



# AKIM SÜREK EĞRİLERİNİN YAĞIŞ VE HAVZA PARAMETRELERİ KULLANILARAK ELDE EDİLMESİ

**Mutlu YAŞAR**

**Aralık, 2009**

**DENİZLİ**



**AKIM SÜREK EĞRİLERİNİN YAĞIŞ VE HAVZA  
PARAMETRELERİ KULLANILARAK ELDE EDİLMESİ**

**Pamukkale Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarafından Kabul Edilen  
Doktora Tezi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mutlu YAŞAR**

**Danışman: Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN**

**Aralık, 2009**

**DENİZLİ**

## DOKTORA TEZİ ONAY FORMU

MutluYAŞAR tarafından Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN yönetiminde hazırlanan “Akım Sürek Eğrilerinin Yağış ve Havza Parametreleri Kullanılarak Elde Edilmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN  
Jüri Başkanı  
(Danışman)

Prof. Dr. Ferhat TÜRKMAN  
Jüri Üyesi

Prof. Dr. İsmail DURANYILDIZ  
Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Betül SAF  
Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALKAN  
Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../.....tarih ve .....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Halil KARAHAN**  
Müdür

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimimin başından, bu tez çalışmasının sonlandırılmasına kadar gerekli bütün yardım, öneri ve yönlendirmeleri yapan, karşılaştığım problemlerin çözümünde zengin bakış açısı ve deneyimleriyle beni aydınlatan tez danışmanım Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN' a gösterdiği özveri ve desteklerinden dolayı şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın birçok aşamasında, yapıcı önerileri ile ufkumun genişlemesine büyük katkılar sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Ferhat TÜRKMAN, Yrd. Doç. Dr. Betül SAF, çalışma konusunun ilham kaynağı olan doktora tezinin yazarı Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALKAN ve tezin ilerlemesine engin fikirleri ile katkıda bulunan Prof. Dr. Ünal ÖZİŞ ile jüri üyeliği ile savunma sınavını onurlandıran Prof. Dr. İsmail DURANYILDIZ' a teşekkürü bir borç bilirim. Bunun yanı sıra, bazı algoritmaların geliştirilmesindeki yardımlarından ötürü Doç. Dr. Halim CEYLAN' a; literatür araştırma çalışmalarına olan katkısından dolayı İnş. Yük. Müh. Nurcan ULUDAĞ' a, bu çalışmaya başladığım günden bu yana bilimsel ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli çalışma arkadaşlarım Dr. Özgür BAŞKAN, Dr. Ali Haydar KAYHAN, tezin yazım sürecindeki yardımları ve bu süreçteki sabrı için İnş. Müh. Sedef GENÇ ve tez ile ilgili ofis çalışmalarında yardımcı olan Mustafa SAĞIM' a, teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ebeveynim Seyfullah ve Nevin YAŞAR' a, her zaman en yakın destekçim olan, hayat arkadaşım, eşim Canan'a ve beni her sabah erkenden uyandıran canım oğlumuz Doruk'a en içten duygularla teşekkür ederim.

Mutlu YAŞAR  
Denizli - 2009

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırılmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :  
Öğrenci Adı Soyadı : Mutlu YAŞAR

## ÖZET

### AKIM SÜREK EĞRİLERİNİN YAĞIŞ VE HAVZA PARAMETRELERİ KULLANILARAK ELDE EDİLMESİ

YAŞAR, Mutlu

Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği ABD  
Tez Yöneticisi: Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN

Aralık 2009, 191 sayfa

Bu doktora tezi, enerji kaynakları bakımından dışalımçı bir ülke konumunda olan Türkiye için, hidroelektrik potansiyele verilen değerin artmasına koşut olarak, küçük suların üstünde kurulacak biriktirmesiz santrallerin tasarımında temel girdi olan su niceliğinin kestirimine yönelik bir çalışmadır.

Çalışmada, denel hidroloji yaklaşımıyla Amerika' nın Kansas Eyaletine ilişkin 83 ve Türkiye'de DSİ'nin işlettiği 65 adet doğal akışlı akım gözlem istasyonunun Akım Sürek Eğrileri (ASE) negatif üstel bağıntı ( $akım = \alpha e^{-\beta * zaman}$ ) yardımıyla benzetilmiştir. Bağıntıdaki iki parametrenin kestirimsel değerleri enküçük kareler yöntemiyle belirlenmiştir.

ASE' yi ifade eden bağıntının içerisinde yer alan değişkenler ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), birtakım değişkenlerle (akaçlama alanı, ortalama toplam yıllık yağış yüksekliği, enlem, boylam ve yükselti) ifade edilerek ölçülmüş akış değerleriyle karşılaştırılmıştır. Modelleme, başlangıçta Quasi-Newton yöntemi kullanılarak yapılmış ve hem A.B.D. hem de Türkiye verileri için en yüksek tanımlılık katsayısını ( $R^2$ ) veren parametreler duyarlılık çözümlemesi yöntemi kullanılarak saptanmıştır. Daha sonra modelleme çalışmaları sezgisel yöntemlerle de (Yapay Sinir Ağları-YSA-, Karınca Kolonisi Eniyilemesi-KKE-) yinelenmiştir. Türkiye verileri ile ilgili yapılan çalışmada, A.B.D. verilerinden farklı olarak arazinin karstik yapısı da göz önüne alınarak kümeleme yapılmıştır. Böyle bir kümelemenin tanımlılık katsayısını ciddi ölçüde arttırdığı saptanmıştır. Bu model "parametrik model" olarak adlandırılmıştır.

Yukarıda sözü edilen çalışmalar önce ölçüm verilerinin tümü kullanılarak elde edilen ASE'ler üstünde, daha sonra uzun dönem ortalamalar alınarak elde edilmiş ve 365 değere sahip ASE'ler üstünde denenmiştir. Parametrik model ile hesaplanan ASE'ler özgün değerlerle elde edilmiş ASE'lerle karşılaştırılmış ve aralarındaki farklar belli yüzde aralıkları için hesaplanmıştır. Uç değerlerdeki farklılıklar %10-%30 arasında kalırken, ara değerlerde oldukça yüksek benzetim değerlerine ulaşılmıştır. En yüksek ve en düşük akım değerlerinin arasındaki oranın 10 dolayında kalması güven düzeyini arttırmakta, bu oranın 100'lere çıkması benzetimin başarısızlığını da beraberinde getirmektedir.

Sonuç olarak; akım gözlemi yetersiz olan veya hiç bulunmayan st havzalardaki akarsu yan kolları için ASE'lerin, parametreleri kolay elde edilebilir (yağış, havza büyüklüğü, coğrafi koordinatlar) bazı havza özellikleri kullanılarak hesaplanmış ve negatif üstel bir eğri kullanılarak benzetilebileceği kanıtlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Akım Sürek Eğrisi, modelleme, negatif üstel, havza özelliği, karstik yapı, tanımlılık katsayısı.

Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN  
Prof. Dr. Ferhat TÜRKMAN  
Prof. Dr. İsmail DURANYILDIZ  
Yrd. Do. Dr. Betl SAF  
Yrd. Do. Dr. Ahmet ALKAN



## ABSTRACT

### OBTAINING OF FLOW DURATION CURVES BY USING OF PRECIPITATION AND BASIN CHARACTERISTICS

YAŞAR, Mutlu

Ph. D. Thesis in Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN

December 2009, 191 Pages

This Ph.D. thesis is such a study that reveals the flow quantity through flow duration curve which is main input by designing of power plants without storage on lateral as well as in wild streams at the upper basins. This aim is extremely important for such a countries, like Türkiye, that imports the dominant part of its energy demand from neighborhood countries.

In this study, by using the methods of experimental hydrology, the undisturbed measured data of 83 flow measuring stations of Kansas-State in U.S.A. and 65 in Türkiye operated by the State Hydraulic Works (DSİ) have been analyzed and their flow duration curves (FDC) have been simulated by a negative exponential expression as  $\text{flow} = \alpha * e^{-\beta * \text{time}}$ . The estimated values of two parameters namely  $\alpha$  and  $\beta$  have been computed by least-squares techniques and shown that the equation is suitable for determination.

At the second stage of the study, the parameters  $\alpha$  and  $\beta$  have been tried to identify with the help of some hydro-physical features of the basin that they are easily obtainable, like area of drainage, average annual precipitation depth, altitude, latitude and elevation from the mean sea level. These variables have been found by using the sensitivity analysis after many attempts applied on to Kansas as well as Türkiye data. The various polynomial alternatives have been tested and proper equation have been obtained by the method of Quasi-Newton, artificial neural network and ant colony optimization. No such much differences have been found between the methods. The selection criteria of the fitted equation was the coefficient of determination ( $R^2$ ) between the original and parametrically computed flow data. In the study realized with turkish data, different than the U.S. application, has been evaluated considering the fractured underground features (carstic) of the drainage area and, the clustering has been made accordingly. This idea has improved the coefficient of determination seriously. This model is named as “parametric model”.

The studies mentioned above have been performed and tested firstly on the flow duration curves (FDC) of all records and than, with FDC's obtained from annually averaged values, also of 365 data. The differences of FDC's computed from parametric model and measured records have been compared along with certain intervals. Except extreme values by the both sides, the simulation was extraordinarily good. If the ratio

between maximum and minimum flows is less than 10, the reliability of the approach is almost 30% at average.

As a result; the flow duration curves of the lateral branches of the streams in upper basins with insufficient or nonexistent measurements may be identified with easily obtainable parameters like precipitation, drainage area and 3-D geographical coordinates.

**Keywords:** Flow duration curve, modeling, basin parameters, carstic structure, coefficient of determination

Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN  
Prof. Dr. Ferhat TÜRKMEN  
Prof. Dr. İsmail DURANYILDIZ  
Asst. Prof. Dr. Betül SAF  
Asst. Prof. Dr. Ahmet ALKAN

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ ONAY FORMU .....	i
TEŞEKKÜR .....	ii
BİLİMSEL ETİK SAYFASI .....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel .....	1
1.2. Amaç .....	6
1.3. Kapsam .....	8
2. İLGİLİ ÇALIŞMALARIN GENEL ÖZETİ .....	10
2.1. Giriş .....	10
2.1.1. Genel .....	10
2.1.2. Akım Sürek Eğrisi'nin (ASE) Tanımı .....	10
2.1.3. ASE' nin Elde Edilmesi .....	11
2.1.4. ASE' nin Kullanım Alanları .....	12
2.2. Akım Sürek Eğrisine İlişkin Çalışmalar .....	13
3. MODELLEME TEKNİKLERİ .....	20
3.1. Giriş .....	20
3.2. Karınca Kolonisi Eniyilemesi .....	20
3.2.1. Modifiye Karınca Kolonisi Eniyileme Yöntemi .....	23
3.3. Yapay Sinir Ağları (YSA) .....	25
3.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması .....	27
3.3.2. Yapay Sinir Ağı Hücresi .....	29
3.4. Quasi-Newton Yöntemi .....	31
4. VERİLER .....	34
4.1. Giriş .....	34
4.2. A.B.D. Verileri ve Verilerin Özellikleri .....	34
4.2.1. Çalışma Alanı .....	34
4.2.2. Coğrafi Veriler .....	35
4.2.3. Yağış Verileri .....	39
4.2.4. Akış Verileri .....	41
4.3. Türkiye Verileri ve Verilerin Özellikleri .....	46
4.3.1. Çalışma Alanı .....	46
4.3.2. Coğrafi Veriler .....	46
4.3.3. Yağış Verileri .....	49
4.3.4. Akış Verileri .....	51
5. SAYISAL UYGULAMA .....	55
5.1. Giriş .....	55
5.2. A.B.D. Verilerine İlişkin Çalışmalar .....	55
5.2.1. ASE'lerinin Modellenmesi .....	55
5.2.2. Modellenen ASE' nin Parametrelerinin Havzaya İlişkin Başka Parametrelerle İlişkilerinin Araştırılması .....	66

5.2.3. A.B.D.'nin Kansas Eyaleti Verilerinin Çözücü Programı ile Modelleme Çalışmaları Sonuçları .....	89
5.3. A.B.D.'de Kazanılan Deneyim ile Türkiye Verilerinin Çözümlemesi .....	90
5.3.1. ASE'lerin Modellenmesi .....	90
5.3.2. Modellenen ASE'lerinin Parametrelerinin Havzaya İlişkin Başka Özelliklerle İlişkilerinin Araştırılması .....	96
5.3.3. Türkiye Verilerinin Çözücü Programı ile Modelleme Çalışmaları Sonuçları .....	109
5.4. Türkiye Verilerinin Ortalama Akış Değerleri İle Çözümlemesi .....	110
5.4.1. ASE'nin Modellenmesi .....	110
5.4.2. Modellenen ASE'lerinin Parametrelerinin Havzaya İlişkin Başka Parametrelerle İlişkilerinin Araştırılması .....	116
5.4.3. Türkiye Verilerinin Çözücü Programı ile Modelleme Çalışmaları Sonuçları .....	126
5.5. Türkiye Verilerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi .....	127
5.6. Türkiye Verilerinin Karınca Kolonisi Eniyilemesi İle Modellenmesi .....	132
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	138
6.1. Genel .....	138
6.2. Sonuçlar .....	139
6.3. Öneriler .....	143
KAYNAKLAR .....	145
EKLER .....	150
ÖZGEÇMİŞ .....	191

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın planlamasına göre, iki farklı senaryo için beklenen enerji istemi kestirimleri (ETKB 2004 Planlama Raporu).....	3
Şekil 2.1 Akım süreklilik eğrisi.....	12
Şekil 3.1 Genel karınca algoritması (Talbi ve diğ., 2001).....	21
Şekil 3.2 Gerçek karınca davranışları (Başkan, 2009c).....	21
Şekil 3.3 KKE algoritması (Başkan ve diğ., 2009a).....	24
Şekil 3.4 İleri beslemeli ağ (Sağiroğlu ve diğ., 2003).....	28
Şekil 3.5 Geri beslemeli ağ (Sağiroğlu ve diğ., 2003).....	28
Şekil 3.6 Temel yapay sinir ağı hücresi.....	29
Şekil 4.1 Kansas Eyaleti eş-yükseklik haritası.....	36
Şekil 4.2 Kansas Eyaleti eş-eğim haritası.....	37
Şekil 4.3 Kansas Eyaleti eş-permeabilite haritası.....	38
Şekil 4.4 Kansas Eyaleti eş-yağış yüksekliği haritası.....	40
Şekil 4.5 Kansas Bölgesi AGİ yerleşim haritası.....	45
Şekil 4.6 Türkiye karstik bölgeler haritası.....	48
Şekil 4.7 Türkiye eş-yağış haritası.....	50
Şekil 4.8 Türkiye AGİ bulduru haritası.....	53
Şekil 5.1 AGİ' lerin verilerinin tamamı için oluşturulan modelle hesaplanan $\alpha$ ve $\beta$ değerleri için tanımlılık katsayılarının değişimi.....	58
Şekil 5.2 Akım gözlem istasyonlarının verilerinin eğrinin başından ve sonundan %5 atıldığı durumda modelle hesaplanan $\alpha$ ve $\beta$ değerleri için tanımlılık katsayılarının değişimi.....	63
Şekil 5.3 Akım gözlem istasyonlarının verilerinin eğrinin başından ve sonundan %10 atıldığı durumda oluşturulan modelle hesaplanan $\alpha$ ve $\beta$ değerleri için tanımlılık katsayılarının değişimi.....	63
Şekil 5.4 Akım süreklilik eğrisinin tümünün modellenmesi durumunda $\alpha$ değerlerinin dağılımı.....	64
Şekil 5.5 Akım süreklilik eğrisinin baştan ve sondan %5' inin atılması ile modellenmesi durumunda $\alpha$ değerlerinin dağılımı.....	64
Şekil 5.6 Akım süreklilik eğrisinin baştan sondan %10' unun atılması ile modellenmesi durumunda $\alpha$ değerlerinin dağılımı.....	65
Şekil 5.7 Akım süreklilik eğrisinin tümünün modellenmesi durumunda $\beta$ değerlerinin dağılımı.....	65
Şekil 5.8 Akım süreklilik eğrisinin baştan ve sondan %5 ve %10' luk kısımlarının atılarak modellenmesi durumunda $\beta$ değerlerinin dağılımı.....	66

Şekil 5.9 ASE' lerin baştan sondan %10' unun atıldığı durum için gözlem – model $\beta$ değerleri .....	70
Şekil 5.10 1. Küme için gözlem – model $\alpha$ değerlerinin karşılaştırılması .....	75
Şekil 5.11 1. Küme için gözlem – model $\beta$ değerlerinin karşılaştırılması .....	75
Şekil 5.12 2. Küme için gözlem – model $\alpha$ değerlerinin karşılaştırılması .....	75
Şekil 5.13 2. Küme için gözlem – model $\beta$ değerlerinin karşılaştırılması .....	76
Şekil 5.14 3. Küme için gözlem – model $\alpha$ değerlerinin karşılaştırılması .....	76
Şekil 5.15 3. Küme için gözlem – model $\beta$ değerlerinin karşılaştırılması .....	76
Şekil 5.16 Küme öğelerinin coğrafi olarak dağılımı .....	78
Şekil 5.17 A.B.D.' nin Kansas Eyaleti AGİ' leri ASE denklemleri parametrelerinden $\alpha$ için hesaplanmış – modellenmiş $\alpha$ değerleri .....	81
Şekil 5.18 7 no. lu bağıntı ile kurulan ilişki için zamanın tümü için modellenen $\alpha$ değeri için model – gözlem karşılaştırması .....	83
Şekil 5.19 2 no. lu bağıntı ile kurulan ilişki için zamanın tümü için modellenen $\beta$ değeri için model – gözlem karşılaştırması .....	88
Şekil 5.20 Verilerin doğal durumu için hesaplanan $\alpha$ değerleri .....	93
Şekil 5.21 Verilerin doğal durumu için hesaplanan $\beta$ değerleri .....	93
Şekil 5.22 Verilerin doğal durumu için hesaplanan $\alpha$ ve $\beta$ değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi .....	94
Şekil 5.23 Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış $\alpha$ değerleri .....	94
Şekil 5.24 Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış $\beta$ değerleri .....	95
Şekil 5.25 Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış $\alpha$ ve $\beta$ değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi .....	95
Şekil 5.26 Karstik bölgelerde ASE' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	100
Şekil 5.27 Karstik bölgelerde ASE' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	101
Şekil 5.28 Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	102
Şekil 5.29 Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	103
Şekil 5.30 Karstik bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	104
Şekil 5.31 Karstik bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	105
Şekil 5.32 Karstik olmayan bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	106
Şekil 5.33 Karstik olmayan bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	107

Şekil 5.34 Verilerin doğal durumu için hesaplanmış $\alpha$ değerleri.....	113
Şekil 5.35 Verilerin doğal durumu için hesaplanmış $\beta$ değerleri.....	113
Şekil 5.36 Verilerin doğal durumu için hesaplanmış $\alpha$ ve $\beta$ değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi .....	114
Şekil 5.37 Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış $\alpha$ değerleri.....	114
Şekil 5.38 Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanan $\beta$ değerleri.....	115
Şekil 5.39 Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış $\alpha$ ve $\beta$ değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi.....	115
Şekil 5.40 Karstik bölgelerde ASE' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	117
Şekil 5.41 Karstik bölgelerde ASE' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	118
Şekil 5.42 Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması.....	119
Şekil 5.43 Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması.....	120
Şekil 5.44 Karstik bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	121
Şekil 5.45 Karstik bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	122
Şekil 5.46 Karstik olmayan bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\alpha$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	123
Şekil 5.47 Karstik olmayan bölgelerde $\ln(ASE)$ ' nin $\beta$ parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması .....	124
Şekil 5.48 Eğitim için kullanılan yapay sinir ağı modeli.....	127
Şekil 5.49 YSA eğitimi sonucu elde edilen model ve gözlem $\alpha$ değerleri (karstik bölge).....	128
Şekil 5.50 YSA sınanması sonucu elde edilen model ve gözlem $\alpha$ değerleri (karstik bölge) .....	128
Şekil 5.51 YSA eğitimi sonucu elde edilen model ve gözlem $\beta$ değerleri (karstik bölge).....	129
Şekil 5.52 YSA sınanması sonucu elde edilen model ve gözlem $\beta$ değerleri (karstik bölge) .....	129
Şekil 5.53 YSA eğitimi sonucu elde edilen model ve gözlem $\alpha$ değerleri (karstik olmayan bölge).....	130
Şekil 5.54 YSA sınanması sonucu elde edilen model ve gözlem $\alpha$ değerleri (karstik olmayan bölge).....	130
Şekil 5.55 YSA eğitimi sonucu elde edilen model ve gözlem $\beta$ değerleri (karstik olmayan bölge).....	131
Şekil 5.56 YSA sınanması sonucu elde edilen model ve gözlem $\beta$ değerleri (karstik olmayan bölge).....	131

Şekil 5.57 KKE akış şeması.....	134
Şekil 5.58 KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem $\alpha$ değerleri (karstik bölge) .....	135
Şekil 5.59 KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem $\beta$ değerleri (karstik bölge) .....	136
Şekil 5.60 KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem $\alpha$ değerleri (karstik olmayan bölge).....	136
Şekil 5.61 KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem $\beta$ değerleri (karstik olmayan bölge).....	137



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1 OECD ve AB ülkelerinin kurulu güçleri, 2005 yılı (İTÜ, 2007).....	1
Çizelge 4.1 A.B.D.’ nin Kansas Eyaleti modelleme çalışmalarında kullanılan istasyonlar ve parametreleri.....	41
Çizelge 4.2 Türkiye DSİ Agi Bilgileri .....	51
Çizelge 5.1 A.B.D.’ nin Kansas Eyaleti AGİ’lerinden elde edilen ASE’ lerdeki üstel bağıntının hesaplanmış $\alpha$ ve $\beta$ değerleri .....	56
Çizelge 5.2 A.B.D.’ nin Kansas AGİ’lerinin baştan sondan %5 atılarak elde edilen ASE’ ler ile üstel bağıntı arasındaki ilişki ve hesaplanan $\alpha$ ve $\beta$ değerleri.....	59
Çizelge 5.3 A.B.D.’ nin Kansas AGİ’lerinin tümünden elde edilen ASE’ ler ile üstel bağıntı arasındaki ilişki tanımlılık katsayıları ile $\alpha$ ve $\beta$ değerleri .....	61
Çizelge 5.4 A.B.D.’ nin Kansas Eyaleti AGİ’ lerinin havza parametreleri .....	67
Çizelge 5.5 ASE’ lerinin baştan sondan %10’ unun atıldığı durum için hesaplanan $\beta$ değerleri ile model ile hesaplanan $\beta$ değerlerinin arasındaki mutlak yanlışların karelerinin toplamı ve tanımlılık katsayıları.....	69
Çizelge 5.6 Başlangıç kümeleme merkezi .....	70
Çizelge 5.7 Final kümeleme merkezi.....	71
Çizelge 5.8 Kümeler için ANOVA sınaması sonuçları .....	71
Çizelge 5.9 Her bir kümedeki üye sayıları.....	71
Çizelge 5.10 1 Nolu küme gözlem – model $\alpha$ ve $\beta$ değerleri.....	72
Çizelge 5.11 2 Nolu küme gözlem – model $\alpha$ ve $\beta$ değerleri.....	73
Çizelge 5.12 3 Nolu küme gözlem – model $\alpha$ ve $\beta$ değerleri.....	74
Çizelge 5.13 Oluşturulan küme öğelerinin havza parametrelerinin istatistikleri.....	77
Çizelge 5.14 A.B.D.’ nin Kansas Eyaleti AGİ istasyonları için hesaplanmış $\alpha$ değerleri ve havza parametreleri .....	79
Çizelge 5.15 ASE’ nin tümünün modellenmesi durumu için $\alpha$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	82
Çizelge 5.16 ASE’ nin baştan ve sondan %5’ lik kısmının yok sayılarak modellenmesi durumu için $\alpha$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve tanımlılık katsayıları.....	83
Çizelge 5.17 ASE’ nin baştan ve sondan %10’ luk kısmının yok sayılarak modellenmesi durumu için $\alpha$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve tanımlılık katsayıları.....	84
Çizelge 5.18 A.B.D.’ nin Kansas Eyaleti AGİ’ lerinin istatistik ve $\beta$ değerleri .....	85

Çizelge 5.19 ASE' nin tümünün modellenmesi durumu için $\beta$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	87
Çizelge 5.20 ASE' nin baştan ve sondan %5' lik kısmının yok sayılması ile modellenmesi durumu için $\beta$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları.....	88
Çizelge 5.21 ASE' nin baştan ve sondan %10' luk kısmının yok sayılması ile modellenmesi durumu için $\beta$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları.....	89
Çizelge 5.22 Türkiye DSİ AGİ'lerinden elde edilen doğal ve ln dönüşümleri uygulanmış ASE' lerdeki üstel bağıntı için hesaplanmış $\alpha$ ve $\beta$ değerleri.....	91
Çizelge 5.23 Verilerin doğal durumu için $\alpha$ değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları.....	96
Çizelge 5.24 Verilerin doğal durumu için $\beta$ değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları.....	97
Çizelge 5.25 Verilerin doğal logaritmik durumu [ln (ASE)] için $\alpha$ değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları .....	97
Çizelge 5.26 Verilerin doğal logaritmik durumu [ln (ASE)] için $\beta$ değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları .....	98
Çizelge 5.27 Türkiye DSİ İstasyonlarının karstik/karstik olmayan bölgelerde kalma durumları.....	99
Çizelge 5.28 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\alpha$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	100
Çizelge 5.29 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\beta$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	101
Çizelge 5.30 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\alpha$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	102
Çizelge 5.31 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\beta$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	103
Çizelge 5.32 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\alpha$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	104
Çizelge 5.33 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\beta$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	105
Çizelge 5.34 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\alpha$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	106

Çizelge 5.35 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\beta$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	107
Çizelge 5.36 Türkiye verileri için yapılan çözümlenmeler sonucunda en yüksek ilişkiyi veren bağıntılar.....	108
Çizelge 5.37 Türkiye DSİ AGİ' lerinden elde edilen doğal, log ve ln dönüşümleri uygulanmış ASE' lerdeki üstel bağıntı için hesaplanmış $\alpha$ ve $\beta$ değerleri.....	111
Çizelge 5.38 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\alpha$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	116
Çizelge 5.39 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\beta$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	117
Çizelge 5.40 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\alpha$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	118
Çizelge 5.41 ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\beta$ katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	119
Çizelge 5.42 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\alpha$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	120
Çizelge 5.43 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde $\beta$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	121
Çizelge 5.44 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\alpha$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	122
Çizelge 5.45 ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde $\beta$ parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları .....	123
Çizelge 5.46 Türkiye verileri için yapılan çözümlenmeler sonucunda en yüksek ilişkiyi veren bağıntılar.....	125
Çizelge 5.47 KKE yöntemi ile elde edilen model parametreleri .....	135

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Gelişim Organizasyonu
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
BM	Birleşmiş Milletler
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
MW	Megavat
GW	Cigavat
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
kW	Kilovat
HES	Hidroelektrik Santral
KÜHES	Küçük Hidroelektrik Santral
DSİ	Devlet Su İşleri
YİD	Yap İşlet Devret
ASE	Akım Sürek Eğrisi
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$t$	Zaman
DGÇ	Debi Gidiş Çizgisi
m	Metre
s	Saniye
km	Kilometre
USGS	ABD Jeolojik Araştırma Enstitüsü
KKE	Karınca Kolonisi Eniyilemesi
YSA	Yapay Sinir Ağları
KS	Karınca Sistemi
ÇU	Çözüm Uzayı
$x_t^k$	$t$ . iterasyondaki $k$ . karınca

$\tau_t$	$t$ . iterasyondaki feromon miktarı
İE	İşlemci Elemanlar
LVQ	Öğrenme Vektörü Yinelemesi
$S$	Toplam işlev
$x_i$	Giriş değerleri
$w_i$	Ağırlık değeri
$o$	Çıkış değeri
$\theta$	Eşik
$\Psi(S)$	Aktivasyon işlevi
QN	Quasi-Newton
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
$R^2$	Tanımlılık Katsayısı
SPSS	Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
DA	Akaçlama Alanı
YOY	Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği
HOP	Havza Ortalama Hidrolik İletkenliği
HOE	Havza Ortalama Eğimi
ENL	Enlem
BYL	Boylam
DSY	Deniz Seviyesinden Yükseklik (=Yükselti)
log	Logaritma (10 tabanına göre)
ln	Doğal Logaritma (2,718 tabanına göre)
HKT	Hataların Kareleri Toplamı
ln (ASE)	Akım Sürek Eğrisi Değerlerinin Doğal Logaritması
log (ASE)	Akım Sürek Eğrisi Değerlerinin Logaritması
EİEİ (EİE)	Elektrik İşleri Etüt İdaresi

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Genel

21. yüzyılın başında, teknolojik gelişmelerdeki ilerlemenin bir sonucu olan temel sorunlarından biri, artan enerji istemi ve bu istemin yer-zaman ortamında yeterince karşılanamamasıdır. Enerji, iş yapma kapasitesi olarak tanımlanabilir. Enerji kaynakları ise yenilenebilir ve tükenebilir olmak üzere iki ana grup altında toplanabilir. Yenilenebilir enerji, pratik olarak sınırsız olduğu varsayılan, sürekli ve yenilenecek ve yinelenerek kullanılabilen bir enerji tipidir. Tükenebilir enerji ise, kullanıldıkça tükenen ve yerine konulamayan enerji olarak tanımlanır.

Dünyada en hızlı gelişme gösteren enerji biçimi elektrik enerjisine olan gereksinimdir. Bu durumuyla, üretimi en pahalı olan enerji türlerinin başında gelir. Hem yenilenebilir, hem de tükenebilir kaynaklardan elde edilebilir. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilmediği sürece, yüksek maliyetli olduğu bilinen bir gerçektir. Diğer yandan, enerji kaynakları tüm ülkelere eşit olarak dağılmış durumda değildir. Dünyada bazı ülkeler geniş rezervlere sahip olup üretici konumundayken, diğerleri bu enerji kaynaklarından yararlanmaya çalışan tüketici konumundadırlar.

**Çizelge 1.1** OECD ve AB ülkelerinin kurulu güçleri, 2005 yılı (İTÜ, 2007) (1/2)

Ülke	Termik (GW)	Nükleer (GW)	Hidrolik (GW)	Diğer (GW)	Toplam (GW)
ABD	584,1	97,1	98,6	5,1	784,9
Almanya	79,8	22,3	8,9	2,7	113,7
Finlandiya	10,6	2,6	2,9	0,0	16,1
Fransa	25,5	61,7	25,1	0,3	112,6
İspanya	25,3	7,3	16,6	0,8	50,0
İsveç	6,5	10,1	16,3	0,2	33,1

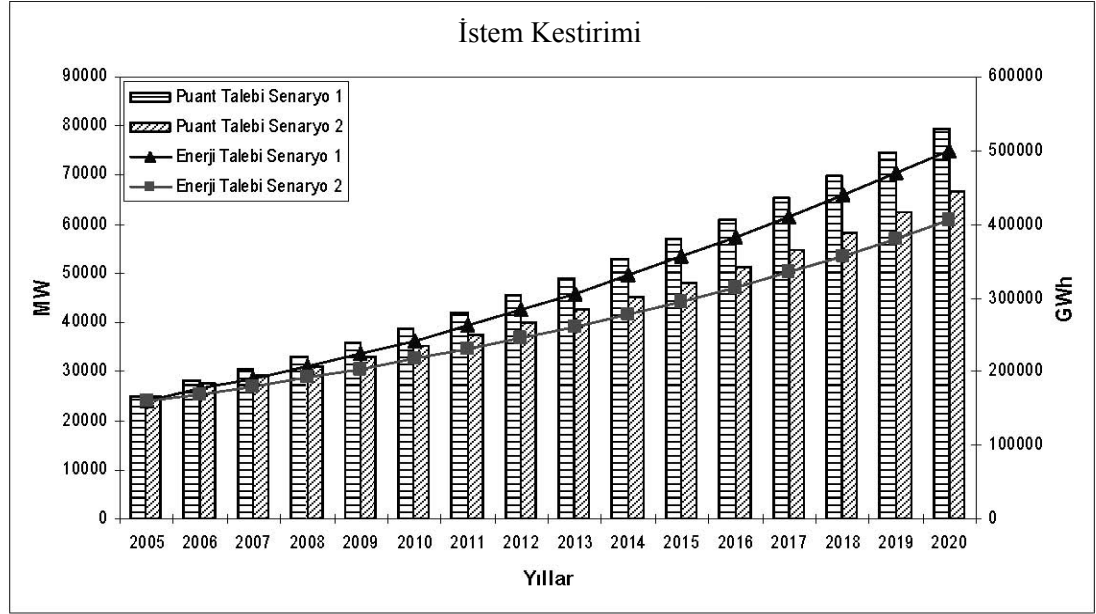
**Çizelge 1.1** OECD ve AB ülkelerinin kurulu güçleri, 2005 yılı (İTÜ, 2007) (2/2)

Ülke	Termik (GW)	Nükleer (GW)	Hidrolik (GW)	Diğer (GW)	Toplam (GW)
Japonya	132,9	45,1	43,9	0,5	222,4
Kanada	32,3	10,6	67,0	0,1	110,0
<b>Türkiye</b>	<b>26,6</b>	---	<b>12,9</b>	<b>0,1</b>	<b>39,6</b>

1950'den bu yana dünya nüfusu 2 katından fazla artarken, enerji istemi 6 kat artmıştır. Halen dünya nüfusu 6,5 milyar olarak kestirilmektedir. BM, nüfusun 2015 yılında 7,2 milyar ve 2050 yılında 8,9 milyar olacağını öngörmektedir. Bu ise daha fazla enerji istemi demektir.

2005-2030 döneminde toplam enerji tüketiminde % 62' lik bir artış beklenmektedir. Bu ise dünya enerji tüketiminde ortalama yıllık artış olarak % 2' ye, elektrik üretiminde ise % 2,7' ye ve Gayri Safi Milli Hasıla' da (GSMH) ortalama yıllık artış olarak % 3,8' e karşı gelmektedir. Eğer düşük ekonomik büyüme gerçekleşirse, ortalama yıllık artış dünya enerji tüketimi % 1,5 ve üretiminde % 2,0 olarak; yüksek ekonomik büyüme gerçekleşirse, % 2,6 ve % 3,3 olarak öngörülmektedir.

Dünyada durum böyle iken, ülkemizdeki durumun hiç de iç açıcı olmadığı görünmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı' nın planlamasına göre, iki farklı senaryo için istemin, düşük senaryoya göre bile iki katına çıkarılması gerektiği hesaplanmaktadır (Şekil 1.1).



**Şekil 1.1** Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın planlamasına göre, iki farklı senaryo için beklenen enerji istemi kestirimleri (ETKB 2004 Planlama Raporu)

Türkiye enerji kaynakları bakımından dışalımçı bir ülke konumundadır. Zira yerli kaynakların istemi karşılamada yetersiz kalmasının bir sonucu olarak, 2007 yılında enerji sunusunun petrolde % 93, doğalgazda % 97, kömürde ise % 20 oranında olmak üzere toplam % 74' lük bölümü dışalım ile karşılanmıştır (EÜAŞ, 2008).

2004 yılı başı itibariyle Türkiye'de kişi başına elektrik enerjisi tüketimi brüt 2090 kWh'e ulaşmış olmasına karşın, bu rakamın Avrupa'da yaklaşık 6500 kWh/kişi ve dünya ortalamasının ise 2350 kWh/kişi olduğu dikkate alınır, ülkemiz için kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketiminin oldukça düşük bir seviyede olduğu görülmektedir. Bu nedenle, dışa bağımlı olmaması nedeniyle başta hidrolik enerji olmak üzere, elektrik enerjisi sunusunun ivedilikle artırılması gereği ortadadır.

Enerji kaynaklarının neredeyse tümü, güneş ışınımının maddeler üstündeki fiziksel ve kimyasal etkisinin bir sonucudur. Hidrolik enerji de güneş ışınımından, hidrolojik çevrim aracılığıyla dolaylı olarak oluşan bir enerji kaynağıdır. Deniz, göl veya akarsulardaki sular güneş enerjisi ile buharlaşmakta, oluşan su buharı rüzgarın etkisiyle de sürüklenerek dağların yamaçlarında yağmur ya da kar biçiminde yeryüzüne ulaşmakta ve akarsuları beslemektedir. Bunun yanı sıra, yeraltına sızan suyun bir kısmı da yeraltı suyunu oluşturmakta ve yüzeysel suyu beslemektedir.



İnsan, suyu kullanmak ve denetim altına alma amacıyla “su” kavramı ile her zaman yakından ilgilenmiş; suyun özelliklerinin tanınmasına, devinimini yöneten yasaların saptanmasına, sudan yararlanmanın değişik yollarının belirlenmesine ve yaratabileceği olası zararlardan korunmasına çalışmıştır. Günümüzde hızla artan nüfus ve gittikçe zorlaşan çevre koşullarına bağlı olarak suyun korunması ve eniyil biçimde işletilmesi, gün geçtikçe daha büyük önem kazanmıştır.

Hidrolojik çalışmaların güçlüğü, rastlansal özellikteki yağış olaylarının zaman ve konumsal açıdan türdeş olmaması sonucunda ve önceden kestirilmesi zor olan belirsizlikten kaynaklanmaktadır. Bu yüzden “su”, beklenmeyen zararlar verebileceği gibi, denetim altına alınabildiği takdirde, ekonomik ve toplumsal açıdan sürekli olarak artan ölçülerde yararlar sağlayabilen bir kavramdır. İlgili bölgenin su potansiyelinin belirlenmesi, su yapılarının tasarım ve uygulanmasında temel girdi olması açısından büyük öneme sahiptir.

Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde “brüt potansiyel”, “teknik potansiyel” ve “ekonomik potansiyel” kavramlarını tanımlama ile işe başlanılmalıdır (Baykan, 2008).

Bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin kuramsal üst sınırını gösteren brüt su kuvveti potansiyeli; mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyeli ifade etmektedir. Topografya ve akışın bir işlevi olan brüt hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh/yıl mertebesinde (Öziş, 1983).

Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teknolojik üst sınırını göstermektedir. Uygulanan teknolojiye bağlı olarak düşü, akım ve dönüşümde oluşabilecek kaçınılmaz kayıplar hariç tutulmaktadır. Bölgede planlanan hidroelektrik projelerin teknik açıdan uygulanabilmesi olanaklı tümünün gerçekleştirilmesi ile elde edilecek hidroelektrik enerji üretiminin sınırlarını simgelemektedir. Bu niteliğiyle teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel, brüt potansiyelin bir işlevi olmakta ve çoğunlukla onun yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar kWh/yıl dolayındadır (Öziş ve diğ., 2006)

Ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin ekonomik olarak eniyilenmesinin sınır değerini gösteren, gerek teknik açıdan geliştirilebilmesi olanaklı, gerekse ekonomik yönden tutarlı olan tüm hidroelektrik projelerin toplam üretimi olarak tanımlanabilir. Bir başka deyişle, ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, beklenen gelirleri giderlerinden fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik enerji üretimini göstermektedir.

Hidroelektrik santrallerin ekonomik yapılabilirliğinin hesaplanabilmesi için, enterkonnekte sistemde aynı enerjiyi üretecek kaynaklar gözden geçirilmekte ve en ucuz enerji kaynağı belirlenerek hidroelektrik santral (HES) projesi bu kaynakla karşılaştırılmakta ve ancak daha ekonomik bulunursa önerilmektedir. Ekonomik HES potansiyeli içindeki tüm projeler, termik santrallere göre verimlilikleri daha yüksek projelerdir. Ülkemizin 2006 yılı başı itibariyle saptanan teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 129,9 milyar kWh/yıl dır. Bu potansiyel en az ilk etüt düzeyindeki hidroelektrik projelerle istikşaf (ön inceleme), ana-plan, yapılabilirlik, kesin proje, inşa ve işletme aşamalarından oluşan 747 adet hidroelektrik projenin toplam enerji üretim kapasitesini ifade etmektedir.

Hidroelektrik santraller, biriktirmeli ve doğal akışlı olmak üzere iki ana grupta değerlendirilebilir. Biriktirmeli hidroelektrik santrallerde, zaman içinde rastgele bir değişken niteliğinde olan akım, biriktirme yapmak suretiyle düzenlenmekte ve bu düzenli debiyle akarsudan daha fazla enerji üretilmektedir. Biriktirme terimi genellikle mevsimlik düzenlemeler için kullanılmaktadır.

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde, biriktirmenin olmaması ve düşünün santralin inşa edildiği yerdeki fiziksel (=topografik) koşullara bağlı sabit bir değer olması gibi nedenlerle santralden üretilecek elektrik enerjisi niceliği, akarsuda o an var olan akımın bir işlevi olmaktadır. Baz yüke katkıda bulunan bu tür santrallerin enerji gereksinmesinin fazla olduğu zamanlarda istemi karşılamak üzere, enerji üretimini arttırma yeteneği bulunmamaktadır.

## 1.2. Amaç

Bu tez çalışmasının temel amacı, “Küçük Düşülü Hidroelektrik Santraller” in (KÜHES) planlama, tasarım ve işletme çalışmaları sırasında gerekli olan akım süre eğrilerinin bölgesel ölçekte yeni bir model yaklaşımıyla belirlenmesidir. Bölgesel akım süre eğrilerinin ülkemizin hidroelektrik potansiyelinin belirlenmesine önemli katkı sağlayacağı açıktır.

Devlet Su İşleri (DSİ), kurulduğu yıldan günümüze değin büyük debili suların potansiyelinin kullanılması için projeler geliştirmiş ve bu projelerin yaklaşık % 50’lik bir bölümünü işletmeye açmıştır. Ancak günümüzde oluşan enerji açığı nedeniyle bu kaynaklar yetersiz kalmış ve artık KÜHES diye adlandırılan, daha çok büyük akarsuların yan kollarından yararlanarak enerji üretimi yapabilen tesislerin önemi ortaya çıkmıştır.

Geçen 15 yıllık süreç içinde hidroelektrik enerjinin geliştirilmesine yönelik olarak daha çok biriktirmesiz hidroelektrik santrallerin yapımı ve işletilmesi çeşitli Yap-İşlet-Devret (YİD) modelleriyle özendirilerek özel sektörün önü açılmıştır. Son 10 yıl içerisinde de yasal düzenlemelerin tamamlanmasıyla, çoğu biriktirmesiz olmak üzere, gerek özel sektörde geliştirilen, gerekse devletin geliştirdiği şimdiki durumda bine yakın proje geliştirilmiştir.

Yatırım maliyeti ve inşaat süresi uzun olan depolamalı hidroelektrik santral yapılması durumunda, projenin yaratacağı olumsuz çevre ve sosyal etkileri en düşük düzeye çekmek için doğal akışlı hidroelektrik santral seçeneği gündeme gelmektedir. Olumsuz çevresel etkilerden ötürü dünya genelinde biriktirmeli tesisler yerine doğal akışlı tesisler tercih edilir hale gelmiştir. Bu tür tesislerden üretilen enerjiye eko-enerji adı verilmektedir.

Bu doktora tez çalışmasının konusu, gerek özel sektör, gerekse devlet tarafından geliştirilen küçük santrallerin tasarımında veri azlığından kaynaklanan projelendirilme sorunlarının çözümlenmelerine katkı sağlamaktır. Son yıllarda DSİ, havza sayısının azaltılması ve tümleşik havza modellerinin yaygın olarak kullanılması yönünde yeni bir yapılanma içindedir. Bu çalışma böyle bir yapılanmaya da katkı sağlayabilecektir.

Adı geçen küçük suların üstünde yer alan HES'lerin projelendirme aşamasının temelinde suyun niceliğinin doğru bir biçimde tanımlanması yatmaktadır. Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde, biriktirme ögesinin olmaması ve düşünün santralin inşa edildiği yerdeki topografik koşullara bağlı sabit bir değer olması nedeniyle, santralden üretilen elektrik enerjisi akarsuda o an var olan akımın bir işlevidir.

Doğal akışlı bir hidroelektrik santralin kurulu güç ve enerji potansiyelinin belirlenmesinde karşılaşılan en önemli sorun proje debisinin seçilmesidir. Burada bir başka önemli sorun da, öngörülen tesis yerinde akarsuya ilişkin akım ölçümlerinin bulunmayışıdır. Yine enerji potansiyelinin belirlenmesi bölgesel ölçekte ele alındığında, bu sorunlar çok daha büyük boyutlara varmaktadır. Yukarıdaki sorunların giderilmesinde "bölgesel debi süre eğrisi" kavramı önemli bir araç olmaktadır.

Su kaynaklarının tasarımında kullanılan hidrolojik olayların değerleri büyükten küçüğe (ya da küçükten büyüğe) doğru sıralandığında, her büyüklük için, bu değeri karşılayan veya geçen zamanın yüzdesi hesaplanabilir. Akım değerlerinin büyüklükleri ordinat ve bu büyüklüklere karşı gelen zaman yüzdeleri apsiste gösterildiğinde, "Akım Süre Eğrisi" elde edilmektedir. Akım süre eğrisini elde ederken olabildiğince uzun süreli (DSİ'ye göre 20 yıldan fazla) debi gidişlerini kullanmak uygun olmaktadır. ASE edilirken kullanılan değerlerin günlük olması durumunda, eğrinin eğimi yıllık değerlerin kullanılıyor olmasına göre daha büyük olmaktadır.

Doğal akım süre eğrisi, akarsuyun günlük olarak düzenlenmesinde gereklidir. Tasarıma esas debinin aylık değerler ile çalışılmış bir ASE üzerinden elde edilmesi durumu, günlük değerler ile elde edilmesi durumuna göre daha büyük değerler ile karşılaşılmasını doğurur. Bu yüzden akım süre eğrisini oluştururken günlük akım değerlerinin kullanılması daha doğru sonuçlar vermektedir.

Pek çok akarsu havzasında uzun süreli hidrolojik veri bulunmamaktadır. Birçok hidrolojik tasarım çalışmalarında genellikle yıllık ortalama akım değerleri dikkate alınır. Proje yerinde günlük akım değerlerinin oluşturulabilmesi için öncelikle uzun dönemli gözlemlere sahip, benzer coğrafi koşullar dikkate alınarak bir indeks ölçüm istasyonu seçilir. Seçilen bu istasyona ilişkin yıllık akış verilerinin tutarlılığı ve bölgeyi simgelediğine kanaat getirilirse veri aktarımı tamamlanmış kabul edilir. Ancak bu

yöntem çoğu zaman kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalamamaktadır. Bu çalışma bu noktada da bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Her bir akarsu havzası için gözlemi olan istasyonlardan yararlanılarak genel bir ASE çizilebilirse, gözlem değeri olmayan bölgelerde de kabul edilebilir bir yanılığın içeren ASE' ler çizilebilecektir.

Su çevirme eksenindeki ASE çizildikten sonra, topografyanın teknik olarak uygun olan en büyük kot farkı sağlayabilecek yerinde uygun yapılar boyutlandırılabilir. Kurulu güce asıl debi ASE' nin içerisinde seçilir. Seçimde her bir farklı debi değeri için maliyet ve kazançlar hesaplandıktan sonra yapılan eniyileme ile kurulu güce asıl debiye karar verilir.

Çalışma temel olarak, projelendirme çalışmaları sırasında ana girdi olan ASE' nin çizilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

### 1.3. Kapsam

Bu çalışma kapsamında ASE' lerin modellenme çalışmaları yapılmıştır. ASE' nin modellenmesi daha önceden de denenmiştir. Örneğin, karst pınarlarının kurak dönemdeki boşalmasını tanımlamada yaygın uygulama alanı bulmuş olan basit üstel bir bağıntının (Maillet, 1905), ASE' lerin de büyük bir kısmını tanımlayabileceği düşünülmüştür. Üstel modelin parametrelerinden başlangıç değerinin tabii logaritması ile yıllık akışlılık katsayılarının tabii logaritmaları arasında kuvvetli sayılabilecek bir bağımlılığın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, üstel modelin başlangıç değeri tabii logaritmasından yıllık akışlılık katsayısının tabii logaritmasının çıkarılmasıyla oluşturulan farklar dizisi ile geometrik azalma katsayısı arasında da iyi bir doğrusal bağımlılığın olduğu belirlenmiştir (Alkan, 2001).

ASE' nin oluşturulma mantığının, günlük akım değerlerinin oluş sırasına bakılmadan büyükten küçüğe dizilmesinden dolayı;

$$y = \alpha * e^{-\beta * t} \quad (1)$$

bağıntısına benzetilebildiği kanıtlanmıştır (Alkan, 2001).

Bu çalışma kapsamında, öncelikle (1) no. lu bağıntının A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' nden seçilen 82 adet istasyonda ve Türkiye DSİ' nin işlettiği 65 adet istasyonda denenmiş ve sonuçlar sunulmuştur. Daha sonra bağıntının içerisinde bulunan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin havzaya ilişkin başka bir takım fiziko-meteorolojik parametrelerle tanımlanabildiği kanıtlanmıştır. Bu sayede akış değeri bulunmayan küçük suların üstünde de, ASE' lerin belli bir yanılğı kabul edilerek çizilmesine olanak sağlanmış olmaktadır.

## 2. İLGİLİ ÇALIŞMALARIN GENEL ÖZETİ

### 2.1. Giriş

#### 2.1.1. Genel

Akım Sürek Eğrileri' nin (ASE) Su Kaynakları Mühendisliği Bilim Dalı' ndaki öneminin büyüklüğüne ve uygulama alanının çokluğuna oranla, konuya ilişkin kaynakların azlığı dikkat çekicidir. Ülkemizin su potansiyelinin yaklaşık olarak % 35' i kullanılmaktadır. Özel girişimin önünü açan yasal düzenlemelerin ardından, son on yılda 2000' e yakın irili-ufaklı hidroelektrik santral (HES) yatırımının planlanması, yapımı ve işletilmesi gündeme gelmiştir. Hidroelektrik santral yapılması öngörülen bölgelerde yeterince akış verisinin bulunmaması ve bu yatırımların güvenli bir şekilde tasarımılandırılması için ASE' ye mutlak zorunluluk duyulması, bu ve benzeri çalışmaların önemini bir kat daha arttırmaktadır. Yapılan çalışmanın, anılan HES' lerin tasarımında, gerçeğe yakın kurulu güce esas debinin belirlenmesine katkı sağlaması amaçlanmıştır.

#### 2.1.2. Akım Sürek Eğrisi'nin (ASE) Tanımı

Akım Sürek Eğrisi (ASE), akış değerlerinin oluş sırasına bakılmaksızın zamana göre genellikle büyükten küçüğe dizilmesi ile elde edilmektedir. Bazı durumlarda yatay eksen olarak görülme %' si de alınabilmektedir. Bu durumda ASE, belli bir zaman aralığı boyunca saptanan bir akım değerinin eşit olduğu veya aşıldığı (altında kaldığı) zaman yüzdesini göstermektedir. Bir ASE, belli bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık ya da başka bir zaman aralığındaki akımların niceliği ve sıklığı ile bağlantılıdır.

ASE bir eklenik olasılık dağılım eğrisi değildir. Çünkü yıldan daha küçük zaman dilimleri için bir akarsudaki akım süreci durağan (stasyoner, istatistik özellikleri

zamanla değişmeyen) bir süreç olmayıp, ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı gibi akım özellikleri yıl içinde değişkenlik gösterir. Dolayısıyla belli bir gündeki akımın belli bir değeri aşma olasılığı yıl içinde bulunan güne bağlıdır (Maidment, 1992).

ASE, bir akarsuyun akımının büyüklüğü ve sıklığı arasındaki ilişkiyi tanımlar. Debi Sürek Çizgisi aynı zamanda bir akarsu için eklenik dağılım işlevinin tamamlayıcısı olarak da düşünülebilir (Castellari ve diğ., 2004).

ASE' ler genellikle günlük veriler üzerine uygulanır. Akarsuyun bir noktasından çevrilen akış ile üretilecek enerji, ASE' den belirlenecek olan bir çevirme kapasitesine göre kolaylıkla hesaplanabilir.

### 2.1.3. ASE' nin Elde Edilmesi

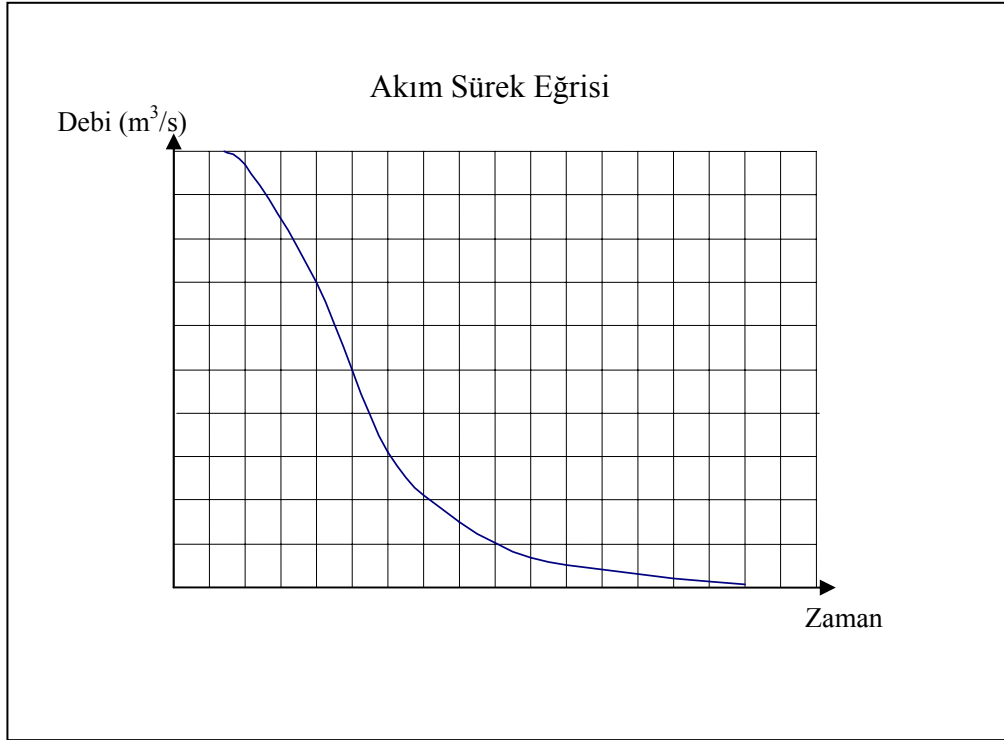
ASE, Debi Gidiş Çizgisinden (DGÇ) elde edilmektedir. Dolayısıyla öncelikle debi gidiş çizgisinin elde edilmesi gerekmektedir. DGÇ, akım değerlerinin oluş sırası dikkate alınarak x ekseninde zaman (çoğunlukla gün), y ekseninde ise akımın niceliği ( $m^3/s$ ) olmak üzere bir grafik üzerinde gösterilebilir.

DGÇ' ni oluşturan akım değerleri, bu kez oluş sırasına bakılmaksızın büyükten küçüğe (ya da tersi) dizilir ve akım değerlerinin karşılıklarına toplam süre içerisindeki oranları yazılırsa, bu iki sütunun oluşturacağı grafik "Akım Sürek Eğrisi" olarak adlandırılır. ASE' de x ekseninde aşılma olasılığı, y ekseninde ise debi değeri bulunmaktadır.

ASE' yi elde ederken olabildiğince uzun bir süreye ilişkin DGÇ' ni kullanmak uygun olur. Bu eğriden zamanın belli bir yüzdesinde aşılan debi okunabilir.

Şekil 2.1' de örnek bir akım sürek eğrisi verilmiştir. Sürek eğrilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için, bazen düşey ekseninde gerçek debilerin yerine debilerin ortalama debiye oranı gösterilir. Böylece debiler boyutsuz hale getirilmiş olur (Bayazıt, 1999).





**Şekil 2.1** Akım süre eğrisi

#### 2.1.4. ASE' nin Kullanım Alanları

ASE' nin kullanım alanları oldukça geniştir. ASE, günümüzde dünyanın birçok yerinde hidrolikçiler tarafından, hidroelektrik santral tasarımı, sulama sistemlerinin planlama ve tasarımı, akış-kirliliği yönetimi, akarsu ve havza sedimantasyonu ile sucul aşımın gibi suya ilişkin uygulamalarda kullanılmaktadır.

ASE' nin birden fazla kullanım alanı vardır. Düşük akımların çözümlenmesi bunlardan biridir. Günlük akımların süre eğrisi, akarsu debisinin belirli değerlerden daha büyük veya eşit olduğu günlerin yüzdesini göstermektedir. Bir süre eğrisi logaritmik kağıda noktalandığında, yaklaşık olarak düz bir çizgi elde edilmektedir. ASE' ler, süre çizgisinin zaman yüzdesini değil de haftaların veya ayların yüzdesini gösterdiği durumlarda, aylık veya haftalık olarak da çizilebilir. Bu eğriler günlük olanlardan daha az kullanışlıdır.

Sürek çizgilerinin en çok kullanıldığı alanlardan biri, HES' in kurulu gücünün belirlenmesinde etkin olan debinin belirlenmesidir. HES tasarımında güvenilir enerji olarak tanımlanan zamanın %95' inde akarsuda var olan birincil ve yapılacak olan eniyileme sonucunda karar verilecek olan ikincil enerjinin hesabında temel girdidir.

HES tasarımında bilinir ki, belirli bir bölgedeki su gücü potansiyeli, o bölgedeki suyun niceliğine ve topografyanın teknik ve ekonomik olarak elverdiği düşüye bağlıdır. Bu nedenle hidrolik tasarımın amacı, akım sürek eğrisi ile ifade edilen akımın varlığını kestirmektir. ASE akımın zaman içerisindeki değişkenliğini vermez. Bu bilgi tam bir hidrograf sayesinde elde edilebilir. ASE, bir yerdeki su gücü potansiyelinin kestiriminde ve belli bir akarsu üstündeki biriktirme haznesinin boyutlandırılmasında sonuca çabuk ulaşmak için kullanılır. Bu nedenle, ASE öncelikle hidroelektrik enerji çalışmalarında yararlı bir araçtır.

## 2.2. Akım Sürek Eğrisine İlişkin Çalışmalar

Akım sürek eğrisini ilk kullananın Clemens olduğu ve bu yöntemi 1880'lerde öne sürdüğü sanılmaktadır. Daha sonra A.B.D.' de belli bazı bölgeler için ASE' nin geliştirilmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Mitchell (1957), Illinois' in ölçüm istasyonlu ve ölçüm istasyonsuz bölgelerinde ASE' nin kestirimi için yöntemler geliştirmiştir. Croos ve Bernhagen (1949) Ohio' daki, Seville ve diğ. (1933) ise Kuzey Carolina' daki akım sürek çizgilerini anlatmışlardır.

Fennesey ve Vogel (1990), akım sürek eğrisini, bir akarsuyun günlük akımlarının eklenik dağılım işlevi olarak tanımlamışlardır.

Hidrometeorolojik açıdan türdeş havzaların ASE' rinin bölgesel ilişkileri, ölçüm yapılmayan havzaların ASE' nin kestiriminde kullanılabilir.

Yıllık akımlar stasyonier (istatistik özellikleri zamanla değişmeyen) olduklarından, belli bir x değerinin aşılma olasılığını bulmak için eklenik sıklık dağılım değerini 1'den çıkarmak yeterlidir. Günlük ve aylık akım serileri ise durağan değildir. Durağan olmayan serilerin eklenik sıklık dağılımı tanımlanamaz. Bu nedenle günlük akımların sürek çizgisi eklenik dağılım çizgisi olarak düşünülemez (Cıgızoğlu, 1997).

Mimikou ve Kaemaki (1985), yaptıkları çalışmada, akım sürekliliğini su toplama havzasının morfolojik özelliklerini kullanarak bölgeselleştirmişlerdir. Çoklu regresyon tekniklerini kullanarak, en uygun debi sürekliliği modelinin her parametresine ilişkin yersel değişkenliği, yıllık ortalama alansal yağış, havza alanı, hipsometrik düşü ve akarsu uzunluğu ile açıklamışlardır.

Fennese ve Vogel (1990), Massachusetts’ deki ölçüm istasyonu olmayan ve düzenlenmesi yapılmamış bölgeler için debi sürekliliği çizgileri geliştirmişler, bölgesel debi sürekliliği çizgileri ile ilgili yeni modellerin incelemelerini yapmışlardır. Debi sürekliliği eğrileri sıklıkla üç veya daha çok parametreliliğe olasılık yoğunluk işlevlerini gerektiren karmaşık bir yapıya sahip olabilirler. Aynı araştırmacılar çalışmalarında iki parametreliliğe log-normal olasılık yoğunluk işlevini kullanarak günlük debi sürekliliği eğrilerini yaklaşık olarak kestirmişlerdir.

Alkan (2001), basit üstel bir bağıntının boyutsuz akım sürekliliği eğrisinin büyük bir kısmını tanımlayabileceğini düşünmüş, üstel olan bu modelin parametrelerinden başlangıç değerinin doğal logaritması ile yıllık akışlılık katsayılarının doğal logaritmaları arasında kuvvetli sayılabilecek doğrusal bir bağımlılığın olduğunu belirlemiştir. Yöntem Türkiye’ deki karstik ve karstik olmayan havzalardaki akım ölçüm istasyonlarına uygulanmıştır.

Singh ve diğ. (2001), Hindistan’ın Himalaya bölgesindeki ölçüm istasyonu olmayan küçük su projeleri ve yetersiz ölçümleri bulunan bu havzalar için debi sürekliliği çizgilerinin modellenmesini yapmışlardır. Çalışmalarında 1200 adet küçük havza kullanmışlardır. Boyutsuz akım serileri, ölçüm istasyonu olan havzalardan ölçüm istasyonu olmayan havzalara, normal, lognormal ve üstel dönüşümlerle elde edilmiştir.

Yu ve diğ. (2002), Tayvan’ın Cho-Shuei Creek bölgesindeki küçük bir alan (3155 km<sup>2</sup>) için bölgesel debi sürekliliği çizgileri elde etmişler ve bölgesel eğrilerin geçerliliğini denetlemek için örnekleme yoluna gitmişlerdir. Çalışmalarında polinom yöntemi ve alan-indeks yöntemini kullanarak 15 istasyon için bölgeselleştirme işlemini kullanmışlardır. Elde ettikleri debi sürekliliği çizgilerinin belirsizlik çözümlerine göre polinom yönteminin alan-indeks yönteminden daha az belirsizlik içerdiğini saptamışlardır.

Akım ölçümlerinin eksikliği uygulamada önemli bir sorundur. Yunanistan (Mimikou ve Kaemaki, 1985), ABD (Fennesey ve Vogel, 1990), İtalya (Franchini ve diğ., 1996), Hindistan (Singh ve diğ., 2001), Tayvan (Yu ve diğ., 1996) ve Portekiz (Crocker ve diğ., 2003) için yapılan akım sürekliliğinin bölgeselleştirilmesi çalışmalarında bu duruma değinilmiştir. Bir akarsuyun akış sistemi, ölçülmüş debilerden elde edilmiş ve akımların sıklık dağılımlarını gösteren bir debi sürekliliği çizgisi kullanılarak tanımlanabilir. Verilerin ulaşılamaz veya sınırlı olduğu yerlerde pek çok kaynağın değerlendirilmesi gerekebilir, bu yüzden ölçümlerin yapılamadığı yerler için debi sürekliliğinin kestirimine ihtiyaç duyulur. Yarı kurak alanlarda, örneğin Güney Portekiz'in bir kısmı, akımlar zamanın önemli bir süresinde sıfırdır. Crocker ve diğ. (2003), Portekiz'in bir kısmında ölçümleri olmayan havzalar için debi sürekliliğinin kestirimine yönelik bölgesel bir model elde etmeyi amaçlamışlardır. Bunun için, 67 adet havzanın verisini göz önüne alarak, akımın hiç sıfıra düşmediği döneme ilişkin debi sürekliliğinin kestiriminde kullanılan model ile akarsuyun kurak olduğu zaman yüzdesini kestiren bir modeli birleştirmek için Toplam Olasılık Kuramını kullanmışlardır. Bu bileşen parçaları hidrojeoloji ve iklim gibi havza özelliklerine göre ayrı ayrı modellenabilir özelliktedir (Crocker ve diğ., 2003).

Cole ve diğ., (2003), akım verilerinin kullanıcılarının, verileri güvenle kullanabilmeleri için bağımsız bir nitelik göstergesine gereksinme duyduklarını belirtmişler ve veri nitelik göstergesi olarak uzun dönem debi sürekliliğinin kullanımını önermişlerdir. Bu yöntem, akım verilerindeki düzensizliklere görsel olarak ışık tutmakta ve yanılmanın yerini ve biçimini vermektedir. Yöntemi Kuzey İrlanda'ya ilişkin veriler üzerinde uygulamışlardır.

Deneysel bir akım sürekliliği eğrisi, standart nonparametrik işlemler kullanılarak akım gözlemlerinden kolayca elde edilebilir. Akım ölçümlerinin eksikliği göz önüne alındığından, akım sürekliliğinin bölgeselleştirilmesi, ölçüm istasyonu olmayan havzalar ve kısa akım verileri ile çalışırken önemli bir işlem haline gelmektedir. Bununla birlikte akım sürekliliğinin bölgeselleştirilmesi hakkındaki literatür, bölgesel taşkın frekans çözümlerini içeren makalelerle karşılaştırıldığında çok az olduğu görülür.

Castellarin ve diğ. (2004), Doğu İtalya'daki geniş bir coğrafi bölge için yaptıkları çalışmada, günlük akımlardan elde edilmiş debi süre eğrilerinin çeşitli bölgesel modellerini geliştirmişler ve modellerin verimliliğini sınamışlardır. Ayrıca, çalışmalarında bölgesel yaklaşımların güvenilirliğini de değerlendirmişlerdir.

Krasovskaia ve diğ. (2006) tarafından ölçümü olmayan havzalarda akım süre eğrisinin kestirimi için bir yöntem geliştirilmiştir. Akım süre eğrisi, bir orta değer ve dağılım katsayısı ile deneysel olarak elde edilmiş, bölgesel akım süre eğrileri veya kuramsal bölgesel eğriler olarak tanımlanabilir. Akım süre eğrisinin birinci mertebe momentlerinin bir akarsu ağı boyunca gelişimi ve yerel ölçeği, örneğin havza alanı, çözümlenmiş ve akarsu ağı boyunca interpolasyonları özenle hazırlanmıştır. Çalışmada, Costa Rica'nın günlük akım kayıtları kullanılmıştır. Kestirim yanlılıkları, %85'den daha uzun bir zaman yüzdesi için bağıl olarak ~%30 yüksek iken, %20'den küçük zaman yüzdelerinde ~%10 ve akım süre eğrisinin merkez bölümlerinde ~%8 küçülmektedir. Deneysel ve kuramsal akım süre eğrileri arasındaki farklar küçük çıkmış, buna karşın akım süre eğrisinin merkez kısımlarında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Bari ve Shafiqul Islam (2006), akımların oluş zamanlarının tarih sırasının maskelendiği geleneksel bir akım süre eğrisinin zorluklarının üstesinden gelebilmek ve bir takvim yılına ilişkin akım süre eğrisini elde edebilmek için stokastik bir yaklaşım uygulamışlardır. Stokastik akım süre eğrisinin kuramsal gelişimini ve ortalama günlük debinin dağılımına uygun olasılık dağılımını araştırmışlardır. Model, Bangladeş'in seçilmiş dört adet akarsuyuna uygulanmıştır.

Yerel su kaynaklarının gelişimi için küçük toplama alanları oldukça önem arz etmektedir. Su kaynakları üzerindeki baskı evrensel olarak arttığı sürece küçük toplama alanlarının potansiyeli önem kazanacaktır.

Önemli su kaynağına sahip dağlık toplama alanları genellikle küçük hidroelektrik enerjinin gelişimi için uygundur. Gerekli hidrolik yapıların tasarımı, ilgili çevresel değerlendirmeler için de ASE'nin kestirimi önemlidir. ASE, çeşitli su kaynağı uygulamaları için gerekli birçok bilgiyi sağlamaktadır (Vogel ve Fennessey, 1995). Nehiriçi hidroelektrik santral uygulamasında, günlük akım süreksi eğri değerleri, ele alınan bölgenin akım rejimi için en önemli bilgiyi sunmaktadır (Warnick, 1984).

Ülkemizde bir bölge için sistematik olarak kayıtlı akım verileri genellikle bulunmamaktadır. Bu durum özellikle erişilmesi güç dağlık bölgelerdeki AGİ' lere ulaşım olanaklarının zor olmasından kaynaklanmaktadır. Arazinin durumu akım ölçümlerini yapmayı güçleştirmekte ve birçok su toplama alanı düzenli bir AGİ' nin işletme maliyetini karşılamamaktadır. Bu durumlar için kullanılan geleneksel yaklaşım, yakınlardaki ölçüm istasyonlarından alınan değerleri bölgesel akım karakteristiklerinden yararlanarak kullanmaktır. Genel olarak, akım-sürek eğrilerinin bölgeselleştirilmesi hidrolik araştırmalar için önemlidir. Birçok durumda, izlenen yöntem, akım-sürek eğrisini matematiksel bir yöntem olarak tanımlamakta olup, parametreler çoklu regresyon çözümlemesinden morfolojik ve iklimsel özellikleri ile ilgilidir. Fennessey ve Vogel (1990); LeBoutillier ve Waylen (1993); Claps ve Fiorentino (1997) akım sürek eğrilerinin tanımlanması için olasılıklı modellerden yararlanmışlar ve bölgesel regresyon bağıntılarının dağılım parametrelerinin kestirimi üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Akım sürek eğrilerinin bölgeselleştirmesi ile ilgili tüm yaklaşımlarda, ölçüm değerleri bulunmayan küçük toplama alanlarının kestirim yöntemlerinin uygulanabilirliği sınırlıdır. Gözlenen veriler genellikle geniş alanlar içindir. Küçük toplama alanlarına uygulanabilmesi için bölgesel regresyon bağıntılarının ne şekilde olacağı konusu ana sorunu oluşturmaktadır. Genel olarak, bölgesel kestirimler için geliştirilen regresyon bağıntılarının bunun ötesinde kullanılması çok uygun olmamaktadır (Haan, 2002). Bu nedenle, bazı küçük toplama alanları için doğru kestirimler gerçek alan verileri olmadan yapılamamaktadır.

Ancak, kısıtlı verilerin bulunduğu bir havza için elde edilen veriden nasıl yararlanılacağı konusu çok da üzerinde durulmayan bir konudur. Anlık ölçümlerin ölçülemeyen başka bir alanın akım sürek eğrilerinin kestiriminde kullanılması için mevcut uygulama, ölçülemeyen alandaki düşük akış dönemleri süresince bazı debi ölçümlerinin elde edilmesini ve gözlemlenen veriden hesaplanabilen akım sürek eğri değerlerinin yakınındaki bir alanın eşzamanlı debileri ile ilişkilendirilmesi biçimindedir (Mosley ve McKerchar, 1993; Smakthin, 2001).

Eşzamanlı akımlar arasında kurulan korelasyon ile ölçülemeyen alan için veri taşınımı yapılan A.B.D. uygulamalarındaki yöntemde (Riggs, 1972), ayrıntılı bilgiye USGS makale ve raporlarından ulaşılabilmektedir (Kjelstrom, 1998; Ries ve Friesz, 2000; Studley, 2000,2001). Tanımlı prosedürler uyumlu sonuçlar vermekte, bölgesel çalışmaları kolaylaştırmakta, ancak seyrek verinin olduğu bölgelere işaret edememektedirler.

Niadas (2005) yaptığı çalışmada, bölgesel verinin gerçek anlık akım verileri ile birleştirilerek küçük toplama alanları için simgesel günlük ASE' nin oluşturulmasına yönelik bir yaklaşım önermektedir. Bölgesel boyutsuz akım-sürek eğrisini, hidrolojik olarak türdeş bölgeler olan batı ve kuzeybatı Yunanistan için geliştirilmiş olup, bölgedeki iki dağlık toplama alanının akım sürek eğrilerinin kestiriminde kullanmıştır. İki bölgede de mevcut olan anlık akım ölçümleri akım rejiminin istatistiksel gösteriminde kullanılmış, buradan da ortalama yıllık akım değeri kestirilmiştir. Böylelikle bölgesel eğriden akım-sürek eğrisi oluşturulmuştur.

Castellarin ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmada akım sürek eğrisindeki taşkın akımının sıklık ve büyüklüğü arasındaki ilişkiyi göstermişlerdir. Çalışma, akım değeri ölçülemeyen akarsularda ASE' nin kestiriminin, verimlilik ve gerçekçiliği de değerlendirilerek yapılmasını amaçlamıştır. Çalışma, İtalya'nın doğusundaki geniş bir bölge için yapılmıştır. Bölgesel akım-sürek eğrilerinin belirsizliğini değerlendirmek amacıyla jack-knife (çakı) çapraz-değerlendirme prosedürü kabul edilmiştir. Sonuçlar; (a) ölçülemeyen alanlar için bölgesel akım-sürek eğrilerinin güvenilirliğinin değerlendirilmesini; (b) sunulan en iyi 3 bölgesel model sonuçlarının güvenilirliğinin birbirine yakın olduğunu; (c) sınırlı örnek veriye dayalı görgül akım-sürek eğrilerinin uzun-sürelili akım-sürek eğrilerinin bölgesel akım sürek eğrilerine oranla daha uyumlu olduğunu göstermiştir.

Bir akarsudan enerji elde edilmesiyle ilgili çalışmalarda, öncelikle ilgili akarsu kesitindeki fiziksel güç, yani potansiyelin bilinmesi gerekmektedir. Akarsuya ilişkin fiziksel gücün bilinmesi, su kaynaklarıyla ilgili çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanılacak su gücünün niceliğinin kestirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Küçük düşümlü hidroelektrik santrallerde üretilecek güç; su çevirme eksenine taşınmış ve uzun yıllara dayalı olarak belirlenmiş akım değeri, dolayısıyla bu akımın zaman içindeki dağılımıyla, gerçekleştirilebilecek düşüye bağlıdır. Enerji ise, akımın belli bir yüzdesi ile düşünün işlevi olarak oluşturulmuş kurulu gücün belli bir zaman boyunca uygulanması sonucu elde edilmektedir. Düşü topografyaya bağlı fiziksel bir parametredir. Dolayısıyla su niceliğinin doğru kestirilmesi, doğru tasarım için ön koşuldur. Bu nedenle ASE' nin modellenmesi özellikle ölçümün yapılamadığı ve biriktirmesiz santraller için daha elverişli olan dağlık arazilerde daha büyük önem arz etmektedir. Bu nedenledir ki hidrolojistler, konunun üstüne bu denli çok eğilmektedirler. Literatürde bu tez kapsamında yapılan çalışmaya benzer bir yaklaşıma rastlanmamıştır.



### 3. ÇAĞDAŞ MODELLEME TEKNİKLERİ

#### 3.1. Giriş

Bu Bölüm’ de akım süreklilik eğrilerinin modellenme aşamasında kullanılan teknikler verilmiştir. İlk olarak son yıllarda literatürde sıkça kullanılan sezgisel yöntemlerden olan Karınca Kolonisi Eniyilemesi (KKE) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri ayrıntılı biçimde sunulmuş, daha sonra analitik çözüm yöntemlerinden olan Quasi-Newton Yöntemi açıklanmıştır.

#### 3.2. Karınca Kolonisi Eniyilemesi

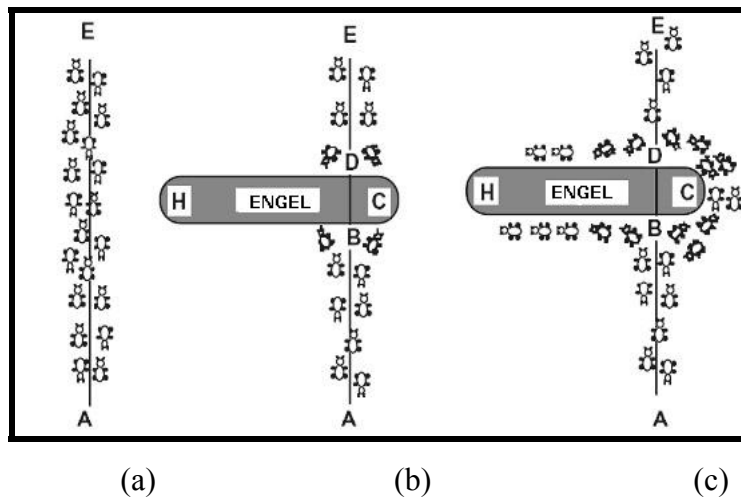
KKE son zamanlarda çözümü zor eniyileme sorunlarının çözümünde kullanılan sezgisel bir yaklaşımdır (Dorigo ve Di Caro 1999). İlk olarak KKE algoritması Karınca Sistemi (KS) olarak önerilmiş ve gezgin satıcı sorunu üzerine uygulanmıştır (Dorigo vd 1996). KKE algoritmaları, eniyileme sorunlarının çözümü için gerçek karıncaların yiyecek bulma davranışlarının gözlemlenmesi (Deneuborg vd 1983) ile ortaya çıkmıştır. Yapay bellek araştırmacıları tarafından karınca algoritmaları sürü belleği kategorisi içine sokulmuştur (Bonabeau vd 1999). Sürü belleği kategorisi gerçek yaşamdaki böcek sürülerinin davranışlarını temel almakta ve herhangi bir sorunun çözümünde araç olarak kullanılabilen birtakım uygulamaları içermektedir. Bu kategoriye dahil edilebilecek diğer algoritmalar olarak yabanarısı ve arı sürülerinin davranışlarından ortaya çıkan algoritmalar sayılabilir (Mullen vd 2009). Karınca algoritmalarının ortaya çıkmasının arkasında gerçek karınca davranışlarının ve karıncaların yiyecek bulma stratejilerinin gözlemlenmesi bulunmaktadır (Başkan 2009c). KKE toplum tabanlı sezgisel bir yöntem olarak son yıllarda birçok eniyileme sorununun çözümünde kullanım alanı bulmuştur. Bunlar arasında araç yönlendirme (Bell ve Mullen 2004, Donati vd 2008), quadratik atama (Talbi vd 2001, Demirel ve Toksarı 2006), dinamik sürekli eniyileme (Dreo ve Siarry 2006), araç çizelgeleme (Wang ve Shen 2007) ve gezgin satıcı sorunu (Cheng ve Mao 2007) sayılabilir.

Genel KKE algoritması Şekil 3.1’ de verilmiştir. İlk adım çoğunlukla *feromon* izinin başlangıç değerlerinin belirlenmesi şeklinde tanımlanmaktadır.

<b>Adım 1:</b>	Başlangıç Feromon izi
<b>Adım 2:</b>	İterasyon Her bir karınca için yinele Feromon izi kullanılarak çözüm oluşturma Feromon izinin güncellenmesi Durma ölçütü

**Şekil 3.1** Genel karınca algoritması (Talbi vd 2001)

Başlangıçta her bir karınca, olasılıklar çerçevesinde belirlenen geçiş kuralına göre verilen sorun için çözüm üretmekte ve genel olarak çözüm feromon niceliğine bağlı olmaktadır. Bütün karıncalar verilen sorun için çözüm ürettikten sonra feromon güncelleme kuralı iki evrede gerçekleştirilir. Buharlaştırma evresinde feromon izinin bir kısmı buharlaştırılır ikinci evrede ise karıncalar buldukları çözüme uygun olarak feromon biriktirirler. Bu süreç durma ölçütü sağlanıncaya kadar sürdürülür. Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi, gerçek karıncalar yiyeceğe giden yollarının üstüne bir engel konulduğu zaman iki yoldan bir tanesini tercih edeceklerdir.



