilecek lineer ve non-lineer ilişkiler temelinde, Regresyon Analizi (RA) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) metotları kullanılarak modeller kurulmuş, bu modeller birbirleriyle karşılaştırılmış ve geçerliliği araştırılmıştır.

Söz konusu modeller; sediment-yağış (S-P), sediment-sıcaklık (S-T), sediment-akım (S-Q), sediment-yağış-sıcaklık (S-P-T), sediment-yağış-akım (S-P-Q), sediment-sıcaklık-akım (S-T-Q) ve sediment-yağış-sıcaklık-akım (S-P-T-Q) modelleri olup, bu modellerin her biri için RA ve YSA metotları olmak üzere iki değişik matematik model metodu kullanılarak, her bir akarsu için toplam 14 model kurulmuştur.

Bu modellerin tümünde taşınan sediment miktarı bağımlı değişken; yağış, sıcaklık ve akım değerleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

Söz konusu verilerin bir kısmı modelin parametrelerinin belirlenmesinde (eğitim aşamasında), geri kalan kısmı ise modelin geçerliliğini belirlemek amacıyla test (tahmin aşamasında) için kullanılmıştır. Bu sebeple Botan Çayı için 225 veriden 125 tanesi modelin parametrelerinin belirlenmesinde, 100 tanesi de modeli test için; Garzan Çayı için 246 veriden 146 tanesi modelin parametrelerinin belirlenmesinde, 100 tanesi de modeli test için; Dicle Nehri için ise 330 veriden 165 tanesi modelin parametrelerinin belirlenmesinde, 165 tanesi de modeli test için kullanılmıştır. Aşağıda kullanılan metotlar ve modellerin kurulması ile ilgili ayrıntılı bilgi verilmiştir.

4.2.1 Regresyon Analizi

Regresyon analizinin amacı iki (ya da daha çok) rastgele değişken arasındaki istatistik ilişkinin biçimini (matematik ifadesini) belirlemek, değişkenlerden birinin (bağımlı değişkenin) değişiminin diğer değişken(ler)in (bağımsız değişkenler)

değişiminden kaynaklanan yüzdesini hesaplamak ve bağımlı değişkenin değerini bağımsız değişken(ler)in bilinen değerine dayanarak tahmin etmektir.

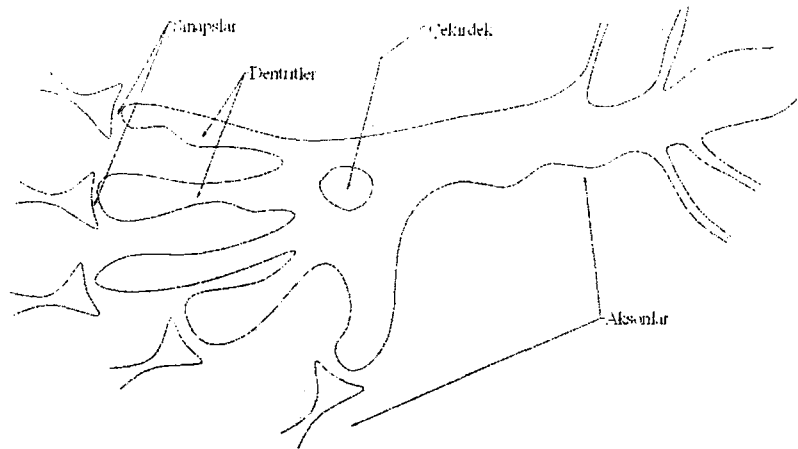
Y bağımlı değişkeni ile X_1, X_2, \dots bağımsız değişkenleri arasındaki istatistik ilişki genel olarak

$$Y = f(X_1, X_2, \dots) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilebilir, burada f herhangi bir fonksiyondur. Yukarıdaki regresyon denklemi fonksiyonel bir ilişkinin denklemi ile aynı biçimde olmakla birlikte farklı bir şekilde yorumlanacaktır. İlişkinin istatistik karakteri nedeniyle X_1, X_2, \dots 'nin bilinen değerlerine karşı Y'nin tek bir değer alması beklenemez. Yukarıdaki denklem bağımsız değişkenlerin bilinen değerlerine karşı Y'nin alabileceği değerlerin en iyi tahminini (beklenen değerini) göstermektedir (Bayazıt, 1996).

4.2.2 Yapay Sinir Ağları

En genel anlamda sinir ağları, insan beynindeki nöronlara benzer olarak meydana getirilen yapay nöronların değişik bağlantı geometrisi ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşan karmaşık sistemlerdir. Aşağıdaki şekilde bir biyolojik sinir hücresi görülmektedir. Biyolojik nöron, bir çekirdek, gövde ve iki türlü uzantıdan oluşmaktadır. Bunlardan kısa ve dallanmış olan Dentrit giriş bilgilerini alır, uzun ve tek olan Akson ise çıkış bilgilerini diğer nöronlara taşır. Akson ve Dentritin birleşim yerine Sinaps adı verilir. Bunlar nöronlardan aldığı sinyalleri değerlendirirler ve eşik değeri üzerinde bir giriş varsa bir sonraki hücreye iletirler.



Şekil 4.4 Bir Biyolojik Sinir Hücresinin Yapısı

Yapay Sinir Ağı teknolojisi hesaplamalarda tamamen farklı bir yaklaşım getirmektedir. YSA'lar, paralel hesaplama tekniğinin bütün avantajlarını kullanabilen ve algoritmik olmayan bir metottur. Bunlar belirli bir problemi, programlama yerine doğrudan olarak mevcut örnekler üzerinden eğitilerek öğrenirler. Ayrıca YSA, klasik bilgisayar belleği gibi belirli bilgileri belirli yerlerde saklama yerine, öz şeklindeki bilgileri nöronlar arasındaki bağlantılar üzerindeki ağırlık değerleri ile ağ üzerine dağıtarak saklarlar (Baylar vd., 1999).

Zaman serisi analizinde kullanılan mevcut tekniklerin çoğu, değişkenler arasında lineer ilişkiler olduğunu kabul etmektedir. Gerçekte ise verideki zamansal değişiklikler basit düzenli hareketler göstermemekte olup analizleri ve doğru bir şekilde tahmin edilmeleri zor olmaktadır. Bu tip verilerin lineer tekrarı ve veriyi tanımlayıcı kombinasyonları genelde yetersiz kalmaktadır. Yapay Sinir Ağları (YSA) gibi lineer olmayan modellerin gözlenen zaman verilerinin analizinde kullanılmaları uygun gözükmemektedir. YSA kendisine verilen örnekler üzerinde kendini eğiterek bir çözüm sistemi geliştirmektedir. Bu metot, modelin nasıl bir yapıya sahip olacağı ya da çalışacağı konusunda önceden belirlenmiş bazı fikirleri içermemektedir. Bir tür kapalı kutu modeli olarak tanımlanabilecek bu metot farklı seviyelerde genelleştirmeler sağlama özelliği ile esnek bir yaklaşım sunmaktadır ve küçük veri setlerinden mantıklı bir çözüm üretebilmektedir. Modelleyicinin veri girdileri üzerinde kontrolü bulunmakta olup ilgisiz değişkenler belirlenebilmekte veya model oluşma sürecinde ayıklanabilmektedir.

YSA'nın su kaynaklarında sıkça karşılaşılan değişik problemlere uygulanması ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Lineer olmayan YSA yaklaşımının yağış-akış ilişkisini iyi temsil ettiği gösterilmiştir (Hsu vd., 1995; Mason vd.,1996; Minns ve Hall,1996; Fernando ve Jayawardena, 1998). Tokar ve Johnson (1999) YSA teknolojisini günlük akımların; günlük yağış, sıcaklık ve kar erimesi verilerinin fonksiyonu olarak kestiriminde kullanmışlardır. Campolo vd. (1999a,b) YSA'nı yoğun yağış ve düşük akım süreçlerinde nehir akım kestiriminde kullanmışlardır (Ranjithan vd., 1993; Rogers ve Dowla, 1994). Raman ve Sunilkumar (1995) YSA'nın sentetik rezervuar akım serileri türetilmesinde kullanılabilirliğini incelemişleridir. Boogaard vd. (1998) otoregresif sinir ağlarını geliştirerek zaman serilerinin lineer olmayan analizinde ve modellenmesine uygulamışlardır. See ve Openshaw (1998) sinir ağlarını ve bulanık mantığı kestirim konusunda birlikte kullanmışlardır. YSA ayrıca birim hidrograf elde edilmesinde (Lange,

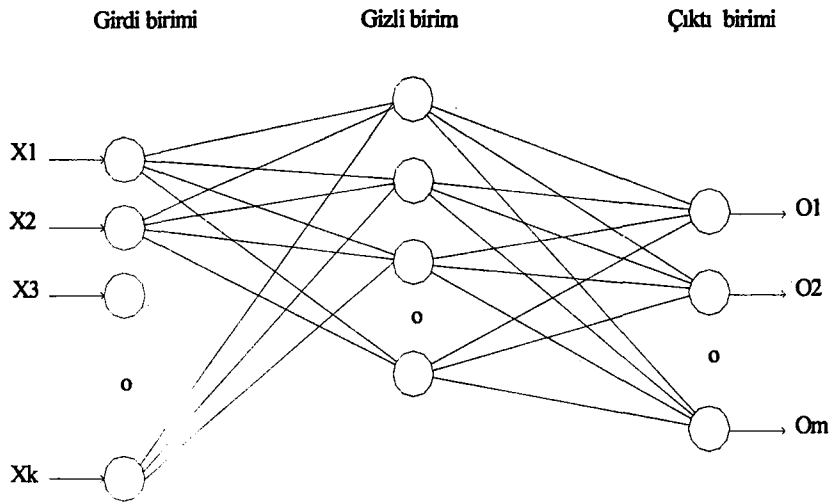
1998), bölgesel taşkın frekans analizinde (Hall ve Minns, 1998), kanalizasyon akımlarının tahmininde (Djebbar ve Alila, 1998) olumlu sonuçlar vermiştir. Cıgızoğlu (2001a,b) bu metodu sediment konsantrasyonu tahmini problemine uygulamıştır.

4.2.2.1 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Bir yapay sinir ağında girdi, gizli ve çıktı birimleri olmak üzere üç farklı birim bulunmaktadır. Her birim bir çok nörondan oluşmakta olup birimler aralarında ağırlık kümeleri ile bağlanmaktadır. Bağlanma şekli ve her kısımdaki nöron sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki nöronlar arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. Nöronlar girdiyi ya başlangıç girdilerinden ya da ara bağlantılardan alırlar. İlk etapta YSA'nın verdiği çıktı değer(ler)i ile gözlenen gerçek değer(ler) arasındaki hata miktarı fazla olacağı için ağırlık hatalarının geriye yayılması prensibine göre bağlantı ağırlıklarının yenilemesi gerekir. Geriye doğru hata yayılması iki etaptan oluşmaktadır: çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalini hesaplamak için girdi nöronlarındaki dış girdi bilgisini ileriye doğru ileten bir ileriye doğru besleme etabı ile çıktı birimindeki hesaplanan ve gözlenen bilgi sinyalleri arasındaki farklara dayanarak bağlantı kuvvetleri üzerinde değişikliklerin yapıldığı bir geriye doğru ilerleme etabı.

Bir eğitim sürecinin başında, bağlantı kuvvetleri rastgele değerler olarak atanmaktadır. Öğrenme algoritması her iterasyonda eğitim başarı ile tamamlanana kadar kuvveti değiştirmektedir. İterasyon süreci bir sonuca vardığında bağlantı kuvvetleri, eğitim sürecinde kullanılan örneklerdeki mevcut bilgiyi elde eder ve saklar.

Yeni bir girdi grubu sunulduğunda, ileriye doğru besleme ile sinir ağının bağlantı kuvvetlerindeki öğrenilmiş ve saklanan bilgi sayesinde bir çıktı grubu elde edilir (Cıgızoğlu, 2001).



