

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**SU TOPLAMA HAVZALARININ YAĞIŞ-AKIM İLİŞKİLERİNDE, YÜZEY  
AKIŞA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ VE FARKLI  
YÖNTEMLERİN ÖRNEK HAVZALARDA UYGULANMASI**

**Yaşar İnci TEKELİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**

**ANKARA  
2009**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Doktora Tezi

### SU TOPLAMA HAVZALARININ YAĞIŞ-AKIM İLİŞKİLERİNDE, YÜZEY AKIŞA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ VE FARKLI YÖNTEMLERİN ÖRNEK HAVZALARDA UYGULANMASI

Yaşar İnci TEKELİ

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Turhan AKÜZÜM

İç Anadolu Bölgesinde yer alan Ankara-Güvenç, Haymana- Çatalkaya, Bilecik-Kurukavak ve Tokat-Uğrak olmak üzere dört adet su toplama havzasını kapsayan bu çalışmada, havzaların toprak, arazi kullanımı, bitki örtüsü fiziksel parametreleri ile gözlenen yıllık yağış ve akım verileri kullanılmıştır. Havzalarda yağışı akıma çeviren ve su depolama sistemlerine gelebilecek olan yüzey akışları tahmin etmede kullanılan yüzey akış eğri numarası (YAEN) değerleri SCS-YAEN, S- Olasılık dağılım ve Kısmi katkılı alan dağılım olmak üzere üç farklı yöntemle belirlenmiştir. Havzaların detaylı toprak serilerine göre belirlenmiş hidrolojik toprak grupları, arazi kullanım ve bitki örtüleri sayısallaştırılmış, Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında SCS-YAEN'ları hesaplanmıştır. S-Olasılık dağılım yönteminde havzaların gözlenen yağış ve maksimum akım verileriyle önce % 10, % 50, % 90 olasılıkla potansiyel su depolama (S) değerleri hesaplanmış ve S değerleri kullanılarak YAEN'ları belirlenmiştir. Havzalarda yüzey akışı oluşturan yağış öncesi topraktaki ilk tutulma ( $I_a$ ) miktarları zamansal ve hacimsel olarak iki farklı yaklaşımla hesaplanmış ve topoğrafik indeks değeriyle birlikte Kısmi katkılı alan dağılım yöntemiyle YAEN'ları bulunmuştur. Yüzey akışa etkili olan ilk tutulma katsayısı ( $\lambda$ ) dört adet havzada her bir bireysel olay için hesaplanmıştır. Havzaların üç farklı yöntemle göre yüzey akış tahminleri yapılmış ve sonuçlar gözlenen akış verileriyle karşılaştırılmıştır.

Kurukavak havzası hariç, diğer üç havzada SCS-YAEN ve S-Olasılık dağılım yöntemle bulunan YAEN'ları birbirleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir. Kısmi katkılı alan dağılım yönteminde bulunan YAEN'ları dört havzada da diğer iki yöntemden farklı sonuçlar vermiştir. Bu yöntemde çalışılan dört havzada da S değerleri ıslak, kuru ve normal şartlara göre farklı gruplar oluşturmuştur. Gruplar arası fark özellikle kuru şartlarda en yüksek çıkmıştır. Gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri arasındaki en yüksek ilişki dört havzada da S-Olasılık dağılım yönteminde bulunmuştur.

**Kasım 2009, 158 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Yağış-Akım, Yüzey Akış Eğri Numarası, S-Olasılık, Topografik İndeks, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Güvenç, Çatalkaya, Kurukavak, Uğrak

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### THE DETERMINATION OF PARAMETERS EFFECTING RUNOFF IN THE RELATIONSHIP BETWEEN RAINFALL-RUNOFF OF BASINS AND THE APPLICATION OF DIFFERENT METHODS ON PILOT BASINS

Yasar Inci TEKELİ

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Farm Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Turhan AKUZUM

In this study, which covered 4 basins in Central Anatolia, namely Ankara-Güvenç, Haymana- Çatalkaya, Bilecik-Kurukavak and Tokat-Uğrak, data on physical parameters like soils, land use characteristics and plant cover together with observed annual rainfall and runoff were used. The values of runoff curve number that are used to estimate both the runoff from rainfall and runoff that could reach the water storage structures, were determined using SCS-CN, S- Frequency Probability and Variable Source Area methods. Hydrological Soil Groups determined according to detailed soil series, land use and plant cover layers were digitized and SCS-Curve Number values were calculated in GIS environment In the S-Frequency Probability method, potential water storage (S) values. were calculated with 10 %, 50 % and 90 % probabilities using observed rainfall and maximum runoff data of four catchments and runoff curve numbers were determined with S values. Temporal and volumetric calculation of retention ( $I_a$ ) in the soil, that determines the amount of runoff from a basin were made using two different approaches and with the help of topographic index, SCS-CNs were found by using Variable Source Area method. Initial retention coefficient ( $\lambda$ ), that is effective in runoff generation, were calculated for each individual events occurred in all of the four basins. The predicted runoff values of basins were made and the results were compared with observed runoff values.

In all the basins, except Kurukavak, curve number calculations using SCS-CN and S- Frequency Probability methods gave consistent results. Curve number values from Variable Source Area method gave different results when compared with the other two methods for all of the four basins. In this method, S values of the four basins formed different groups according to wet, dry and normal conditions. Difference among the groups was highest especially in dry conditions. The highest relationship of between predicted and observed values was found with S-Frequency Probability method in the four basins.

**November 2009, 158 pages**

**Key Words:** Rainfall-Runoff, Curve Number, S-Frequency, Topographic Index, Geographic Information System, Güvenç, Çatalkaya, Kurukavak, Uğrak

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama ana bilim dalı başkanı Prof. Dr. Turhan AKÜZÜM'e, tez metodolojisinde büyük katkılarıyla yetiştirme ve gelişmeye katkıda bulunarak çalışmanın tamamlanmasında büyük emeği bulunan Ortadoğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Su Kaynakları Laboratuvarı öğretim görevlisi hocam Prof. Dr. A.Ünal ŞORMAN'a, tezdeki önemli katkı ve destekleri için hocam Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama ana bilim dalı öğretim görevlisi Prof. Dr. Cengiz OKMAN'a ve Prof. Dr. Fazlı Öztürk'e, Konya Selçuk Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama ana bilim dalı öğretim görevlisi Prof. Dr. Nizamettin Çiftçi' ye teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Çalışmada ihtiyaç duyduğum verilerin temin edilmesinde yardım sağlayan Ankara, Eskişehir ve Tokat Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüleri teknik elemanlarına, verilerin işlenmesi ve analizinde önemli katkı sağlayan, destek veren Fatih KESKİN'e ve Dr. Suat AKGÜL'e, verilerin işlenmesi ve tamamlanmasında bana yardımlarını esirgemeyen Fatma ELBAŞI'na teşekkür eder, şükranlarımı sunarım. Doktora öğrenimim boyunca her türlü desteği sağlayan ve fedakarlıklardan kaçınmayan aileme sonsuz teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.