**Şekil 3.2** Gerçek karınca davranışları (Başkan 2009c)

Şekil 3.2a' da AE yolu üstündeki karınca kolonisi yolu üstüne Şekil 3.2b' deki gibi bir engel koyulduğu zaman karıncalar engel etrafından dönebilmek için HB ve BC yollarından bir tanesini tercih edeceklerdir. KKE tekniğinin en temel öğelerinden biri haberleşme aracı olarak kullanılan gerçek karıncaların geçtikleri yollara bıraktıkları feromon kimyasalıdır. Feromon kimyasalı karıncalara amaç noktalarına varabilmeleri için rehberlik etmekte kullanılmaktadır. Feromon niceliği karıncalar tarafından güncellenmekte ve belli bir bilgiyi simgelemektedir. Bir yolda feromon izinin yoğun olması o yolun tercih edilme olasılığını artırır. Karınca kolonisi ilk olarak deterministik düşünceye göre eşit olasılıkta seçim yapacak -stokastik düşünceye göre mutlaka bir yol diğerinden daha tercih edilebilir durumdadır- ve kısa olan yolu tercih eden karıncalar yiyeceğe ulaşmış daha kısa zamanda yuvalarına geri döneceklerdir. Bu süreç sırasında karıncalar geçtikleri yerlere feromon deneni kimyasal maddeyi bırakacaklar ve kısa olan yolda az bir zaman sonra daha fazla feromon birikmeye başlayacaktır (Şekil 3.2c). Karıncalar bir sonraki turlarında artık feromonun fazla olduğu kısa olan yolu tercih etmeye başlayacaklar ve bir süre sonra karınca kolonisinin tümü yiyeceğe ulaşmak için kısa olan yolu tercih edecektir. Karıncaların bu davranış kalıplarının incelenmesi ile bu sistemin özellikle en kısa yol sorunları olmak üzere pek çok eniyileme sorunlarında kullanılabileceği ortaya atılmıştır.

Toksarı (2007a), global eniyinin bulunmasında modifiye edilmiş KKE algoritmasını kullanmıştır. Kullanılan algoritma bazı standart test işlevleri üzerinde denenmiş, ayrıca diğer algoritmalar ile karşılaştırılmış ve oldukça iyi sonuçlar alınmıştır. Başkan ve diğ. (2009a) KKE algoritmasının performansının iyileştirilmesi için yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Geliştirilen algoritma, global eniyinin bulunmasında 14 adet test işlevi üzerinde denenmiş ve literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak geliştirilen KKE algoritmasının oldukça başarılı olduğu görülmüştür.

Toksarı (2007b) enerji isteminin modellenmesi için literatürde ilk defa KKE yöntemini önermiştir. Bu çalışmada nüfus, gayri safi milli hasıla, dışalım ve dışsatım değişkenlerine bağlı olarak enerji istemi KKE algoritması kullanarak modellenmiştir. Ayrıca Başkan ve diğ. (2009b), ulaştırma sektöründeki enerji isteminin modellenmesi için modifiye edilmiş KKE yöntemini kullanmışlardır. Yapılan çalışmada 2025 yılına kadar sosyo-ekonomik parametrelere bağlı üç farklı matematiksel model kullanılarak ulaştırma sektörünün enerji istemi kestirilmiştir. Bell ve McMullen (2004), KKE

yöntemini araç yönlendirme sorununun çözümünde kullanmışlardır. Yöntemin eniyi sonuçların bulunmasında oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Guntsch ve Middendorf (2002), popülasyon tabanlı KKE algoritmasını dinamik eniyileme sorunlarına uygulamışlardır. Geliştirilen algoritmada çoğu KKE algoritmasında olduğu gibi feromon transferi yerine çözüm kümeleri ilk iterasyondan itibaren diğer adımlara aktararak çözüme gidilmiştir. Gelecek iterasyonlardaki karıncalara ilişkin feromon bilgilerini belirlemek için aktarılan çözüm kümeleri kullanılmıştır. Algoritma dinamik gezgin satıcı sorunu ve quadratik atama sorunu üzerinde test edilmiştir. Zhao ve diğ. (2007) paralel sistem sorunlarının eniyilemesi konusunda çok amaçlı KS algoritmasını önermişlerdir. Önerilen karınca algoritmasının sorunun çözümünde diğer eniyileme algoritmalarına göre oldukça avantajlı olduğu belirtilmiştir.

KKE algoritması, herhangi bir eniyileme sorununun çözümünde yada verilen herhangi bir işlev için global minimumun bulunmasında oldukça etkin olmasına karşın geliştirilmeye açık bir yöntemdir. Çalışmada Başkan vd (2009a) tarafından geliştirilen modifiye edilmiş KKE algoritması, akım süre eğrilerinin matematiksel modellerinin elde edilmesi için kullanılacaktır. Kullanılacak olan KKE algoritması literatürdeki diğer KKE algoritmalarından farklı olup, Çözüm Uzayı (ÇU) elde edilen eniyi çözüm değeri ve önceden verilen kısıt vektörüne bağlı olarak iterasyonlar boyunca sınırlandırılmaktadır. Sınırlı ÇU tekniği sayesinde KKE algoritmasının performansı belirgin biçimde artmaktadır (Başkan, 2009c).

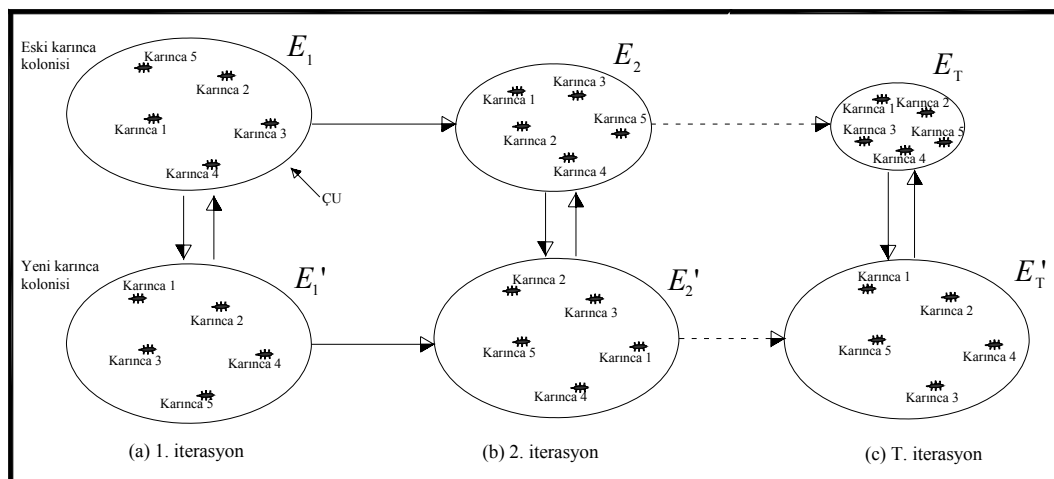
### 3.2.1. Modifiye Karınca Kolonisi Eniyileme Yöntemi

Modifiye KKE yaklaşımında her bir karınca, bir önceki iterasyondaki eniyi karıncaya ve  $\beta$  vektörüne,  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ , bağlı olarak, aramaya iterasyonlar boyunca devam etmektedir. KKE algoritması, başlangıç, feromon güncellemesi ve çözüm evresi olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Kullanılan KKE yaklaşımının ana şekli Şekil 3.3' de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, 5 adet karıncanın ÇU içinde eniyi çözümü bulmak için arama yapmaya başladığı varsayılırsa ilk iterasyonun başlangıcında bütün karıncalar ÇU içinde eniyi çözümü rastgele aramaya başlarlar ve başlangıç evresi denilen bu evrede, *eski karınca kolonisi* oluşturulur. Daha sonra feromon güncellenmesi gerçekleştirilir. Çözüm evresinde (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak eski karınca kolonisinden elde edilen eniyi çözüm değerine göre *yeni*

*karınca kolonisi* elde edilir. Elde edilen iki farklı karınca kolonisinin en iyi değerleri karşılaştırılır ( $E_1 \leftrightarrow E'_1, E_2 \leftrightarrow E'_2, \dots, E_T \leftrightarrow E'_T$ ). İlk iterasyonun sonunda iki koloninin karşılaştırılması ile elde edilen eniyi değer ve  $\beta$  vektörü kullanılarak ÇU sınırlandırılır.  $\beta$  vektörü sorun kısıtlarına göre uygun olarak seçilmelidir (Başkan, 2009d).

Kullanılan KKE yaklaşımında  $m$  adet karınca sorunun değişkenleri ile ilişkilendirilmiştir ( $x^k$  ( $k=1,2,\dots,m$ )). Her bir karıncanın çözüm vektörü (3.1) bağıntısı ile güncellenmektedir.

$$x_t^{k(yeni)} = x_t^{k(eski)} \pm \alpha \quad (t=1,2,\dots,T) \quad (3.1)$$



Şekil 3.3 KKE algoritması (Başkan ve diğ. 2009a)

Burada  $x_t^{k(yeni)}$   $t$ . iterasyonda yeni elde edilen  $k$ . karınca,  $x_t^{k(eski)}$   $t$ . iterasyonda başlangıç evresinde üretilen  $k$ . karınca ve  $\alpha$  sıçrama uzunluğunu hesaplamak için rastgele üretilen vektör olarak simgelenmiştir.  $x_t^{k(yeni)}$   $t$ . iterasyonda (3.1) bağıntısı yardımıyla başlangıç evresinde elde edilen aynı karınca vektörüne sıçrama uzunluğunun eklenmesi veya çıkartılması ile bulunur. Her bir iterasyonun son adımında iterasyonun başında üretilen koloni büyüklüğü kadar yeni bir karınca kolonisi oluşturulur. (3.1) bağıntısında artı veya eksi işaretinin hangisinin kullanılacağı,  $x_t^k$ 'nin  $x$  koordinat ekseninde eniyi değer sağında veya solunda olmasına göre belirlenmektedir. Eğer  $x_t^k$ ,  $x$  koordinat ekseninde eniyi değer solunda ise pozitif, tersi durumda negatif değeri kullanılır. Hareket yönü (3.2) bağıntısı ile aşağıdaki gibi belirlenir;

$$\bar{x}_t^{eniyi} = x_t^{eniyi} + (x_t^{eniyi} * 0.01) \quad (3.2)$$

Eğer  $f(\bar{x}_t^{eniyi}) \leq f(x_t^{eniyi})$  ise (3.1) bağıntısında (+) işareti kullanılır aksi durumda ise (-) işareti kullanılır. ( $\pm$ ) işareti eniyi değere ulaşmak için arama yönünü belirler. Feromon niceliği ( $\tau_t$ ) sadece en iyi amaç işlevi etrafında yoğunlaştırılır.  $\tau_t$  (3.3) bağıntısı kullanılarak ilk olarak gerçek karınca kolonilerini temsil edecek biçimde buharlaştırılır daha sonra (3.4) bağıntısı yardımıyla feromon niceliği güncelleştirilir.

$$\tau_t = 0.1 * \tau_{t-1} \quad (3.3)$$

$$\tau_t = \tau_{t-1} + 0.01 * f(x_{t-1}^{eniyi}) \quad (3.4)$$

Bu süreç verilen sorunun çözümü için gerekli olan durma ölçütü sağlanıncaya kadar sürdürülür. Bu çalışmada başlangıç feromon niceliği 100 olarak alınmıştır.

### 3.3. Yapay Sinir Ağları (YSA)

YSA, basit bir anlatımla birçok basit işlemci ögeden oluşan yapılardır. Bu ögeler farklı formlarda ifade edilebilen sayısal verileri taşıyan bağlantılar ve ağırlıklar ile birbirlerine bağlıdırlar. Yapay sinir ağlarındaki gelişmelerin ana kaynağı, insan beyninin rutin olarak gerçekleştirdiği karmaşık hesapları yapabilen yapay sistemlerin yapılabileceği umududur. Günümüzde birçok alanda yapay sinir ağlarının uygulamalarına rastlamak olanaklıdır. Özellikle örtü tanıma, işaret işleme, sistem tanılama ve doğrusal olmayan denetim alanlarında yapay sinir ağlarının değişik modelleri ve değişik öğrenme stratejileri başarı ile kullanılmıştır. Ele alınan bir sorunun yapay sinir ağları yaklaşımı ile çözümünde tasarımcının önüne çeşitli seçenekler çıkar. İlk seçenek, öğrenme mekanizması üzerinedir. Literatürde üç tip öğrenme stratejisinden sözedilmektedir. Bunlar öğreticili (denetimli) öğrenme, öğreticisiz (denetimsiz) öğrenme ve takviyeli öğrenme olarak adlandırılırlar.

Tasarımda ikinci seçenek mimari üzerinedir ve iki alt başlıkta değerlendirilebilir. Bunlardan birincisi verinin akış yönüdür. Eğer ağ üzerinde bilgi akışı sürekli ileri doğru ise bu ağ yapısı “ileri beslemeli” olarak bilinir. Ağ yapısında geri besleme bağlantıları

varsa bu tipteki sistemlere “geri beslemeli” denir. Üçüncü önemli seçenek öğrenme algoritmalarıdır. Literatürde birçok öğrenme algoritmasından sözedilmektedir ve bu algoritmalar öğrenme denen olguyu, matematiğin kuralları ile ölçülebilir büyüklüklere dönüştürerek bir başarı ölçütünün oluşturulmasına, ölçütün zaman içerisinde artırılmasına ya da bir maliyet ölçütünün oluşturulmasına ve ölçütün zaman içerisinde azaltılmasını sağlayacak parametre değişikliklerinin hesaplanmasına dayanırlar. Burada parametre güncelleme işlemi için türetilen bilginin hangi yöntemlerle oluşturulduğu, tasarım esnekliğinin ana konusudur (Efe ve Kaynak, 2000).

Yapay nöronların doğrusal olmama özelliği yapay sinir ağlarının doğadaki hemen hemen her soruna uygulanabilmesini sağlamaktadır. Ağ yapısı içerisinde kullanılan doğrusal olmayan aktivasyon işlevleri tarafından YSA’ lara bu özellik kazandırılır. YSA’ ları diğer yaklaşımlardan ayıran diğer bir temel özellik “*öğrenme*” özelliğidir. YSA’ nın bir sorunu öğrenmesi için sorunun giriş verilerine karşılık gelen çıkış verilerinin veya sadece giriş verilerinin sağlanması gerekir. Giriş ve çıkış verileri ile tanımlanan öğrenme kümesi yeteri sayıda örnek içermelidir. Öğrenme, yalnızca öğrenme verilerini içeren kümenin yeterliliği ile ilgili değildir. YSA yapısının da uygun düzenlenmesi gerekir. Öğrenme süreci, sistem girişleri ve sistem çıkışı arasındaki ilişkiyi veya giriş verileri arasındaki ilişkilendirmeyi tanımlayan ağırlık verilerinin elde edilme süreci olarak da tanımlanabilir. YSA’ ya bu özellik öğrenme algoritması kullanılarak kazandırılır.

Eğitim sürecinin ardından YSA ile eğitim kümesi dışındaki veriler içinde çıkışlar üretilebilir. YSA’ nın ürettiği çıkışların kabul edilebilir düzeyde olup olmadığına, test verilerinin bilinen sistem çıkışı ile YSA’ nın çıkış değerleri karşılaştırılarak varılabilir. Bu uygulama genellenmenin testi olarak bilinir. Karşılaştırmada elde edilen yanlışlık değeri kabul edilebilir sınırlar içerisinde ise YSA çıkışlarının kabul edilebilir değerler olduğu varsayılır. YSA, eğitim aşamasından sonra sisteme çıkış üretmek için giriş verilerinin tüm parametrelerine gereksinme duymaz. Bu özellik YSA’ nın paralel yapısının sağladığı bir üstünlüktür. Eksik parametrelerle uygulanan sistem girişine karşılık, en uygun sistem çıkış değeri üretilebilir. YSA’ da ağırlıklar biyolojik sistemlerdeki nöronlar arasındaki bağın güçlülüğüne karşılık gelir. Bu özellik sayesinde deneysel verilerin elde edilmesinde ortaya çıkacak yüksek maliyet ve zamandan tasarruf sağlanabilir.

YSA' nın genelleme yeteneği, gerçekleştirilen testlerle sınanır. Genelleme yeterli seviyede ise, giriş vektörünü tanımlayan parametrelerden bazılarının verilmemesi veya sağlanmaması durumu ile, ağırlıklarından bazılarının bozulması veya kullanılamaz duruma gelmesi durumunda giriş vektörünü karşılayan çıkış verilerinin YSA tarafından kabul edilebilir doğrulukta üretilebilmesidir. YSA giriş vektöründen veya kendi yapısından kaynaklanabilen yanılđıyı yok edebilir. YSA' larda çok sayıda bulunan işlemci öge paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağın sahip olduğu bilgi, ağdaki tüm bağlantılara dağılmıştır. Geleneksel yöntemlere göre yanılđıyı azaltma yetenekleri daha fazladır.

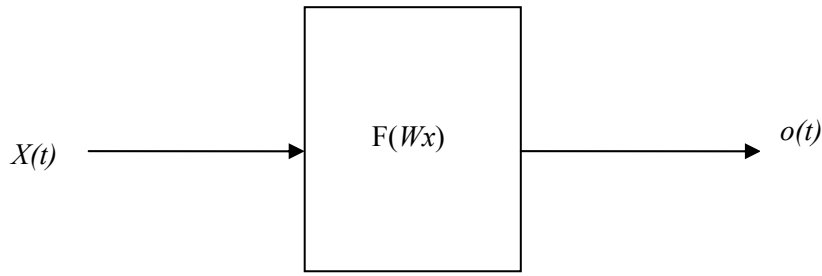
### 3.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları genel olarak birbirleri ile bağlantılı işlemci birimlerden veya diğer bir ifade ile nöronlardan oluşurlar. Nöronlar arasındaki bağlantıların yapısı ağın yapısını belirler. İstenilen amaca ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği, öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Kullanılan bir öğrenme kuralına göre, yanılđıyı sıfıra indirecek biçimde ağın ağırlıkları değiştirilir. YSA' lar yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılırlar. Yapay sinir ağları, yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere iki farklı yapıda incelenmektedir.

#### *İleri Beslemeli Ağlar*

İleri beslemeli bir ağda İşlemci ögeler (İE) genellikle katmanlara ayrılmışlardır. İşaretler, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. İşlemci ögeler bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. Şekil 3.4' de ileri beslemeli ağ blok diyagramı gösterilmiştir. İleri beslemeli ağlara örnek olarak çok katmanlı perceptronlar (multilayered perceptrons-MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları verilebilir. Bu ağlar statik ağlar olarak da bilinirler.

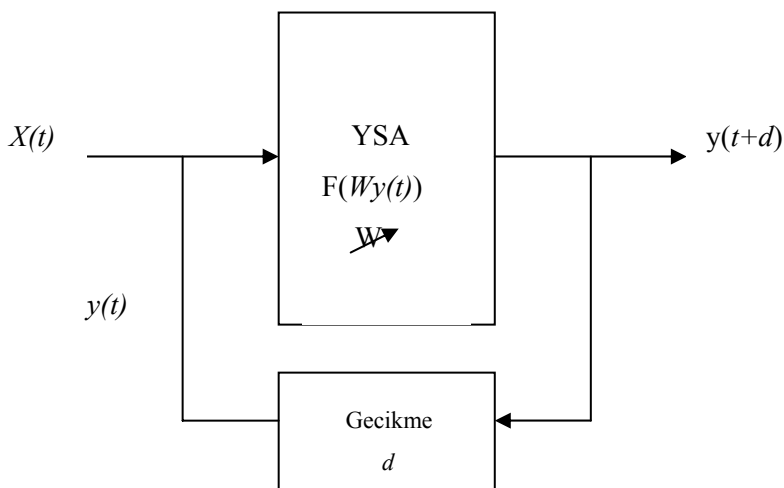




**Şekil 3.4** İleri beslemeli ağ (Sağiroğlu ve diğ., 2003)

### *Geri Beslemeli Ağlar*

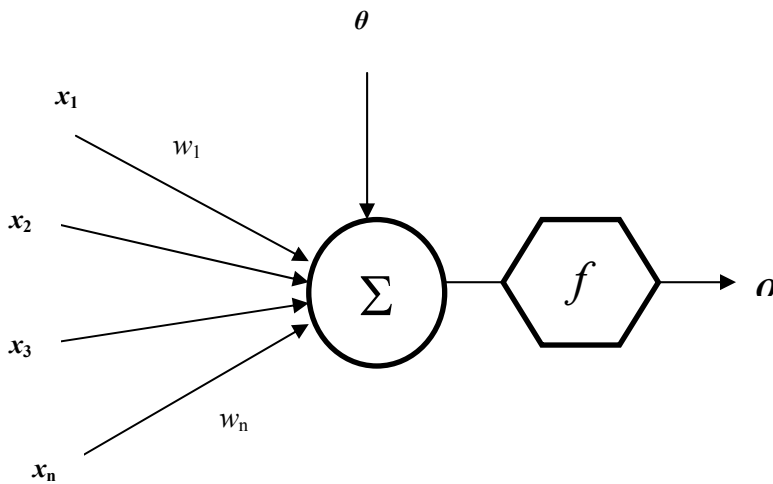
Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve ara katman çıkışlarının, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Şekil 3.5’ de geri beslemeli ağ yapısı görülmektedir. Bu tür sinir ağlarının dinamik bellekleri vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden kestirim uygulamaları için uygundur. Bu ağlar çeşitli tipteki zaman serilerinin kestiriminde oldukça başarı sağlamışlardır. Bu ağlara örnek olarak Hopfield, Elman ve Jordan ağları verilebilir (Sağiroğlu ve diğ., 2003).



**Şekil 3.5** Geri beslemeli ağ (Sağiroğlu ve diğ., 2003)

### 3.3.2. Yapay Sinir Ağı Hücresi

Temel bir yapay sinir ağı hücresi biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahiptir. En temel nöron modeli Şekil 3.6' da görülmektedir. Yapay sinir ağı hücresinde temel olarak dış ortamdan yada diğer nöronlardan alınan veriler, yani girişler ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ), ağırlıklar ( $w_1, w_2, \dots, w_n$ ), toplama işlevi ( $\Sigma$ ), aktivasyon işlevi ( $f$ ) ve çıkışlar ( $o$ ) bulunmaktadır.



Şekil 3.6 Temel yapay sinir ağı hücresi

Burada  $n$  giriş sayısı,  $\theta$  ise aktivasyon işlevinin eşik değeri olarak ifade edilmektedir. Dış ortamdan alınan veriler ağırlıklar aracılığıyla nörona bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirler. Toplam işlevi ise net girişi hesaplamaktadır. Net giriş kavramı ise girişlerle ilgili ağırlıkların çarpımının bir sonucu olarak elde edilmektedir. Aktivasyon işlevi işlem süresince net çıkışını hesaplar ve bu işlem aynı zamanda nöron çıkışını verir. Genelde aktivasyon işlevi doğrusal olmayan bir işlevdir.

Nöronlar sinir ağlarını oluşturan, tek başlarına ele alındıklarında çok basit bir işleve sahip işlemcilerdir. Bir nöron yapısı içerisinde üç ana bölüm bulunur. Bunlar sırasıyla sinapslar, toplayıcı ve aktivasyon işlevidir. Şekil 3.4' de görülebileceği gibi nöron girdileri sinaptik bağıntılar üzerindeki ağırlıklar ile çarpılarak bir toplayıcıya uygulanmakta ve elde edilen toplam, nöronun aktivasyon işlevinden geçirilerek çıkışlar hesaplanmaktadır. (3.5) ve (3.6) bağıntısında ağırlıklı toplamın oluşturulması ve nöron çıkışının hesaplanması için kullanılan formülasyonlar verilmiştir (Efe ve Kaynak, 2000).

$$S = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + w_3 \cdot x_3 \dots \dots \dots + w_n \cdot x_n - \theta = \sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i \quad (3.5)$$

$$o = \psi(S) \quad (3.6)$$

$S$  :Toplam işlev

$x_i$  :Giriş değerleri

$w_i$  :Ağırlık değeri

$o$  :Çıkış değeri

$\theta$  :Eşik

$\Psi(S)$  :Aktivasyon işlevi

YSA' da kullanılan aktivasyon işlevlerinin farklı yapılara sahip tipleri bulunmaktadır. Aktivasyon işlevleri genellikle sigmoid, sinüs ve tanjant hiperbolik işlevi ile desteklenir. Aktivasyon işlevi çıkış için bir ölçek ya da kontrol olabilmekte ve sonuç genellikle işlem ögesinin doğrudan doğruya çıkışı olmaktadır. Çıkış değerleri kendisinden sonra gelen diğer işlem ögelerinin giriş değeri olmaktadır. Yapay sinir ağında hangi aktivasyon işlevinin kullanılacağı soruna bağlı olarak değişmektedir.

YSA' nın ana düzeneklerinden olan öğrenme algoritmaları için 1990'lı yıllardan bugüne gelinceye kadar birçok algoritma geliştirilmiştir. Öğrenme algoritmaları temelde eğitici öğrenme, eğitici öğrenme ve takviyeli öğrenme algoritmaları olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Eğitici öğrenmede, her bir örnekleme zamanında giriş uygulandığında sistemin arzu edilen cevap eğitici tarafından sağlanır. Arzu edilen çıkış ( $y$ ) ile sinir ağı çıkışı ( $o$ ) arasındaki fark yanılğı ölçüsüdür ve ağ parametrelerini güncellemekte kullanılır. Ağırlıkların güncellenmesi süresince eğitici ödüllendirme-cezalandırma şemasını ağa uygulayarak yanılğıyı azaltır. Bu öğrenme modelinde giriş ve çıkış örnekleri kümesi eğitim kümesi olarak adlandırılır.

Eğitici öğrenmede, eğitici öğrenmedeki gibi arzu edilen ( $y$ ) çıkışları bilinmemektedir. Bu yüzden kesin bir yanılğı bilgisini ağın davranışını değiştirmekte kullanmak olanaklı değildir. Yanıtın doğruluğu veya yanılşılığı hakkında bilgi sahibi olunmadığı için, öğrenme, girişlerin verdiği yanıtlar gözlenerek başarıya ulaşılır. Aslında eğitici öğrenme demek doğru değildir, çünkü eğitici öğrenme gerçekte

olanaklı değildir. Eğiticinin her öğrenme adımı içinde yer almamasına karşın, amaçları ayarlamaktadır. Takviyeli öğrenmede, ağıın davranışının uygun olup olmadığını belirten bir öz yetenek bilgisine gereksinme duyulur. Bu bilgiye göre ağırlıklar ayarlanır. Gerçek zamanlı öğrenme yöntemi, deneme-yanılma esasına göre sinir ağı eğitilmektedir.

Çalışmada eğiticili öğrenme algoritmalarından olan yanılıgyı geriye yayma algoritması kullanılmıştır. Çok tabakalı sinir ağlarının eğitimi için genellikle kullanılan eğitim algoritması yanılıgyı geriye yayma algoritmasıdır (Arslan ve diğ., 1994). Yapay sinir ağı parametrelerinin güncellenmesi için literatürde en çok kullanılan yöntem yanılıgyı geriye yayma yöntemidir. Ses tanıma sorunlarından doğrusal olmayan sistem tanılama ve denetimi sorunlarına kadar yapay sinir ağları ile çözüm üretilen bir çok alanda başarı ile kullanılan bu yöntem, maliyet işlevinin enküçüklenmesine dayanmaktadır. Türevi alınabilir aktivasyon işlevi ile herhangi bir ileri beslemeli sinir ağı için kullanılabilir.

Yanılıgyı geriye yayma yönteminin temel felsefesi, eğim düşünüm yöntemi ile tek parametrelili bir maliyet işlevinin enküçük değerini aldığı noktanın iteratif olarak bulunabilmesine dayalıdır.

### 3.4. Quasi-Newton Yöntemi

Akım sürekliliğinin modellenmesi sırasında kullanılan bir diğeri yöntem Quasi-Newton (QN) yöntemidir. QN yöntemi işlevlerin yakın global enyilerinin bulunmasında kullanılan türeve dayalı yöntemlerden bir tanesidir. QN algoritması ikinci dereceden bir algoritmadır (Bajramovic ve diğ., 2004). Bu tür algoritmalar yanılıgyı düzeyinin kuadratik modelini kullanırlar.

(3.7) bağıntısında verilen  $H$  ifadesi  $E$ 'nin ikinci dereceden türevlerinin oluşturduğu Hessian matrisidir.

$$\Delta w_{ji}(k) = -H^{-1} \frac{\partial E}{\partial w_{ji}(k)} \quad (3.7)$$

Newton yönteminde  $E$  kuadratik ise ve  $H$  pozitif tanımlıysa tek bir adımda minimum noktasına ulaşılır.  $E$  kuadratik değilse, o zaman adım sayısı artmaktadır. Burada  $H$ ,  $w_{ji}(k)$  noktasındaki Hessian matrisidir.  $H$ 'ın hesaplanmasının en başta hesaplama yükünün çok yüksek olmasının yanında, Hessian matrisinin pozitif tanımlı olmasının garanti edilememesi, tersinin alınmama olasılığı ve iterasyon sonunda yanılığının düşmesi beklenirken, artma olasılığının da olması gibi, Newton adımının ciddi sakıncaları vardır. Bu nedenlerden dolayı, QN yönteminde Hessian matrisinin tersi her iterasyonda yaklaşık olarak üretilir. Hessian matrisinin yaklaşık olarak elde edilmesi Broyden-Fletcher- Goldfrand-Shanno (BFGS) ve Davidon-Fletcher-Powell (DFP) formülleri ile gerçekleştirilebilmektedir (Jang ve diğ., 1997). Bu yaklaşık hesaplama (3.8) bağıntısında görüldüğü gibi yapılabilmektedir. Burada  $G$  Hessian matrisi yerine kullanılan yaklaşık matris,  $a$  ise adım genişliğini düzenlemekte kullanılan parametredir.

$$\Delta w_{ji}(k) = -\alpha G^{-1} \frac{\partial E}{\partial w_{ji}(k)} \quad (3.8)$$

QN yöntemi ile herhangi bir işlevin eğiminin sıfır olduğu nokta bulunabilmektedir. Bu noktanın bulunması için bu yöntemde işlevin birinci türevi kullanılmaktadır. Bu yöntemde herhangi bir işlevinin minimum veya maksimum noktası işlevin türevinin sıfıra eşitlenmesi ile elde edilir. (3.9) Bağıntısında çok değişkenli ikinci dereceden bir işlev görülmektedir.

$$f(B) = y^t y - 2Bx^t y + B^t x^t x B \quad (3.9)$$

Verilen işlevin minimum veya maksimum noktası  $f(B)$  işlevin türevinin alınması ile elde edilebilir. (3.10) bağıntısında  $f(B)$  işlevinin 1. dereceden türevi görülmektedir.

$$f'(B) = -2x'y + x'xB \quad (3.10)$$

(3.10) bağıntısında verilen ifadenin sıfıra eşitlenmesi ile  $B$  değeri elde edilebilir. (3.11) bağıntısında  $B$  değerinin ifadesi görülmektedir.

$$B_m = (x^t x)^{-1} x^t y \quad (3.11)$$

QN yönteminde, işlevin ikinci türevlerinden oluşan Hessian matrisinin belirlenmesi zorunlu değildir. Hessian matrisinin değerleri ardışık eğim vektörlerinin belirlenmesi ile güncellenir. Arama yönünün belirlenmesinde kullanılan Hessian matrisinin belirlenmesi için, araştırmacılar sayısal hesaplamalar üzerine yoğunlaşmıştır. Hessian matrisinin belirlenmesi hesaplama yükünü artırdığı için Hessian matrisinin daha kolay biçimde belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda, Broyden (1969) tarafından Hessian matrisinin belirlenmesi için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. QN algoritması ilk olarak Davidon (1970) tarafından önerilmiştir. Günümüzde Microsoft Excel programının altından bulunan *çözücü (solver)* modülü içinde kullanılan QN algoritması, Broyden ve diğ., (1970) tarafından geliştirilmiştir. QN yönteminin çözümü için, bu çalışmada Microsoft-Excel programının içinde bulunan çözücü modülü kullanılmıştır. Çözücü çalışma sayfası içinde verilen herhangi bir hedef hücresindeki işlevin değeri, hedef hücreyi etkileyen hücreleri değiştirmek suretiyle verilen kısıtlar içerisinde enküçükleme veya enbüyükükleme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle çözücü modülü doğrusal ve doğrusal olmayan sorunların çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Çalışmada amaç işlevi olarak gözlem ve model akış değerleri arasındaki yanılığarı simgeleyen Bağıntı (3.12)'da verilen ifade kullanılmıştır.

$$f(x) = \sum_i^n (f_{\text{gözlem}} - f_{\text{model}})^2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.12)$$

Burada;  $f(x)$  amaç işlevi,  $f_{\text{gözlem}}$  akış gözlem değerleri,  $f_{\text{model}}$  akış model verileri ve  $n$  gözlem sayısıdır.

Bu bölümde akım süre eğrilerinin modelleme çalışmalarında kullanılan QN, KKE ve YSA teknikleri hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. Yöntemlerin akım süre eğrilerinin modelleme aşamasında kullanım şekilleri bir sonraki Bölüm' de verilmiştir.

## **4. VERİLER**

### **4.1. GİRİŞ**

Çalışma kapsamında yapılacak olan ASE' nin modellenmesi için, A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' ne ilişkin 82 adet AGİ ve benzer biçimde Türkiye DSİ' nin işlettiği 65 adet AGİ kullanılmıştır. Bu Bölüm' de ilgili bölgelerin verileri, topografyası, iklimsel özellikleri (sıcaklık, yağış, akış) inceleme altına alınacaktır. Hem A.B.D.' nin Kansas Eyaleti, hem de Türkiye' deki istasyonlar seçilirken, verileri türdeş olan istasyonların kullanılmasına dikkat edilmiştir. İlgili istasyonların hiçbiri, herhangi bir su yapısının etkisinde kalmamaktadır.

### **4.2. A.B.D. Verileri ve Verilerin Özellikleri**

#### **4.2.1. Çalışma Alanı**

ABD'nin Orta-Batı bölgesindeki eyaletlerden biri Kansas Eyaleti' dir. Başkenti Topeka ve en büyük kenti Wichita olan Kansas, 213.089 km<sup>2</sup> karelik yüzölçümü ile ABD'nin en büyük 15. eyaletidir. ABD'nin coğrafi olarak orta noktasında bulunan Kansas'ın komşuları Missouri, Nebraska, Oklahoma ve Colorado'dur. Eyalette kullanıma uygun arazilerin %90'ı tarımsal üretime yönelik olarak kullanılmaktadır. Tahıl üretimi, hayvancılık ve et paketleme endüstrisi oldukça gelişmiştir. Coğrafi konumu itibariyle ovalardan oluşan eyalet, ilkbaharda baş gösteren fırtına ve hortumlarıyla ünlüdür. 2007 yılında çıkan bir hortum Greensburg kentini tümüyle haritadan silmiştir.

#### 4.2.2. Coğrafi Veriler

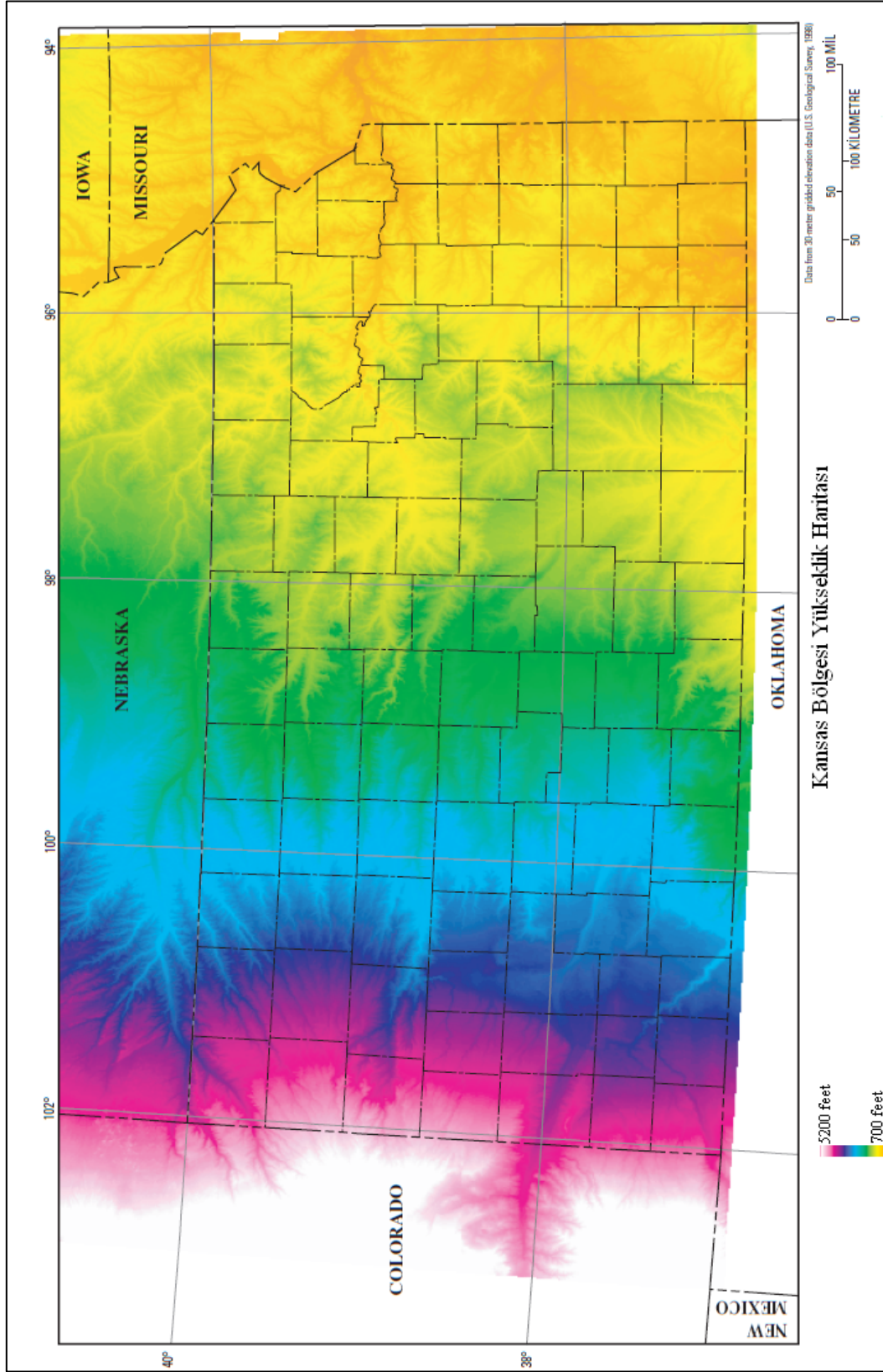
Kansas, iç ovalık bölgede yer almaktadır. Akım karakteristiklerinin ortaya konulabilmesinin karışık ve zor olmasının yanısıra bunu ifade eden birçok değişken bulunduğu bir gerçektir.

Bölgenin batısında kalan 2/3' lük kısmının topografyası tipik plato bölgesi olup düz yada hafif eğimli olarak tanımlanabilir. Kalan 1/3' lük doğu kısmı ise daha değişken olup, alçak-yüksek yerler bulunmaktadır. Kansas eyaletine ilişkin yükseklikleri gösteren harita Şekil 4.1' de sunulmaktadır. Şekilden de anlaşılacağı üzere, bölgedeki yükseklikler 200 m – 1500 m aralığında değişmektedir. AGİ' lere ilişkin yükseklikler bu haritadan okunarak, modelleme çalışmalarının bir parametresi olarak kullanılmıştır.

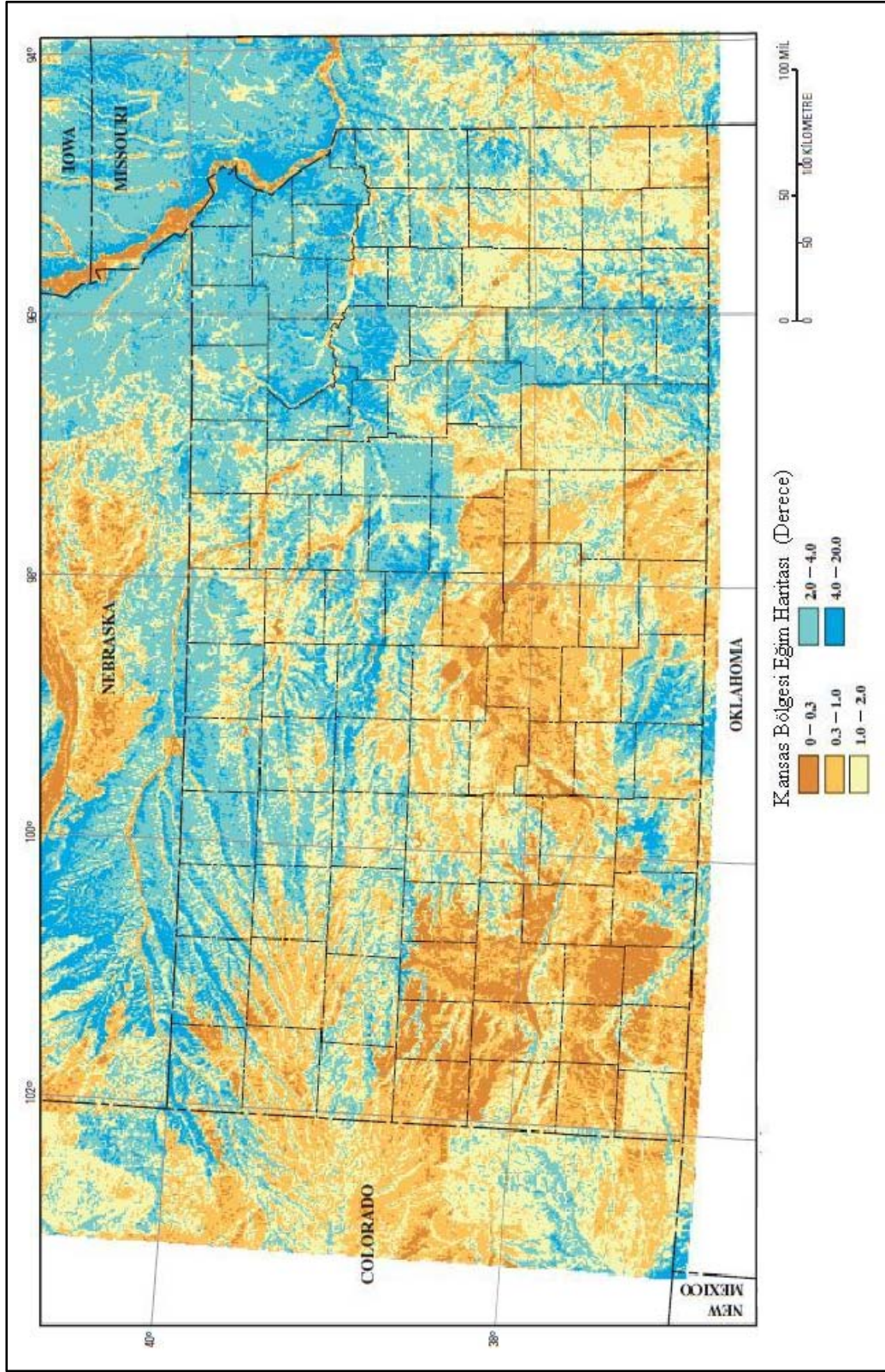
Kansas için ortalama arazi eğim değeri 1,9 derecedir. Bölgeye ilişkin eğimleri gösteren harita Şekil 4.2' de sunulmaktadır.

Akaçlama havzalarının akım özelliklerini etkileyen diğer fiziksel özellikler, toprak tipleri, arazi kullanımı ve iyileştirme uygulamalarıdır. Bu parametrelerden en önemlisi olarak permeabilite öne çıkmaktadır. Tüm diğer koşulların aynı olduğu düşük permeabiliteli bir akaçlama havzasının düşük-akım potansiyeli, yüksek permeabilite' ye sahip olandan daha düşüktür. Yüksek permeabilite' ye sahip zeminde daha fazla süzülme olup yüzeysel akım taban akımına dönüşmektedir. Batı 2/3'lük bölüm daha yüksek geçirgenliğe sahipken 1/3 lük kısmın geçirgenliği daha düşüktür. Arazi iyileştirme uygulamaları, süzülmeleri arttırarak, akım kanallarının taban akımına dönüşmesinde etkili olmaktadır. Ancak bu uygulamaların farklı tipteki havzalarda yapılması çok kolay olamamaktadır. Kansas Eyaleti' ne ilişkin permeabilite haritası Şekil 4.3' de sunulmuştur.

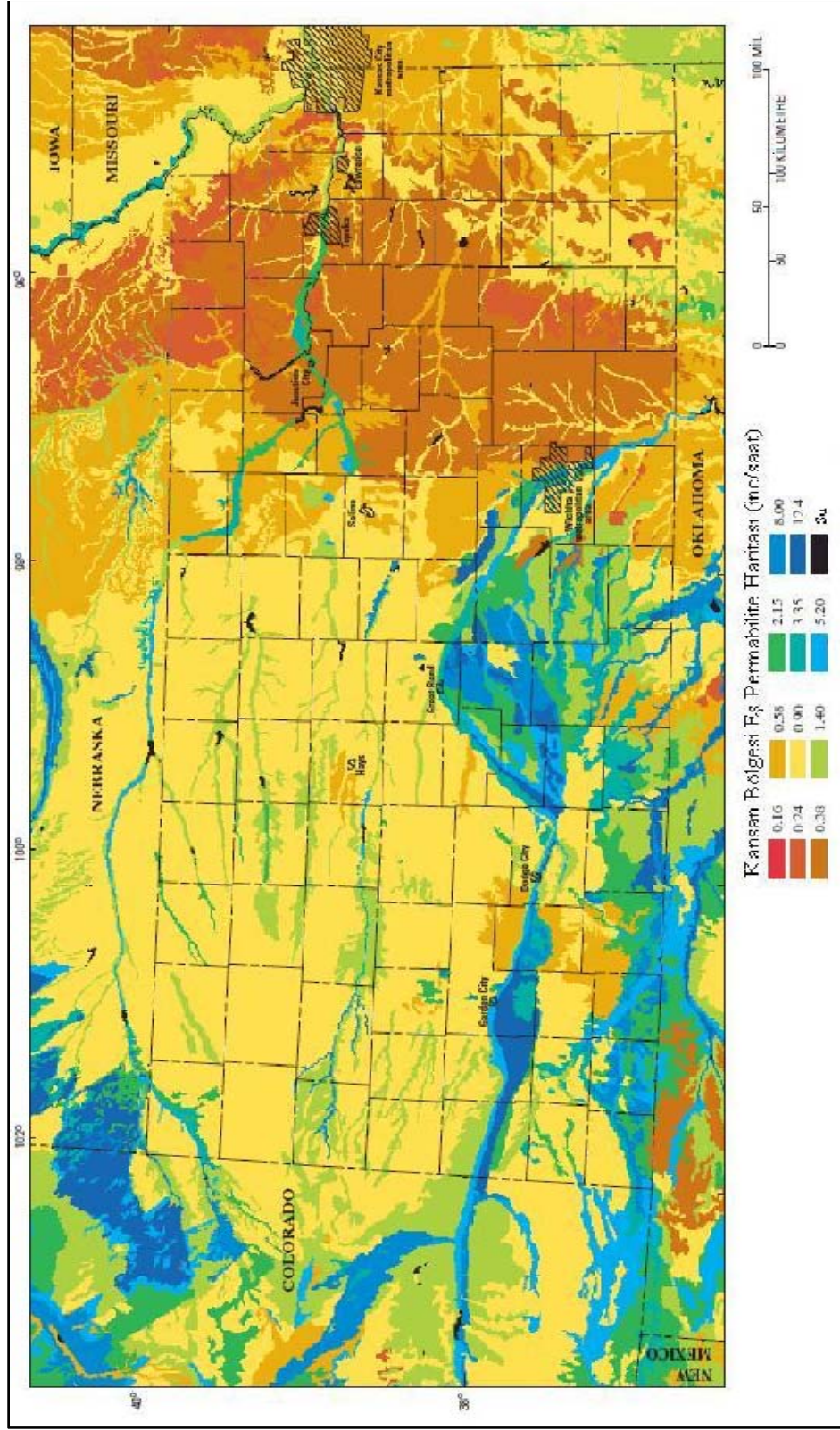




**Şekil 4.1** Kansas Eyaleti eş-yükseklik haritası



Şekil 4.2 Kansas Eyaleti eş-eğim haritası

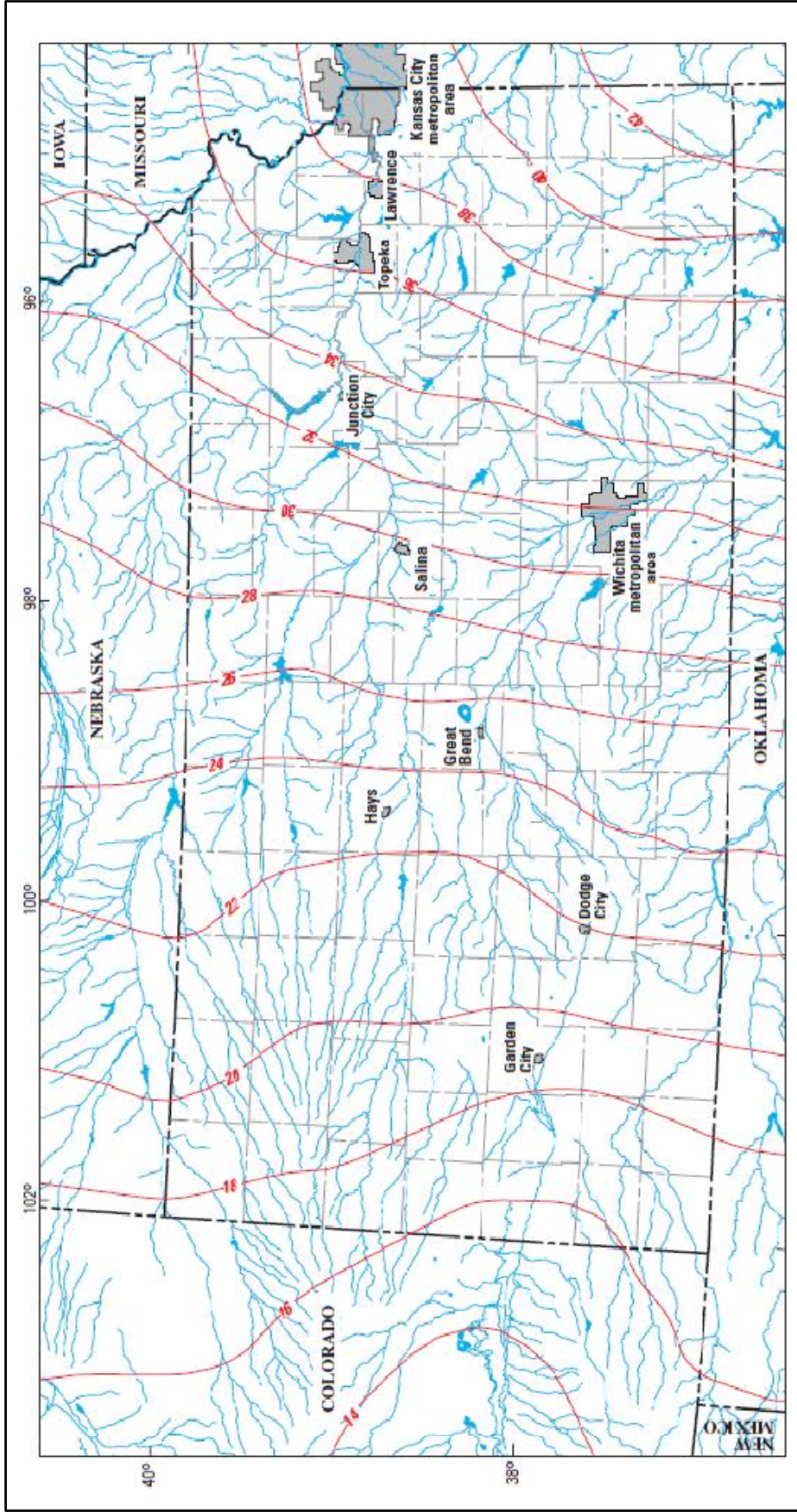


Şekil 4.3 Kansas Eyaleti eş-permeabilite haritası

### 4.2.3. Yağış Verileri

Kansas' ın iklim özellikleri, tropik hava akımları, kıtasal olarak iç ovaların mevsimsel yağışların değişimlerinden etkilenmektedir. Yıllık ortalama yağışın %75' i Nisan-Eylül ayları arasında düşmektedir. İlkbahar başları, sonbahar sonu sürecindeki yağış, bölgesel olarak düşük yoğunluklu yağış üreten üstel hava kütleleri ile ilişkilidir. Yaz aylarında hava Gulf ya da Mexico' dan gelen sıcak nemli hava ile güneybatıdan gelen kuru havanın etkisi altındadır. Yaz yağışları, genellikle yüksek yoğunluklu gök gürültülü şeklindedir.

Kansas' daki su ayırım çizgisi akımını etkileyen birçok iklim etmeni yer almaktadır. Yağış genellikle doğu-batı yönünde değişkenlik göstermekte, kuzey-güney yönündeki değişkenlik ise daha az olmaktadır. Kansas' ın batı tarafı yarı-kurak olup, yaz ayları sıcak ve kuru, kış ayları soğuk ve rüzgârlı geçmektedir. Doğu tarafı yaz aylarında nemli ve bunaltıcı olup kış aylarında soğuk geçmektedir. Yıllık ortalama yağış, akışı etkileyen en önemli etmen olup, en batı Kansas da 16, en güneydoğu tarafta ise 42 C<sup>o</sup> olmaktadır. 149 akım ölçüm istasyonundan alınan ortalama yıllık yağış değerleri kullanılarak hazırlanan eşyağış yüksekliği eğrisi Şekil 4. 4' de sunulmuştur.



Şekil 4.4 Kansas Eyaleti eş-yağış yüksekliği haritası (eşyağışlar inç' tir)

#### 4.2.4. Akış Verileri

Modelleme çalışmalarında kullanılacak olan istasyonlar daha önce de söz edildiği üzere herhangi bir şekilde bir su yapısından etkilenmeyen istasyonların arasından seçilmiştir. Modelleme de kullanılacak olan havza özellikleri, akım büyüklükleri arasındaki farklar, benzer hidrolojik çevreler için önceden yapılmış çalışmalar ve özelliklerin ölçülebilme gücü için teorik ilişkiler esaslarına göre seçilmiştir. Bu çalışmada havza özellikleri olarak AGİ' lere ilişkin drenaj alanı "km<sup>2</sup>" olarak, ortalama havza yüksekliği "m", ortalama havza geçirgenliği "m/saat" olarak, ortalama havza eğimi derece olarak; havzaların ortalama günlük debi' si ise "m<sup>3</sup>/s" cinsinden ele alınmıştır.

Çalışmada kullanılan istasyonlar ve istasyonlara ilişkin parametreler Çizelge 4.1 de sunulmaktadır. Çizelge 4.1' den de anlaşılacağı gibi, modellemede kullanılacak olan havza parametrelerini inceleyecek olursak; akaçlama alanları 10 – 3100 km<sup>2</sup> arasında, yıllık ortalama yağışları 41 – 100 cm arasında, havza ortalama permabiliteleri 0,9 ila 15 arasında, havza ortalama eğimleri 0,5 ile 5,9 arasında, deniz seviyesinden yükseklikler ise 200 ila 1300 arasında değişmektedir.

Çalışmada kullanılacak olan istasyonların A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' nde yerleşimini gösteren harita ise Şekil 4.5' de sunulmaktadır.

**Çizelge 4.1** A.B.D.' nin Kansas Eyaleti modelleme çalışmalarında kullanılan istasyonlar ve parametreleri (1/4)

No	İstasyon Adı	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. Yağış (cm)	Havza Ort. Perm. (cm/h)	Havza Ort. Eğimi	Enlem	Boylam	Deniz Sev. Yüks.
1	0681400 Turkey Creek, KS	714,8	82,2	1,2	3,1	39,9	96,1	316,2
2	06815000 Big Nemaha River, NE	3468,0	82,7	1,3	2,8	40,0	95,6	261,6
3	06836500 Drift Wood Creek, NE	935,0	53,2	3,3	2,9	40,1	100,7	762,8
4	06844900 South Fork Creek, KS	1067,1	48,8	3,3	1,4	39,7	100,7	829,8
5	06847900 Praire Dog, KS	1528,1	52,5	3,5	1,7	39,8	100,1	711,7
6	06848500 Praire Dog, KS	2608,1	54,8	3,5	2,1	40,0	99,5	614,5
7	06853800 White Rock Creek, KS	587,9	67,3	3,3	2,5	39,9	98,3	487,9

**Çizelge 4.1** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti modelleme çalışmalarında kullanılan istasyonlar ve parametreleri (2/4)

No	İstasyon Adı	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. Yağış (cm)	Havza Ort. Perm. (cm/h)	Havza Ort. Eğimi	Enlem	Boylam	Deniz Sev. Yüks.
8	06854000 White Rock Creek, KS	916,9	68,8	3,3	2,6	39,9	98,0	466,8
9	06860000 Smooky Hill River, KS	9207,5	44,9	3,9	1,3	38,8	100,9	799,4
10	06861000 Smooky Hill, KS	13519	46,8	3,9	1,4	38,8	100,0	669,4
11	06863500 Big Creek, KS	1538,5	55,4	3,0	1,4	38,9	99,3	595,5
12	06866500 Smooky Hill River, KS	21647	52,9	3,7	1,6	38,7	97,6	378,0
13	06866900 Saline River, KS	1802,6	52,3	3,5	1,5	39,1	99,9	675,9
14	06867000 Saline River, KS	3890,2	55,1	3,5	2,2	39,0	98,9	472,9
15	06869500 Saline River, KS	7303,8	60,2	3,3	2,5	39,0	97,9	385,7
16	06870500 Gypsum Creek, KS	310,8	78,4	2,2	2,9	38,7	97,4	375,6
17	06871000 N. Fork Sol.River, KS	2198,9	54,1	3,4	2,5	39,7	99,3	534,6
18	06871500 Bow Creek , KS	883,2	54,8	3,7	1,8	39,6	99,3	549,2
19	06873000 South Fork Sol.KS	2693,6	53,0	3,7	2,1	39,4	99,6	589,3
20	06876700 Salt Creek, KS	994,6	68,5	2,8	2,6	39,1	97,8	380,1
21	06878000 Chapman Creek, KS	777,0	78,5	2,6	2,2	39,0	97,0	336,0
22	06879650 Kings Creek, KS	10,6	83,8	1,2	5,9	39,1	96,6	333,6
23	06882000 Big Blue River, NE	11517	72,5	2,1	1,3	40,0	96,6	354,2
24	06882510 Big Blue River, KS	12372	72,8	2,1	1,4	39,8	96,7	338,4
25	06884000 Little Blue River, NE	6086,5	69,4	3,6	1,4	40,1	97,2	389,3
26	0684025 Little Blue River, KS	7127,7	70,2	3,5	1,6	40,0	97,0	370,7
27	06884200 Mill Creek, KS	891,0	77,8	2,3	2,4	39,8	97,0	384,5
28	06884400 Little Blue River, KS	8609,2	71,7	3,3	1,7	39,7	96,8	347,5
29	06885500 B. Vermillion River ,KS	1061,9	84,6	0,9	2,4	39,7	96,4	337,4
30	06888000 Vermillion Creek, KS	629,4	88,7	1,1	3,4	39,3	96,2	302,4
31	06888500 Mill Creek,KS	818,4	88,1	1,3	4,2	39,1	96,2	294,1
32	06889200 Soldier Creek, KS	406,6	90,5	1,2	3,2	39,2	95,9	281,7
33	06889500 Soldier Creek, KS	751,1	90,8	1,4	3,3	39,1	95,7	263,0
34	06890100 Delaware River, KS	1116,3	91,4	1,0	3,1	39,5	95,5	280,7
35	06891500 Wakarusa River, KS	1100,8	93,0	1,6	2,6	38,9	95,3	243,6
36	06892000 Stranger Creek, KS	1051,5	96,2	1,3	3,2	39,1	95,0	244,1
37	06893080 Blue River, KS	119,1	99,9	1,5	2,1	38,8	94,7	270,1
38	06910800 M. des Cygnes River, KS	458,4	90,9	1,0	2,2	38,6	96,0	319,5
39	06911000 M.des Cygnes River, KS	909,1	93,0	1,1	2,2	38,5	95,7	287,1
40	06911900 Dragoon Creek, KS	295,3	91,6	1,1	2,7	38,7	95,8	309,7

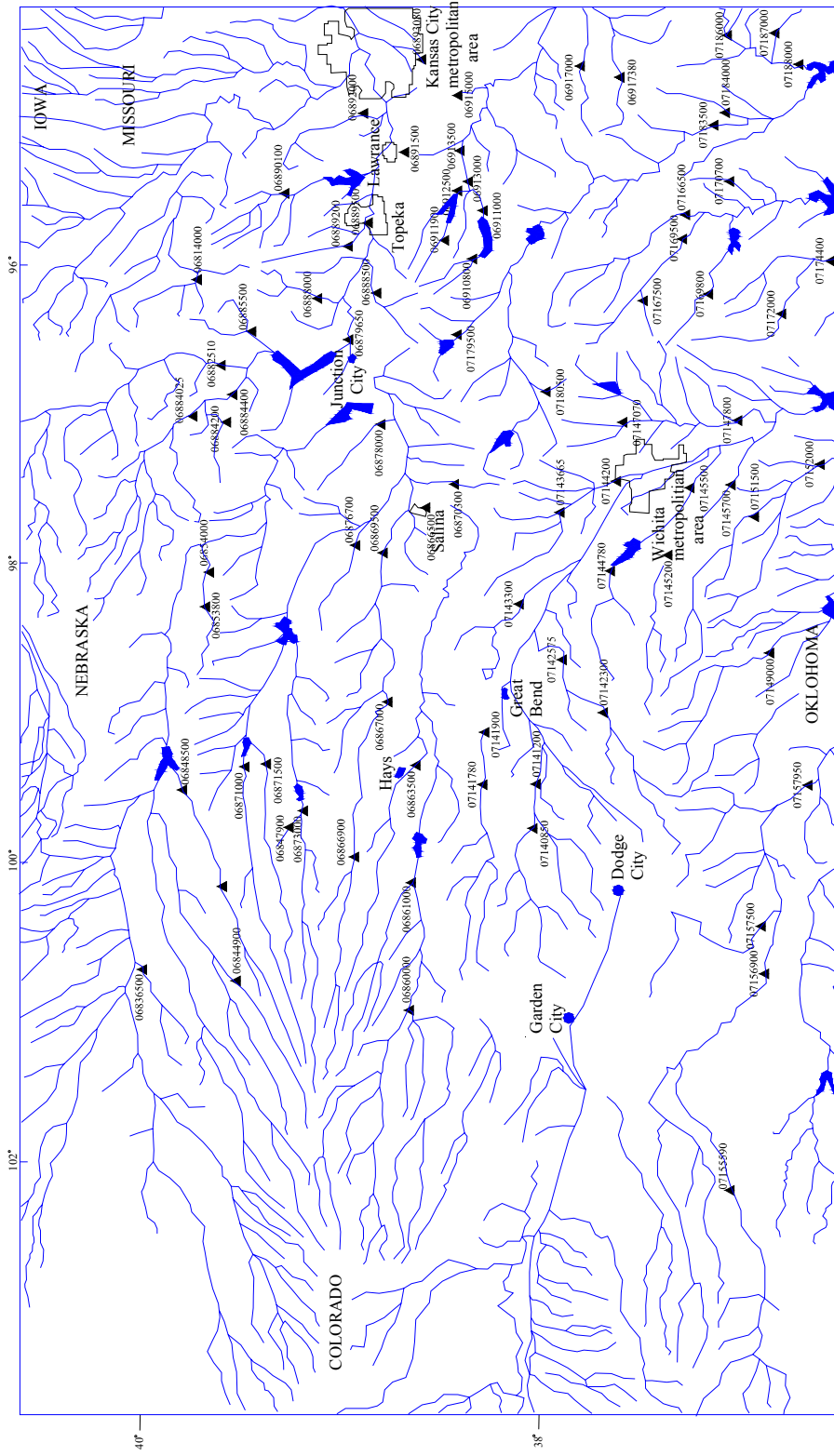
**Çizelge 4.1** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti modelleme çalışmalarında kullanılan istasyonlar ve parametreleri (3/4)

No	İstasyon Adı	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. Yağış (cm)	Havza Ort. Perm. (cm/h)	Havza Ort. Eğimi	Enlem	Boylam	Deniz Sev. Yüks.
41	06912500 H and T Mile Creek, KS	834,0	92,0	1,2	2,3	38,6	95,6	280,1
42	06913000 M. des Cygnes River, KS	2693,6	92,8	1,2	2,2	38,6	95,5	272,4
43	06913500 M. des Cygnes River, KS	3237,5	93,2	1,3	2,2	38,6	95,3	261,4
44	06915000 Big Bull Creek, KS	380,7	99,7	1,7	2,1	38,7	94,9	260,4
45	06917000 Little Osage River, KS	764,1	103	1,8	2,0	38,0	94,7	235,3
46	07140850 Pawnee River , KS	3242,7	52,0	2,8	1,1	38,2	99,6	640,9
47	07141200 Pawnee River, KS	5563,3	53,3	2,8	1,1	38,2	99,4	621,9
48	07141780 Walnut Creek, KS,	3087,3	53,4	3,0	1,1	38,5	99,4	610,9
49	07141900 Walnut Creek, KS	3651,9	54,4	3,0	1,2	38,5	99,0	578,3
50	07142300 Rattlesnake Creek, KS	2030,6	61,3	14,1	0,8	37,9	98,9	598,5
51	07142575 Rattlesnake Creek, KS	2711,7	62,0	15,0	0,7	38,1	98,5	544,1
52	07143300 Cow Creek, KS	1885,5	66,4	3,3	0,9	38,3	98,2	496,3
53	07143665 Little Arkansas River, KS	1906,2	74,9	5,3	0,8	38,1	97,6	424,1
54	07144200 Little Arkansas River, KS	3436,9	77,1	5,1	0,8	37,8	97,4	404,1
55	07144780 N.Fork Nin. River, KS	2038,3	68,2	13,9	0,7	37,9	98,0	443,8
56	07145200 S. Ninnescah River, KS	1683,5	69,2	7,8	1,3	37,6	97,9	413,9
57	07145500 Ninnescah River , KS	5514,1	71,3	9,6	1,1	37,5	97,4	372,6
58	07145700 Slate Creek, KS	398,9	78,1	2,2	0,8	37,2	97,4	352,7
59	07147070 Whitewater River, KS	1103,3	83,9	1,2	1,2	37,8	97,0	375,4
60	07147800 Walnut River, KS	4869,2	87,1	1,2	1,4	37,2	97,0	330,1
61	07149000 Medicine Lodge River, KS	2338,8	64,7	6,5	2,7	37,0	98,5	392,3
62	07151500 Chikaskia River, KS	2056,5	72,9	6,7	1,1	37,1	97,6	337,7
63	07152000 Chikaskia River, OK	4814,8	83,7	2,0	1,0	36,8	97,3	294,9
64	07154500 Cimarron River,OK	2864,5	41,4	5,3	1,0	36,9	103,0	1299
65	07155590 Cimarron River, KS	8831,9	41,5	7,7	1,8	37,1	101,9	1029
66	07156900 Cimarron River, OK	22108	42,8	8,0	1,1	37,0	100,5	707,2
67	07157500 Crooked Creek, KS	2996,6	52,1	4,2	0,7	37,0	100,2	659,5
68	07157950 Cimarron River, OK	31090	49,6	8,1	1,3	36,9	99,3	487,6
69	07166500 Verdigris River, KS	2947,4	95,3	1,7	2,4	37,5	95,7	237,8
70	07167500 Otter Creek, KS	334,1	91,9	1,2	2,8	37,7	96,2	298,0
71	07169500 Fall River, KS	2141,9	92,1	1,6	2,7	37,5	95,8	249,7
72	07169800 Elk River, KS	569,8	92,6	1,1	0,5	37,4	96,2	273,5
73	07170700 Big Hill Creek, KS	95,8	105	2,1	2,3	37,3	95,5	242,6



**Çizelge 4.1** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti modelleme çalışmalarında kullanılan istasyonlar ve parametreleri (4/4)

No	İstasyon Adı	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. Yağış (cm)	Havza Ort. Perm. (cm/h)	Havza Ort. Eğimi	Enlem	Boylam	Deniz Sev. Yüks.
74	07172000 Caney River, KS	1152,6	90,2	1,4	3,2	37,0	96,3	232,7
75	07174400 Caney River, KS	3605,3	93,3	2,5	3,1	36,8	96,0	199,1
76	07179500 Neosho River, KS	647,5	85,8	1,1	1,8	38,7	96,5	367,5
77	07180500 Cedar Creek, KS	284,9	84,7	1,3	1,6	38,2	96,8	384,8
78	07183500 Neosho River, KS	12704	92,4	1,5	1,7	37,3	95,1	247,0
79	07184000 Lightning Creek, KS	510,2	107	2,6	1,2	37,3	95,0	249,4
80	07186000 Spring River, MO	3014,8	110	3,6	1,2	37,2	94,6	254,0
81	07187000 Shoal Creek, MO	1105,9	109	3,8	2,7	37,0	94,5	270,3
82	07188000 Spring River, OK	6500,9	109	3,6	1,4	36,9	94,7	227,5



Şekil 4.5 Kansas Bölgesi AGI yerleşim haritası

### 4.3. Türkiye Verileri ve Verilerin Özellikleri

#### 4.3.1. Çalışma Alanı

Türkiye, kuzey yarımküre de,  $35^{\circ} 40' 00''$  -  $42^{\circ} 06' 00''$  kuzey enlemleri ile  $25^{\circ} 40' 00''$  -  $44^{\circ} 48' 00''$  doğu boylamları arasında yer alır. Eski dünyayı oluşturan Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının merkezine yakın bir yerde bulunan Türkiye toprakları, Atlas Okyanusu'nun bir kolu olan Akdeniz ile ona bağlı Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz ile çevrili olup iki yarım adadan oluşur. Türkiye'nin toprakları iki anakara üstünde yer alır. Toplam izdüşüm yüzölçümü  $779.452 \text{ km}^2$ , gerçek yüzölçümü ise  $814.578 \text{ km}^2$  olan Türkiye topraklarının % 97' si Asya'da (Anadolu) kalan % 3'lük kısmı da Avrupa (Trakya) anakarasında bulunur. Böylece Türkiye hem Asya hem de bir Avrupa ülkesi olma özelliğine sahiptir. Bu konumu ile Türkiye, Balkanlar, Kafkaslar ve Ortadoğunun birleştiricisi ve ayırıcısı durumunda olup, dünyada ve bölgede oluşabilecek her türlü güç yapısına göre büyük önem taşımaktadır. Sınırları çok uzun ve farklı özellikler gösteren Türkiye' nin kara sınırları 2753 km deniz sınırları ise 5800 km' nin üstündedir.

Doktora çalışması, tüm Türkiye' nin farklı bölgelerinden seçilmiş DSI' nin işlettiği 65 adet AGİ' de gerçekleştirilmiştir. Genellikle akarsuların yukarı havzalarının su kuvveti potansiyeli, serbest yüzeyli akışlı çevirme santralleriyle değerlendirildiği için özellikle bu kesimlerden istasyonların seçilmesine özen gösterilmiştir. Çalışılan istasyonların diğer bir seçim ölçütü ise herhangi bir su yapısından etkilenmemesi olmuştur. Bu ise yukarı havzalarda daha kolaylıkla gerçekleşebilen bir durumdur.

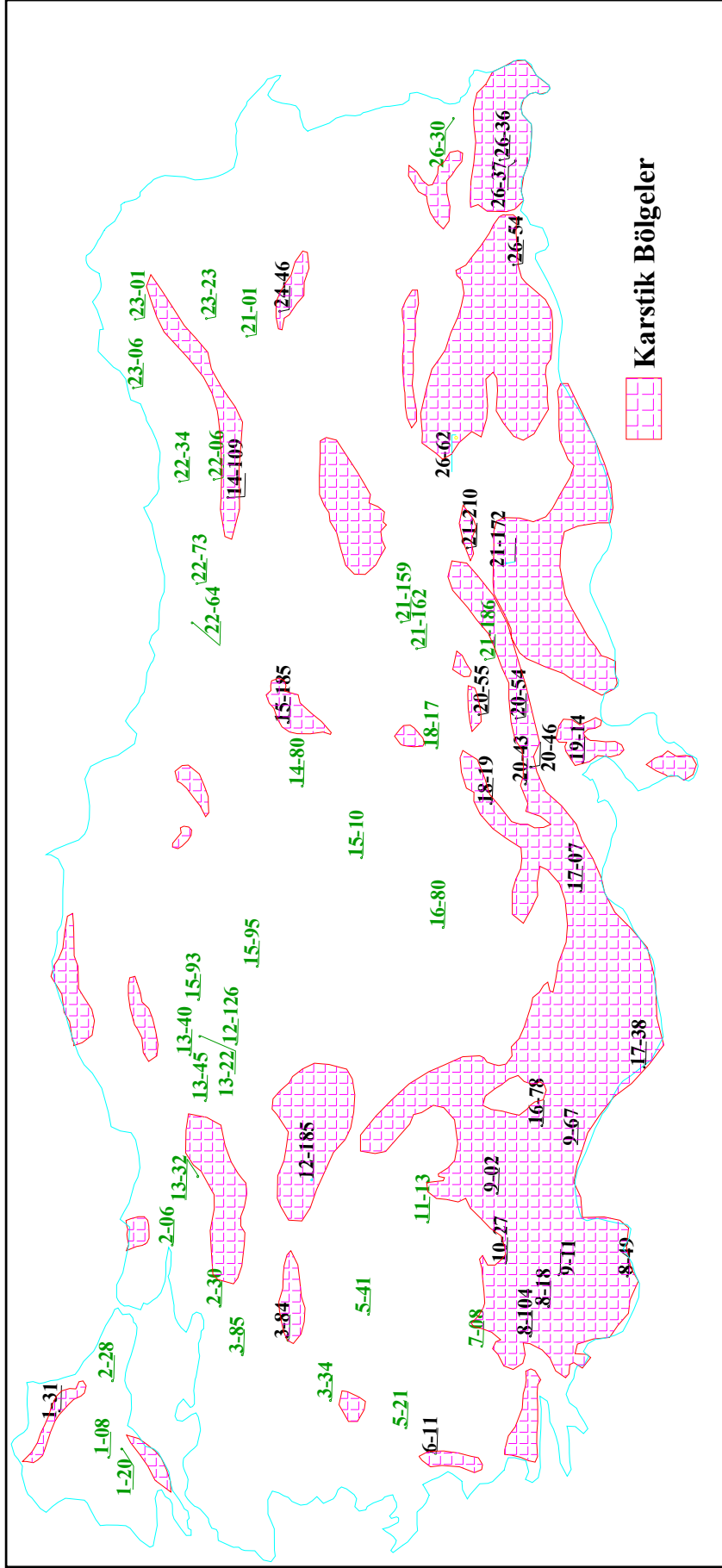
#### 4.3.2. Coğrafi Veriler

Türkiye, genel olarak yer şekilleri ve jeolojik bakımdan çeşitlilik gösteren bir ülke olması yanında, ortalama yükseltisi fazla olan (1131 m) bir ülkedir. Yerküre üstünde Türkiye' nin bulunduğu alan bütün jeolojik devirler içinde en hareketli olan alandır. Anadolu yarımadası 1162 m Trakya ise 180 m yükseltiye sahiptir. Böylece Türkiye, bütün karaların ortalama yüksekliğinden (700 m) daha yüksek olduğu gibi, ayrı ayrı her anakaradan da yüksektir. Bunun yanı sıra yükselti basamakları göz önüne alındığında Türkiye'nin kapladığı alanın % 17,5 'i, 0-500 m; % 26,6' sı, 500- 1000 m; % 30,4 'ü, 1000-1500 m; % 15,5' i, 1500- 2000 m; % 10' u ise 2000 metreden daha yüksektir. Bu

durum ovaların az, buna karşılık yüksek yaylaların geniş yer tuttuğu blok halinde yükselmiş bir arazi yapısını ortaya koymaktadır.

Yüksek bir kütle durumunda olan Anadolu' da eğim koşulları da değişkendir. Nitekim ülkemizin toplam alanının % 12' si düz ve hafif eğimli; % 8' i eğimli ve çok eğimli; % 80' i ise çok dik ve sarp alanlardan oluşmaktadır.

Karstik bölgeler, eriyebilir karbonatlı kayaların (kalker, jips, dolomit, kayatuzu, tebeşir gibi), özellikle kalkerin karbondioksitli sular tarafından eritilmesi, taşınması ve biriktirilmesi ile oluşan yer biçimleridir. Türkiye' de karstlaşmanın tipik örnekleri, Toros sıradağ sisteminde gözükmemektedir. Ayrıca Konya çevresinde, miyosen göl kalkerleri üzerinde ve Sivas dolaylarındaki jipsli arazide de karstik bölgelere rastlanmaktadır. Mikro karstik şekillerden lapyra adı verilen oluk ve kanalcık biçimindeki yarıntılardan çok çeşitli örnekleri Türkiye' deki karstik arazilerde görülür. Yüzeydeki suları yeraltına nakleden düdenlere (kuyular) batı Toroslar' da ve İç Anadolu' da rastlanır. Türkiye Karstik Bölgeler Haritası Şekil 4.6' da sunulmuştur.



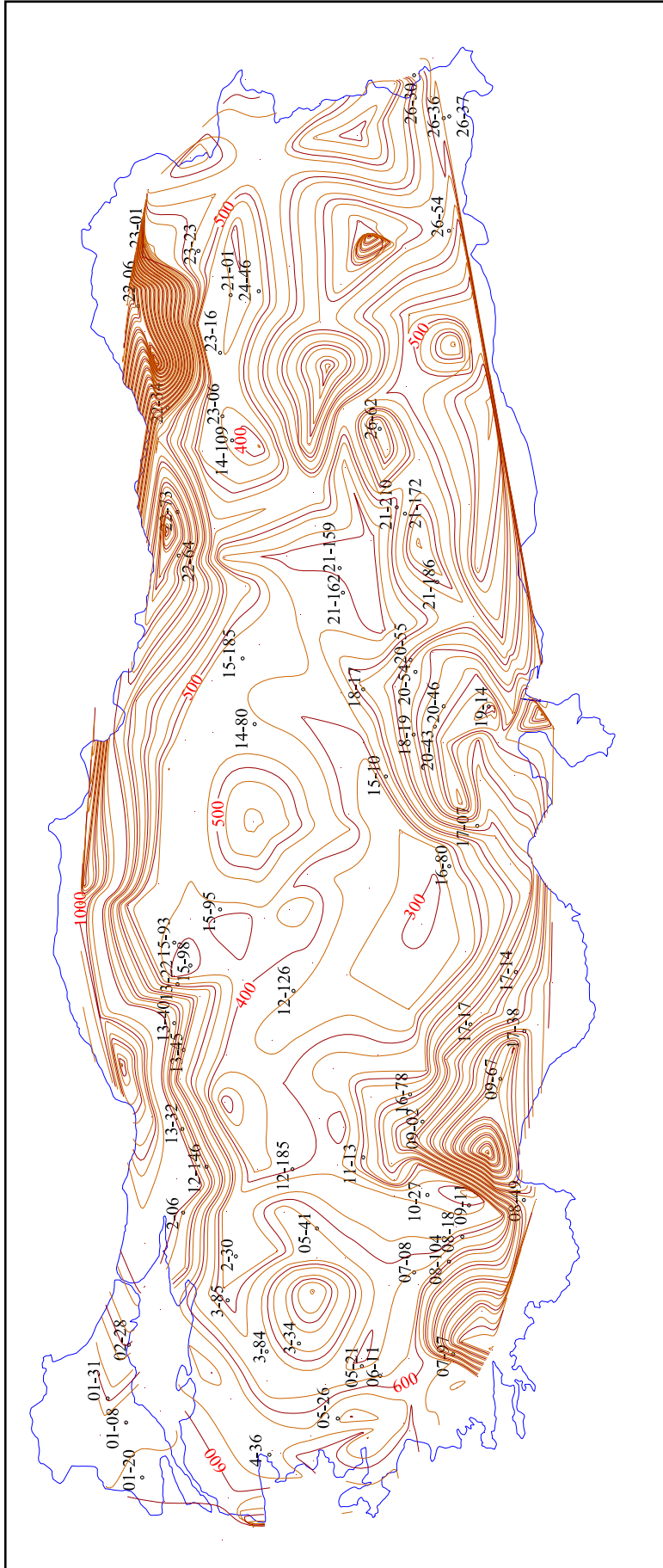
Şekil 4.6 Türkiye karstik bölgeler haritası

### 4.3.3. Yağış Verileri

Ülkemiz iklim özellikleri, diğer bir deyişle klimatik koşullar bakımından ele alındığında, yerkürede orta iklim kuşağı içinde geçit alanı üstünde bulunur. Genel olarak Akdeniz makro iklimasının etki alanı içerisindedir. Ancak denizlere olan uzaklık, yükselti gibi coğrafi etmenler yanında hava kütleleri etkisi nedeniyle coğrafi bölgelerde farklı iklim tipleri ile de karşılaşılır. Buna bağlı olarak sıcaklık değerleri ile yağış nicelikleri de farklı bölgelerde değişik değerler olarak karşımıza çıkar.