Şekil 4.5 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Her birinin girdi nöronlarında X_i , $i=1, \dots, k$ girdi değerleri, çıktı nöronlarında da T_n , $n=1, \dots, m$ çıktı değerleri kümesi bulunan toplam N adet girdi grubu bulunmaktadır. Girdi değerleri gizli nöronlardaki ilk ara bağlantı ağırlıkları, w_{ij} $j=1, \dots, h$ ile çarpılmakta ve sonuçlar i indeksi boyunca toplanmakta ve gizli birimlerin girdileri olmaktadır, örneğin;

$$H_j = \sum_{i=1}^k w_{ij} X_i \quad j=1, \dots, h \quad (3)$$

Burada H_j , j gizli nodunun girdisi, w_{ij} ise i nöronundan j nöronuna doğru olan bağlantı ağırlığıdır. Her gizli nöron bir dönüşüm fonksiyonu (sigmoid, gauss, polinom,...) yardımıyla bir gizli nöron çıktısı HO_j oluşturmaktadır. HO_j uygulanan dönüşüm fonksiyonuna bağlı olarak şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$HO_j = f(H_j) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{(H_j + b_j)}{\theta}}} \quad \text{sigmoid fonksiyonu,} \quad (4)$$

$$HO_j = f(H_j) = ae^{\frac{-(H_j + b_j)^2}{c}} \quad \text{gauss fonksiyonu.} \quad (5)$$

Burada H_j nöronun girdisi, $f(H_j)$ nöron çıktısı, b_j başlangıç veya taraflılık değeri, θ fonksiyon eğimini ayarlayan parametre, a ve c ise gauss fonksiyonunun parametreleridir. θ , a ve c parametreleri probleme uygun olarak modelleyici tarafından seçilir, b_j başlangıç değeri ise ağırlıklarla aynı şekilde öğrenilecektir. HO_j çıktısı bir sonraki birimin girdisi olmakta ve bu işlem çıktı birimine ulaşıncaya kadar devam etmektedir. m adet çıktı nöronlarına ulaşan girdi şu şekilde bulunmaktadır:

$$IO_n = \sum_{j=1}^h w_{jn} HO_{jn} \quad n=1, \dots, m \quad (6)$$

Bu girdi değerleri daha önce tanımlanan sigmoid/gauss fonksiyonu tarafından işlenerek sinir ağı çıktı değerleri O_n elde edilmektedir. Daha sonraki ağırlık düzenlemesi ya da öğrenme süreci geriye doğru yayılma algoritması ile sağlanmaktadır. Çıktı birimindeki O_n , hedef değeri T_n ile aynı olmayacaktır. Her girdi grubu için hata karelerinin toplamı e_p , p 'inci girdi grubu için şu şekilde bulunmaktadır:

$$e_p = \sum_{n=1}^m (T_n - O_n)^2 \quad (7)$$

Ortalama sistem hatası ya da ortalama kare hatası (OKH) E , bütün girdi grupları için şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{p=1}^N \sum_{n=1}^m (T_{pn} - O_{pn})^2 \quad (8)$$

Burada T_{pn} , p 'inci grup için T_n hedef değeri, O_{pn} ise p 'inci grup için O_n çıktı değeridir. Geriye doğru yayılma algoritmasının amacı ortalama kare hatasının iterasyonla en aza indirilmesidir. Bu önce çıktı birimindeki her nöron için δ_n hata gradyanının hesaplanması ile gerçekleştirilir:

$$\delta_n = O_n (1 - O_n) (T_n - O_n) \quad \text{sigmoid fonksiyonu,} \quad (9)$$

$$\delta_n = O_n \sqrt{-\log O_n} (T_n - O_n) \quad \text{gauss fonksiyonu.} \quad (10)$$

Gizli birimlerdeki her nöron için δ_j hata gradyanı ise bir sonraki birimdeki hataların ağırlıklı toplamının hesaplanması ile bulunmaktadır:

$$\delta_j = HO_j (1-HO_j) \sum_{n=1}^m \delta_n w_{jn} \quad \text{sigmoid fonksiyonu,} \quad (11)$$

$$\delta_j = HO_j \sqrt{-\log HO_j} \sum_{n=1}^m \delta_n w_{jn} \quad \text{gauss fonksiyonu.} \quad (12)$$

Hata gradyanları daha sonra ağ ağırlıklarını güncellemek için kullanılmaktadır:

$$\Delta w_{ij}(r) = \eta \delta_j X_i \quad (13)$$

$$W_{ij}(r-1) = w_{ij}(r) + \Delta w_{ij}(r) \quad (14)$$

n'inci veri sunumundan sonraki ağırlık değişimi şu şekildedir:

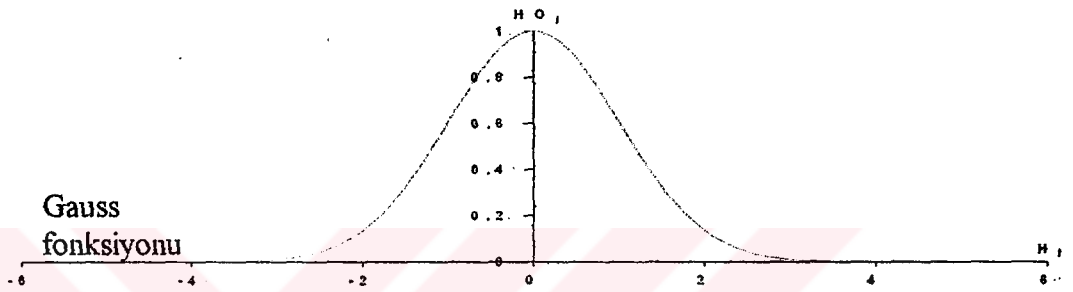
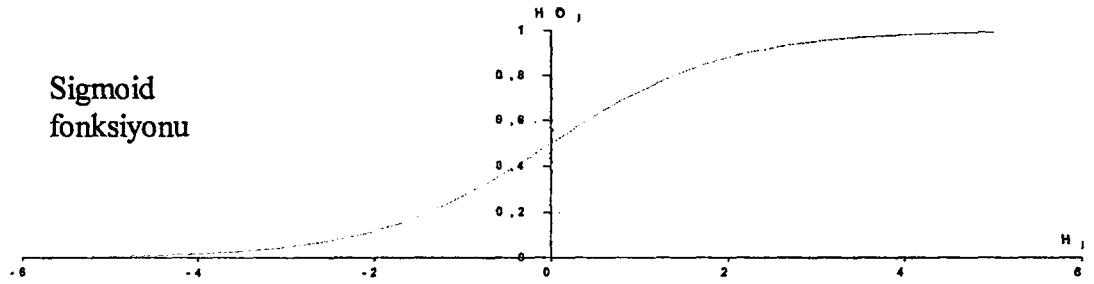
$$\Delta w_{ij}(r) = \eta \delta_j X_i - \alpha \Delta w_{ij}(r-1) \quad (15)$$

Burada η , öğrenme oranıdır, α ise momentum faktörüdür.

Öğrenme oranı, ağırlıkların değişim oranına dinamik bir uyum sağlayan orantılılık sabitidir. Yüksek bir öğrenme oranı, eğitimi lokal bir minimuma götürebilir veya salınma neden olabilir. Bu problem küçük bir öğrenme oranı uygulanarak önlenir, fakat bu da global minimuma ulaşmak için gerekli zamanın da bir hayli artmasına neden olacaktır. Bunun çaresi de, öğrenme oranı kontrol edilirken değişim hızlı olsun olabilsin diye önceki ağırlık değişimi ile çarpılan bir momentum faktörünün uygulanması olabilir.

Burada, verilen bir problem için bir ağı eğitirken düşünülmesi gereken birkaç faktör vardır: gizli birimlerin düzenlenmesi ve optimum sayısının belirlenmesi, bunlar zordur. Daha fazla sayıdaki gizli birimlerin olması, genellikle eğitim işleminin lokal bir minimuma saplanmasını önlemesine rağmen, ağı her şeyi hafızasında tutan bir "büyük anne" olmasına neden olabilir. Ek işlem birimleri, hesaplama çabasının artmasına ve böylece işlem zamanının artmasına neden olur. Böylece mümkün olduğunca birkaç gizli birim kullanmak önemlidir (Khan vd., 1993).

Aşağıda uygulanan aktivasyon fonksiyonları gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Sigmoid ve Gauss Aktivasyon Fonksiyonları

4.2.3. Regresyon Analizi (RA) Modellerinin Kurulması

Bağımsız değişken sayısının bir olması halinde (S-P, S-T, S-Q modelleri), bu bağımlı- bağımsız değişken çiftinin MS Office Excell 97 programında bunlara ait serpmme grafiği hazırlanıp yine Excell 97 menüsünde bulunan “Eğilim eğrisi ekle...” komutu yardımıyla “ doğrusal, logaritmik, polinom, üs ve üstel “ eğrilerinden, dağılımı en iyi temsil eden (korelasyon katsayısı en büyük) eğri seçilmiş ve bu eğrinin denklemi yine program tarafından verilmiş, bu şekilde modelin parametreleri belirlenmiştir. Sonra modelin parametrelerini belirlemede kullanılan bu bağımsız değişken verileri modele tekrar girilerek model çıktı değerleri elde edilmiştir. Model çıktı değerlerinin ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayısı gibi istatistiki parametreleri hesaplanarak, gerçek verilerin (gözlenen değerler) parametreleri ile karşılaştırılmış ve her bir parametrenin rölatif hatası hesaplanmıştır. Daha sonra parametreleri belirlenen bu modellere test amacıyla kullanılan bağımsız değişken verileri girilerek model test çıktı değerleri elde edilmiştir. Modelin verdiği bu test çıktı değerlerinin ortalaması, standart sapması ve çarpıklık katsayısı gibi istatistiki parametreler hesaplanarak , gerçek verilerin (gözlenen değerler) istatistik parametreleri ile karşılaştırılmış ve her bir parametrenin rölatif hatası hesaplanmıştır.

Bağımsız değişken sayısının birden çok olması halinde (S-P-T, S-P-Q, S-T-Q, S-P-T-Q modelleri), yine Excell 97 programı yardımıyla çoklu doğrusal regresyon analizi yapılarak (bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında lineer modeller kurularak) modellerin parametreleri belirlenmiştir. Sonra modelin parametrelerini belirlemede kullanılan bu bağımsız değişkenler verileri modele tekrar girilerek model çıktı değerleri elde edilmiştir. Model çıktı değerlerinin ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayısı gibi istatistiki parametreleri hesaplanarak, gerçek verilerin (gözlenen değerler) parametreleri ile karşılaştırılmış ve her bir parametrenin rölatif hatası hesaplanmıştır.

Daha sonra parametreleri belirlenen bu modellere test amacıyla kullanılan bağımsız değişkenler verileri girilerek model test çıktı değerleri elde edilmiştir. Modelin verdiği bu test çıktı değerlerinin ortalaması, standart sapması ve çarpıklık katsayısı gibi istatistiki parametreler hesaplanarak , gerçek verilerin (gözlenen değerler) istatistik parametreleri ile karşılaştırılmış ve her bir parametrenin rölatif hatası hesaplanmıştır.

4.2.4. Yapay Sinir Ağları (YSA) modellerinin kurulması

YSA modelleri için, her bir tabakasındaki hücre sayısı değişken olabilen, girdi tabakası, bir gizli tabakası ve çıktı tabakası olan üç tabakalı bir YSA ağı oluşturulmuştur.

Bu YSA ağını eğitmek amacıyla Geriye Doğru Yayılma Algoritması kullanılmıştır. Bu amaçla FORTRAN 90 paket programında bir fortran programı hazırlanmıştır. Başlangıçta eğitim amacıyla hazırlanan bağımlı ve bağımsız değişkenler programa okutulmuştur. Program başlangıçta rastgele olarak atanan bağlantı ağırlıkları ve dönüşüm fonksiyonları (sigmoid, gauss) yardımıyla okutulan bağımsız değişkenleri de kullanarak çıktı değerleri elde eder. Eğitim aşamasında, bu çıktı değerleri ile gözlenen değerler arasındaki farklar, geriye doğru yayılma algoritması ve “En Küçük Kareler” yöntemiyle bağlantı ağırlıkları üzerinde dağıtılarak, bağlantı ağırlıkları güncellenir. Çıktı değerleri ile gözlenen değerler arasındaki fark (hata payı) istenilen bir düzeye ininceye kadar bu işleme devam edilir ve istenilen hata payına ulaşıldığında program durur. YSA modelinin , gizli tabaka hücre sayısı (N_2), öğrenme oranı (η), momentum katsayısı (α), iterasyon sayısı (I), sigmoid aktivasyon fonksiyonu parametresi (θ) ve gauss aktivasyon fonksiyonu parametresi (a) gibi parametreleri, en iyi modeli oluşturacak şekilde modelleyici tarafından belirlenmiştir. Bu şekilde kurulacak olan YSA modelinin parametreleri (gizli tabaka hücre sayısı, öğrenme oranı, momentum katsayısı, iterasyon sayısı ve katsayılar) belirlendikten sonra program, kurulan modelin eğitim çıktı değerlerini verir. YSA modeli, kendisine ait parametreleri bünyesinde saklar, daha sonra test için hazırlanan verileri kullanarak test çıktı değerlerini elde eder. Gerek eğitim aşamasında gerekse de test (tahmin) aşamasında modelin verdiği değerlerin ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayısı gibi istatistik parametreleri hesaplanarak bunlar gerçek (gözlenen) değerlerin istatistik parametreleri ile karşılaştırılmış ve her bir parametrenin rölatif hatası hesaplanmıştır.

Yukarıda bahsedilen istatistik parametrelerden başka, modelin geçerliliğine karar verme aşamasında etkili olan bir ölçü olarak da, iki değişken arasındaki lineer bağımlılığın kuvvetini belirleyen korelasyon katsayısı, kurulan bütün modellerde hem eğitim aşamasında hem de tahmin aşamasında, modelin verdiği değerler ile gözlenen değerlere bağlı olarak hesaplanmıştır.