Yaşar İnci TEKELİ

Ankara, Kasım 2009

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	6
2.1 SCS-YAEN Yöntemi Çalışmaları .....	6
2.2 S-Olasılık Dağılım Yöntemi Çalışmaları.....	15
2.3 Kısmi Katkılı Alan Dağılım Yöntemi Çalışmaları.....	18
2.4 İlk Tutulma ve $\lambda$ Katsayısı Çalışmaları .....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	25
3.1 Materyal.....	25
3.1.1 Çalışma havzaları .....	25
3.1.1.1 Güvenç havzası .....	25
3.1.1.1.1 Güvenç havzası hidrolojik ölçüm ağı .....	26
3.1.1.1.2 Güvenç havzası jeolojik özellikleri .....	28
3.1.1.1.3 Güvenç havzası toprak özellikleri.....	29
3.1.1.2 Çatalkaya havzası .....	34
3.1.1.2.1 Çatalkaya havzası hidrolojik ölçüm ağı .....	34
3.1.1.2.2 Çatalkaya havzası jeolojik özellikleri .....	36
3.1.1.2.3 Çatalkaya havzası toprak özellikleri .....	37
3.1.1.3 Kurukavak havzası .....	40
3.1.1.3.1 Kurukavak havzası hidrolojik ölçüm ağı .....	41
3.1.1.3.2 Kurukavak havzası jeolojik özellikleri .....	43
3.1.1.3.3 Kurukavak havzası toprak özellikleri.....	44
3.1.1.4 Uğrak havzası.....	47
3.1.1.4.1 Uğrak havzası hidrolojik ölçüm ağı .....	47
3.1.1.4.2 Uğrak havzası jeolojik özellikleri .....	49
3.1.1.4.3 Uğrak havzası toprak özellikleri.....	50
3.2. Yöntem .....	53
3.2.1 SCS-YAEN yöntemi.....	53
3.2.1.1 Havzaların hidrolojik toprak gruplarının belirlenmesi .....	53
3.2.1.2 Havzaların arazi kullanım ve bitki örtülerinin belirlenmesi .....	54
3.2.2 S-Olasılık dağılım yöntemi .....	57
3.2.2.1 Toplam yağış ve yüzey akım değerlerinin belirlenmesi .....	58
3.2.2.2 Potansiyel depolamanın belirlenmesi.....	58
3.2.3 Kısmi katkılı alan dağılım yöntemi .....	60
3.2.3.1 Potansiyel depolama, etkili yağış ve ilk tutulma değerlerinin belirlenmesi.....	61
3.2.3.2 İlk tutulma katsayısı ve ön yağış indeks değerlerinin belirlenmesi...	62

3.2.3.3 Güvenç havzası toprak nem indeks değerlerinin belirlenmesi .....	64
3.2.3.4 Güvenç havzası topoğrafik indeksin belirlenmesi .....	66
3.2.3.5 Güvenç havzası topoğrafyasının yüzey akışa katkısı .....	68
3.2.3.6 Havzalarda farklı yöntemlere göre yüzey akışların belirlenmesi ...	68
4. BULGULAR .....	70
4.1 SCS-YAEN Yöntemiyle Belirlenmiş Yüzey Akış Eğri Numaraları .....	70
4.1.1 Havzaların hidrolojik toprak grupları .....	70
4.1.2 Havzaların arazi kullanım ve bitki örtüsü durumları . .....	72
4.1.3 Verilerin analizi ve yüzey akış eğri numaraları .....	75
4.2 S-Olasılık Yöntemle Belirlenmiş Yüzey Akış Eğri Numaraları .....	75
4.2.1 Güvenç havzası .....	75
4.2.2 Çatalkaya havzası .....	78
4.2.3 Kurukavak havzası .....	79
4.2.4 Uğrak havzası .....	80
4.3 Havzaların Kısmi Katkılı Alan Dağılım Yöntemiyle Belirlenmiş Yüzey Akış Eğri Numaraları .....	81
4.3.1 Havzaların potansiyel depolama, etkili yağış ve ilk tutulma değerleri .....	81
4.3.1.1 Güvenç havzası .....	81
4.3.1.2 Çatalkaya havzası .....	83
4.3.1.3 Kurukavak havzası .....	84
4.3.1.4 Uğrak havzası .....	86
4.3.2 Havzalarda ilk tutulma katsayısı ve ön yağış indeksi .....	87
4.3.2.1 Güvenç havzası .....	87
4.3.2.2 Çatalkaya havzası .....	89
4.3.2.3 Kurukavak havzası .....	90
4.3.2.3 Uğrak havzası .....	91
4.3.3 Verilerin analizi ve yüzey akış eğri numaraları .....	92
4.3.3.1 Güvenç havzası .....	92
4.3.3.1.1 Güvenç havzası topoğrafik indeks verileri.....	95
4.3.3.1.2 Güvenç havzası toprak nem indeks verileri .....	96
4.3.3.2 Çatalkaya havzası .....	101
4.3.3.2.1 Çatalkaya havzası topoğrafik indeks verileri .....	103
4.3.3.3 Kurukavak havzası .....	107
4.3.3.3.1 Kurukavak havzası topoğrafik indeks verileri .....	109
4.3.3.4 Uğrak havzası .....	111
4.3.3.4.1 Uğrak havzası topoğrafik indeks verileri .....	115
4.4 Havzaların Farklı Yöntemlere Göre Tahmin Edilen Yüzey Akış Miktarları .....	119
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	123
5.1 SCS-YAEN ve S-Olasılık Dağılım Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....	123
5.2 Kısmi Katkılı Alan Dağılım Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemi ve Diğer İki Yöntemle Karşılaştırılması .....	127
5.3 Havzaların $\lambda$ Katsayılarının Belirlenmesi .....	136
5.3 Havzaların farklı Yöntemlerle Tahmin Edilen Yüzey Akış Miktarlarının Karşılaştırılması .....	137
5.5 Öneriler .....	139
KAYNAKLAR .....	142

<b>EKLER</b> .....	<b>151</b>
<b>EK 1</b> Güvenç havzası genel model uygunluk yöntemine göre $\lambda$ katsayıları.	<b>152</b>
<b>EK 2</b> Çatalkaya havzası genel model uygunluk yöntemine göre $\lambda$ katsayıları .....	<b>153</b>
<b>EK 3</b> Kurukavak havzası genel model uygunluk yöntemine göre $\lambda$ katsayıları .....	<b>154</b>
<b>EK 4</b> Uğrak havzası genel model uygunluk yöntemine göre $\lambda$ katsayıları..	<b>155</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>156</b>

## SİMGELER DİZİNİ

AMC	Yüzey Akış Öncesi Nem Şartı
API	Ön Yağış İndeksi
$A_f$	Yüzey Akış Kısmi Katkılı Alan Miktarı
$A_s$	Yüzey Akış Kısmi Katkılı Lokal Alan Miktarı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
$\sigma$	Havzada Nem Depolama Miktarı
$\sigma_e$	Havzada Lokal Nem Depolama Miktarı
$I_{ah}$	Hacime Bağlı İlk Tutulma Miktarı
$I_{at}$	Zamana Bağlı İlk Tutulma Miktarı
HTG	Hidrolojik Toprak Grupları
HKOK	Hata Kareler Ortalaması Karekökü
$K_s$	Toprakların Hidrolik Geçirgenlik Miktarları
KDK	Katyon Değişim Kapasitesi
KKAD	Kısmi Katkılı Alan Dağılımı
MTİ	Modifiye Edilmiş Topoğrafik İndeksi
NDVI	Normalize Edilmiş Bitki Değişim İndeksi
P	Yağış
$P_e$	Etkili Yağış
Q	Yüzey Akış
S	Toprakta Su Depolama
$S_{emaks}$	Kuru Şartlarda Su Depolama
$S_{emin}$	Islak Şartlarda Su Depolama
SAM	Sayısal Arazi Modeli