Yağış bakımından Türkiye, kenar bölgeleri ile iç bölgeler arasında farklılıklar gösteren bir ülkedir. Bunda başlıca neden karasallık durumu ile yükselti etmenidir. Buna göre ülkemizde yıllık olarak 250 mm' nin altında yağış alan yerlere karşılık 2000 mm üzerinde de yağış alan alanlar bulunmaktadır. Doktora çalışmasında kullanılmak üzere 1971-2009 yılları değerleri kullanılarak hazırlanmış Türkiye yıllık toplam yağışları eşyağış yükseklik haritası Şekil 4.7' de sunulmuştur.

Eş yağış yükseklik haritası, 110 adet DMİ istasyonundan alınan yıllık ortalama yağış yüksekliklerinin NETCAD programına arazi yüksekliği gibi tanıtılması ile bir eş yükselti haritası gibi algılatılarak elde edilmiştir.



Şekil 4.7 Türkiye eş-yağış haritası

#### 4.3.4. Akış Verileri

Akarsular bir enerji kaynağı olması yanında içme ve sulama suyu olarak günümüzde çok büyük değer taşırlar. Türkiye akarsu ağı, hidrografya bakımından gelişmiş bir yapı gösterir. Akarsularımızın büyük çoğunluğu sularını denizlere ulaştırırlar. Akarsularımızın yataklarında su genelde en fazla ilkbahar ve kış aylarındadır.

Doktora çalışması kapsamında kullanılan DSİ' ye ilişkin 65 adet akım gözlem istasyonunun adları ve istasyona ilişkin diğer karakteristikleri içeren bilgiler Çizelge 4.2' de Türkiye' deki yerleşimleri ise Şekil 4.8' de sunulmuştur.

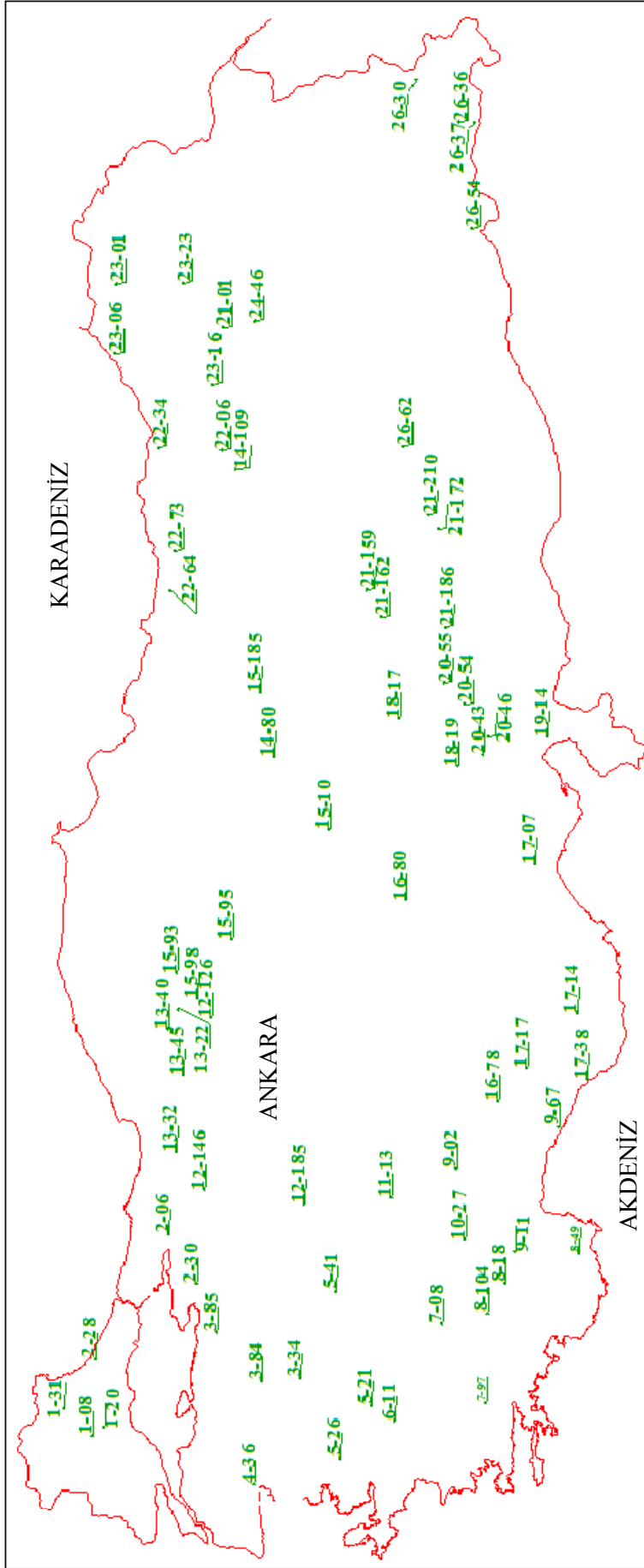
**Çizelge 4.2** Türkiye DSİ AGİ bilgileri (1/2)

Sıra No	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	Akaç. Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. Yağış (mm)
1	01-08	Ergene N. Ddy Kop.-	27,35	41,4	45	2.794	870
2	26-62	Sallarçayı-Yol Köprü	39,704	38,244	850	51,6	760
3	26-54	Kızılsu-Kasrik	37,383	42,166	400	650	640
4	26-37	Zap suyu - Geyman Köp.	43,58	37,26	847	6.314,4	1200
5	26-36	Zap suyu-Üzümcü	43,566	37,448	1.042	5.394,3	1120
6	26-30	Zap Suyu-Çaldıran Köp.	44,10	37,816	1.813	2.070	650
7	24-46	Madraksuyu-	41,416	39,75	2.000	180,8	760
8	23-23	Oltuçayı-Kesik Köprü	41,916	40,50	1.400	1.118,3	545
9	23-16	Çoruhşuyu-Mescitli	40,65	40,23	1.805	481,2	430
10	23-06	Pulurçayı-Cibre	39,861	40,202	1.692	186,8	425
11	23-01	Bertasuyu-Berta	41,98	41,172	310	1.680	900
12	22-73	Yağlıdere-Tuğlacık	38,67	40,76	400	397,8	1000
13	22-64	Pazarsuyu-Kovanlık	38,127	40,744	530	377,5	940
14	22-34	Yanbolu Deresi-Fındıklı	39,967	40,883	100	258,6	950
15	22-06	Abuçağlayan Deresi	41,23	41,25	60	156	2010
16	21-210	Büyük Çay-Taşkale	38,73	38,033	900	205	500
17	21-186	Göksu Nehri-Savran	37,80	37,53	865	713,5	600
18	21-172	Kahta Çayı-Damlacık	38,65	37,93	620	349,5	550
19	21-162	Ayvalı Tohma S.Göynük	37,667	38,702	1100	3478	403
20	21-159	Kuruçay-Kesikköprü	37,973	38,743	985	820	395
21	20-55	Zeytin Deresi	36,83	37,86	850	111,6	610
22	20-54	Tekir Suyu-Ali Kesen	36,683	37,80	702	207,5	660
23	20-46	Kesik Su-Sarı Dan.	36,254	37,447	200	420	775
24	20-43	Kesik Su -Taş Köprü	36,003	37,558	194	163	775
25	19-14	Deli Çay-Mutlu Çukur	36,251	36,888	200	161,5	895
26	18-19	Asmaca Çayı-Feke	35,902	37,822	550	619	680
27	18-17	Sarı Suyu-Darı Dere	36,466	38,45	1542	315,6	523
28	17-17	Göksu-Gördürüp Köp.	32,30	37,116	1241	364	660
29	17-14	Göksu-Görmel Köprüsü	32,95	36,55	509	2156	690
30	17-07	Pamukdere-Keşbükü	34,768	37,030	132	599	630



**Çizelge 4.2** Türkiye DSİ AGİ bilgileri (2/2)

Sıra No	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	Akaç. Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. Yağış (mm)
31	16-80	Karasu-Demirci	34,267	37,38	1118	497,3	360
32	16-78	Suberte Çayı-Taşağıl	31,43	37,867	1095	111,8	580
33	15-98	Sögütözü Deresi-Yuva	33,033	40,60	1296	40,5	395
34	15-95	Taretözü D.Yeşilyazı	33,73	40,23	684	420,3	410
35	15-93	Devres Çayı-Çukurca	33,316	40,80	1007	913,3	412
36	15-185	Yıldız Irmağı Zengi	36,85	39,95	1308	1035	440
37	15-10	Boğazlıyan Çay Yeşil H.	35,383	38,167	1015	1825	440
38	14-80	Gündelen Çayı-Kızıllı	36,033	39,8	1193	338,6	433
39	14-109	Sadak Deresi Çakırlar	39,56	40,08	1550	348,8	415
40	13-45	Ulus D.-Yağbaşlar	31,983	40,683	1183	196	590
41	13-40	Gerede Ç.-Bahçedere	32,316	40,8	1095	1262	740
42	13-32	Aksu D.-Dereevi	31	40,7	837	71,5	770
43	13-22	Akhasan Deresi	32,8	40,76	1180	76,5	480
44	12-185	Akin Deresi- Gemiş	30,5	39,33	1742	218,2	400
45	12-146	Göynükçayı-Yeniköy	30,53	40,4	425	363,5	700
46	12-126	Kurtboğazı Baraj Girişi	32,716	39,316	950	197,2	377
47	11-13	Kali Çayı Selevir Baraj	30,647	38,449	1201	690	510
48	10-27	Bügdüz Deresi-Suludere	30,179	37,651	900	214,3	410
49	09-67	Karpuz Çayı - Uzunlar	31,622	36,743	100	303,2	1075
50	09-11	Korkuteli Ç.Salamur B.	30,05	37,133	1190	130,7	400
51	09-02	Yenice Suyu-Zindan B.	31,09	37,711	1210	61,7	760
52	08-49	Başgöz Çayı-Gökbük	30,116	36,45	208	222,2	850
53	08-18	Ballık Deresi-Ballık B.	29,66	37,217	1091	126,2	510
54	08-104	Değirmendere-Akalan	29,35	37,383	1100	34,5	600
55	07-97	Elekçi Deresi-Madanlar	28,2	37,33	425	70	830
56	07-08	Gökpınar Çayı-Akhan	29,216	37,816	290	265	525
57	05-41	Muratçayı	29,76	39,02	705	539,8	525
58	05-21	Tabak Deresi-Çaltılı	28,05	38,466	137	81,1	520
59	04-36	Zeytinli Çayı-Zeytinli	26,95	39,616	35	123,4	660
60	03-85	Yaylacık Deresi-İnegazi	28,870	40,137	306	13,4	490
61	03-34	Simav Çayı-Osmanlar	28,333	39,25	283	1254	640
62	02-30	Kocadere-Sölöz	29,416	40,034	98	76,9	467
63	02-28	Istrancadere-	28,316	41,367	31	287,1	700
64	01-31	Soğucak Deresi-	27,65	41,63	283	71,3	600
65	01-20	Ergene N.-İnanlı	27,667	41,2	60	1415	377



Şekil 4.8 Türkiye AGI bulduru haritası

Bu Bölüm’ de, Akım Sürek Eğrisinin modellenmesi sırasında kullanılacak olan A.B.D.’ nin Kansas Eyaleti’ nden seçilmiş 83 adet akım gözlem istasyonu ile Türkiye genelinden seçilmiş ve doğal akışları bozulmamış DSI’ nin işlettiği 65 adet akım gözlem istasyonlarına ilişkin veriler ve adı geçen çalışma alanları sunulmuştur. İlgili toplam 147 adet istasyona ilişkin en az 10 yıllık süreli günlük akım değerlerinden oluşan toplam olarak yaklaşık 1.500.000 adet günlük veri sayısal olarak bilgisayara işlenmiş ve adı geçen toplam 148 istasyonun her biri için ASE’ ler çizdirilmiştir. Modelleme çalışmaları bu süre eğrilerinin üzerinden bir sonraki Bölüm’ de anlatıldığı üzere başlatılmıştır.

## 5. UYGULAMA

### 5.1. Giriş

ASE' lerinin (ASE) modellenmesi daha önceden de birçok araştırmacı tarafından denenmiştir. Örneğin, karst pınarlarının kurak dönemdeki boşalmasını tanımlamada yaygın uygulama alanı bulmuş olan basit üstel bir bağıntının (Maillet, 1905), ASE' nin de büyük bir kısmını tanımlayabileceği düşünülmüştür:

$$y = \alpha * e^{-\beta t} \quad (5.1)$$

Üstel modelin parametrelerinden başlangıç değerinin doğal logaritması ile yıllık akışlılık katsayılarının kuvvetli sayılabilecek bir bağımlılığın olduğu belirlenmiştir (Alkan, 1996). Bu çalışmalara katkı sağlamak bakımından ASE' nin modellenmesi ve bölgeselleştirilmesi üzerine yapılan bu çalışma, akış üstündeki olası duyarlığa sahip parametrelerin belirlenmesinin (yağış, sıcaklık, buharlaşma, koordinat, yükseklik vd) ve ardından çok değişkenli bir bağıntı ile ASE' nin daha duyarlı bir biçimde modellenmesidir. Yapılan çalışma A.B.D. verilerine ve Türkiye verilerine ilişkin çalışma olarak iki temel başlık altında toplanmıştır.

### 5.2. A.B.D. Verilerine İlişkin Çalışmalar

#### 5.2.1. ASE' lerin Modellenmesi

Tezin 4. Bölümü' nde de belirtildiği üzere, çalışmanın yapıldığı bölge A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' dir. Bölgedeki istasyonlar 4. Bölüm' de Çizelge 4.1' de sunulmuştur.

Çizelge 4.1' de belirtilen istasyonların ortalama 10 ila 30 yıllık günlük akım değerleri kullanılarak her birine ilişkin ASE' ler çizilmiş ve EKLER Bölümü'nde sunulmuştur. Hangi AGİ' lerin kullanılacağına ve kullanılacak olan AGİ' lerin hangi yıllarına ilişkin verilerinin kullanılmasına karar verilirken akım değerlerinin baraj yada

başka herhangi bir nedenle verilerinin türdeşliğinin bozulmamış olması da etken olmuştur. Öncelikle akım değerlerinin tümü dikkate alınarak veriler 5.1 bağıntısıyla ifade edilmiştir. Akım değerlerinin tümü için yapılan çalışmada Excel içindeki Solver altyordamı kullanılmıştır. Her bir türdeş istasyon için hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri Çizelge 5.1’ de sunulmuştur.

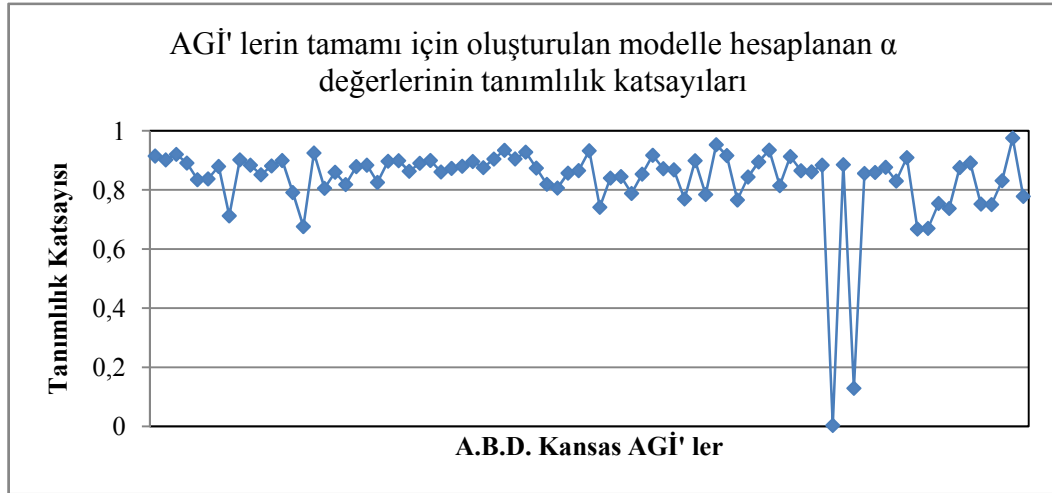
**Çizelge 5.1** A.B.D.’ nin Kansas Eyaleti AGİ’ lerinden elde edilen ASE’ lerdeki üstel bağıntının hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (1/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Yanılgıların Kareleri Toplamı	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
1	06814000 Turkey Creek, KS	429.843	0,91	230,635	0,0063
2	06815000 Big Nemaha River, NE	8.788.051	0,90	740,383	0,0038
3	06836500 Drift Wood Creek, NE	254	0,92	16,874	0,1047
4	06844900 South Fork Sappa Crek KS	2.768	0,89	74,883	0,1115
5	06847900 Praire Dog above Keith Sebeli, KS	7.825	0,83	54,654	0,0374
6	06848500 Praire Dog Woodruff, KS	87.610	0,84	145,323	0,0234
7	06853800 White Rock Creek Burr , KS	30.998	0,88	67,133	0,0103
8	06854000 White Rock Creek at Lovewell, KS	136.749	0,71	186,769	0,0486
9	06860000 Smooky Hill River at Elkader, KS	163.842	0,90	257,361	0,0221
10	06861000 Smooky Hill Arnold, KS	100.009	0,88	214,046	0,0298
11	06863500 Big Creek Hays, KS	100.216	0,85	152,229	0,0206
12	06866500 Smooky Hill River Mentor, KS	293.810	0,88	311,072	0,0243
13	06866900 Saline River Wakeeney , KS	24.233	0,90	147,281	0,0494
14	06867000 Saline River Russell, KS	638.150	0,79	293,302	0,0189
15	06869500 Saline River at Tescott, KS	4.913.793	0,68	293,302	0,0189
16	06869700 Gypsum Creek Gypsum, KS	6.903	0,93	67,531	0,0288
17	06871000 North Fork Solomon River, KS	79.534	0,81	211,243	0,0681
18	06871500 Bow Creek Stockton, KS	12.719	0,86	78,484	0,0420
19	06873000 South Fork Solomon River KS	522.859	0,82	493,370	0,0508
20	06876700 Salt Creek Ada, KS	96.366	0,88	153,141	0,0172
21	06878000 Chapman Creek, KS	170.111	0,88	141,310	0,0080
22	06879650 Kings Creek, KS	161	0,83	8,861	0,0546
23	06882000 Big Blue River, NE	12.132.023	0,90	537,153	0,0015
24	06882510 Big Blue River at Marysville, KS	4.114.711	0,90	544,808	0,0046
25	06884000 Little Blue River Fairbury, NE	5.689.857	0,86	434,520	0,0030
26	0684025 Little Blue River at Hollenberg, KS	2.421.036	0,89	483,256	0,0074
27	06884200 Mill Creek at Washington, KS	235.788	0,90	153,812	0,0059
28	06884400 Little Blue River Barnes, KS	6.591.869	0,86	459,437	0,0029
29	06885500 Black Vermillion River, KS	1.028.300	0,87	277,498	0,0055
30	06888000 Vermillion Creek, KS	154.870	0,88	175,424	0,0143
31	06888500 Mill Creek Paxico	926.218	0,90	373,195	0,0103
32	06889200 Soldier Creek Delia, KS	252.277	0,88	142,963	0,0060
33	06889500 Soldier Creek Topeka, KS	847.346	0,90	237,724	0,0037
34	06890100 Delaware River Muscotah, KS	730.194	0,93	339,806	0,0060
35	06891500 Wakarusa River Lawrance, KS	983.408	0,90	332,815	0,0063
36	06892000 Stranger Creek, KS	1.114.362	0,93	220,883	0,0017

**Çizelge 5.1** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti AGİ' lerinden elde edilen ASE' lerdeki üstel bağıntının hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (2/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Yanılgıların Kareleri Toplamı	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
37	06893080 Blue River Stanley, KS	30.235	0,87	80,808	0,0160
38	06910800 Marias des Cygnes, KS	538.908	0,82	293,476	0,0179
39	06911000 Marias des Cygnes River, KS	1.374.243	0,81	422,914	0,0154
40	06911900 Dragoon Creek, KS	226.317	0,86	177,616	0,0118
41	06912500 Hundred and Ten Mile Creek, KS	778.220	0,87	414,065	0,0172
42	06913000 Marias des Cygnes River, KS	604.960	0,93	510,971	0,0155
43	06913500 Marias des Cygnes River, KS	23.540.725	0,74	690,310	0,0034
44	06915000 Big Bull Creek Hillsdale, KS	266.244	0,84	294,813	0,0314
45	06917000 Little Osage River at Fulton, KS	2.247.691	0,85	311,139	0,0039
46	06917380 Marmaton River, KS	3.331.147	0,79	479,407	0,0091
47	07140850 Pawnee River Burdett, KS	8.079	0,85	102,511	0,1025
48	07141200 Pawnee River at Rozel, KS	285.396	0,92	206,542	0,0068
49	07141780 Walnut Creek at Nekoma, KS,	28.533	0,87	91,580	0,0216
50	07141900 Walnut Creek at Albert, KS	104.071	0,87	99,849	0,0072
51	07142300 Rattlesnake Creek, KS	33.095	0,77	131,901	0,0860
52	07142575 Rattlesnake Creek Zenith, KS	51.876	0,90	555,197	0,3214
53	07143300 Cow Creek Lyons, KS	456.354	0,78	150,965	0,0069
54	07143665 Little Arkansas River, KS	292.854	0,95	248,068	0,0052
55	07144200 Little Arkansas River, KS	2.634.934	0,92	333,862	0,0020
56	07144780 North Fork Ninescah, KS	1.032.191	0,77	920,834	0,1296
57	07145200 South Fork Ninescah River, KS	807.191	0,84	242,494	0,0108
58	07145500 Ninescah River Peck, KS	1.890.975	0,89	363,782	0,0053
59	07145700 Slate Creek at Wellington, KS	75.356	0,93	126,824	0,0074
60	07147070 Whitewater River at Towanda, KS	2.128.546	0,81	396,310	0,0083
61	07147800 Walnut River at Windfield, KS	13.205.790	0,91	867,725	0,0028
62	07149000 Medicine Lodge River Kiowa, KS	439.782	0,87	130,956	0,0043
63	07151500 Chikaskia River Corbin, KS	1.484.488	0,86	410,338	0,0107
64	07152000 Chikaskia River, OK	12.450.847	0,88	862,905	0,0042
65	07154500 Cimarron River Kenton, OK	576.050	0,00	1,079	0,0001
66	07155590 Cimarron River Elkhart, KS	15.211	0,89	123,122	0,0607
67	07156900 Cimarron River Forgan, OK	100.158	0,13	4,975	0,0003
68	07157500 Crooked Creek, KS	94.988	0,86	209,287	0,0402
69	07157950 Cimarron River Buffalo, OK	260.488	0,86	150,453	0,0085
70	07166500 Verdigris River Altoona, KS	4.988.133	0,88	705,338	0,0068
71	07167500 Otter Creek at Climax, KS	600.622	0,83	303,990	0,0161
72	07169500 Fall River at Fredonia, KS	1.099.353	0,91	660,908	0,0203
73	07169800 Elk River at Elk Falls, KS	1.678.949	0,67	278,755	0,0113
74	07170700 Big Hill Creek Cherryvale, KS	88.772	0,67	57,369	0,0089
75	07172000 Caney River Elgin, KS	6.248.165	0,75	484,061	0,0062
76	07174400 Caney River above Coon OK	6.630.374	0,74	261,953	0,0013
77	07179500 Neosho River at Council Grove, KS	697.570	0,88	788,746	0,0623
78	07180500 Cedar Creek Cedar Point, KS	168.281	0,89	153,532	0,0092
79	07183500 Neosho River Parsons, KS	145.292.208	0,75	1176,735	0,0014
80	07184000 Lightning Creek McCune, Ks	2.441.739	0,75	317,029	0,0068
81	07186000 Spring River at Waco, MO	30.383.130	0,83	717,446	0,0018
82	07187000 Shoal Creek above Joplin, MO	19.771	0,98	23,725	0,0001
83	07188000 Spring River Quapaw, OK	6.662.781	0,78	1635,480	0,0631

Çizelge 5.1 den de anlaşılacağı üzere, verilerin tümünden yararlanarak elde edilen ASE' nin üstel modele benzetilerek modellenmesi ile arada kurulan ilişkinin tanımlılık katsayısı (R), %75-%90 aralığında kalmaktadır. Şekil 5.1' de de bu durum açıkça görülmektedir.



**Şekil 5.1** AGİ' lerin verilerinin tümü için oluşturulan modelle hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri için tanımlılık katsayılarının değişimi

ASE' lerinin modellenmesindeki amacın; ilgili eğrinin doğru bir biçimde tanımlanması durumunda, kurulu güce esas debinin seçimini sağlamak olduğu bilinmektedir. Deneyimler ve yapılmış çalışmalar göstermektedir ki ASE' den okunan kurulu güce esas debi zamanın % 40' ı ile % 70 ' i arasında olmaktadır.

Bununla beraber  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek tanımlanmaya çalışılan ASE' lerde en büyük sapmanın eğrinin başlangıç ve bitiş kuyruk kısımlarında olduğu rahatlıkla gözlenebilmektedir. Bu sapmayı enküçükleme amacıyla A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' ne ilişkin türdeş her bir istasyon için çizilen ASE' leri, eğrinin %90' ı (baştan ve sondan %5' ler yok sayılarak) Çizelge 5.2 ve eğrinin %80' i (baştan ve sondan eğrinin %10' u yok sayılarak excel programının içindeki Solver aracılığı ile modellenmiş ve her bir istasyon için ayrı ayrı  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri hesaplanmış ve Çizelge 5.3' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.2** A.B.D.' nin Kansas AGİ' lerinin baştan sondan % 5 atılarak elde edilen ASE' ler ile üstel bağıntı arasındaki ilişki ve hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (1/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Yanılgıların Karelerinin Toplamı	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
1	06814000 Turkey Creek, KS	3.359	0,97	15,796	0,0005
2	06815000 Big Nemaha River, NE	153.799	0,95	71,829	0,0004
3	06836500 Drift Wood Creek, NE	2	0,87	0,349	0,0004
4	06844900 South Fork Sappa Crek KS	0	1,00	0,256	0,0010
5	06847900 Praire Dog above Keith Sebeli, KS	1	0,99	0,505	0,0003
6	06848500 Praire Dog Woodruff, KS	334	0,95	6,564	0,0013
7	06853800 White Rock Creek Burr , KS	71	0,97	2,158	0,0004
8	06854000 White Rock Creek at Lovewell, KS	95	0,98	10,575	0,0040
9	06860000 Smooky Hill River at Elkader, KS	101	0,98	3,961	0,0005
10	06861000 Smooky Hill Arnold, KS	22	0,98	1,863	0,0005
11	06863500 Big Creek Hays, KS	104	0,96	1,842	0,0002
12	06866500 Smooky Hill River Mentor, KS	6.766	0,92	30,990	0,0022
13	06866900 Saline River Wakeeney , KS	13	0,98	1,306	0,0005
14	06867000 Saline River Russell, KS	1.330	0,97	8,025	0,0003
15	06869500 Saline River at Tescott, KS	126.209	0,91	8,025	0,0003
16	06869700 Gypsum Creek Gypsum, KS	31	0,95	1,770	0,0008
17	06871000 North Fork Solomon River, KS	56	0,98	2,415	0,0003
18	06871500 Bow Creek Stockton, KS	17	0,96	0,736	0,0002
19	06873000 South Fork Solomon River KS	164	0,98	3,816	0,0003
20	06876700 Salt Creek Ada, KS	214	0,95	5,519	0,0007
21	06878000 Chapman Creek, KS	1.144	0,93	5,657	0,0004
22	06879650 Kings Creek, KS	0	0,99	0,383	0,0010
23	06882000 Big Blue River, NE	399.185	0,95	101,775	0,0003
24	06882510 Big Blue River at Marysville, KS	264.265	0,94	148,034	0,0011
25	06884000 Little Blue River Fairbury, NE	133.552	0,87	27,969	0,0001
26	06884025 Little Blue River at Hollenberg, KS	78.705	0,89	42,737	0,0005
27	06884200 Mill Creek at Washington, KS	2.400	0,97	15,207	0,0006
28	06884400 Little Blue River Barnes, KS	207.774	0,93	69,178	0,0004
29	06885500 Black Vermillion River, KS	7.608	0,95	24,293	0,0006
30	06888000 Vermillion Creek, KS	668	0,97	9,328	0,0007
31	06888500 Mill Creek Paxico	4.456	0,97	17,536	0,0003
32	06889200 Soldier Creek Delia, KS	1.897	0,96	10,454	0,0005
33	06889500 Soldier Creek Topeka, KS	7.926	0,96	18,173	0,0003
34	06890100 Delaware River Muscotah, KS	13.042	0,96	37,713	0,0008
35	06891500 Wakarusa River Lawrance, KS	4.394	0,98	26,609	0,0005
36	06892000 Stranger Creek, KS	28.133	0,96	44,394	0,0004
37	06893080 Blue River Stanley, KS	71	0,98	4,055	0,0009
38	06910800 Marias des Cygnes, KS	1.292	0,97	14,695	0,0009
39	06911000 Marias des Cygnes River, KS	2.905	0,97	28,183	0,0013
40	06911900 Dragoon Creek, KS	471	0,97	7,286	0,0006
41	06912500 Hundred and Ten Mile Creek, KS	1.889	0,97	21,191	0,0011
42	06913000 Marias des Cygnes River, KS	16	1,00	19,869	0,0012



**Çizelge 5.2** A.B.D.' nin Kansas AGİ' lerinin baştan sondan % 5 atılarak elde edilen ASE' ler ile üstel bağıntı arasındaki ilişki ve hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (2/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Yanılığların Karelerinin Toplamı	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
43	06913500 Marias des Cygnes River, KS	94.323	0,97	117,313	0,0007
44	06915000 Big Bull Creek Hillsdale, KS	635	0,97	12,163	0,0012
45	06917000 Little Osage River at Fulton, KS	9.622	0,97	32,443	0,0005
46	06917380 Marmaton River, KS	8.858	0,97	38,437	0,0009
47	07140850 Pawnee River Burdett, KS	1	0,99	1,067	0,0017
48	07141200 Pawnee River at Rozel, KS	544	0,96	8,131	0,0005
49	07141780 Walnut Creek at Nekoma, KS,	27	0,98	2,192	0,0007
50	07141900 Walnut Creek at Albert, KS	196	0,97	5,119	0,0006
51	07142300 Rattlesnake Creek, KS	38	0,98	1,563	0,0002
52	07142575 Rattlesnake Creek Zenith, KS	107	0,97	3,049	0,0003
53	07143300 Cow Creek Lyons, KS	906	0,99	12,221	0,0006
54	07143665 Little Arkansas River, KS	5.092	0,98	75,150	0,0020
55	07144200 Little Arkansas River, KS	58.376	0,97	68,254	0,0005
56	07144780 North Fork Ninnescah, KS	2.821	0,93	8,414	0,0002
57	07145200 South Fork Ninnescah River, KS	5.781	0,92	10,207	0,0001
58	07145500 Ninnescah River Peck, KS	59.339	0,90	37,843	0,0004
59	07145700 Slate Creek at Wellington, KS	665	0,96	12,523	0,0014
60	07147070 Whitewater River at Towanda, KS	9.299	0,93	22,266	0,0007
61	07147800 Walnut River at Windfield, KS	209.088	0,96	111,163	0,0004
62	07149000 Medicine Lodge River Kiowa, KS	6.709	0,93	10,660	0,0002
63	07151500 Chikaskia River Corbin, KS	11.945	0,95	20,177	0,0003
64	07152000 Chikaskia River, OK	149.400	0,94	64,188	0,0003
65	07154500 Cimarron River Kenton, OK	566.891	0,00	1,301	0,0001
66	07155590 Cimarron River Elkhart, KS	0	1,00	1,460	0,0033
67	07156900 Cimarron River Forgan, OK	61	0,98	2,536	0,0001
68	07157500 Crooked Creek, KS	215	0,87	1,315	0,0001
69	07157950 Cimarron River Buffalo, OK	1.532	0,97	10,683	0,0003
70	07166500 Verdigris River Altoona, KS	49.920	0,98	194,205	0,0021
71	07167500 Otter Creek at Climax, KS	648	0,98	8,478	0,0004
72	07169500 Fall River at Fredonia, KS	10.891	0,97	74,078	0,0027
73	07169800 Elk River at Elk Falls, KS	3.077	0,97	21,490	0,0008
74	07170700 Big Hill Creek Cherryvale, KS	38	0,99	5,188	0,0008
75	07172000 Caney River Elgin, KS	10.807	0,98	38,632	0,0004
76	07174400 Caney River above Coon OK	62.887	0,99	245,289	0,0012
77	07179500 Neosho River at Council Grove, KS	771	0,96	9,859	0,0009
78	07180500 Cedar Creek Cedar Point, KS	520	0,96	3,750	0,0002
79	07183500 Neosho River Parsons, KS	2.010.213	0,98	615,951	0,0008
80	07184000 Lightning Creek McCune, Ks	2.575	0,98	38,038	0,0008
81	07186000 Spring River at Waco, MO	442.335	0,96	106,014	0,0002
82	07187000 Shoal Creek above Joplin, MO	5.911	0,99	21,174	0,0001
83	07188000 Spring River Quapaw, OK	36.638	0,97	32,239	0,0002

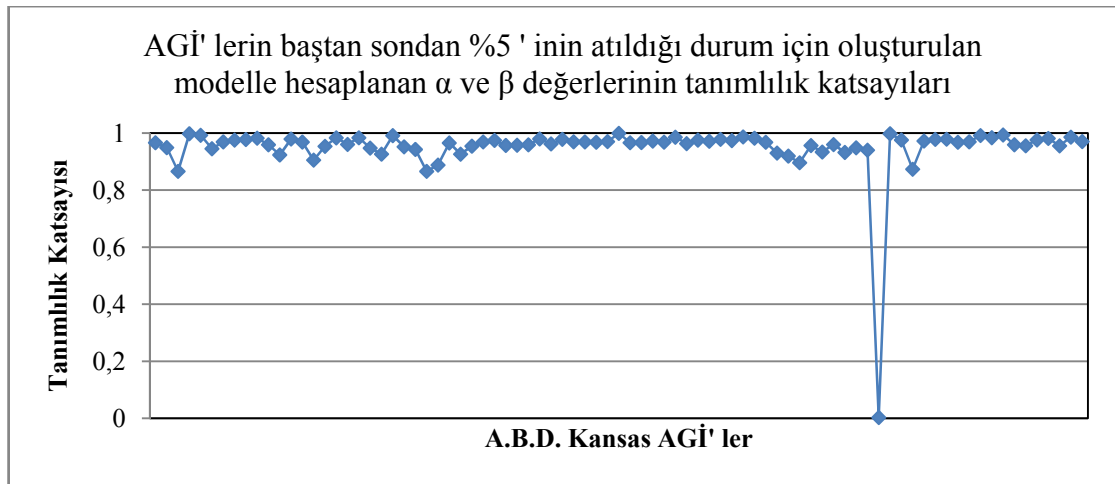
**Çizelge 5.3** A.B.D.' nin Kansas AGİ' lerinin tümünden elde edilen ASE' ler ile üstel bağıntı arasındaki ilişki tanımlılık katsayıları ile  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (1/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Yanılgıların Karelerinin Toplamı	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
1	06814000 Turkey Creek, KS	334	0,99	8,688	0,0003
2	06815000 Big Nemaha River, NE	17.709	0,98	38,728	0,0002
3	06836500 Drift Wood Creek, NE	1	0,92	0,307	0,0003
4	06844900 South Fork Sappa Crek KS	0	1,00	0,233	0,0009
5	06847900 Praire Dog above Keith Sebeli, KS	1	0,99	0,482	0,0003
6	06848500 Praire Dog Woodruff, KS	38	0,96	2,427	0,0006
7	06853800 White Rock Creek Burr, KS	7	0,99	1,578	0,0003
8	06854000 White Rock Creek at Lovewell, KS	12	0,98	3,864	0,0021
9	06860000 Smooky Hill River at Elkader, KS	4	1,00	2,502	0,0004
10	06861000 Smooky Hill Arnold, KS	3	0,99	1,241	0,0003
11	06863500 Big Creek Hays, KS	7	0,99	1,402	0,0002
12	06866500 Smooky Hill River Mentor, KS	1.053	0,95	17,619	0,0014
13	06866900 Saline River Wakeeney, KS	6	0,98	1,141	0,0005
14	06867000 Saline River Russell, KS	161	0,99	6,125	0,0002
15	06869500 Saline River at Tescott, KS	38.862	0,97	6,125	0,0002
16	06869700 Gypsum Creek Gypsum, KS	5	0,97	1,308	0,0006
17	06871000 North Fork Solomon River, KS	14	0,99	2,034	0,0003
18	06871500 Bow Creek Stockton, KS	3	0,99	0,612	0,0002
19	06873000 South Fork Solomon River KS	49	0,99	3,271	0,0002
20	06876700 Salt Creek Ada, KS	23	0,98	2,653	0,0004
21	06878000 Chapman Creek, KS	157	0,96	3,077	0,0002
22	06879650 Kings Creek, KS	0	1,00	0,328	0,0009
23	06882000 Big Blue River, NE	79.731	0,96	53,231	0,0002
24	06882510 Big Blue River at Marysville, KS	69.405	0,93	80,865	0,0007
25	06884000 Little Blue River Fairbury, NE	22.162	0,91	15,653	0,0001
26	0684025 Little Blue River at Hollenberg, KS	12.408	0,93	25,463	0,0003
27	06884200 Mill Creek at Washington, KS	295	0,98	7,370	0,0004
28	06884400 Little Blue River Barnes, KS	42.325	0,94	41,072	0,0002
29	06885500 Black Vermillion River, KS	625	0,98	9,830	0,0003
30	06888000 Vermillion Creek, KS	48	0,99	6,137	0,0005
31	06888500 Mill Creek Paxico	273	1,00	13,536	0,0003
32	06889200 Soldier Creek Delia, KS	163	0,99	6,044	0,0003
33	06889500 Soldier Creek Topeka, KS	524	0,99	10,002	0,0002
34	06890100 Delaware River Muscotah, KS	1.273	0,98	17,897	0,0005
35	06891500 Wakarusa River Lawrance, KS	256	1,00	16,933	0,0004
36	06892000 Stranger Creek, KS	1.837	0,99	19,487	0,0002
37	06893080 Blue River Stanley, KS	6	0,99	2,688	0,0007
38	06910800 Marias des Cygnes, KS	80	0,99	8,108	0,0006
39	06911000 Marias des Cygnes River, KS	165	0,99	13,985	0,0008
40	06911900 Dragoon Creek, KS	27	0,99	4,311	0,0004
41	06912500 Hundred and Ten Mile Creek, KS	83	1,00	12,537	0,0008
42	06913000 Marias des Cygnes River, KS	9	1,00	20,344	0,0012
43	06913500 Marias des Cygnes River, KS	5.184	0,99	50,705	0,0004
44	06915000 Big Bull Creek Hillsdale, KS	25	0,99	6,508	0,0008

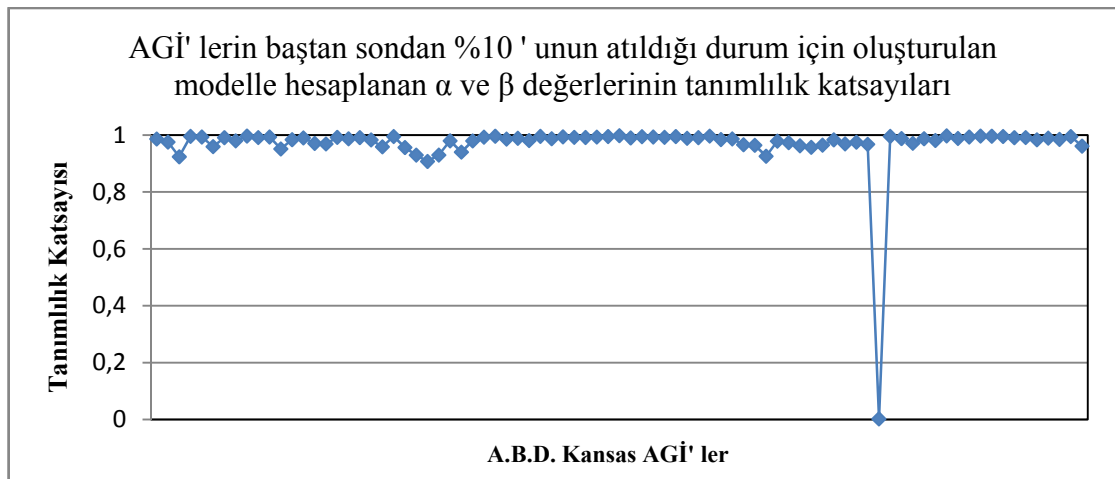
**Çizelge 5.3** A.B.D.' nin Kansas AGİ' lerinin tümünden elde edilen ASE' ler ile üstel bağıntı arasındaki ilişki tanımlılık katsayıları ile  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (2/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Yanılgıların Karelerinin Toplamı	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
45	06917000 Little Osage River at Fulton, KS	600	0,99	19,23314	0,000349
46	06917380 Marmaton River, KS	530	0,99	21,565	0,0006
47	07140850 Pawnee River Burdett, KS	0	0,99	0,861	0,0015
48	07141200 Pawnee River at Rozel, KS	28	0,99	3,154	0,0003
49	07141780 Walnut Creek at Nekoma, KS,	4	0,99	1,661	0,0006
50	07141900 Walnut Creek at Albert, KS	10	1,00	3,431	0,0005
51	07142300 Rattlesnake Creek, KS	17	0,98	1,472	0,0002
52	07142575 Rattlesnake Creek Zenith, KS	31	0,99	2,747	0,0003
53	07143300 Cow Creek Lyons, KS	438	0,97	6,910	0,0004
54	07143665 Little Arkansas River, KS	1.030	0,96	17,600	0,0009
55	07144200 Little Arkansas River, KS	12.051	0,93	16,984	0,0002
56	07144780 North Fork Ninnescah, KS	352	0,98	6,760	0,0002
57	07145200 South Fork Ninnescah River, KS	845	0,97	8,748	0,0001
58	07145500 Ninnescah River Peck, KS	6.993	0,96	26,672	0,0003
59	07145700 Slate Creek at Wellington, KS	65	0,96	2,728	0,0005
60	07147070 Whitewater River at Towanda, KS	804	0,96	8,374	0,0003
61	07147800 Walnut River at Windfield, KS	19.154	0,98	54,828	0,0003
62	07149000 Medicine Lodge River Kiowa, KS	1.240	0,97	8,370	0,0001
63	07151500 Chikaskia River Corbin, KS	2.026	0,98	14,464	0,0002
64	07152000 Chikaskia River, OK	16.978	0,97	31,178	0,0002
65	07154500 Cimarron River Kenton, OK	452.233	0,00	1,165	0,0001
66	07155590 Cimarron River Elkhart, KS	0	1,00	5,208	0,0045
67	07156900 Cimarron River Forgan, OK	18	0,99	2,404	0,0001
68	07157500 Crooked Creek, KS	16	0,97	0,959	0,0001
69	07157950 Cimarron River Buffalo, OK	378	0,99	8,993	0,0003
70	07166500 Verdigris River Altoona, KS	5.971	0,98	66,848	0,0011
71	07167500 Otter Creek at Climax, KS	26	1,00	5,935	0,0003
72	07169500 Fall River at Fredonia, KS	867	0,99	37,719	0,0017
73	07169800 Elk River at Elk Falls, KS	174	0,99	12,434	0,0005
74	07170700 Big Hill Creek Cherryvale, KS	4	1,00	3,421	0,0006
75	07172000 Caney River Elgin, KS	801	1,00	26,678	0,0003
76	07174400 Caney River above Coon OK	24.499	1,00	283,468	0,0014
77	07179500 Neosho River at Council Grove, KS	47	0,99	5,888	0,0006
78	07180500 Cedar Creek Cedar Point, KS	37	0,99	2,783	0,0002
79	07183500 Neosho River Parsons, KS	260.650	0,98	277,161	0,0004
80	07184000 Lightning Creek McCune, Ks	172	0,99	11,756	0,0004
81	07186000 Spring River at Waco, MO	44.278	0,98	67,153	0,0002
82	07187000 Shoal Creek above Joplin, MO	1.185	0,99	19,491	0,0001
83	07188000 Spring River Quapaw, OK	32.253	0,96	34,772	0,0002

Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3 göstermektedir ki, akım süre eğrisinin kenarları dikkate alınmadan yapılan modellemede elde edilen tanımlılık katsayıları giderek yükselmektedir. Bu da eğrinin uç değerleri çıkarıldıktan sonraki uygulamanın ilişkiyi güçlendiğini ifade etmektedir.



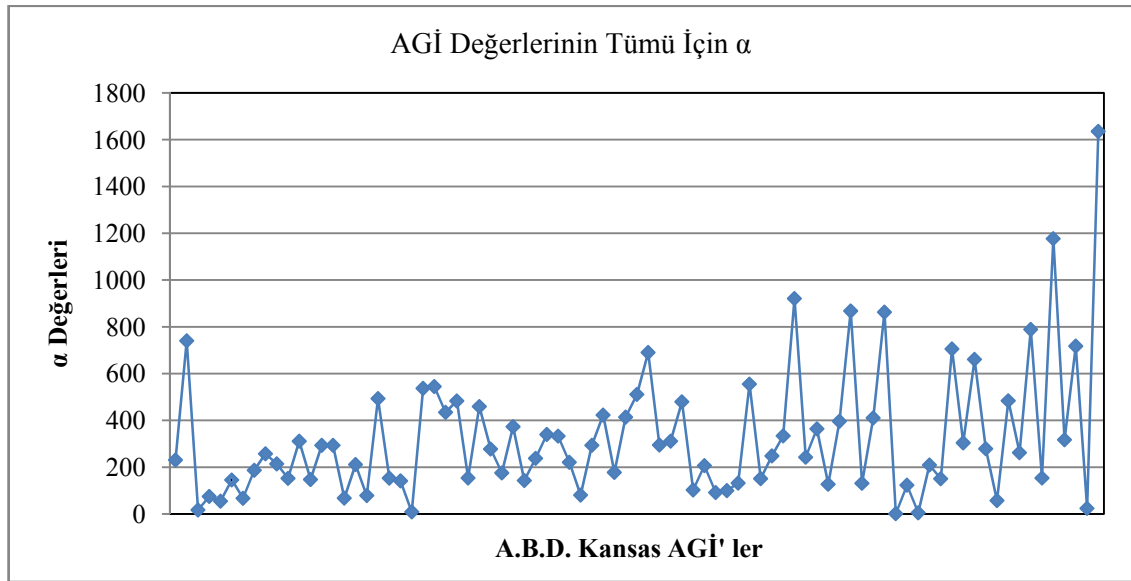
**Şekil 5.2** Akım Gözlem İstasyonlarının verilerinin eğrinin başından ve sonundan %5 atıldığı durumda oluşturulan modelle hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri için tanımlılık katsayılarının değişimi



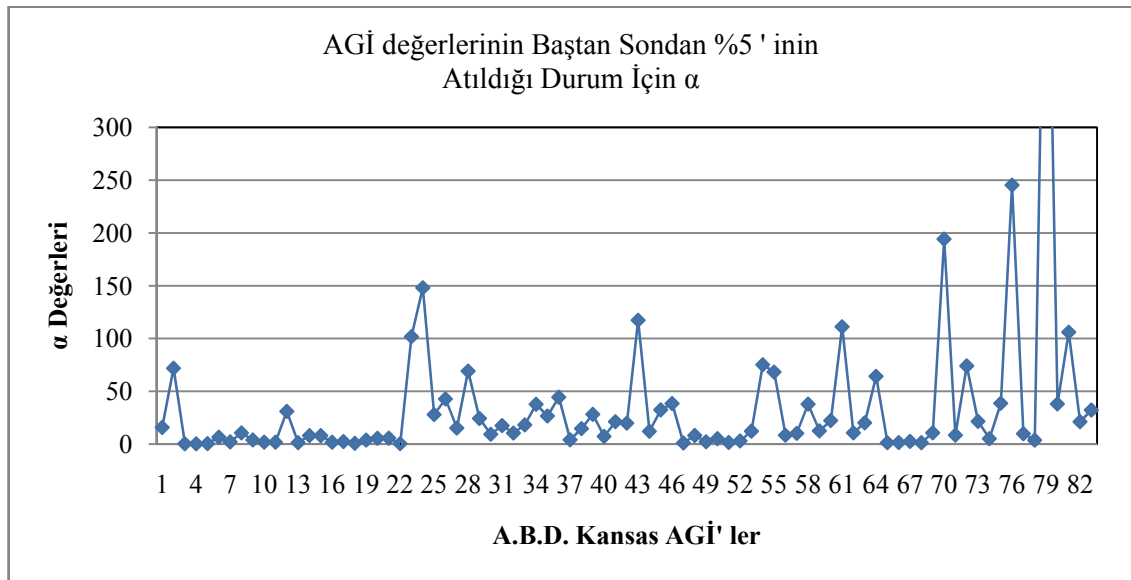
**Şekil 5.3** Akım Gözlem İstasyonlarının verilerinin eğrinin başından ve sonundan %10 atıldığı durumda oluşturulan modelle hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri için tanımlılık katsayılarının değişimi

Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3 göstermektedir ki, ASE' nin orta kısmının modellenmesi tümünün modellenmesine oranla daha yüksek tanımlılık katsayıları vermektedir. Özellikle eğrinin başından ve sonundan %10' unun atıldığı durum için yapılan modellemede tanımlılık katsayılarının 1' e yaklaşması neredeyse %100' e varan bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir.

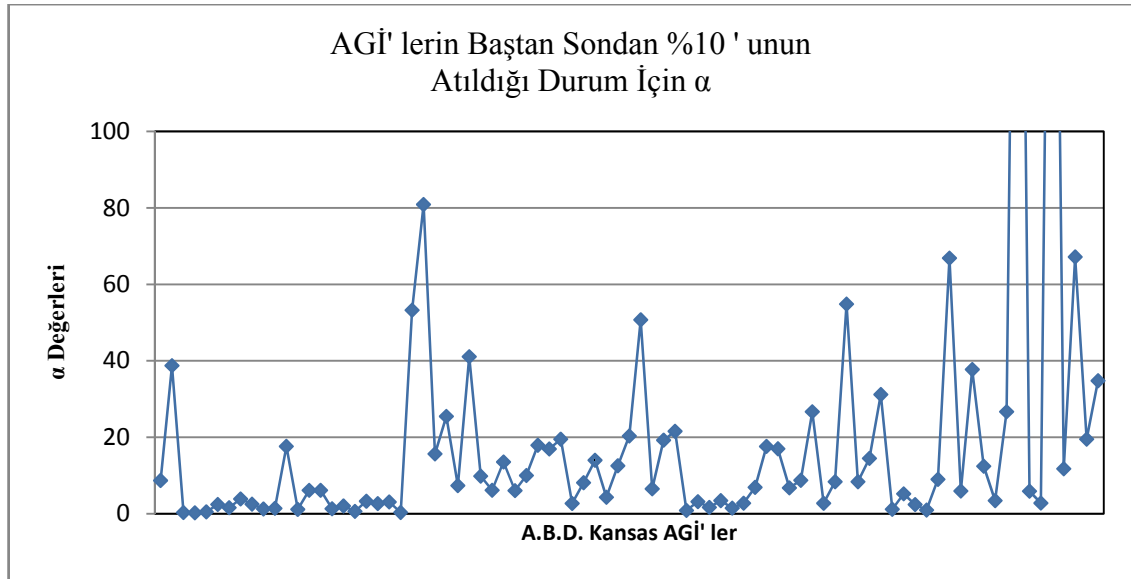
Model ile hesaplanan akım sürekliliğini ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerinin dağılımı aşağıdaki şekillerde sunulmuştur (Şekil 5.4 ila 5.9).



Şekil 5.4 Akım sürekliliğinin tümünün modellenmesi durumunda  $\alpha$  değerlerinin dağılımı

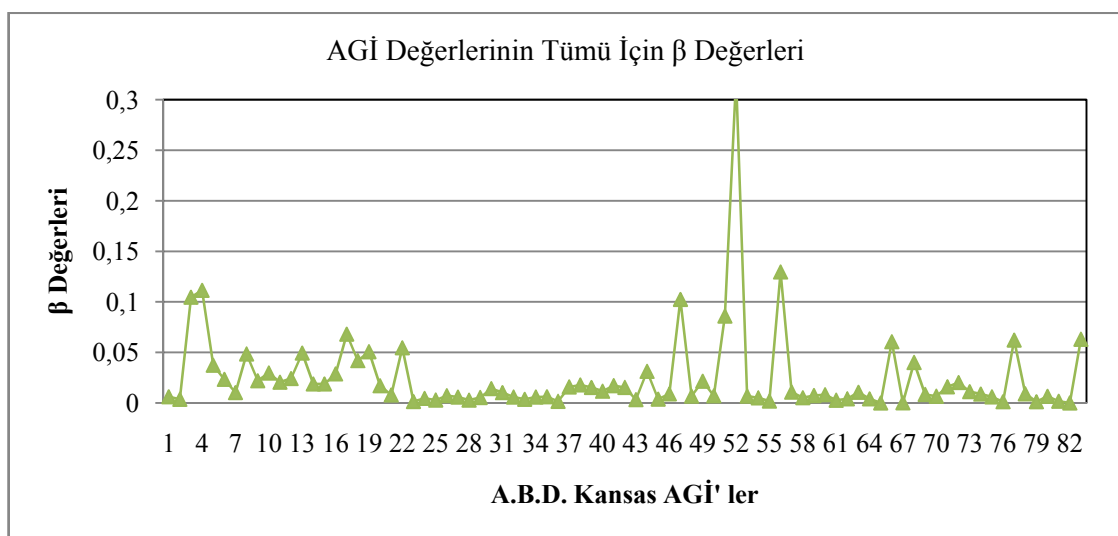


Şekil 5.5 Akım sürekliliğinin baştan ve sondan %5' inin atılması ile modellenmesi durumunda  $\alpha$  değerlerinin dağılımı

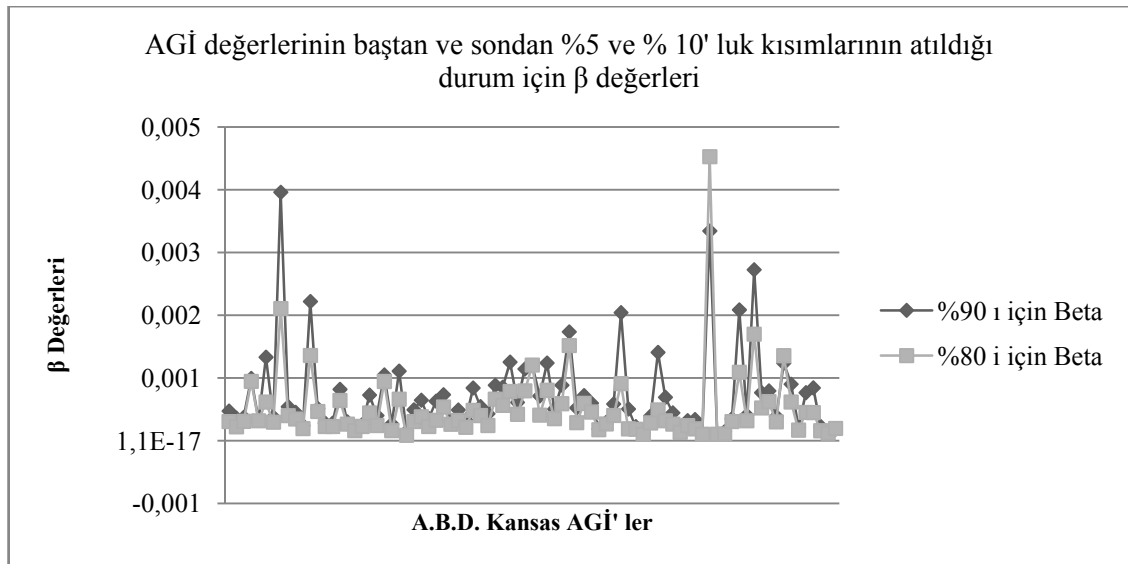


**Şekil 5.6** Akım sürekliliğinin baştan sondan % 10' unun atılması ile modellenmesi durumunda  $\alpha$  değerlerinin dağılımı

Şekil 5.4 ila 5.6' dan da anlaşılacağı üzere, ASE' nin tümünün modellenmesi durumunda  $\alpha$  değerleri 0-1200, baştan sondan % 5 atarak modellenmesi durumunda 0-300, baştan sondan % 10 atarak modellenmesi durumunda 0-100 aralığında değişmektedir. Bu durum tanımlılık katsayısı ile ilişkilendirilir ise, ilişkinin güçlenmesi ile alfa değerlerinin ters orantılı olduğu, yani güçlü ilişki durumunda değerlerin küçüldüğü saptanmaktadır. Buna karşılık  $\beta$  değerlerinin değişimi işe aşağıdaki şekillerde sunulmuştur (Şekil 5.7 ve 5.8)



**Şekil 5.7** Akım sürekliliğinin tümünün modellenmesi durumunda  $\beta$  değerlerinin dağılımı



**Şekil 5.8** Akım süre eğrisinin baştan ve sondan % 5 ve % 10' luk kısımlarının atılarak modellenmesi durumunda  $\beta$  değerlerinin dağılımı

$\beta$  değerlerinde de tıpkı  $\alpha$  değerleri gibi ilişkinin güçlenmesi ile değerlerin kendisi arasında ters orantı olduğu Şekil 8.8 ve 8.9' dan anlaşılmaktadır. ASE' nin tümünün modellenmesinde elde edilen  $\beta$  değerleri 0 – 0,3 arasında salınırken, eğrinin baştan ve sondan %5' lik kısmının atıldığı durum için bu değerler 0 – 0.004, eğrinin baştan ve sondan %10' luk kısmının atıldığı durum için 0- 0.002 arasında değişmektedir.

### 5.2.2. Modellenen ASE' nin Parametrelerinin Havzaya İlişkin Başka Parametrelerle İlişkilerinin Araştırılması

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere bu doktora tezinin amacı ASE' lerin model teknikleri ile belirlenmesidir. ASE' lerin modellenmesi ancak eğriyi ifade eden üstel bağıntının, havzanın akış dışındaki diğer parametreleri ile ifade edilebilmesi ile olanaklı olacaktır. A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' ndeki AGİ' ler için ASE' lerin modellenmesi, Bölüm 5.2.1. de belirtildiği üzere gerçekleşmiştir. Bu kısımda ise modelleme sonucu elde edilen  $\alpha$  ve  $\beta$  lar ile bölgenin bilinen diğer parametreleri arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Bu parametreler, akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış yüksekliği, havza eğimi ve ortalama permeabilite katsayılarıdır. Adı geçen 83 AGİ için havza parametreleri aşağıdaki çizelgelerde sunulmaktadır.

**Çizelge 5.4** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti AGİ'lerinin havza parametreleri (1/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort. Yağış Yüksekliği (cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/h)	Havza Ortalama Eğimi
1	06814000 Turkey Creek, KS	715	82	1,19	3,10
2	06815000 Big Nemaha River, NE	3468	83	1,30	2,80
3	06836500 Drift Wood Creek, NE	935	53	3,30	2,90
4	06844900 South Fork Crek KS	1067	49	3,30	1,40
5	06847900 Praire Dog, KS	1528	52	3,45	1,70
6	06848500 Praire Dog Wood, KS	2608	55	3,48	2,10
7	06853800 White Rock Creek, KS	588	67	3,30	2,50
8	06854000 White Rock Creek, KS	917	69	3,33	2,60
9	06860000 Smooky Hill River, KS	9207	45	3,89	1,30
10	06861000 Smooky Hill Arnold, KS	13520	47	3,86	1,40
11	06863500 Big Creek Hays, KS	1538	55	3,00	1,40
12	06866500 Smooky Hill River, KS	21647	53	3,68	1,60
13	06866900 Saline River Waken, KS	1803	52	3,48	1,50
14	06867000 Saline River Russell, KS	3890	55	3,53	2,20
15	06869500 Saline River Tescott, KS	7304	60	3,33	2,50
16	06869700 Gypsum Creek , KS	311	78	2,24	2,90
17	06871000 North Fork River, KS	2199	54	3,40	2,50
18	06871500 Bow Creek Stock, KS	883	55	3,68	1,80
19	06873000 South Fork River, KS	2694	53	3,71	2,10
20	06876700 Salt Creek Ada, KS	995	69	2,82	2,60
21	06878000 Chapman Creek, KS	777	78	2,59	2,20
22	06879650 Kings Creek, KS	11	84	1,16	5,90
23	06882000 Big Blue River, NE	11518	72	2,08	1,30
24	06882510 Big Blue River, KS	12372	73	2,05	1,40
25	06884000 Little Blue River, NE	6087	69	3,63	1,40
26	06884025 Little Blue River, KS	7128	70	3,48	1,60
27	06884200 Mill Creek, KS	891	78	2,31	2,40
28	06884400 Little Blue River, KS	8609	72	3,25	1,70
29	06885500 Black Vermil River, KS	1062	85	0,91	2,40
30	06888000 Vermillion Creek, KS	629	89	1,08	3,40
31	06888500 Mill Creek Paxico	818	88	1,28	4,20
32	06889200 Soldier Creek Delia, KS	407	91	1,21	3,20
33	06889500 Soldier Creek Tope, KS	751	91	1,41	3,30
34	06890100 Delaware River Mu, KS	1116	91	1,01	3,10
35	06891500 Wakarusa River, KS	1101	93	1,57	2,60
36	06892000 Stranger Creek, KS	1052	96	1,28	3,20
37	06893080 Blue River Stanley, KS	119	100	1,55	2,10
38	06910800 Marias des Cygnes, KS	458	91	1,01	2,20
39	06911000 Marias des Cy River, KS	909	93	1,07	2,20
40	06911900 Dragoon Creek, KS	295	92	1,13	2,70
41	06912500 Hundred Creek, KS	834	92	1,18	2,30
42	06913000 Marias des River, KS	2694	93	1,21	2,20
43	06913500 Marias des River, KS	3238	93	1,32	2,20
44	06915000 Big Bull Creek, KS	381	100	1,68	2,10
45	06917000 Little Osage River, KS	764	103	1,85	2,00
46	06917380 Marmaton River, KS	756	105	2,11	1,90
47	07140850 Pawnee River Burdet, KS	3243	52	2,82	1,10



**Çizelge 5.4** A.B.D.' nin Kansas Eyaleti AGİ' lerinin havza parametreleri (2/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ort, Yağış Yüksekliği (cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/h)	Havza Ortalama Eğimi
48	07141200 Pawnee River, KS	5563	53	2,84	1,10
49	07141780 Walnut Creek, KS,	3087	53	2,97	1,10
50	07141900 Walnut Creek, KS	3652	54	3,00	1,20
51	07142300 Rattlesnake Creek, KS	2031	61	14,15	0,82
52	07142575 Rattles. Creek Zenith, KS	2712	62	14,99	0,68
53	07143300 Cow Creek Lyons, KS	1886	66	3,30	0,87
54	07143665 Little Arkansas River, KS	1906	75	5,26	0,76
55	07144200 Little Arkansas River, KS	3437	77	5,13	0,75
56	07144780 North Fork Ninnes, KS	2038	68	13,92	0,69
57	07145200 South Fork Ninn. River, KS	1684	69	7,82	1,30
58	07145500 Ninnescah River, KS	5514	71	9,60	1,10
59	07145700 Slate Creek, KS	399	78	2,23	0,81
60	07147070 Whitewater River, KS	1103	84	1,19	1,20
61	07147800 Walnut River, KS	4869	87	1,24	1,40
62	07149000 Medicine Lodge River, KS	2339	65	6,50	2,70
63	07151500 Chikaskia River, KS	2056	73	6,73	1,10
64	07152000 Chikaskia River, OK	4815	84	2,03	0,95
65	07154500 Cimarron River, OK	2865	41	5,26	1,00
66	07155590 Cimarron River, KS	8832	41	7,72	1,80
67	07156900 Cimarron River, OK	22108	43	8,03	1,10
68	07157500 Crooked Creek, KS	2997	52	4,24	0,72
69	07157950 Cimarron River, OK	31090	50	8,10	1,30
70	07166500 Verdigris River, KS	2947	95	1,70	2,40
71	07167500 Otter Creek at Climax, KS	334	92	1,17	2,80
72	07169500 Fall River at Fredonia, KS	2142	92	1,56	2,70
73	07169800 Elk River at Elk Falls, KS	570	93	1,14	0,50
74	07170700 Big Hill Creek, KS	96	105	2,12	2,30
75	07172000 Caney River Elgin, KS	1153	90	1,41	3,20
76	07174400 Caney River, OK	3605	93	2,46	3,10
77	07179500 Neosho River, KS	648	86	1,10	1,80
78	07180500 Cedar Creek Point, KS	285	85	1,32	1,60
79	07183500 Neosho River Parsons, KS	12704	92	1,47	1,70
80	07184000 Lightning Creek Mcune, Ks	510	107	2,59	1,20
81	07186000 Spring River at Waco, MO	3015	110	3,58	1,20
82	07187000 Shoal Creek, MO	1106	110	3,76	2,70
83	07188000 Spring River Quapaw, OK	6501	110	3,63	1,40

ASE' lerin modellenmesi ile elde edilen  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri ile havza özellikleri arasında ilişki bulma çalışmaları verilerin tümünün aynı kümede olması durumu için yapılan çalışmalarla başlamıştır. İlişki arama çalışmalarında Excel programı içinde bulunan Solver eklentisi kullanılmıştır. Solver programının en küçüklemeye çalıştığı ise, gözlem  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri ile model ile hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerinin aralarındaki

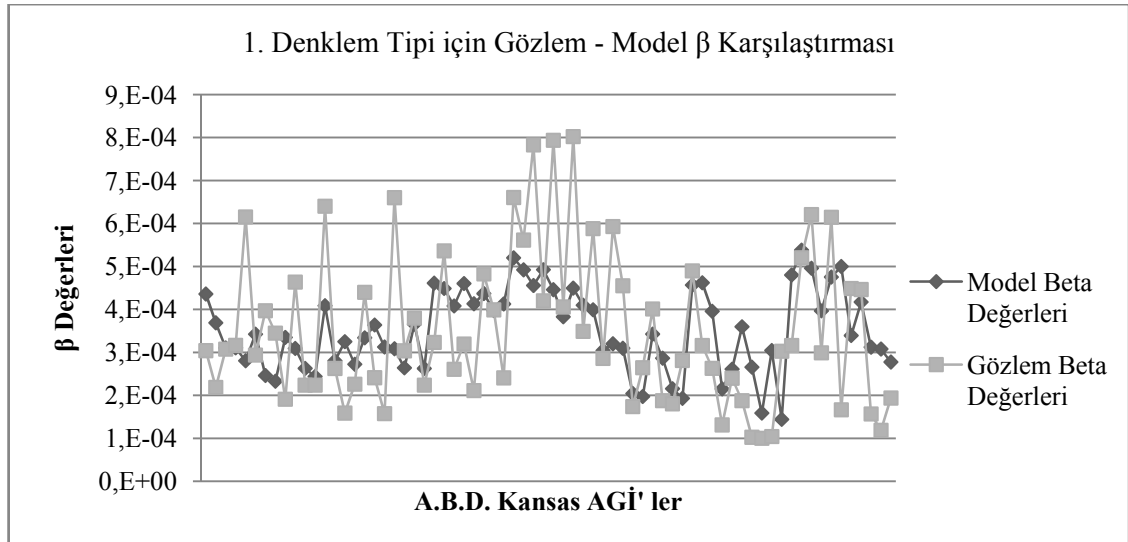
farkın karelerinin toplamıdır. Aynı anda gözlem ve model değerleri arasındaki tanımlılık katsayıları da kontrol edilmiş ve ilişkinin mertebesi saptanmaya çalışılmıştır.

Modelleme çalışmalarına en yüksek ilişkiye sahip olması nedeniyle ASE' nin baştan sondan % 10' unun atıldığı durum için hesaplanan  $\beta$  değerlerinden başlanmıştır ve aşağıda verilen bağıntı tipleri için sonuçlar Çizelge 5.5.' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.5.** ASE' lerinin baştan sondan %10' unun atıldığı durum için hesaplanan  $\beta$  değerleri ile model ile hesaplanan  $\beta$  değerlerinin arasındaki mutlak yanılgıların karelerinin toplamı ve tanımlılık katsayıları

No	Bağıntı Tipi	Yanılgıların Karelerinin Toplamı	R <sup>2</sup>
1	$y = a_0x_1^{a1} + a_2x_2^{a3} + a_4x_3^{a5} + a_6x_4^{a7}$	1.58E-06	0.28
2	$y = a_0x_1^{a1} + a_2x_2^{a3} + a_4x_3^{a5}$	1.73E-06	0.21
3	$y = a_0\ln x_1 + a_1\ln x_2 + a_2\ln x_3 + a_3\ln x_4$	3.88E-06	0.01
4	$y = a_0x_1 + a_1x_2 + a_2x_3 + a_3x_4 + a_4x_1x_2 + a_5x_1x_3 + a_6x_1x_4 + a_7x_2x_3 + a_8x_2x_4 + a_9x_3x_4 + a_{10}$	3.00E-1	0.02
5	$y = a_0\sin x_1 + a_1\sin x_2 + a_2\sin x_3 + a_3\sin x_4$	2.59E-06	0.12

Çizelge 5.5.' den de anlaşılacağı üzere, değerlerin tümünün aynı kümede olması durumunda model ve gözlem değerleri arasında iyi bir ilişki bulunamamıştır. En yüksek ilişkinin tanımlılık katsayısı 0,28, dolayısı ile korelasyon katsayısı 0,53 dür. Bu umulan değer çok altındadır. Bilindiği üzere 0,60' lık bir korelasyon hidrolojide kabul edilebilir bir değerdir. En yüksek ilişkiye sahip bağıntı ile elde edilen değerlerin gözlem  $\beta$ ' ları ile karşılıklı çizilmesi ile elde edilen Şekil 5.9' da bu durum açıkça görülmektedir.



**Şekil 5.9** ASE'lerin baştan sondan %10'unun atıldığı durum için gözlem-model  $\beta$  değerleri

Yukarıda saptanan sonuçlar ışığında ASE'lerin tümünün aynı kümede olması durumunda en yüksek tanımlılık katsayısı ile ilişkisi en güçlü olan; zamanın %80 i için bile istenen sonuçlara ulaşamadığı anlaşılmıştır. Dolayısı ile yapılması gereken şeyin kümeleme olduğu düşünülmüştür. Bu düşünce ışığında öncelikli olarak basit bir kümeleme tekniği olan k ortalamalar (k-means) ile kümeleme denenmiştir. Kullanılan program olan SPSS' e kümelemeye esas olarak havzanın yukarıda adı geçen 4 farklı parametresi (DA, YOY, HOP, HOE) verilmiş ve aşağıdaki sonuçlar alınmıştır (Çizelge 5.6 ila 5.9).

**Çizelge 5.6** Başlangıç kümeleme merkezi

Havza Parametreleri	Kümeler	
	1	2
Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	10,590	31090,36
Yıllık Ortalama Yağış(cm)	83,820	49,606
Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/sa)	1,163	8,102
Havza Ortalama Eğimi	5,900	1,300

**Çizelge 5.7** Final kümeleme merkezi

Havza Parametreleri	Kümeler	
	1	2
Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	2794,84	24948,61
Yıllık Ortalama Yağış(cm)	76,802	48,446
Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/sa)	3,199	6,604
Havza Ortalama Eğimi	2,000	1,300

**Çizelge 5.8** Kümeler için ANOVA sınaması sonuçları

ANOVA						
	Kümeler		Yanılğı		F	Sig.
	Ortalamanın Karesi	df	Ortalamanın Karesi	df		
Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	1,419E9	1	1,008E7	81	140,720	0,000
Yıllık Ortalama Yağış(cm)	2324,954	1	335,230	81	6,935	0,010
Havza Ortalama Permeabilitesi(cm/sa)	33,512	1	7,782	81	4,306	0,041
Havza Ortalama Eğimi	1,202	1	0,834	81	1,441	0,233

**Çizelge 5.9** Her bir kümedeki öge sayıları

Küme	1	80,000
	2	3,000
	Toplam	83,000
	Kayıp	0,000

Havza parametrelerine göre kümeleme yukarıdaki Çizelgelerden de anlaşılacağı üzere, 80 adet AGİ' yi bir kümeye kalan, 3 AGİ' yi ise bir diğer kümeye yollamak üzere 2 kümede toplamıştır. Bu sonuçlar ışığında yapılan modellemede tümünün aynı kümede olmasından farklı bir sonuç vermemiştir.

Sonraki çalışma ise; aralarındaki matematiksel ilişki enbüyük olanların fiziksel özelliklerine bakılmaksızın bir kümede toplanması olarak gerçekleştirilmiştir. Bu durumda 83 adet istasyon toplam 3 kümeye bölünmüştür. Bu çalışmanın amacı aralarında güçlü matematiksel ilişki bulunan istasyonların saptanıp daha sonra bu istasyonlar arasında fiziksel yada coğrafi bir ilişkinin bulunup bulunmadığının saptanmasıdır.

Çizelge 5.10, 5.11 ve 5.12’ de verilen kümeleme ile elde edilen tanımlılık katsayıları sırası ile 0,9; 0,7 ve 0,5 dir. Dolayısıyla korelasyon katsayıları yine sırası ile 0,95; 0,83; 0,70 mertebesinde dir. Yani istenilen oranda ( $\geq 0,60$ ) bir ilişki kurulmuştur. Model ile gözlem değerlerinin karşılıklı çizimleri Şekil 5.10 ila 5.15’ de sunulmuştur.