YSA modellerinden sadece S-Q modelleri için sigmoid aktivasyon fonksiyonunun, diğer bütün modeller için ise gauss aktivasyon fonksiyonunun kullanılmasının uygun olduğu, verilerdeki değişimlerden (serpme grafiklerinden) anlaşılmıştır. Yani sediment miktarlarının, sadece akım miktarları ile değişimi genel olarak monoton iken, diğer bağımsız değişkenlerden herhangi biri (yağış, sıcaklık) modelde bulunduğu ilişkinin monoton olduğunu söylemek mümkün değildir.

Yukarıda özetlenen modellerin tümü Botan Çayı, Garzan Çayı ve Dicle Nehri için ayrı ayrı kurulmuştur. Her bir akarsu için RA/S-P, YSA/S-P, RA/S-T, YSA/S-T, RA/S-Q, YSA/S-Q, RA/S-P-T, YSA/S-P-T, RA/S-P-Q, YSA/S-P-Q, RA/S-T-Q, YSA/S-T-Q, RA/S-P-T-Q, YSA/S-P-T-Q modelleri olmak üzere toplam 14 model kurulmuş ve bu modeller birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



5. BULGULAR

Araştırmacı ve mühendislerin en fazla karşılaştıkları ve pratikte yaygın olarak arzu edilen, birbirinden farklı iki değişken arasında belirli bir fonksiyonel bağıntının bulunup bulunmadığının araştırılmasıdır. Atmosfer bilimleri, yer bilimleri, sosyal bilimler, iktisat ve ekonomi gibi doğa ve toplum olaylarının incelenmesini kendisine konu alan alanlardaki değişkenler asla matematikteki gibi tam belirli değildirler. Bu olayları temsil için yapılan ölçümlerde hatalara ilaveten olayın meydana gelişinde belirlilik değil de belirsizlik mekanizmaları rol oynar. Çünkü bu konulardaki her bir değişkene tesir eden onlarca başka değişkenler vardır. Bunun sonucunda yapılan ölçümlerde hatalar bulunur.

Veriler arasındaki fonksiyonu en iyi temsil eden fonksiyonun bulunmasından önce bazı kabullerin geçerliliğinin tahkik edilmesi lazımdır. Bütün veri dizilerindeki ölçüm sonuçlarının güvenilir ve hatasız olarak yapıldığı kabul edilir. Bunun için olayın fizikini düşünerek önce u. değerlerin anlamlı olup olmayacakları gözden geçirilmelidir. Mesela birkaç tane izahı güç olan uç değer bulunması halinde bunların hesaplamalara alınmaması daha makul olabilir (Şen, 2002).

Yukarıda bahsedilen matematik modeller kurulurken her bir havza için belirli sayıda verinin göz önüne alınmaması halinde modelin doğruluk (güvenirlilik) derecesinin önemli derecede arttığı gözlenmiştir. Bu sebeple, Botan Çayının matematik modelinde toplam veri sayısının %2.5'ine tekabül eden 5 tane aşırı çarpık veri, Garzan Çayının matematik modelinde toplam veri sayısının %1'ine tekabül eden 2 tane aşırı çarpık veri ve Dicle Nehrinin matematik modelinde toplam veri sayısının %0.3'üne tekabül eden 1 tane aşırı çarpık veri göz önüne alınmamıştır.

5.1. Çalışmada Kurulan Modellerin Değerlendirilmesi

Doğadaki bir olayın matematik modelini kurma çalışmasında, kurduğumuz modelin söz konusu olayı tam olarak temsil ettiğini hiçbir zaman söyleyemeyiz, bunun nedeni ya olaya etkiyen bütün parametreleri bilmediğimizden veya bilemeyeceğimizden ya da bu parametreleri bildiğimizi varsaysak bile bunların tümünün modele ne şekilde yansıtılacağını bilemeyeceğimizdendir. Bundan dolayı her zaman kuracağımız modellerde bir takım hataların bulunması gayet doğaldır. Amaç, bu hataları kabul edilebilir düzeylere indirmek için en uygun modeli kurabilmektir. Kurulan matematik modellerin sediment taşınım olayını temsil edebileceğini söyleyebilmek için, model ile gözlenen verilere ait bazı parametreleri karşılaştırmak gerekir. Söz konusu parametrelerin bazıları ortalama, standart

sapma, çarpıklık katsayısı ve model sonuçları ile gerçek sonuçlar arasındaki korelasyon katsayılarıdır.

Seçilen modelin gözlenen seriye uygunluğunu kontrol etmek için, modelin koruması gereken parametreleri (ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayıları vb.) gerçekten koruduğu kontrol edilmelidir (Bayazıt, 1996; Govindaraju vd., 2000).

Hidrolojide genellikle korelasyon katsayısı R'nin 0.60'tan büyük olması şartı da aranır, aksi takdirde göz önüne alınan değişkenler arasındaki bağıntının yeter derecede kuvvetli olmadığı söylenir (Bayazıt, 1999).

5.2. Botan Çayı Modellerinin Değerlendirilmesi

Botan Çayında taşınan uzun dönem aylık sediment miktarlarının, yağış, sıcaklık ve akım miktarı parametrelerinin çeşitli kombinasyonları ile ilişkisini incelemek amacıyla lineer ve non-lineer ilişkiler temelinde 14 farklı matematik model kurulmuştur. Kurulan bu 14 modelden 7 tanesi RA modelleri, 7 tanesi de YSA modelidir.

Botan Çayı için kurulan modellerde korelasyon katsayısı (R), model kurma aşamasında yani eğitim aşamasında 0.32 ile 0.80 değerleri arasında, modeli test etme aşamasında yani tahmin aşamasında ise 0.17 ile 0.90 değerleri arasında değişmektedir. Aşağıdaki formül ile hesaplanan uzun dönem ortalama süspansediment miktarının rölatif hatasının mutlak değeri ise eğitim aşamasında %0.00 ile %32.46 değerleri arasında, tahmin aşamasında ise %7.01 ile %204.32 değerleri arasında değişmektedir.

S_p , ortalama hata yüzdesi, \bar{Y} , gözlenen değerler ortalaması ve \bar{Y}' , modelin verdiği değerler ortalaması olmak üzere;

$$S_p = 100 \left(\frac{\bar{Y}}{\bar{Y}'} - 1.00 \right) \text{ formülüyle bulunur} \quad (16)$$

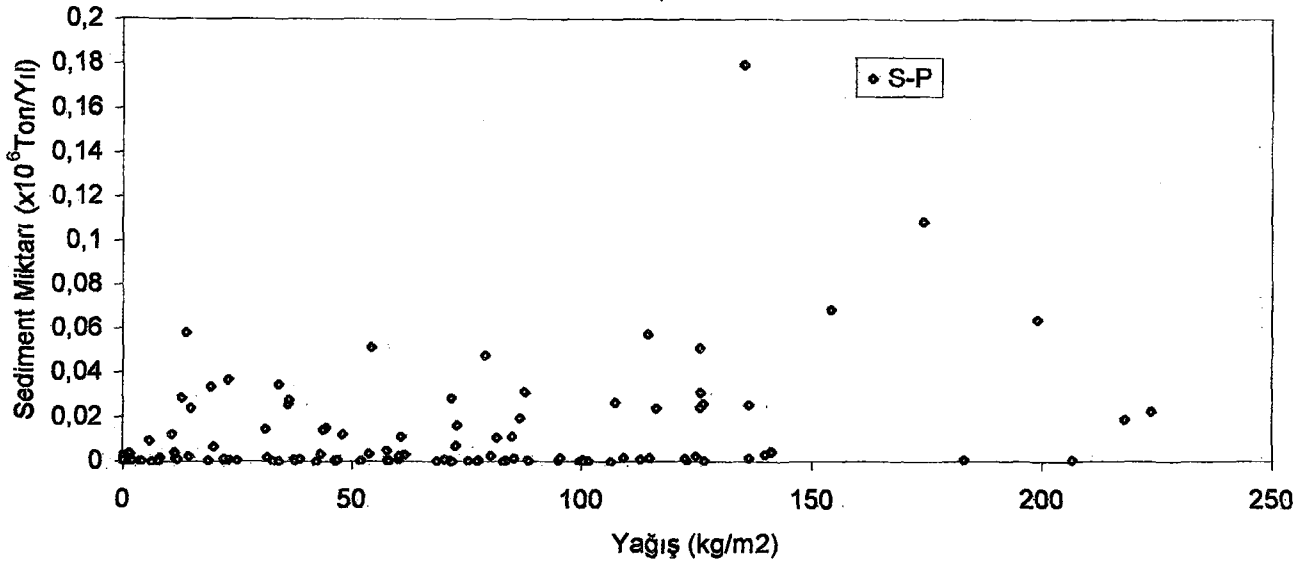
En iyi model olarak YSA/S-Q modeli seçilmiştir. RA/S-P, RA/S-T, RA/S-P-T, RA/S-P-Q, RA/S-T-Q ve RA/S-P-T-Q modellerinin eğitim aşamasında rölatif hataları %0.00 olmasına karşılık, tahmin aşamasında rölatif hataları %98.21 ile %204.32 değerleri arasında değişmektedir. Bu modellerin eğitim aşamasında %0.00 gibi mükemmel bir rölatif hata vermelerinin nedeni modelin verdiği sonuçların çok büyük bir miktarının negatif değerler olmasıdır. Oysa taşınan süspansediment miktarlarının negatif olması söz konusu değildir. Dolayısıyla bu modeller elenmiştir. RA/S-Q modeli, eğitim ve tahmin aşamasında rölatif hatası büyük olduğundan elenmiştir. YSA/S-P, YSA/S-T, YSA/S-P-T modelleri, tahmin aşamasında hem korelasyon katsayılarının çok küçük olması hem de

rölatif hatalarının çok büyük olması nedeniyle elenmiştir. YSA/S-P-Q, YSA/S-T-Q, YSA/S-P-T-Q modelleri de tahmin aşamasında büyük rölatif hatalar verdiğinden elenmiştir.

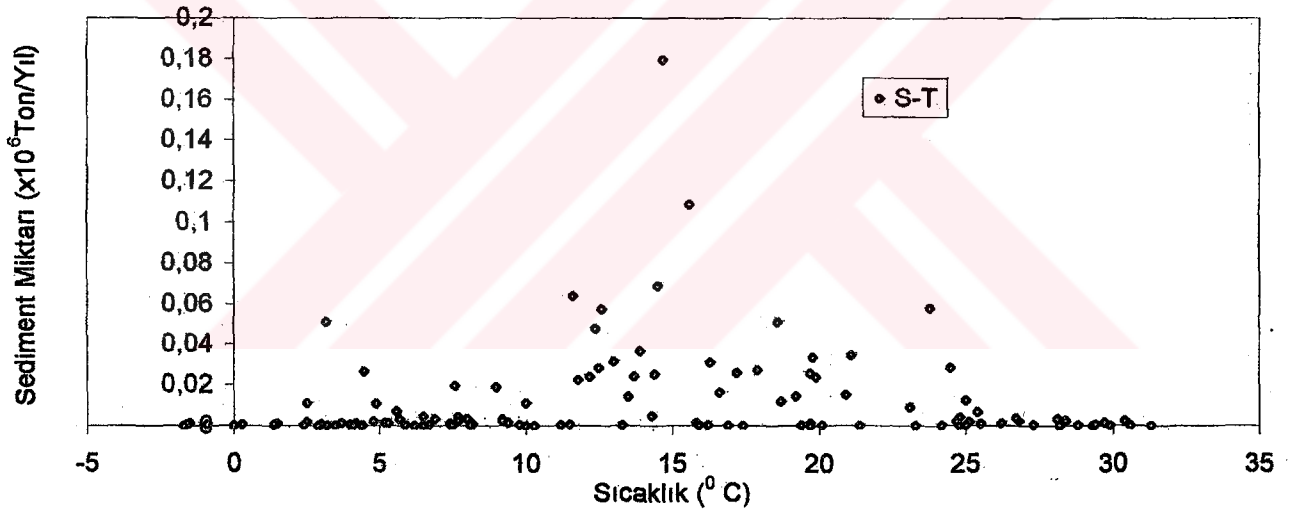
Kurulan en iyi model olan YSA/S-Q modelinin parametreleri ise şöyledir: sigmoid fonksiyonun parametresi olan $\theta=0.50$, gizli tabaka hücre sayısı $N_2=4$, öğrenme oranı $\eta=0.20$, momentum katsayısı $\alpha=0.50$ ve iterasyon sayısı $I=10000$ olarak seçilmiş ve bu parametrelere göre modelin verdiği değerlerin rölatif hatası eğitim ve tahmin aşamasında sırasıyla %12.63 ve %-7.01, korelasyon katsayısı eğitim ve tahmin aşamasında sırasıyla 0.80 ve 0.74, standart sapmasının ve çarpıklık katsayısının, gözlenen değerlerin standart sapması ve çarpıklık katsayısına göre rölatif hatası, eğitim aşamasında sırasıyla %40.64 ve %9.11, tahmin aşamasında ise sırasıyla %-1.43 ve %18.87 olarak bulunmuştur.