SCS	Amerikan Toprak Muhafaza Servisi
SCS-YAEN	SCS Yüzey Akış Eğri Numarası
SOD	S-Olasılık Dağılım
SPA W	Toprak, Bitki, Atmosfer Su Modeli
Tİ	Topoğrafik İndeks
UA	Uzaktan Algılama
YAEN	Yüzey Akış Eğri Numarası
$\lambda$	İlk Tutulma Katsayısı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Güvenç havzası yer buldur yağış ve akım istasyonları haritası.....	27
Şekil 3.2	Güvenç havzası detaylı toprak haritası.....	30
Şekil 3.3	Çatalkaya havzası yer buldur yağış ve akım istasyonları haritası...	35
Şekil 3.4	Çatalkaya havzası detaylı toprak haritası.....	37
Şekil 3.5	Kurukavak havzası yer buldur yağış ve akım istasyonları haritası...	42
Şekil 3.6	Kurukavak havzası detaylı toprak haritası.....	45
Şekil 3.7	Uğrak havzası yer buldur, yağış ve akım istasyonları haritası.....	48
Şekil 3.8	Uğrak havzası detaylı toprak haritası.....	51
Şekil 3.9	İlk tutulma grafiği .....	62
Şekil 3.10	Lokal nem depolaması ve yüzey akış kısmi katkılı alan dağılım ilişkisi .....	66
Şekil 4.1	Havzaların hidrolojik toprak grupları haritası .....	71
Şekil 4.2.	Havzaların arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası .....	74
Şekil 4.3.	Havzaların yüzey akış eğri numaraları haritası .....	76
Şekil 4.4	Güvenç havzası etkili yağış ve yüzey akışa göre S eğrileri .....	93
Şekil 4.5	Güvenç havzası topoğrafik indeks haritası .....	95
Şekil 4.6	Güvenç havzası yüzey akış kısmi katkılı alan ve topoğrafik indeks grafiği .....	96
Şekil 4.7	Güvenç havzası Ekim 1991 ve Mayıs 1998 yılı $A_f$ farkı .....	99
Şekil 4.8	Güvenç havzası Ekim 1991 ve Mayıs 2000 yılı $A_f$ farkı .....	99
Şekil 4.9	Güvenç havzası Mayıs 1998 ve Mayıs 2000 yılı $A_f$ farkı .....	100
Şekil 4.10	Çatalkaya havzası etkili yağış ve yüzey akışa göre S eğrileri .....	102
Şekil 4.11	Çatalkaya havzası topoğrafik indeks haritası .....	104

Şekil 4.12	Çatalkaya havzası yüzey akış kısmi katkılı alan ve topoğrafik indeks grafiği .....	105
Şekil 4.13.	Çatalkaya havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı .....	106
Şekil 4.14.	Kurukavak havzası etkili yağış ve akışa göre S eğrileri .....	108
Şekil 4.15	Kurukavak havzası topoğrafik indeks haritası .....	110
Şekil 4.16	Kurukavak havzası yüzey akış kısmi katkılı alan ve topografik indeks grafiği .....	110
Şekil 4.17	Kurukavak havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı .....	112
Şekil 4.18	Uğrak havzası etkili yağış ve yüzey akışa göre S eğrileri .....	114
Şekil 4.19	Uğrak havzası topoğrafik indeks haritası .....	116
Şekil 4.20	Uğrak havzası yüzey akış kısmi katkılı alan ve topoğrafik indeks grafiği .....	116
Şekil 4.21	Uğrak havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı .....	118

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Beş günlük yağış toplamına göre havza YAEN değerleri .....	7
Çizelge 3.1	Güvenç havza jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri .....	26
Çizelge 3.2	Güvenç havzası yağış ve akış verileri .....	28
Çizelge 3.3	Güvenç havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri.....	30
Çizelge 3.4	Güvenç havzası toprak serilerinin alansal ve oransal dağılımları....	31
Çizelge 3.5	Çatalkaya havzası jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri .....	34
Çizelge 3.6	Çatalkaya havzası yağış ve akış verileri.....	36
Çizelge 3.7	Çatalkaya havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri .....	38
Çizelge 3.8	Çatalkaya havzası toprak serilerinin alansal ve oransal dağılımları.....	38
Çizelge 3.9	Kurukavak havzası jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri .....	41
Çizelge 3.10	Kurukavak havzası yağış ve akış verileri.....	43
Çizelge 3.11	Kurukavak havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri .....	44
Çizelge 3.12	Kurukavak havzası toprak serilerinin alansal ve oransal dağılımları .....	45
Çizelge 3.13	Uğrak havzası jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri .....	47
Çizelge 3.14	Uğrak havzası yağış ve akış verileri .....	49
Çizelge 3.15	Uğrak havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri .....	50

Çizelge 3.16	Hidrolojik toprak grupları ve bitki örtüsüne göre yüzey akış eğri numaraları .....	57
Çizelge 4.1.	Havzaların hidrolojik toprak grupları .....	70
Çizelge 4.2	Havzaların arazi kullanım ve bitki örtüsü durumları .....	73
Çizelge 4.3	Havzaların yüzey akış eğri numaraları .....	75
Çizelge 4.4	Güvenç havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri ...	77
Çizelge 4.5	Güvenç havzası S ve YAEN değerleri .....	78
Çizelge 4.6	Çatalkaya havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri..	78
Çizelge 4.7	Çatalkaya havzası S ve YAEN değerleri .....	79
Çizelge 4.8	Kurukavak havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri .....	79
Çizelge 4.9	Kurukavak havzası S ve YAEN değerleri .....	80
Çizelge 4.10	Uğrak havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri .....	80
Çizelge 4.11	Uğrak havzası S Olasılık ve YAEN değerleri .....	81
Çizelge 4.12	Güvenç havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerleri .....	82
Çizelge 4.13	Çatalkaya Havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerleri .....	83
Çizelge 4.14	Kurukavak havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerler, .....	85
Çizelge 4.15	Uğrak havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerleri .....	86
Çizelge 4.16	Güvenç havzası $\lambda$ katsayıları ve ön yağış indeksi .....	88
Çizelge 4.17	Çatalkaya havzası $\lambda$ katsayıları ve ön yağış indeksi .....	89
Çizelge 4.18	Kurukavak havzası $\lambda$ katsayıları ve ön yağış indeksi .....	90
Çizelge 4.19	Uğrak havzası $\lambda$ katsayıları ve ön yağış indeksi .....	91