**Çizelge 5.10** 1 no lu küme gözlem – model  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (1/2)

No	İstasyon Numarası ve Adı	Beta	Alfa	Model Beta	Model Alfa
1	0681400 Turkey Creek Seneca, KS	0,00030	8,70	0,00030	7,60
3	06836500 Drift Wood Creek Mcook, NE	0,00031	0,31	0,00025	-0,16
4	06847900 Praire Dog, KS	0,00032	0,48	0,00026	2,10
5	06853800 White Rock Creek Oak, KS	0,00029	1,60	0,00030	2,90
6	06867000 Saline River Russell, KS	0,00022	6,10	0,00018	10,00
8	06871000 North Fork Solomon River, KS	0,00026	2,00	0,00020	3,60
9	06873000 South Fork Solomon River, KS	0,00023	3,30	0,00020	5,10
10	06878000 Chapman Creek Chapman, KS	0,00024	3,10	0,00029	6,10
11	06879650 Kings Creek Manhattan, KS	0,00094	0,33	0,00094	5,70
12	06882000 Big Blue River Barnestown, NE	0,00016	53,00	0,00019	58,00
13	06884400 Little Blue River Barnes, KS	0,00022	41,00	0,00016	38,00
14	06885500 Black Vermillion River, KS	0,00032	9,80	0,00031	9,80
15	06889200 Soldier Creek Delia, KS	0,00032	6,00	0,00035	8,30
16	06889500 Soldier Creek Topeka, KS	0,00021	10,00	0,00028	8,50
17	06892000 Stranger Creek Tonganoxie, KS	0,00024	19,00	0,00026	10,00
18	06911900 Dragoon Creek Burlingame, KS	0,00042	4,30	0,00040	8,90
19	06917000 Little Osage River at Fulton, KS	0,00035	19,00	0,00031	11,00
21	07142300 Rattlesnake Creek, KS	0,00017	1,50	0,00024	4,50
22	07142575 Rattlesnake Creek Zenith, KS	0,00026	2,70	0,00024	7,20
23	07144200 Little Arkansas River, KS	0,00019	17,00	0,00025	15,00
24	07144780 North Fork Ninnescah River, KS	0,00018	6,80	0,00025	6,50
25	07145700 Slate Creek at Wellington, KS	0,00049	2,70	0,00045	8,20
26	07147070 Whitewater River, KS	0,00032	8,40	0,00035	11,00

**Çizelge 5.10** 1 no lu küme gözlem – model  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (2/2)

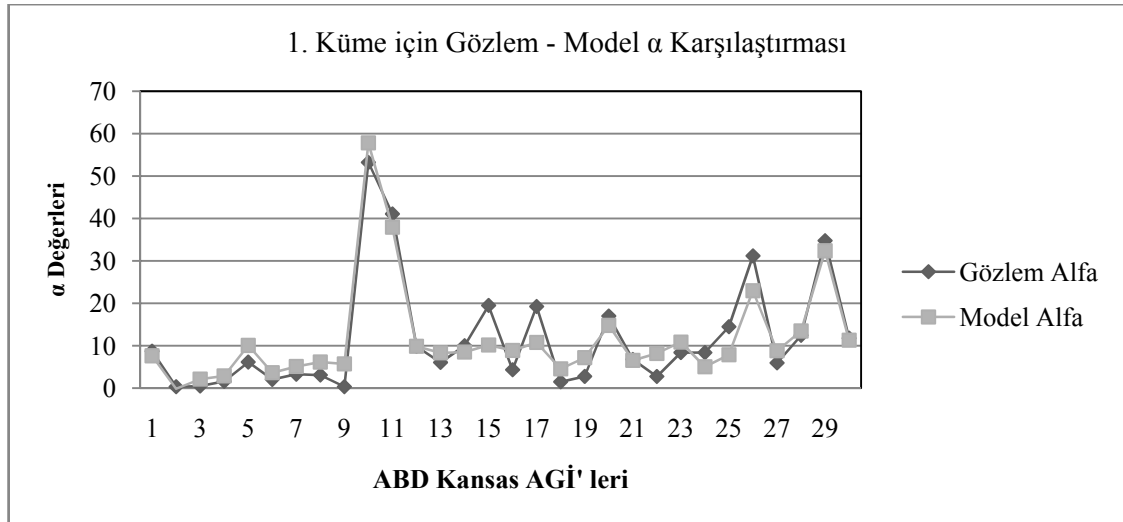
No	İstasyon Numarası ve Adı	Beta	Alfa	Model Beta	Model Alfa
28	07149000 Medicine Lodge River, KS	0,00013	8,40	0,00016	5,00
29	07151500 Chikaskia River Corbin, KS	0,00024	14,00	0,00024	7,80
30	07152000 Chikaskia River Blackwell, OK	0,00019	31,00	0,00025	23,00
31	07167500 Otter Creek at Climax, KS	0,00032	5,90	0,00038	8,80
32	07169800 Elk River at Elk Falls, KS	0,00052	12,00	0,00048	13,00
35	07188000 Spring River Quapaw, OK	0,00019	35,00	0,00017	32,00
36	07184000 Lightning Creek McCune, Ks	0,00045	12,00	0,00037	11,00

**Çizelge 5.11** 2 no. lu küme gözlem – model  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri

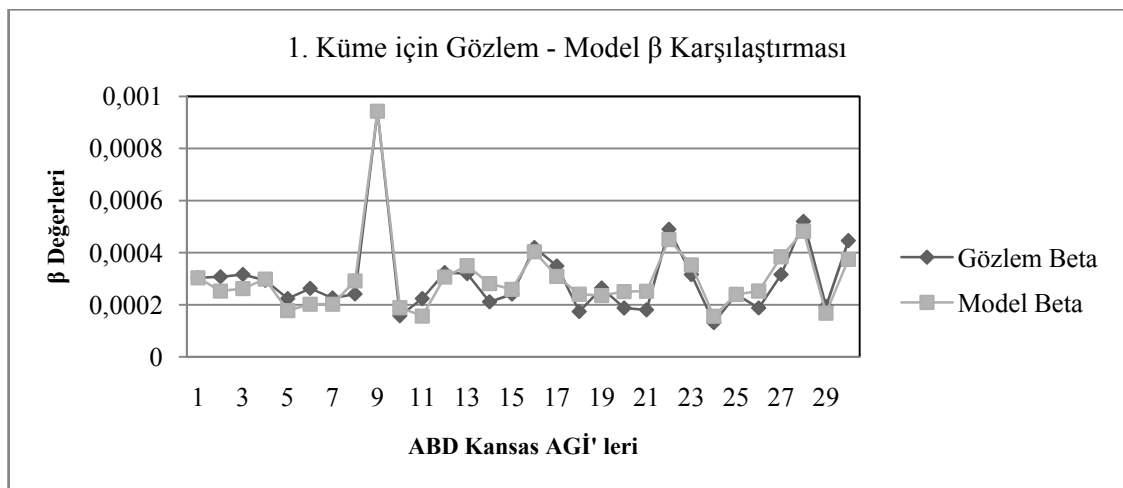
N0	İstasyon No ve Adı	Beta	Alfa	Model Beta	Model Alfa
1	06860000 Smooky Hill River at Elkader, KS	0,00040	2,50	0,00030	6,10
2	06917380 Marmaton River Marmaton, KS	0,00059	22,00	0,00039	33,00
3	07179500 Neosho River at Council Grove, KS	0,00061	5,90	0,00057	8,30
4	07141900 Walnut Creek at Albert, KS	0,00046	3,40	0,00036	2,90
5	06861000 Smooky Hill Arnold, KS	0,00034	1,20	0,00028	9,30
6	06890100 Delaware River Muscotah, KS	0,00048	18,00	0,00047	20,00
7	06910800 Marias des River Reading, KS	0,00056	8,10	0,00058	9,50
8	06893080 Blue River Stanley, KS	0,00066	2,70	0,00068	0,89
9	06913500 Marias des Cygnes River Ottawa, KS	0,00041	51,00	0,00044	32,00
10	07145500 Ninnescah River Peck, KS	0,00028	27,00	0,00020	22,00
11	0684025 Little Blue River at Hollenberg, KS	0,00030	25,00	0,00028	17,00
12	06891500 Wakarusa River Lawrance, KS	0,00040	17,00	0,00038	22,00
13	07145200 South Fork River Murdock, KS	0,00010	8,70	0,00021	6,90
14	07187000 Shoal Creek above Joplin, MO	0,00012	19,00	0,00019	43,00
15	07156900 Cimarron River Forgan, OK	0,00010	2,40	0,00022	13,00
16	06876700 Salt Creek Ada, KS	0,00044	2,70	0,00026	-1,20
17	06888000 Vermillion Creek Wamego, KS	0,00054	6,10	0,00045	11,00
18	06888500 Mill Creek Paxico	0,00026	14,00	0,00034	13,00
19	07170700 Big Hill Creek Cherryvale, KS	0,00062	3,40	0,00066	3,80
20	06884200 Mill Creek at Washington, KS	0,00038	7,40	0,00032	4,60
21	07186000 Spring River at Waco, MO	0,00016	67,00	0,00033	54,00
22	06815000 Big Nemaha River at falls City, NE	0,00022	39,00	0,00039	22,00
23	07172000 Caney River Elgin, KS	0,00030	27,00	0,00036	19,00
24	06869500 Saline River at Tescott, KS	0,00022	6,10	0,00020	11,00
25	07141200 Pawnee River at Rozel, KS	0,00029	3,20	0,00038	5,70

**Çizelge 5.12** 3 no. lu küme gözlem – model  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri

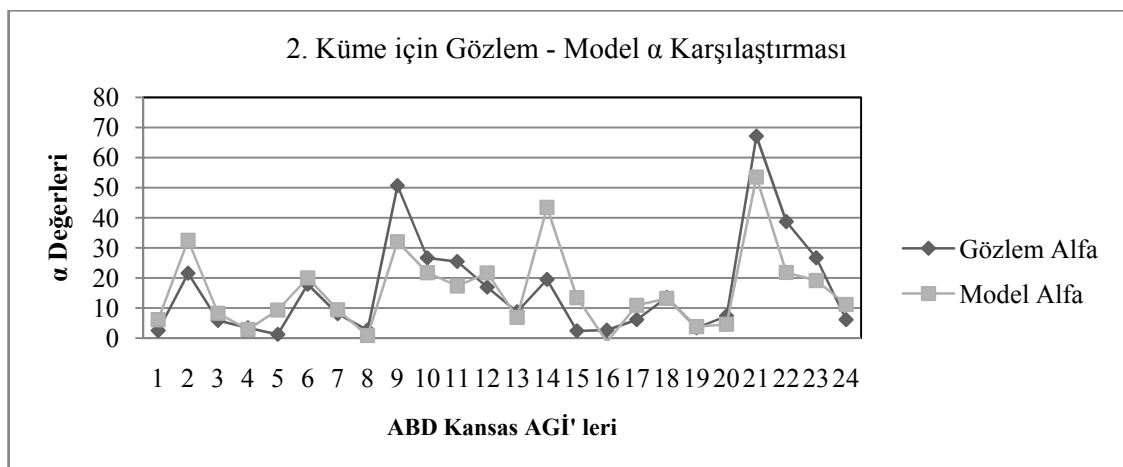
N0	İstasyon No ve Adı	Beta	Alfa	Model Beta	Model Alfa
1	06854000 White Rock Creek at Lovewell, KS	0,00210	3,90	0,00110	32,00
2	07169500 Fall River at Fredonia, KS	0,00170	38,00	0,00130	65,00
3	06866500 Smooky Hill River Mentor, KS	0,00140	18,00	0,00074	-7,30
4	07143665 Little Arkansas River, KS	0,00091	18,00	0,00041	50,00
5	07174400 Caney River, OK	0,00140	280,00	0,00170	250,00
6	06844900 South Fork Sappa Creek, KS	0,00094	0,23	0,00035	-19,00
7	06913000 Marias des Cygnes River, KS	0,00120	20,00	0,00091	39,00
8	07166500 Verdigris River Altoona, KS	0,00110	67,00	0,00120	61,00
9	06915000 Big Bull Creek Hillsdale, KS	0,00080	6,50	0,00081	68,00
10	07180500 Cedar Creek Cedar Point, KS	0,00017	2,80	0,00034	23,00
11	06848500 Praire Dog Woodruff, KS	0,00062	2,40	0,00085	-5,00
12	06884000 Little Blue River Fairbury, NE	0,00009	16,00	0,00069	27,00
13	07157500 Crooked Creek Englewood, KS	0,00010	0,96	0,00023	-4,70
14	07158300 Gypsum Creek Gypsum, KS	0,00064	1,30	0,00120	90,00
15	07154500 Cimarron River Kenton, OK	0,00010	1,20	0,00027	-20,00
16	06912500 Hundred Creek Quenemo, KS	0,00079	13,00	0,00083	36,00
17	07157950 Cimarron River Buffalo, OK	0,00030	9,00	0,00068	7,80
18	06863500 Big Creek Hays, KS	0,00019	1,40	0,00043	-8,90
19	07143300 Cow Creek Lyons, KS	0,00040	6,90	0,00032	18,00
20	06871500 Bow Creek Stockton, KS	0,00016	0,61	0,00060	-3,40
21	06882510 Big Blue River at Marysville, KS	0,00066	81,00	0,00064	15,00
22	06911000 Marias des Cygnes River, KS	0,00078	14,00	0,00075	33,00
23	07183500 Neosho River Parsons, KS	0,00045	280,00	0,00083	46,00
24	07141780 Walnut Creek at Nekoma, KS,	0,00059	1,70	0,00034	-13,00
25	06866900 Saline River Wakeeney, KS	0,00046	1,10	0,00049	-10,00
26	07147800 Walnut River at Windfield, KS	0,00026	55,00	0,00053	29,00



**Şekil 5.10** 1. Küme için gözlem – model  $\alpha$  değerlerinin karşılaştırılması

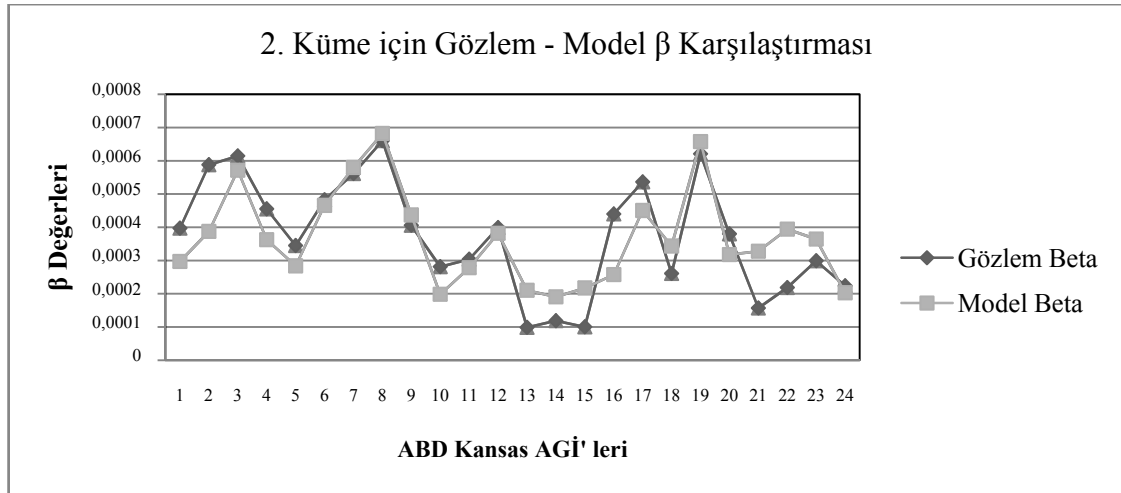


**Şekil 5.11** 1. Küme için gözlem – model  $\beta$  değerlerinin karşılaştırılması

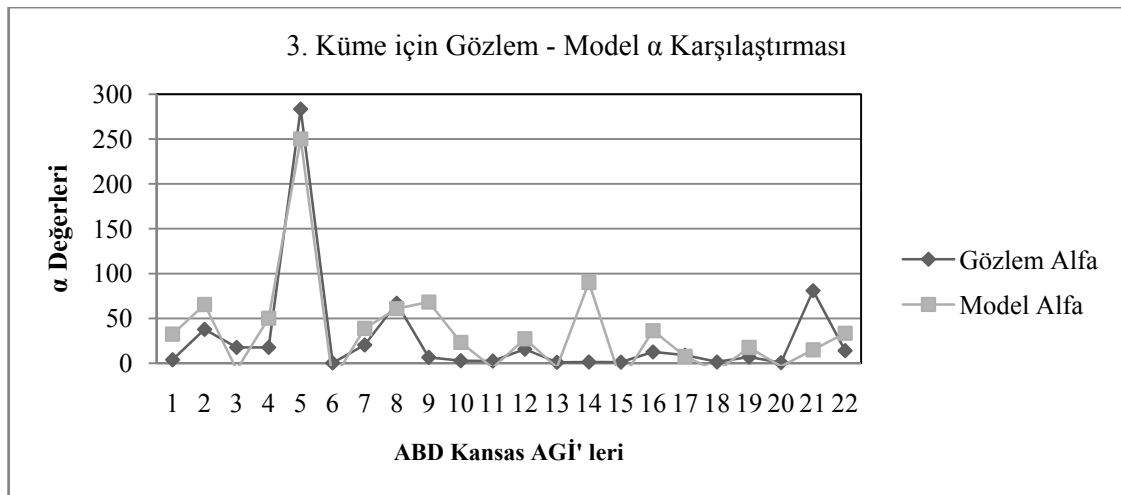


**Şekil 5.12** 2. Küme için gözlem – model  $\alpha$  değerlerinin karşılaştırılması

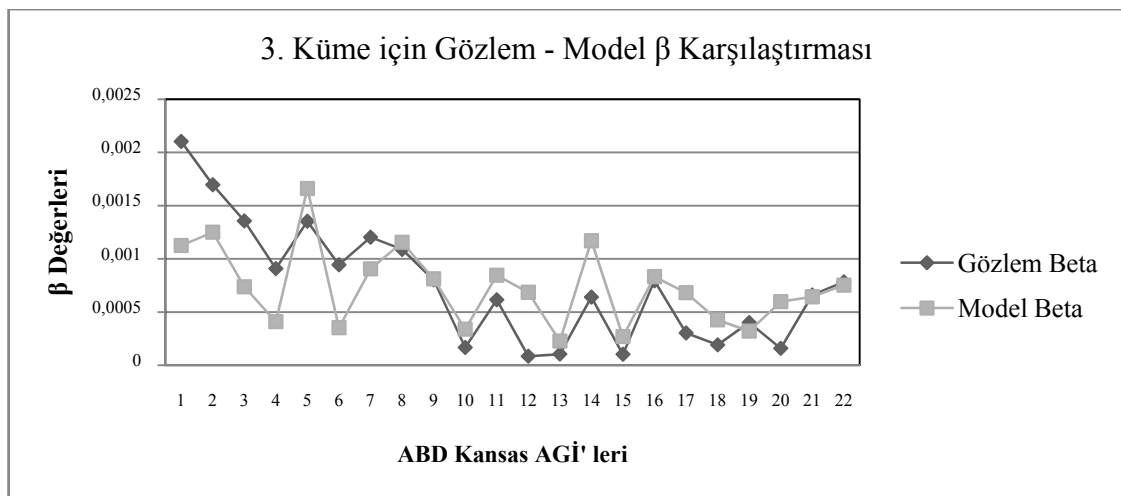




**Şekil 5.13** 2. Küme için gözlem – model  $\beta$  değerlerinin karşılaştırılması



**Şekil 5.14** 3. Küme için gözlem – model  $\alpha$  değerlerinin karşılaştırılması



**Şekil 5.15** 3. Küme için gözlem – model  $\beta$  değerlerinin karşılaştırılması

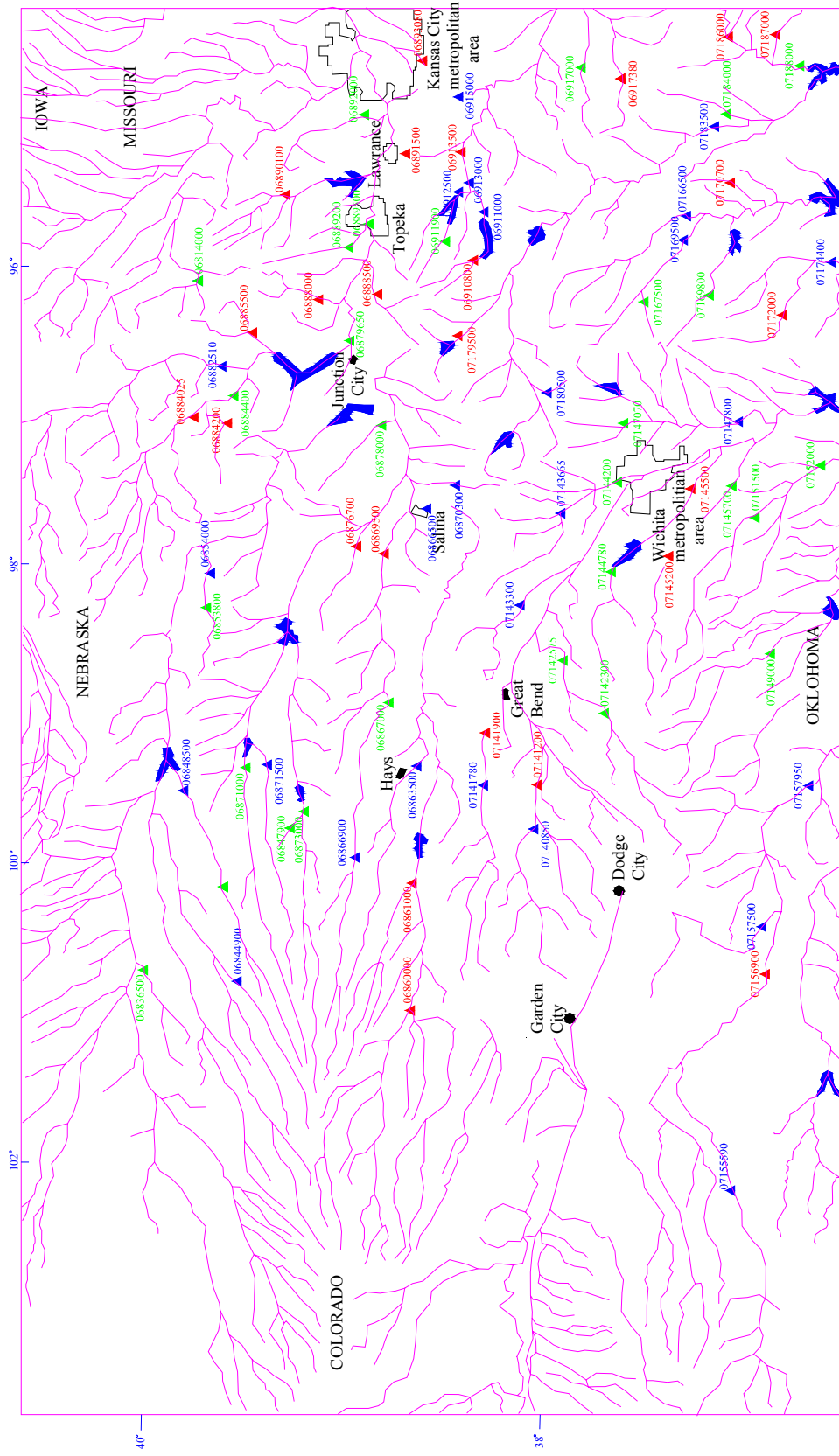
Şekil 5.10 ila 5.15 arasındaki 6 Şekil' den de anlaşıldığı üzere, oluşturulan 3 kümenin aralarındaki ilişki güçlü olmakla birlikte bu ilişki çerçevesinde kurulan model ile hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri, gözlem değerleri ile çok büyük uyum sağlamaktadır.

Yapılan araştırma sonucunda, aralarındaki matematiksel ilişki dikkate alınarak yapılan kümeleme ile oluşturulan üç kümenin öğelerinin havza parametreleri açısından bir ilişkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 5.13).

**Çizelge 5.13** Oluşturulan küme öğelerinin havza parametrelerinin istatistikleri

Küme No	İstatistik	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Yağış (cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/h)	Havza Ortalama Eğimi (%)
1. Küme	Ortalama	2221,28	77,81	3,81	2,02
	Standart Sapma	2619,17	16,52	3,88	1,15
2. Küme	Ortalama	3811,44	79,73	3,01	2,13
	Standart Sapma	5064,23	20,64	2,31	0,83
3. Küme	Ortalama	4785,92	71,87	2,92	1,75
	Standart Sapma	7209,33	18,64	1,62	0,66

Daha sonra kümelerdeki öğelerinin coğrafi bir ilişkisinin olup olmadığı konusunun açığa çıkarılabilmesi için, küme öğelerinin dağılımı bölgenin akarsularının da çizildiği bir harita üstüne işlenmiştir.



Şekil 5.16 Küme öğelerinin coğrafi olarak dağılımı

Şekil 5.16' deki haritada Yeşil renkli istasyonlar 1. Kümeyi, Mavi Renkli istasyonlar 2. Kümeyi, kırmızı renkli istasyonlar ise 3. Kümeyi temsil etmektedir. Haritadan da anlaşılacağı üzere, matematiksel olarak yüksek ilişkili istasyonların coğrafi olarak dağılımında ciddi bir benzerlik saptanamamaktadır.

Akım süre eğrisini ifade eden üstel bağıntının içerdiği  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin havzaya ilişkin akış dışındaki başka özelliklerle modellenmesi çalışmalarına özelliklerin içerisine enlem/boylam ve yükselti de eklenmiş ve ilişki bu yeni parametrelerle yeniden irdelenmiştir. Yeni parametrelerle yapılan çalışma A.B.D.' nin Kansas Eyaleti AGİ' leri ve havza parametreleri için Çizelge 5.14' de sunulmaktadır.

**Çizelge 5.14** A.B.D.' nin Kansas Eyaleti AGİ istasyonları için hesaplanmış  $\alpha$  değerleri ve havza parametreleri (1/3)

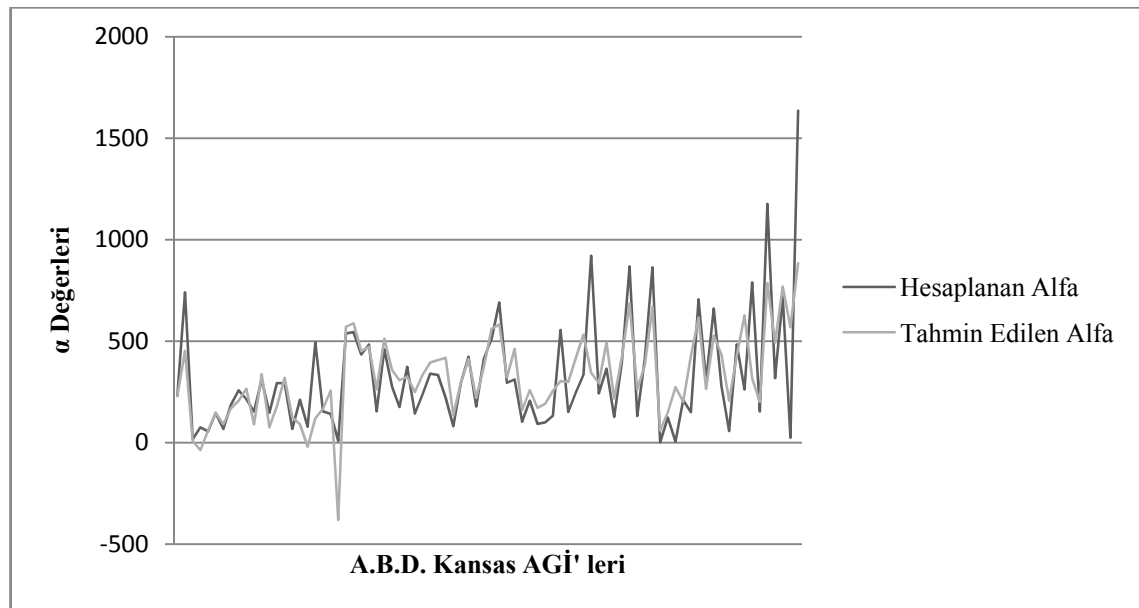
No	$\alpha$	R <sup>2</sup>	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Yağış (cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/sa)	Havza Ort. Eğimi (%)	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
1	230,64	0,91	714,84	82,17	1,19	3,10	39,948	96,108	316,24
2	740,38	0,90	3468,01	82,68	1,30	2,80	40,036	95,596	261,59
3	16,87	0,92	934,99	53,19	3,30	2,90	40,146	100,673	762,85
4	74,88	0,89	1067,08	48,77	3,30	1,40	39,677	100,722	829,79
5	54,65	0,83	1528,10	52,45	3,45	1,70	39,77	100,1	711,69
6	145,32	0,84	2608,13	54,76	3,48	2,10	39,97	99,478	614,54
7	67,13	0,88	587,93	67,28	3,30	2,50	39,899	98,25	487,94
8	186,77	0,71	916,86	68,76	3,33	2,60	39,884	98,022	466,81
9	257,36	0,90	9207,45	44,88	3,89	1,30	38,795	100,858	799,37
10	214,05	0,88	13519,80	46,84	3,86	1,40	38,808	100,022	669,38
11	152,23	0,85	1538,46	55,37	3,00	1,40	38,852	99,318	595,54
12	311,07	0,88	21647,20	52,93	3,68	1,60	38,711	97,571	377,99
13	147,28	0,90	1802,64	52,32	3,48	1,50	39,106	99,87	675,88
14	293,30	0,79	3890,18	55,07	3,53	2,20	38,966	98,854	472,92
15	293,30	0,68	7303,80	60,17	3,33	2,50	39,004	97,874	385,68
16	67,53	0,93	310,80	78,44	2,24	2,90	38,653	97,42	375,56
17	211,24	0,81	2198,91	54,13	3,40	2,50	39,673	99,309	534,63
18	78,48	0,86	883,19	54,79	3,68	1,80	39,559	99,286	549,19
19	493,37	0,82	2693,60	53,01	3,71	2,10	39,377	99,58	589,33
20	153,14	0,88	994,56	68,53	2,82	2,60	39,139	97,837	380,14
21	141,31	0,88	777,00	78,46	2,59	2,20	39,031	97,04	336,01
22	8,86	0,83	10,59	83,82	1,16	5,90	39,102	96,595	333,65
23	537,15	0,90	11517,70	72,49	2,08	1,30	40,045	96,587	354,24

**Çizelge 5.14** A.B.D.' nin Kansas Eyaleti AGİ istasyonları için hesaplanmış  $\alpha$  değerleri ve havza parametreleri (2/3)

No	$\alpha$	R <sup>2</sup>	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Yağış (cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/sa)	Havza Ort. Eğimi (%)	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
24	544,81	0,90	12372,40	72,82	2,05	1,40	39,842	96,662	338,42
25	434,52	0,86	6086,50	69,44	3,63	1,40	40,115	97,17	389,29
26	483,26	0,89	7127,68	70,21	3,48	1,60	39,98	97,005	370,67
27	153,81	0,90	890,96	77,77	2,31	2,40	39,814	97,037	384,52
28	459,44	0,86	8609,16	71,70	3,25	1,70	39,726	96,804	347,49
29	277,50	0,87	1061,90	84,61	0,91	2,40	39,682	96,443	337,39
30	175,42	0,88	629,37	88,75	1,08	3,40	39,348	96,217	302,42
31	373,19	0,90	818,44	88,06	1,28	4,20	39,065	96,169	294,11
32	142,96	0,88	406,63	90,50	1,21	3,20	39,238	95,888	281,74
33	237,72	0,90	751,10	90,75	1,41	3,30	39,099	95,725	263,03
34	339,81	0,93	1116,29	91,36	1,01	3,10	39,521	95,533	280,68
35	332,81	0,90	1100,75	92,99	1,57	2,60	38,911	95,261	243,61
36	220,88	0,93	1051,54	96,24	1,28	3,20	39,116	95,011	244,13
37	80,81	0,87	119,14	99,95	1,55	2,10	38,813	94,676	270,07
38	293,48	0,82	458,43	90,93	1,01	2,20	38,567	95,961	319,53
39	422,91	0,81	909,09	92,99	1,07	2,20	38,516	95,696	287,12
40	177,62	0,86	295,26	91,62	1,13	2,70	38,711	95,836	309,7
41	414,06	0,87	833,98	91,97	1,18	2,30	38,645	95,559	280,13
42	510,97	0,93	2693,60	92,81	1,21	2,20	38,584	95,453	272,41
43	690,31	0,74	3237,50	93,22	1,32	2,20	38,618	95,268	261,42
44	294,81	0,84	380,73	99,70	1,68	2,10	38,656	94,896	260,45
45	311,14	0,85	764,05	103,30	1,85	2,00	38,009	94,704	235,32
47	102,51	0,85	3242,68	52,04	2,82	1,10	38,207	99,643	640,86
48	206,54	0,92	5563,32	53,29	2,84	1,10	38,208	99,406	621,87
49	91,58	0,87	3087,28	53,39	2,97	1,10	38,477	99,438	610,9
50	99,85	0,87	3651,90	54,36	3,00	1,20	38,462	99,014	578,32
51	131,90	0,77	2030,56	61,32	14,15	0,82	37,872	98,876	598,46
52	555,20	0,90	2711,73	62,00	14,99	0,68	38,094	98,546	544,07
53	150,96	0,78	1885,52	66,42	3,30	0,87	38,308	98,192	496,26
54	248,07	0,95	1906,24	74,90	5,26	0,76	38,112	97,592	424,1
55	333,86	0,92	3436,93	77,06	5,13	0,75	37,832	97,389	404,06
56	920,83	0,77	2038,33	68,25	13,92	0,69	37,863	98,014	443,8
57	242,49	0,84	1683,50	69,22	7,82	1,30	37,562	97,853	413,86
58	363,78	0,89	5514,11	71,27	9,60	1,10	37,457	97,424	372,58
59	126,82	0,93	398,86	78,05	2,23	0,81	37,249	97,403	352,73
60	396,31	0,81	1103,34	83,95	1,19	1,20	37,796	97,014	375,35
61	867,72	0,91	4869,20	87,15	1,24	1,40	37,224	96,996	330,06
62	130,96	0,87	2338,77	64,69	6,50	2,70	37,039	98,471	392,27
63	410,34	0,86	2056,46	72,87	6,73	1,10	37,129	97,602	337,72

**Çizelge 5.14** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti AGİ istasyonları için hesaplanmış  $\alpha$  değerleri ve havza parametreleri (3/3)

No	$\alpha$	R <sup>2</sup>	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Yağış (cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/sa)	Havza Ort. Eğimi (%)	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
64	862,91	0,88	4814,81	83,67	2,03	0,95	36,811	97,277	294,87
65	1,08	0,00	2864,54	41,38	5,26	1,00	36,927	102,959	1299,08
66	123,12	0,89	8831,90	41,48	7,72	1,80	37,122	101,898	1029,28
67	4,97	0,13	22108,20	42,80	8,03	1,10	37,011	100,491	707,15
68	209,29	0,86	2996,63	52,10	4,24	0,72	37,033	100,211	659,52
69	150,45	0,86	31090,40	49,61	8,10	1,30	36,852	99,315	487,58
70	705,34	0,88	2947,42	95,28	1,70	2,40	37,53	95,674	237,8
71	303,99	0,83	334,11	91,92	1,17	2,80	37,708	96,223	298,02
72	660,91	0,91	2141,93	92,10	1,56	2,70	37,508	95,833	249,66
73	278,76	0,67	569,80	92,61	1,14	0,50	37,376	96,185	273,5
74	57,37	0,67	95,83	104,93	2,12	2,30	37,267	95,469	242,6
75	484,06	0,75	1152,55	90,25	1,41	3,20	37,004	96,316	232,66
76	261,95	0,74	3605,28	93,35	2,46	3,10	36,756	95,972	199,13
77	788,75	0,88	647,50	85,78	1,10	1,80	38,666	96,493	367,48
78	153,53	0,89	284,90	84,66	1,32	1,60	38,196	96,824	384,81
79	1176,70	0,75	12704,00	92,43	1,47	1,70	37,34	95,11	246,96
80	317,03	0,75	510,23	107,32	2,59	1,20	37,281	95,033	249,36
81	717,45	0,83	3014,76	110,19	3,58	1,20	37,246	94,566	253,97
82	23,73	0,98	1105,93	109,75	3,76	2,70	37,023	94,516	270,32
83	1635,50	0,78	6500,90	109,68	3,63	1,40	36,934	94,747	227,46



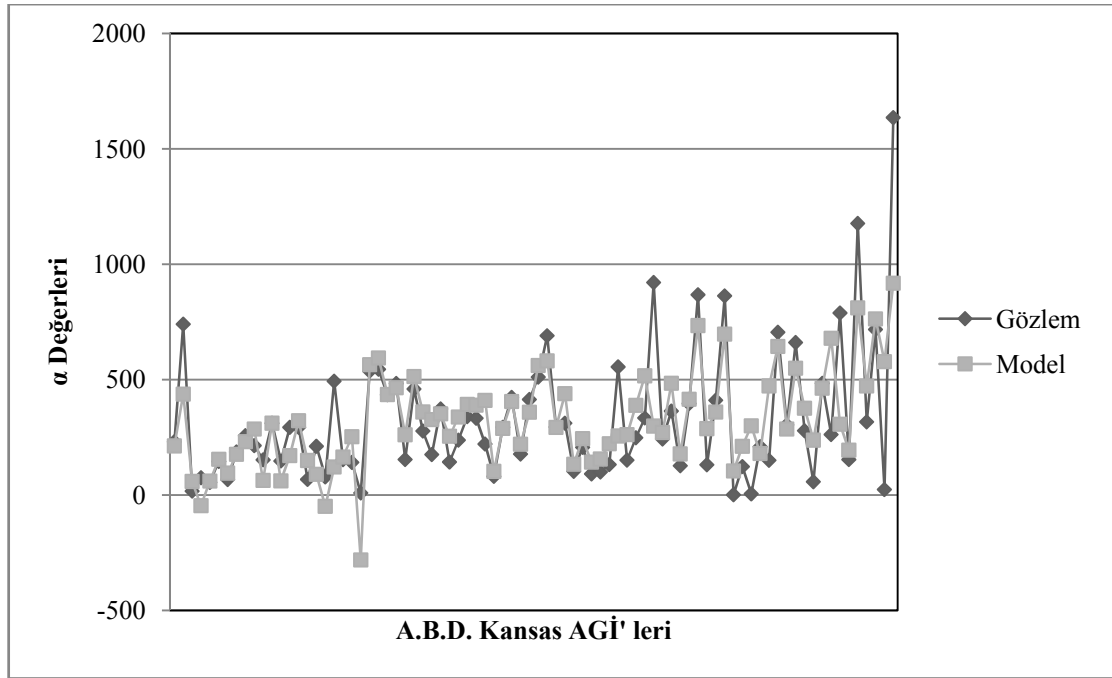
**Şekil 5.17** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti AGİ' leri ASE Bağlantısı parametrelerinden  $\alpha$  için Hesaplanmış – Modellenmiş  $\alpha$  değerleri

Şekil 5.17' den de açıkça görülmektedir ki, havzaya ilişkin akış dışındaki başka parametrelerle modelleme çalışmalarında, özelliklerin içerisine enlem, boylam ve yükseltinin de eklenmiş olması ilişkiyi güçlendirmiştir. ASE' nin tümünün modellenmesi durumu için yapılan çalışmalar sonucu en iyi ilişkiyi veren bağıntının polinomial bağıntı olduğu saptanmıştır. Sözügeçen bağıntılar ve hesaplanan tanımlılık katsayıları Çizelge 5.15'te sunulmaktadır.

**Çizelge 5.15** ASE' nin tümünün modellenmesi durumu için  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tanımlılık Katsayısı	Korelasyon Katsayısı
1	$f(x) = a_{00} + a_0DA + a_1YOY + a_2HOP + a_3HOE + a_4ENL + a_5BYL + a_6DSY$	0,35	0,59
2	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13}$	0,58	0,76
3	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13} + a_{14}DA * YOY$	0,54	0,74
4	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11}$	0,54	0,74
5	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11} + a_{12}DA * YOY$	0,56	0,75
6	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOE^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,55	0,74
7	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4ENL^{a5} + a_6BYL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,59	0,77

Çizelge 5.15' den de anlaşılacağı üzere, en iyi ilişki 7 no. lu bağıntıdan elde edilmiştir. İlgili bağıntı ile tanımlılık katsayısı 0,59, korelasyon katsayısı ise 0,77 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç istenilen sonuca yakın ( $\geq 0,60$ ) bir sonuç olarak nitelendirilebilir. 7 no. lu bağıntıdan elde edilen  $\alpha$  değerleri ile gözlem model değerleri karşılıklı olarak çizilmiş ve Şekil 5.18' de sunulmuştur.



**Şekil 5.18** 7 no. lu bağıntı ile kurulan ilişki için zamanın tümü için modellenen  $\alpha$  değeri için model – gözlem karşılaştırması

Benzer biçimde çalışmalar eğrinin % 5 baştan ve % 5 sondan kısmının yok sayıldığı durum ve eğrinin % 10 baştan ve % 10 sondan kısmının yok sayıldığı durum için de yinelenmiş ve sonuçlar Çizelge 5.16 ve 5.17' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.16** ASE' nin baştan ve sondan %5' lik kısmının yoksayılarak ile modellenmesi durumu için  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve tanımlılık katsayıları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_{00} + a_0DA + a_1YOY + a_2HOP + a_3HOE + a_4ENL + a_5BYL + a_6DSY$	0,25	0,5
2	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13}$	0,36	0,6
3	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13} + a_{14}DA * YOY$	0,40	0,63
4	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11}$	0,38	0,61
5	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11} + a_{12}DA * YOY$	0,39	0,62
6	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOE^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,40	0,63
7	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4ENL^{a5} + a_6BYL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,39	0,62



**Çizelge 5.17** ASE' nin baştan ve sondan %10' luk kısmının yok sayılması ile modellenmesi durumu için  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_{00} + a_0DA + a_1YOY + a_2HOP + a_3HOE + a_4ENL + a_5BYL + a_6DSY$	0,23	0,48
2	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13}$	0,41	0,64
3	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13} + a_{14}DA * YOY$	0,38	0,62
4	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11}$	0,40	0,63
5	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11} + a_{12}DA * YOY$	0,48	0,69
6	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOE^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,49	0,7
7	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4ENL^{a5} + a_6BYL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,56	0,75

Çizelge 5.16 ve 5.17' den de açıkça görüleceği üzere, yapılan çalışmalar göstermektedir ki beklenenin tersine eğrinin tümüne ilişkin çalışmalarla elde edilen tanımlılık katsayıları eğrinin %90 ve % 80' inin dikkate alınması durumuna göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Eğrinin tümünün modellenmesi durumunda ortaya çıkan en güçlü ilişkinin tanımlılık katsayısı 0,59' larda iken, bu değer eğrinin % 90' ının modellenmesi durumunda 0,40; eğrinin % 80' inin modellenmesi durumunda 0,56 seviyelerinde kalmaktadır.

Benzer biçimde çalışma  $\beta$  değerleri için de yinelenmiştir. Yani  $\beta$  değerini ifade edebilmek için havza özelliklerinin içerisine AGİ' nin enlem, boylam ve deniz seviyesinden yükseklikleri katılmış ve çalışmalar bu durum için yinelenmiştir. Havzaya ilişkin yeni özelliklerle birlikte  $\beta$  değerleri Çizelge 5.18' de sunulmaktadır.

**Çizelge 5.18** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti AGİ'lerinin istatistik ve  $\beta$  değerleri (1/2)

No	Beta	R <sup>2</sup>	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Yağış (cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/sa)	Havza Ortalama Eğimi	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
1	0,0063	0,92	714,84	82,17	1,19	3,10	39,948	96,108	316,24
2	0,0038	0,90	3468,01	82,68	1,30	2,80	40,036	95,596	261,59
3	0,1047	0,92	934,99	53,19	3,30	2,90	40,146	100,673	762,85
4	0,1115	0,89	1067,08	48,77	3,30	1,40	39,677	100,722	829,79
5	0,0374	0,84	1528,10	52,45	3,45	1,70	39,770	100,100	711,69
6	0,0234	0,84	2608,13	54,76	3,48	2,10	39,970	99,478	614,54
7	0,0103	0,88	587,93	67,28	3,30	2,50	39,899	98,250	487,94
8	0,0486	0,71	916,86	68,76	3,33	2,60	39,884	98,022	466,81
9	0,0221	0,90	9207,45	44,88	3,89	1,30	38,795	100,858	799,37
10	0,0298	0,88	13519,80	46,84	3,86	1,40	38,808	100,022	669,38
11	0,0206	0,85	1538,46	55,37	3,00	1,40	38,852	99,318	595,54
12	0,0243	0,88	21647,20	52,93	3,68	1,60	38,711	97,571	377,99
13	0,0494	0,90	1802,64	52,32	3,48	1,50	39,106	99,870	675,88
14	0,0189	0,79	3890,18	55,07	3,53	2,20	38,966	98,854	472,92
15	0,0189	0,68	7303,80	60,17	3,33	2,50	39,004	97,874	385,68
16	0,0288	0,93	310,80	78,44	2,24	2,90	38,653	97,420	375,56
17	0,0681	0,81	2198,91	54,13	3,40	2,50	39,673	99,309	534,63
18	0,0420	0,86	883,19	54,79	3,68	1,80	39,559	99,286	549,19
19	0,0508	0,82	2693,60	53,01	3,71	2,10	39,377	99,580	589,33
20	0,0172	0,88	994,56	68,53	2,82	2,60	39,139	97,837	380,14
21	0,0080	0,88	777,00	78,46	2,59	2,20	39,031	97,040	336,01
22	0,0546	0,83	10,59	83,82	1,16	5,90	39,102	96,595	333,65
23	0,0015	0,90	11517,70	72,49	2,08	1,30	40,045	96,587	354,24
24	0,0046	0,90	12372,40	72,82	2,05	1,40	39,842	96,662	338,42
25	0,0030	0,86	6086,50	69,44	3,63	1,40	40,115	97,170	389,29
26	0,0074	0,89	7127,68	70,21	3,48	1,60	39,980	97,005	370,67
27	0,0059	0,90	890,96	77,77	2,31	2,40	39,814	97,037	384,52
28	0,0029	0,86	8609,16	71,70	3,25	1,70	39,726	96,804	347,49
29	0,0055	0,87	1061,90	84,61	0,91	2,40	39,682	96,443	337,39
30	0,0143	0,88	629,37	88,75	1,08	3,40	39,348	96,217	302,42
31	0,0103	0,90	818,44	88,06	1,28	4,20	39,065	96,169	294,11
32	0,0060	0,88	406,63	90,50	1,21	3,20	39,238	95,888	281,74
33	0,0037	0,91	751,10	90,75	1,41	3,30	39,099	95,725	263,03
34	0,0060	0,93	1116,29	91,36	1,01	3,10	39,521	95,533	280,68
35	0,0063	0,91	1100,75	92,99	1,57	2,60	38,911	95,261	243,61
36	0,0017	0,93	1051,54	96,24	1,28	3,20	39,116	95,011	244,13
37	0,0160	0,87	119,14	99,95	1,55	2,10	38,813	94,676	270,07
38	0,0179	0,82	458,43	90,93	1,01	2,20	38,567	95,961	319,53
39	0,0154	0,81	909,09	92,99	1,07	2,20	38,516	95,696	287,12
40	0,0118	0,86	295,26	91,62	1,13	2,70	38,711	95,836	309,70
41	0,0172	0,87	833,98	91,97	1,18	2,30	38,645	95,559	280,13

**Çizelge 5.18** A.B.D.'nin Kansas Eyaleti AGİ'lerinin istatistik ve  $\beta$  değerleri (2/2)

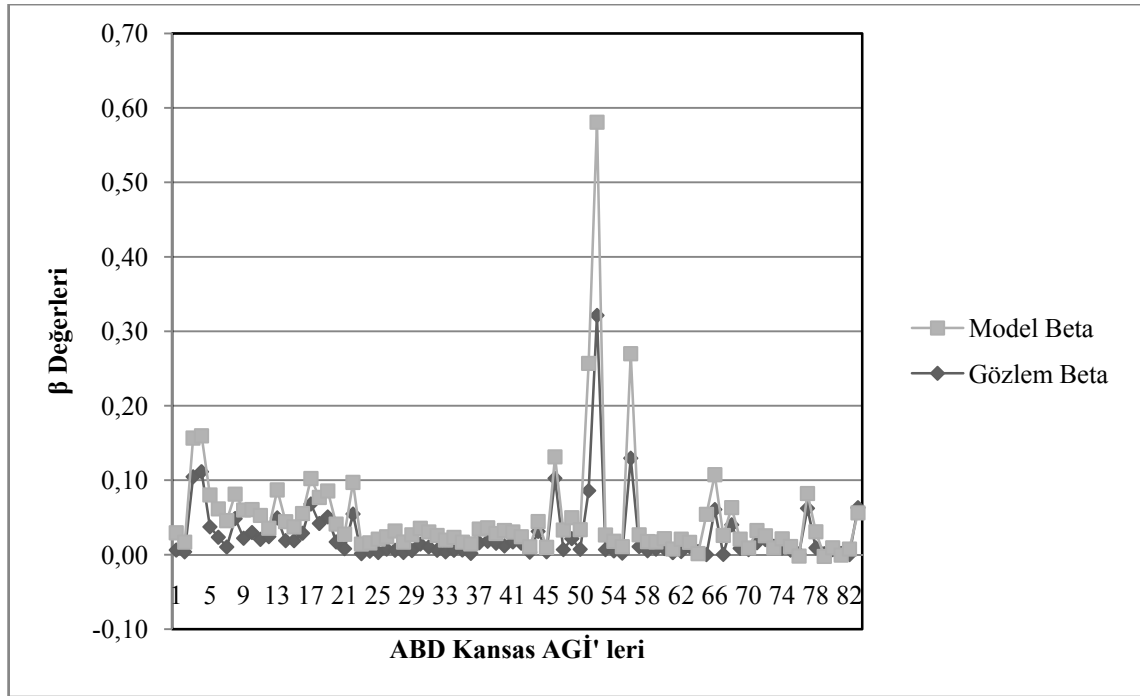
N o	Beta	R <sup>2</sup>	Akaçlama Alanı (km <sup>2</sup> )	Yıllık Ortalama Yağış(cm)	Havza Ortalama Permeabilitesi (cm/sa)	Havza Ort. Eğimi	Enlem	Boylam	Yükselti (m)
42	0,0155	0,93	2693,60	92,81	1,21	2,20	38,584	95,453	272,41
43	0,0034	0,74	3237,50	93,22	1,32	2,20	38,618	95,268	261,42
44	0,0314	0,84	380,73	99,70	1,68	2,10	38,656	94,896	260,45
45	0,0039	0,85	764,05	103,30	1,85	2,00	38,009	94,704	235,32
47	0,1025	0,85	3242,68	52,04	2,82	1,10	38,207	99,643	640,86
48	0,0068	0,92	5563,32	53,29	2,84	1,10	38,208	99,406	621,87
49	0,0216	0,87	3087,28	53,39	2,97	1,10	38,477	99,438	610,90
50	0,0072	0,87	3651,90	54,36	3,00	1,20	38,462	99,014	578,32
51	0,0860	0,77	2030,56	61,32	14,15	0,82	37,872	98,876	598,46
52	0,3214	0,90	2711,73	62,00	14,99	0,68	38,094	98,546	544,07
53	0,0069	0,79	1885,52	66,42	3,30	0,87	38,308	98,192	496,26
54	0,0052	0,95	1906,24	74,90	5,26	0,76	38,112	97,592	424,10
55	0,0020	0,92	3436,93	77,06	5,13	0,75	37,832	97,389	404,06
56	0,1296	0,77	2038,33	68,25	13,92	0,69	37,863	98,014	443,80
57	0,0108	0,84	1683,50	69,22	7,82	1,30	37,562	97,853	413,86
58	0,0053	0,90	5514,11	71,27	9,60	1,10	37,457	97,424	372,58
59	0,0074	0,94	398,86	78,05	2,23	0,81	37,249	97,403	352,73
60	0,0083	0,81	1103,34	83,95	1,19	1,20	37,796	97,014	375,35
61	0,0028	0,91	4869,20	87,15	1,24	1,40	37,224	96,996	330,06
62	0,0043	0,87	2338,77	64,69	6,50	2,70	37,039	98,471	392,27
63	0,0107	0,86	2056,46	72,87	6,73	1,10	37,129	97,602	337,72
64	0,0042	0,88	4814,81	83,67	2,03	0,95	36,811	97,277	294,87
65	0,0001	0,00	2864,54	41,38	5,26	1,00	36,927	102,959	1299,08
66	0,0607	0,89	8831,90	41,48	7,72	1,80	37,122	101,898	1029,28
67	0,0003	0,13	22108,20	42,80	8,03	1,10	37,011	100,491	707,15
68	0,0402	0,86	2996,63	52,10	4,24	0,72	37,033	100,211	659,52
69	0,0085	0,86	31090,40	49,61	8,10	1,30	36,852	99,315	487,58
70	0,0068	0,88	2947,42	95,28	1,70	2,40	37,530	95,674	237,80
71	0,0161	0,83	334,11	91,92	1,17	2,80	37,708	96,223	298,02
72	0,0203	0,91	2141,93	92,10	1,56	2,70	37,508	95,833	249,66
73	0,0113	0,67	569,80	92,61	1,14	0,50	37,376	96,185	273,50
74	0,0089	0,67	95,83	104,93	2,12	2,30	37,267	95,469	242,60
75	0,0062	0,75	1152,55	90,25	1,41	3,20	37,004	96,316	232,66
76	0,0013	0,74	3605,28	93,35	2,46	3,10	36,756	95,972	199,13
77	0,0623	0,88	647,50	85,78	1,10	1,80	38,666	96,493	367,48
78	0,0092	0,89	284,90	84,66	1,32	1,60	38,196	96,824	384,81
79	0,0014	0,75	12704,00	92,43	1,47	1,70	37,340	95,110	246,96
80	0,0068	0,75	510,23	107,32	2,59	1,20	37,281	95,033	249,36
81	0,0018	0,83	3014,76	110,19	3,58	1,20	37,246	94,566	253,97
82	0,0001	0,98	1105,93	109,75	3,76	2,70	37,023	94,516	270,32
83	0,0631	0,78	6500,90	109,68	3,63	1,40	36,934	94,747	227,46

Yeni durum için gözlem  $\beta$  değerlerinin modellenme çalışmaları  $\alpha$  değerlerine benzer biçimde gerçekleştirilmiştir. Eğrinin tümüne ilişkin modelleme çalışmaları sonuçları Çizelge 5.19’ da sunulmuştur.

**Çizelge 5.19** ASE’ nin tümünün modellenmesi durumu için  $\beta$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_{00} + a_0DA + a_1YOY + a_2HOP + a_3HOE + a_4ENL + a_5BYL + a_6DSY$	0,43	0,66
2	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13}$	0,72	0,85
3	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13} + a_{14}DA * YOY$	0,03	0,17
4	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11}$	0,64	0,80
5	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11} + a_{12}DA * YOY$	0,12	0,35
6	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOE^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,21	0,46
7	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4ENL^{a5} + a_6BYL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,14	0,37

Çizelge 5.19’ dan da anlaşılacağı üzere,  $\beta$  değerlerinin modellenmesi ASE’ nin tümünün kullanılması durumunda  $\alpha$  değerlerine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. En iyi ilişkiyi veren 2 no. lu bağıntıda elde edilen tanımlılık katsayısı 0,72, dolayısıyla korelasyon katsayısı 0,84 seviyelerindedir. Eniyi bağıntı ile elde edilen gözlem/model  $\beta$  karşılaştırması Şekil 5.19 da sunulmuştur.



**Şekil 5.19** 2 no. lu bağıntı ile kurulan ilişki için zamanın tümü için modellenen  $\beta$  değeri için model – gözlem karşılaştırması

Modelleme çalışmaları ASE' nin baştan ve sondan % 5 ve %10' luk kısımlarının yoksayılmasıyla yeniden modellenmiş ve sonuçlar Çizelge 5.20 ve 5.21' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.20** ASE' nin baştan ve sondan %5' lik kısmının yok sayılması ile modellenmesi durumu için  $\beta$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_{00} + a_0 DA + a_1 YOY + a_2 HOP + a_3 HOE + a_4 ENL + a_5 BYL + a_6 DSY$	0,05	0,22
2	$f(x) = a_{00} + a_0 DA^{a1} + a_2 YOY^{a3} + a_4 HOP^{a5} + a_6 HOE^{a7} + a_8 ENL^{a9} + a_{10} BYL^{a11} + a_{12} DSY^{a13}$	0,02	0,14
3	$f(x) = a_{00} + a_0 DA^{a1} + a_2 YOY^{a3} + a_4 HOP^{a5} + a_6 HOE^{a7} + a_8 ENL^{a9} + a_{10} BYL^{a11} + a_{12} DSY^{a13} + a_{14} DA * YOY$	0,00	0,00
4	$f(x) = a_{00} + a_0 DA^{a1} + a_2 YOY^{a3} + a_4 HOP^{a5} + a_6 ENL^{a7} + a_8 BYL^{a9} + a_{10} DSY^{a11}$	0,02	0,14
5	$f(x) = a_{00} + a_0 DA^{a1} + a_2 YOY^{a3} + a_4 HOP^{a5} + a_6 ENL^{a7} + a_8 BYL^{a9} + a_{10} DSY^{a11} + a_{12} DA * YOY$	0,01	0,10
6	$f(x) = a_{00} + a_0 DA^{a1} + a_2 YOY^{a3} + a_4 HOE^{a5} + a_6 ENL^{a7} + a_8 DSY^{a9}$	0,01	0,10
7	$f(x) = a_{00} + a_0 DA^{a1} + a_2 YOY^{a3} + a_4 ENL^{a5} + a_6 BYL^{a7} + a_8 DSY^{a9}$	0,00	0,00

**Çizelge 5.21** ASE' nin baştan ve sondan % 10' luk kısmının yoksayılması ile modellenmesi durumu için  $\beta$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_{00} + a_0DA + a_1YOY + a_2HOP + a_3HOE + a_4ENL + a_5BYL + a_6DSY$	0,04	0,20
2	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13}$	0,10	0,32
3	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6HOE^{a7} + a_8ENL^{a9} + a_{10}BYL^{a11} + a_{12}DSY^{a13} + a_{14}DA * YOY$	0,02	0,14
4	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11}$	0,01	0,10
5	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOP^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8BYL^{a9} + a_{10}DSY^{a11} + a_{12}DA * YOY$	0,01	0,10
6	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4HOE^{a5} + a_6ENL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,09	0,30
7	$f(x) = a_{00} + a_0DA^{a1} + a_2YOY^{a3} + a_4ENL^{a5} + a_6BYL^{a7} + a_8DSY^{a9}$	0,02	0,14

Çizelge 5.20 ve 5.21 den de anlaşılacağı üzere, eğrinin baştan ve sondan % 5 ve 10' luk kısımlarının yoksayılması ile modellenmesi durumunda herhangi bir biçimde ve herhangi bir bağıntı aracılığı ile bir ilişki kurulamamıştır.

### 5.2.3. A.B.D.' nin Kansas Eyaleti Verilerinin Çözücü Programı ile Modelleme Çalışmaları Sonuçları

Yukarıda yapılan çalışmalar sonucunda ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- 1) ASE' nin  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek tanımlanması beklenen biçimde yapılabilmektedir.
- 2) ASE' nin tümünün modellenmesi, eğrinin % 5 ve 10' luk kısımlarının yoksayılarak modellenmesine göre daha düşük, ancak kabul edilebilir sınırlar içinde gerçekleştirilmiştir.
- 3)  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısında yer alan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin modellenmesi, eğrinin tümünün dikkate alınması durumunda kabul edilebilir sınırlar içerisinde

gerçekleşmiştir. Ancak eğrinin belli bir kısmının modellenmesi durumunda anlamlı sonuçlar bulunamamıştır.

### 5.3. A.B.D. de Kazanılan Deneyim ile Türkiye Verilerinin Çözümlemesi

#### 5.3.1. ASE' lerin Modellenmesi

Çalışmanın 1. Bölümü'nde A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' nin AGİ istasyonlarını kullanarak her bir istasyonun ASE' sinin modelleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde ise, A.B.D. verilerinden elde edilen parametrelerin ifade edilebileceği değişkenlere ilişkin deneyimler ışığında, saptanan algoritma doğrudan doğruya Türkiye verilerine uygulanmıştır.

Tezin 4. Bölümünde de belirtildiği üzere, çalışmanın yapıldığı bölge Türkiye' de DSİ' nin işlettiği istasyonlar arasından seçilmiştir. Türkiye' de modellemede kullanılan AGİ' ler 4. Bölüm' de Çizelge 4.2' de sunulmuştur.

Çizelge 4.1' de belirtilen istasyonların tıpkı A.B.D.' nin Kansas Eyaleti değerleri gibi ortalama 10 ila 30 yıllık günlük akım değerleri kullanılarak her birine ilişkin ASE' ler çizilmiştir. Hangi AGİ' lerin kullanılacağına ve kullanılacak olan AGİ' lerin hangi yıllarına ilişkin verilerinin kullanılmasına karar verilirken, akım değerlerinin baraj yada başka herhangi bir nedenle verilerinin türdeşliğinin bozulmamış olması etken olmuştur.

A.B.D. verilerinin çözümlemesiyle elde edilen deneyim ışığında akım değerlerinin tümü dikkate alınarak oluşturulan verilerin modellenmesi ile elde edilen sonuçların, eğrinin %90 ve % 80' inin modellenmesiyle elde edilenlerden daha iyi olmasından dolayı Türkiye verilerinde sadece eğrinin tümüyle çalışılmıştır. Ancak Türkiye verilerinde ekstradan akım değerlerinin "e" tabanında logaritma (LN) değerleri de hesaplanmış ve daha sonra veriler tıpkı A.B.D. verileri gibi; 5.1 bağıntısıyla ifade edilmiş, akım değerlerinin tümü için yapılan çalışmada Excel içindeki Solver altyordamı kullanılmıştır. Her bir türdeş istasyona ilişkin doğal veri ve doğal logaritmik veriler için hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri, bu modelleme sonucunda hesaplanan tanımlılık katsayıları ( $R^2$ ) ve yanılığın karelerinin toplamları (HKT) Çizelge 5.22' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.22** Türkiye DSI AGİ' lerinden elde edilen doğal ve ln dönüşümleri uygulanmış ASE' lerdeki üstel bağıntı için hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (1/2)

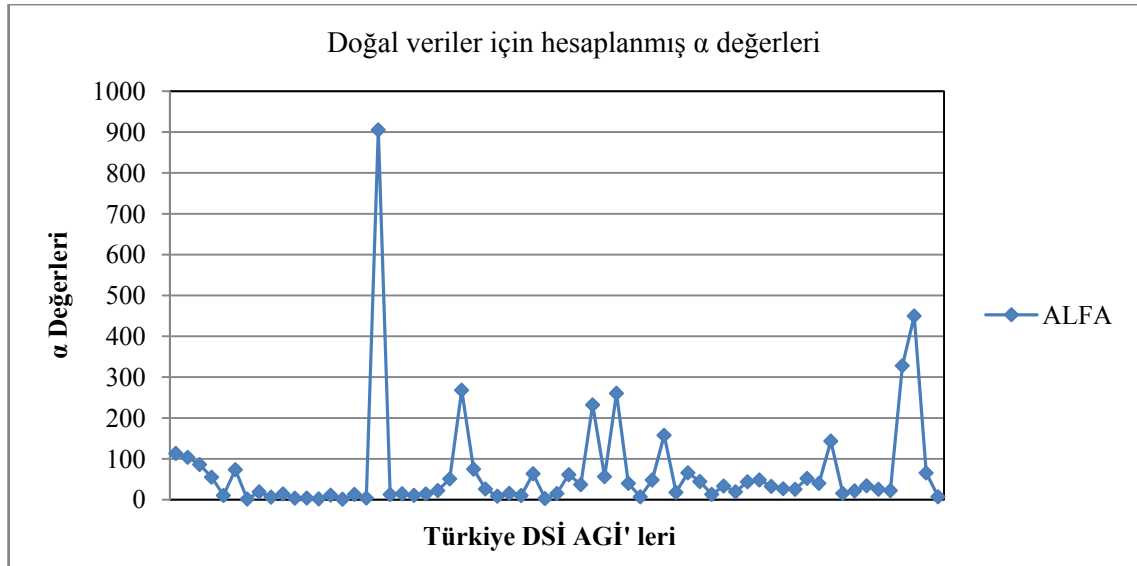
İST NO	DOĞAL VERİ				ln (VERİ)			
	HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
01-08	274.346	0,93	113,24	0,0023	74.365	0,36	4,17	0,0007
01-20	167.118	0,91	103,6	0,0043	97.241	0,31	3,72	0,0007
01-31	5.009	0,97	86	0,0276	2.320	0,85	0,49	0,0004
02-28	53.774	0,88	55,03	0,0041	20.824	0,58	2,55	0,0006
02-30	4.290	0,88	10,26	0,0015	1.306.768	0,44	0,00	-0,0015
03-34	166.536	0,92	73,43	0,0013	61.658	0,50	4,60	0,0009
03-85	46	0,92	1,58	0,0018	68.481	0,53	2,91	0,0033
04-36	6.691	0,9	19,02	0,0024	522	0,96	2,66	0,0015
05-21	908	0,9	6,18	0,0021	385	0,94	0,81	0,0007
05-41	5.452	0,89	13,92	0,0015	13.143	0,51	2,83	0,0014
07-08	365	0,93	3,65	0,0003	29.516	0,19	1,98	0,0006
07-97	32	0,95	4	0,0147	61.757	0,43	0,63	0,0030
08-18	491	0,84	2	0,0003	137	0,96	0,53	0,0002
08-49	6.586	0,85	11,02	0,0011	235	0,93	1,82	0,0005
8-104	15	0,92	0,99	0,0029	874	0,78	-0,82	0,0010
09-02	11.948	0,88	12,79	0,0005	181	0,97	2,22	0,0003
09-11	2.434	0,79	3,98	0,0004	669	0,86	0,95	0,0002
09-67	634.983	0,94	905,47	0,0499	6.713	0,85	3,91	0,0012
10-27	2.550	0,93	12,61	0,0020	599	0,95	1,93	0,0011
11-13	6.112	0,93	14,35	0,0009	244.803	0,68	8,40	0,0033
12-126	3.013	0,88	10,54	0,0012	767	0,88	2,76	0,0016
12-146	7.108	0,86	14,19	0,0015	18.118	0,43	2,73	0,0012
12-185	1.747	0,91	22,33	0,0150	105	0,92	0,31	0,0005
13-22	2.601	0,92	50,93	0,0525	733	0,94	0,62	0,0009
13-32	49.478	0,9	268,13	0,1075	683	0,92	2,28	0,0010
13-40	60.715	0,93	74,83	0,0026	776	0,94	4,00	0,0017
13-45	13.932	0,87	26,07	0,0040	16.025	0,54	3,05	0,0019
14-80	1.348	0,94	8,44	0,0012	757	0,91	1,79	0,0008
14-109	2.018	0,98	15,48	0,0017	593	0,89	2,10	0,0009
15-10	12.285	0,8	10,11	0,0004	2.576	0,77	2,42	0,0005
15-93	78.373	0,88	63,47	0,0037	427	0,94	2,73	0,0007
15-95	183	0,85	2,84	0,0027	158	0,95	0,52	0,0014
15-98	2.090	0,92	14,96	0,0038	109	0,96	1,98	0,0018
15-185	32.923	0,94	61,22	0,0033	887	0,87	3,88	0,0021



**Çizelge 5.22** Türkiye DSİ AGİ' lerinden elde edilen doğal ve ln dönüşümleri uygulanmış ASE' lerdeki üstel bağıntı için hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (2/2)

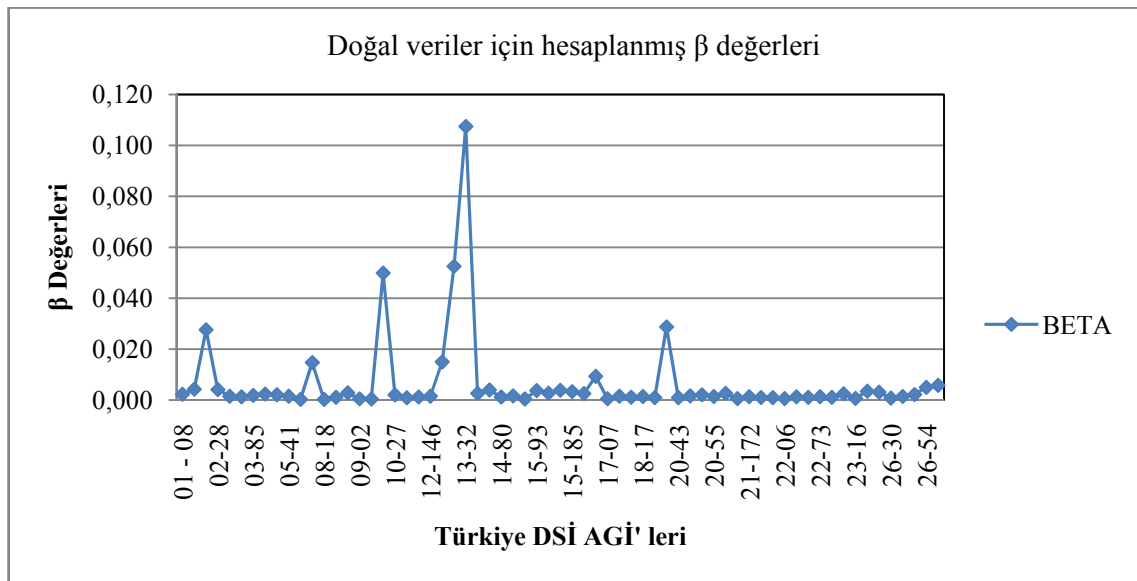
İST NO	DOĞAL VERİ				ln (VERİ)			
	HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
16-80	245.317	0,92	232,14	0,0093	2.468	0,64	1,90	0,0004
17-07	88.813	0,95	56,34	0,0005	1.488	0,84	3,78	0,0004
17-14	1.449.567	0,92	260,46	0,0015	1.361	0,85	5,03	0,0008
17-17	28.476	0,95	39,96	0,0011	1.851	0,90	3,44	0,0008
18-17	3.186	0,73	6,96	0,0014	218	0,87	1,43	0,0007
18-19	69.815	0,9	48,16	0,0010	110	0,96	3,52	0,0006
19-14	97.860	0,91	157,67	0,0287	299	0,89	2,35	0,0005
20-43	12.939	0,88	17,75	0,0010	69	0,99	2,57	0,0007
20-46	140.271	0,88	65,7	0,0016	151	0,97	3,54	0,0007
20-54	39.011	0,9	44,34	0,0021	161	0,96	3,12	0,0010
20-55	1.012	0,98	12,85	0,0014	60	0,98	2,16	0,0009
21-159	10.760	0,94	33,32	0,0026	113.611	0,50	7,73	0,0062
21-162	18.071	0,74	19,31	0,0006	96	0,83	2,81	0,0005
21-172	43.973	0,91	43,74	0,0013	248	0,96	3,48	0,0009
21-186	63.354	0,9	48,3	0,0010	118	0,94	3,45	0,0006
21-210	34.681	0,92	32,45	0,0009	183	0,98	2,96	0,0005
22-06	21.116	0,91	26,77	0,0006	64	0,97	3,11	0,0005
22-34	17.635	0,9	25,45	0,0013	114	0,96	2,80	0,0008
22-64	23.103	0,97	52,04	0,0011	151	0,97	3,59	0,0007
22-73	26.230	0,93	40,01	0,0013	66	0,97	3,36	0,0009
23-01	255.261	0,97	143,36	0,0011	1771	0,82	4,60	0,0007
23-06	4.729	0,9	15,43	0,0025	1.051	0,92	1,43	0,0007
23-16	17.669	0,92	21,53	0,0007	362	0,88	2,54	0,0003
23-23	5.825	0,97	33,93	0,0035	289	0,89	2,61	0,0013
24-46	3.565	0,97	25,38	0,0031	638	0,83	1,96	0,0009
26-30	10.569	0,91	22,36	0,0008	125	0,91	2,88	0,0006
26-36	3.219.533	0,88	328	0,0014	274	0,92	5,20	0,0008
26-37	1.106.659	0,98	449,86	0,0022	279	0,88	5,37	0,0010
26-54	24.702	0,93	65,42	0,0050	140	0,98	3,95	0,0035
26-62	383	0,91	7,11	0,0058	191	0,96	1,21	0,0023

Türkiye DSİ AGİ' leri arasından seçilmiş olan 65 adet istasyon için doğal akış verileri ile hesaplanmış model sonucu ulaşılan  $\alpha$ ,  $\beta$  ve bu parametrelerin hesaplanması sırasında oluşan tanımlılık katsayıları Şekil 5.20, 5.21 ve 5.22' de sunulmuştur.



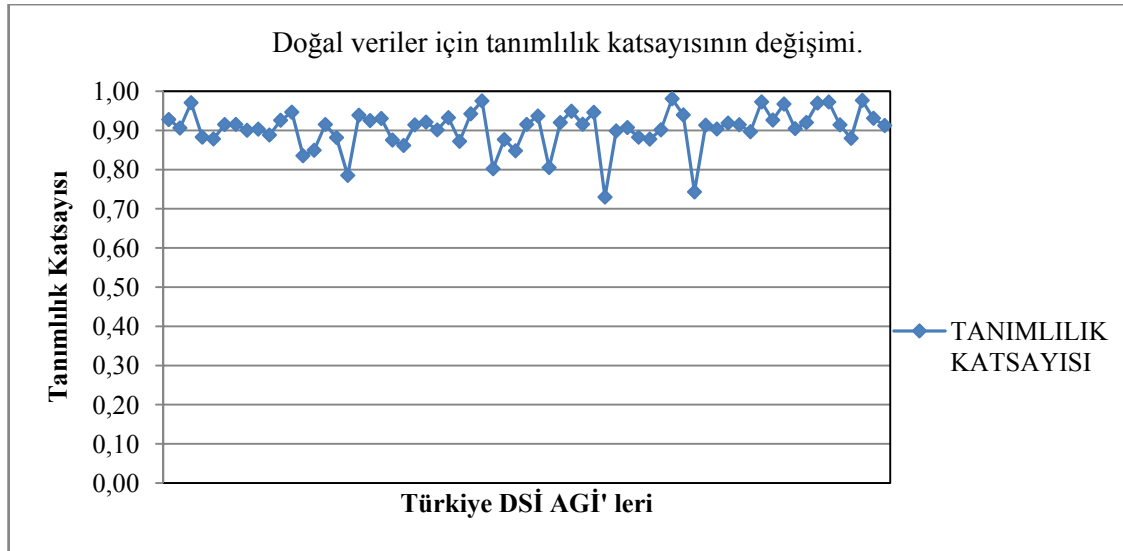
**Şekil 5.20** Verilerin doğal durumu için hesaplanan  $\alpha$  değerleri

Şekil 5.20' den de anlaşılacağı üzere ilgili 65 adet istasyon için  $\alpha$  değerleri çoğunlukla 0 ila 300 mertebelerinde bulunmaktadır. Uç değer olarak 900' e kadar çıktığı da gözlenmektedir.



**Şekil 5.21** Verilerin doğal durumu için hesaplanan  $\beta$  değerleri

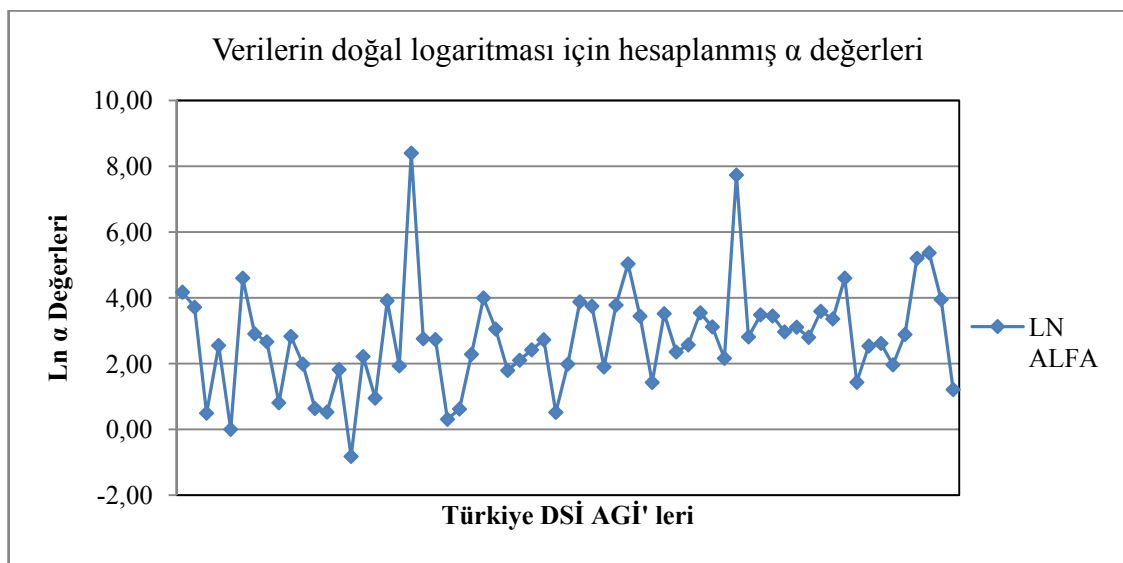
Şekil 5.21' den anlaşılacağı üzere,  $\beta$  değerleri çoğunlukla 0,001 ila 0,02 mertebelerinde hesaplanmaktadır.



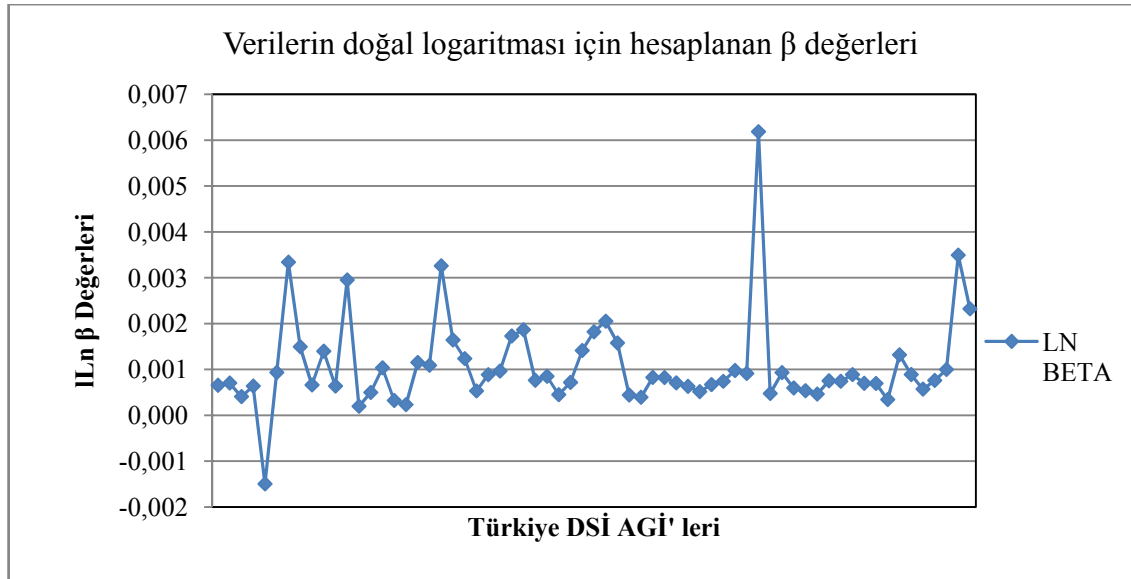
**Şekil 5.22** Verilerin doğal durumu için hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi

Verilerin doğal durumu için yapılan modelleme sonucunda elde edilen  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri' nin tanımlılık katsayıları 0,95 mertebesine çıkmaktadır. Bu değer (5.1) bağıntısı ile benzeştirilerek çizilen ASE' lerin ne denli başarılı bir şekilde modellendiğini göstermektedir.

Verilerin doğal logaritması (ln) alınarak kurulan model sonucunda hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri ve değerlerin hesaplanması sırasında oluşan tanımlılık katsayıları ise sırasıyla Şekil 5.23, 5.24 ve 5.25' de sunulmuştur.

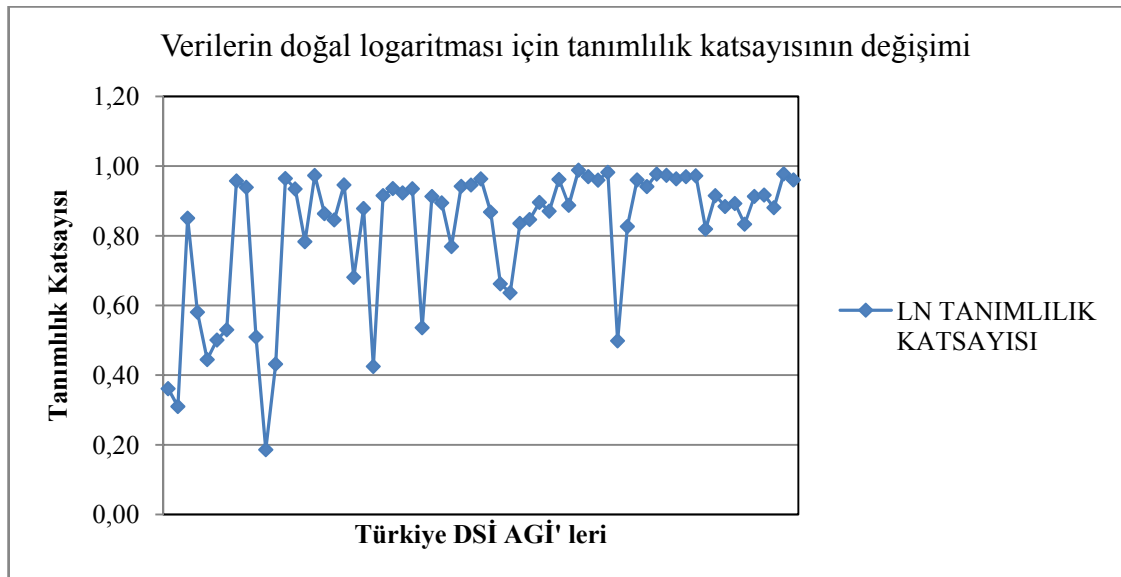


**Şekil 5.23** Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış  $\alpha$  değerleri



**Şekil 5.24** Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış  $\beta$  değerleri

Şekil 5.23 ve 5.24' den anlaşılacağı üzere verilerin ln değerleri ile yapılan çalışma sonucunda  $\alpha$  değerleri 1 ila 4 mertebelerinde,  $\beta$  değerleri ise 0,0005 ila 0,002 mertebelerinde bulunmuştur. Bu hesaplama sonucunda elde edilen tanımlılık katsayıları ise çoğunlukla 0,9 dolaylarında kalmakla beraber doğal verilere oranla daha düşük bir ilişki göstermektedir (Şekil 5.25).



**Şekil 5.25** Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi

### 5.3.2. Modellenen ASE' lerinin Parametrelerinin Havzaya ilişkin Başka Özelliklerle İlişkilerinin Araştırılması

Çalışmanın bu bölümünde, bir önceki Bölüm' de modelleme işlemi tamamlanan akım süre eğrilerini ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri havzaya ilişkin diğer özelliklerle tanımlanmaya çalışılmıştır. Kansas verilerinden elde edilen deneyimler göstermektedir ki,  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri eniyi, ilgili istasyonun akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış yüksekliği, yükselti, enlem ve boylam özellikleriyle ifade edilebilmektedir.

Bu doğrultuda verilerin doğal durumu (ASE) ve doğal logaritması [ $\ln(ASE)$ ] için  $\alpha$  ve  $\beta$  değişkenleri AGİ' lerin tümü aynı kümede iken diğer parametrelerle tanımlanmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ASE ve  $\ln(ASE)$ ' de  $\alpha$  ve  $\beta$  için ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçlar sırasıyla Çizelge 5.23 ila 5.26' da sunulmuştur.

**Çizelge 5.23** Verilerin doğal durumu için  $\alpha$  değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,75	0,87
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,74	0,86
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,74	0,86
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,17	0,41
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,71	0,84
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,74	0,86
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,74	0,86
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,74	0,86

**Çizelge 5.24** Verilerin doğal durumu için  $\beta$  değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,12	0,35
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,15	0,39
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,14	0,37
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,15	0,39
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,08	0,28
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,06	0,24
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,08	0,28
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,06	0,24

Çizelge 5.23 ve 5.24' den anlaşılacağı üzere, verilen doğal durumu kullanılarak  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle tanımlanma çalışmasında kurulan ilişkinin tanımlılık katsayısı 0,75 seviyelerinde iken, bu değer  $\beta$  için 0,15' lere kadar düşmektedir. Her ne kadar  $\alpha$  için hesaplanan değer yeterli bile olsa,  $\beta$  için hesaplanan 0,15 değeri kurulan ilişkinin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığını ifade etmektedir. Çünkü ilişkilerden yalnızca birinin kuvvetli olması ASE' nin diğer parametrelerle oluşturulmasını olanaksız kılmaktadır.