Aşağıda Bötan Çayı'na ait serpmne grafikleri, YSA/S-Q model sonuçlarının gözlenen değerlerle karşılaştırılması ve kurulan modellere ait özellikler tablo ve grafik halinde verilmiştir.

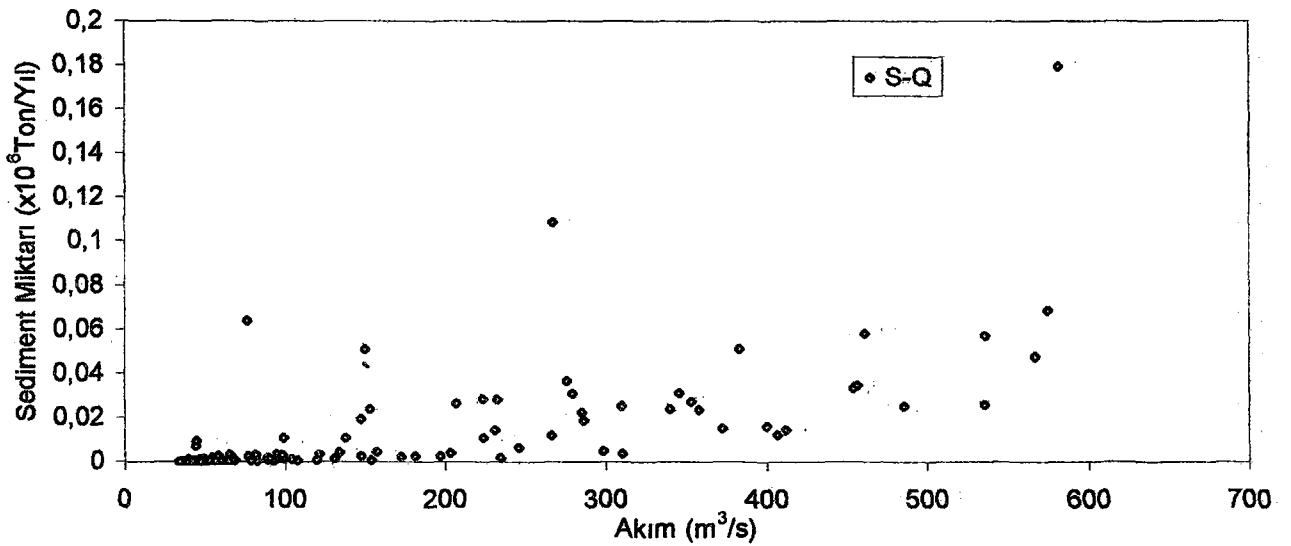
Şekil 5.1 Botan Çayı Sediment-Yağış Serpme Grafiği

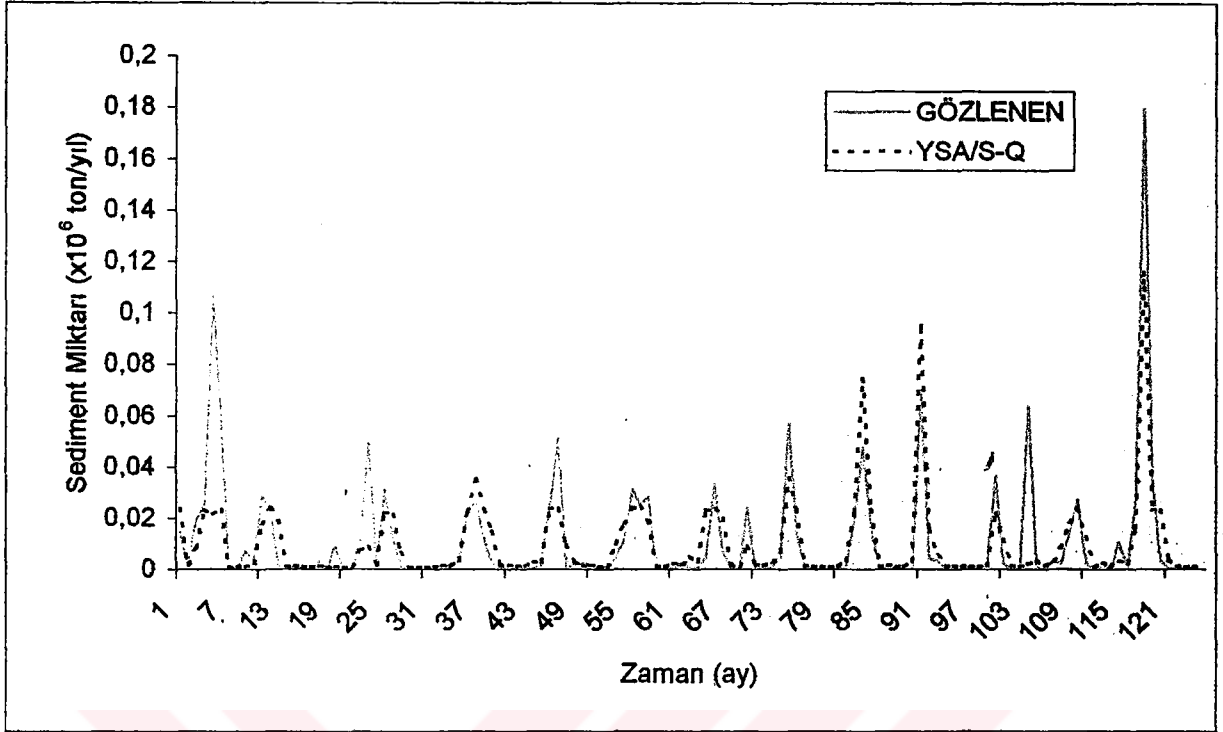


Şekil 5.2 Botan Çayı Sediment-Sıcaklık Serpme Grafiği

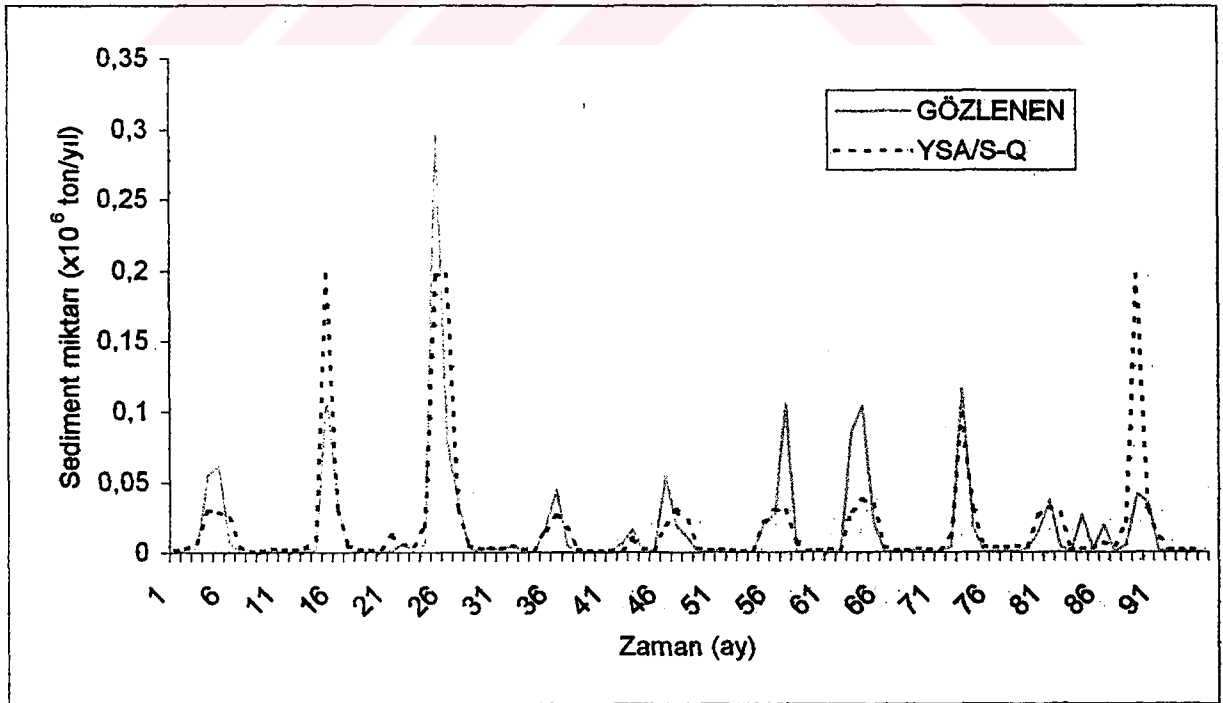


Şekil 5.3 Botan Çayı Sediment-Akım Serpme Grafiği





Şekil 5.4 Botan Çayı YSA/S-Q Modelinin eğitim aşamasında Model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması



Şekil 5.5 Botan Çayı YSA/S-Q Modelinin tahmin aşamasında Model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Tablo 5.1 Botan Çayı İçin Kurulan Modeller ve Özellikleri

YSA MODELİ										
Model	Akt. Fonk		N2	η	α	I	R		Röl. Hata(%)	
	Sigmoid	Gauss					Ögr.	Tah.	Ögr.	Tah.
	Parametreler									
	θ	a								
S-P	-	3.0	3	0.01	0.30	1000	0.33	0.17	-1.31	156.9
S-T	-	3.0	3	0.01	0.30	1000	0.40	0.34	-11.99	164.4
S-Q	0.5	-	4	0.20	0.50	10000	0.80	0.74	12.63	-7.01
S-P-T	-	1.0	6	0.01	0.30	2000	0.55	0.31	-3.15	124.5
S-P-Q	-	1.5	5	0.01	0.60	5000	0.76	0.86	-4.26	63.99
S-T-Q	-	2.0	5	0.01	0.60	1000	0.72	0.88	-4.16	63.25
S-P-T-Q	-	2.5	7	0.01	0.30	10000	0.78	0.90	-2.36	66.13
REGRESYON MODELİ										
	Fonksiyon	Katsayılar								
		a	b	c	d					
S-P	$S=aP+b$	140.53	2303.4			0.32	0.19	0.00	168.66	
S-T	$S=aT+bT+c$	-108.65	3405.3	-5967.3		0.36	0.26	0.00	204.32	
S-Q	$S=aQ^b$	0.0919	2.1275			0.70	0.86	32.46	98.73	
S-P-T	$S=aP+bT+c$	246.11	1037.77	18463.92		0.46	0.23	0.00	135.00	
S-P-Q	$S=aP+bQ+c$	100.57	104.61	11086.74		0.72	0.72	0.00	100.51	
S-T-Q	$S=aT+bQ+c$	-265.03	114.04	-2526.24		0.69	0.73	0.00	109.00	
S-P-T-Q	$S=aP+bT+cQ+d$	125.96	231.1	99.68	-15079.66	0.72	0.72	0.00	98.21	

Botan Çayı için kurulan en iyi matematik model olan YSA/S-Q modelinin ve gözlenen (gerçek) verilerin istatistik parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.2 Botan Çayı YSA/S-Q Modeli ile Gözlenen Değerlerin İstatistik Parametrelerinin Karşılaştırılması

İSTATİSTİK PARAMETRE	GÖZLENEN		MODEL		RÖLATİF HATA(%)	
	Eğitim	Tahmin	Eğitim	Tahmin	Eğitim	Tahmin
ORTALAMA	11263.49	17110.74	10000.24	18401.11	12.63	-7.01
ST. SAPMA	23120.65	39475.84	16439.12	40048.14	40.64	-1.43
ÇARP. KATS.	4.19	4.59	3.84	3.86	9.11	18.87

5.3. Garzan Çayı Modellerinin Değerlendirilmesi

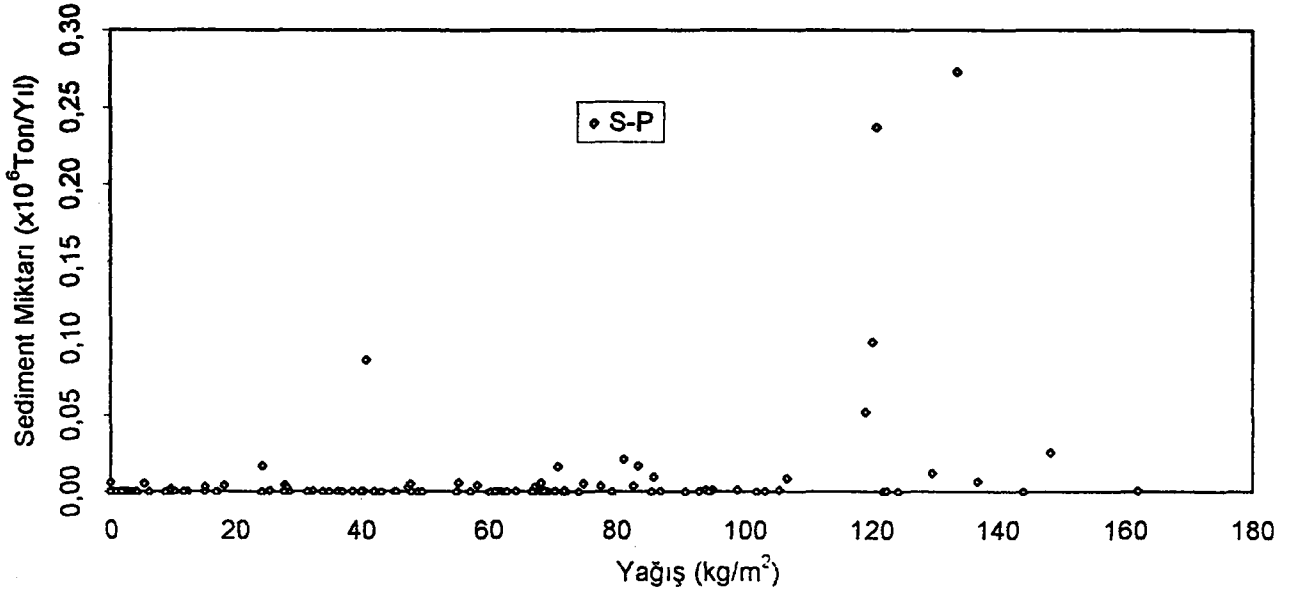
Garzan Çayında taşınan uzun dönem aylık sediment miktarlarının, yağış, sıcaklık ve akım miktarı parametrelerinin çeşitli kombinasyonları ile ilişkisini incelemek amacıyla lineer ve non-lineer ilişkiler temelinde 14 farklı matematik model kurulmuştur. Kurulan bu 14 modelden 7 tanesi RA modelleri, 7 tanesi de YSA modelidir.