Çizelge 4.20	Güvenç havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı .....	92
Çizelge 4.21	Güvenç havzası düzenlenmiş S ve $A_f$ değerleri .....	94
Çizelge 4.22	Güvenç havzası hidrolik kondaktivite değerleri .....	95
Çizelge 4.23	Güvenç havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numaraları .....	97
Çizelge 4.24	Güvenç havzası toprak nem indeks değerleri .....	98
Çizelge 4.25	Üç adet bireysel olayda lokal depolama değerleri .....	98
Çizelge 4.26	Üç adet bireysel olayda yüzey akış kısmi alan dağılım değerleri .....	101
Çizelge 4.27	Çatalkaya havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı .....	101
Çizelge 4.28	Çatalkaya havzası düzenlenmiş S ve $A_f$ değerleri .....	103
Çizelge 4.29	Çatalkaya havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numaraları .....	105
Çizelge 4.30	Kurukavak havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı .....	107
Çizelge 4.31	Kurukavak havzası düzenlenmiş S ve $A_f$ değerleri .....	108
Çizelge 4.32	Kurukavak havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numaraları .....	111
Çizelge 4.33	Uğrak havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı .....	113
Çizelge 4.34	Uğrak havzası düzenlenmiş S ve $A_f$ değerleri .....	115
Çizelge 4.35	Uğrak havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numaraları .....	117
Çizelge 4.36	Güvenç havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri .....	119

Çizelge 4.37	Çatalkaya havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri.....	120
Çizelge 4.38	Kurukavak havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri.....	120
Çizelge 4.39	Uğrak havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri.....	121
Çizelge 5.1	Havzalarda iki farklı yöntemle göre yüzey akış eğri numaraları.....	124
Çizelge 5.2	Havzaların iki farklı yöntemle göre potansiyel su depolama miktarları .....	126
Çizelge 5.3	Havzaların üç farklı yöntemle göre potansiyel depolama miktarları .....	129
Çizelge 5.4	Havzaların üç farklı yöntemle göre yüzey akış eğri numaraları ....	134
Çizelge 5.5	Havzaların ilk tutulma ( $\lambda$ ) katsayısı değerleri .....	136
Çizelge 5.6	Havzalara göre gözlenen ve tahmin edilen yüzey akışlara ait HOKK değerlerinin karşılaştırılması .....	138
Çizelge 5.7	Havzalara göre gözlenen ve tahmin edilen yüzey akışların güven aralıkları.....	138

## 1.GİRİŞ

Dünya nüfusunun sürekli olarak artmasına karşın, diğer doğal kaynaklarda olduğu gibi su potansiyelinin sabit kalması ve her geçen gün artan çevre kirliliği, ekonomik bir değer olan su ile ilgili çalışmalarda yeni teknoloji ve yöntemlerin geliştirilmesini ve tutumlu bir şekilde su kullanımına özen gösterilmesini gerektirmektedir. Su kullanımındaki artış genel nüfus artışından daha yüksek düzeyde meydana gelmektedir. Nüfus artışı yanında, yaşam stveartlarında kaydedilen gelişmelerde suya duyulan gereksinimin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınmanın önemli bileşenlerinden birisinin su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine bağlı olduğu dünya genelinde temel bir politika olarak kabul edilmiştir.

Toprak ve su kaynaklarının sürekli olarak üretken kalacak şekilde geliştirilmesi, çevreye zarar vermeden kullanılması ve korunması koşullarını içermektedir. Su kaynakları zamansal ve mekansal olarak azalıp artmakta ve bu değişimler hem düzensiz yağış gibi doğal hem de su kaynaklarının yanlış yönetimi gibi insan faktörlerind kaynaklanmaktadır. Bu nedenle insan faaliyetlerinin hidrolojik döngü ve çevre üzerine etkilerinin anlaşılması oldukça büyük önem taşımaktadır. Su toplama havzaları bu döngünün daha iyi anlaşılması ve çevre faktörlerinin döngü üzerine olan etkilerinin belirlenmesi açısından tercih edilen birimlerdir.

Son zamanlarda yaşanan iklim değişikliği hidrolojik sistem ve çevrim ile su kaynakları üzerine baskı yapan en önemli unsurlardan birisi olmuştur. Değişen arazi kullanımı ve toprak yönetim uygulamaları hidrolojik düzeni değiştirmekte ve su kaynakları miktar ve kalitesinde gün geçtikçe kötüye gitme eğilimi ortaya çıkmaktadır. Genel olarak, değişen talepler mevcut doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Bu baskı su kaynaklarının havza bazında planlamasını, havzayı oluşturan bütün unsurların ve bu unsurlardaki zamansal değişimlerinin belirlenmesini ve değişimler hakkında bilgi edinilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda arazi kullanımındaki değişikliğin su miktar ve kalitesi üzerine etkisi ile ilgili elde edilen bilgilerin büyük bir kısmı genellikle küçük ölçekli araştırma havzalarından ve uzun süreli gözlemlerden elde edilmiştir.



Yıl içinde mevsimlere göre değişen yağış-akış ilişkileri yıllar arasında da büyük farklılıklar göstermektedir. Bunun sonucunda; suyun, zamana ve miktara bağlı olarak, değişen ihtiyaçların karşılanması amacıyla yönetimi büyük önem taşımaktadır. Bu süreç içerisinde yaz aylarında ihtiyaçlar pik seviyede iken, doğal su arzı minimum seviyeye düşmektedir. Ayrıca yaklaşık 10 yılda bir periyodik olarak görülen kuraklık önemli darboğazlarla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Genellikle Türkiye’de yağış yeterli gibi görünse mevcut ve öngörülen ihtiyaçları karşılamak için de her zaman doğru yerde ve doğru zamana değildir. Nehirler genellikle düzensiz rejimlere sahip olup doğal akımlardan su olarak kullanmak her zaman mümkün değildir. Ortalama yağış, buharlaşma ve yüzey akımı zamana ve coğrafyaya göre değişmektedir. Toplam yağışın yaklaşık %70’i Ekim ayından Mart ayına kadar yağmakta, yaz aylarında çok az etkili yağış düşmektedir. Günlük yiyecek, içme kullanma suyu ve elektrik enerjisi üretimi su kaynaklarını geliştirme projelerine bağlıdır. Bu nedenle dünyada olduğu gibi ülkemizde de içme, kullanma, endüstri, tarımsal su ihtiyacı ve ayrıca hidroelektrik enerji üretimine yönelik su depolama tesisleri inşa edilmektedir.

Türkiye su zengini bir ülke değildir. Aksine gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte su sıkıntısı çeken bir ülke olacaktır. Ülkenin su sıkıntısına düşmesine neden olacak etmenler; sorunlu coğrafya nedeniyle su kaynaklarını kontrol etme güçlüğü, yağış ve su kaynaklarının dengesiz dağılımı, su havzasına dayalı bütünleştirilmiş su yönetimi uzun vadeli planlaması yerine, kısa vadeli, bölgesel, ayrı planlar vasıtasıyla su kaynaklarından yararlanılması. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1600 m<sup>3</sup> dür. Diğer ülkeler ve dünya ortalamasıyla kıyaslırsak, Türkiye kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından su azlığı çeken ülkeler arasında görülebilir. Kişi başına 5000 m<sup>3</sup> ve fazla su potansiyeli olan bir ülke “su zengini” olarak kabul edilir. Nüfusumuzun 2023 yılı için 100 milyon olacağı öngörülmüştür. Bu durumda 2023 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1125 m<sup>3</sup>/yıl civarında olacağı söylenebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca tüm bu tahminler mevcut kaynakların hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye’nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su

bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup ve de iyi bir planlama ile akılcı kullanılması gerekmektedir (Anonim 2008).