**Çizelge 5.25** Verilerin doğal logaritmik durumu [ $\ln(ASE)$ ] için  $\alpha$  değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,41	0,64
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,62	0,79
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,56	0,75
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,31	0,56
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,61	0,78
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,60	0,77
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,60	0,77
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,51	0,71

**Çizelge 5.26** Verilerin doğal logaritmik durumu [ $\ln(ASE)$ ] için  $\beta$  değişkeninin havzaya ilişkin diğer parametrelerle tanımlama çalışması sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,04	0,20
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,11	0,33
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,09	0,3
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,02	0,14
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,10	0,32
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,07	0,26
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,11	0,33
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,07	0,26

Çizelge 5.25 ve 5.26 göstermektedir ki, verilen doğal logaritması [ $\ln(ASE)$ ] kullanılarak  $\alpha$  değişkeninin havzaya ilişkin diğer özelliklerle tanımlanma çalışmasında kurulan ilişkinin tanımlılık katsayısı 0,62 seviyelerinde iken, bu değer  $\beta$  için 0,11' lere kadar düşmektedir.

Verilerin tümünün aynı kümede olması durumunda üç dönüşüm (ASE,  $\ln(ASE)$ ) için de istenilen düzeyde ilişki kurulamamıştır. Bu nedenle verilerin kümelenmesi yoluna gidilmiştir. Daha önce A.B.D./Kansas da yapılan çalışmada, verilerin değişik yöntemlerle kümelenmesine çalışılmış, ancak bu kümelemeler sonucunda istenilen ilişki kurulamamıştır. Türkiye' de ise bundan farklı olarak AGİ' lerin karstik bölgede bulunup bulunmaması durumuna göre kümeleme çalışması yapılmıştır. Oluşturulan iki farklı kümeye giren AGİ' ler Çizelge 5.27' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.27** Türkiye DSİ İstasyonlarının Karstik/Karstik Olmayan Bölgelerde Kalma Durumları

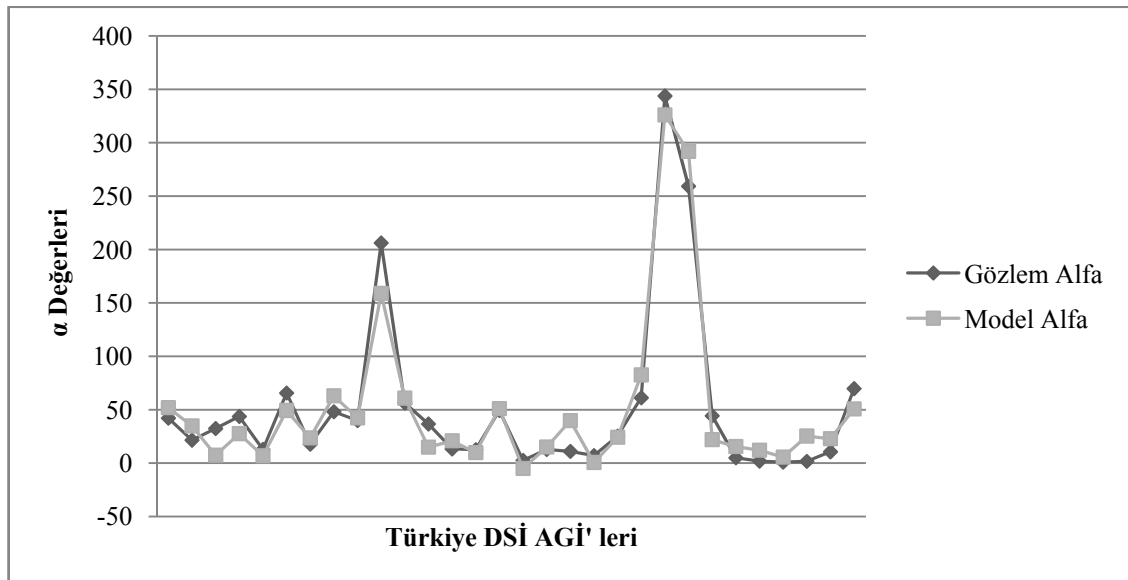
Sıra No	Karstik Bölgede Bulunan İstasyonlar		Karstik Olmayan Bölgede Bulunan İstasyonlar	
	İst. No	İstasyon Adı	İst. No	İstasyon Adı
1	01-31	Soğucak Deresi-Soğucak	01-08	Ergene N. Ddy Kop.-Luleburgaz
2	03-84	Değirmencik Deresi	01-20	Ergene N.-İnanlı
3	06-11	Rahmanlar Çayı	02-06	Kiraz Dere
4	08-18	Ballık Deresi-Ballık Boğazı	02-28	İstıracadere-Karamandere
5	08-49	Başgöz Çayı-Gökbük	02-30	Kocadere-Sölöz
6	08-104	Değirmendere-Akalan	03-34	Simav Çayı-Osmanlar
7	09-02	Yenice Suyu-Zindan Boğazı	03-85	Yaylacık Deresi-İnegazi
8	09-11	Korkuteli Çayı-Salamur Boğazı	05-21	Tabak Deresi-Çaltılı
9	09-67	Karpuz Çayı - Uzunlar	05-41	Muratçayı-Dörtdeğirmen
10	10-27	Bügdüz Deresi-Suludere	07-08	Gökpınar Çayı-Akhan
11	12-126	Kurtboğazı Baraj Girişi	11-13	Kali Çayı Selevir Baraj-Giriş
12	12-185	Akin Deresi- Gemiş	12-146	Göynükçayı-Yeniköy
13	14-109	Sadak Deresi Çakırlar	13-22	Akhasan Deresi-Akhasan
14	15-185	Yıldız Irmağı Zengi	13-32	Aksu D.-Dereevi
15	16-78	Suberte Çayı-Taşağıl	13-40	Gerede Ç.-Bahçedere
16	17-07	Pamukdere-Keşbükü	13-45	Ulus D.-Yağbaşlar
17	17-38	Sedre Çayı	14-80	Gündelen Çayı-Kızıllı
18	18-19	Asmaca Çayı-Feke	15-10	Boğazlıyan Çayı Yeşil Hisar
19	19-14	Deli Çay-Mutlu Çukur	15-93	Devres Çayı-Çukurca
20	20-43	Kesik Su -Taş Köprü	15-95	Taretözü D.Yeşilyazı
21	20-46	Kesik Su-Sarı Danışmanlı	15-98	Sögütözü Deresi-Yuva
22	20-54	Tekir Suyu-Ali Kesen	16-80	Karasu-Demirci
23	20-55	Zeytin Deresi-Sülaymanlı	18-17	Sarı Suyu-Darı Dere
24	21-159	Kuruçay-Kesikköprü	21-01	Karasu Kırkgöze
25	21-172	Kahta Çayı-Damlacık Köprüsü	21-162	Ayvalı Tohma S.Göynük
26	21-210	Büyük Çay-Taşkale	21-186	Göksu Nehri-Savran
27	24-46	Madraksuyu-Hasanagakomu	22-06	Abuçaylayan Deresi-Köprübaşı
28	26-36	Zapsuyu-Üzümcü	22-34	Yanbolu Deresi-Fındıklı
29	26-37	Zapsuyu-Geyman Köprüsü	22-64	Pazarsuyu-Kovanlık
30	26-54	Kızılsu-Kasrık	22-73	Yağlıdere-Tuğlacık
31	26-62	Sallarçayı-Yol Köprü	23-01	Bertasuyu-Berta
32			23-06	Pulurçayı-Cibre
33			23-23	Oltuçayı-Kesik Köprü
34			26-30	Zap Suyu-Çaldıran Köprüsü



İstasyonların karstik bölgede olmalarına göre modellenmesi verilerin iki durumu [(ASE), ln (ASE)] için de yinelenmiştir. ASE' nin  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar ile kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge 5.28 ve 5.29 da, kurulan en iyi ilişki için çizilen Gözlem – Model şekilleri ise Şekil 5.26 ve 5.27' da sunulmaktadır.

**Çizelge 5.28** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\alpha$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

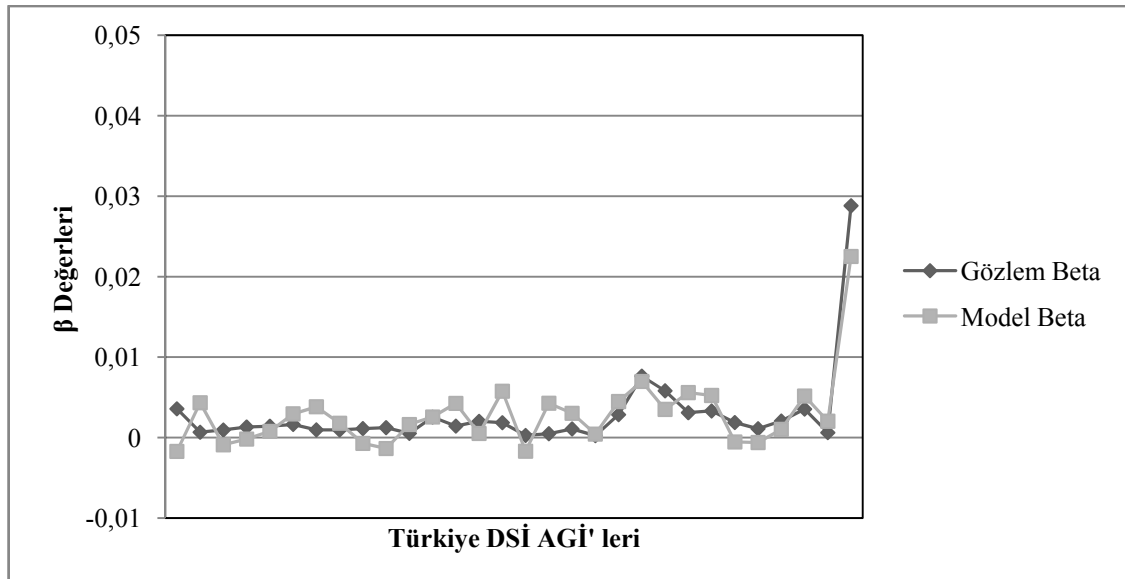
Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,93	0,96
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,94	0,97
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,51	0,71
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,94	0,97
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,93	0,96
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,94	0,97
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,93	0,96



**Şekil 5.26** Karstik bölgelerde ASE' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.29** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\beta$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,63	0,79
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,76</b>	<b>0,87</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,69	0,83
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,74	0,86
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,70	0,84
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,64	0,80
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,20	0,45
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,16	0,40



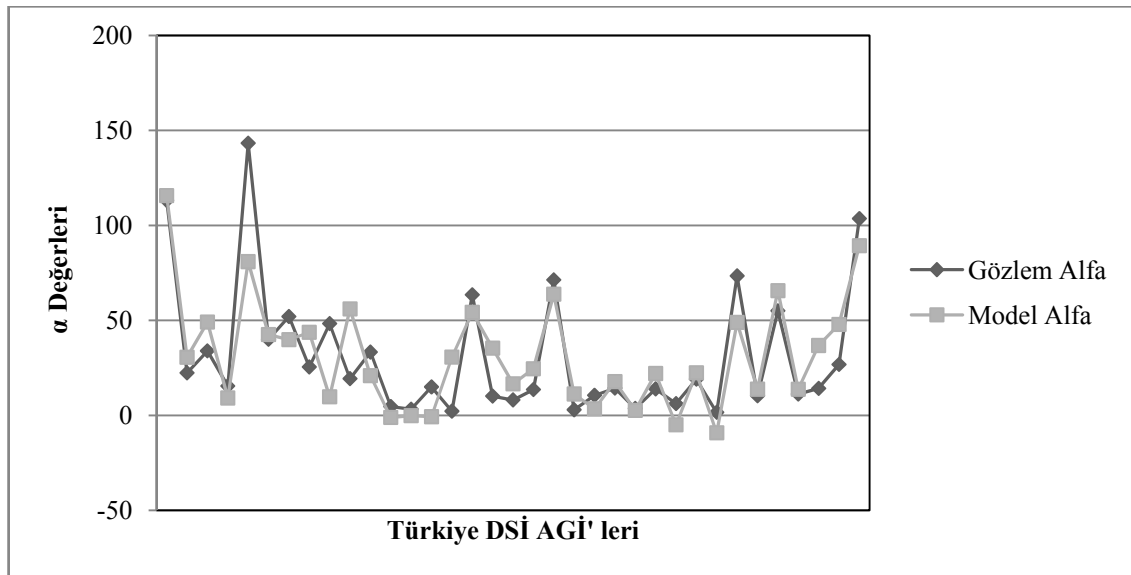
**Şekil 5.27** Karstik bölgelerde ASE' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

Çizelge 5.28 ve Çizelge 5.29' dan da anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerini en iyi tanımlayan bağıntı 2. no. lu bağıntıdır. İlgili bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı parametreyi de içermektedir. Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,95 ve 0,76 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler iki veri takımı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

ASE' nin karstik olmayan bölgede olması durumunda  $\alpha$  ve  $\beta$  değişkenleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar ile kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge 5.30 ve 5.31' de; kurulan en iyi ilişki için çizilen gözlem – model biçimleri ise Şekil 5.28 ve 5.29' da sunulmaktadır.

**Çizelge 5.30** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\alpha$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

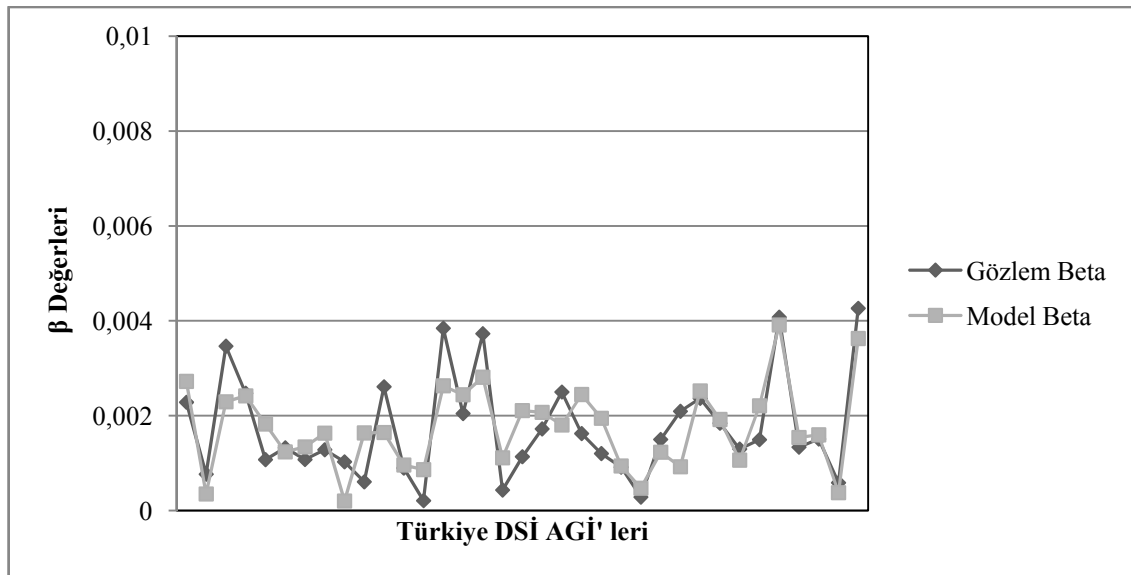
Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,54	0,74
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,70</b>	<b>0,84</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,68	0,82
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,24	0,49
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,51	0,71
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,53	0,73
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,68	0,82
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,54	0,74



**Şekil 5.28** Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.31.** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\beta$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,54	0,74
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,65</b>	<b>0,81</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,41	0,64
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,65	0,80
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,57	0,75
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,28	0,53
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,65	0,81
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,28	0,53



**Şekil 5.29** Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

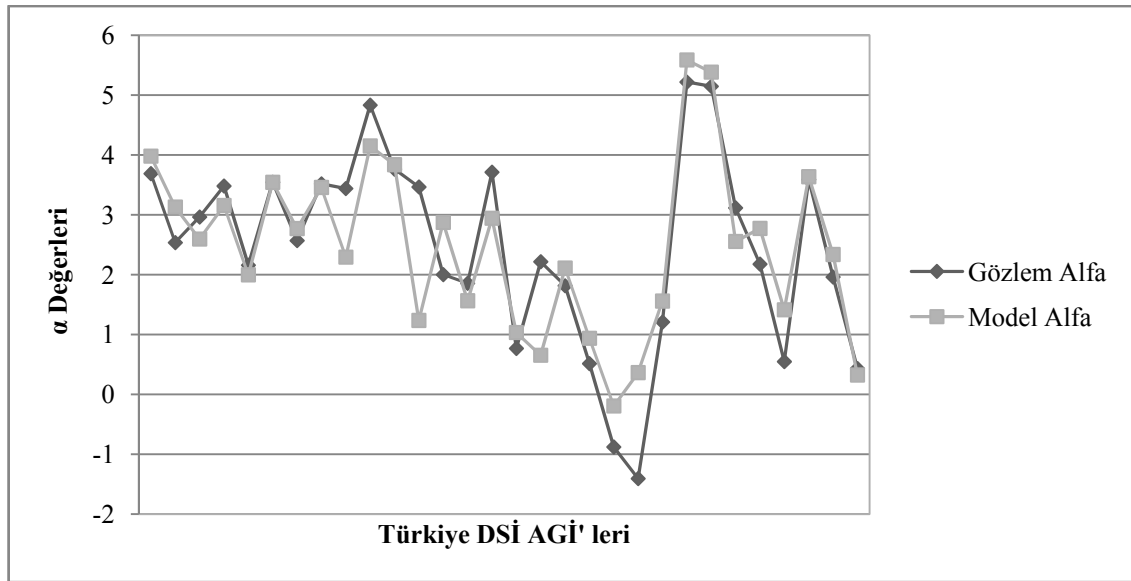
Çizelge 5.30 ve Çizelge 5.31' den de anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerini en iyi tanımlayan bağıntı 2 no. lu bağıntıdır. İlgili bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı parametreyi de içermektedir. Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,70 ve 0,65 olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler iki veri takımı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

ln (ASE)' nin karstik bölgede olması durumunda  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar ile kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge

5.32 ve 5.33' de, kurulan en iyi ilişki için çizilen gözlem – model şekilleri ise, Şekil 5.30 ve 5.31' de sunulmaktadır.

**Çizelge 5.32** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

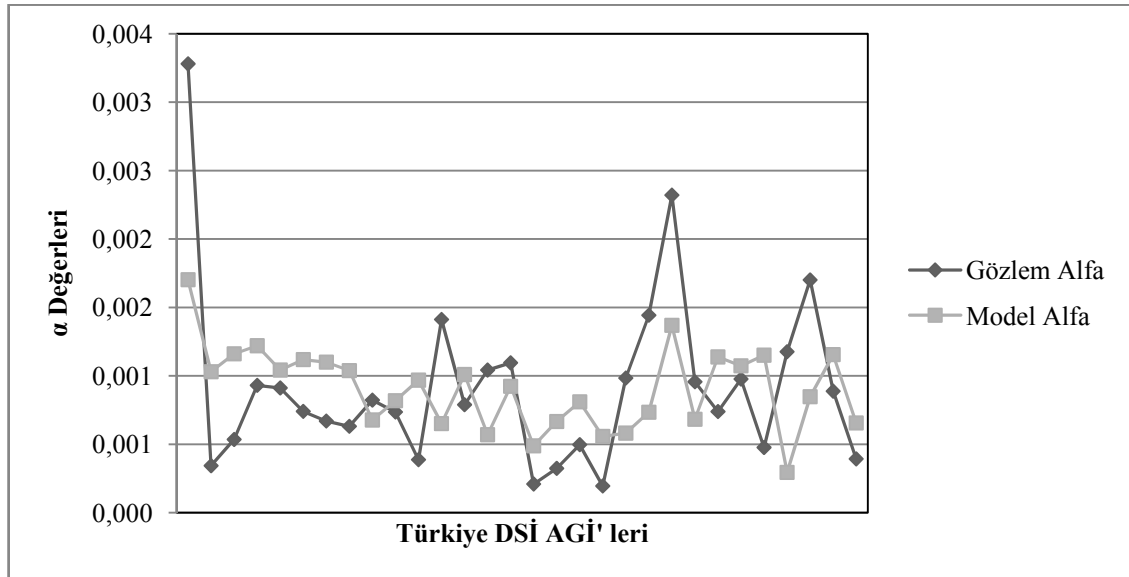
Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,57	0,75
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,77</b>	<b>0,88</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,68	0,82
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,44	0,66
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,66	0,81
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,68	0,82
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,68	0,82
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,69	0,83



**Şekil 5.30** Karstik bölgelerde ln (ASE)' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.33** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\beta$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,12	0,35
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,16	0,40
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,14	0,37
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,10	0,32
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,14	0,37
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,02	0,14
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	<b>0,20</b>	<b>0,45</b>
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,01	0,10



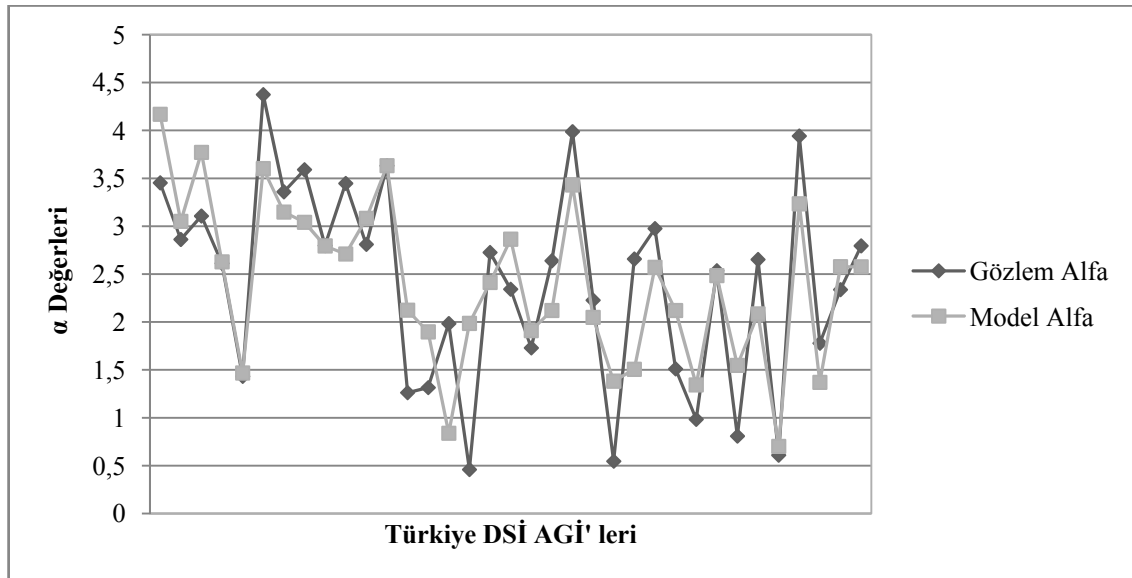
**Şekil 5.31** Karstik bölgelerde LN ASE' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

Çizelge 5.32 ve 5.33' den de anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  parametrelerini en iyi tanımlayan bağıntı 2 no. lu bağıntı iken,  $\beta$  parametresi için bu 7 no. lu bağıntı olmaktadır. 2 No. lu bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı özelliği de içermekte iken; 7 No. lu bağıntı enlem değerini içermemektedir. Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,77 ve 0,20 hesaplanmaktadır. Her ne kadar  $\alpha$  için kurulan ilişki yeterli düzeyde olsa da,  $\beta$  için kurulan ilişkinin zayıf olması nedeniyle, karstik bölgelerde istenilen sonuçlara (ln) dönüşümüyle ulaşamamıştır.

Ln (ASE)' nin karstik olmayan bölgede olması durumunda,  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar ile kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge 5.34 ve 5.35' de, kurulan en iyi ilişki için çizilen gözlem – model şekilleri ise Şekil 5.32 ve 5.33' de sunulmaktadır.

**Çizelge 5.34** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

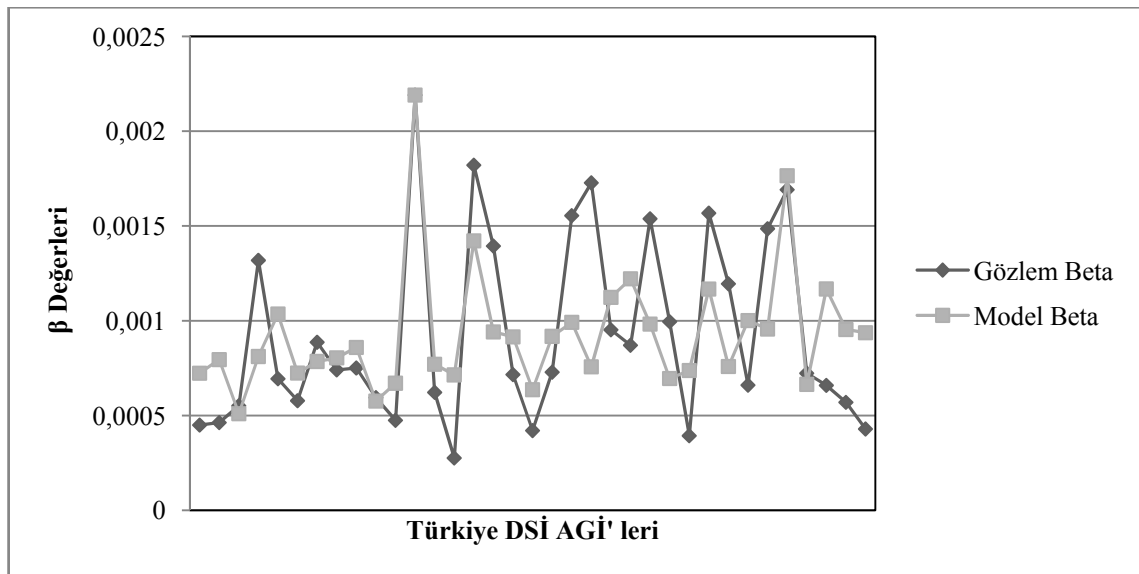
Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,42	0,65
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,66	0,81
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,46	0,68
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,33	0,57
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,61	0,78
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,66	0,81
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	<b>0,67</b>	<b>0,82</b>
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,66	0,81



**Şekil 5.32** Karstik olmayan bölgelerde Ln (ASE)' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.35** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\beta$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,20	0,45
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,25	0,50
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,17	0,41
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,29	0,54
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,22	0,47
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,39	0,62
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	<b>0,44</b>	<b>0,66</b>
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,20	0,45



**Şekil 5.33** Karstik olmayan bölgelerde ln (ASE)' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

Çizelge 5.34 ve Çizelge 5.35' den de anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerini en iyi tanımlayan bağıntı 7 no. lu bağıntıdır. İlgili bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı özelliği de içermektedir. Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,67 ve 0,44 olarak hesaplanmaktadır. Her ne kadar  $\alpha$  için kurulan ilişki yeterli düzeyde olsa da,  $\beta$  için kurulan ilişkinin zayıf olması nedeniyle, karstik olmayan bölgelerde istenilen sonuçlara (ln) dönüşümü ile ulaşamamıştır.

Türkiye verilerinin her 2 durum için [(ASE, ln (ASE))] dönüşümü sonucunda elde edilen en yüksek ilişkiyi ifade eden bağıntılar Çizelge 5.36' da sunulmuştur.



**Çizelge 5.36** Türkiye verileri için yapılan çözümlenmeler sonucunda en yüksek ilişkiyi veren bağıntılar

ASE	Karstik	$\alpha$	$f(x) = -629,1 + 3,9 * 10^{-16} ENL^{10,54} + 835,7BYL^{-0,119} + 1,068DSY^{0,659} + 85,24DA^{-0,03} - 1,1 * 10^7YOY^{-2,08}$
		$\beta$	$f(x) = -0,277 + 0,00029ENL^{1,57} + 1,393BYL^{-1,35} + 0,2DSY^{-1,18} + 0,346DA^{-0,005} - 0,195YOY^{-0,036}$
	Karstik olmayan	$\alpha$	$f(x) = -130492 - 3349,98ENL^{0,0046} + 1,30 * 10^{-18}BYL^{12,2} + 130119,5DSY^{-4*10^{-5}} + 25,5DA^{0,207} + 3678,9YOY^{0,001}$
		$\beta$	$f(x) = 0,48 - 0,31ENL^{-0,0016} + 0,00026BYL^{1,19} + 0,74DSY^{-1,76} - 0,18DA^{-0,0002} - 0,00042YOY^{0,38}$
LN ASE	Karstik	$\alpha$	$f(x) = -1,1 * 10^7 + 193 * 10^4ENL^{-1*10^5} - 970 * 10^4BYL^{-4,59} + 148 * 10^4DSY^{5,43*10^{-7}} + 955 * 10^4DA^{-3,8*10^{-8}} + 155 * 10^4YOY^{-1082316}$
		$\beta$	$f(x) = 3,06 + 3,89 * 10^{-12}BYL^{5,22} - 1,5 * 10^{-11}DSY^{2,28} - 1,71 * 10^{-15}DA^{3,13} - 3,06YOY^{-7,4*10^{-5}}$
	Karstik olmayan	$\alpha$	$f(x) = -10,47 - 1,1 * 10^{-15}ENL^{8,92} + 3,076BYL^{-4,09} + 1,426DSY^{-5,29} + 3,9DA^{0,08} + 1,67YOY^{0,21}$
		$\beta$	$f(x) = -0,089 + 0,067BYL^{0,041} + 0,0014DSY^{-5,33} + 0,0035DA^{-0,44} + 0,013YOY^{-0,02}$

### 5.3.3. Türkiye Verilerinin Çözücü Programı ile Modelleme Çalışmaları Sonuçları

Türkiye DSİ verileri ile yapılan çalışmalar sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır:

- 1) ASE' nin  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek modellenmesiyle 0,95 gibi yüksek bir tanımlılık katsayısı veren kuvvetli bir ilişki ortaya konulmuştur.
- 2) Ln (ASE)' nin  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek modellenmesiyle 0,90 gibi yüksek bir tanımlılık katsayısı veren kuvvetli bir ilişki ortaya konulmuştur.
- 3) Türkiye verilerinin tümünün bir kümede modellenerek  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin havzaya ilişkin diğer özellikler ile tanımlanması olumlu sonuçlar verememektedir.
- 4) Türkiye' ye ilişkin istasyonların karstik bölgelerde olup olmamalarına göre kümelere ayrılması ile  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri havzaya ilişkin diğer özelliklerle tanımlanabilmiştir.
- 5) Verilerin doğal durumunun kullanılmasıyla kurulan ilişkinin, doğal logaritması' nın kullanılmasına oranla daha yüksek tanımlılık katsayısına sahip bir ilişki ortaya çıkmaktadır.
- 6) Bu sayede Türkiye' de bir istasyonun yalnızca 5 adet havza özelliği (akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış yüksekliği, yükselti, enlem, boylam) kullanılarak ASE' leri çizilebilmektedir. Çizilen bu parametrik ASE' ler model ASE' lere ortalama %30 yanılğı ile benzetilebilmiştir. Ancak Gözlem ASE' leri ile aralarında %100 yanılğıya ulaşan farklar saptanmıştır.

## 5.4. Türkiye Verilerinin Ortalama Akış Değerleri ile Çözümlemesi

### 5.4.1. ASE' nin Modellenmesi

Bölüm 5.3' de de belirtildiği üzere, parametrik ASE' ler ile gözlem ASE' ler arasındaki mutlak yanılğı istenilen oranın üzerinde çıkmıştır. Bu durum ASE' ye ilişkin gözlem sayısının çokluğundan kaynaklanmaktadır. Ülkemizdeki bu konudaki yatırımcı kuruluş DSİ, ASE' yi verilerin tümünü, büyükten küçüğe sıralayarak oluşturmaktadır. Örneğin 20 yıllık veriye sahip bir istasyon için 7300 adet veri kullanılmaktadır. Bilindiği üzere bu çalışma kapsamında ASE' nin modellenmesinde  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısı kullanılmıştır. İlgili bağıntının yapısından dolayı zaman serisini ifade eden t değeri büyüdükçe y değeri 0' a yaklaşmaktadır. Bu da bağıntının amacına uygun sonuçlar vermesini olanaksız kılmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için çözümler Türkiye DSİ AGİ' lerine ilişkin verilerinin ortalaması alınarak yinelenmiştir.

Gerçekte bu yaklaşım veri dizisinin rastlansal (stokastik) yapısını da bir ölçüde yansıtmaktadır. Gözlem verilerinin tümünün büyüklük sırasına konulmasıyla oluşturulan ASE' nin oluşturulması yaklaşımında (DSİ yaklaşımı) gereklilik (deterministik) belirgin biçimde ortaya çıkmaktadır. Halbuki ortalama alınarak o dizinin simgelenmesiyle daha özlü bir bilgiye ulaşılması istatistikçe bilinen bir konudur.

Türkiye DSİ AGİ' lerinin her bir günü için uzun yıllar ortalaması hesaplanmış ve en sonunda 365 adet veriden oluşan ASE' ler çizdirilmiş ve ekte (Ek 1a ve b) sunulmuştur. Çizilen bu gözlem ASE' leri (5.1) bağıntısına benzetilerek excel programının içindeki Çözücü altyordamı kullanılarak modellenmiş ve hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri Çizelge 5.37' de sunulmuştur.

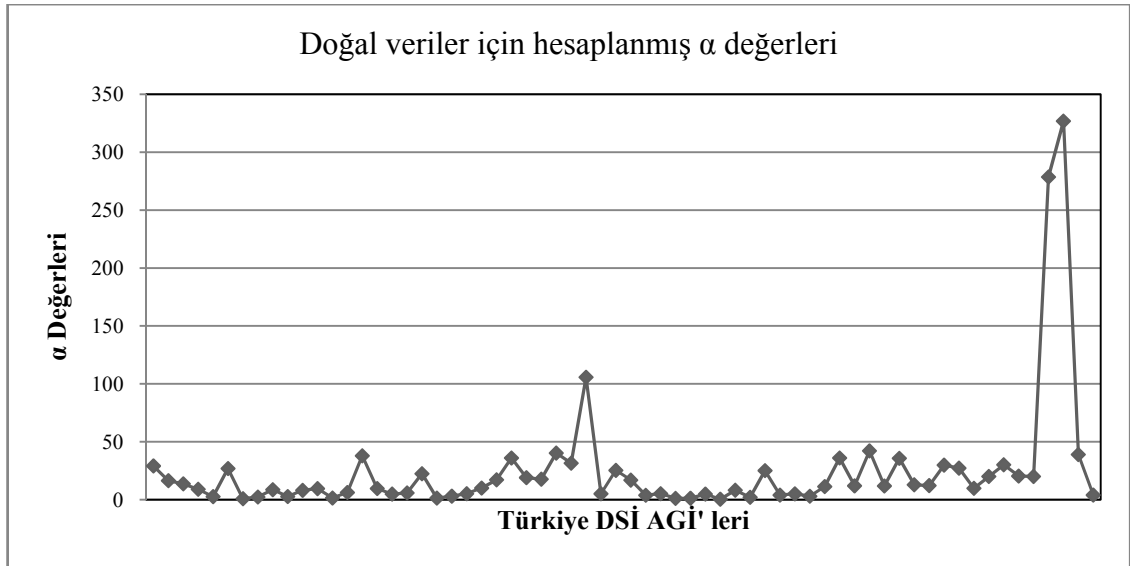
**Çizelge 5.37** Türkiye DSİ AGİ' lerinden elde edilen doğal, log ve ln dönüşümleri uygulanmış ASE' lerdeki üstel bağıntı için hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (1/2)

İst. No	İstasyon Adı	ASE				ln (ASE)			
		HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
01-08	Ergene N. Ddy Kop.-Lul.	609	0,97	29,13	0,0091	2	0,99	30,57	0,0096
01-20	Ergene N.-İnanlı	82	0,99	16,41	0,0087	3	0,99	15,55	0,0083
02-06	Kirazdere	94	0,98	13,67	0,0069	4	0,98	15,13	0,0077
02-28	Istıracadere-Karamandere	42	0,98	9,01	0,0091	6	0,99	10,26	0,0106
02-30	Kocadere-Sölöz	25	0,88	2,67	0,0068	8	0,97	3,05	0,0080
03-34	Simav Çayı-Osmanlar	834	0,96	26,91	0,0092	15	0,98	37,80	0,0131
03-85	Yaylacık Deresi-İnegazi	1	0,94	0,88	0,0106	92	0,93	1,76	0,0173
05-21	Tabak Deresi-Çaltılı	3	0,98	2,30	0,0088	8	0,98	2,34	0,0093
05-41	Muratçayı-Dörtdeğirmen	11	0,99	8,63	0,0098	11	0,98	10,74	0,0118
07-08	Gökpinar Çayı-Akhan	11	0,91	2,72	0,0031	5	0,92	2,98	0,0037
11-13	Kali Çayı Selevir Baraj-Giriş	125	0,93	8,08	0,0080	17	0,96	9,91	0,0102
12-146	Göynükçayı-Yeniköy	33	0,99	9,54	0,0104	3	0,99	10,52	0,0116
13-22	Akhasan Deresi-Akhasan	1	0,99	1,45	0,0108	10	0,98	1,47	0,0112
13-32	Aksu D.-Dereevi	74	0,92	6,19	0,0088	12	0,92	4,44	0,0057
13-40	Gerede Ç.-Bahçedere	216	0,99	37,91	0,0135	5	0,99	34,49	0,0123
13-45	Ulus D.-Yağbaşlar	37	0,98	9,63	0,0114	15	0,98	11,55	0,0132
14-80	Gündelen Çayı-Kızıllı	25	0,96	4,88	0,0090	11	0,96	4,38	0,0084
15-10	Boğazlıyan Çayı Yeşil Hisar	35	0,95	5,84	0,0043	11	0,91	6,61	0,0053
15-93	Devres Çayı-Çukurca	195	0,99	22,45	0,0133	20	0,94	14,55	0,0086
15-95	Taretözü D.Yeşilyazı	2	0,96	1,35	0,0071	4	0,97	1,15	0,0058
16-80	Karasu-Demirci	30	0,84	3,02	0,0035	11	0,88	3,48	0,0046
18-17	Sarı Suyu-Darı Dere	53	0,92	5,17	0,0081	18	0,84	3,54	0,0049
21-01	Karasu-Kırkgöze	161	0,94	10,03	0,0117	36	0,80	5,55	0,0059
21-162	Ayvalı Tohma S.Göynük	424	0,91	17,17	0,0037	4	0,91	15,78	0,0031
21-186	Göksu Nehri-Savran	1390	0,96	36,00	0,0074	5	0,97	29,54	0,0057
22-06	Abuçaçlayan D.Köprübaşı	171	0,98	19,03	0,0050	2	0,98	17,90	0,0045
22-34	Yanbolu Deresi-Fındıklı	316	0,96	17,71	0,0088	12	0,92	12,90	0,0059
22-64	Pazarsuyu-Kovanlık	1511	0,96	40,26	0,0102	17	0,93	29,37	0,0074
22-73	Yağlıdere-Tuğlacık	1056	0,96	31,54	0,0088	10	0,94	23,66	0,0062
23-01	Bertasuyu-Berta	9380	0,97	105,72	0,0116	34	0,86	65,84	0,0073
23-06	Pulurçayı-Cibre	70	0,89	5,09	0,0119	40	0,78	2,75	0,0059
23-23	Oltuçayı-Kesik Köprü	498	0,97	25,35	0,0162	48	0,84	12,12	0,0078
26-30	Zap Suyu-Çaldıran Köprüsü	284	0,95	16,92	0,0050	1	0,99	16,08	0,0046
01-31	Soğucak Deresi-Soğucak	39	0,88	3,82	0,0165	18	0,96	2,54	0,0101
3-84	Değirmencik D. Eyüpbükü	82	0,87	5,19	0,0134	19	0,96	4,01	0,0104
06-11	Rahmanlar Ç.-Bebekler Köyü	1	0,97	1,14	0,0097	51	0,93	1,57	0,0131

**Çizelge 5.37** Türkiye DSİ AGİ' lerinden elde edilen doğal, log ve ln dönüşümleri uygulanmış ASE' lerdeki üstel bağıntı için hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri (2/2)

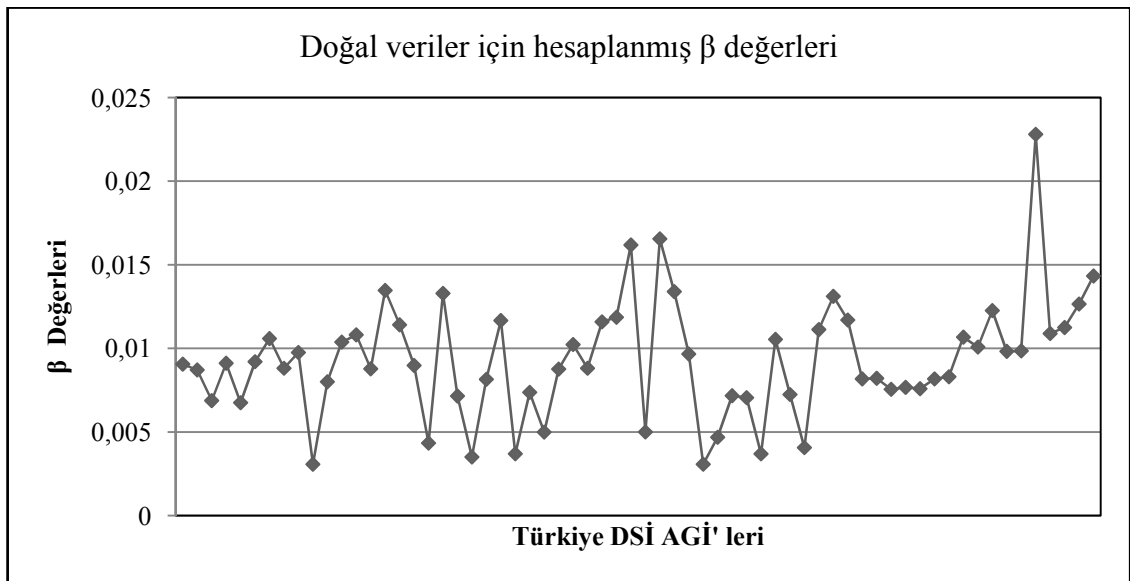
İst. No	İstasyon Adı	ASE				ln (ASE)			
		HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$	HKT	R <sup>2</sup>	$\alpha$	$\beta$
08-18	Ballık Deresi-Ballık Boğazı	0	0,99	1,22	0,0031	0	0,99	1,23	0,0031
08-49	Başgöz Çayı-Gökbük	33	0,93	4,83	0,0047	3	0,95	4,38	0,0040
08-104	Değirmendere-Akalan	0	0,99	0,39	0,0072	2	0,99	0,37	0,0067
09-02	Yenice Suyu-Zindan Boğazı	41	0,97	8,20	0,0070	3	0,98	7,28	0,0060
09-11	Korkuteli Çayı-Salamur Boğazı	6	0,91	2,06	0,0037	3	0,94	1,90	0,0032
09-67	Karpuz Çayı - Uzunlar	2296	0,86	25,12	0,0105	9	0,97	21,00	0,0083
10-27	Bügdüz Deresi-Suludere	8	0,98	3,96	0,0072	6	0,96	3,53	0,0064
12-126	Kurtboğazı Baraj Girişi	28	0,94	5,05	0,0041	2	0,96	4,63	0,0035
12-185	Akin Deresi- Gemiş	5	0,98	2,99	0,0111	3	0,99	2,86	0,0110
14-109	Sadak Deresi Çakırlar	124	0,96	11,30	0,0131	41	0,87	6,70	0,0082
15-185	Yıldız Irmağı Zengi	960	0,97	36,03	0,0117	17	0,93	24,16	0,0077
16-78	Suberte Çayı-Taşağıl	217	0,95	11,95	0,0082	55	0,94	21,34	0,0141
17-07	Pamukdere-Keşbükü	278	0,99	42,15	0,0082	2	0,99	39,52	0,0077
17-38	Sedre Çayı-Kocaoğlanlı	277	0,93	11,83	0,0076	87	0,87	19,69	0,0120
18-19	Asmaca Çayı-Feke	735	0,98	35,74	0,0077	4	0,98	31,63	0,0066
19-14	Deli Çay-Mutlu Çukur	419	0,90	12,88	0,0076	5	0,97	10,82	0,0061
20-43	Kesik Su -Taş Köprü	205	0,95	12,20	0,0082	13	0,96	13,38	0,0090
20-46	Kesik Su-Sarı Danışmanlı	320	0,99	29,84	0,0083	2	0,99	29,13	0,0080
20-54	Tekir Suyu-Ali Kesen	154	0,99	27,27	0,0107	7	0,98	23,64	0,0092
20-55	Zeytin Deresi-Sülaymanlı	111	0,95	9,85	0,0101	6	0,98	7,91	0,0078
21-159	Kuruçay-Kesikköprü	170	0,98	20,06	0,0123	60	0,94	28,80	0,0155
21-172	Kahta Çayı-Damlacık Köprüsü	170	0,99	30,14	0,0098	2	0,99	30,10	0,0097
21-210	Büyük Çay-Taşkale	95	0,99	20,40	0,0098	3	0,99	18,85	0,0089
24-46	Madraksuyu-Hasanagakomu	351	0,96	20,04	0,0228	68	0,79	6,75	0,0080
26-36	Zapsuyu-Üzümcü	48295	0,97	278,64	0,0109	31	0,89	191,90	0,0078
26-37	Zapsuyu-Geyman Köprüsü	96325	0,96	326,93	0,0112	40	0,85	207,12	0,0073
26-54	Kızılsu-Kasrık	1529	0,96	38,96	0,0126	9	0,99	45,96	0,0143
26-62	Sallarçayı-Yol Köprü	58	0,85	3,99	0,0143	8	0,99	3,63	0,0126

Türkiye DSİ AGİ' leri arasından seçilmiş olan 65 adet istasyon için doğal akış verileri ile hesaplanmış model sonucu ulaşılan  $\alpha$ ,  $\beta$  ve bu parametrelerin hesaplanması sırasında oluşan tanımlılık katsayıları Şekil 5.34, 5.35 ve 5.36' da sunulmuştur.



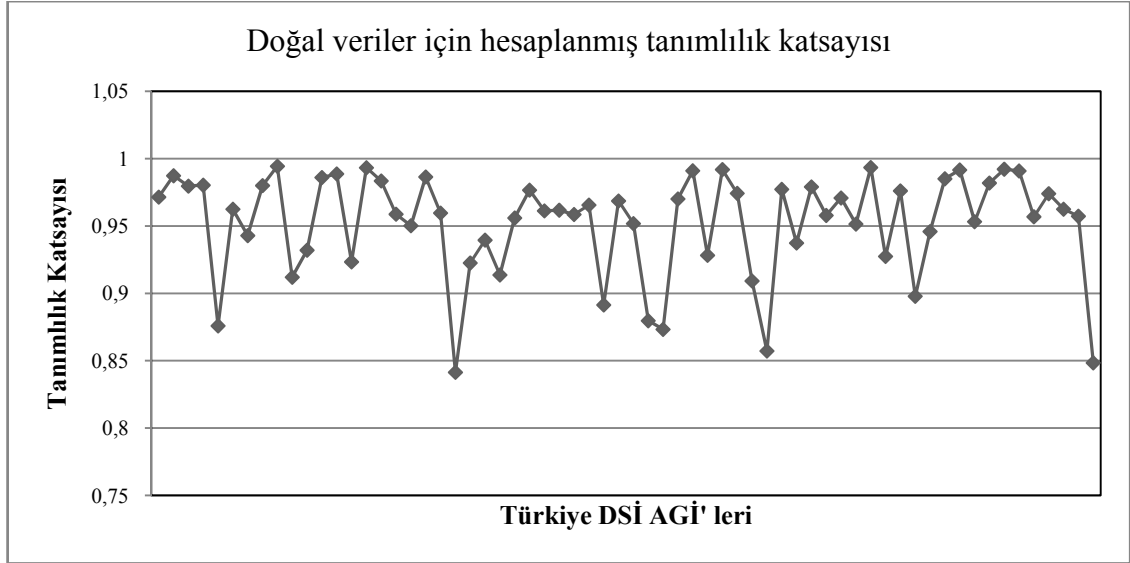
**Şekil 5.34** Verilerin doğal durumu için hesaplanmış  $\alpha$  değerleri

Şekil 5.34' den de anlaşılacağı üzere, ilgili 65 adet istasyon için  $\alpha$  değerleri çoğunlukla 0 ila 50 mertebelerinde bulunmaktadır. Uç değer olarak 300' e kadar çıktığı da gözlenmektedir.



**Şekil 5.35** Verilerin doğal durumu için hesaplanmış  $\beta$  değerleri

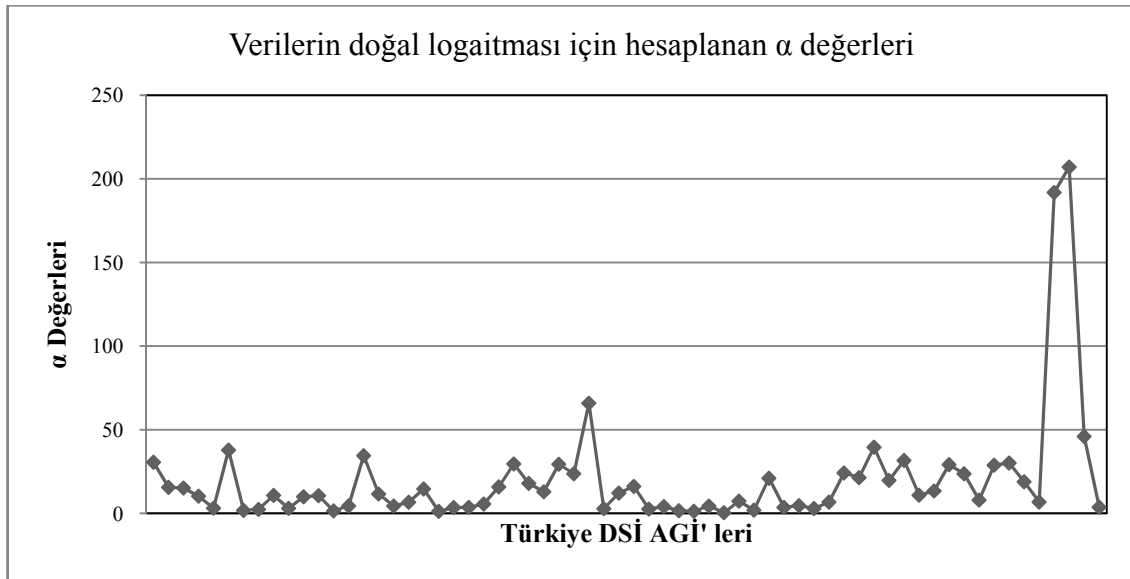
Şekil 5.35' den de anlaşılacağı üzere,  $\beta$  değerleri çoğunlukla 0,005 ila 0,015 arasında değişmektedir.



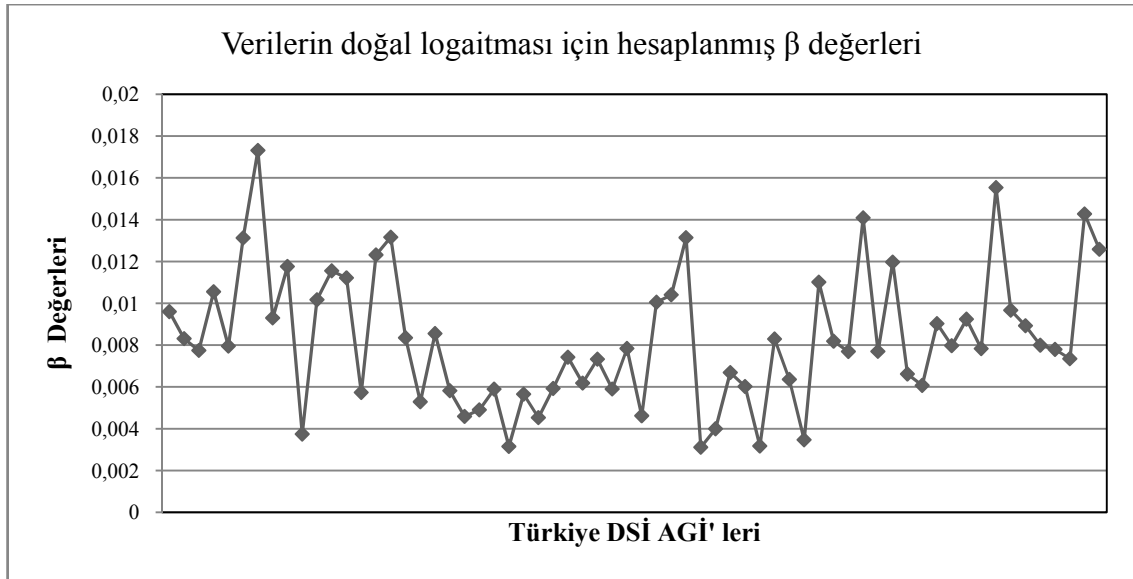
**Şekil 5.36** Verilerin doğal durumu için hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi

Verilerin doğal durumu için yapılan modelleme sonucunda elde edilen  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri' nin tanımlılık katsayıları 0,95 mertebesine çıkmaktadır. Bu değer (5.1) bağıntısı ile benzeştirilerek çizilen ASE' lerin ne denli başarılı bir biçimde modellendiğini göstermektedir.

Verilerin doğal logaritması (ln) alınarak kurulan model sonucunda hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri ve değerlerin hesaplanması sırasında oluşan tanımlılık katsayıları ise sırasıyla Şekil 5.37, 5.38 ve 5.39' da sunulmuştur.

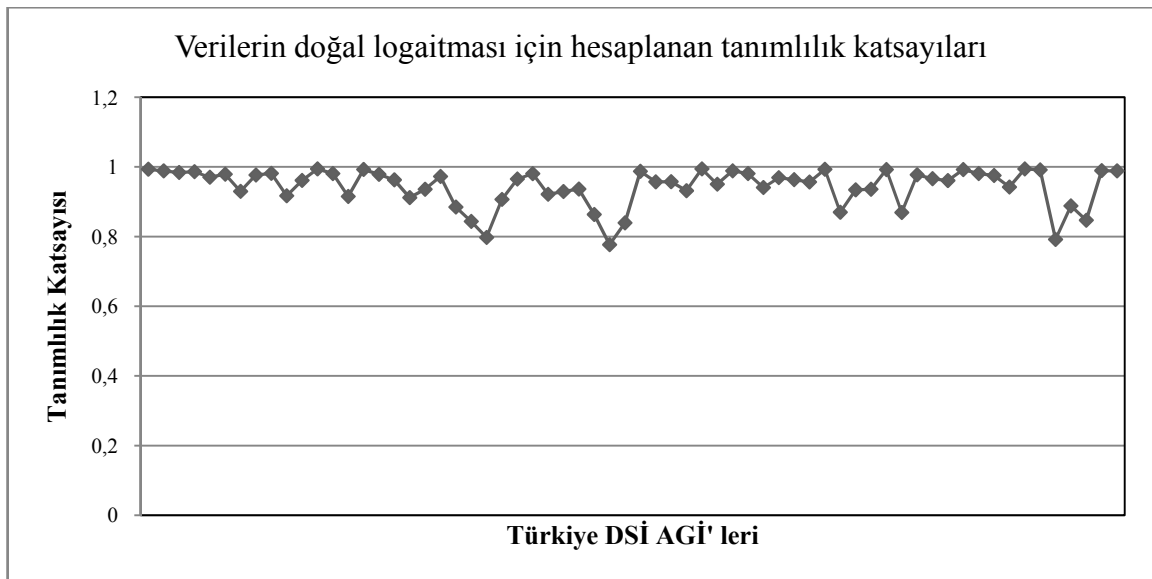


**Şekil 5.37** Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış  $\alpha$  değerleri



**Şekil 5.38** Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış  $\beta$  değerleri

Şekil 5.37 ve 5.38' den de anlaşılacağı üzere, verilerin (ln) dönüşümleriyle yapılan çalışma sonucunda,  $\alpha$  değerleri 1 ila 50 mertebelerinde;  $\beta$  değerleri ise 0,004 ila 0,014 aralığında değişmiştir. Bu hesaplama sonucunda elde edilen tanımlılık katsayıları ise çoğunlukla 0,97 dolaylarında seyretmektedir (Şekil 5.39).



**Şekil 5.39** Verilerin doğal logaritmaları alınarak hesaplanmış  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerinin tanımlılık katsayılarının değişimi



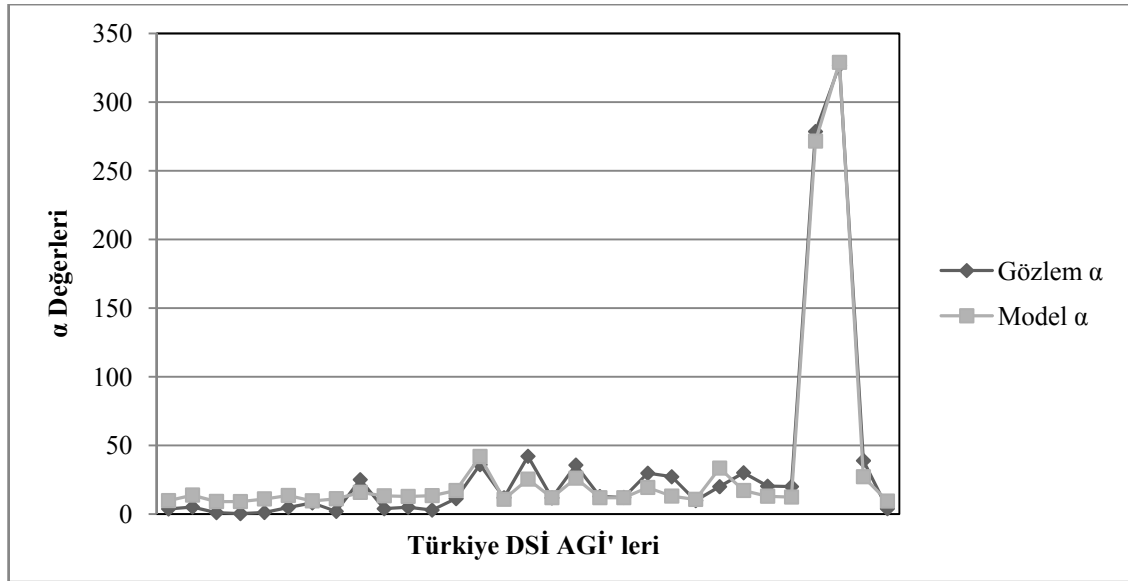
#### 5.4.2. Modellenen ASE' lerinin Parametrelerinin Havzaya ilişkin Başka Parametrelerle İlişkilerinin Araştırılması

Verilerin tümünün aynı kümede olması durumunda üç dönüşüm [ASE, log (ASE), ln (ASE)] için de istenilen düzeyde ilişki kurulamadığı, hem A.B.D. Kansas AGİ hem de Türkiye DSİ AGİ' lerde belirlenmiştir. Bir önceki Bölüm' de, Türkiye' deki AGİ' lerin karstik bölgede bulunup bulunmaması durumuna göre kümeleme çalışması yapılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmişti. Bu nedenle ortalamalar ile yapılacak olan bu çalışmada, karstik bölgede bulunma durumu dikkate alınarak Çizelge 5.29' da sunulan istasyonlar kullanılmıştır.

İstasyonların karstik bölgede olmalarına göre modellenmesi verilerin iki durum [ASE, ln (ASE)] için de yinelenmiştir. ASE' nin  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar ile kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge 5.38 ve 5.39' da; kurulan eniyi ilişki için çizilen gözlem – model şekilleri ise Şekil 5.40 ve 5.41' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.38** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\alpha$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

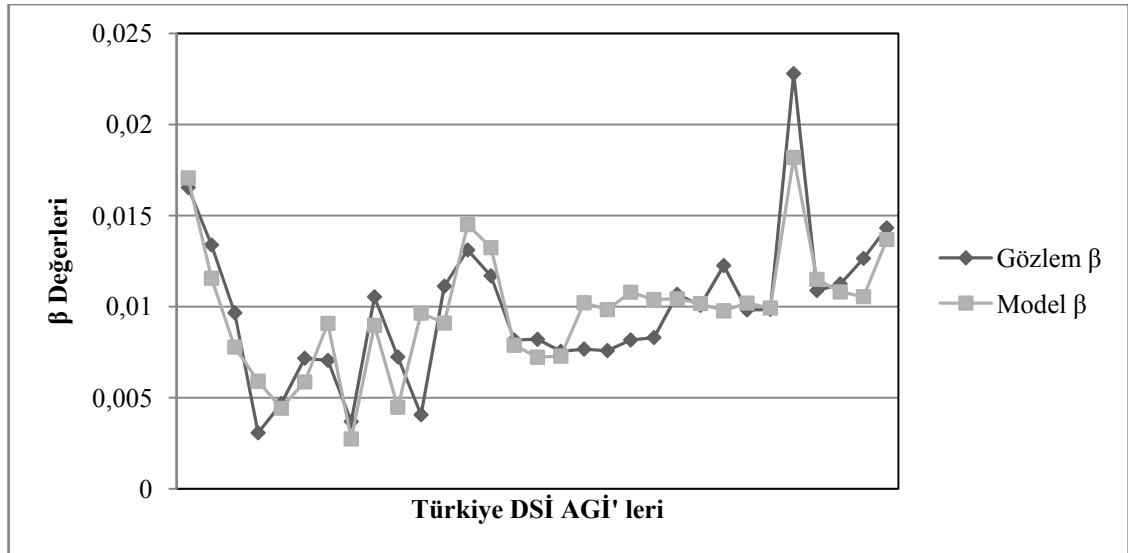
Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,99	0,99
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,99	0,99
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,02	0,14
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,99	0,99
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,99	0,99
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,99	0,99
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,99	0,99



**Şekil 5.40** Karstik bölgelerde ASE' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.39** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\beta$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,67	0,82
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,73</b>	<b>0,85</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,62	0,79
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,69	0,83
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,73	0,85
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,63	0,79
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,24	0,49
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,17	0,41



**Şekil 5.41** Karstik bölgelerde ASE' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

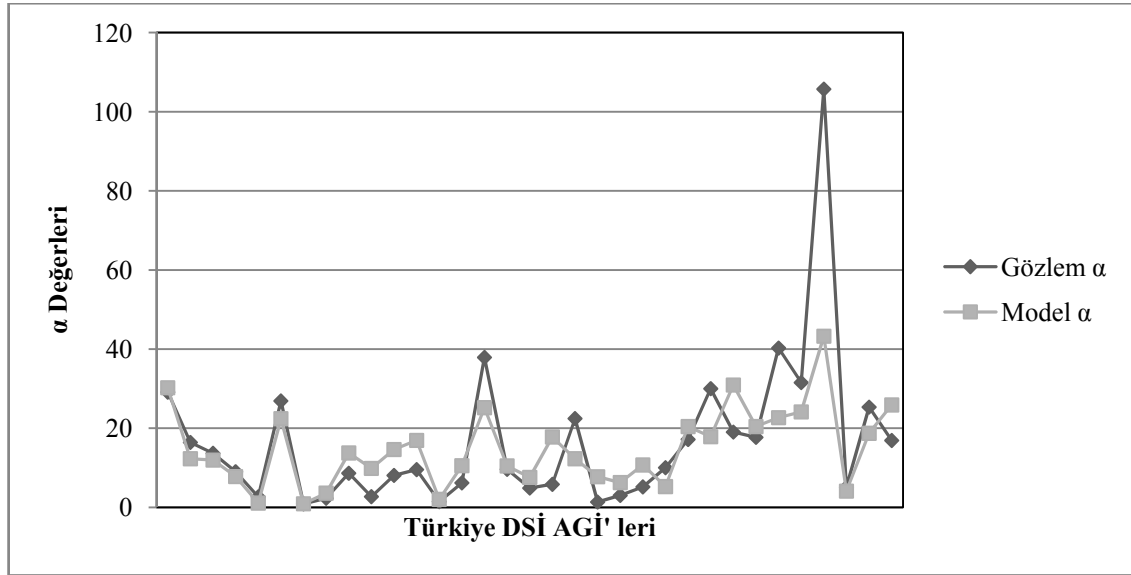
Çizelge 5.38 ve Çizelge 5.39' dan da anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerini en iyi tanımlayan bağıntı 2. no. lu bağıntıdır. İlgili bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı parametreyi de içermektedir. Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,98 ve 0,73 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler iki veri takımı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

ASE' nin karstik olmayan bölgede olması durumunda  $\alpha$  ve  $\beta$  değişkenleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar yardımıyla kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge 5.40 ve 5.41 de; kurulan eniyi ilişki için çizilen gözlem – model biçimleri ise Şekil 5.42 ve 5.43' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.40** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\alpha$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,48	0,69
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,52	0,72
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,46	0,67
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,32	0,57
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,48	0,69
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,48	0,69
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	<b>0,66</b>	<b>0,81</b>
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,46	0,68

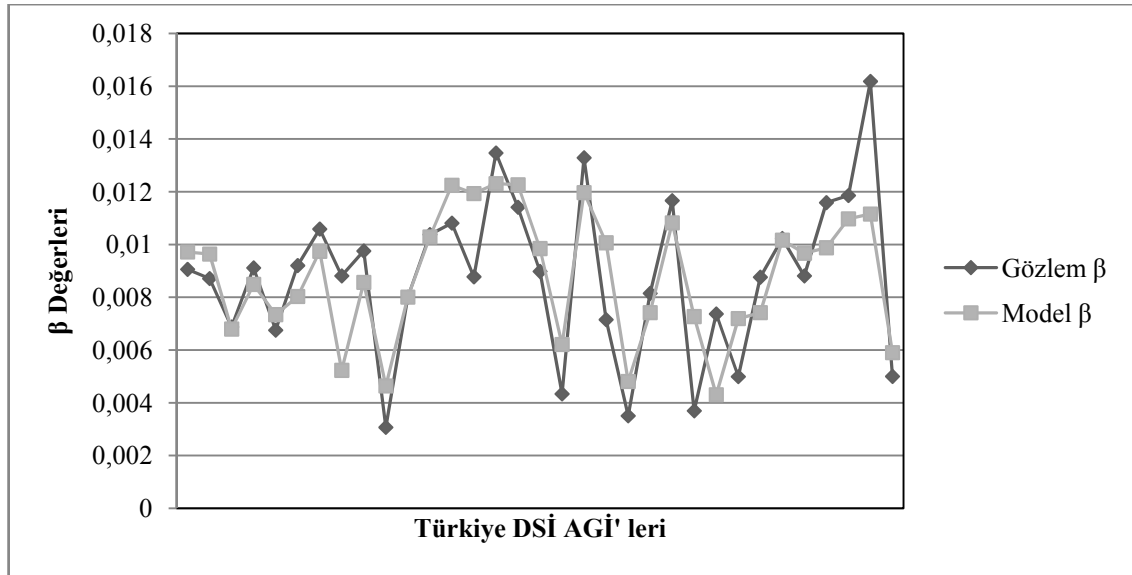
ln (ASE)' nin karstik bölgede olması durumunda  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar ile kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge 5.42 ve 5.43' de; kurulan en iyi ilişki için çizilen gözlem – model şekilleri ise Şekil 5.44 ve 5.45 de sunulmuştur.



**Şekil 5.42** Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.41.** ASE' nin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\beta$  katsayısının havzaya ilişkin diğer parametrelerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,58	0,76
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,62</b>	<b>0,79</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,28	0,53
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,25	0,5
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,53	0,73
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,09	0,30
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,41	0,64
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,09	0,30

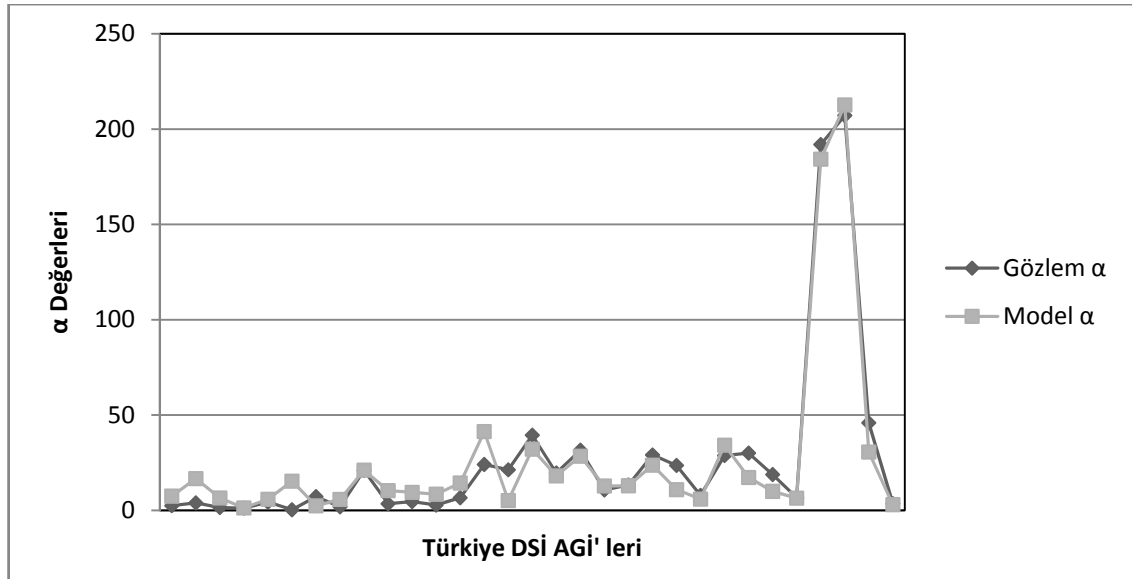


**Şekil 5.43** Karstik olmayan bölgelerde ASE' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

Çizelge 5.40 ve Çizelge 5.41' den anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  parametresi için eniyi tanımlayan bağıntı 2 no. lu;  $\beta$  parametresi için ise 7 no. lu bağıntıdır. 2 no.lu bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı parametreyi de içermekte iken, 7 no.lu bağıntıda enlem parametresi yer almamaktadır. Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,66 ve 0,62 olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler iki veri takımı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 5.42** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

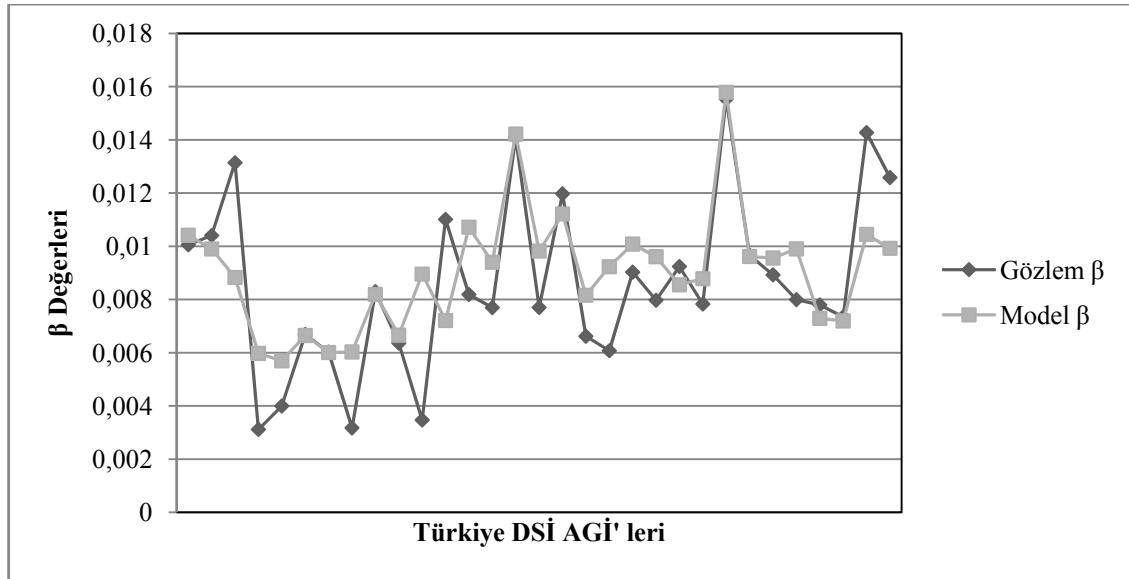
Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,98	0,99
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,98	<b>0,99</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,97	0,98
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,75	0,87
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,97	0,98
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,97	0,98
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,97	0,98
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,97	0,98



**Şekil 5.44** Karstik bölgelerde  $\ln(ASE)$ ' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.43** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik bölgelerde  $\beta$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,21	0,46
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,57</b>	<b>0,75</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,22	0,47
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,23	0,48
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,07	0,26
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,13	0,36
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,17	0,41
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,06	0,24



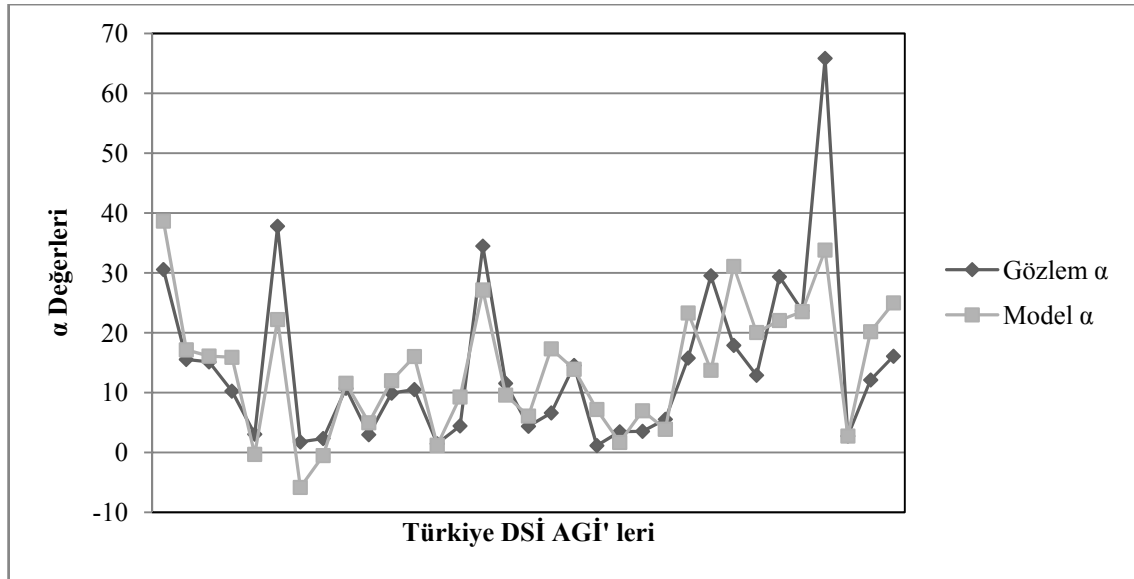
**Şekil 5.45** Karstik bölgelerde LN ASE' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

Çizelge 5.42 ve 5.43' den de anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  ve  $\beta$  değerlerini en iyi tanımlayan bağıntı 2. no. lu bağıntıdır. İlgili bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı parametreyi de içermektedir. Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,98 ve 0,75 olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler iki veri takımı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Ln (ASE)' nin karstik olmayan bölgede olması durumunda  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için oluşturulan bağıntılar ve bu bağıntılar ile kurulan ilişkinin tanımlılık katsayıları Çizelge 5.44 ve 5.45' de; kurulan en iyi ilişki için çizilen gözlem – model şekilleri ise Şekil 5.46 ve 5.47' de sunulmuştur.

**Çizelge 5.44** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\alpha$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,46	0,68
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	0,57	0,75
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,42	0,65
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,26	0,51
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,58	0,76
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,58	0,76
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	<b>0,60</b>	<b>0,77</b>
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,42	0,65

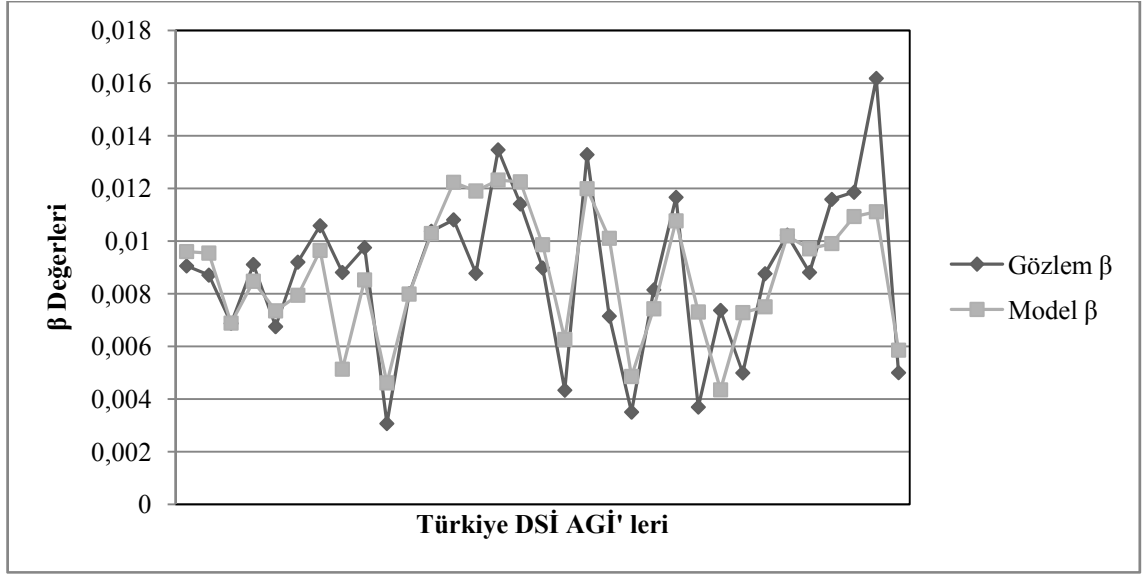


**Şekil 5.46** Karstik olmayan bölgelerde  $\ln(\text{ASE})$ ' nin  $\alpha$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

**Çizelge 5.45** ASE' nin doğal logaritma değerlerinin modellenmesi durumu için karstik olmayan bölgelerde  $\beta$  parametresinin havzaya ilişkin diğer özelliklerle ifade etme çalışması bağıntıları ve sonuçları

Bağıntı No	Bağıntı	Tan. Kat.	Kor. Kat.
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$	0,58	0,76
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$	<b>0,61</b>	<b>0,78</b>
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$	0,28	0,53
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,25	0,5
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,53	0,73
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,09	0,3
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$	0,41	0,64
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$	0,09	0,3





**Şekil 5.47** Karstik olmayan bölgelerde  $\ln(\text{ASE})$ ' nin  $\beta$  parametresini en iyi ifade eden bağıntı için çizilen gözlem – model karşılaştırması

Çizelge 5.44 ve 5.45' den de anlaşılacağı üzere,  $\alpha$  parametresini en iyi tanımlayan bağıntı 7 no. lu bağıntı iken  $\beta$  parametresi için 2 no. lu bağıntıdır (Çizelge 5.45). 2 no. lu bağıntı havzaya ilişkin 5 farklı özelliği de içermekte iken, 7 no. lu bağıntıda enlem parametresi yer almamaktadır Tanımlılık katsayıları ise sırasıyla 0,77 ve 0,78 olarak hesaplanmıştır. Bu değer iki veri takımı arasında kuvvetli bir ilişki bulunduğunu ifade etmektedir.

Türkiye verilerinin her 2 durum için  $[\text{ASE}, \ln(\text{ASE})]$  dönüşümü sonucunda elde edilen en yüksek ilişkiyi ifade eden bağıntılar Çizelge 5.46' da sunulmuştur.