Garzan Çayı için kurulan modellerde korelasyon katsayısı (R), model kurma aşamasında yani eğitim aşamasında 0.02 ile 0.97 değerleri arasında, modeli test etme aşamasında yani tahmin aşamasında ise -0.02 ile 0.92 değerleri arasında değişmektedir. Uzun dönem ortalama süspanse sediment miktarının rölatif hatasının mutlak değeri ise eğitim aşamasında %0.00 ile %3232.87 değerleri arasında, tahmin aşamasında ise %-0.61 ile %3608.38 değerleri arasında değişmektedir.

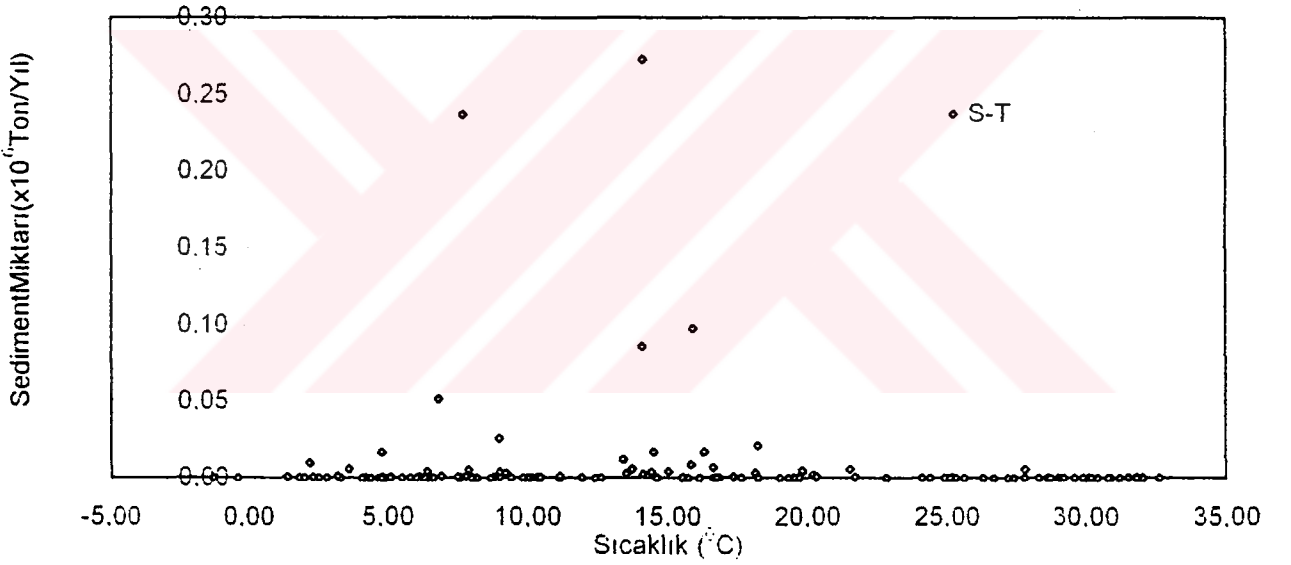
Garzan Çayı için kurulan modellerden en iyi sonucu veren YSA/S-Q modelidir. RA/S-P ve RA/S-T modelleri, hem korelasyon katsayıları çok küçük olduğundan hem de rölatif hataları çok büyük olduğundan elenmiştir. RA/S-Q, RA/S-P-Q, RA/S-T-Q ve RA/S-P-T-Q modelleri, korelasyon katsayıları iyi olmasına rağmen tahmin aşamasında rölatif hataları büyük olduğundan elenmiştir. RA/S-P-T modeli de, eğitim ve tahmin aşamasında korelasyon katsayıları çok küçük olduğundan elenmiştir. YSA/S-P, YSA/S-T ve YSA/S-P-T modelleri korelasyon katsayıları küçük olduğundan elenmiştir. YSA/S-P-Q ve YSA/S-P-T-Q modelleri, tahmin aşamasında korelasyon katsayısı küçük olduğundan elenmiştir. YSA/S-T-Q modeli ise YSA/S-Q modeline göre daha düşük korelasyon katsayıları verdiği için elenmiştir.

Kurulan en iyi model olan YSA/S-Q modelinin parametreleri ise şöyledir: sigmoid fonksiyonun parametresi olan $\theta=0.80$, gizli tabaka hücre sayısı $N_2=5$, öğrenme oranı $\eta=0.20$, momentum katsayısı $\alpha=0.50$ ve iterasyon sayısı $I=1200$ olarak seçilmiş ve bu parametrelere göre modelin verdiği değerlerin rölatif hatası eğitim ve tahmin aşamasında sırasıyla %-16.95 ve %8.42, korelasyon katsayısı eğitim ve tahmin aşamasında sırasıyla 0.91 ve 0.92, standart sapmasının ve çarpıklık katsayısının, gözlenen değerlerin standart sapması ve çarpıklık katsayısına göre rölatif hatası, eğitim aşamasında sırasıyla %11.42 ve %6.36, tahmin aşamasında ise sırasıyla %76.01 ve %11.11 olarak bulunmuştur.

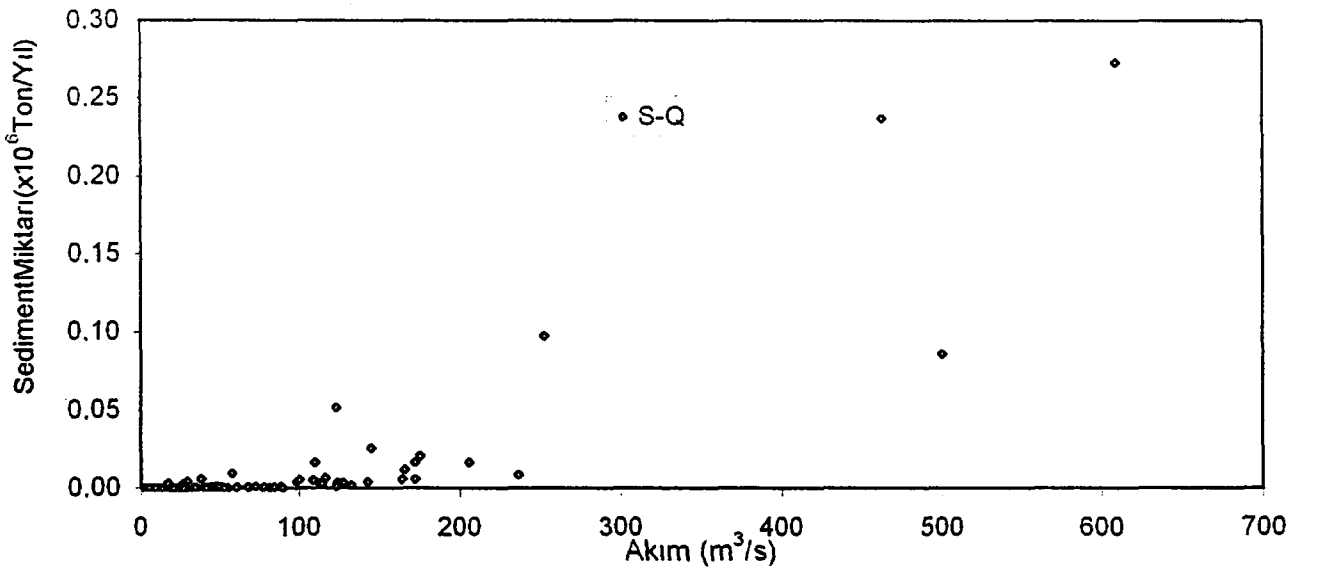
Aşağıda Garzan Çayı'na ait serpmme grafikleri, YSA/S-Q model sonuçlarının gözlenen değerlerle karşılaştırılması ve kurulan modellere ait özellikler tablo ve grafik halinde verilmiştir.



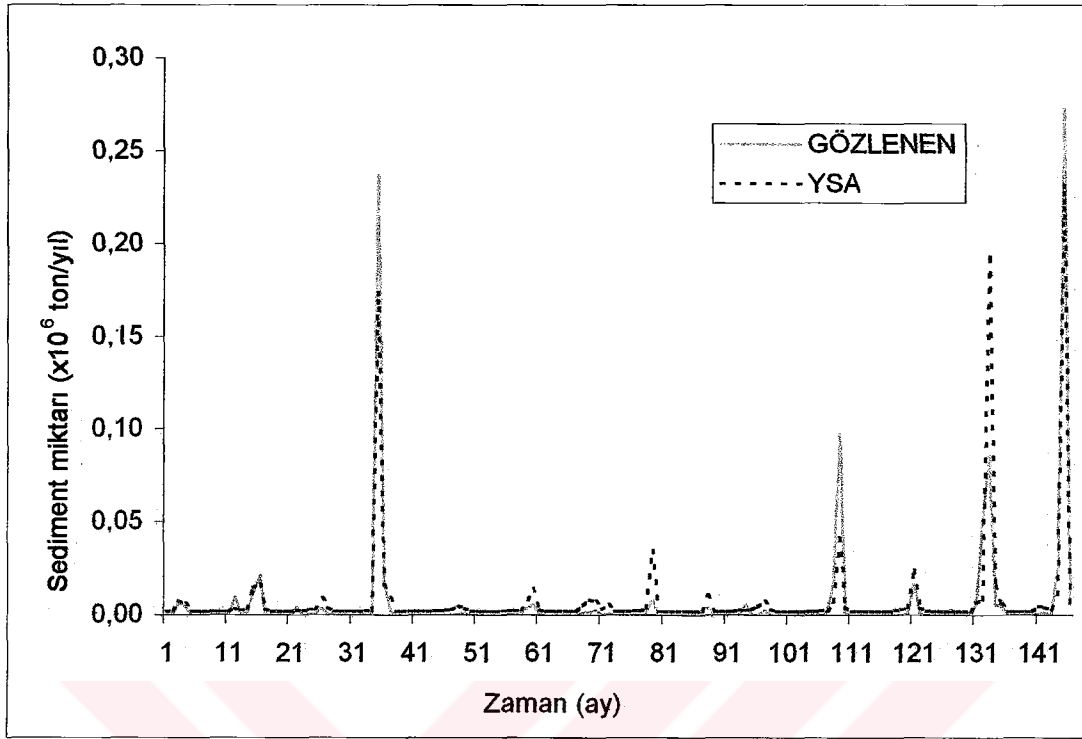
Şekil 5.6 Garzan Nehri Sediment-Yağış Serpme Grafiği