Su kaynaklarının planlamasının gerçekleşmesi öncelikle hidrolojik gözlemlerin sağlık derecesine bağlıdır. Ülkemiz kalkınmasında önemli bir rolü olan su kaynaklarının projelendirme çalışmalarında tesislerin en uygun değerlerle boyutlandırılması, yatırıma ayrılan kaynakların yerinde kullanılması, çevreye olabilecek etkilerinin irdelenmesi bakımından hidroloji çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Suyun dünyada gittikçe artan önemi göz önünde bulundurularak su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi ve korunması maksadıyla yapılacak yatırımlardan beklenen en yüksek faydanın sağlanabilmesi için, bu kaynaklarla ilgili her türlü bilginin temini ile ihtiyaçların detaylı olarak incelenmesi, seçeneklerin belirlenerek en uygun olanın uygulanması gerekmektedir. Suyun nicelik ve nitelik olarak varlığının ortaya konulması açısından büyük öneme sahip olan gözlem faaliyetleri ve buna bağlı olarak oluşturulan proje hidrolojisi hesaplamaları su yapıları ile ilgili en önemli alt çalışmalarından birini teşkil etmektedir. Böylece gerek projenin sağlıklı planlanabilmesi gerekse suyla ilgili yapıların en uygun şekilde işletilebilmesi için güvenilir verilere ihtiyaç vardır. Elde yeterli ve uygun kullanılabilir verinin olmadığı durumlarda, ampirik yöntemler ile yapılan hesaplamalar yapıların boyutlandırılmasında istenmeyen hatalara neden olabilmektedir. Havzalarda su depolama, erozyon ve taşkın kontrolü amaçlı yapıların planlanmasında Amerikan Toprak Muhafaza servisinin (SCS) geliştirdiği çeşitli ampirik yöntemler ve hidrograf yöntemleri kullanılmaktadır. Kullanılan ampirik yöntemlerin geçerliliği Türkiye koşulları için kanıtlanmamıştır. Bu nedenle yapılmış çalışmaların büyük çoğunluğunda planlanan yararlar sağlanamamış ve su yapılarının ömürleri çok kısa olmuştur.

Yüzey akışın belirlenmesinde hesaplama yönteminin seçimi yanında yöntemde gereksinim duyulan havzanın toprak özellikleri ve arazi kullanımı, havza eğimi, yağışın havza üzerinde dağılımı gibi temel hidrolojik parametrelerin sağlıklı bir biçimde elde edilmesi gerekmektedir. Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojilerinin gelişimi, hidroloji ve su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik

çalışmalarda bu teknolojilerin geniş kapsamlı kullanılmasını sağlamıştır. Günüümüzde farklı arazi kullanım tipleri uydu görüntüleri ile belirlenerek yüzey akış hesaplanmasına yönelik hidrolojik çalışmalarda kolaylıkla kullanılabilir. Havza fiziksel parametreleri ile ilgili tüm özellikler, oluşumlar ve havza hidrolojisine etkileri CBS ortamında yapılan çalışmalar ile bir araya getirilebilmektedir. Özellikle arazi kullanımı ve bitki örtüsü gibi alansal değişiklik gösteren havza karakteristiklerinin alansal dağılımının belirlenmesi; uzaktan algılama teknolojisinin su kaynaklarında önemli uygulama alanlarından birisidir (Chveramohan ve Durbude 2001, Sharma ve Kumar 2002).

Su depolama yapılarının kapasitelendirilmesinde, yağışı akıma çeviren yüzey akış eğri numarasının belirlenmesinde çeşitli araştırmacılar tarafından yağış ve akım verileri kullanılarak yeni yöntemler geliştirilmiştir. Yöntemler; SCS tarafından geliştirilen ve havzaların toprak ve bitki örtüsü parametreleri yanında, havzada su bütçesinin zamansal değişimini ve mekansal dağılımını tanımlamaya imkan tanıyan hidrolojik yağış ve akış gibi diğer parametrelerin kullanımı, yüzey akış tahminlerinin doğru ve güvenilir yapılması açısından oldukça büyük önem taşımaktadır. Günüümüzde bu amaçla yapılmış olan yöntemlerin, farklı yağış ve akım hidrolojik verileri ile fiziksel özelliklere sahip havzalarda test edilmesi ve havza özelliklerine göre geliştirilmesi gerekmektedir (Ponce ve Hawkins 1996).

Türkiye genelinde ortalama yağış 643 mm dir. Tarımsal ürün yetişme mevsiminde Türkiye’de genellikle yağış azdır. Yıldıan yıla yağış miktarında düzensizlikler gözlenmektedir. Kuzey kıyı (Karadeniz Bölgesi) Türkiye’de en fazla yağış alan (1260–2500 mm) yerdir. Kıyılarından iç bölgelere gidildikçe yağış azalmakta ve İç Anadolu’nun birçok yerinde ve Güneydoğu Anadolu’da 350-500 mm/yıl olmaktadır. Kuralıkla beraber yaz aylarında yüksek sıcaklık ve yüksek buharlaşma seviyesinden dolayı İç Anadolu, Türkiye’nin en az yağış alan yerlerinden birisidir. Yağış azlığı nedeniyle İç Anadolu Bölgesinde suyun başta tarım olmak üzere diğer sektörleride tatmin edecek şekilde planlanması ve yönetilmesi gerekmektedir. Bunun içinde bölgede su depolama tesislerinin planlama çalışmalarında her biri mühendislik disiplini olan; rasat, gözlem,

harita, toprak, jeoloji ve hidroloji ihtisas dallarının koordineli çalışması ile yürütülmelidir.

Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesinde yer alan Ankara-Güvenç, Haymana-Çatalkaya, Bilecik-Kurukavak ve Tokat-Uğrak olmak üzere dört adet araştırma havzasında, detaylı toprak etüdüleri yapılmış topraklarda hidrolojik toprak grupları (HTG) sınıflandırılmış; arazi kullanım ve bitki örtüsü alansal dağılımları CBS ve UA teknikleri ile belirlenmiş, bireysel yağış olaylarındaki ilk tutulma şartları ( $I_a$ ) iki farklı yaklaşımla hesaplanmıştır. Havzaların depolama potansiyel (S) miktarları ve yüzey akış eğri numaraları SCS-YAEN, S-Olasılık dağılım (SOD) ve kısmi katkılı alansal dağılım (KKAD) yöntemlerine göre farklı yaklaşımlarla hesaplanmış ve ilk yağış tutulma katsayıları ( $\lambda$ ) her bireysel olay için ayrı ayrı belirlenmiştir. Dört adet havzada üç farklı yöntemle bulunan S depolama değerlerinin ve YAEN' larının karşılaştırmaları yapılmıştır. Üç farklı yöntem ile bulunan S, YAEN ve  $\lambda_{ort}$  değerleri ile havzaların yüzey akış tahminleri yapılmış ve gözlenen değerler ile ilişkileri belirlenmiştir. Ayrıca yüzey akışa toprak nem indeksinin katkısı bir havzada değerlendirilmiştir.