**Çizelge 5.46** Türkiye verileri için yapılan çözümler sonucunda en yüksek ilişkiyi veren bağıntılar

ASE	Karstik	$\alpha$	$f(x) = 8,66 + 4,42ENL^{-1,638} + 4,38BYL^{-1,65} + 5,5 * 10^{-3}DSY^{1,25} + 4,372DA^{-1,17} + 4,33YOY^{-1,173}$
		$\beta$	$f(x) = 0,035 - 1,105ENL^{-0,33} + 0,088BYL^{0,098} - 5,18 * 10^{-7}DSY^{1,03} - 0,0029DA^{0,044} + 0,15YOY^{0,035}$
	Karstik olmayan	$\alpha$	$f(x) = -1336,7 - 8884,9BYL^{-27131} - 42688,9DSY^{-2,5} + 30,47DA^{0,099} + 1181,7YOY^{0,014}$
		$\beta$	$f(x) = -9 * 10^3 + 59 * 10^3ENL^{-5,07} + 334,2BYL^{2*10^{-4}} + 59,8DSY^{3*10^{-5}} + 9 * 10^3DA^{6*10^{-10}} - 6 * 10^4YOY^{-11036}$
LN ASE	Karstik	$\alpha$	$f(x) = -131246,7 - 60,53ENL^{-67,4} - 149,2BYL^{-185,9} + 0,09DSY^{0,8} + 131268DA^{-2*10^{-5}} - 104,3YOY^{-217,5}$
		$\beta$	$f(x) = 0,078 - 1,2ENL^{-1} + 0,002BYL^{0,66} - 0,06DSY^{0,007} + 0,03DA^{-0,15} - 0,0002YOY^{0,4}$
	Karstik olmayan	$\alpha$	$f(x) = -211408,2 - 756,2BYL^{-0,12} - 22103,6DSY^{-116619} + 6,8DA^{0,23} + 211760YOY^{0,00008}$
		$\beta$	$f(x) = -277,5 + 1761,8ENL^{-4} + 10BYL^{0,008} + 1,77DSY^{0,0009} + 265,4DA^{5,4*10^{-8}} - 1821,9YOY^{-332}$

### 5.4.3. Türkiye Verilerinin Çözücü Programı ile Modelleme Çalışmaları Sonuçları

Türkiye DSİ verileri ile yapılan çalışmalar sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır:

- 1) ASE' nin  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek modellenmesiyle 0,95 gibi yüksek bir tanımlılık katsayısı veren kuvvetli bir ilişki ortaya konulmuştur.
- 2)  $\ln(\text{ASE})$ ' nin  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek modellenmesiyle 0,97 gibi yüksek bir tanımlılık katsayısı veren kuvvetli bir ilişki ortaya konulmuştur.
- 3) Türkiye verilerinin tümünün bir kümede modellenerek  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin havzaya ilişkin diğer özellikler ile tanımlanması olumlu sonuçlar vermemektedir.
- 4) Türkiye' ye ilişkin istasyonların karstik bölgelerde olup olmamalarına göre kümelere ayrılması ile  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri havzaya ilişkin diğer özelliklerle tanımlanabilmiştir.
- 5) Verilerin doğal durumunun kullanılmasına benzer olarak, verilerin doğal logaritması' nın kullanılması durumunda da yüksek tanımlılık katsayıları elde edilmiştir.
- 6) ASE oluşturulurken, her bir gün için uzun yılların ortalaması ile çalışılması durumunda, verilerin tamamının kullanılmasına göre daha kuvvetli ilişki kurulmuştur.
- 7) Karstik ve karstik olmayan bölgedeki her bir istasyon için gözlem, model ve parametrik model ASE' ler çizilmiştir (Ek-1a ve b). Ayrıca adı geçen ASE' lerin her biri için % 10' luk dilime giren mutlak yanılğı yüzdeleri hesaplanmış ve çizelgelenmiştir (Ek-2 a ve b). Mutlak yanılğuların ilgili bölgelere ilişkin birer örneği Ek-2 c' de sunulmuştur. Böylelikle Türkiye' de bir istasyonun yalnızca 5 adet havza özelliğinin (akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış yüksekliği, yükselti, enlem ve boylam) bilinmesi durumunda, ortalama olarak yaklaşık % 30 yanılğıyla ASE' si çizilebilmektedir.

### 5.5. Türkiye Verilerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi

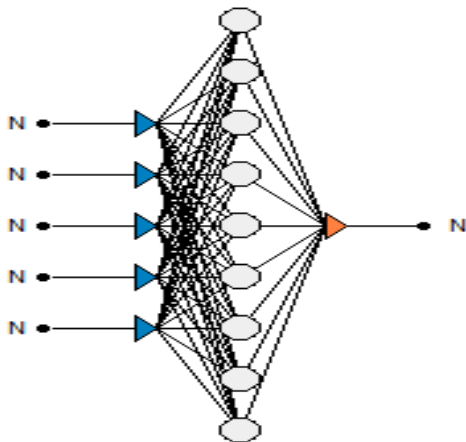
Verilerin modellenmesi ile ilgili olarak yapay sinir ağlarının da kullanılabileceğini göstermek üzere, örnek olarak seçilen Türkiye DSİ AGİ'lerine ilişkin, akışların doğal durumu kullanılarak hazırlanan ASE'leri ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri, havzaya ilişkin diğer özellikler kullanılarak modellenmiştir. Modelleme için Alyuda Firması tarafından geliştirilmiş NeuroIntelligence programının 2.2 deneme versiyonu kullanılmıştır (<http://www.alyuda.com/neural-networks-software.htm>).

Karstik bölgede bulunan 30 adet, karstik olmayan bölgede bulunan 35 adet DSİ AGİ'leri ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Modelleme için dikkate alınan havza özellikleri şunlardır: Akaçlama Alanı (DA), Yıllık Ortalama Yağış Alanı (YOY), Enlem (ENL), Boylam (BYL), Yükselti (DSY).

Her bir veri setinde 8 adet veri sınama için seçilmiş, karstik bölge için 22 adet, karstik olmayan bölge için ise 27 adet veri yapay sinir ağının eğitimi için kullanılmıştır.

Ağın eğitimi için kullanılacak havza özellikleri, en küçük değer (-1) ve en büyük değer (+1), ASE'leri ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri ise [0,1] aralığında olacak şekilde normalize edilmiştir.

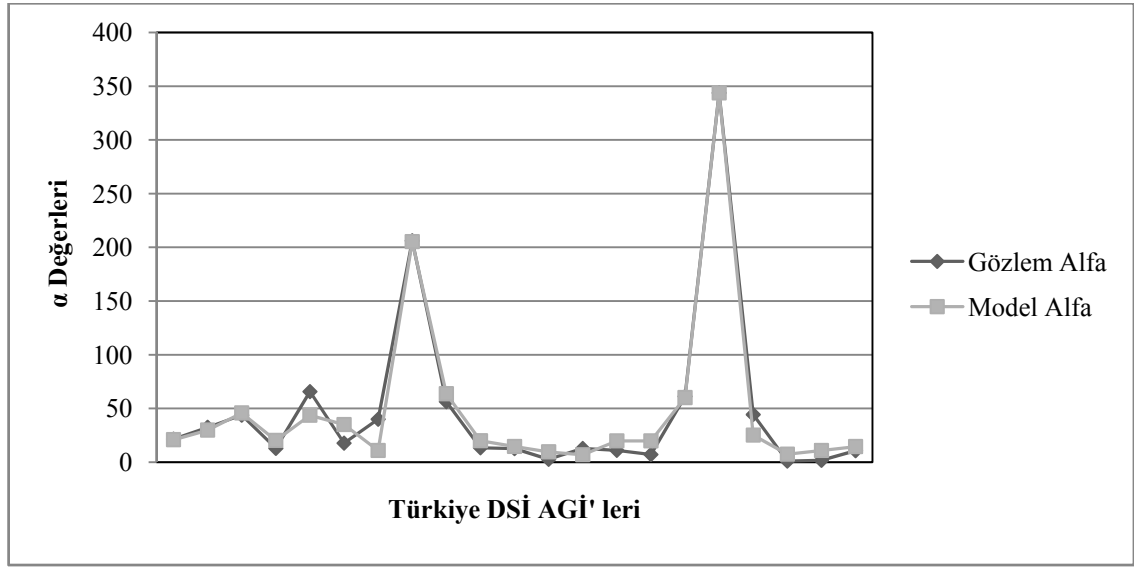
Yapay sinir ağının eğitimi için 1 gizli katman ve gizli katmanda 9 nöron bulunan ağ modeli seçilmiştir (Şekil 5.48). Hem gizli katman için hem de çıkış katmanı için aktivasyon işlevi olarak Sigmoid işlevi kullanılmıştır.



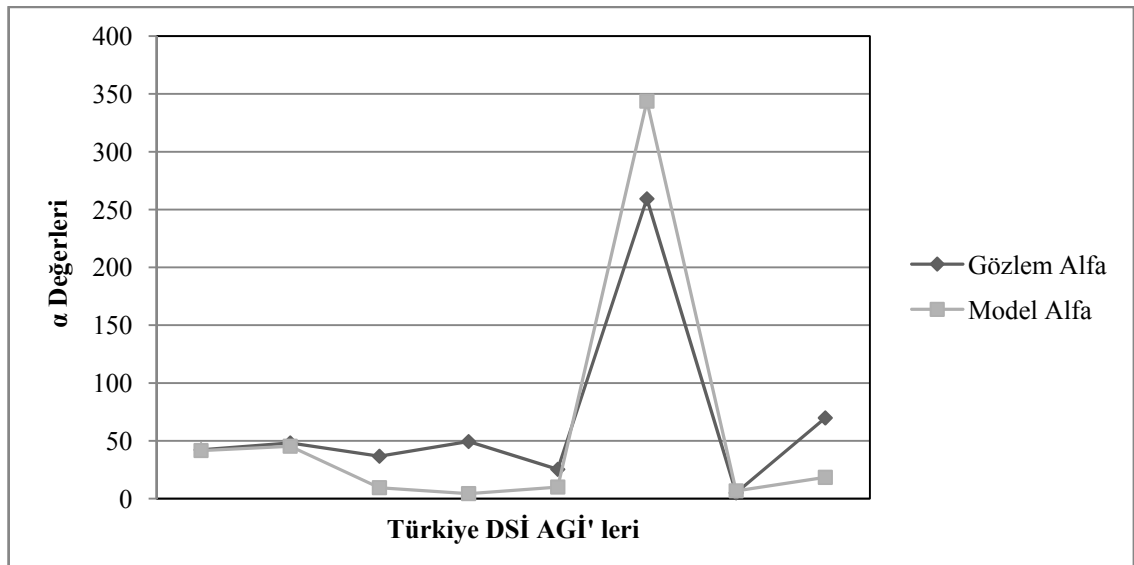
Şekil 5.48 Eğitim için kullanılan yapay sinir ağı modeli

Yapay sinir ağı ile eğitimde amaç yanılı işlevinin enküçüklenmesidir. Küçüklenecek yanılı işlevi olarak yanılığın karelerinin toplamı seçilmiştir. Ağ eğitiminde ise Conjugate Gradient Descent (<http://www.cs.cmu.edu/~jrs/jrspapers.html>) Yöntemi kullanılmıştır. Ağın eğitiminde iterasyon sayısı 5000 ile sınırlandırılmıştır.

Karstik bölgede bulunan AGİ' lere ilişkin ASE' leri ifade eden  $\alpha$  parametresi için gözlem değerleri ve yapay sinir ağı kullanılarak elde edilen model değerleri karşılaştırmalı olarak çizilerek Şekil 5.49 ve 5.50'de sunulmuştur.



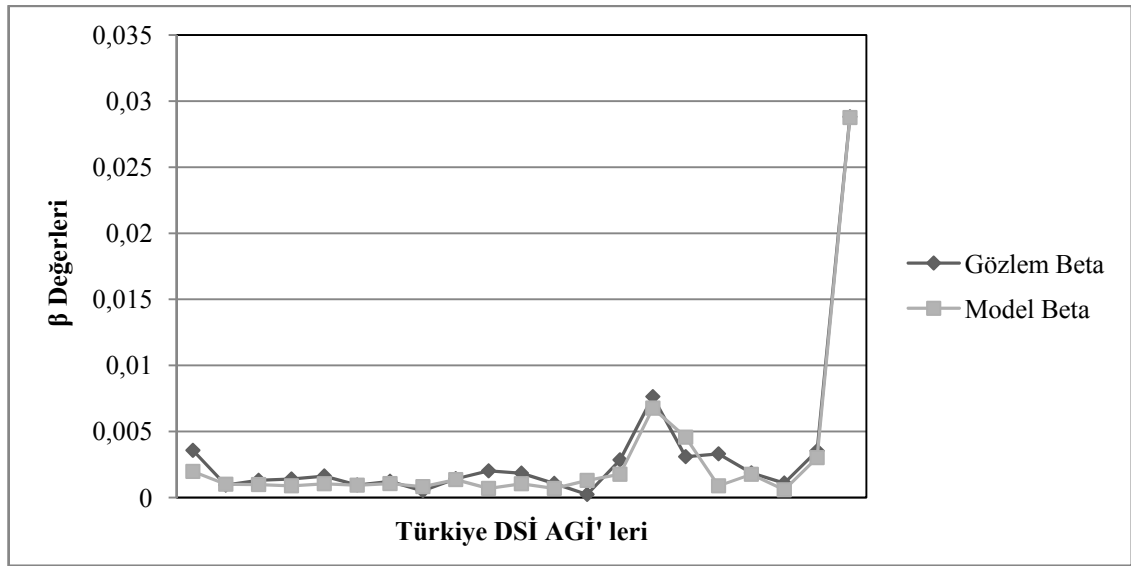
Şekil 5.49 YSA eğitimi sonucu elde edilen model ve gözlem  $\alpha$  değerleri (karstik bölge)



Şekil 5.50 YSA sınavması sonucu elde edilen model ve gözlem  $\alpha$  değerleri (karstik bölge)

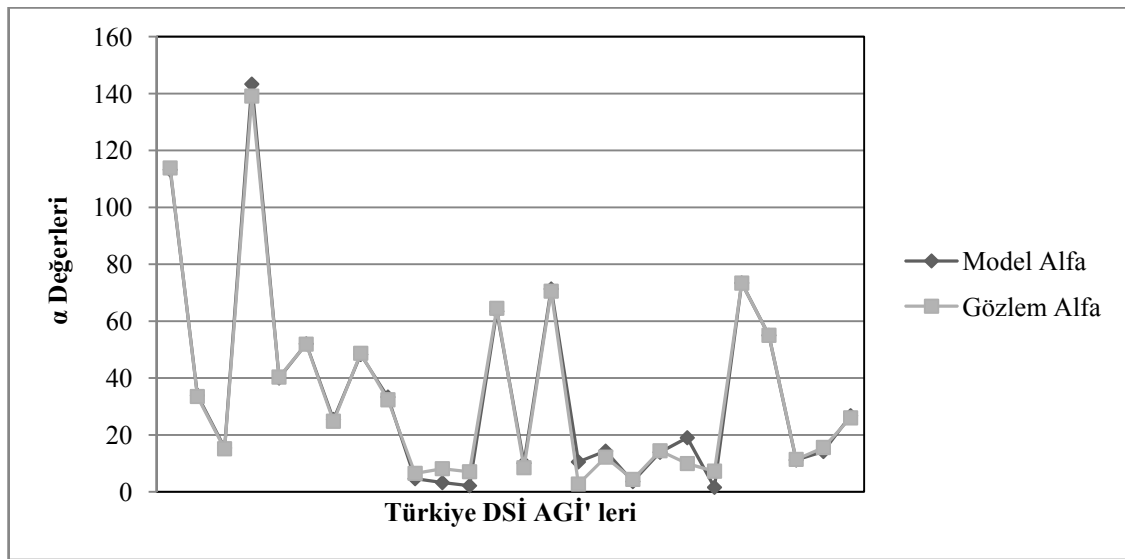
Eğitimde kullanılan 22 veri için gözlem ve model  $\alpha$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı 0,98; ağın sınanmasında kullanılan 8 veri için gözlem ve model  $\alpha$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı ise 0,95 olarak hesaplanmıştır.

Karstik bölgede bulunan AGİ' lere ilişkin ASE' leri ifade eden  $\beta$  parametresi için gözlem değerleri ve yapay sinir ağları kullanılarak elde edilen model değerleri karşılıklı olarak çizilerek Şekil 5.51 ve 5.52'de sunulmuştur.

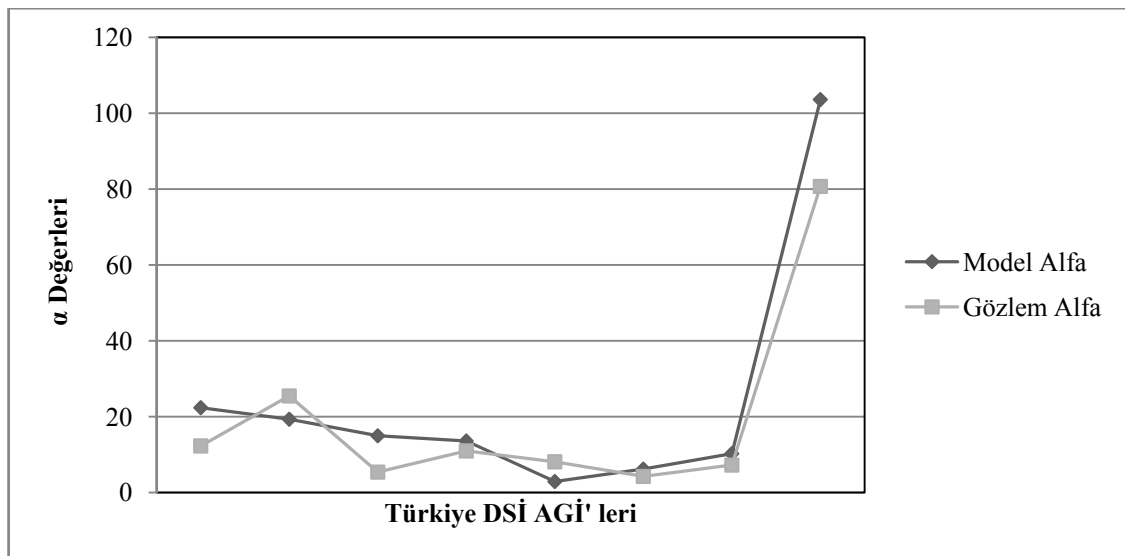


Eğitimde kullanılan 22 veri için gözlem ve model  $\beta$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı 0,98; ağın sınanmasında kullanılan 8 veri için gözlem ve model  $\beta$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı ise 0,88 olarak hesaplanmıştır.

Karstik olmayan bölgede bulunan AGİ' lere ilişkin ASE' leri ifade eden  $\alpha$  parametresi için gözlem değerleri ve yapay sinir ağları kullanılarak elde edilen model değerleri karşılıklı çizilerek Şekil 5.53 ve 5.54'de sunulmuştur.



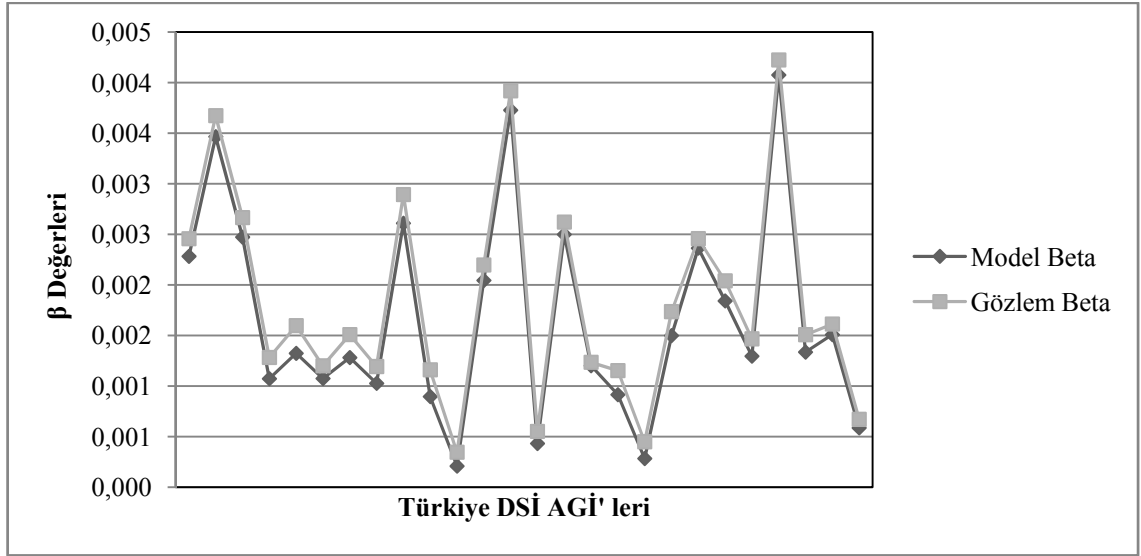
**Şekil 5.53** YSA eğitimi sonucu elde edilen model ve gözlem  $\alpha$  değerleri (karstik olmayan bölge)



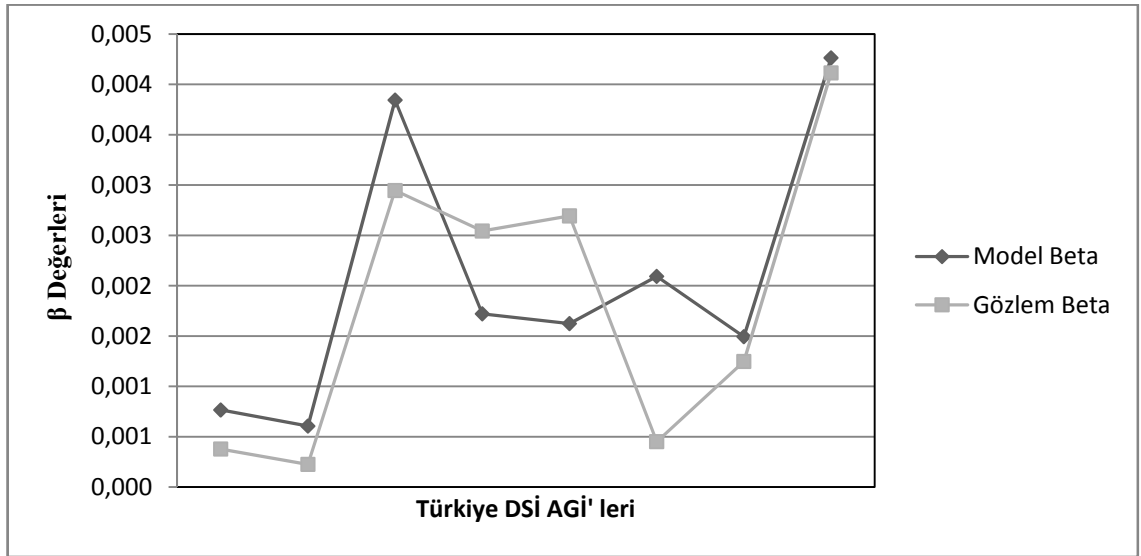
**Şekil 5.54** YSA sınanması sonucu elde edilen model ve gözlem  $\alpha$  değerleri (karstik olmayan bölge)

Eğitimde kullanılan 27 veri için gözlem ve model  $\alpha$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı 0,99; ağın sınanmasında kullanılan 8 veri için gözlem ve model  $\alpha$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı ise 0,96 olarak hesaplanmıştır.

Karstik olmayan bölgede bulunan AGİ' lere ilişkin ASE' leri ifade eden  $\beta$  parametresi için gözlem değerleri ve yapay sinir ağları kullanılarak elde edilen model değerleri karşılıklı olarak çizilerek Şekil 5.55 ve 5.56'da sunulmuştur.



Şekil 5.55 YSA eğitimi sonucu elde edilen model ve gözlem  $\beta$  değerleri (karstik olmayan bölge)



Şekil 5.56 YSA sınanması sonucu elde edilen model ve gözlem  $\beta$  değerleri (karstik olmayan bölge)



Eğitimde kullanılan 27 veri için gözlem ve model  $\beta$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı 0,99; ağın sınanmasında kullanılan 8 veri için gözlem ve model  $\beta$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı ise 0,65 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak YSA ile kurulan modelde elde edilen ilişki tanımlılık katsayısı Quasi Newton yönteminde elde edilene göre daha yüksek bulunmuştur.

## 5.6. Türkiye Verilerinin Karınca Kolonisi Eniyilemesi İle Modellenmesi

Türkiye DSİ AGİ'lerine ilişkin, akışların doğal durumu kullanılarak hazırlanan ASE'leri ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri, havzaya ilişkin diğer özellikler kullanılarak Karınca Kolonisi Eniyileme (KKE) yöntemi ile de modellenmiştir. Bu amaçla Quasi Newton yöntemi kullanıldığında en yüksek tanımlılık katsayısının elde edildiği

$$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}} \quad (5.2)$$

bağıntısının katsayılarının belirlenmesinde, karınca kolonisi eniyileme yöntemi kullanılmıştır. Sorunun çözümünde kullanılan akış şeması Şekil 5.57'de verilmiştir.

**Adım 0:**  $t=1$ . Kullanıcıya özel KKE parametrelerini  $(r, \beta, \alpha)$  gir.  $\mathbf{a}$  ile belirtilen model parametrelerini  $\mathbf{m}$  karınca vektörü olarak kodla.

**Adım 1:**  $t=1$  ise  $\mathbf{M}$  olarak gösterilen çözüm matrisini verilen enbüyük ve enküçük sınırlar içinde rastgele doldur,  $t > 1$  ise Adım 9'da elde edilen en iyi  $\mathbf{a}$  model parametreleri ve  $\beta$  vektörüne bağlı olarak çözüm kümesini kısıtla ve kısıtlı çözüm kümesini kullanarak  $\mathbf{M}$  çözüm matrisini rastgele doldur.

**Adım 2:** Adım 1'de elde edilen model parametrelerini kullanarak her bir  $\mathbf{m}$  karınca vektörü için (3.12) bağıntısı yardımıyla amaç işlevi değerini hesapla ve eski karınca kolonisi çözüm matrisini ( $\mathbf{M}_{eski}$ ) oluştur.

**Adım 3:** (3.3) bağıntısı yardımıyla feromon niceliğinin buharlaştırılması işlemini gerçekleştir.

**Adım 4:** (3.4) bağıntısı yardımıyla kullanılarak en iyi amaç yöntemi etrafında feromon güncellenmesi yap.

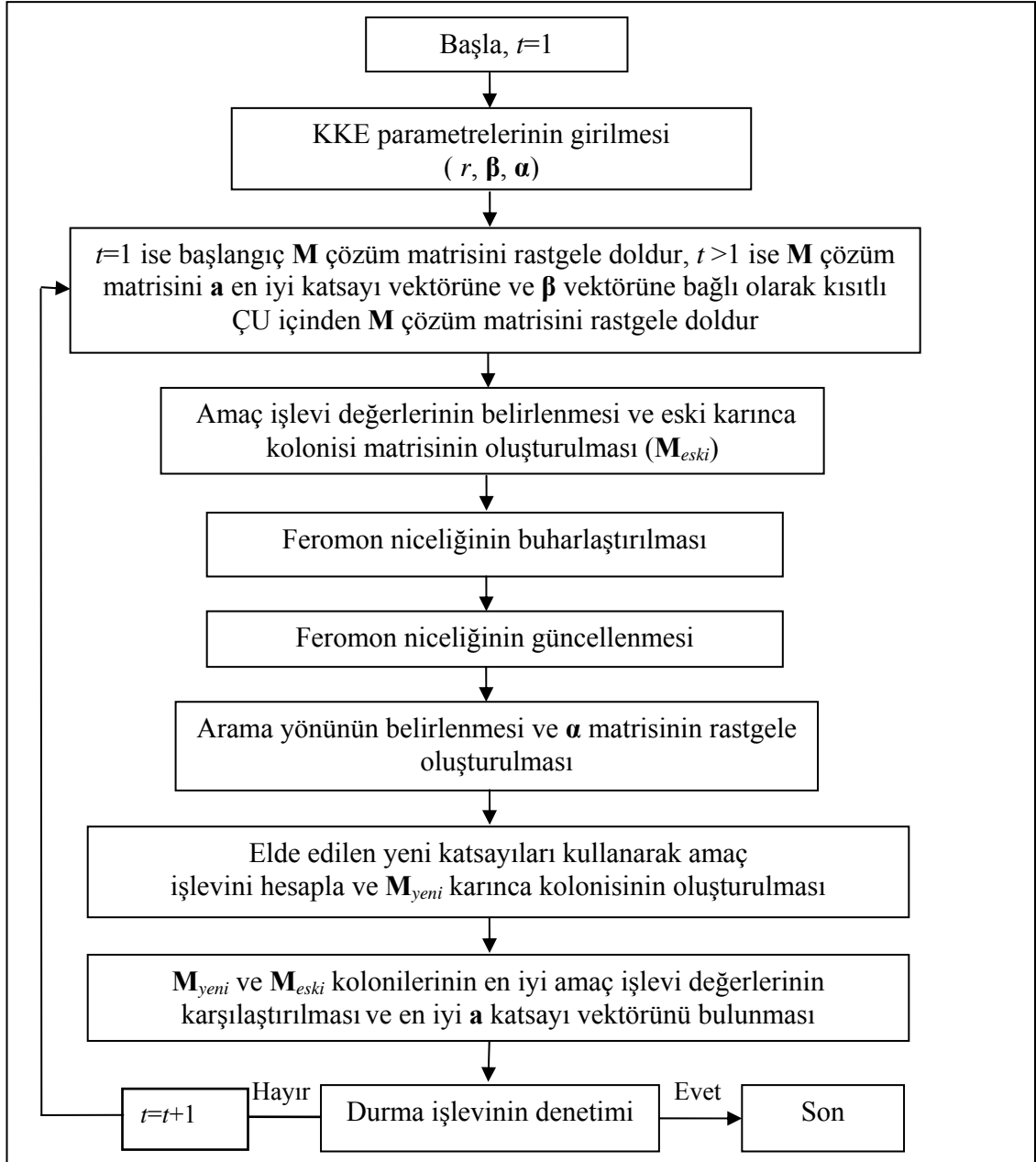
**Adım 5:** Arama yönünü (3.2) no.lu bağıntı yardımıyla belirle ve  $\alpha$  sıçrama uzunluğu matrisini rastgele üret.

**Adım 6:** (3.1) bağıntısı ile yeni  $\mathbf{a}$  model parametrelerini hesapla ve yeni karınca kolonisi matrisini ( $\mathbf{M}_{yeni}$ ) oluştur.

**Adım 7:** Yeni karınca kolonisi matrisi ve (3.12) no.lu bağıntı yardımıyla yeni amaç yöntemi değerlerini hesapla.

**Adım 8:** Adım 2 ve 7'de elde edilen eski ve yeni karınca kolonisine ilişkin en iyi amaç yöntemi değerlerini karşılaştır ve en iyi amaç yöntemi değerini veren  $\mathbf{a}$  model parametrelerini belirle.

**Adım 9:** Durma işlevinin denetimi. Elde edilen  $\mathbf{a}_t$  ve  $\mathbf{a}_{t+1}$  değerleri arasında fark 0,01'den az olduğu durumda algoritmayı sonlandırılır. Eğer durma ölçütü sağlanmışsa en iyi  $\mathbf{a}$  model parametreleri elde et aksi takdirde Adım 1'e git ve  $t=t+1$  yap.



Şekil 5.57 KKE akış şeması

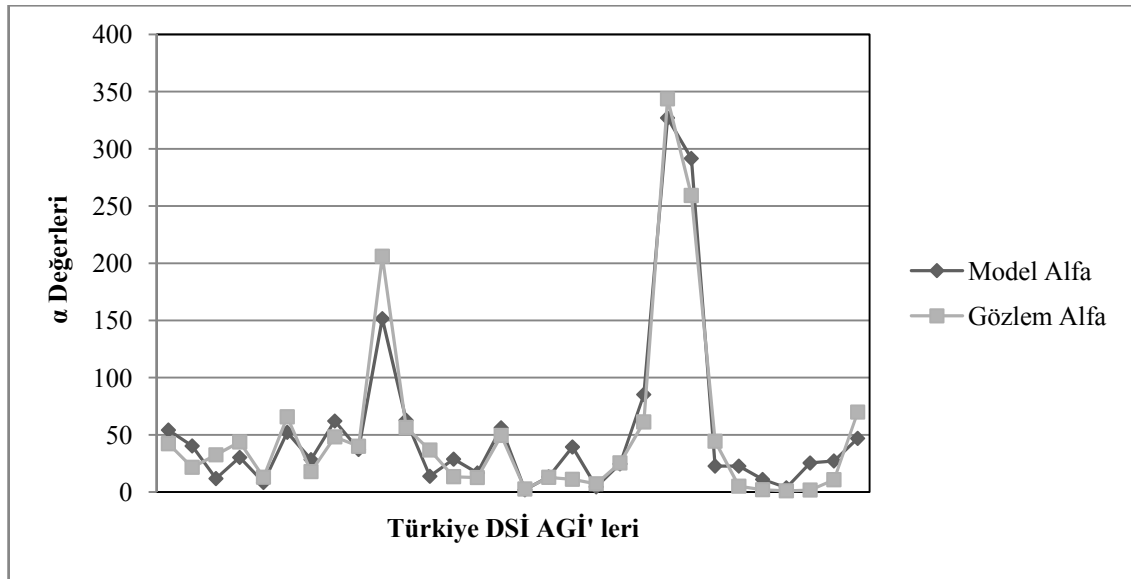
Karstik ve karstik olmayan bölgeler için KKE yöntemi kullanılarak elde edilen model parametreleri Çizelge 5.47’de verilmiştir.

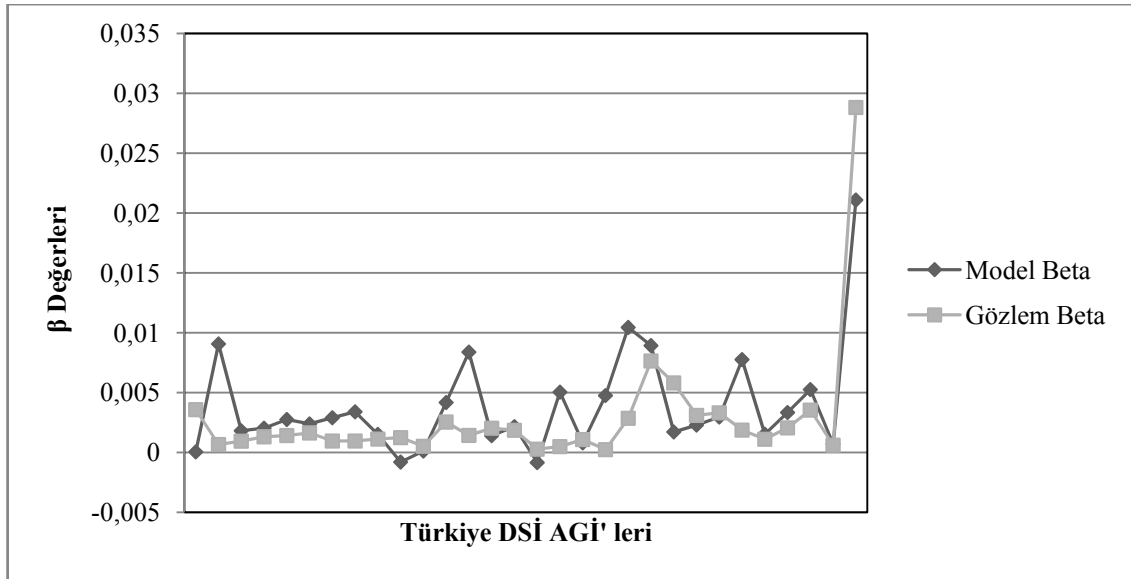
**Çizelge 5.47** KKE yöntemi ile elde edilen model parametreleri

Katsayılar	Karstik Bölge	Karstik Olmayan Bölge
a0	-0,0127	-0,0237
a1	0,0003	0,0250
a2	0,1644	-0,0039
a3	0,0085	0,0286
a4	0,0291	-0,0053
a5	0,0255	0,0254
a6	0,0177	-0,0274
a7	-0,0117	-0,0277
a8	0,0000	-0,0320
a9	-0,0131	-0,0260
a10	-0,0025	-0,0008

Karstik bölgede bulunan AGİ' lere ilişkin ASE' leri ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için gözlem değerleri ve KKE yöntemi kullanılarak elde edilen model değerleri karşılıklı çizilerek Şekil 5.58 ve Şekil 5.59'da sunulmuştur.

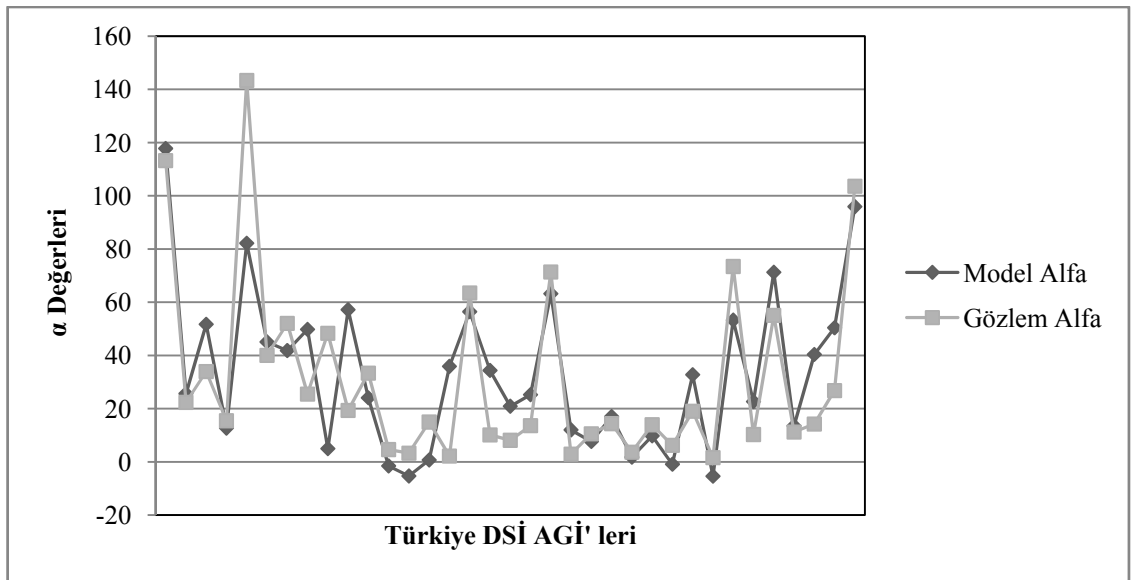
Karstik bölge için, gözlem ve model  $\alpha$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı 0,94, gözlem ve model  $\beta$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı ise 0,58 olarak hesaplanmıştır.

**Şekil 5.58** KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem  $\alpha$  değerleri (karstik bölge)

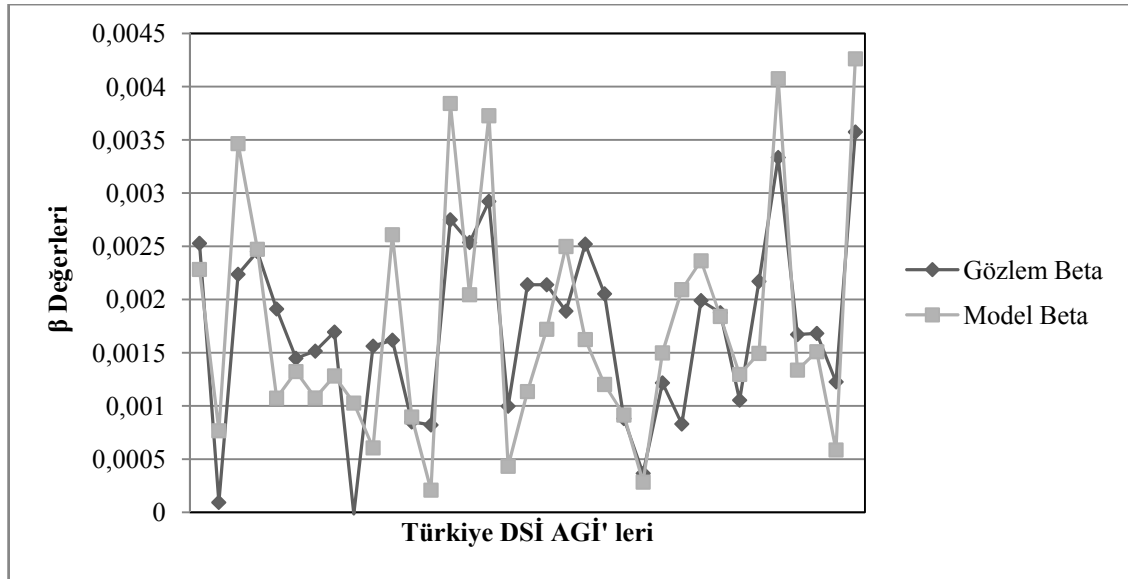


**Şekil 5.59** KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem  $\beta$  değerleri (karstik bölge)

Karstik olmayan bölgede bulunan AGİ' lere ilişkin ASE' leri ifade eden  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri için gözlem değerleri ve KKE yöntemi kullanılarak elde edilen model değerleri karşılıklı çizilerek Şekil 5.60 ve 5.61'de sunulmuştur.



**Şekil 5.60** KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem  $\alpha$  değerleri (karstik olmayan bölge)



**Şekil 5.61** KKE modelleme sonucu elde edilen model ve gözlem  $\beta$  değerleri (karstik olmayan bölge)

Karstik olmayan bölge için, gözlem ve model  $\alpha$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı 0,68; gözlem ve model  $\beta$  değerleri arasındaki tanımlılık katsayısı ise 0,60 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak KKE ile kurulan modelde elde edilen ilişki tanımlılık katsayısı Quasi Newton yönteminde elde edilene göre ciddi bir fark göstermemiştir.

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 6.1. Genel

Her türlü ekonomik etkinliğin temel girdisi olan elektrik enerjisinin kullanım alanının artması, elektrik enerjisine olan istemi de arttırmaktadır. İş yapma kapasitesi olarak tanımlanabilen enerji, yenilenebilir ve tükenebilir olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik santraller önemli bir yer tutarlar.

Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) kurulduğu yıllardan günümüze değin büyük debili suların potansiyellerinin kullanılması için projeler geliştirmiş ve bu projelerin belli bir kısmını tamamlamıştır. Ancak enerji istemindeki hızlı artış nedeniyle küçük suların üstünde de projeler geliştirme zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bundan ötürü, özel sektör de enerji üretimi piyasasındaki yerini almış ve küçük sulardaki potansiyelin zaman içerisinde yarar sağlayabilir duruma gelmesi yönünde önemli adımlar atılmıştır. Ancak 1930' lardan bu yana küçük sular üstündeki AGİ' ler kısıtlı sayıda kalmıştır.

Biriktirmesiz hidroelektrik santrallerde, haznenin olmaması ve düşünün santralin inşa edildiği yerdeki fiziksel (=topografik) koşullara bağlı sabit bir değer olması gibi nedenlerle, santralden üretilecek elektrik enerjisi niceliği, akarsuda o an var olan akımın bir işlevi olmaktadır. Dolayısıyla tasarıma asıl en önemli konu, suyun niceliğinin doğru kestirilmesi ile olanaklıdır.

Bilindiği üzere akış değerlerinin oluş sırasına bakılmaksızın büyükten küçüğe (yada tersi) doğru dizilmesi ile çizilen eğriye "Akım Sürek Eğrisi" adı verilmektedir. Eğriyi elde ederken olabildiğince uzun süreli (DSİ ölçütüne göre 20 yıldan fazla) debileri kullanmanın uygun olacağı belirtilmektedir.

Bu tez çalışmasının temel amacı, Küçük Hidroelektrik Santraller' in (KÜHES) planlama, tasarım ve işletme çalışmaları sırasında gerekli olan akım süre eğrilerinin bölgesel ölçekte yeni bir model yaklaşımıyla belirlenmesidir. Bölgesel akım süre eğrilerinin ülkemizin hidroelektrik potansiyelinin belirlenmesine önemli katkı sağlayacağı açıktır.

Biriktirmesiz santraller anlık olarak gelen su ile üretim yapabildikleri için, akım süre eğrilerinin akarsuyun günlük değerleri ile hazırlanması istenen bir durumdur. Tasarıma asıl debinin aylık değerler ile çalışılmış bir ASE üzerinden elde edilmesi, günlük değerler ile elde edilmesi durumuna göre daha büyük değerlerle karşılaşılmasını doğurur. Bu yüzden ASE' yi oluştururken günlük akım değerlerinin kullanılması DSİ' ce uygun görülmektedir. Yapılan çalışmada akım gözlemleri yetersiz olan yada bulunmayan kesimlerde akım süre eğrisinin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma ile, ASE' nin akış dışındaki birtakım başka havza istatistiklerinden yararlanılarak oluşturulması ile gözlem değeri olmayan küçük suların hem potansiyellerinin belirlenmesine hem de üstünde kurulacak olası hidroelektrik santrallerin kurulu güçlerinin belirlenmesine yönelik bir katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## 6.2. Sonuçlar

Bu tez kapsamında;

- Akım süre eğrilerinin (ASE) modelleme çalışmalarında kullanılan analitik yöntemlerden olan Quasi Newton (QN) yöntemi, sezgisel yöntemlerden Karınca Kolonisi Eniyilemesi (KKE) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) teknikleri hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.
- Akım süre eğrisinin modellenmesi sırasında kullanılacak olan A.B.D.' nin Kansas Eyaleti' nden seçilmiş ve akımları bozulmamış 82 adet akım gözlem istasyonu verileri ile Türkiye genelinden seçilmiş 65 adet DSİ' nin işlettiği akım gözlem istasyonlarına ilişkin akım verileri kullanılmıştır. Toplam 147 adet istasyona ilişkin en az 10 yıllık süreli günlük akım değerlerinden oluşan, toplam olarak 1.500.000 adet günlük veri bilgisayara işlenmiş ve adı geçen toplam 147 istasyonun her biri için ASE' ler çizdirilmiştir.



- A.B.D.'nin Kansas Eyaleti'ne ilişkin 83 adet istasyona ilişkin ASE'leri  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek tanımlanmıştır.
- A.B.D.'nin Kansas Eyaleti'ne ilişkin ASE'lerin tümünün modellenmesi, % 90 ve % 80'inin (baştan ve sondan % 5 ve %10 uç değerlerinin atılması) modellenmesine göre daha düşük tanımlılık katsayıları vermiştir.
- A.B.D.'nin Kansas Eyaleti'ne ilişkin ASE'lerle yapılan çalışmada,  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısında yer alan  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin modellenmesi, eğrinin tümünün dikkate alınması durumunda  $R^2 \approx 0,90$  olacak biçimde gerçekleşmiştir. Ancak eğrinin % 90 ve % 80'inin modellenmesi durumunda  $R^2 \approx 0,45$  olarak elde edilmiştir. Bu sonuca bakarak, eğrinin belli kısımlarının çözümlenmeden çıkarılmasının olayı bozduğu yargısına varılmıştır.
- Türkiye' de DSİ' nin işlettiği 65 adet AGİ için ASE'lerin  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek modellenmesiyle 0,95 gibi yüksek bir tanımlılık katsayısı ( $R^2$ ) veren kuvvetli bir ilişki ortaya konulmuştur.
- Türkiye de DSİ' nin işlettiği 65 adet AGİ için  $\ln(\text{ASE})$ 'nin  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  bağıntısına benzetilerek modellenmesiyle 0,90 gibi yüksek bir tanımlılık katsayısı veren kuvvetli bir ilişki ortaya konulmuştur.
- Türkiye verilerinin tümünün bir kümede modellenerek  $\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin havzaya ilişkin diğer özellikler ile tanımlanması olumlu sonuçlar vermemektedir (kümeleme yapılmaması durumunda  $R^2 \approx 0,20$  iken, yapılması durumunda  $R^2 \approx 0,7$ 'ye yükselmiştir).
- Türkiye'ye ilişkin istasyonların karstik bölgelerde olup olmamalarına göre kümelere ayrılması ile  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri havzaya ilişkin diğer özellikler ile tanımlanabilmiş ve kümeleme ile çok daha yüksek tanımlanabilirlik katsayıları elde edilmiştir.
- Verilerin doğal durumunun kullanılması durumunda kurulan ilişkinin, verilerin logaritması ve doğal logaritması'nın kullanılmasına oranla daha yüksek tanımlılık katsayısına sahip bir ilişki verdiği görülmüştür.

- Türkiye DSİ AGİ' leri ile yapılan çalışmada ASE oluşturulurken verilerin tamamının kullanılması durumunda, bir istasyonun yalnızca 5 adet havza özelliği (akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış yüksekliği, yükselti, enlemi ve boylam) kullanılarak ASE' si elde edilebilmektedir. Çizilen bu parametrik ASE modeli, gözlenmiş ASE' ye ortalama %30 yanılğı ile benzetilebilmiştir. Ancak gözlem ASE' leri ile aralarında %100 yanılğıya ulaşan farklar saptanmıştır.
- Türkiye DSİ AGİ' leri ile yapılan çalışmada ASE oluşturulurken, verilerin ortalamasının kullanılması durumunda, bir istasyonun yalnızca 5 adet havza özelliği (akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış yüksekliği, yükselti, enlem boylam) kullanılarak ASE' leri elde edilebilmektedir. Çizilen bu parametrik ASE, model ASE' ye ortalama %10; gözlem ASE' ye ise % 30 yanılğı ile benzetilebilmiştir.
- Model sonuçları değerlendirildiğinde, bir ASE' nin en küçük ve en büyük değer oranının 10 düzeylerinde kaldığı durumlarda, sonuçların mutlak yanılğının düşük olduğu, bu oranın 100 dolaylarına ulaşması durumlarında ise mutlak yanılğının hızlı bir biçimde artarak güvenilirliğin yitirilmesine yol açtığı söylenebilir.
- ASE' nin zamanın % 95' ine karşı gelen değeri, birincil enerjiye asıl oluşturmakta ve akışaşağısı hakkının belirlenmesinde ana belirleyici olmaktadır. Bu haliyle hem tasarımın verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, hem de akışaşağısı hakkını azaltmaktadır.
- Bir dizi hakkında elde edilebilecek en özlü bilginin ortalama değer olduğu anımsanırsa, gözlem süresi boyunca aynı günlerin ortalamasının alınmasıyla oluşturulmuş akım süre eğrisi daha gerçekçi bir yaklaşıma ışık tutmuş olacaktır.
- Türkiye DSİ AGİ' lerine ilişkin ASE' lerin modellenmesinde, ortalama günlük değerler ile çalışması durumunda; modellemeye ilişkin tanımlılık katsayısı doğal veriler için 0,95,  $\ln(\text{ASE})$  için 0,97 olarak hesaplanmıştır.

- ASE' nin ortalamalar ile hesaplanması durumunda, parametrelerle kestirim hem doğal hem de (ln) dönüşümlü veriler için yüksek tanımlılık katsayısına sahip bir ilişki ortaya koymaktadır.
- DSI ölçütüne göre, gözlem süresi boyunca elde edilen akım verilerinin büyüklük sırasına dizilmesiyle oluşturulan akım süre eğrisinin, zamanın % 95'ine karşı gelen değeri, birincil enerjiye asıl oluşturmakta ve akışaşağısı hakkının belirlenmesinde ana belirleyici olmaktadır. Çoğu kez bu değer gözlem süresi içinde rastlanmış en küçük değerler olmaktadır. Bu haliyle hem tasarımın verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, hem de akışaşağısı hakkını azaltmaktadır. Bir dizi hakkında elde edilebilecek en özlü bilginin ortalama değer olduğu anımsanırsa, gözlem süresi boyunca aynı günlerin ortalamasının alınmasıyla oluşturulmuş akım süre eğrisi daha gerçekçi bir yaklaşıma ışık tutmuş olacaktır.
- Türkiye' de DSI' nin işlettiği AGİ' ler için modelleme çalışması bir kez de yapay sınır ağları ile yinelenmiş ve Quasi Newton yöntemine göre biraz daha yüksek tanımlılık katsayısı veren ilişkiler elde edilmiştir.
- Türkiye' de DSI' nin işlettiği AGİ' ler için modelleme çalışması bir kez de Karınca Kolonisi Eniyilemesi ile yinelenmiş ve Quasi Newton yöntemi ile benzer sonuçlar alınmıştır.
- Duyarlılık çözümlemesinde permeabilitenin olayda önemli bir yere sahip olmadığı saptanmıştır.

Yukarıda belirtilenlere göre, akış gözlemleri bulunmayan bir akarsu yan kolunda ASE elde etmek için izlenecek sıra aşağıda sunulmuştur.

1. İlgili enlem, boylam ve yükseltisi bulunur,
2. İlgili akaçlama alanı hesaplanır,
3. İlgili uzun yıllar ortalama yağış yüksekliği herhangi bir yöntemle (Thiessen, Aritmetik Ortalama, Eşyağış Haritası vb.) bulunur,
4. İlgili bölgenin karstik bir yapıya sahip olup olmadığı karstik haritalardan yararlanarak saptanır,

5. Tezin 5. Bölümünde verilen Çizelge 5.46' dan uygun denklem (karstik bölgede olması veya olmaması durumuna göre) seçilerek denklemin içerisindeki havza istatistikleri yerine yazılarak  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri hesaplanır.
6. Daha sonra  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri  $y = \alpha * e^{-\beta t}$  denkleminde yerine konularak ortalama günlük ASE elde edilmiş olur.

Bu sayede, Türkiye' de bir istasyonun yalnızca 5 adet hidrolojik ve havza özelliğinin (akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış yüksekliği, deniz seviyesinden olan yüksekliği, enlem ve boylam) bilinmesi durumunda, ASE ortalama % 30 yanılıyla (%70 güvenle) ortaya konulabilmektedir.

### 6.3. Öneriler

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında ele alınmayan, ancak yapılmasında yarar olacağı düşünülen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

- Türkiye genelinde doğal akışları bozulmamış DSI' nin işlettiği 65 adet AGİ ile yapılan bu çalışma, EİE' nin işlettiği ve diğer su yapılarından etkilenmeyen başka bir takım istasyonların eklenmesiyle genişletilebilir.
- Türkiye akarsu havzalarında bu tez çalışması kapsamında kullanılmayan başka bir takım havza özellikleri (sıcaklık, buharlaşma, güneşlenme oranı vb.) modelin içerisine yerleştirilerek sonuçlar iyileştirilmeye çalışılabilir. Ancak bu tarz bir çalışmanın yapılabilmesi için öncelikle tüm Türkiye' de tıpkı eş yağış eğrileri gibi eş-sıcaklık, eş-buharlaşma ve eş-güneşlenme eğrilerinin de hazırlanması gereklidir.
- ASE' nin modellenmesinde kullanılan veriler sayısal olarak değil de, Coğrafi Bilgi Sistemi' ne aktarılarak görsel olarak model çözümü yinelenabilir.
- Çalışma Türkiye genelinde yapılmıştır. Bundan sonraki çalışmalar havza bazında yinelenerek her bir akarsu havzası için bölgesel bağıntılar oluşturulabilir.

- ASE' nin çizilmesinde günlük akışlar ile çalışılmıştır. Haftalık, aylık, mevsimlik, yıllık akışlarla çalışmanın getireceği yeni boyut ve basitleştirmeler denenmelidir.
- Parametrik model kurulduktan sonra, yapay veri türetimiyle aynı toplumdaki gelmiş farklı ASE' lerle işletme çalışması yapılarak, KÜHES' lerin işletme stratejilerine de yaklaşımda bulunulabilir.

## KAYNAKLAR

- Alkan, A. (2001) Karst pınar Katkılı Akarsularda, Serbest Yüzeyle Akışlı Çevirme Santralleri için Akım Sürek Eğrilerinin Modellenmesi”, *III. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İzmir, s. 247-255.
- Arslan, A. ve İnce, R. (1994) Yapı Mühendisliğinde Yapay Sinir Ağları ve Uygulama Potansiyeli. İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı IV Sempozyumu, *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi*, İstanbul, 219-228.
- Bajramovic, F., Gruber, C. and Sick, B. (2004) A Comparison of First- and Second-Order Training Algorithms for Dynamic Neural Networks. *IEEE Int. Joint Conf. on Neural Networks*, July, Budapest, 25-29.
- Başkan, O., Haldenbilen, S., Ceylan, H., and Ceylan, H. (2009a) A new solution algorithm for improving performance of ant colony optimization. *Applied Mathematics and Computation*, 211: (1) 75-84.
- Başkan, O., Haldenbilen, S., Ceylan, H., and Ceylan, H. (2009b) Estimating transport energy demand using ant colony optimization. *Energy Sources Part B*, (baskıda)
- Başkan, O., ve Haldenbilen, S. (2009c) Logit ve Probit Tabanlı Stokastik Denge Atamasının İki Farklı Sezgisel Metot Kullanılarak Çözülmesi, *8. Ulaştırma Kongresi*, 30 Eylül/1-2 Ekim, İstanbul.
- Başkan, O. (2009d) Karınca Kolonisi Optimizasyonu ile Ulaşım Ağ Tasarımı, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 140s
- Bayazıt, M. (1999) Hidroloji, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 242s.
- Baykan, N.O. (2008) Su Yapıları, *Pamukkale Üniversitesi*, Denizli, 512s.
- Bell, J. E., and McMullen, P. R. (2004) Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem. *Advanced Engineering Informatics*, 18: 41-48.
- Bonabeau, B., Dorigo, M., and Theraulaz, G. (1999) Swarm intelligence: From natural to artificial systems, *Oxford University Press*, New York.
- Broyden, C.G. (1970) The convergence of a class of double-rank minimization algorithms. *J. Inst. Maths Applies*. 6: 76-90.
- Broyden, C.G. (1969) A new double-rank minimization algorithm, *Notices of the American Mathematical Society*, 16: 670s.
- Castellarin, A., Galeati, G., Brandimatre, L., Montanari, A., and Brath, A. (2004) Regional Flow-Duration Curves: Reliability For Ungauged Basins. *Elsevier.*, 27: 953-965.

- Cheng, C. B., and Mao, C. P. (2007) A modified ant colony system for solving the travelling salesman problem with time windows. *Mathematical and Computer Modelling*, 46: 1225-1235.
- Cıgızoğlu, H.K. (1997) Debi Süreklilik çizgisinin Matematik Modelleri., Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 97s.
- Claps, P. and Fiorentino, M. (1997) Probabilistic Flow Duration Curves For Use In Environmental Planning and Management. *Integrated approach to environmental data management systems*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, *NATO-ASI series Vol. 2(31)*: 255–266.
- Crocker, K.M., Young, M.D.Z. and Rees, H.G. (2003) Flow duration curve estimation in ephemeral catchments in Portugal. *Hydrol Sci. J*, 48 (3): 427–439.
- Cross, W.P. and Bernhagen, R.J. (1949) Flow Duration, Ohio Streamflow Characteristics, Bull. 10, Part 1, *Ohio Department. Of Natural Resour.*, Div. Of Water. 265s.
- Davidon, W.C. (1959) Variable Algorithm For Minimization. *Argonne Nat, Lab. Report ANL-5990*: 5.7 - 7.1.
- Davidon, W.C. (1970) Variable metric methods for minimization, *Argonne National Labs Report*, ANDL, 5990s.
- Demirel, N. C., and Toksarı, M. D. (2006) Optimization of the quadratic assignment problem using an ant colony algorithm. *Applied Mathematics and Computation*, 183: 427-435.
- Denebourg, J. L., Pasteels, J. M., and Verhaeghe, J. C. (1983) Probabilistic Behavior in Ants: a Strategy of errors?. *Journal of Theoretical Biology*, 10: 259-271.
- Dorigo, M., and Di Caro, G. (1999) Ant colony optimisation: A new meta-heuristic, *Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation (2)*, Washington, s. 1470-1477.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., and Coloni, A. (1996) Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B*, 26: 29-41.
- Dreo, J., and Siarry, P. (2006) An ant colony algorithm aimed at dynamic continuous optimization. *Applied Mathematics and Computation*, 181: 457-467.
- Efe, M.Ö., Kaynak, O. (2000) Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları. *Boğaziçi Üniversitesi*, İstanbul, 141s.
- Elektrik Üretim Anonim Şirketi, (2008) “Elektrik Üretim Sektör Raporu”, *EÜAŞ*, Ankara, 1-12 2008.

- Fennessey, N. M. and Vogel, R. M. (1990) Regional Flow Duration Curves For Ungaged Sites in Massachusetts, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 116(4), 530-549.
- Franchini, M. and Suppo, M. (1996) Regional analysis of flow duration curves for a limestone region, *Water Resour Manage*, 10: 199–218.
- Guntsch, M., and Middendorf, M. (2002) Applying Population Based ACO to Dynamic Optimization Problems, *ANTS 2002, LNCS 2463*, s. 111-122.
- Haan, C.T. (2002) Statistical Methods in Hydrology, Second Edition. *A Blackwell Pub Professional, Iowa State Press*, United States of America, 378s.
- Jang, R.J.S., Sun, C.T. and Mizutani, E. (1997) Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence. *Prentice Hall*, New Jersey, 640s.
- Krasovskaia, I., Gottschalk, I., Leblois, E. and Pacheco, A. (2006) Regionalization of Flow Duration Curves, in: *Climate Variability and Change-Hydrological Impacts*, *IAHS Press*, Wallingford, UK. 308s.
- Leboutillier, D.W., Waylen, P.R. (1993) A Stochastic Model of Flow Duration Curves. *Water Resources Research*, 94 (A): 242s.
- Maidment D.R. (1992) Handbook of hydrology, *Mc Graw Hill*, Columbus, OH., 1404s.
- Maillet, E. (1905) Essais D'hydraulique Souterraine et Floviale V.1, *Herman et C.*, Paris, 213s.
- Mimikou, M. and Kaemaki, S. (1985) Regionalization of Flow Duration Characteristics. *Journal of Hydrology*, 82: 77-91.
- Mitchell, W.D. (1957) Flow Duration Curves of Illinois Streams, Illinois Dept., Of Public Works and Buildings, *Division of Waterways*, Springfield, 189s.
- Mosley, M. P. and McKercher, A. I. (1993) Handbook of Hydrology, *McGraw Hill, Inc.*, New York, 8.1–8.39.
- Mullen, R. J., Monekosso, D., Barman, S., and Remagnio, P. (2009) A review of ant algorithms. *Expert Systems with Applications*, 36: 9608-9617.
- Niadas, I. A. (2005) Regional Flow Duration Curve Estimation in Small Ungauged Catchments Using Instantaneous Flow Measurements and A Censored Data Approach. *Journal of Hydrology.*, 314: 48-66.
- Öziş, Ü. Su Yapıları, *Ege Üniversitesi*, İzmir, 608s.
- Öziş, Ü., Türkman, F., Baran, T., Özdemir, Y., Dalkılıç, Y. (2006) Su Yapıları, Cilt I, *DEU SUMER*, İzmir, 170s.



- Ries, K.G. and Friesz, P.J. (2000) Methods For Estimating Low-Flow Statistics For Massachusetts Streams, 00-4135, *U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report*, Virginia, s.81.
- Riggs, H.C.( 1972) Low-Flow Investigations, Book 4, Chap.B1, *U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*, s18.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M. (2003) Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları- I Yapay Sinir Ağları, *Ufuk Kitap Kirtasiye Yayıncılık Tic. Ltd. Şti*, Kayseri, 426s.
- Satman, A., İstanbul Teknik Üniversitesi, (2007) “Türkiye’de Enerji ve Geleceği”, *İTÜ*, İstanbul, 82 2007.
- Satman, A., İstanbul Teknik Üniversitesi, (2007) “Türkiye’de Enerji ve Geleceği”, *İTÜ*, İstanbul, 1-171 2007.
- Saville, Thorndike, Watson, J.D. (1933) An Investigation of The Flow Duration Characteristics of North Carolina Streams. Trans., *Am. Geophys. Union*, 406-525 1933.
- Singh, R.D., Mishra, S.K. and Chowdhary, H. (2001) Regional flow–duration models for large number of ungauged Himalayan catchments for planning microhydro projects, *J Hydrol Eng*, 6 (4): 310–316.
- Smakhtin, V.U. (2001) Low Flow Hydrology. *Journal of Hydrology*, 147–186.
- Studley, S.E. (2001) Estimated Flow Duration Curves For Selected Ungaged Sites in Kansas. *US Geological Surve*, 01: 4142.
- Talbi, E. G., Roux, O., Fonlupt, C., and Robillard, D. (2001) Parallel Ant Colonies for the quadratic assignment problem. *Future Generation Computer Systems*, 17: 441-449.
- Toksarı, M. D. (2007a) A heuristic approach to find the global optimum of function. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 209: 160-166.
- Toksarı, M. D. (2007b) Ant colony optimization approach to estimate energy demand of Turkey. *Energy Policy*, 35: 3984-3990.
- Vogel, R.M. and Fennessey, N.M. (1995) Flow duration curves II: a review of applications in water resources planning, *Water Resour Bull*, 31 (6): 1029–1039.
- Wang, H., and Shen, J. (2007) Heuristic approaches for solving transit vehicle scheduling problem with route and fueling time constraints. *Applied Mathematics and Computation*, 190: 1237-1249.
- Warnick, C.C. (1984) Hydropower Engineering. Prentice-Hall, Inc., *Englewood Cliffs*, New Jersey, 59-73.

- Yu, P.S. and Yang, T.C. (1996) Synthetic Regional Flow Duration Curve For Southern Taiwan. *Hydrological Processes*, 10: 373-391.
- Yu, P.S., Yang, T.C. and Wang, Y.C. (2002) Uncertainty Analysis of Regional Flow Duration Curves. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, 128(6), 424-430.
- Zhao, J. H., Liu, Z., and Dao, M. (2007) Reliability optimization using multi objective ant colony system approaches. *Reliability Engineering and System Safety*, 92: 109-120.

**EKLER:**

**Ek – 1a:** Karstik bölgede bulunan DSİ AGİ' lerinin gözlem – model – parametrik ASE' leri

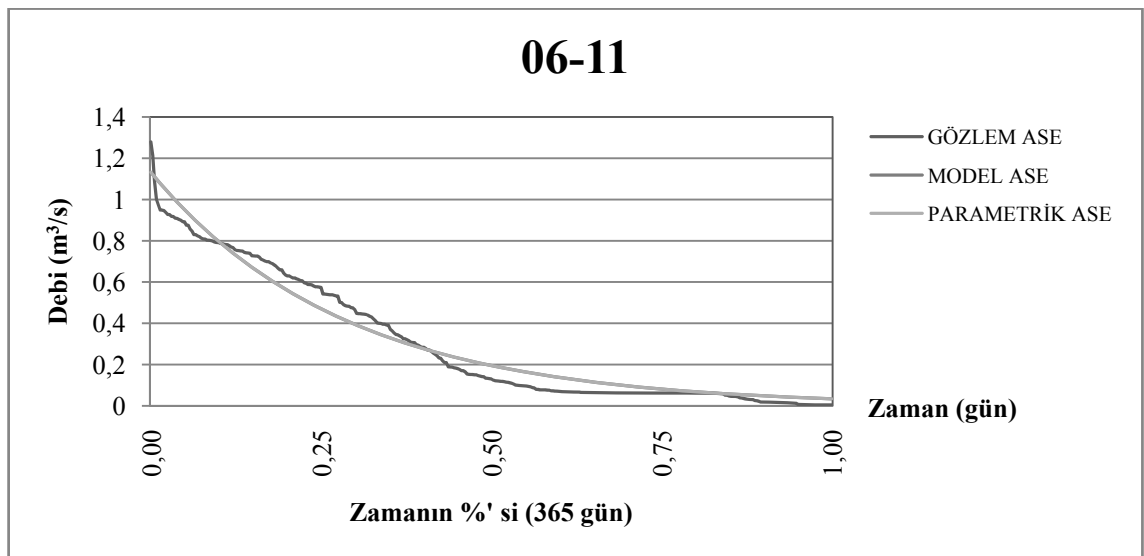
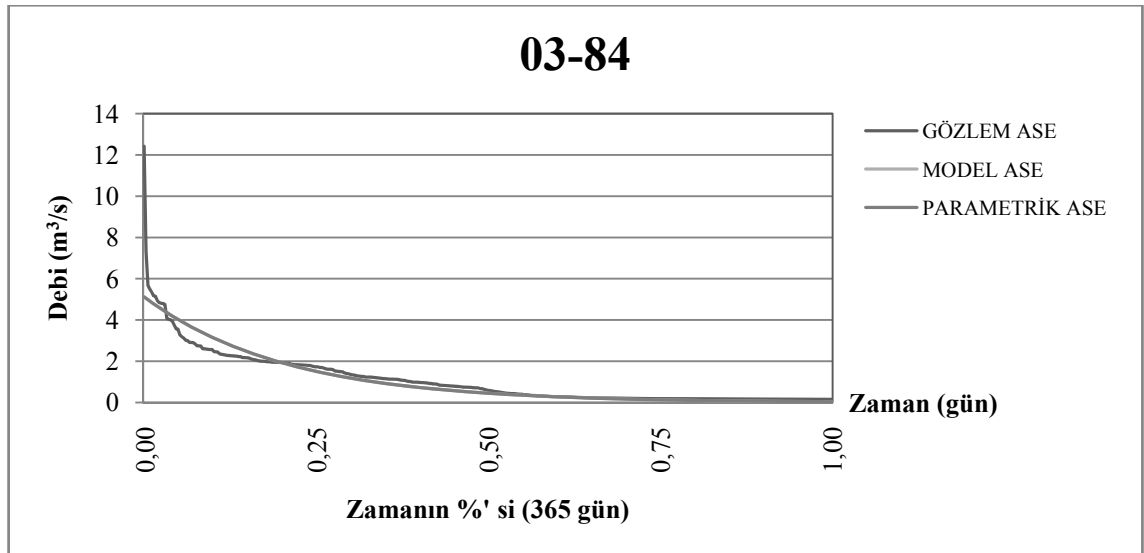
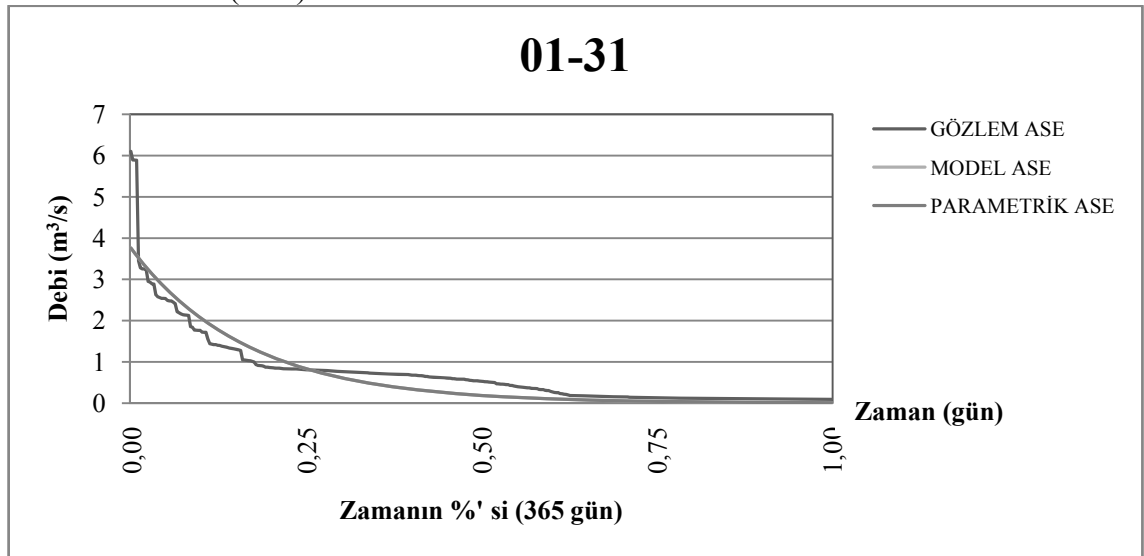
**Ek – 1b:** Karstik olmayan bölgede bulunan DSİ AGİ' lerinin gözlem – model parametrik ASE' leri

**Ek – 2a:** Karstik bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri

**Ek – 2b:** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri

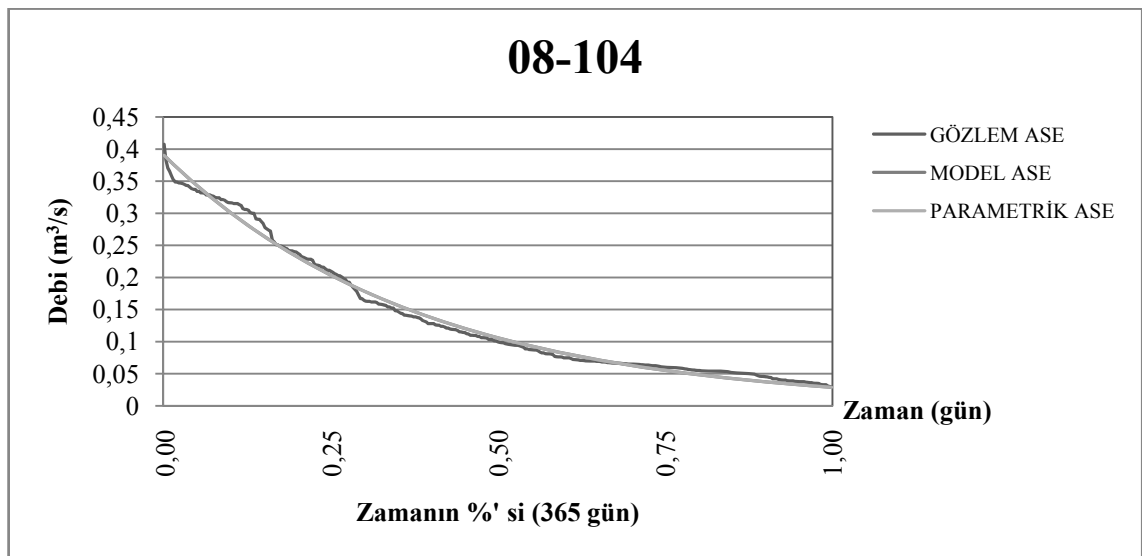
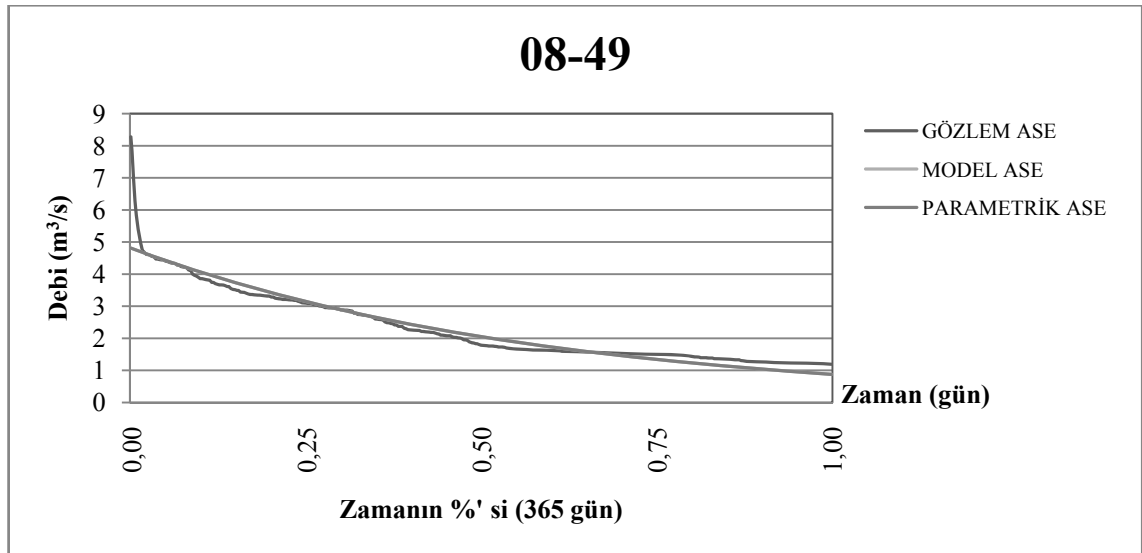
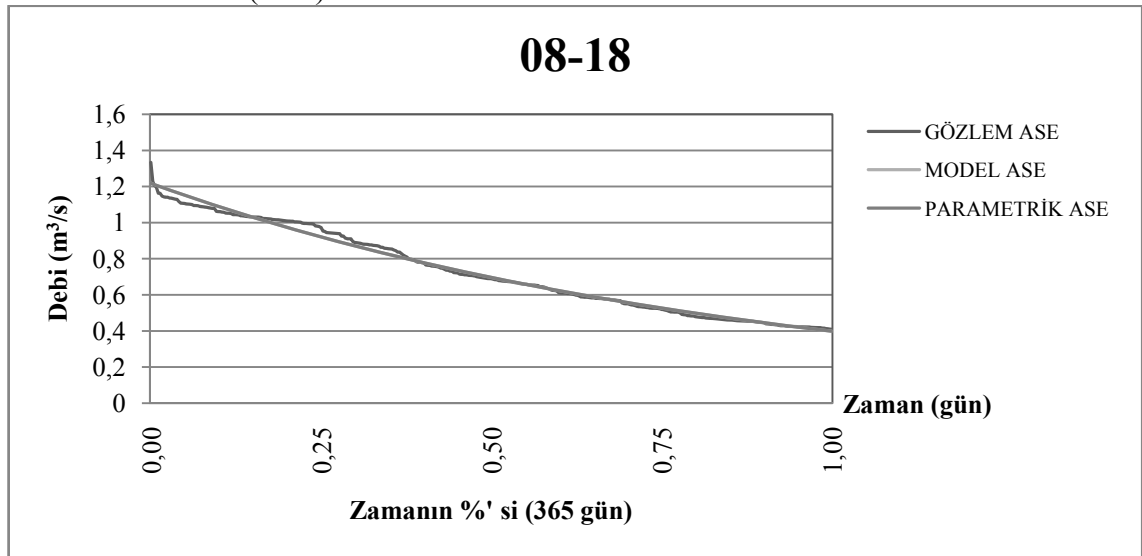
**Ek – 2c:** Karstik ve karstik olmayan bölgede zamanın %55' i için gözlem – parametrik ASE mutlak hata %' leri

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (1/11)