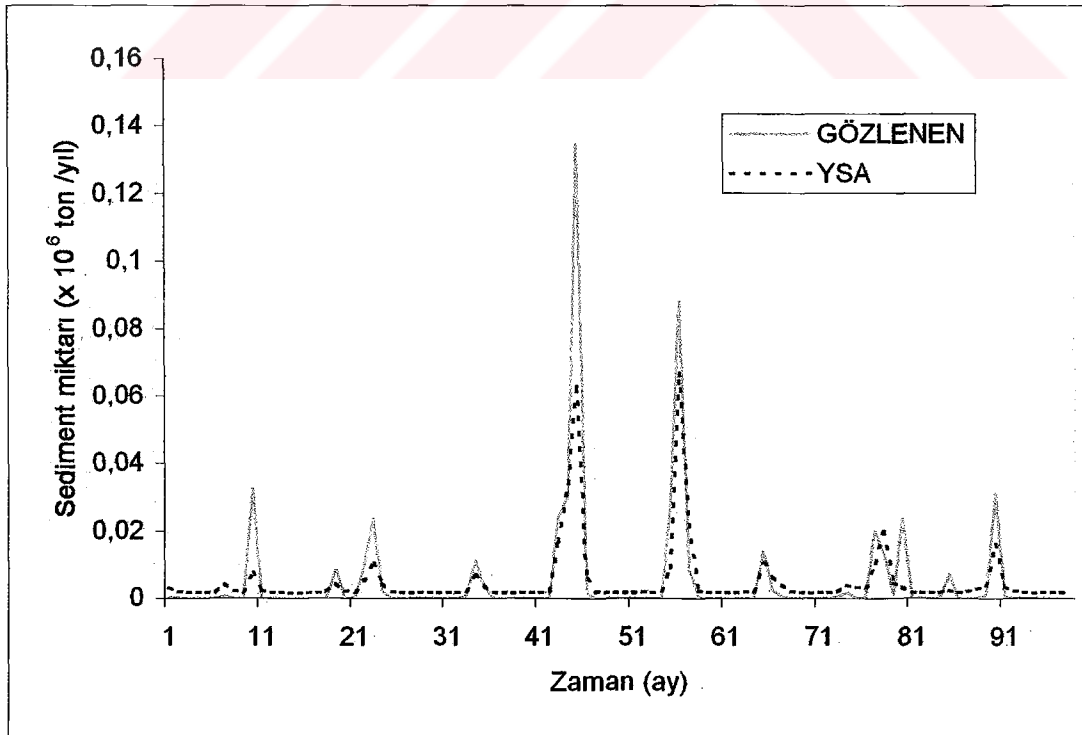
Şekil 5.7 Garzan Nehri Sediment-Sıcaklık Serpme Grafiği



Şekil 5.8 Garzan Nehri Sediment-Akım Serpme Grafiği



Şekil 5.9 Garzan Çayı YSA/S-Q Modelinin Eğitim aşamasında Model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması



Şekil 5.10 Garzan Çayı YSA/S-Q Modelinin Tahmin aşamasında Model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Tablo 5.3 Garzan Çayı İçin Kurulan Modeller ve Özellikleri

YSA MODELİ										
Model	Akt. Fonk		N2	η	α	I	R		Röl. Hata(%)	
	Sigmoid	Gauss					Öğr.	Tah.	Öğr.	Tah.
	Parametreler									
	θ	a								
S-P	-	1,0	6	0,01	0,30	1000	0,37	0,11	-15,95	-22,45
S-T	-	1,5	5	0,1	0,30	1000	0,11	0,16	-5,64	-0,61
S-Q	0,8	-	5	0,20	0,50	1200	0,91	0,92	-16,95	8,42
S-P-T	-	1,0	5	0,01	0,40	1000	0,45	0,12	1,86	-6,72
S-P-Q	-	2,0	5	0,01	0,40	1000	0,97	0,24	0,57	55,14
S-T-Q	-	0,5	5	0,01	0,40	1700	0,89	0,79	-13,63	7,01
S-P-T-Q	-	3,0	7	0,01	0,30	3000	0,97	0,40	-8,49	65,47
REGRESYON MODELİ										
	Fonksiyon	Katsayılar								
		a	b	c	d					
S-P	$S=ae^{bp}$	28,831	0,036			0,30	-0,02	1202,27	70,43	
S-T	$S=ae^{bt}$	630,48	-0,096			0,02	0,04	3232,87	3608,38	
S-Q	$S=aQ^2+bQ+c$	0,7372	-15,69	-41,76		0,92	0,81	0,00	79,83	
S-P-T	$S=aP+bT+c$	377,56	845,16	-	23137,00	0,37	0,19	0,00	2,80	
S-P-Q	$S=aP+bQ+c$	-25,12	308,93	-8502,82		0,83	0,75	0,00	46,29	
S-T-Q	$S=aT+bQ+c$	143,33	306,31	-	11742,40	0,83	0,75	0,00	42,07	
S-P-T-Q	$S=aP+bT+cQ+d$	0,48	144,66	306,24	-11780,6	0,83	0,75	0,00	42,04	

Garzan Çayı için kurulan en iyi matematik model olan YSA/S-Q modelinin ve gözlenen (gerçek) verilerin istatistik parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.4 Garzan Çayı YSA/S-Q Modeli ile Gözlenen Değerlerin İstatistik Parametrelerinin Karşılaştırılması

İSTATİSTİK PARAMETRE	GÖZLENEN		MODEL		RÖLATİF HATA(%)	
	Eğitim	Tahmin	Eğitim	Tahmin	Eğitim	Tahmin
ORTALAMA	6621,86	5410,67	7969,81	4490,42	-16,91	8,42
ST. SAPMA	31688,47	17438,89	28440,58	9907,64	11,42	76,01
ÇARP. KATS.	7,07	5,50	6,64	4,95	6,36	11,11

5.4. Dicle Nehri Modellerinin Değerlendirilmesi

Dicle Nehrinde taşınan uzun dönem aylık sediment miktarlarının, yağış, sıcaklık ve akım miktarı parametrelerinin çeşitli kombinasyonları ile ilişkisini incelemek amacıyla lineer ve non-lineer ilişkiler temelinde 14 farklı matematik model kurulmuştur. Kurulan bu 14 modelden 7 tanesi RA modelleri, 7 tanesi de YSA modelidir.

Dicle Nehri için kurulan modellerde korelasyon katsayısı (R), model kurma aşamasında yani eğitim aşamasında 0.16 ile 0.98 değerleri arasında, modeli test etme aşamasında yani tahmin aşamasında ise 0.10 ile 0.95 değerleri arasında değişmektedir. Uzun dönem ortalama süspanse sediment miktarının rölatif hatasının mutlak değeri ise eğitim aşamasında %0.00 ile %1078.69 değerleri arasında, tahmin aşamasında ise %1.64 ile %776.33 değerleri arasında değişmektedir.

Dicle Nehri için kurulan modellerden en iyi sonucu veren YSA/S-P-Q modelidir. RA/S-P ve RA/S-P-T modellerinin tahmin korelasyon katsayıları küçük olduğundan elenmişlerdir. RA/S-P-Q, RA/S-T-Q ve RA/S-P-T-Q modelleri çok miktarda negatif değerler verdiği için elenmişlerdir. RA/S-T modelinin eğitim ve tahmin aşamasında rölatif hatası büyük olduğundan elenmiştir. YSA/S-P, YSA/S-T ve YSA/S-P-T modellerinin tahmin aşamasında korelasyon katsayıları küçük olduğundan elenmişlerdir. YSA/S-Q ve YSA/S-T-Q modellerinin tahmin aşamasında rölatif hataları, YSA/S-P-Q modeline göre büyük olduğundan elenmişlerdir. YSA/S-P-T-Q modeli, korelasyon katsayıları ve rölatif hata bakımından YSA/S-P-Q modeline yakın olmasına rağmen, bağımsız değişken sayısı daha çok olduğu için tercih edilmemiştir. Son olarak, RA/S-Q modelinin korelasyon katsayıları ve rölatif hata bakımından YSA/S-P-Q modelinden daha üstün olmasına rağmen çok sayıda negatif değer verdiği için tercih edilmemiştir.

Dicle Nehri kirlilik kaynaklarını araştıran HAMİDİ (1994), aylık ortalama süspanse-sediment miktarları üzerinde etkili olabilecek , aylık ortalama yağış, sıcaklık ve akım miktarlarıyla ilişkisini incelerken,

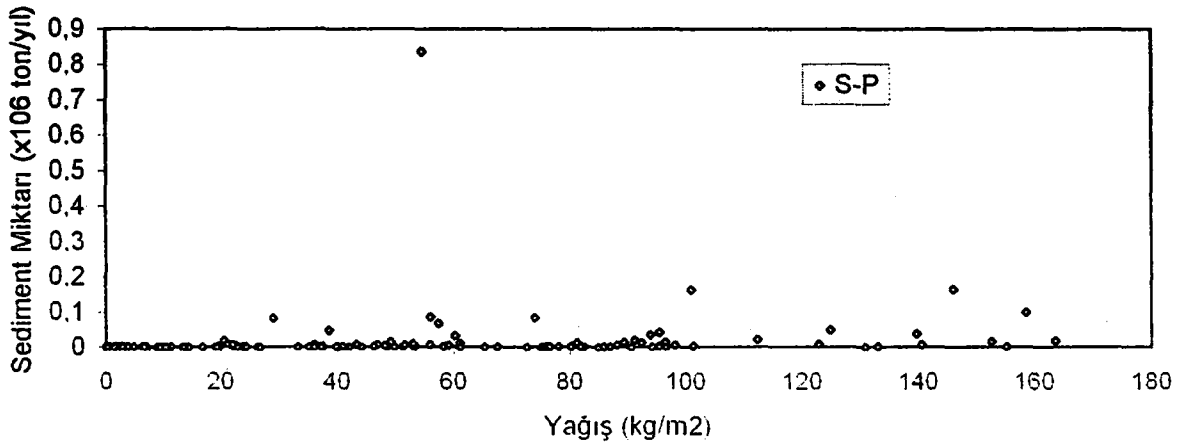
$$AKM=25777+224*Akım-1129*Sıcaklık-201*Yağış \quad (17)$$

şeklinde, korelasyon katsayısı $r = 0.88$ olan bir ilişki kurmuştur. Burada AKM; ton/gün olarak akıdaki katı madde miktarı, Akım; m^3/sn olarak akım miktarı, Sıcaklık; $^{\circ}C$ olarak sıcaklık değeri, Yağış; mm olarak yağış miktarıdır. Yine aynı çalışmasında HAMİDİ(1994), süspanse sediment miktarı üzerinde yağış, sıcaklık ve akım parametrelerinden en etkili parametrenin akım olduğu sonucuna varmıştır.

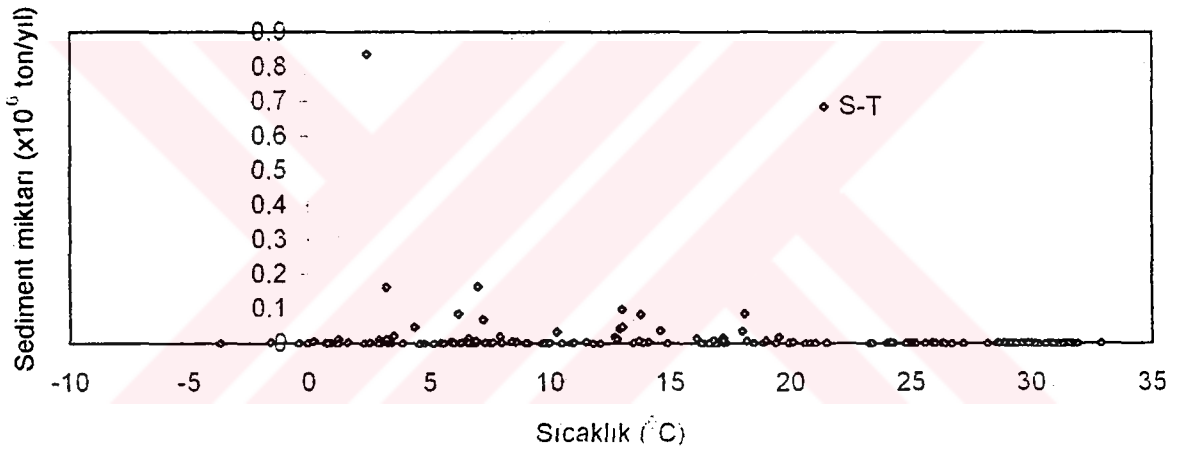
Kurulan en iyi model olan YSA/S-P-Q modelinin parametreleri ise şöyledir: gauss fonksiyonun parametresi olan $a=1.0$, gizli tabaka hücre sayısı $N2=4$, öğrenme oranı $\eta=0.10$, momentum katsayısı $\alpha=0.30$ ve iterasyon sayısı $I=5000$ olarak seçilmiş ve bu parametrelere göre modelin verdiği değerlerin rölatif hatası eğitim ve tahmin aşamasında sırasıyla $\%-9.40$ ve $\%-2.55$, korelasyon katsayısı eğitim ve tahmin aşamasında sırasıyla 0.97 ve 0.92 , standart sapmasının ve çarpıklık katsayısının, gözlenen değerlerin standart sapması ve çarpıklık katsayısına göre rölatif hatası, eğitim aşamasında sırasıyla $\%3.49$ ve $\%-7.15$, tahmin aşamasında ise sırasıyla $\%60.10$ ve $\%9.26$ olarak bulunmuştur.