Bu çalışma; İç Anadolu Bölgesinde yer alan dört adet havzada üç farklı yöntemle ait yüzey akış parametrelerinin belirlenmesi ve ilk nem tutulma katsayısının bölgedeki bu dört havzada geçerliliğinin araştırılması yönünden önemlidir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 SCS-YAEN Yöntemi Çalışmaları

Yağış olaylarından meydana gelen yüzey akışları tahmin etmek için kullanılan yüzey akış eğri numarası hidroloji mühendisleri ve çevre etki analizleri için geliştirilmiştir. Bu yöntemin geçerliliği güvenilir, basit ve havzanın toprak tipi, arazi kullanımı, bitki örtüsü ve ilk nem gibi özellikleri ile ilgili olmasına bağlıdır. Yöntem çalışmalarına Amerika Toprak Muhafaza Servisi tarafından 1940' lı yıllarda ilk olarak infiltrasyon testleri ile başlanılmıştır. Amaç, yağış-akım sürecinde arazi kullanım ve toprak muhafaza etkilerini yorumlamak için temel veriler geliştirmektir. Sherman tarafından 1949 yılında ilk defa yağışa karşılık akım grafik üzerinde gösterilmiş ve grafik temel alınarak Mockus (1949) tarafından ölçüm yapılmayan alanlarda toprak arazi kullanımı, ön yağışlar, yağış süresi ve ortalama yıllık sıcaklık derecesine bağlı olarak yüzey akımlar tahmin edilmiştir. Daha sonra Verews tarafından infiltrometre verileri kullanılarak çeşitli toprak tekstürleri, bitki türü ve muhafaza çalışmaları ışığında yağış verisinden yüzey akım tahmin etmek için grafik geliştirilmiş ve bu çalışma toprak-bitki kompleksi olarak adlandırılmıştır. Mockus ve Verews'in bu çalışmaları yağış-akım ilişkilerinde temel çalışmalar olarak değerlendirilmiş ve Toprak Muhafaza Servisi tarafından 1954 yılında SCS- Yüzey Akış Eğri Numarası (SCS-YAEN) Yöntemi olarak geliştirilmiştir (Anonymous 1985).

SCS-YAEN yöntemini A.B.D ve diğer ülkelerdeki çok sayıda uygulamalar ile anlatan kitap daha sonra 1956, 1964, 1965, 1971, 1972 1985 ve 1993 yıllarında yenilenmiştir (Ponce ve Hawkins 1996).

SCS-YAEN yönteminde eğri havzanın hidrolojik toprak grubu, arazi kullanımı ve ön nem şartlarının (Şart-AMC) bilindiği durumlarda hesaplanmıştır. Yöntemde bir havzanın YAEN'si incelenecek yağış öncesinde meydana gelmiş beş günlük toplam yağışa göre değişmektedir. Tarımsal havzalarda 5 gün öncesi ön yağış koşulları çizelge

2.1’de verilmiştir. Bu şartlara uygun olarak yapılan YAEN ları hesaplamalarında; havza topraklarının alt plastik limit sınırı ile solma noktasında YAEN-I, havzada düzenli ve yıllık ortalamaları aşmayan yağışlar için YAEN-II ve şiddetli yağışlar ile hava sıcaklığının düşük olduğu dönemlerde meydana gelen yağışlar için YAEN-III olmak üzere üç adet YAEN değeri bilinmektedir.

Çizelge 2.1 Beş günlük yağış toplamına göre havza YAEN değerleri

YAEN	5 Günlük Yağış (mm) Kış dönemi	5 Günlük Yağış (mm) Büyüme dönemi
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7-27,9	35,6-53,3
III	> 27,9	>53,3

Farklı arazi kullanım, bitki örtüsü, hidrolojik toprak grupları, tarımsal işlemler toprakların yağışı absorbe etmesi ve yüzeydeki su hareketini yavaşlatması üzerine farklı etkiler yapar. Arazi kullanma havzadaki örtüyü ifade etmekte ve her çeşit bitki örtüsünü, bitki artıklarını, su yüzeylerini ve geçirimsiz yüzeyleri de kapsamaktadır. Tarımsal işlemler; eş yükseklik eğrilerine paralel toprak işleme ve teraslama gibi bazı mekanik uygulamaları, otlatma ve bitki nöbeti gibi amenajman uygulamalarını içermektedir. Havzadaki tüm bu etkiler dikkate alınarak YAEN larının I, II ve III değerleri (Anonymous 1972), Okman (1982), Schwab vd (1990) tarafından verilmiştir

Ponce vd. (1996), havzalarda ilk nem şartlarını destekleyen araştırmalar yapmışlar ve Şart-II’nin genel olarak su yapılarının boyutlandırılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre toprak şartlarında Şart-I kullanmak daha az yüzey akışı, Şart-III ’ü kullanmak ise daha fazla yüzey akışı meydana getirecektir.

Havza su veriminin belirlenmesinde M. Turc, Coutagne, Langbein ve Su Bütçesi gibi yöntemler kullanılmaktadır. Fakat SCS-YAEN yönteminin kullanılarak yüzey akış değerlerinin hesaplanması ve günlük değerlerden aylık ve yıllık akışların hesaplanması sonucunda daha sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir (Schwab vd. 1990).

SCS-YAEN yöntemi SWAT (Arnold vd. 1993), AGNPS (Young vd. 1989), CREAMS (Anonymous 1980), GWLF (Haith ve Shoemaker 1987) ve CROPSYST (Stocle vd. 1994) gibi çeşitli modellerde başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

Öztürk vd. (2003), Bilecik Kurukavak deresi su toplama havzasında 1994-1996 yılları verileri ile yürütülen araştırmada yüzey akış ve sediment miktarını AGNPS modeli yardımıyla tahmin etmişlerdir. Bu amaçla havzaya ait; topografya, bitki örtüsü, toprak, arazi kullanımı ve iklim verileri toplanmış, daha sonra bu veriler coğrafi bilgi sistemi ortamına aktarılarak AGNPS modeli için gerekli analizler yapılmıştır. Elde edilen harita, tablo ve bireysel verilerle yapılan yüzey akış tahminleri ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma alanındaki 1994-1996 yılları arasındaki 15 farklı yağış olayından seçilen 8 olaya göre; model değerlerinin gözlem değerleri üzerine etkinliği % 25, belirtme katsayısı 0.43 olarak bulunmuştur. Kolmogrov-Smirnov testine göre;  $P=0.98$ , Khikare testi sonucu  $\chi^2 h=0.83$  olarak bulunduğundan gözlem ve model değerlerinin homojen olduğu başka bir deyimle aynı popülasyona ait olup model değerlerinin gözlem değerlerini temsil edebileceği sonucuna varılmıştır.

Mishra vd. (2003), havzalardan gözlenmiş veriler ile yaptıkları çalışmalarda SCS yöntemini toprağın su geçirme ve önceki nem şartlarını (AMC) durumlarını dikkate alarak modifiye etmişlerdir. Araştırmacılar S değeri ile toprak porozite ve ortalama nem içeriği arasında yakın ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Hoesein vd. (1989), Avustralya’da iki farklı bölgedeki havzalarda yaptıkları araştırmalarda YAEN belirleme de havza ölçeğinin en az, toprak özellikleri ve arazi kullanımının ise en fazla etkili olduğu parametreler olarak belirlemişlerdir

Williams vd. (1990), EPIC modelde günlük, aylık ve yıllık zaman dilimlerinde yüzey akışın belirlenmesinde SCS-YAEN yöntemini kullanmışlardır. Bu modelde toprağın solma noktasına ulaştığı zaman YAEN’ sının I ve tarla kapasitesi anında II olarak

değerlendirmişlerdir. Modelin duyarlılığı analiz edilmiş ve gözlenen ile tahmin edilen yıllık yüzey akış arasındaki  $r^2$  değeri 0.67 olarak bulunmuştur.