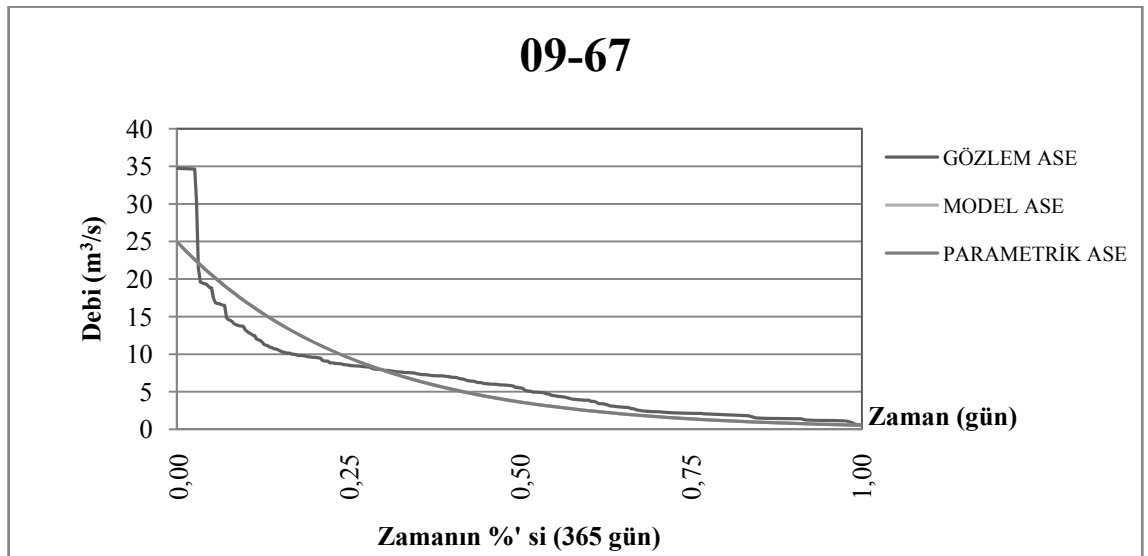
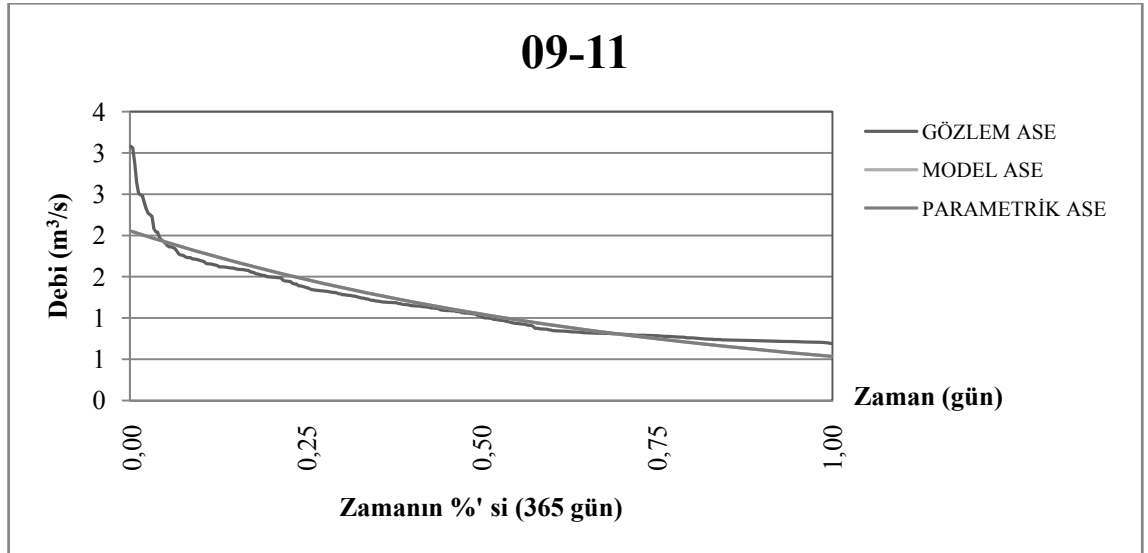
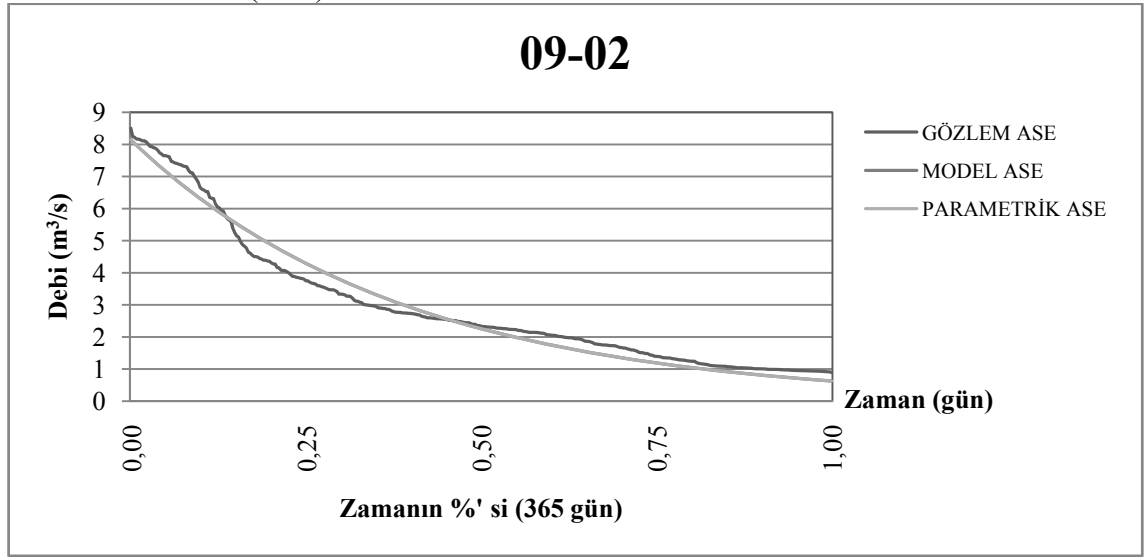
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (2/11)



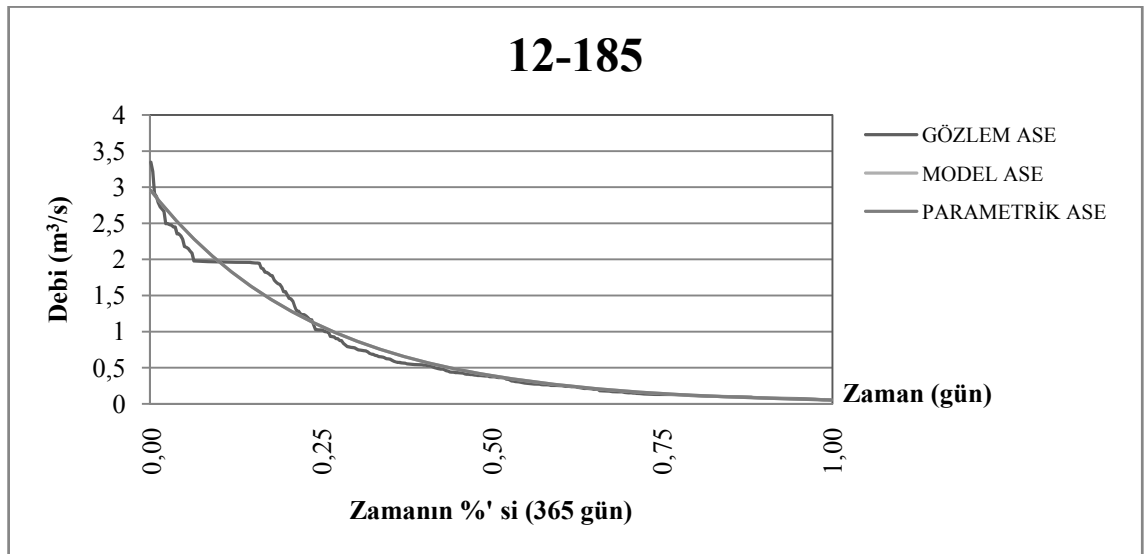
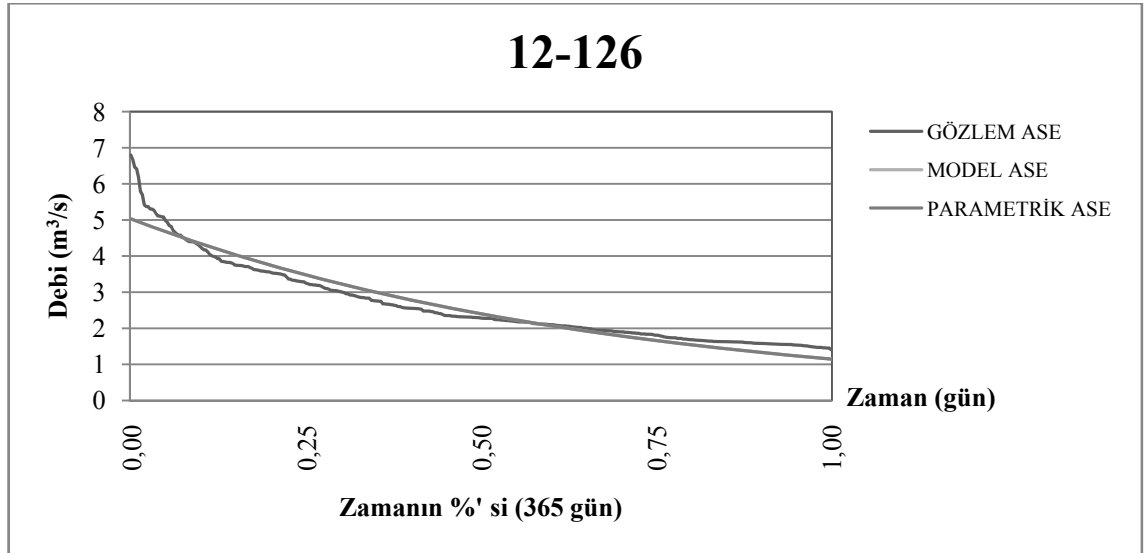
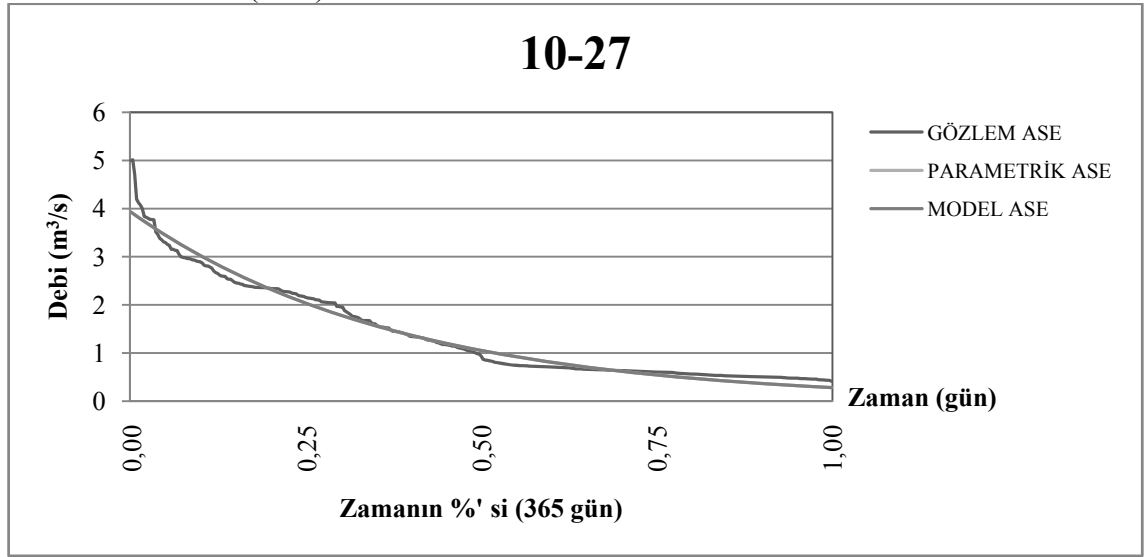
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (3/11)



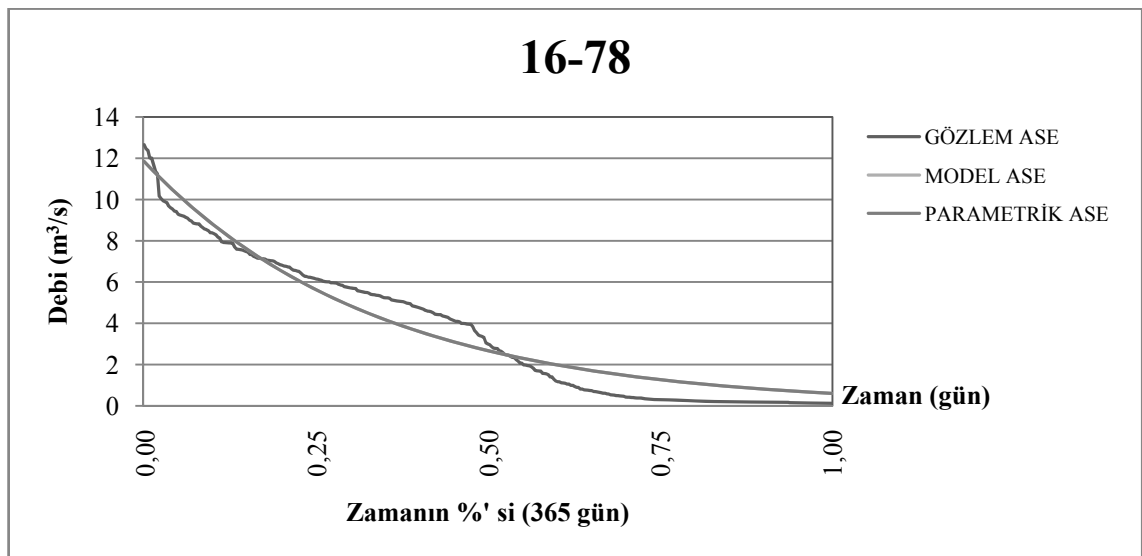
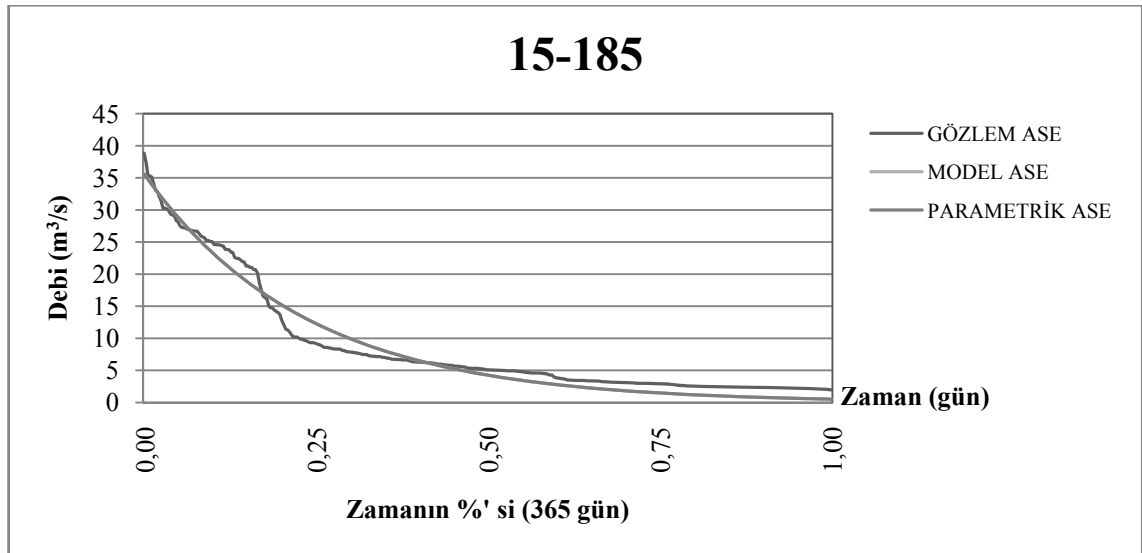
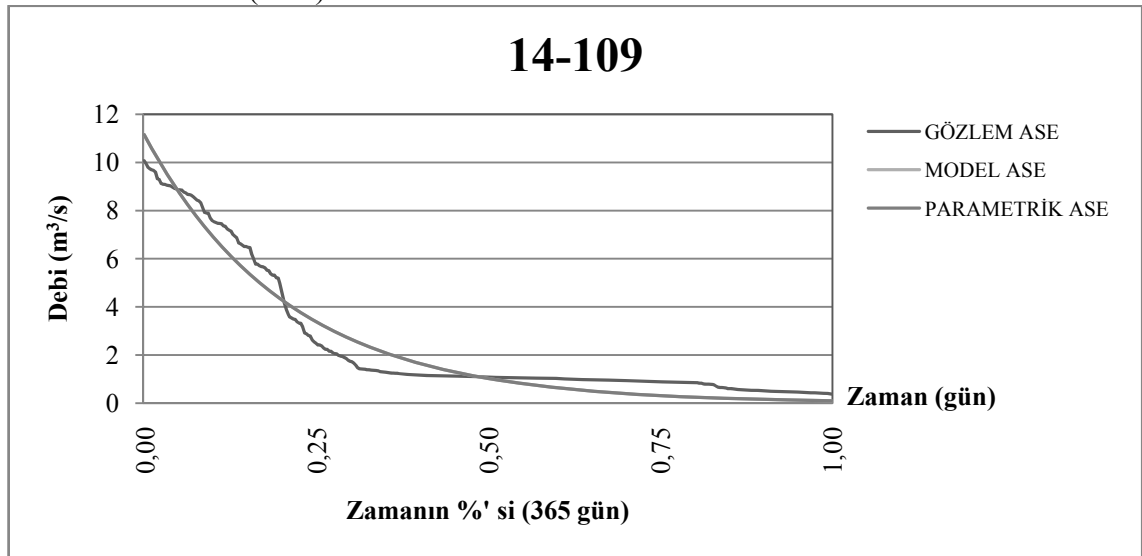
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (4/11)



Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

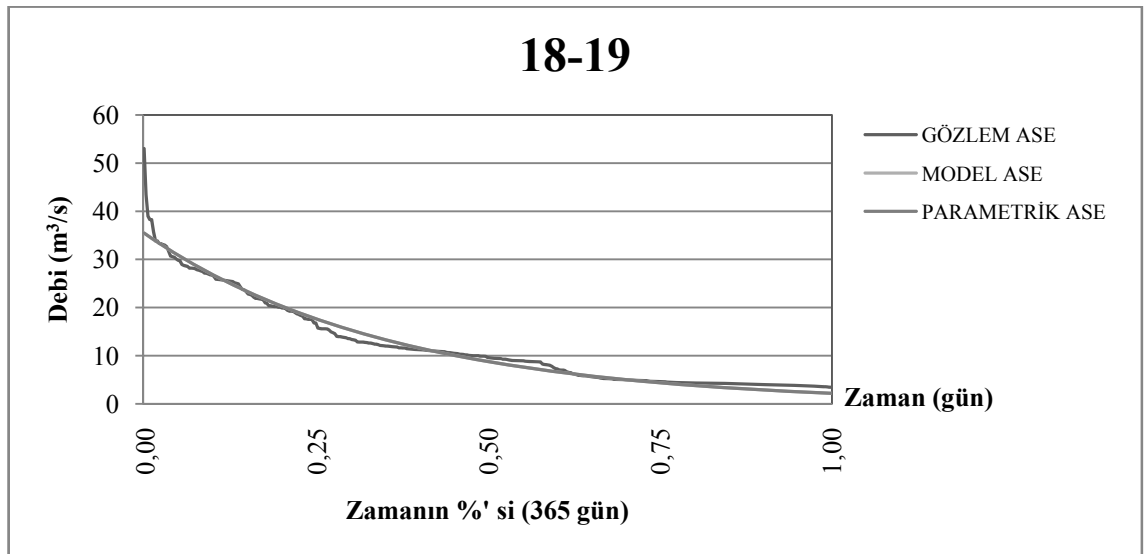
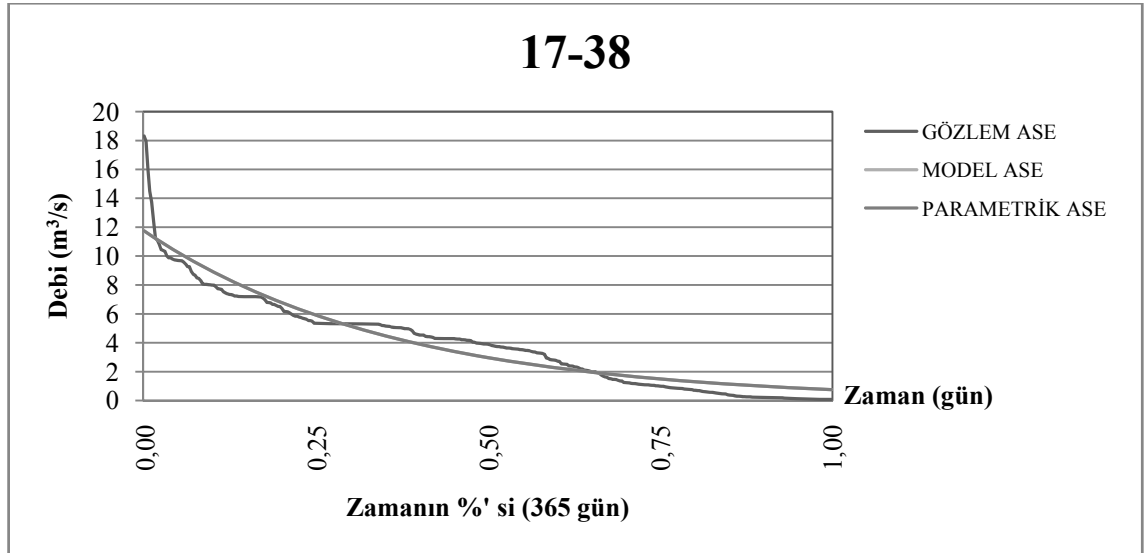
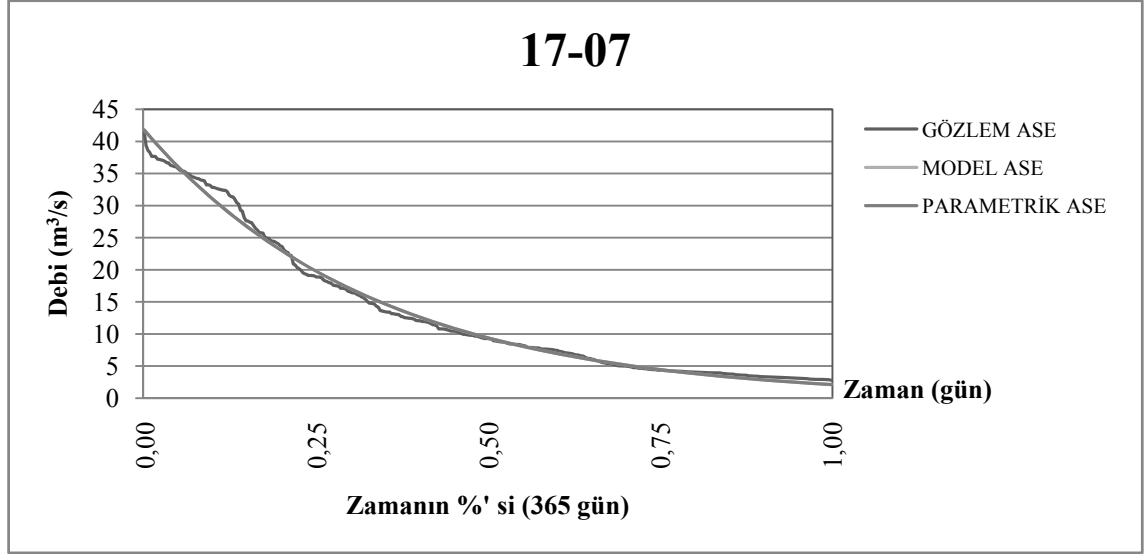
**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (5/11)



Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

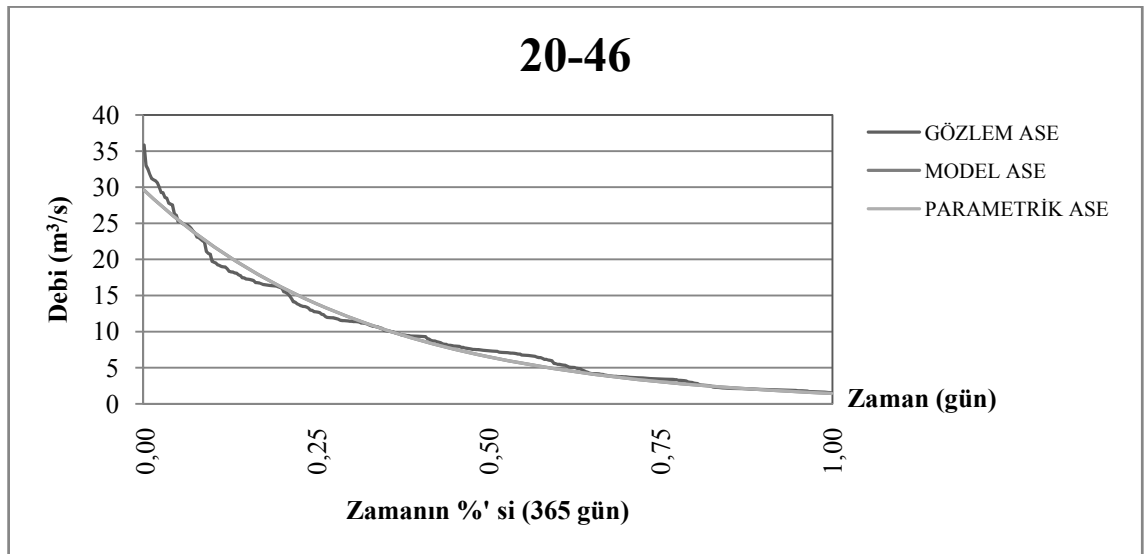
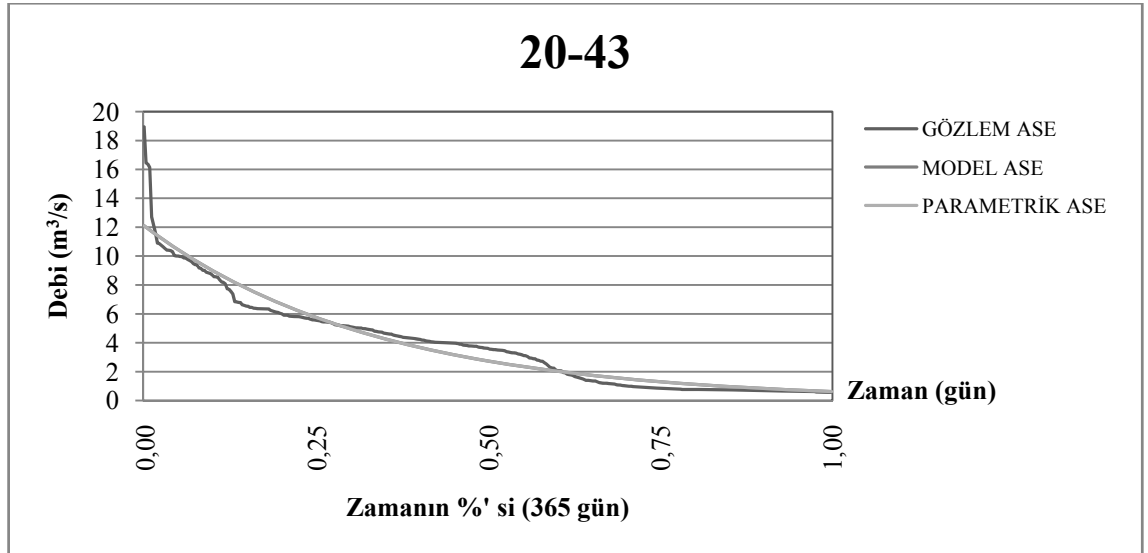
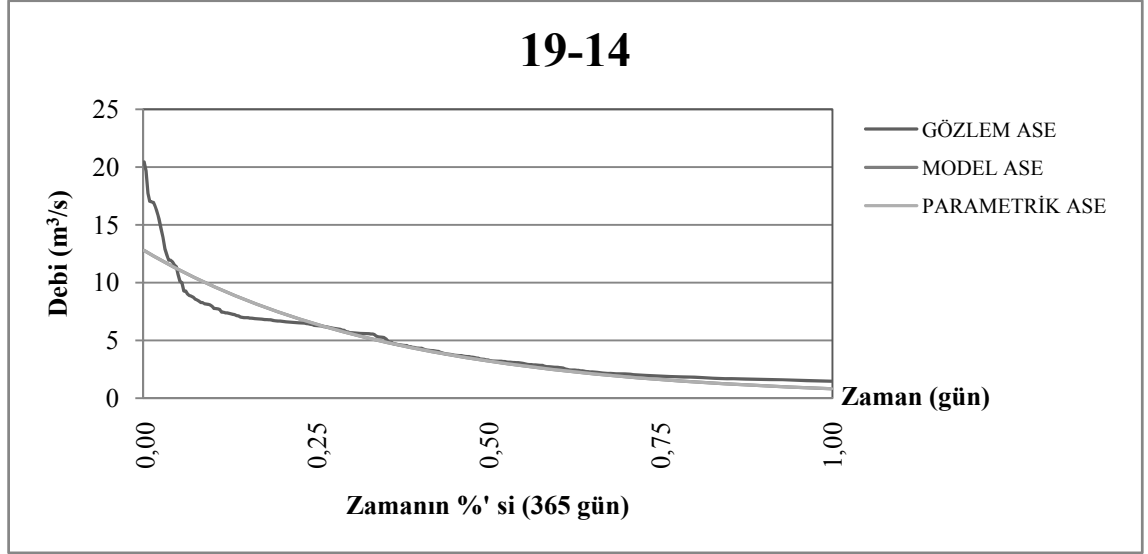


**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (6/11)



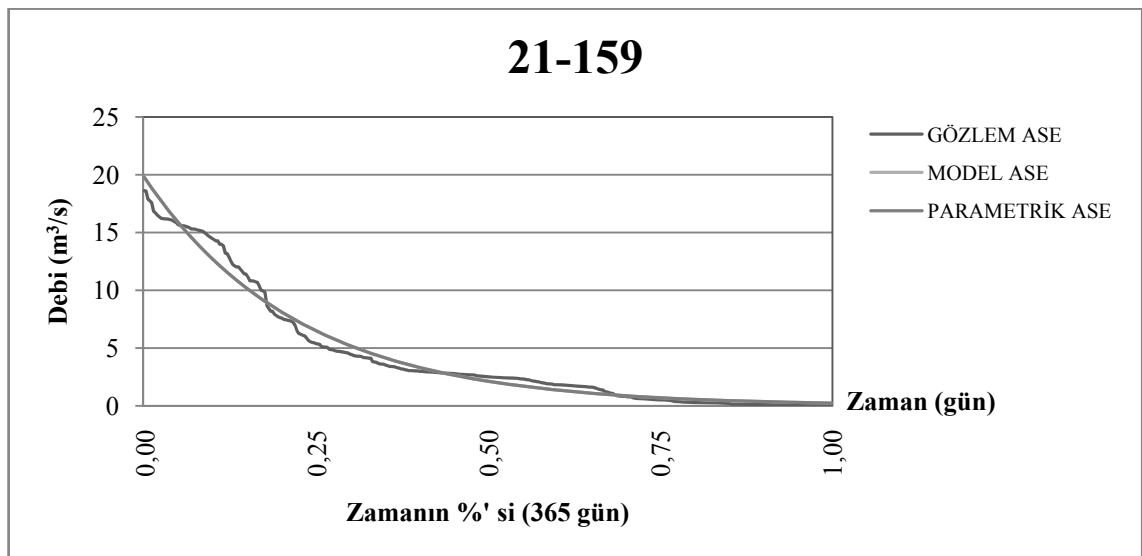
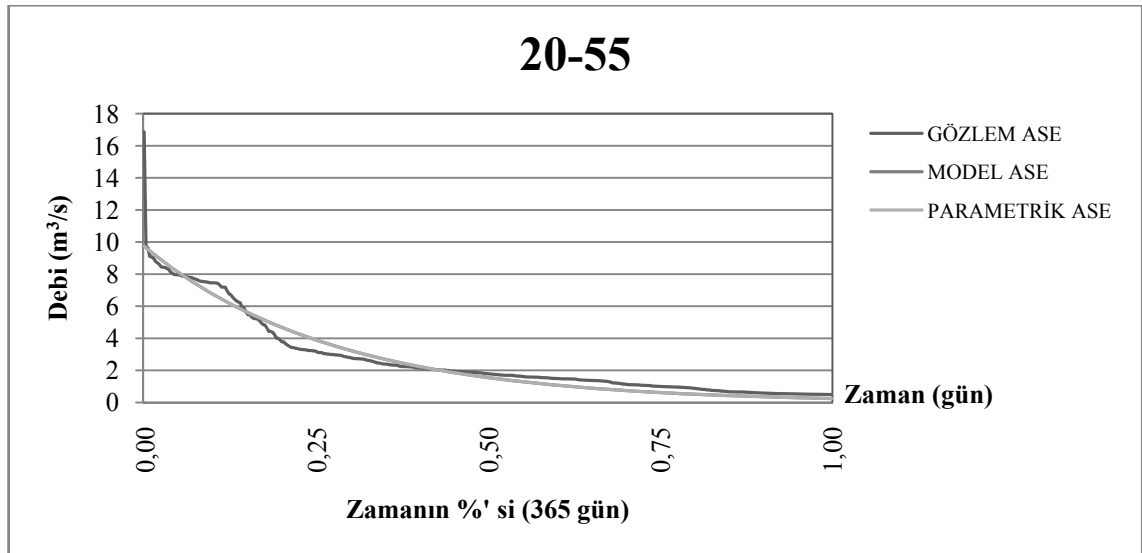
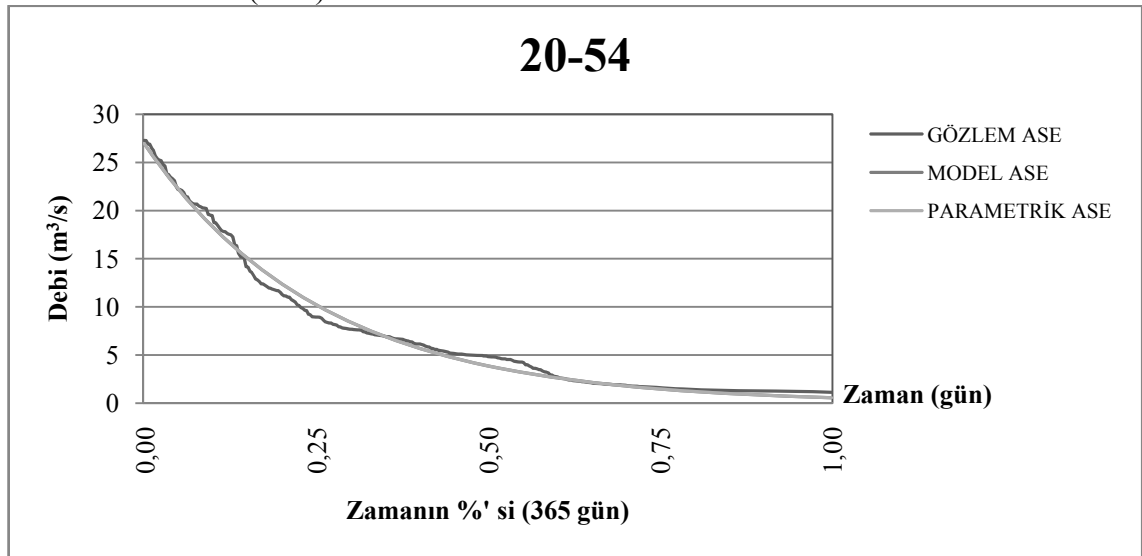
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (7/11)



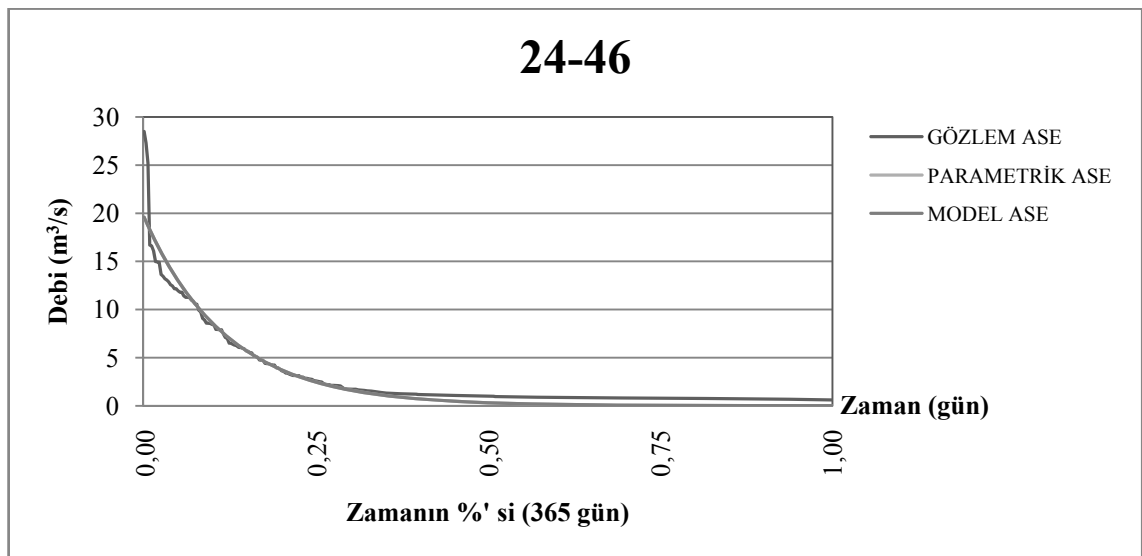
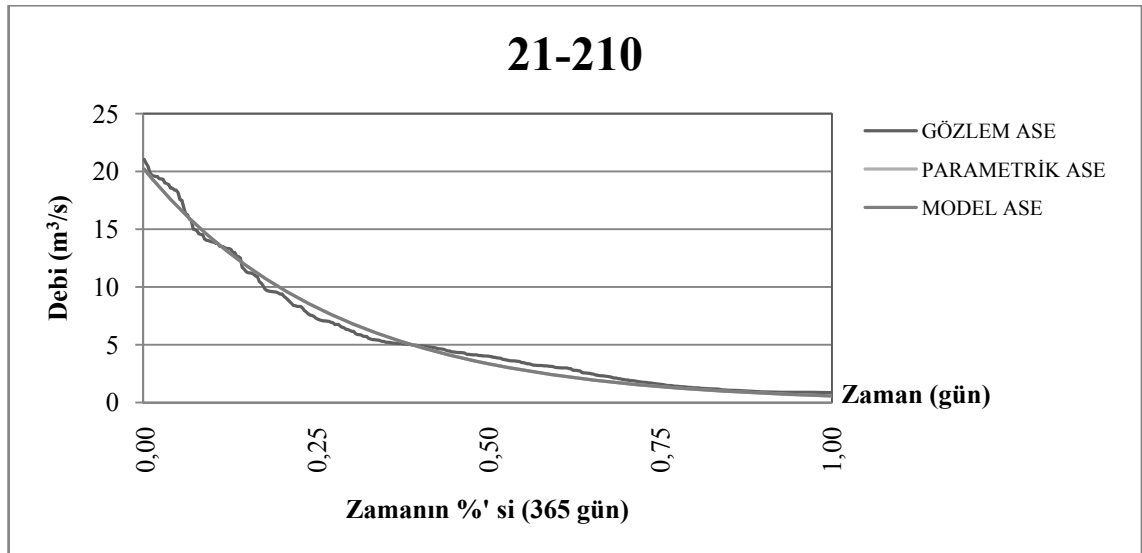
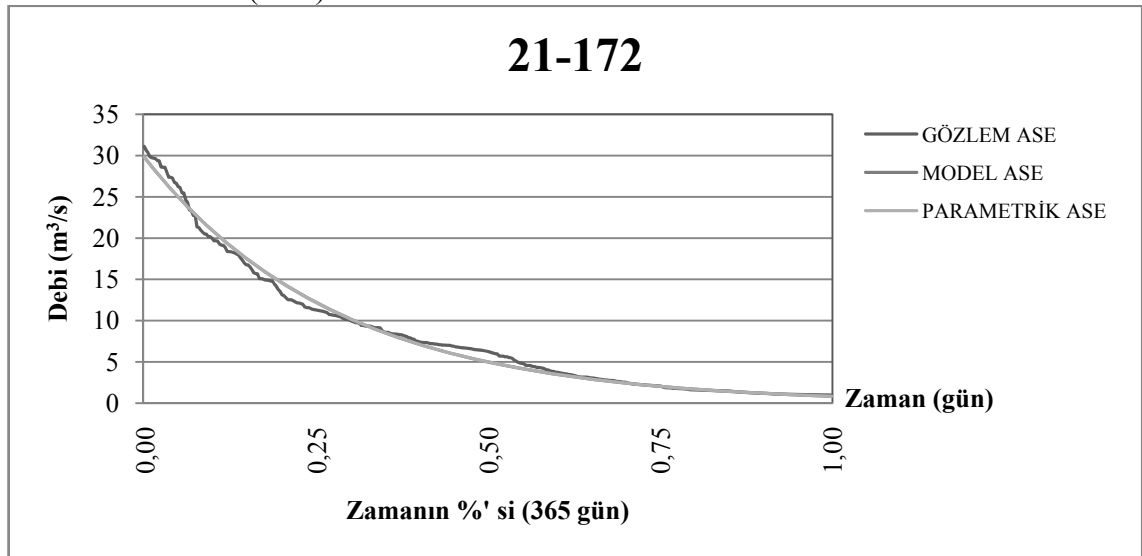
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (8/11)



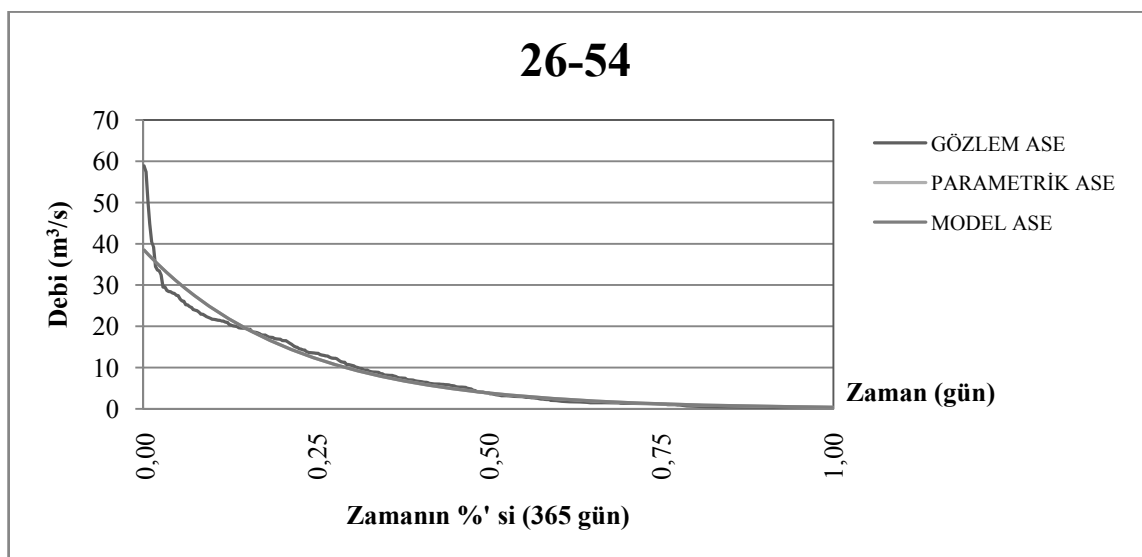
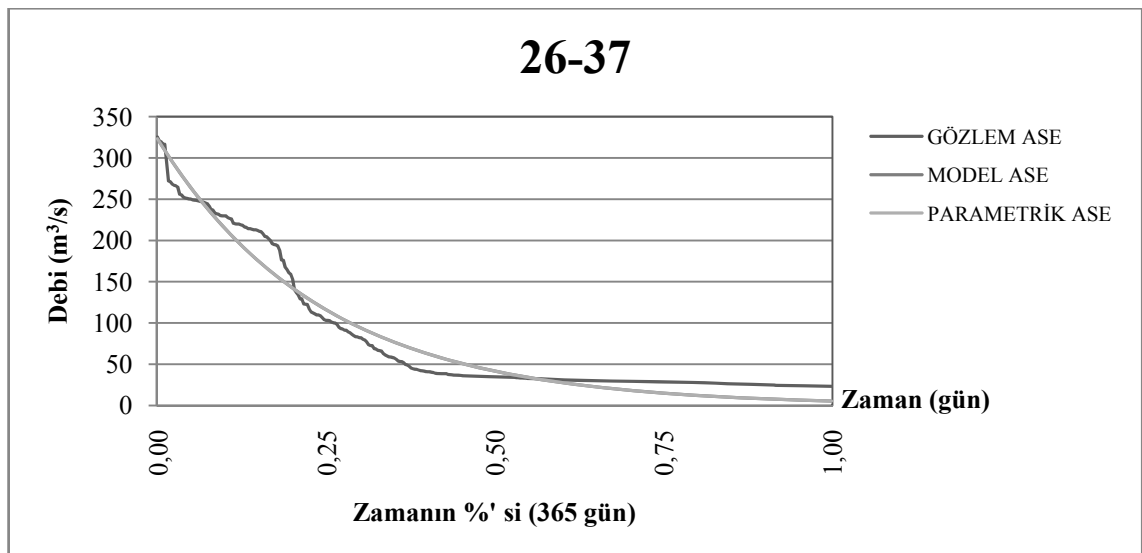
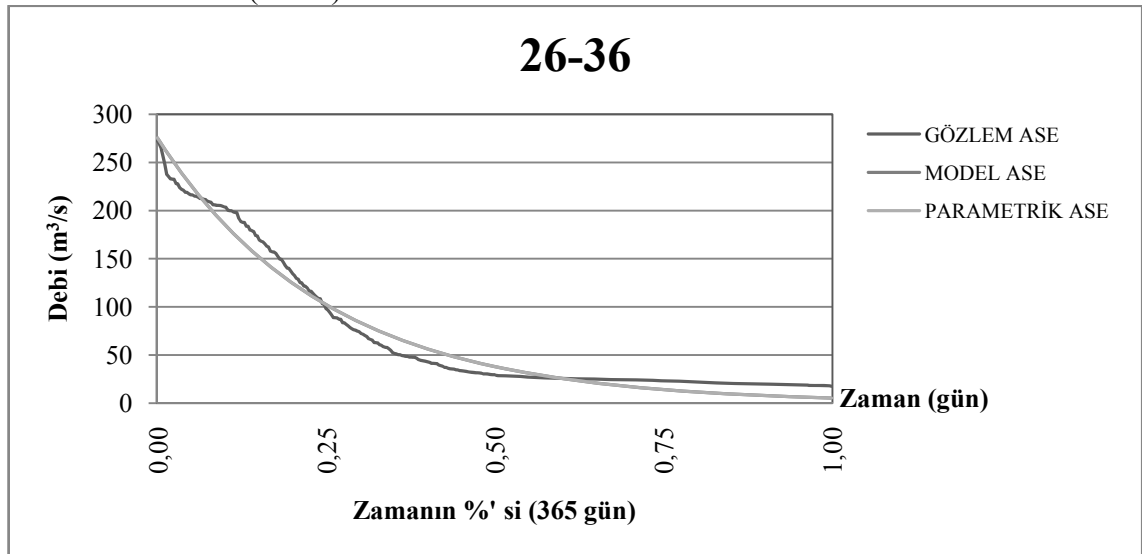
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (9/11)



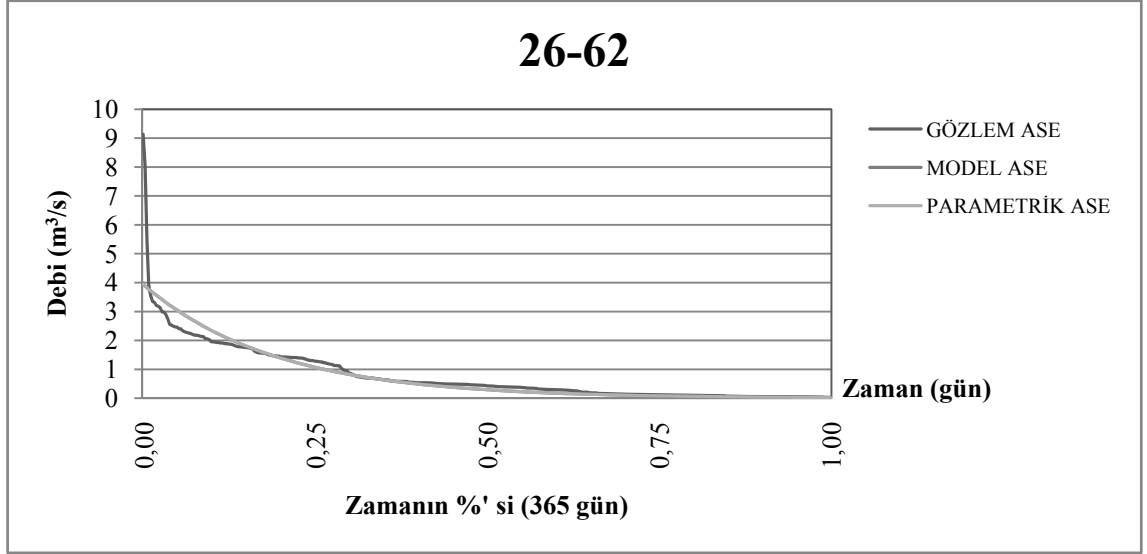
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (10/11)



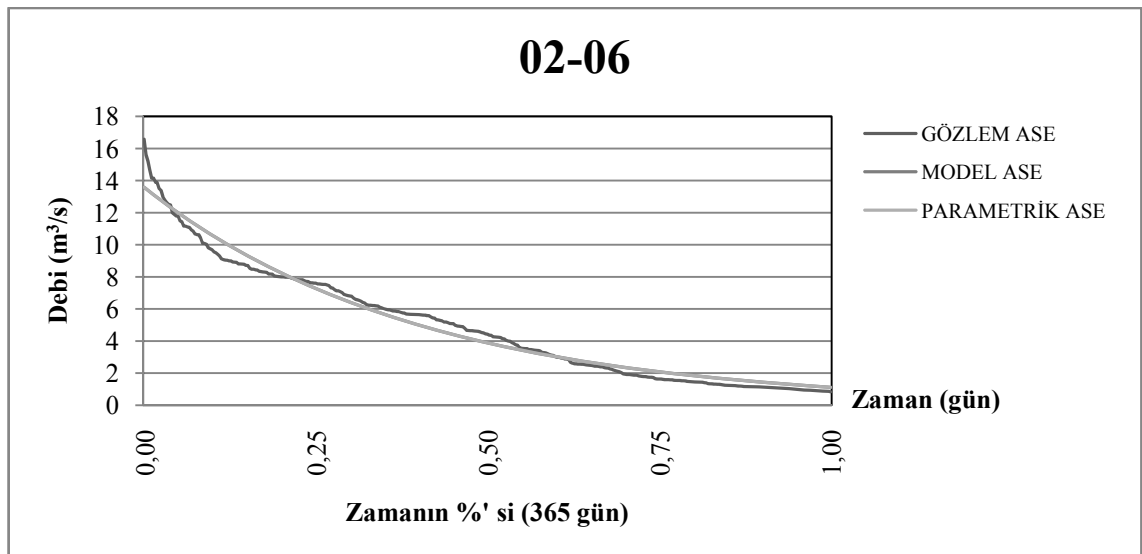
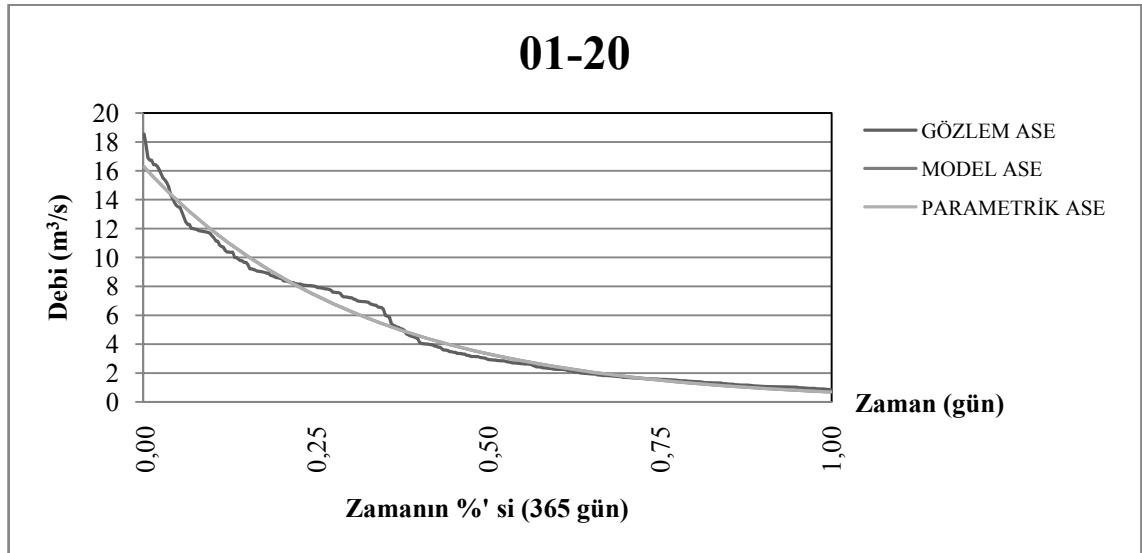
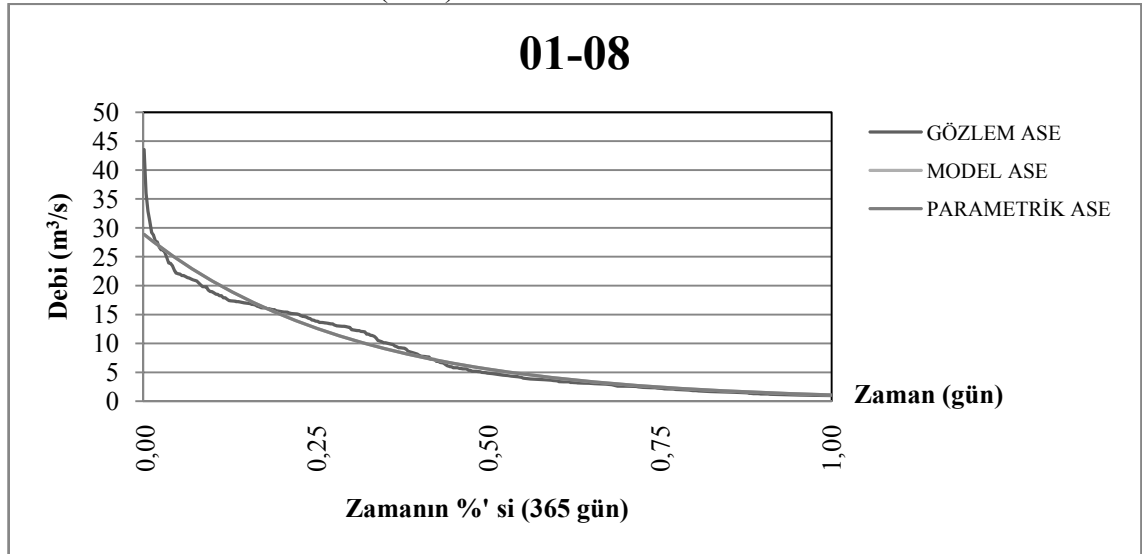
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 a** Karstik Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model – Parametrik ASE' leri (11/11)



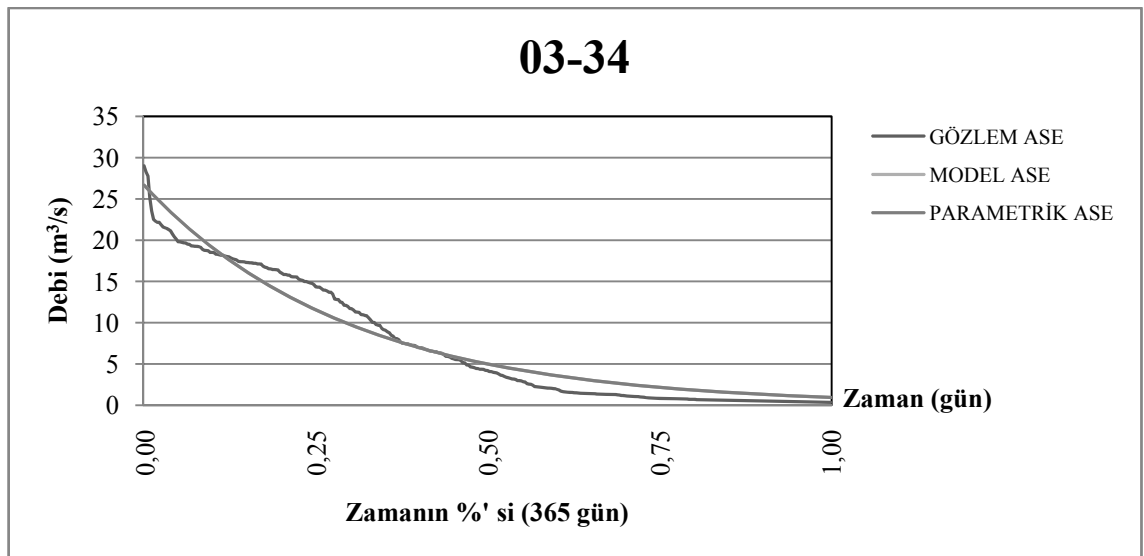
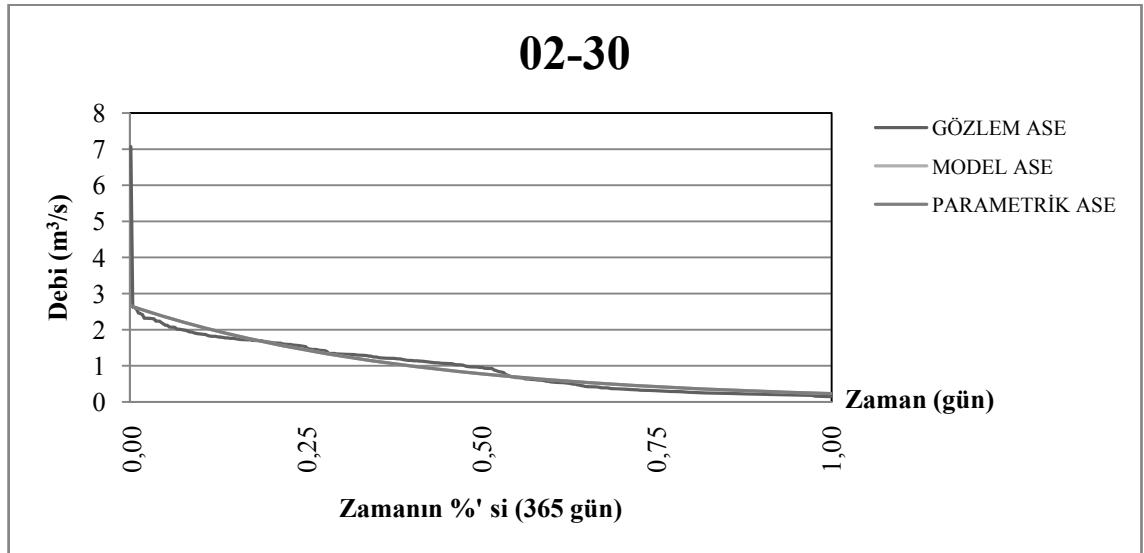
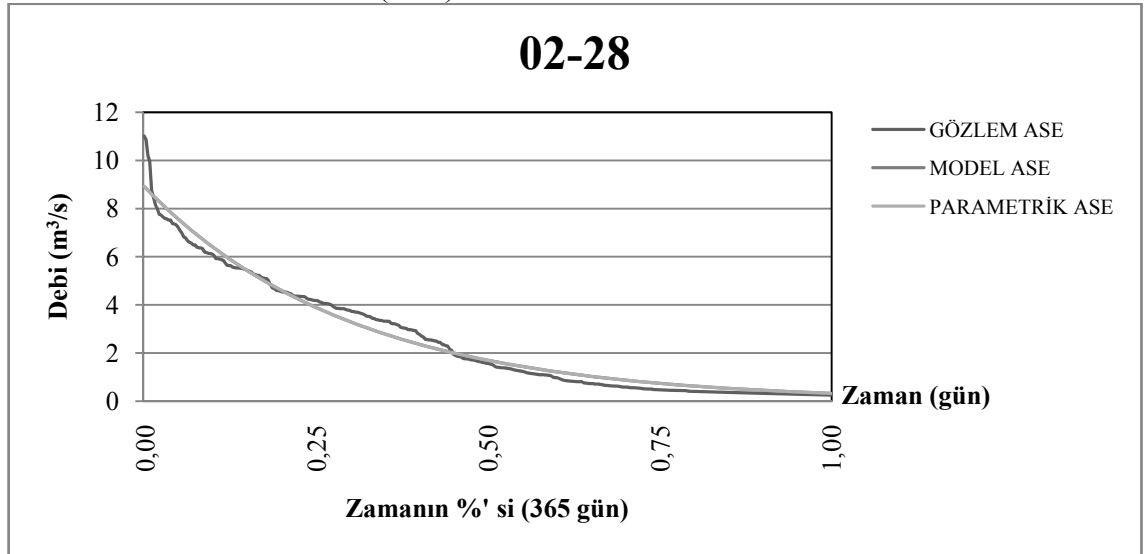
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (1/11)



Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

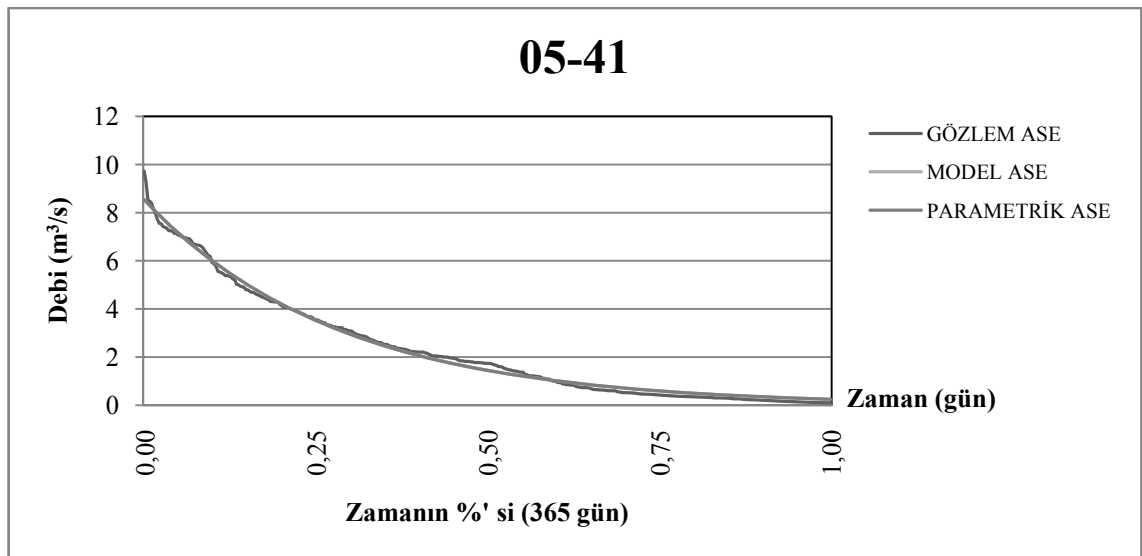
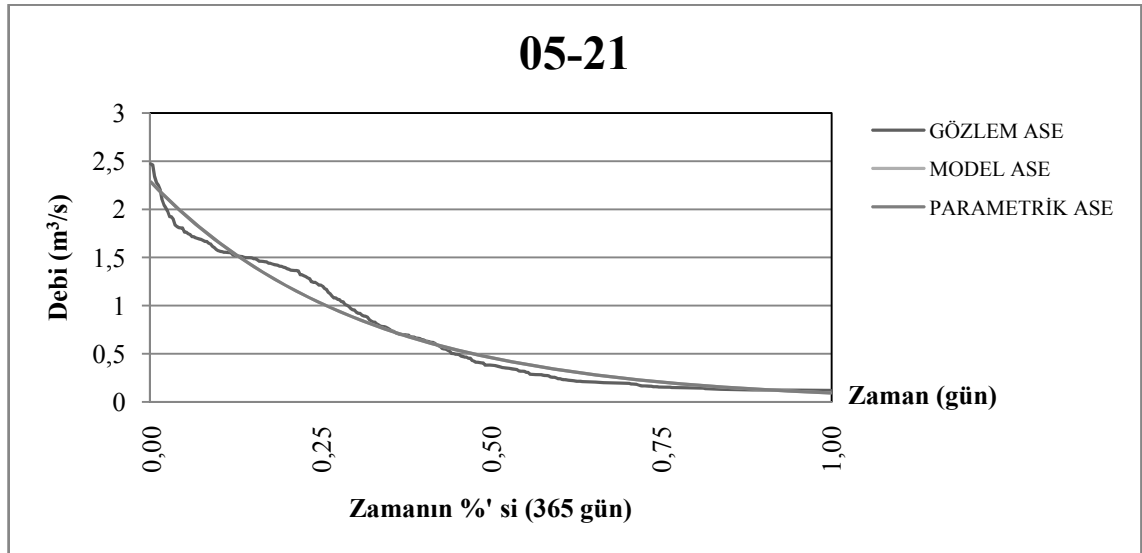
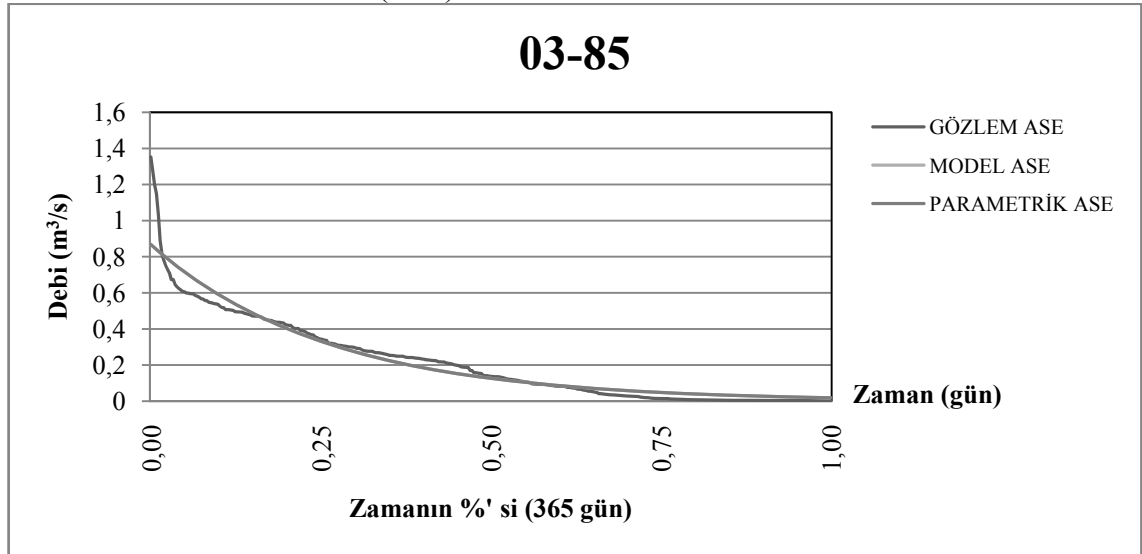
**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (2/11)



Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

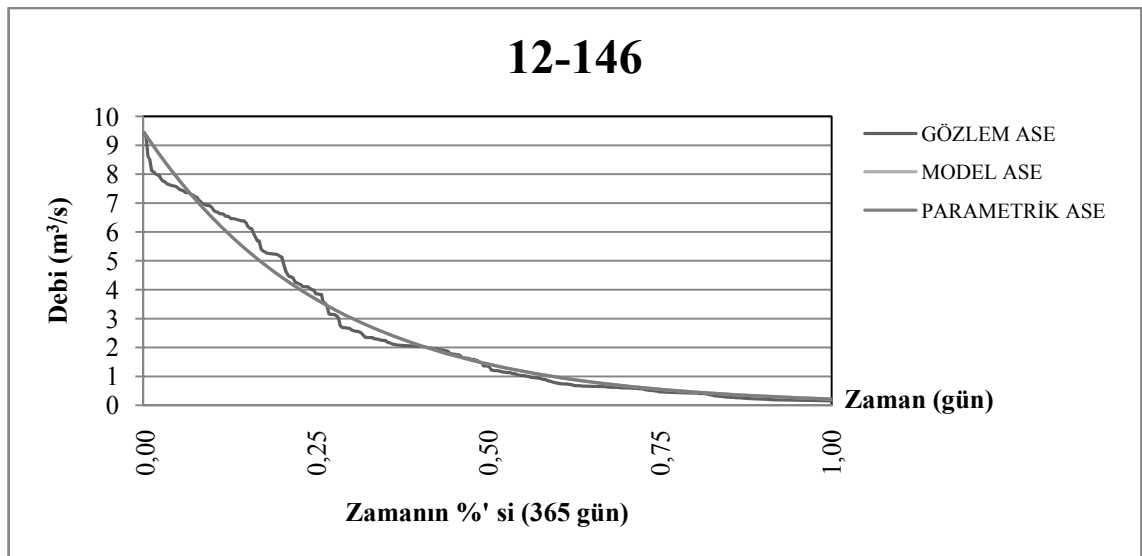
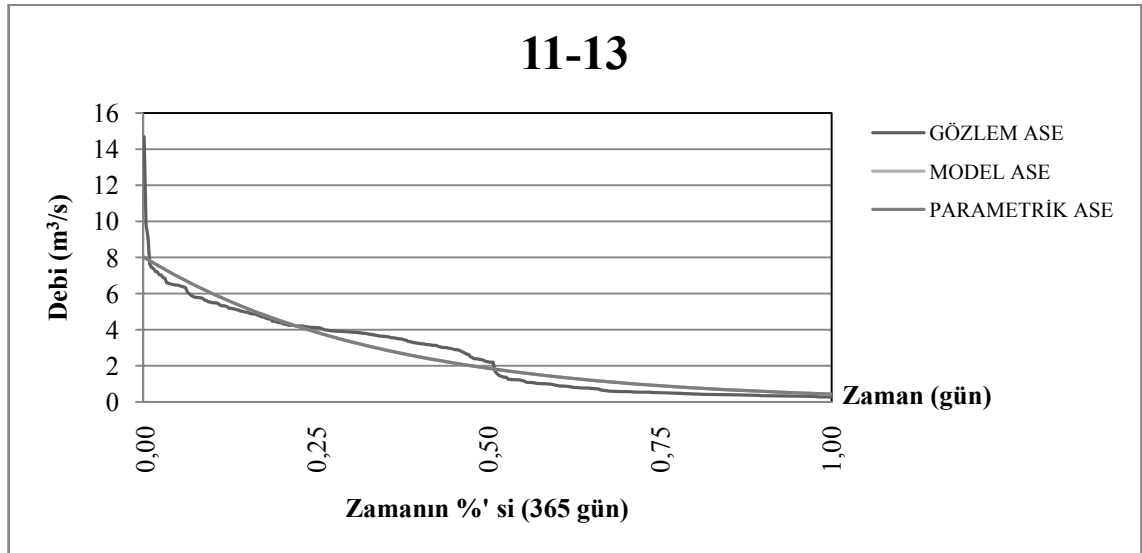
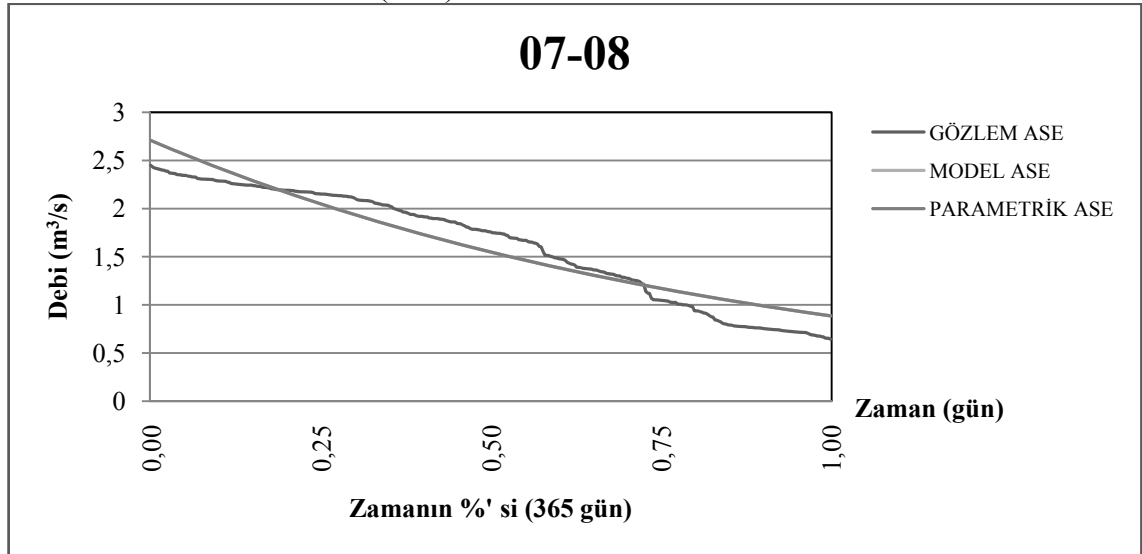


**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (3/11)



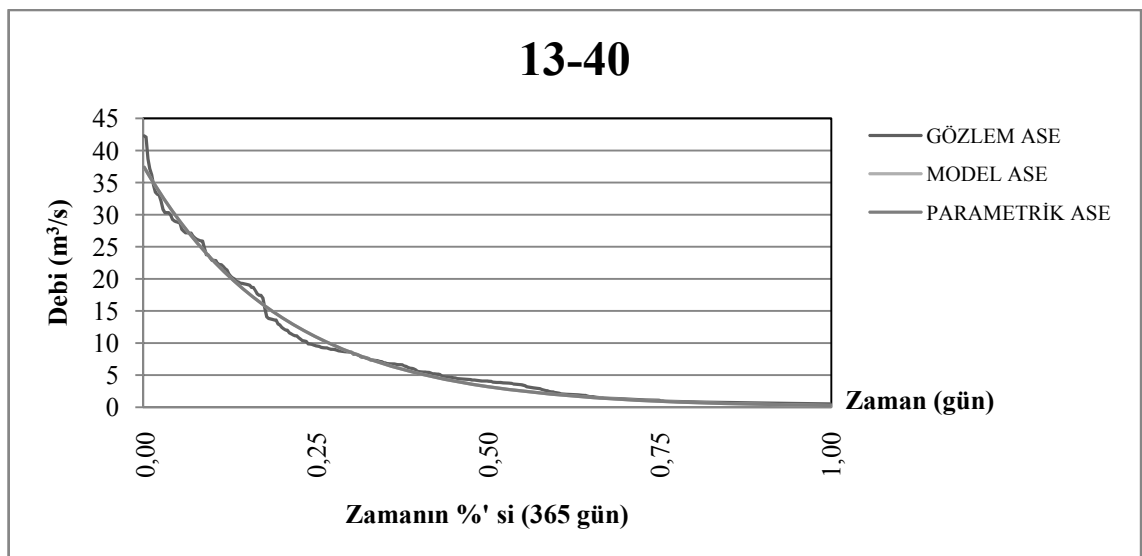
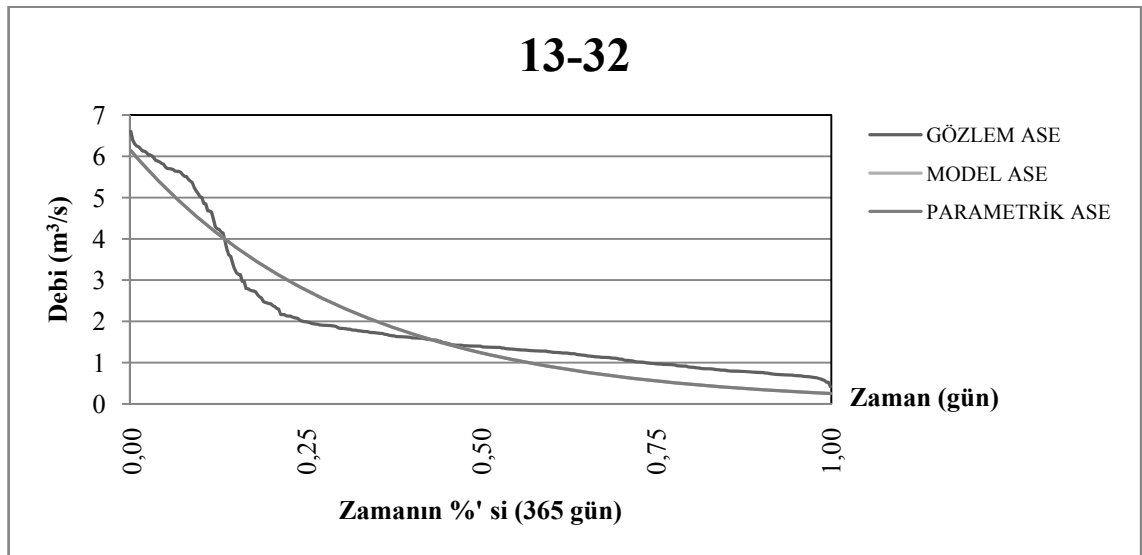
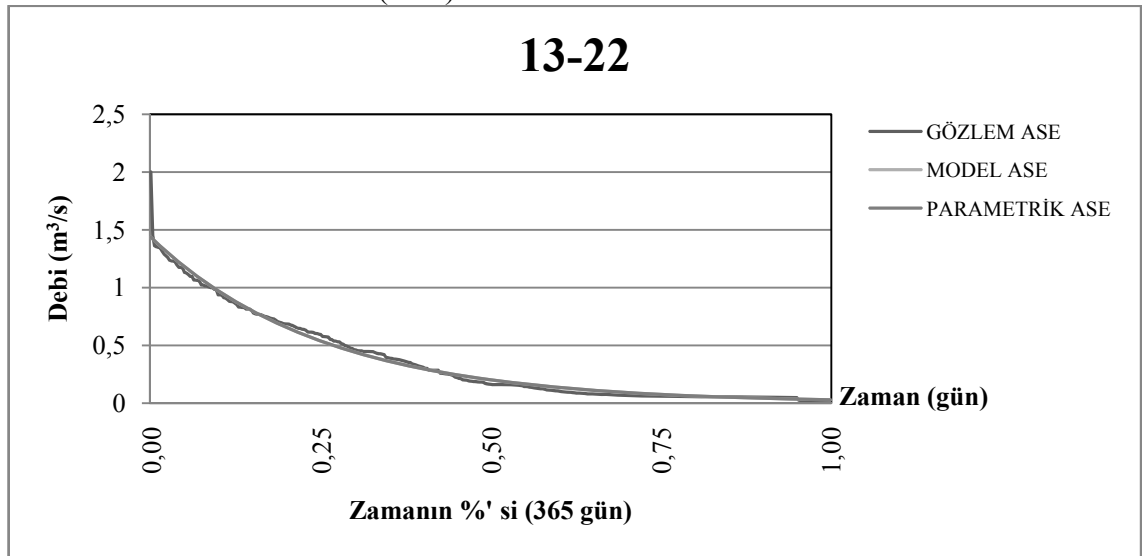
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (4/11)



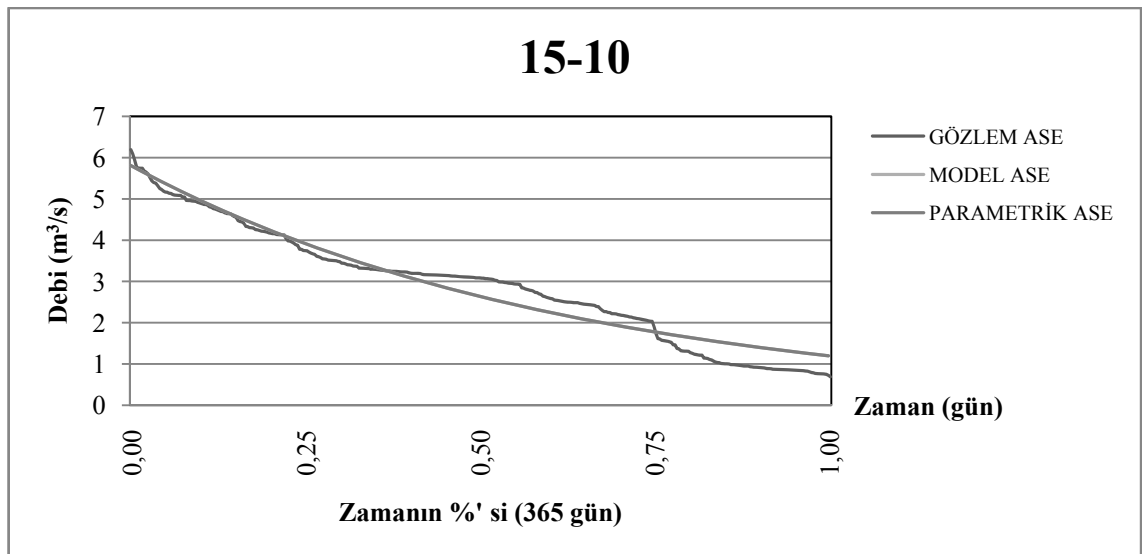
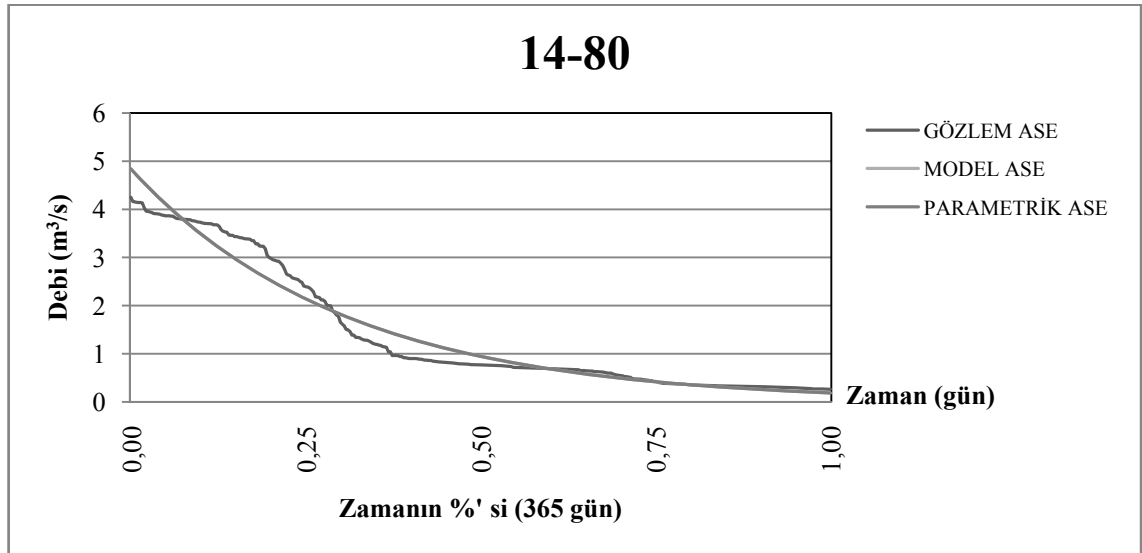
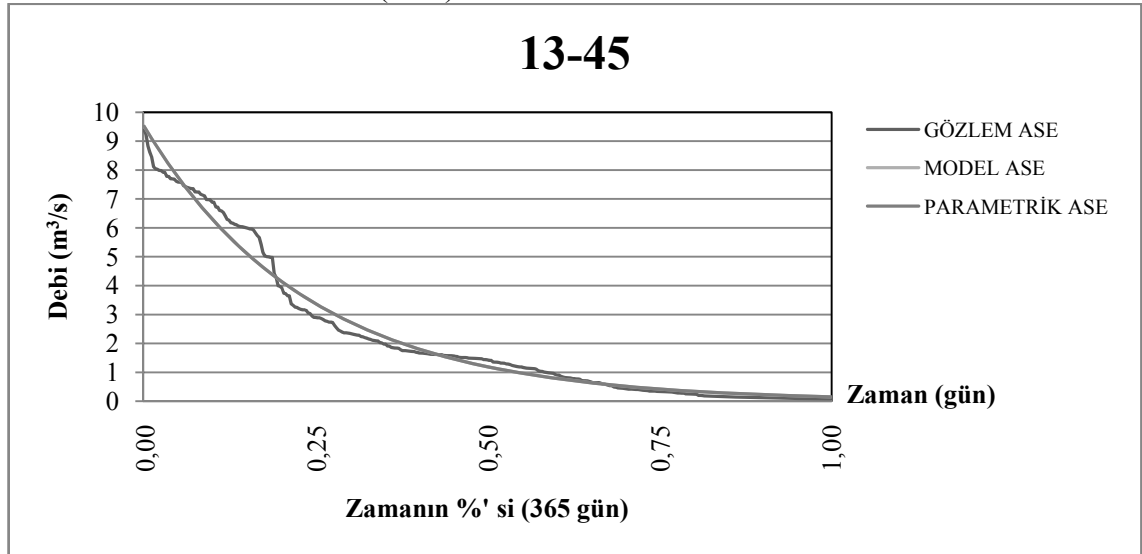
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (5/11)