Aşağıda Dicle Nehri'ne ait serpmе grafikleri, YSA/S-P-Q model sonuçlarının gözlenen değerlerle karşılaştırılması ve kurulan modellere ait özellikler tablo ve grafik halinde verilmiştir.

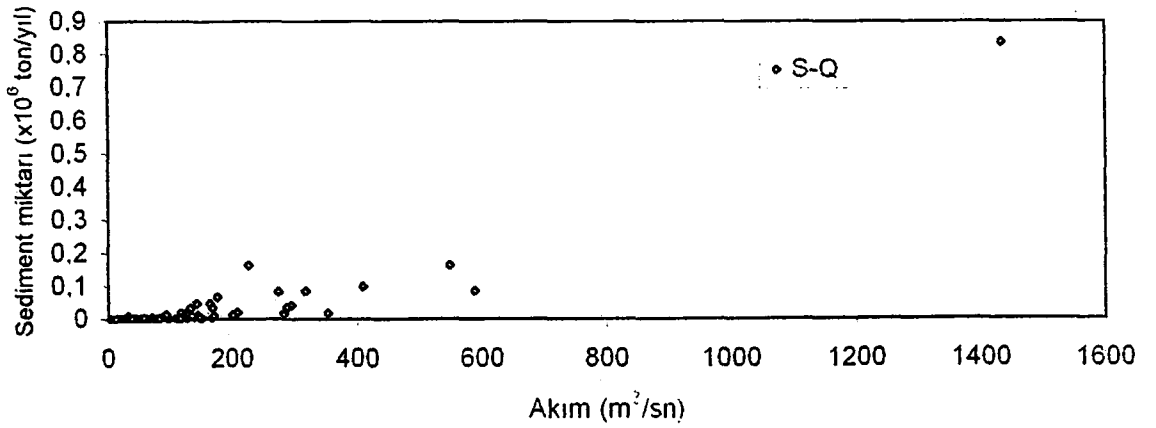




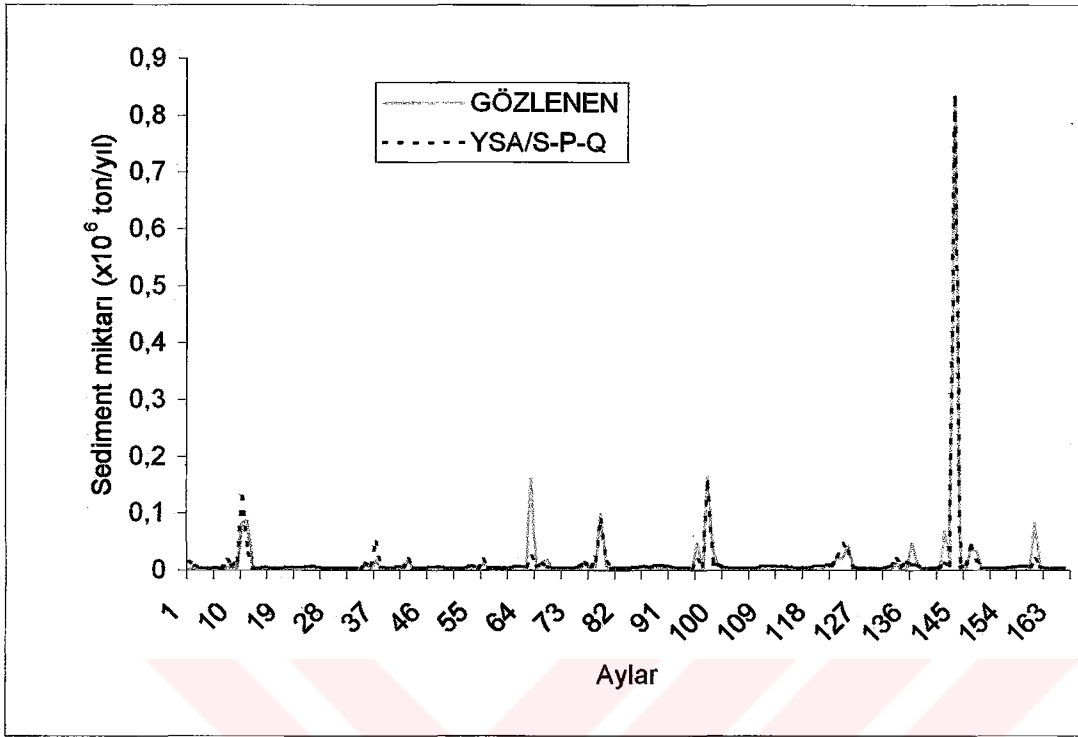
Şekil 5.11 Dicle Nehri Sediment- Yağış serpmme grafiği



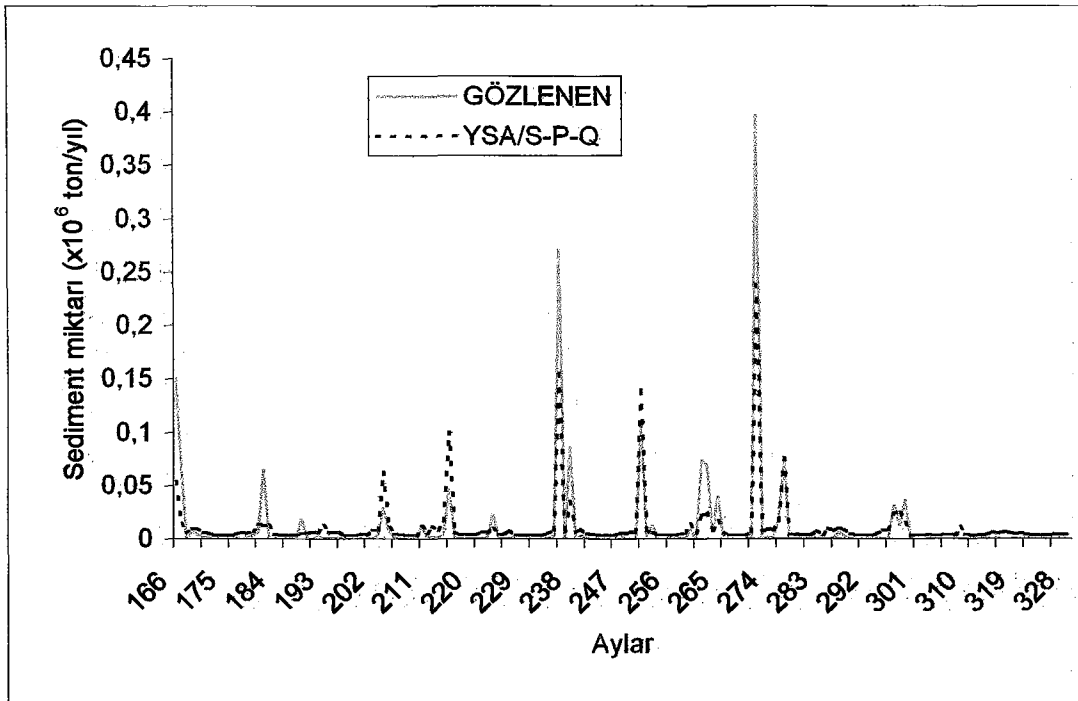
Şekil 5.12 Dicle Nehri Sediment- Sıcaklık serpmme grafiği



Şekil 5.13 Dicle Nehri Sediment- Akım serpmme grafiği



Şekil 5.14 Dicle Nehri YSA/S-P-Q Modelinin eğitim aşamasında Model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması



Şekil 5.15 Dicle Nehri YSA/S-P-Q Modelinin tahmin aşamasında Model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması

Tablo 5.5 Dicle Nehri İçin Kurulan Modeller ve Özellikleri

YSA MODELİ											
Model	Akt. Fonk		N2	η	α	I	R		Röl. Hata(%)		
	Sigmoid	Gauss					Öğr.	Tah.	Öğr.	Tah.	
	Parametreler										
	θ	a									
S-P	-	2,0	4	0,10	0,30	1000	0,16	0,16	-7,13	-21,99	
S-T	-	2,5	4	0,10	0,30	1000	0,18	0,26	-2,07	-26,01	
S-Q	0,4	-	5	0,10	0,30	1000	0,97	0,95	-16,27	-22,45	
S-P-T	-	1,5	4	0,10	0,30	1000	0,19	0,24	-7,93	-27,06	
S-P-Q	-	1,0	4	0,10	0,30	5000	0,97	0,92	-9,40	-2,55	
S-T-Q	-	0,5	5	0,10	0,30	1000	0,95	0,94	0,13	-16,8	
S-P-T-Q	-	2,0	5	0,01	0,30	10000	0,97	0,90	-9,52	1,64	
REGRESYON MODELİ											
	Fonksiyon	Katsayılar									
		a	b	c	d						
S-P	$S=aP^b$	157,08	0,04	-	-	0,63	0,10	345,80	410,40		
S-T	$S=aT^b$	3834,90	-0,11	-	-	0,46	0,28	1078,69	776,33		
S-Q	$S=aQ^2+bQ+c$	0,36	65,02	-896,86	-	0,98	0,94	0,00	7,19		
S-P-T	$S=aP+bT+c$	164,73	-724,04	18477,65	-	0,19	0,23	0,00	-19,94		
S-P-Q	$S=aP+bQ+c$	-371,38	480,57	-8855,70	-	0,91	0,87	0,00	16,71		
S-T-Q	$S=aT+bQ+c$	701,87	449,90	-	-	0,89	0,86	0,00	28,29		
S-P-T-Q	$S=aP+bT+cQ+d$	-422,05	-331,16	479,59	-1415,99	0,91	0,87	0,00	12,86		

Dicle Nehri için kurulan en iyi matematik model olan YSA/S-P-Q modelinin ve gözlenen (gerçek) verilerin istatistik parametreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.6 Dicle Nehri YSA/S-P-Q Modeli ile Gözlenen Değerlerin İstatistik Parametrelerinin Karşılaştırılması

İSTATİSTİK PARAMETRE	GÖZLENEN		MODEL		RÖLATİF HATA(%)	
	Eğitim	Tahmin	Eğitim	Tahmin	Eğitim	Tahmin
ORTALAMA	13229,54	10714,81	14627,09	10984,98	-9,55	-2,46
ST. SAPMA	68787,29	42054,00	66464,48	26267,49	3,49	60,10
ÇARP. KATS.	10,77	6,74	11,60	6,17	-7,15	9,26

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dicle havzası sınırları içerisinde yer alan Botan Çayı, Garzan Çayı ve Dicle Nehrinde taşınan süspansediment miktarlarının yağış, sıcaklık ve akım parametrelerini kullanarak matematik modellerinin kurulması çalışmasından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Uzun-dönem yıllık veriler göz önüne alındığında taşınan süspansediment miktarı ile yağış ve/veya sıcaklık parametreleri arasında doğrudan, lineer veya non-lineer anlamlı bir fonksiyonel ilişki yoktur. Sadece taşınan süspansediment miktarı ile akım miktarı arasında kullanılacak, hata düzeyi düşük matematik bir model kurulabilmiştir.

2. Botan Çayı için Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları metotları kullanılarak oluşturulan matematik modellerden en iyi sonucu Yapay Sinir Ağları metodu kullanılarak oluşturulan YSA/S-Q modeli vermiştir.

3. Garzan Çayı için Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları metotları kullanılarak oluşturulan matematik modellerden en iyi sonucu Yapay Sinir Ağları metodu kullanılarak oluşturulan YSA/S-Q modeli vermiştir.

4. Dicle Nehri için Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları metotları kullanılarak oluşturulan matematik modellerden en iyi sonucu Yapay Sinir Ağları metodu kullanılarak oluşturulan YSA/S-P-Q modeli vermiştir.

5. Regresyon Analizi metodunda, bağımsız değişken sayısı birden fazla olduğu zaman değişkenler arasında doğrusal olmayan ilişkiler kurmak ya imkansız ya da çok zor ve vakit kaybına neden olurken, Yapay Sinir Ağları metodu kullanılarak, değişkenler arasında doğrusal olmayan ilişkiler kurmak çok daha hızlı ve rahat bir şekilde yapılabilmektedir.

6. Dicle havzasında sadece EİE tarafından sediment ölçümlerinin yapıldığı akarsulardaki istasyonların kayıtlarına göre, ölçüm yılı başlangıcı 1966 (Dicle Nehri)- 1985 (Zap Suyu) arasında değişmekle beraber 1999 yılına kadar olan kayıtların ortalamalarından, yıllık ortalama olarak 34.812.340 ton sediment taşıdığı görülmektedir. Yine EİE kayıtlarından Türkiye'de Fırat Havzasından sonra en çok Dicle Havzasında erozyon nedeniyle sediment

taşındığı görülmektedir. Erozyonu ve buna bağlı olarak sediment taşınmasını azaltmak için aşağıdaki önlemlerin alınması gerekir:

Öncelikle tarım arazisi olsun, mera olsun, orman olsun her arazi yeteneğine uygun kullanılmalıdır. Çok sarp ve eğimli araziler mera veya orman örtüsüne ayrılmalıdır. Daha az eğimli arazilerde kontur sürüm ve eğime dik şeritsel ekim şeklinde tekniğine uygun tarım yapılmalıdır. Ayrıca toprak üzerinde kalan anız ve organik bitki kalıntıları kesinlikle yakılmamalı, hafifçe toprağa karıştırılarak yüzeyde bırakılmalıdır.