Huang vd. (2006) tarafından Çin’ de Loess havzasında yapılan çalışmada; havza iklim ve toprak şartlarında en uygun akış tahminini verecek SCS-YAEN’ sını hesaplayarak toprak nemi ile YAEN arasındaki ilişkiyi belirlenmeye çalışılmıştır. Kuru tarımın yapıldığı ve mera ağırlıklı bitki örtüsünün olduğu havzada 10 yıllık yağış, akım ve toprak nemi veri seti kullanılmıştır. Sonuçlar; SCS-YAEN yöntemiyle hesaplanan yüzey akış derinliğinin, gözlenmiş değerlerle hesaplanan değerlere göre düşük olduğunu göstermiştir. Modelin etkinliği (E) 0.243 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar tarafından toprak yüzeyinden 15 cm derinlikte ölçülen toprak nem değeri ve hesaplanan YAEN değerleriyle doğrusal olmayan eşitlik geliştirilmiş ve bu eşitlikle tahmin edilen yüzey akış derinliklerinde  $E = 0.779$  bulunmuştur.

CBS ve UA gibi teknikler; havzaların daha kapsamlı tanımlanması, coğrafi varlıklara ilişkin verilerin çeşitli kaynaklarda toplanarak bilgisayar ortamına aktarılıp depolanması, işlenmesi ve analizi para ve personel tasarrufu sağlamak yanında planlama ve projelendirmedeki karar verme yetenekleri artırmak açısından önem kazanmıştır. Günümüzde farklı arazi kullanım tipleri uydu görüntüleri ile belirlenerek yüzey akış hesaplanmasına yönelik hidrolojik çalışmalarda kolaylıkla kullanılabilir. Havza ekosistemleri ile ilgili tüm özellikler, oluşumlar ve havza hidrolojisine etkileri CBS ortamında yapılan çalışmalar ile bir araya getirilebilmektedir. Özellikle arazi kullanımı ve bitki örtüsü gibi alansal değişiklik gösteren havza karakteristiklerinin alansal dağılımının belirlenmesi; UA teknolojisinin su kaynaklarında önemli uygulama alanlarından birisidir (Chveramohan ve Durbude 2001, Sharma ve Kumar 2002).

Yüzey akışlar UA teknikleri ile direkt olarak ölçülememektedir. Akımların hesaplanmasında uzaktan algılamanın en önemli rolü gerekli olan parametrelerin sağlıklı ve en doğru şekilde elde edilmesinde ortaya çıkmaktadır. Arazi kullanımı akım sürecinde sızma, buharlaşma ve erozyonu etkileyen en önemli parametrelerden birisidir (Engman ve Gurney 1991). Bu nedenle özellikle fiziksel arazi ölçümlerine dayalı



hidrolojik modellerin kullanımında çeşitli formlardaki arazi kullanım verilerine gereksinim duyulmaktadır. Özellikle dağılım parametrelili modellerde bu tür veriler kullanılmakta ve bu noktada uzaktan algılama en doğru alansal bilgi vermesi açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır (Schultz 1993).

Uydu görüntülerinden veri elde edilmesine ilişkin ilk araştırmalar Balanchard (1975), Ragan ve Jackson (1975) ve Jackson vd. (1976) tarafından yapılmış; sonuçlar uydu görüntülerinin hidrolojide önemli bir araç olduğunu göstermiştir.

Slack ve Welch (1979) makalelerinde Lvesat uydu görüntüsünü yüzey akış eğri numarasının en önemli parametrelerden birisi olan arazi kullanımının belirlenmesinde kullanılabileceği görüşünü vurgulamışlardır.

Hidrolojik çalışmalar için Lvesat uydu görüntüleri ile arazi kullanımı ve diğer parametrelerin belirlenmesi, hem parasal hem de insan gücü kullanımı yönünden geleneksel yöntemlere göre daha ekonomik olmaktadır.

Bondelid vd. (1982), Lvesat ve geleneksel arazi kullanım verilerini karşılaştırmışlar ve Lvesat verilerinden elde edilen yüzey akış eğri numarasının diğer yöntemle göre daha pratik ve kabul edilebilir bulmuşlardır.

Rango vd. (1983), Lvesat ile yaptıkları arazi kullanım belirleme çalışmalarında % 95 oranında değişiklik gösteren sonuçlar elde etmişler ve bu yöntemle geleneksel yöntemle göre 1/3 oranında ekonomik fayda sağlamışlardır.

Önceki yıllarda Lvesat ile yapılan çalışmalar 80 m çözünürlüğe dayanmakta idi. Daha sonraki çalışmalarda 30 m çözünürlüklü Lvesat TM ve 10 m çözünürlüklü SPOT görüntüleri jeomorfolojik data elde edilmesinde kullanılmaya başlanmıştır (France ve Hedges 1986).

Zevenbergen vd. (1988), mera arazi kullanımının yaygın olduğu havzalarda gözlenmiş yağış-akım verileri ve Lvesat multispectral scanner (MSS) görüntülerinin işlendiği MSS Reflectance Indeks Modelini (RIMs) kullanarak YAEN'sını belirlemişlerdir. Araştırmacılar YAEN ile Lvesat MMS verileri arasında yüksek bir ilişki ( $r^2 = 0,92$ ) bulmuşlardır.

Stube ve Johnston (1990), altı havzada geleneksel ve CBS teknikleri kullanılarak SCS-YAEN yöntemi ile elde edilen akımlarla karşılaştırmışlardır. Yükseklik, toprak ve arazi örtüsü sayısallaştırılmış, havza sınırları ve akımın zamansal değişimini modellemede kullanılan geleneksel yöntemlerle CBS yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Geleneksel ve CBS teknikleri arasında ortalama % 13.4'lük bir farklılık saptanırken, söz konusu teknikler kullanılarak elde edilen akımlar arasındaki farklılık ortalama % 16.5 olmuştur. Sonuçlar havza ayrımlarında ve modellemesinde CBS' nin geleneksel yöntemle göre avantajlarını ortaya koymuştur.

Şenol ve Dinç (1990) tarafından Seyhan Ovasında yapılan bir çalışmada, Landsat-5 TM uydu verilerinin toprakların tuzluluklarının belirlenmesinde başarıyla kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Normal yöntemlere göre uydu verilerinin kullanılmasının, zamvean ve arazi çalışmalarından önemli tasarruflar sağladığı gibi doğruluk derecesini de artırdığını saptamışlardır.

Mancini ve Rosso (1989), Güney İtalya' da bir havzada yaptıkları çalışmada CBS kullanarak havzanın SCS-YAEN' nin alansal dağılımını belirlemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre havzanın YAEN' nin alansal değişkenliği yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar havza yağış derinliği ve yüzey akım değişkenliğini analiz ederek YAEN' sı alansal dağılımı ve bölgesel drenaj ağı arasında çok kuvvetli ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir.