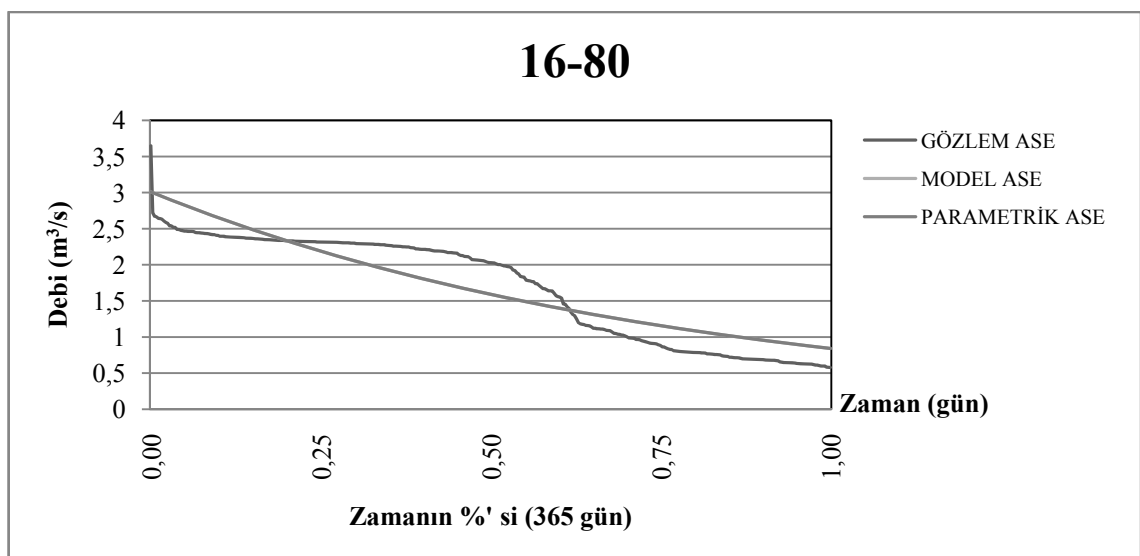
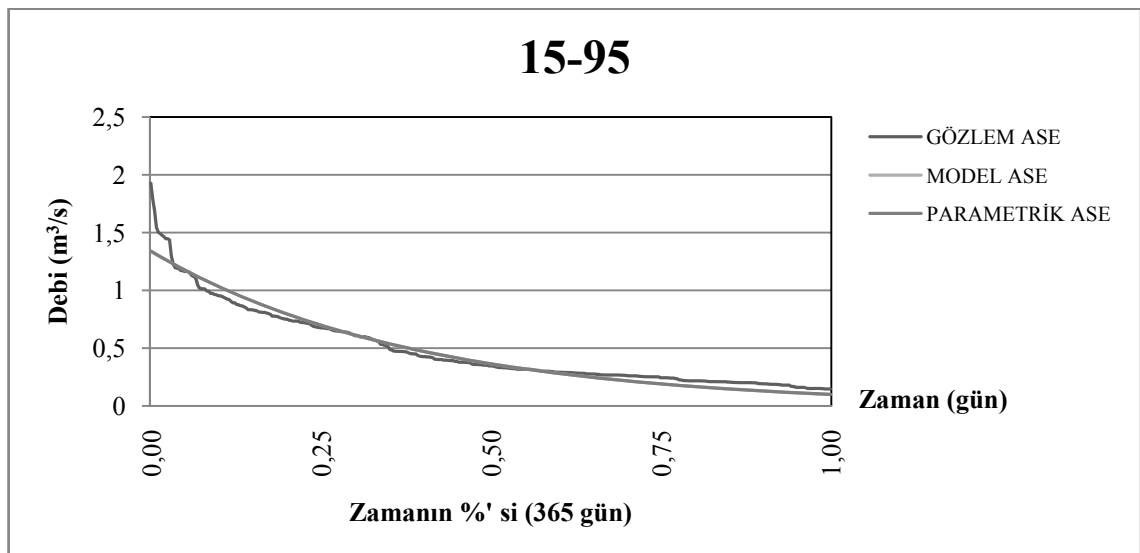
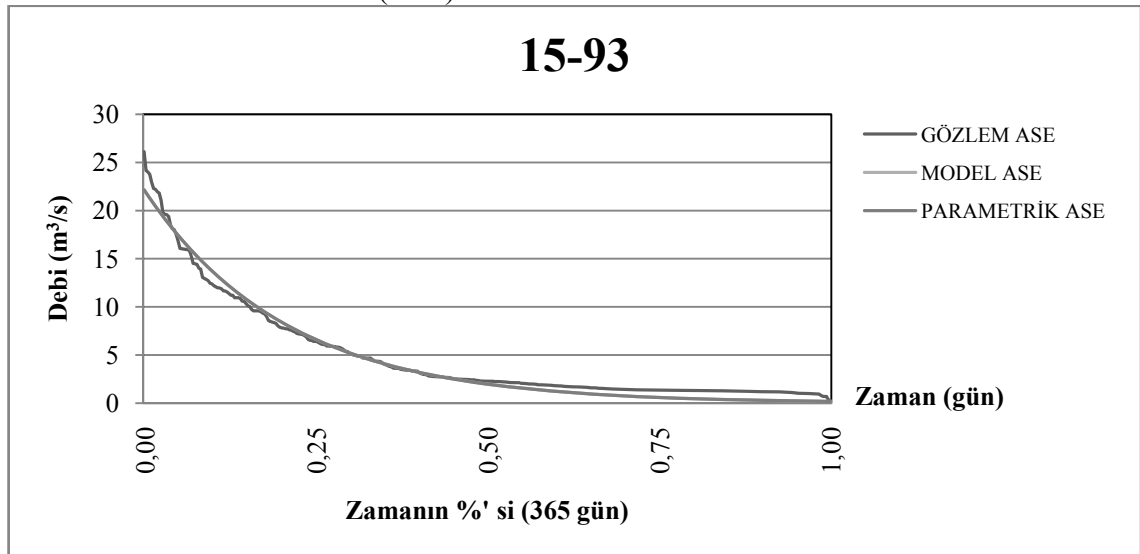
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (6/11)



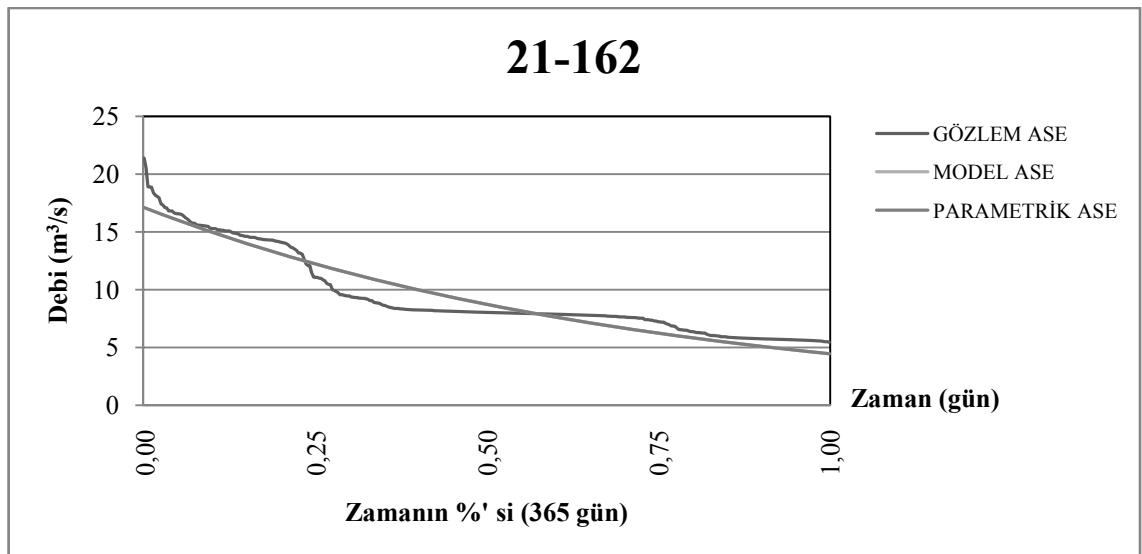
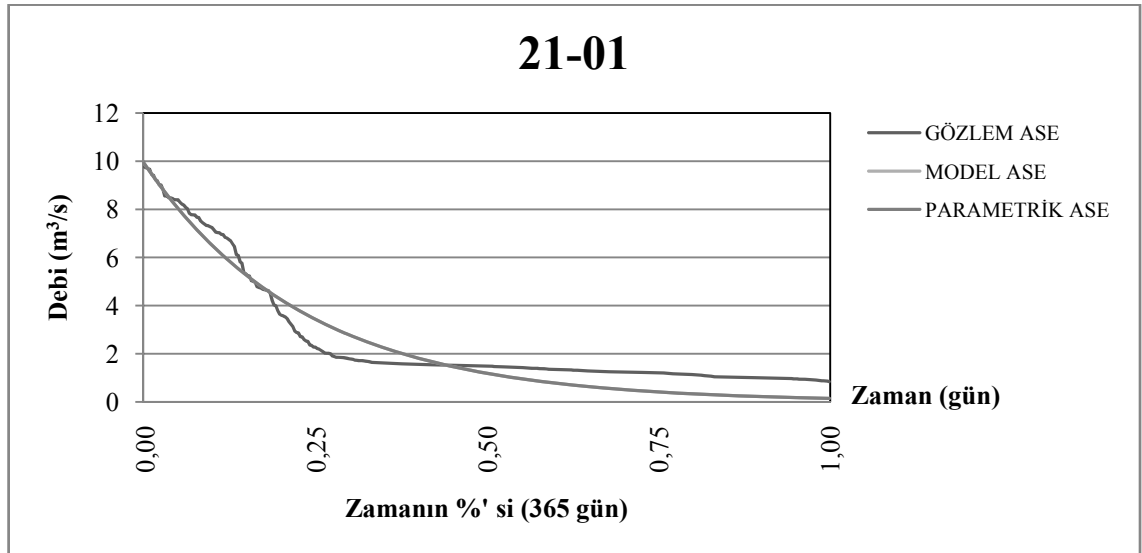
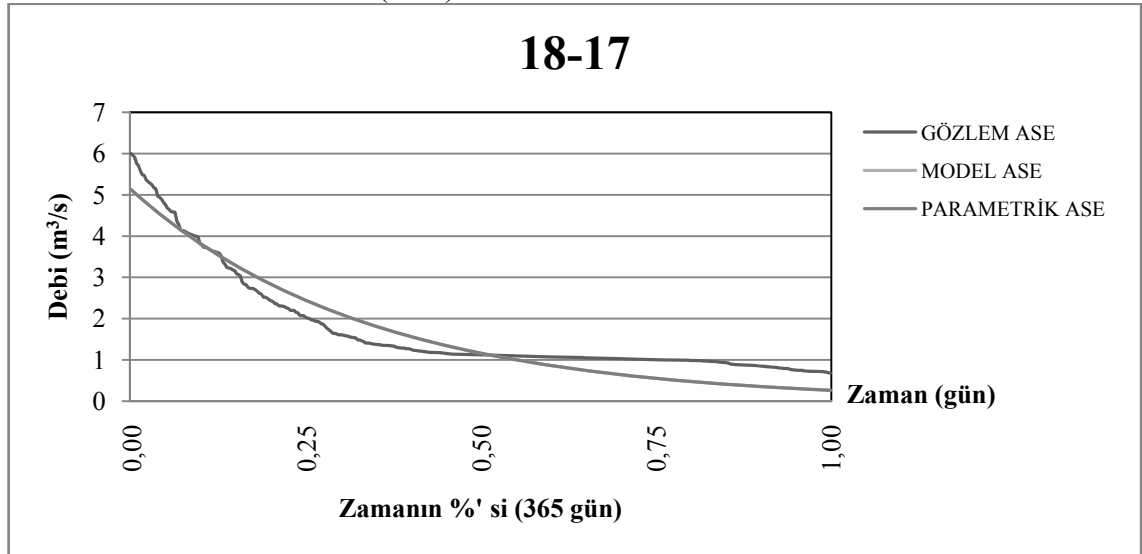
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (7/11)



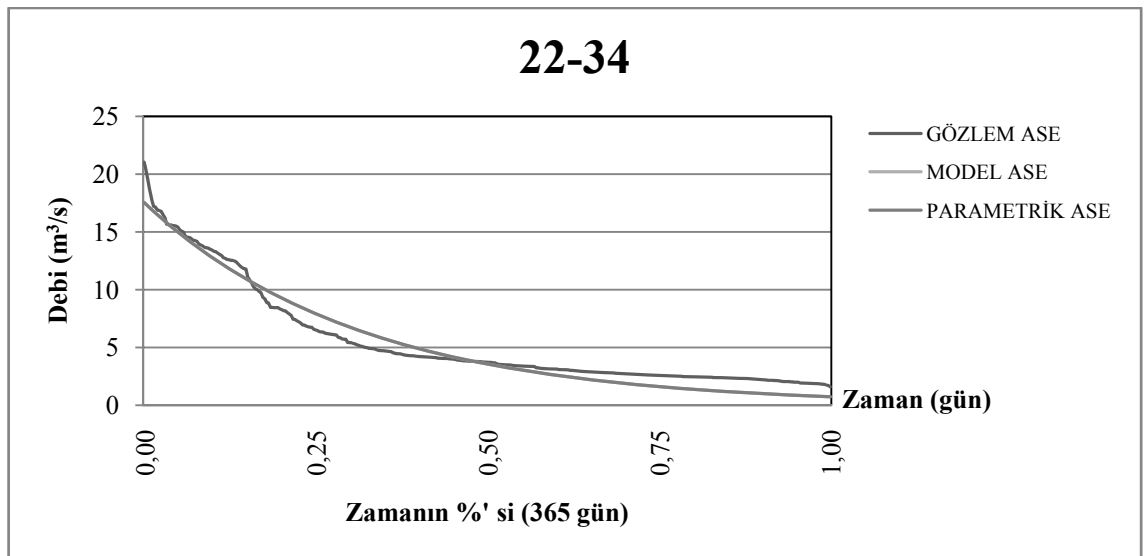
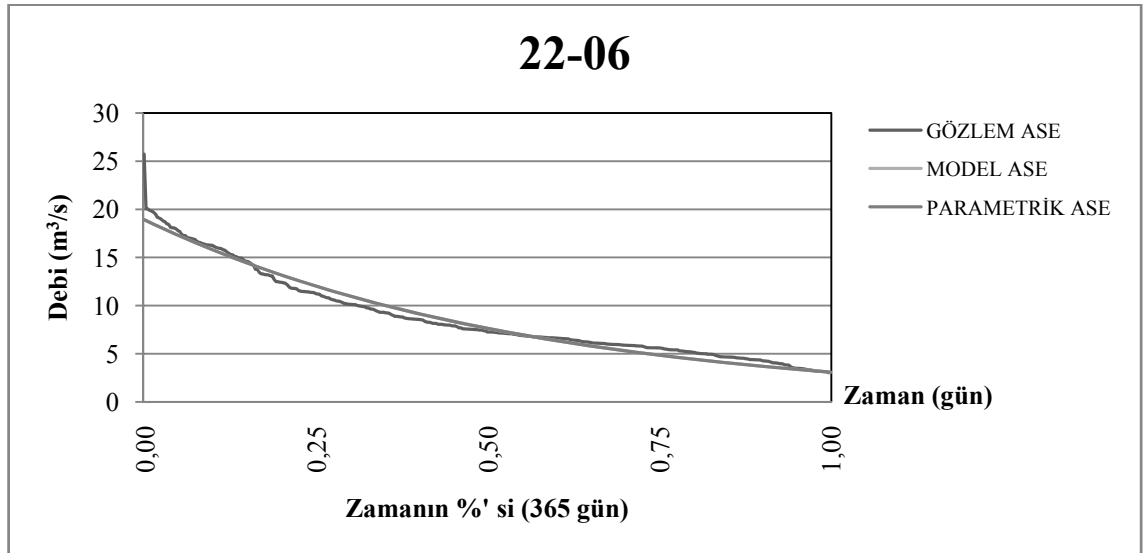
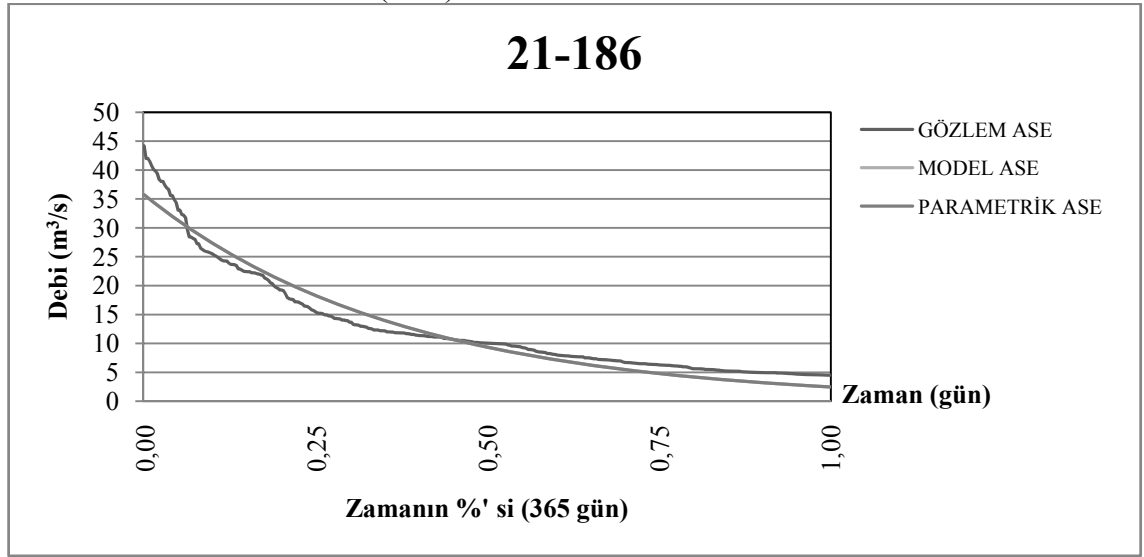
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (8/11)



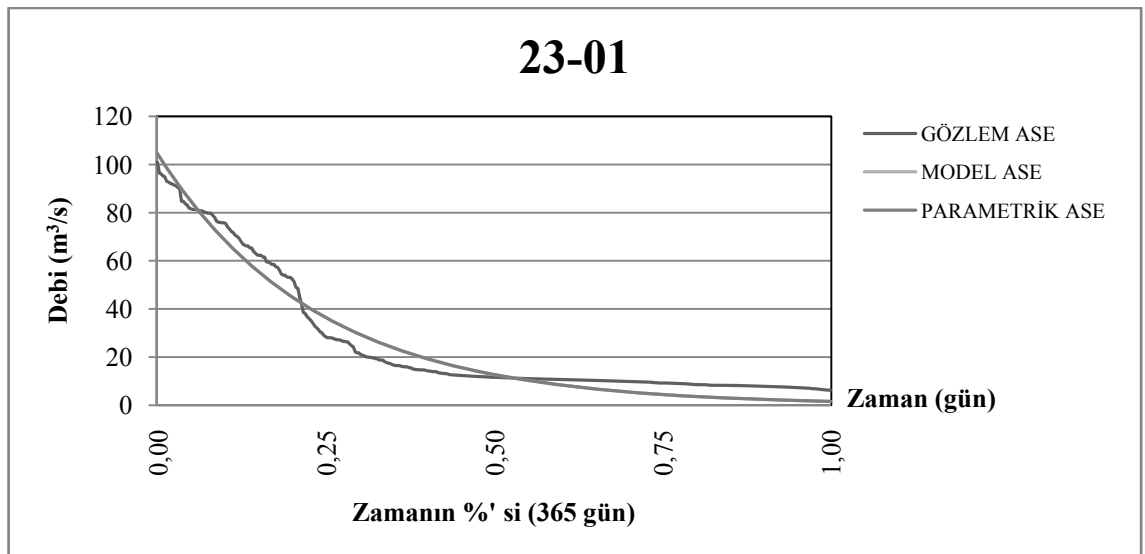
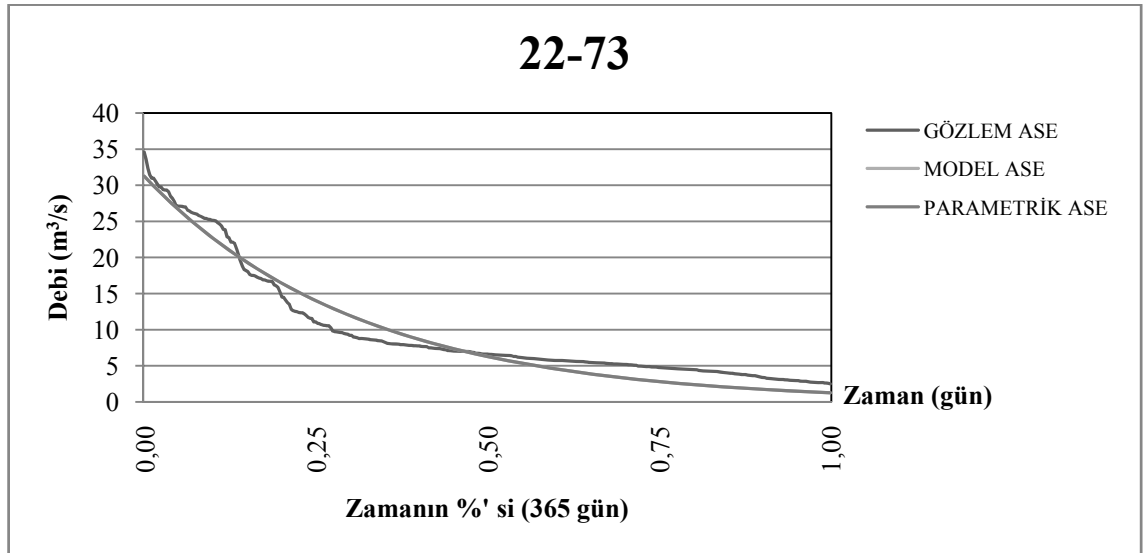
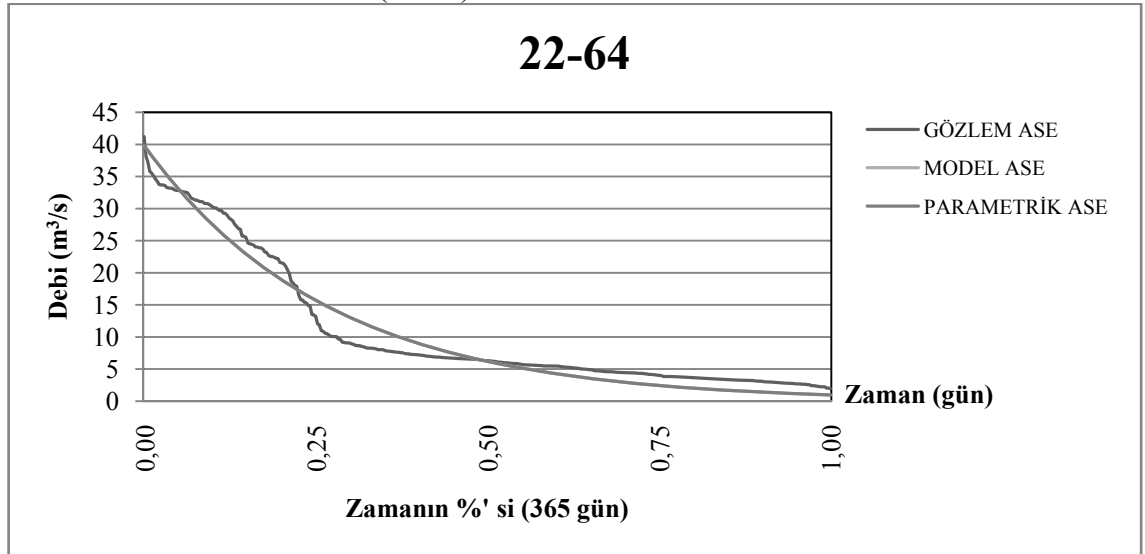
Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (9/11)



Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

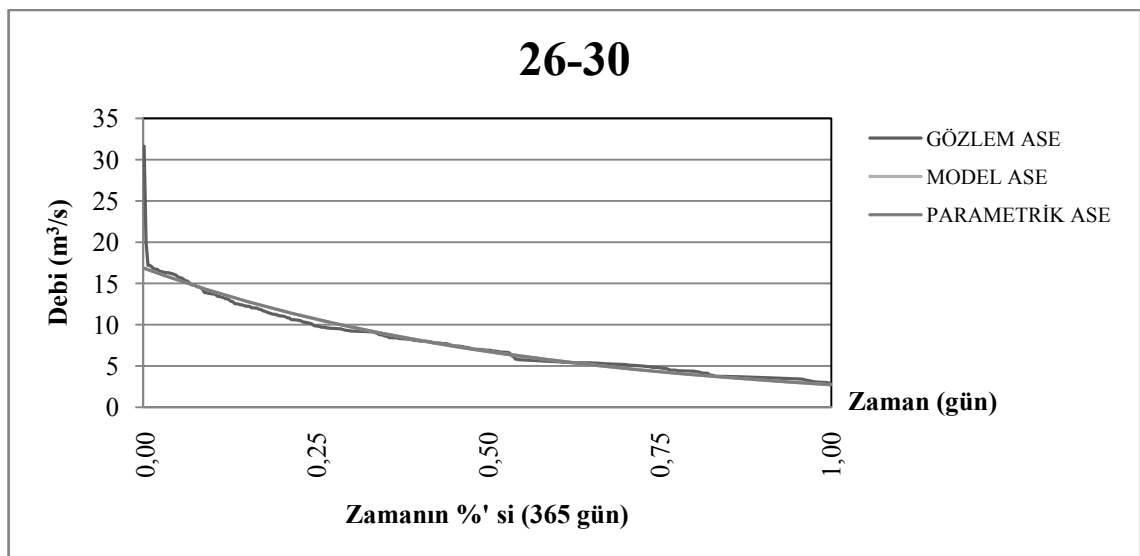
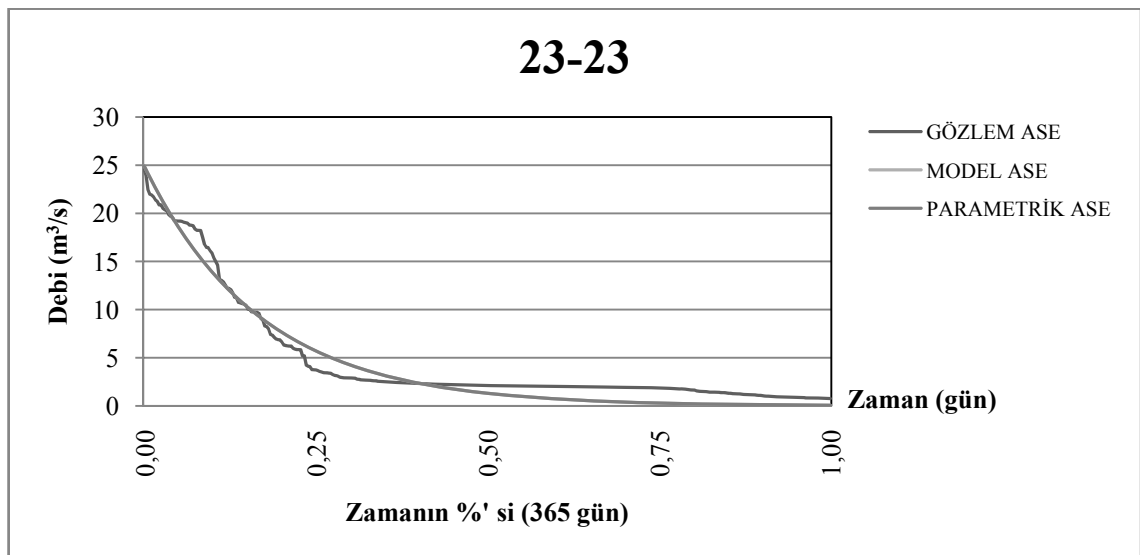
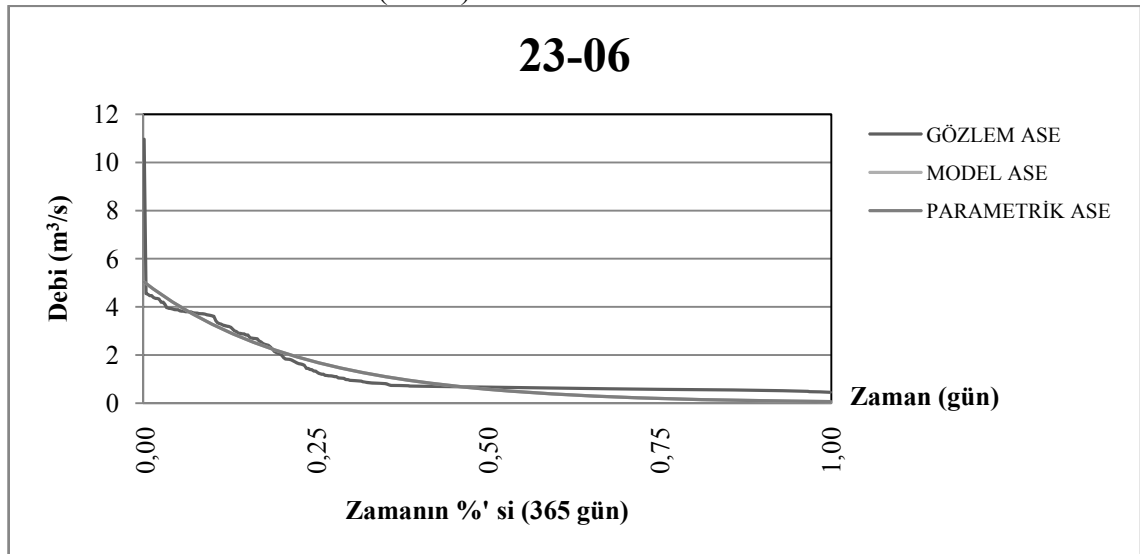
**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (10/11)



Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.



**Ek-1 b** Karstik Olmayan Bölgede Bulunan DSİ AGİ' lerinin Gözlem – Model Parametrik ASE' leri (11/11)



Not: Model ve parametrik ASE üst üste çakışmış gibidir.

**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (1/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
1	01-31	%0 - %10	2,880	2,858	0,023	1%	48%
		%10 - %20	1,242	1,563	0,321	26%	
		%20 - %30	0,811	0,854	0,042	5%	
		%30 - %40	0,723	0,467	0,256	35%	
		%40 - %50	0,607	0,255	0,352	58%	
		%50 - %60	0,412	0,140	0,273	66%	
		%60 - %70	0,184	0,076	0,107	59%	
		%70 - %80	0,130	0,042	0,088	68%	
		%80 - %90	0,108	0,023	0,085	79%	
		%90 - %100	0,097	0,012	0,085	87%	
2	03-84	%0 - %10	4,052	4,091	0,039	1%	24%
		%10 - %20	2,161	2,511	0,350	16%	
		%20 - %30	1,705	1,539	0,165	10%	
		%30 - %40	1,159	0,945	0,215	19%	
		%40 - %50	0,802	0,579	0,222	28%	
		%50 - %60	0,401	0,355	0,046	11%	
		%60 - %70	0,235	0,218	0,017	7%	
		%70 - %80	0,189	0,134	0,055	29%	
		%80 - %90	0,172	0,082	0,090	52%	
		%90 - %100	0,159	0,050	0,108	68%	
3	06-11	%0 - %10	0,900	0,960	0,060	7%	57%
		%10 - %20	0,727	0,675	0,052	7%	
		%20 - %30	0,559	0,474	0,085	15%	
		%30 - %40	0,375	0,334	0,041	11%	
		%40 - %50	0,191	0,234	0,043	23%	
		%50 - %60	0,096	0,165	0,069	72%	
		%60 - %70	0,064	0,116	0,051	80%	
		%70 - %80	0,061	0,081	0,020	32%	
		%80 - %90	0,046	0,057	0,011	24%	
		%90 - %100	0,010	0,040	0,030	303%	
4	08-18	%0 - %10	1,125	1,155	0,030	3%	2%
		%10 - %20	1,034	1,032	0,002	0%	
		%20 - %30	0,966	0,923	0,043	4%	
		%30 - %40	0,845	0,825	0,020	2%	
		%40 - %50	0,726	0,738	0,012	2%	
		%50 - %60	0,657	0,660	0,002	0%	
		%60 - %70	0,584	0,590	0,005	1%	
		%70 - %80	0,516	0,527	0,012	2%	
		%80 - %90	0,461	0,471	0,010	2%	
		%90 - %100	0,424	0,421	0,003	1%	

**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ'lerin, gözlem ile parametrik ASE'leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %'si çizelgeleri (2/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
5	08-49	%0 - %10	4,679	4,437	0,242	5%	8%
		%10 - %20	3,543	3,741	0,198	6%	
		%20 - %30	3,098	3,153	0,055	2%	
		%30 - %40	2,605	2,657	0,053	2%	
		%40 - %50	2,071	2,240	0,169	8%	
		%50 - %60	1,685	1,888	0,203	12%	
		%60 - %70	1,570	1,591	0,021	1%	
		%70 - %80	1,496	1,341	0,154	10%	
		%80 - %90	1,343	1,130	0,212	16%	
%90 - %100	1,226	0,953	0,273	22%			
6	08-104	%0 - %10	0,340	0,345	0,006	2%	7%
		%10 - %20	0,279	0,266	0,013	5%	
		%20 - %30	0,208	0,205	0,003	1%	
		%30 - %40	0,148	0,158	0,010	7%	
		%40 - %50	0,114	0,121	0,007	6%	
		%50 - %60	0,088	0,093	0,006	6%	
		%60 - %70	0,069	0,072	0,003	4%	
		%70 - %80	0,061	0,055	0,005	9%	
		%80 - %90	0,052	0,043	0,009	18%	
%90 - %100	0,038	0,033	0,005	13%			
7	09-02	%0 - %10	7,660	7,216	0,444	6%	12%
		%10 - %20	5,371	5,580	0,209	4%	
		%20 - %30	3,789	4,313	0,524	14%	
		%30 - %40	2,973	3,335	0,362	12%	
		%40 - %50	2,538	2,578	0,041	2%	
		%50 - %60	2,209	1,994	0,215	10%	
		%60 - %70	1,868	1,541	0,327	17%	
		%70 - %80	1,426	1,192	0,234	16%	
		%80 - %90	1,086	0,921	0,164	15%	
%90 - %100	0,956	0,712	0,244	26%			
8	09-11	%0 - %10	2,076	1,925	0,151	7%	7%
		%10 - %20	1,595	1,683	0,087	5%	
		%20 - %30	1,386	1,470	0,084	6%	
		%30 - %40	1,217	1,285	0,068	6%	
		%40 - %50	1,097	1,123	0,027	2%	
		%50 - %60	0,935	0,982	0,046	5%	
		%60 - %70	0,825	0,858	0,033	4%	
		%70 - %80	0,783	0,750	0,033	4%	
		%80 - %90	0,737	0,655	0,081	11%	
%90 - %100	0,712	0,573	0,139	20%			

**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ'lerin, gözlem ile parametrik ASE'leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %'si çizelgeleri (3/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
9	09-67	%0 - %10	21,408	20,576	0,832	4%	27%
		%10 - %20	10,734	14,010	3,276	31%	
		%20 - %30	8,588	9,533	0,945	11%	
		%30 - %40	7,391	6,492	0,899	12%	
		%40 - %50	6,171	4,417	1,754	28%	
		%50 - %60	4,514	3,008	1,506	33%	
		%60 - %70	2,927	2,047	0,881	30%	
		%70 - %80	2,117	1,394	0,724	34%	
		%80 - %90	1,602	0,948	0,654	41%	
		%90 - %100	1,117	0,649	0,468	42%	
10	10-27	%0 - %10	3,497	3,472	0,025	1%	11%
		%10 - %20	2,533	2,666	0,133	5%	
		%20 - %30	2,170	2,047	0,123	6%	
		%30 - %40	1,611	1,572	0,039	2%	
		%40 - %50	1,175	1,207	0,031	3%	
		%50 - %60	0,766	0,927	0,161	21%	
		%60 - %70	0,667	0,711	0,044	7%	
		%70 - %80	0,603	0,546	0,057	9%	
		%80 - %90	0,529	0,419	0,110	21%	
				%90 - %100	0,472	0,322	
11	12-126	%0 - %10	5,113	4,690	0,423	8%	8%
		%10 - %20	3,813	4,044	0,231	6%	
		%20 - %30	3,272	3,486	0,214	7%	
		%30 - %40	2,764	3,006	0,242	9%	
		%40 - %50	2,395	2,592	0,197	8%	
		%50 - %60	2,190	2,235	0,045	2%	
		%60 - %70	1,994	1,927	0,068	3%	
		%70 - %80	1,796	1,661	0,134	7%	
		%80 - %90	1,627	1,432	0,195	12%	
				%90 - %100	1,520	1,235	
12	12-185	%0 - %10	2,325	2,448	0,123	5%	8%
		%10 - %20	1,871	1,631	0,240	13%	
		%20 - %30	1,071	1,087	0,015	1%	
		%30 - %40	0,631	0,724	0,093	15%	
		%40 - %50	0,445	0,482	0,038	9%	
		%50 - %60	0,302	0,321	0,019	6%	
		%60 - %70	0,202	0,214	0,012	6%	
		%70 - %80	0,131	0,143	0,012	9%	
		%80 - %90	0,099	0,095	0,004	4%	
				%90 - %100	0,070	0,063	

**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ'lerin, gözlem ile parametrik ASE'leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %'si çizelgeleri (4/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
13	14-109	%0 - %10	8,896	8,950	0,054	1%	39%
		%10 - %20	6,397	5,548	0,849	13%	
		%20 - %30	2,745	3,436	0,691	25%	
		%30 - %40	1,329	2,130	0,801	60%	
		%40 - %50	1,123	1,319	0,196	17%	
		%50 - %60	1,050	0,818	0,232	22%	
		%60 - %70	0,973	0,506	0,466	48%	
		%70 - %80	0,890	0,314	0,576	65%	
		%80 - %90	0,646	0,194	0,452	70%	
		%90 - %100	0,453	0,121	0,333	73%	
14	15-185	%0 - %10	29,428	29,233	0,195	1%	30%
		%10 - %20	20,432	19,085	1,347	7%	
		%20 - %30	9,401	12,450	3,048	32%	
		%30 - %40	7,028	8,128	1,100	16%	
		%40 - %50	5,722	5,302	0,420	7%	
		%50 - %60	4,727	3,462	1,265	27%	
		%60 - %70	3,365	2,258	1,107	33%	
		%70 - %80	2,859	1,474	1,385	48%	
		%80 - %90	2,426	0,962	1,465	60%	
		%90 - %100	2,202	0,628	1,574	71%	
15	16-78	%0 - %10	9,811	10,307	0,496	5%	126%
		%10 - %20	7,504	7,650	0,145	2%	
		%20 - %30	6,221	5,675	0,546	9%	
		%30 - %40	5,258	4,212	1,045	20%	
		%40 - %50	4,114	3,125	0,989	24%	
		%50 - %60	2,104	2,320	0,216	10%	
		%60 - %70	0,762	1,721	0,959	126%	
		%70 - %80	0,312	1,277	0,965	309%	
		%80 - %90	0,198	0,948	0,750	379%	
		%90 - %100	0,147	0,703	0,557	380%	
16	17-07	%0 - %10	35,958	36,342	0,384	1%	6%
		%10 - %20	28,450	26,940	1,511	5%	
		%20 - %30	19,294	19,962	0,668	3%	
		%30 - %40	13,997	14,797	0,800	6%	
		%40 - %50	10,536	10,964	0,428	4%	
		%50 - %60	8,230	8,128	0,102	1%	
		%60 - %70	6,122	6,022	0,100	2%	
		%70 - %80	4,418	4,464	0,047	1%	
		%80 - %90	3,736	3,308	0,428	11%	
		%90 - %100	3,082	2,452	0,630	20%	

**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ'lerin, gözlem ile parametrik ASE'leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %'si çizelgeleri (5/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
17	17-38	%0 - %10	10,405	10,320	0,085	1%	84%
		%10 - %20	7,204	7,835	0,632	9%	
		%20 - %30	5,574	5,947	0,373	7%	
		%30 - %40	5,124	4,515	0,609	12%	
		%40 - %50	4,234	3,427	0,807	19%	
		%50 - %60	3,440	2,602	0,838	24%	
		%60 - %70	1,985	1,975	0,010	1%	
		%70 - %80	0,984	1,499	0,515	52%	
		%80 - %90	0,418	1,138	0,721	173%	
%90 - %100	0,135	0,864	0,729	541%			
18	18-19	%0 - %10	31,652	31,107	0,545	2%	10%
		%10 - %20	23,301	23,516	0,215	1%	
		%20 - %30	16,682	17,771	1,090	7%	
		%30 - %40	12,159	13,435	1,276	10%	
		%40 - %50	10,512	10,153	0,359	3%	
		%50 - %60	8,814	7,675	1,139	13%	
		%60 - %70	5,781	5,800	0,019	0%	
		%70 - %80	4,615	4,385	0,230	5%	
		%80 - %90	4,186	3,314	0,872	21%	
%90 - %100	3,763	2,505	1,258	33%			
19	19-14	%0 - %10	11,908	11,224	0,683	6%	13%
		%10 - %20	7,095	8,511	1,416	20%	
		%20 - %30	6,285	6,451	0,166	3%	
		%30 - %40	5,079	4,892	0,187	4%	
		%40 - %50	3,793	3,708	0,086	2%	
		%50 - %60	2,991	2,812	0,179	6%	
		%60 - %70	2,304	2,131	0,172	7%	
		%70 - %80	1,921	1,616	0,305	16%	
		%80 - %90	1,694	1,225	0,469	28%	
%90 - %100	1,545	0,929	0,617	40%			
20	20-43	%0 - %10	10,823	10,529	0,293	3%	19%
		%10 - %20	6,972	7,816	0,843	12%	
		%20 - %30	5,559	5,799	0,240	4%	
		%30 - %40	4,678	4,304	0,373	8%	
		%40 - %50	3,927	3,194	0,733	19%	
		%50 - %60	3,055	2,371	0,684	22%	
		%60 - %70	1,444	1,759	0,315	22%	
		%70 - %80	0,859	1,306	0,447	52%	
		%80 - %90	0,731	0,969	0,238	33%	
%90 - %100	0,629	0,719	0,090	14%			

**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ'lerin, gözlem ile parametrik ASE'leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %'si çizelgeleri (6/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
21	20-46	%0 - %10	26,694	25,690	1,004	4%	7%
		%10 - %20	17,599	18,979	1,380	8%	
		%20 - %30	13,034	14,015	0,981	8%	
		%30 - %40	10,345	10,354	0,009	0%	
		%40 - %50	8,173	7,646	0,527	6%	
		%50 - %60	6,726	5,649	1,078	16%	
		%60 - %70	4,461	4,171	0,290	6%	
		%70 - %80	3,416	3,082	0,334	10%	
		%80 - %90	2,254	2,276	0,022	1%	
		%90 - %100	1,801	1,681	0,120	7%	
22	20-54	%0 - %10	22,992	22,518	0,474	2%	13%
		%10 - %20	14,853	15,258	0,405	3%	
		%20 - %30	9,233	10,332	1,099	12%	
		%30 - %40	6,966	7,001	0,034	0%	
		%40 - %50	5,318	4,741	0,578	11%	
		%50 - %60	4,021	3,212	0,809	20%	
		%60 - %70	2,178	2,175	0,002	0%	
		%70 - %80	1,609	1,474	0,135	8%	
		%80 - %90	1,327	0,998	0,329	25%	
		%90 - %100	1,216	0,676	0,540	44%	
23	20-55	%0 - %10	8,393	8,216	0,177	2%	22%
		%10 - %20	5,781	5,690	0,091	2%	
		%20 - %30	3,197	3,938	0,740	23%	
		%30 - %40	2,446	2,727	0,281	11%	
		%40 - %50	1,963	1,887	0,076	4%	
		%50 - %60	1,632	1,307	0,326	20%	
		%60 - %70	1,359	0,904	0,455	33%	
		%70 - %80	1,011	0,626	0,385	38%	
		%80 - %90	0,699	0,433	0,266	38%	
		%90 - %100	0,530	0,300	0,230	43%	
24	21-159	%0 - %10	16,017	16,116	0,098	1%	57%
		%10 - %20	11,227	10,307	0,920	8%	
		%20 - %30	5,725	6,586	0,861	15%	
		%30 - %40	3,644	4,212	0,568	16%	
		%40 - %50	2,773	2,691	0,082	3%	
		%50 - %60	2,239	1,721	0,518	23%	
		%60 - %70	1,454	1,100	0,354	24%	
		%70 - %80	0,507	0,703	0,197	39%	
		%80 - %90	0,192	0,449	0,258	134%	
		%90 - %100	0,070	0,287	0,217	310%	

**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ'lerin, gözlem ile parametrik ASE'leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %'si çizelgeleri (7/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
25	21-172	%0 - %10	25,817	25,263	0,554	2%	6%
		%10 - %20	16,859	17,658	0,799	5%	
		%20 - %30	11,434	12,335	0,901	8%	
		%30 - %40	8,780	8,622	0,158	2%	
		%40 - %50	6,875	6,023	0,853	12%	
		%50 - %60	4,939	4,210	0,730	15%	
		%60 - %70	3,075	2,941	0,134	4%	
		%70 - %80	2,012	2,056	0,044	2%	
		%80 - %90	1,411	1,436	0,025	2%	
		%90 - %100	1,056	1,004	0,053	5%	
26	21-210	%0 - %10	17,452	17,091	0,362	2%	12%
		%10 - %20	11,656	11,935	0,279	2%	
		%20 - %30	7,583	8,329	0,746	10%	
		%30 - %40	5,386	5,817	0,430	8%	
		%40 - %50	4,437	4,059	0,378	9%	
		%50 - %60	3,486	2,835	0,651	19%	
		%60 - %70	2,516	1,978	0,538	21%	
		%70 - %80	1,591	1,382	0,209	13%	
		%80 - %90	1,085	0,964	0,121	11%	
		%90 - %100	0,880	0,673	0,207	24%	
27	24-46	%0 - %10	13,279	13,516	0,237	2%	54%
		%10 - %20	5,835	5,890	0,055	1%	
		%20 - %30	2,631	2,559	0,072	3%	
		%30 - %40	1,419	1,115	0,304	21%	
		%40 - %50	1,091	0,484	0,606	56%	
		%50 - %60	0,925	0,211	0,714	77%	
		%60 - %70	0,847	0,092	0,756	89%	
		%70 - %80	0,796	0,040	0,756	95%	
		%80 - %90	0,745	0,017	0,727	98%	
		%90 - %100	0,676	0,008	0,668	99%	
28	26-36	%0 - %10	223,490	229,268	5,778	3%	26%
		%10 - %20	172,737	154,143	18,594	11%	
		%20 - %30	101,720	103,560	1,840	2%	
		%30 - %40	55,645	69,626	13,981	25%	
		%40 - %50	34,782	46,777	11,996	34%	
		%50 - %60	27,166	31,450	4,284	16%	
		%60 - %70	24,845	21,129	3,716	15%	
		%70 - %80	23,213	14,206	9,007	39%	
		%80 - %90	20,588	9,544	11,044	54%	
		%90 - %100	18,823	6,417	12,406	66%	



**Ek-2 a** Karstik bölgeye ilişkin AGİ'lerin, gözlem ile parametrik ASE'leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %'si çizelgeleri (8/8)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
29	26-37	%0 - %10	260,239	267,336	7,097	3%	31%
		%10 - %20	205,013	177,402	27,611	13%	
		%20 - %30	107,506	117,632	10,126	9%	
		%30 - %40	58,813	78,059	19,246	33%	
		%40 - %50	36,918	51,760	14,842	40%	
		%50 - %60	32,975	34,347	1,373	4%	
		%60 - %70	30,057	22,775	7,282	24%	
		%70 - %80	28,570	15,113	13,457	47%	
		%80 - %90	26,455	10,021	16,434	62%	
		%90 - %100	24,001	6,650	17,351	72%	
30	26-54	%0 - %10	30,252	31,102	0,850	3%	22%
		%10 - %20	19,257	19,610	0,353	2%	
		%20 - %30	13,552	12,353	1,199	9%	
		%30 - %40	8,420	7,788	0,631	7%	
		%40 - %50	5,376	4,906	0,470	9%	
		%50 - %60	2,822	3,093	0,271	10%	
		%60 - %70	1,549	1,948	0,400	26%	
		%70 - %80	1,060	1,229	0,169	16%	
		%80 - %90	0,427	0,774	0,347	81%	
		%90 - %100	0,316	0,488	0,172	55%	
31	26-62	%0 - %10	2,997	3,098	0,101	3%	22%
		%10 - %20	1,718	1,838	0,119	7%	
		%20 - %30	1,264	1,089	0,176	14%	
		%30 - %40	0,652	0,646	0,007	1%	
		%40 - %50	0,488	0,382	0,106	22%	
		%50 - %60	0,359	0,227	0,133	37%	
		%60 - %70	0,203	0,134	0,069	34%	
		%70 - %80	0,115	0,080	0,035	31%	
		%80 - %90	0,071	0,047	0,024	34%	
		%90 - %100	0,043	0,028	0,015	35%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (1/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
1	01-08	%0 - %10	24,347	24,748	0,402	1,65%	10%
		%10 - %20	16,990	17,787	0,797	4,69%	
		%20 - %30	14,102	12,777	1,324	9,39%	
		%30 - %40	10,394	9,183	1,211	11,65%	
		%40 - %50	6,200	6,597	0,397	6,40%	
		%50 - %60	4,144	4,741	0,597	14,42%	
		%60 - %70	3,058	3,406	0,348	11,39%	
		%70 - %80	2,243	2,448	0,205	9,12%	
		%80 - %90	1,557	1,758	0,201	12,90%	
		%90 - %100	1,089	1,264	0,175	16,06%	
2	01-20	%0 - %10	14,027	14,029	0,002	0,02%	8%
		%10 - %20	9,705	10,211	0,507	5,22%	
		%20 - %30	7,919	7,429	0,490	6,19%	
		%30 - %40	5,976	5,407	0,569	9,51%	
		%40 - %50	3,513	3,934	0,421	11,97%	
		%50 - %60	2,620	2,863	0,243	9,27%	
		%60 - %70	1,960	2,083	0,123	6,28%	
		%70 - %80	1,559	1,516	0,042	2,72%	
		%80 - %90	1,236	1,103	0,133	10,72%	
		%90 - %100	0,978	0,803	0,175	17,89%	
3	02-06	%0 - %10	12,143	12,071	0,073	0,60%	13%
		%10 - %20	8,690	9,393	0,703	8,09%	
		%20 - %30	7,552	7,308	0,244	3,23%	
		%30 - %40	6,079	5,687	0,392	6,45%	
		%40 - %50	5,050	4,424	0,626	12,40%	
		%50 - %60	3,701	3,443	0,259	6,99%	
		%60 - %70	2,485	2,678	0,193	7,77%	
		%70 - %80	1,670	2,084	0,414	24,78%	
		%80 - %90	1,259	1,621	0,362	28,79%	
		%90 - %100	0,989	1,262	0,273	27,65%	
4	02-28	%0 - %10	7,466	7,643	0,176	2,36%	21%
		%10 - %20	5,382	5,482	0,100	1,85%	
		%20 - %30	4,173	3,930	0,243	5,83%	
		%30 - %40	3,328	2,819	0,509	15,30%	
		%40 - %50	2,105	2,021	0,084	3,99%	
		%50 - %60	1,253	1,449	0,196	15,64%	
		%60 - %70	0,747	1,039	0,292	39,15%	
		%70 - %80	0,488	0,745	0,258	52,86%	
		%80 - %90	0,367	0,534	0,167	45,66%	
		%90 - %100	0,293	0,383	0,090	30,82%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (2/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
5	02-30	%0 - %10	2,310	2,365	0,054	2,35%	18%
		%10 - %20	1,759	1,849	0,089	5,08%	
		%20 - %30	1,503	1,445	0,058	3,87%	
		%30 - %40	1,248	1,129	0,119	9,50%	
		%40 - %50	1,060	0,883	0,177	16,73%	
		%50 - %60	0,731	0,690	0,042	5,67%	
		%60 - %70	0,450	0,539	0,089	19,71%	
		%70 - %80	0,311	0,421	0,111	35,66%	
		%80 - %90	0,237	0,329	0,093	39,07%	
		%90 - %100	0,186	0,257	0,072	38,46%	
6	03-34	%0 - %10	21,105	22,799	1,694	8,03%	68%
		%10 - %20	17,364	16,299	1,065	6,13%	
		%20 - %30	14,313	11,647	2,666	18,63%	
		%30 - %40	9,244	8,327	0,918	9,93%	
		%40 - %50	5,635	5,950	0,314	5,58%	
		%50 - %60	2,921	4,254	1,333	45,63%	
		%60 - %70	1,425	3,039	1,615	113,36%	
		%70 - %80	0,868	2,173	1,305	150,33%	
		%80 - %90	0,599	1,553	0,954	159,35%	
		%90 - %100	0,419	1,110	0,691	164,61%	
7	03-85	%0 - %10	0,707	0,725	0,018	2,60%	162%
		%10 - %20	0,476	0,493	0,017	3,66%	
		%20 - %30	0,351	0,335	0,017	4,71%	
		%30 - %40	0,260	0,228	0,033	12,56%	
		%40 - %50	0,193	0,155	0,038	19,74%	
		%50 - %60	0,108	0,105	0,003	2,96%	
		%60 - %70	0,053	0,071	0,018	34,87%	
		%70 - %80	0,016	0,049	0,033	211,90%	
		%80 - %90	0,005	0,033	0,028	576,30%	
		%90 - %100	0,003	0,022	0,020	749,21%	
8	05-21	%0 - %10	1,870	1,966	0,096	5,14%	15%
		%10 - %20	1,486	1,426	0,060	4,07%	
		%20 - %30	1,194	1,033	0,161	13,48%	
		%30 - %40	0,773	0,749	0,024	3,08%	
		%40 - %50	0,504	0,543	0,039	7,78%	
		%50 - %60	0,313	0,394	0,081	25,89%	
		%60 - %70	0,208	0,286	0,077	37,22%	
		%70 - %80	0,159	0,207	0,048	30,16%	
		%80 - %90	0,130	0,150	0,020	15,54%	
		%90 - %100	0,121	0,109	0,012	9,99%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (3/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
9	05-41	%0 - %10	7,286	7,243	0,043	0,59%	25%
		%10 - %20	4,912	5,075	0,163	3,32%	
		%20 - %30	3,594	3,554	0,040	1,11%	
		%30 - %40	2,581	2,490	0,090	3,50%	
		%40 - %50	1,943	1,744	0,199	10,25%	
		%50 - %60	1,357	1,222	0,135	9,96%	
		%60 - %70	0,710	0,856	0,145	20,48%	
		%70 - %80	0,424	0,600	0,175	41,31%	
		%80 - %90	0,278	0,420	0,142	50,92%	
		%90 - %100	0,142	0,294	0,153	107,83%	
10	07-08	%0 - %10	2,353	2,567	0,214	9,10%	12%
		%10 - %20	2,239	2,295	0,056	2,51%	
		%20 - %30	2,156	2,052	0,104	4,83%	
		%30 - %40	2,018	1,835	0,183	9,07%	
		%40 - %50	1,843	1,640	0,203	11,01%	
		%50 - %60	1,646	1,467	0,180	10,92%	
		%60 - %70	1,369	1,311	0,058	4,23%	
		%70 - %80	1,092	1,172	0,080	7,31%	
		%80 - %90	0,821	1,048	0,227	27,64%	
		%90 - %100	0,711	0,937	0,226	31,79%	
11	11-13	%0 - %10	6,791	6,990	0,199	2,93%	36%
		%10 - %20	4,964	5,220	0,256	5,17%	
		%20 - %30	4,093	3,897	0,196	4,78%	
		%30 - %40	3,611	2,911	0,701	19,40%	
		%40 - %50	2,842	2,173	0,669	23,54%	
		%50 - %60	1,285	1,623	0,338	26,32%	
		%60 - %70	0,731	1,212	0,481	65,73%	
		%70 - %80	0,511	0,905	0,394	77,26%	
		%80 - %90	0,397	0,676	0,279	70,29%	
		%90 - %100	0,313	0,505	0,192	61,43%	
12	12-146	%0 - %10	7,632	7,924	0,292	3,82%	16%
		%10 - %20	6,045	5,427	0,617	10,21%	
		%20 - %30	3,774	3,715	0,059	1,56%	
		%30 - %40	2,255	2,545	0,290	12,86%	
		%40 - %50	1,768	1,742	0,026	1,46%	
		%50 - %60	1,036	1,193	0,157	15,12%	
		%60 - %70	0,664	0,817	0,152	22,90%	
		%70 - %80	0,494	0,559	0,065	13,26%	
		%80 - %90	0,297	0,383	0,086	28,99%	
		%90 - %100	0,174	0,262	0,088	50,83%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (4/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
13	13-22	%0 - %10	1,181	1,197	0,016	1,37%	12%
		%10 - %20	0,802	0,807	0,005	0,60%	
		%20 - %30	0,585	0,544	0,041	7,04%	
		%30 - %40	0,398	0,367	0,031	7,84%	
		%40 - %50	0,230	0,247	0,017	7,59%	
		%50 - %60	0,140	0,167	0,026	18,71%	
		%60 - %70	0,080	0,112	0,032	39,52%	
		%70 - %80	0,060	0,076	0,016	26,87%	
		%80 - %90	0,054	0,051	0,003	5,02%	
		%90 - %100	0,036	0,034	0,002	5,39%	
14	13-32	%0 - %10	5,805	5,285	0,520	8,95%	28%
		%10 - %20	3,523	3,837	0,314	8,92%	
		%20 - %30	2,042	2,785	0,743	36,39%	
		%30 - %40	1,718	2,022	0,304	17,70%	
		%40 - %50	1,490	1,468	0,022	1,48%	
		%50 - %60	1,324	1,066	0,258	19,51%	
		%60 - %70	1,175	0,774	0,401	34,15%	
		%70 - %80	0,979	0,562	0,418	42,66%	
		%80 - %90	0,815	0,408	0,408	50,01%	
		%90 - %100	0,667	0,296	0,371	55,60%	
15	13-40	%0 - %10	29,879	29,841	0,038	0,13%	12%
		%10 - %20	18,490	18,264	0,226	1,22%	
		%20 - %30	9,981	11,166	1,185	11,87%	
		%30 - %40	7,072	6,834	0,238	3,36%	
		%40 - %50	4,702	4,178	0,524	11,15%	
		%50 - %60	3,312	2,557	0,755	22,79%	
		%60 - %70	1,693	1,563	0,129	7,64%	
		%70 - %80	1,021	0,957	0,065	6,32%	
		%80 - %90	0,729	0,585	0,144	19,76%	
		%90 - %100	0,566	0,358	0,208	36,75%	
16	13-45	%0 - %10	7,721	7,852	0,132	1,70%	26%
		%10 - %20	5,782	5,180	0,602	10,41%	
		%20 - %30	2,979	3,414	0,435	14,59%	
		%30 - %40	1,992	2,252	0,260	13,04%	
		%40 - %50	1,556	1,484	0,072	4,63%	
		%50 - %60	1,180	0,979	0,201	17,05%	
		%60 - %70	0,669	0,645	0,024	3,59%	
		%70 - %80	0,337	0,426	0,089	26,31%	
		%80 - %90	0,157	0,281	0,124	79,17%	
		%90 - %100	0,096	0,185	0,089	92,73%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (5/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
17	14-80	%0 - %10	3,914	4,155	0,241	6,15%	15%
		%10 - %20	3,462	2,994	0,468	13,51%	
		%20 - %30	2,409	2,157	0,252	10,44%	
		%30 - %40	1,206	1,555	0,349	28,89%	
		%40 - %50	0,828	1,120	0,292	35,24%	
		%50 - %60	0,729	0,807	0,078	10,76%	
		%60 - %70	0,642	0,581	0,060	9,41%	
		%70 - %80	0,431	0,419	0,012	2,74%	
		%80 - %90	0,333	0,302	0,031	9,36%	
		%90 - %100	0,291	0,218	0,073	25,16%	
18	15-10	%0 - %10	5,323	5,391	0,068	1,27%	15%
		%10 - %20	4,533	4,602	0,069	1,52%	
		%20 - %30	3,798	3,928	0,130	3,42%	
		%30 - %40	3,308	3,354	0,046	1,38%	
		%40 - %50	3,143	2,863	0,280	8,92%	
		%50 - %60	2,894	2,444	0,450	15,55%	
		%60 - %70	2,419	2,086	0,333	13,77%	
		%70 - %80	1,794	1,781	0,013	0,74%	
		%80 - %90	1,049	1,520	0,471	44,87%	
		%90 - %100	0,837	1,298	0,461	55,12%	
19	15-93	%0 - %10	17,902	17,723	0,178	1,00%	28%
		%10 - %20	10,265	10,918	0,653	6,36%	
		%20 - %30	6,561	6,719	0,158	2,41%	
		%30 - %40	4,131	4,139	0,008	0,19%	
		%40 - %50	2,618	2,547	0,070	2,69%	
		%50 - %60	2,071	1,569	0,501	24,21%	
		%60 - %70	1,609	0,966	0,643	39,97%	
		%70 - %80	1,362	0,595	0,767	56,32%	
		%80 - %90	1,270	0,366	0,904	71,17%	
		%90 - %100	1,011	0,226	0,786	77,70%	
20	15-95	%0 - %10	1,239	1,186	0,054	4,34%	12%
		%10 - %20	0,843	0,913	0,070	8,34%	
		%20 - %30	0,684	0,703	0,019	2,80%	
		%30 - %40	0,518	0,542	0,024	4,59%	
		%40 - %50	0,386	0,417	0,032	8,27%	
		%50 - %60	0,317	0,322	0,005	1,50%	
		%60 - %70	0,277	0,248	0,029	10,60%	
		%70 - %80	0,243	0,191	0,052	21,44%	
		%80 - %90	0,206	0,147	0,059	28,74%	
		%90 - %100	0,167	0,113	0,054	32,23%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (6/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
21	16-80	%0 - %10	2,538	2,833	0,294	11,60%	20%
		%10 - %20	2,366	2,493	0,127	5,38%	
		%20 - %30	2,317	2,193	0,124	5,34%	
		%30 - %40	2,265	1,930	0,335	14,79%	
		%40 - %50	2,138	1,698	0,440	20,56%	
		%50 - %60	1,825	1,494	0,330	18,09%	
		%60 - %70	1,188	1,315	0,127	10,70%	
		%70 - %80	0,880	1,157	0,277	31,50%	
		%80 - %90	0,732	1,018	0,286	39,10%	
		%90 - %100	0,637	0,896	0,259	40,55%	
22	18-17	%0 - %10	4,837	4,464	0,373	7,71%	28%
		%10 - %20	3,136	3,317	0,181	5,78%	
		%20 - %30	2,040	2,463	0,423	20,75%	
		%30 - %40	1,410	1,830	0,420	29,77%	
		%40 - %50	1,166	1,359	0,193	16,58%	
		%50 - %60	1,097	1,009	0,087	7,95%	
		%60 - %70	1,051	0,750	0,301	28,66%	
		%70 - %80	1,005	0,557	0,448	44,59%	
		%80 - %90	0,923	0,414	0,509	55,18%	
		%90 - %100	0,764	0,307	0,457	59,78%	
23	21-01	%0 - %10	8,397	8,146	0,251	2,99%	39%
		%10 - %20	5,580	5,324	0,256	4,60%	
		%20 - %30	2,448	3,477	1,029	42,02%	
		%30 - %40	1,637	2,272	0,635	38,78%	
		%40 - %50	1,521	1,484	0,037	2,42%	
		%50 - %60	1,421	0,970	0,451	31,75%	
		%60 - %70	1,287	0,633	0,654	50,81%	
		%70 - %80	1,194	0,414	0,780	65,35%	
		%80 - %90	1,043	0,270	0,772	74,07%	
		%90 - %100	0,945	0,177	0,768	81,30%	
24	21-162	%0 - %10	16,931	16,044	0,888	5,24%	10%
		%10 - %20	14,695	14,021	0,674	4,59%	
		%20 - %30	11,657	12,252	0,594	5,10%	
		%30 - %40	8,754	10,707	1,953	22,31%	
		%40 - %50	8,140	9,356	1,216	14,94%	
		%50 - %60	7,959	8,176	0,217	2,73%	
		%60 - %70	7,785	7,144	0,641	8,23%	
		%70 - %80	7,136	6,243	0,892	12,50%	
		%80 - %90	5,966	5,456	0,510	8,55%	
		%90 - %100	5,650	4,768	0,882	15,62%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (7/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
25	21-186	%0 - %10	33,644	31,505	2,139	6,36%	16%
		%10 - %20	22,597	24,080	1,483	6,56%	
		%20 - %30	15,917	18,399	2,482	15,59%	
		%30 - %40	12,293	14,063	1,770	14,40%	
		%40 - %50	10,717	10,745	0,028	0,26%	
		%50 - %60	9,215	8,212	1,002	10,88%	
		%60 - %70	7,443	6,275	1,168	15,69%	
		%70 - %80	6,276	4,796	1,480	23,58%	
		%80 - %90	5,266	3,664	1,602	30,41%	
		%90 - %100	4,713	2,801	1,912	40,57%	
26	22-06	%0 - %10	18,124	17,377	0,747	4,12%	7%
		%10 - %20	14,456	14,484	0,028	0,19%	
		%20 - %30	11,211	12,071	0,860	7,67%	
		%30 - %40	9,312	10,062	0,749	8,05%	
		%40 - %50	7,887	8,386	0,499	6,33%	
		%50 - %60	6,938	6,990	0,052	0,75%	
		%60 - %70	6,229	5,825	0,404	6,48%	
		%70 - %80	5,560	4,856	0,705	12,68%	
		%80 - %90	4,699	4,047	0,652	13,87%	
		%90 - %100	3,613	3,373	0,240	6,64%	
27	22-34	%0 - %10	15,715	15,121	0,594	3,78%	23%
		%10 - %20	11,052	10,985	0,067	0,60%	
		%20 - %30	6,717	7,977	1,260	18,76%	
		%30 - %40	4,734	5,795	1,061	22,41%	
		%40 - %50	3,971	4,208	0,237	5,97%	
		%50 - %60	3,396	3,057	0,339	9,98%	
		%60 - %70	2,909	2,220	0,689	23,69%	
		%70 - %80	2,587	1,613	0,974	37,64%	
		%80 - %90	2,361	1,171	1,190	50,39%	
		%90 - %100	1,980	0,851	1,129	57,01%	
28	22-64	%0 - %10	33,213	33,510	0,297	0,89%	26%
		%10 - %20	25,901	23,077	2,823	10,90%	
		%20 - %30	13,871	15,883	2,012	14,50%	
		%30 - %40	7,981	10,938	2,957	37,05%	
		%40 - %50	6,729	7,528	0,799	11,88%	
		%50 - %60	5,800	5,184	0,616	10,62%	
		%60 - %70	4,903	3,568	1,335	27,23%	
		%70 - %80	4,039	2,457	1,582	39,16%	
		%80 - %90	3,368	1,691	1,677	49,79%	
		%90 - %100	2,640	1,165	1,475	55,88%	



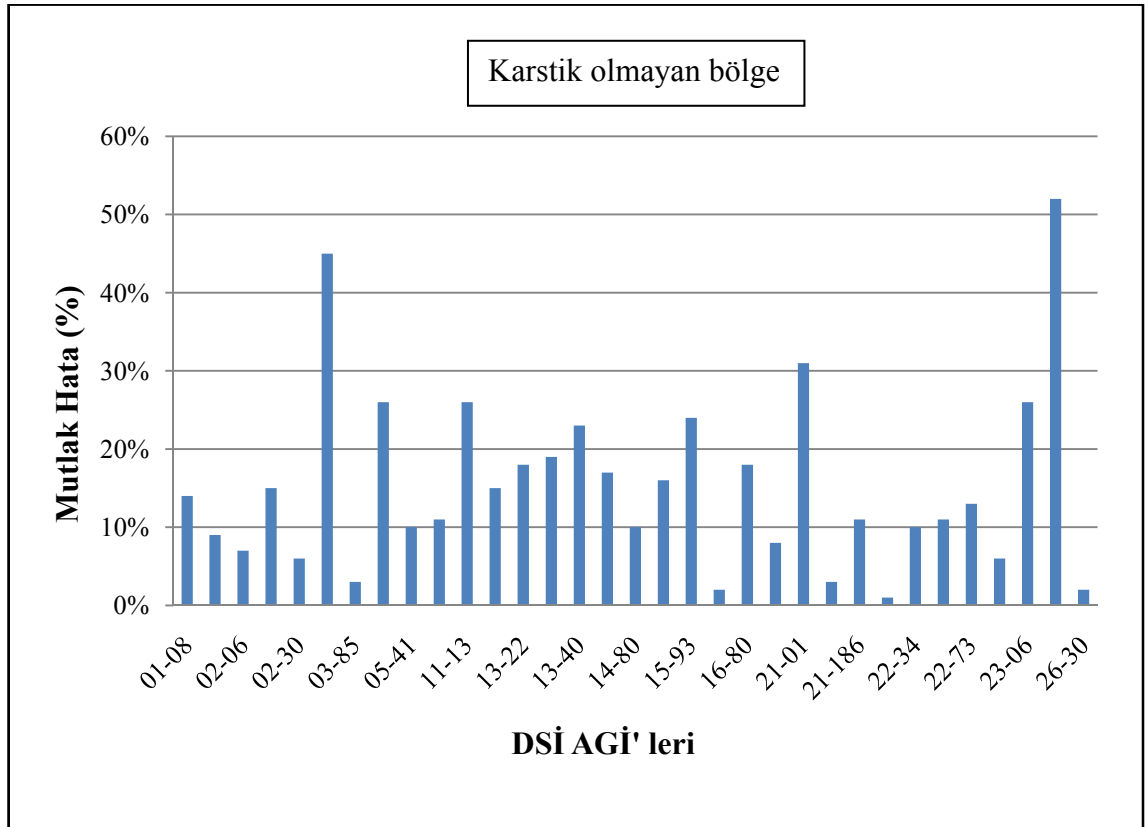
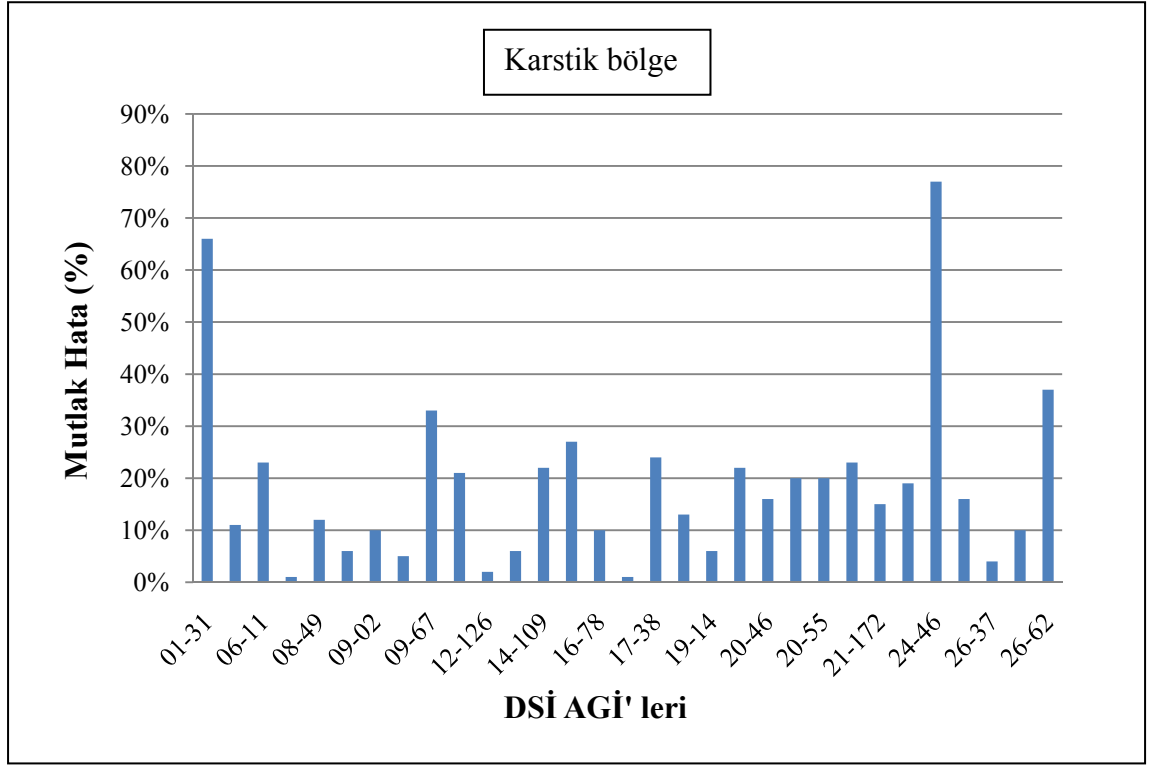
**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (8/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
29	22-73	%0 - %10	28,168	26,908	1,260	4,47%	24%
		%10 - %20	19,696	19,514	0,182	0,92%	
		%20 - %30	11,394	14,145	2,751	24,14%	
		%30 - %40	8,335	10,258	1,923	23,07%	
		%40 - %50	7,137	7,435	0,298	4,18%	
		%50 - %60	6,170	5,392	0,777	12,60%	
		%60 - %70	5,472	3,909	1,563	28,57%	
		%70 - %80	4,783	2,835	1,948	40,74%	
		%80 - %90	3,986	2,055	1,932	48,46%	
		%90 - %100	2,924	1,490	1,434	49,04%	
30	23-01	%0 - %10	85,122	85,944	0,822	0,97%	32%
		%10 - %20	63,329	56,331	6,999	11,05%	
		%20 - %30	32,406	36,891	4,485	13,84%	
		%30 - %40	17,449	24,180	6,731	38,57%	
		%40 - %50	12,664	15,835	3,171	25,04%	
		%50 - %60	11,099	10,379	0,720	6,49%	
		%60 - %70	10,323	6,797	3,525	34,15%	
		%70 - %80	9,333	4,455	4,878	52,27%	
		%80 - %90	8,254	2,918	5,336	64,65%	
		%90 - %100	7,235	1,912	5,322	73,57%	
31	23-06	%0 - %10	4,166	4,119	0,048	1,15%	38%
		%10 - %20	2,814	2,673	0,141	5,00%	
		%20 - %30	1,389	1,733	0,344	24,79%	
		%30 - %40	0,806	1,125	0,319	39,53%	
		%40 - %50	0,683	0,729	0,047	6,83%	
		%50 - %60	0,645	0,473	0,172	26,61%	
		%60 - %70	0,608	0,307	0,301	49,52%	
		%70 - %80	0,574	0,199	0,375	65,29%	
		%80 - %90	0,551	0,129	0,422	76,55%	
		%90 - %100	0,493	0,084	0,409	83,00%	
32	23-23	%0 - %10	19,643	19,055	0,587	2,99%	47%
		%10 - %20	10,539	10,565	0,025	0,24%	
		%20 - %30	4,350	5,848	1,498	34,42%	
		%30 - %40	2,555	3,242	0,687	26,89%	
		%40 - %50	2,205	1,795	0,411	18,62%	
		%50 - %60	2,070	0,995	1,075	51,93%	
		%60 - %70	1,975	0,551	1,425	72,12%	
		%70 - %80	1,839	0,305	1,534	83,40%	
		%80 - %90	1,326	0,169	1,157	87,25%	
		%90 - %100	0,885	0,094	0,791	89,40%	

**Ek-2 b** Karstik olmayan bölgeye ilişkin AGİ' lerin, gözlem ile parametrik ASE' leri arasındaki histograma asıl mutlak hata %' si çizelgeleri (9/9)

Sıra No	İst. No	Histogram Aralığı	ASE ortalaması	PARAMETRİK ortalaması	Mutlak Hata	Mutlak Hata Yüzdesi	Ortalama
33	26-30	%0 - %10	16,166	15,444	0,722	4,46%	5%
		%10 - %20	12,334	12,869	0,535	4,33%	
		%20 - %30	10,046	10,721	0,675	6,72%	
		%30 - %40	8,713	8,933	0,220	2,53%	
		%40 - %50	7,500	7,443	0,058	0,77%	
		%50 - %60	6,066	6,201	0,135	2,23%	
		%60 - %70	5,343	5,166	0,177	3,31%	
		%70 - %80	4,743	4,305	0,438	9,23%	
		%80 - %90	3,818	3,587	0,232	6,07%	
		%90 - %100	3,330	2,988	0,341	10,25%	

**Ek-2 c** Karstik ve karstik olmayan bölgede zamanın %55' i için gözlem – parametrik ASE mutlak hata %' leri



## ÖZGEÇMİŞ

Mutlu YAŞAR, 1979 yılında Gaziantep’ te doğdu. İlk ve orta eğitimini Diyarbakır’ da, lise eğitimini Adıyaman ve Gaziantep’ te tamamladı. 2001 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ nden mezun oldu. 2001-2002 yılları arasında özel bir su yapıları tasarım şirketinde çalıştı. 2004 yılında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda Hidrolik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2004 yılında Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’ nde doktora eğitimine başladı. 2002 yılından bu yana Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. İngilizce bilmektedir. 20’ ye yakın Türkçe ve yabancı dilde yayını bulunmaktadır.