Meralarda otlatma yıl içinde belirli sürelerde planlı olarak yapılmalı, ot örtüsünün belirli bir yüksekliğin altına inmesine izin verilmemeli ayrıca mera ıslahına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

İşlemeli tarım altındaki orta eğimli araziler basamaklar halinde sekilenerek, yüzey akışıyla toprak ve kaybı önlenmelidir.

Yarıntı ve derelerin önü taş, çalı, beton, betonarme, kargir eşik ve düşü yapıları ile kesilerek dere meyli düşürülüp, suyun akış enerjisinin azaltılmasıyla yatak aşındırması önlenmelidir.

7. KAYNAKLAR

- AĞIRALIOĞLU, N. , 1984. Deterministik Akım Modelleri Ders Notları, İTÜ, İstanbul
- BAYAZIT, M. , 1999. Hidroloji, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası
- BAYAZIT, M. , 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası
- BAYAZIT, M. , 1971. Hareketli Tabanlı Akımların Hidroliği, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası
- BAYLAR, A. , KAYA, N. , EMİROĞLU, M. E. , 1999. Akarsu Debisi ile Askı Maddesi Miktarı Arasındaki İlişkinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 11(2), 105-116
- BOOGARD, H. , GAUTAM, D. K. , MYNETT, A. E., 1998. Auto-Regressive Neural Networks for The Modelling of Time Series, Hydroinformatics Conference, Copenhagen
- CIĞIZOĞLU, H.K. , 2001 Yapay Sinir Ağları ve Zaman Serileri Analizinde Kullanımı, III. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı, sayfa: 579- 586, İzmir, (S.ÖZKUL, T.BARAN ve N.HARMANCIOĞLU. editör)
- COLBY, B. R. , 1963. Fluvial Sediments, U.S. Geol. Survey, Bull, 1181-A.
- CAMPOLO, M., ANDREUSSI, P., SOLDATI, A. , 1999a. River Flood Forecasting with A Neural Network Model, Water Resources Res., 35,1191-1197.
- CAMPOLO, M., SOLDATI, A. , ANDREUSSI, P. , 1999b. Forecasting River Flow Rate During Low-Flood Periods Using Neural Networks, Water Resources Res., 35, 11, 3547-3552.
- DJEKBAR, Y., ALILA, Y. , 1998. Neural Network Estimation of Sanitary Flows, Hydroinformatics Conference, Poster Presentations, Copenhagen
- DMİ, 2003. Ortalama, Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri, Devlet Meteoroloji İşleri Diyarbakır Bölge Müdürlüğü, Yazılı Görüşme.
- EINSTEIN, H. A. , ANDERSON, A. G. ve JOHNSON, J. W. , 1940. A Distinction Between Bed-Load and Suspended-Load in Natural Streams, Trans. Am. Geophys. Union, vol. 21, pt. 2.
- EİE, 2002. 1999 Yılı Su Akımları Yıllığı , Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, yayın no. 28, Ankara
- EİE, 1987. Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara
- ERKEK, C., Ağralıoğlu, N. , 1993. Su Kaynakları Mühendisliği, Beta Yayınevi, İstanbul

- FERNANDO, D. A. , JAYAWERDENA, A. W. , 1998. Runoff Forecasting Using RBF Networks with OLS Algorithm, J. of Hydrological Engr. 3,3,203-209.
- FRANCO, J. J. , 1968. Effects of Temperature on Bed-Load Movement, Proc. Am. Soc. Civil Engrs., vol. 94, no. WW3
- PANU, U.S., KHALIL, M., ELSHORBAGY, A. , 2000. Streaflow Data Infilling Techniques Based On Concepts Of Groups And Neural Networks, Artificial Neural Networks in Hydrology, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht/ Boston/ London (R.S. GOVINDARAJU ve A. RAMACHANDRA RAO. editör)
- GÖRCELİOĞLU, E. , 1982 Akarsu Havzalarının Asılı Sediment Verimlerini Etkileyen Başlıca İklim, Havza ve Akım Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul
- GRAF, W.H. , 1971. Hydraulics of Sediment Transport, McGraw-Hill Book Company, New York
- GUY, H. P. , 1964. An Analysis of Some Storm Variables Affecting Stream Sediment Transport, U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 462-E.
- HALL, M. J. , MINNS, A. , 1998. Regional Flood Frequency Analysis Using Artificial Neural Networks, Hydroinformatics Conference, Copenhagen
- HAMİDİ, N. , 1994 Dicle Nehri Kirliliğinin Kaynaklar ve Kirliliğin Değişimi Yönünden Matematiksel Modellerle Belirlenmesi, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ
- HSU, K. , GUPTA, H. V. , SOROOSHIAN, S. , 1995. Artificial Neural Network Modelling of Rainfall-Runoff Process, Water Resources Res. , 31,10,2517-2530
- <http://www.agm.gov.tr/erozyon>, Orman Bakanlığı Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Ankara
- JAKUSCHOFF, P. , 1932. Schwebestoff Bewegung in Fussen in Theorie und Praxis, Wasserwirtsch., Jgg. 25.
- JAROCKI, W. , 1956. A Görgett Hordalek Zörejenk Megfigyelese, Különlenyomat a Hidrologiai Közlömy, no. 4.
- KENNEDY, R. G. , 1895. The Mechanics of Dunes and Antidunes in Erodible Bed Channels, J. Fluid Mech. , vol. 16/4.
- KHAN, A.I.; TOPPING, B.H.V.; BAHREININGAD, A. , 1993. Paralel Training of Neural Networks For Finite Element Mesh Generation, Neural Networks And Combinatorial Optimization In Civil And Structural Engineering, p.81, Civil-Comp Press, Edinburg, U.K. (B. H. V. TOPPING ve A.I. KHAN.-editör)

- LANE, E. W. , CARLSON, E. J. ve HANSON, O. S. , 1949. Low Temperature Increases Sediment Transportation in Colorado River, Civil Eng. , ASCE, vol. 16.
- LANGE, N. , 1998. Advantages of Unit Hydrograph Derivation by Neural Networks, Hydroinformatics Conference, Copenhagen
- LEOPOLD, L. B. ve MADDOCK, T. , 1953. The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications, U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 252.
- MADDOCK, T., Jr. , 1969. The Behavior of Straight of Open Channels with Movable Beds, U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 622-A.
- MASON, J. C., PRICE, R. K., TEM'ME, A. , 1996. A Neural Network Model of Rainfall-Runoff Using Radial Basis Functions, Journal of Hydraulic Res., 34,4,537-548.
- MINNS, A. W. , HALL, M. J. , 1996. Artificial Neural Networks As Rainfall Runoff Models, Hydrological Sciences Journal, 41,3,399-417.
- NORDIN, C. F. ve DEMPSTER, G. R. , 1963. Vertical Distribution of Velocity and Suspended-Sediment, Middle Rio Grande, New Mexico, U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 462-B.
- NORGAARD, R. B. , 1968. Streamflow Fluctuations, Bar Roughness, and Bed-Load Movement: A Hypothesis, Water Resources Res., vol. 4, no. 3.
- RAMAN, H., SUNILKUMAR, N. , 1995. Multivariate Modelling of Water Resources Time Series Using Artificial Neural Networks, Hydrological Sciences Journal, 40,2,145-163.
- RANJITHAN, S., EHEART, J. W. , GARRETT, J. H. , 1993. Neural Network-Based Screening for Ground Water Reclamation Under Uncertainty, Water Resources Res., 29,3,563-574.
- ROGERS, L. L. , DOWLA, F.U. , 1994. Optimization of Ground Water Remediation Using Artificial Neural Networks With Parallel Solute Transport Modelling, Water Resources Res., vol. 30, no. 2, 457-481.
- SEE, L. , OPENSHAW, S. , 1998. Using Soft Computing Techniques to Enhance Flood Forecasting on The River Ouse, Hydroinformatics Conference, Copenhagen.
- STRAUB, L. G. , 1936. Transportation of Sediment in Suspension, Civil Eng. , ASCE, vol. 6, no. 3.
- ŞEN, Z. , 2002. Hidrolojide Veri, İşlem, Yorumlama ve Tasarım, Seminer Notları, Su Vakfı Yayınları, İstanbul
- TOKAR, A. S. , JOHNSON, P. A. , 1999. Rainfall-Runoff Modelling Using Artificial Neural Networks, Journal of Hydrologic Engr., 4,3,232-239

-YURTSEVER, Y., GÖKSU, E., ALIŞIK, A. , ÖZENİR, C. , 1982. Türkiye Akarsu Havzalarının Ortalama Sediment Verimi Üzerine Bir Etüt ve Bulunan Sonuçlar, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Direktörlüğü, Ankara



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Taban yakınlarındaki sürüntü ve sıçrama hareketleri	6
Şekil 2.2. Kesit içerisinde askı konsantrasyonunun dağılımı	7
Şekil 2.3. Su debisinin yatak malzemesi yükü ile değişimi	9
Şekil 2.4. Missouri Nehri silt taşınım eğrisi	11
Şekil 2.5. Powder Nehri sediment taşınım eğrisi	12
Şekil 2.6. Hidrograf ve süspanse- sediment eğrileri	14
Şekil 2.7. Bir taşkın esnasında süspanse- sediment yükü ve diğer hidrolik parametrelerin değişimi	15
Şekil 2.8. Sediment yükü, su sıcaklığı ve debinin değişimi	16
Şekil 4.1. Havzaları gösteren anahtar harita	25
Şekil 4.2. Dicle Havzası – 1	26
Şekil 4.3. Dicle Havzası – 2	27
Şekil 4.4. Bir biyolojik sinir hücresinin yapısı	29
Şekil 4.5. Yapay sinir ağlarının yapısı	32
Şekil 4.6. Sigmoid ve Gauss aktivasyon fonksiyonları	35
Şekil 5.1. Botan Çayı sediment- yağış serpme grafiği	42
Şekil 5.2. Botan Çayı sediment- sıcaklık serpme grafiği	42
Şekil 5.3. Botan Çayı sediment- akım serpme grafiği	42
Şekil 5.4. Botan Çayı YSA/S-Q modelinin eğitim aşamasında model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	43
Şekil 5.5. Botan Çayı YSA/S-Q modelinin tahmin aşamasında model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	43
Şekil 5.6. Garzan Çayı sediment- yağış serpme grafiği	46
Şekil 5.7. Garzan Çayı sediment- sıcaklık serpme grafiği	46
Şekil 5.8. Garzan Çayı sediment- akım serpme grafiği	46
Şekil 5.9. Garzan Çayı YSA/S-Q modelinin eğitim aşamasında model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	47
Şekil 5.10. Garzan Çayı YSA/S-Q modelinin tahmin aşamasında model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	47
Şekil 5.11. Dicle Nehri sediment- yağış serpme grafiği	51
Şekil 5.12. Dicle Nehri sediment- sıcaklık serpme grafiği	51
Şekil 5.13. Dicle Nehri sediment- akım serpme grafiği	51

Şekil 5.14. Dicle Nehri YSA/S-P-Q modelinin eğitim aşamasında model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	52
Şekil 5.15. Dicle Nehri YSA/S-P-Q modelinin tahmin aşamasında model değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması	52

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Türkiye topraklarının erozyon şiddetine göre sınıflandırılması	5
Tablo 2.2. Dicle Havzası sediment gözlem istasyonlarının değerlendirilmesi	5
Tablo 4.1. Botan Çayı, Garzan Çayı ve Dicle Nehri'nin ortalama akım ve sediment miktarları ile bunların yağış havzalarına ait ortalama yağış ve sıcaklık değerleri	24
Tablo 5.1. Botan Çayı için kurulan modeller ve özellikleri	44
Tablo 5.2. Botan Çayı YSA/S-Q Modeli ile Gözlenen Değerlerin İstatistik Parametrelerinin Karşılaştırılması	44
Tablo 5.3. Garzan Çayı için kurulan modeller ve özellikleri	48
Tablo 5.4. Garzan Çayı YSA/S-Q Modeli ile Gözlenen Değerlerin İstatistik Parametrelerinin Karşılaştırılması	48
Tablo 5.5. Dicle Nehri için kurulan modeller ve özellikleri	53
Tablo 5.6. Dicle Nehri YSA/S-P-Q Modeli ile Gözlenen Değerlerin İstatistik Parametrelerinin Karşılaştırılması	53

ÖZGEŞMİŞ

Necati KAYAALP Kasım 1978'de Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Diyarbakır'da tamamladıktan sonra 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak İstanbul'a gitti. Buradan 1999 yılı Temmuz ayında mezun olduktan sonra 2000 yılı Ocak ayında Dicle Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak işe başladı ve halen bu göreve devam etmektedir.