Wang ve Yong (1998), yaptıkları bir çalışmada SCS-YAEN yöntemini CBS tekniklerini birlikte kullanarak YAEN' sını hesaplamışlardır. Araştırmacılar, toprak ve

arazi kullanımının alansal dağılımı için poligon dosyalarını kullanmışlar ve YAEN' sının alansal dağılımının belirlenmesinde CBS sisteminin en iyisi olduğunu vurgulamışlardır.

Grove vd. (1998) tarafından yapılan bir çalışmada havzanın YAEN'sı ağırlıklı ortalama ve dağılımlı olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yüzey akışı hesaplamada en büyük hata dağılımlı YAEN' sı yerine ağırlıklı ortalama yönteminde olmuştur.

Şorman (1999), Güvenç havzasında yaptığı çalışmada, UA ve CBS teknikleri kullanarak SCS-YAEN yöntemi ile havza YAEN değerini 78 olarak hesaplamıştır. Araştırmacı aynı çalışmada 11 adet ölçülmüş yağış ve akım verileri ile Hawkins ve Hjelmfelt tarafından geliştirilen yöntemi kullanarak YAEN' sını hesaplamış ve 71.1 ile 83.1 arasında değişen değerler bulmuştur.

Tekeli vd. (2001), Karasu havzasında yaptıkları araştırmada YAEN sını NOAA uydu görüntüleri ve SAVI (Toprak Ayarlı Bitki İndeksi) algoritması ile hesaplamışlardır. Araştırmacılar SAVI' nın toprak nemi ve bitki örtüsü değişimlerini belirleyen güçlü algoritmalarından birisi olduğunu belirtmişlerdir.

Zhank ve Huang (2004), CBS tekniğinin, SCS-YAEN' nı belirlemede en kısa ve en doğru teknik olduğunu Kansas' ta iki adet havzada yaptıkları çalışmalar ile belirtmişlerdir. Havzaların YAEN ve akımın alansal değişimini veren haritalar hazırlamışlardır.

Halley vd. (2004), ArcView CBS programının havzalarda suyun analizi ve yönetimi için etkili ve faydalı bir araç olduğunu, planlayıcılara ile mühendislere çeşitli senaryolar yaratma olanağı sağlaması açısından önemini vurgulamışlardır.

Tekeli vd. (2007), iki adet havzada yaptıkları çalışmada, SCS-YAEN yönteminde eğri numarasını hesaplamada havza fiziksel parametrelerini belirlemede geleneksel ve UA-CBS yaklaşımlarını karşılaştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre havzalarda görsel etüt ve literatür bilgilerine dayalı parametrelerini hesaplamamanın zaman ve emek kaybı olduğu vurgulanmıştır. Araştırmacılar geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmaların sonuçlarının güvenilirliğinin tartışmaya açık olduğunu, UA-CBS ileri teknoloji ile yapılan uygulamalarda ise sonuçların daha güvenilir ve zaman kaybının daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Coşkun ve Musaoğlu (2005), Van Gölü havzasında UA ve CBS teknikleri kullanarak yağış-akım ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar Lvesat TM uydu görüntüsünü arazi kullanımı ve bitki örtüsü sınıflamasında kullanmışlar ve havzanın SCS-YAEN yöntemiyle eğri numarası ve akım derinliğini hesaplamışlardır.

Pveey vd. (2005), Hindistvea Karso havzasında yaptıkları çalışmada ERDAS 8.4 yazılımı ve SCS-YAEN yöntemi kullanarak YAEN I , II ve III sırasıyla 71.4, 52.7 ve 85.7 bulmuşlardır. Araştırmacılar günlük yağışlar ve YAEN'dan akımı 244.40 mm olarak hesaplamışlardır.

Uzaktan algılama teknikleri SCS-YAEN gibi geleneksel yöntemlerde, özellikle kolay ulaşılamayan kompleks alanların tanımlanması açısından, uygulama başarısını artırmada etkili sistemler olmuştur. MODİS uydu görüntüleri ile arazi kullanımı ve bitki örtüsü sınıflaması yapılarak, NASA pasif mikrodalga algılayıcısı ile toprak ön nem verileri kullanılarak yeryüzü SCS-YAEN değerlerini hesaplanmıştır (Hong ve Adler 2007).

SCS-YAEN yöntemi uzun yıllardan beri yüzey akış hesaplamalarında kullanılmasına karşın çeşitli araştırmacılar tarafından sorgulanmış ve artı ve eksi yönleri incelenmiştir (Bosznay 1989, Hjelmfelt 1991, Hawkins 1979,1993, McCuen 2002, Steenhuis vd. 1995). Yöntemin eleştiri toplayan başlıca artı ve eksi yönleri aşağıda verilmiştir;

1. Yöntem yüzey akışları tahmin etmek için yağış değerlerine dayalı basit ve kararlı bir kavramsal yöntemdir.
2. Yöntemde sadece YAEN olmak üzere bir parametreye bağlı olarak tahmin yapılmaktadır. Bu parametrede bir havzanın HTG, arazi kullanım ve bitki örtüsü, hidrolojik koşullar ön nem şartları olmak üzere dört adet fonsiyonuna bağlı olarak tahmin edilmektedir.
3. Kabul edilebilir YAEN değerleri 1-100 arasında değişmekle birlikte, pratik olarak su yapılarının kapasitelendirilmesinde bu değer 40-98 olarak kabul edilmiştir. Bu bir parametrenin dar bir oranla ifade edilmesi bakımından önemli bir avantaj olarak kabul edilmektedir.
4. Yöntem sadece bölgesel veri kullanılarak sadece ABD ve diğer bazı ülkeler için geliştirilmiştir. Bu veriler ile geliştirilen çizelgelerin bölgesel şartlara göre henüz doğrulaması yapılmamıştır.
5. Yöntem özellikle düşük yağış miktarlarında, toprakta ön tutulma şartlarına ve YAEN larına hassas olmaktadır. Bu, yöntemin zayıf bir noktası olmamakla birlikte toprakta değişen nem şartları ve yöntem arasındaki ilişkinin çok iyi açıklanamadığını göstermektedir (Bondelid vd. 1982, Ponce 1989).
6. YAEN sı küçük ve orta ölçekteki havzalara uygulanabilirliği kabul edilmekle birlikte, alt havzalara bölünmeden geniş alanlara (250 km<sup>2</sup> den büyük) uygulanması araştırılmalıdır.

## 2.2 S-Olasılık Dağılım Yöntemi Çalışmaları

Son dönemde araştırmacılar; SCS-YAEN yöntemini sorgulamışlar ve yöntemin kullanılmasında ortaya çıkabilecek problemleri belirtmişlerdir. Gözlenen verilerden YAEN değerinin belirlenmesine yönelik farklı yöntemler geliştirmişlerdir (Hawkins 1975, Hjelmfelt 1980, Williams vd. 1985).

Hawkins vd. (1985), ve Hjelmfelt (1991), yüzey akış eğri numarasının belirlenmesinde havzalarda gözlenmiş yağış ve akım verilerinin kullanılmasını önermişlerdir. En önemli etmen olan kuru, normal ve ıslak dönemlerdeki şartlar için olasılık durumlarına göre yorumlar getirmişlerdir. Araştırmacılara göre bir havzanın ortalama yıllık akışlarının önceki nem şartı grubu % 90 güven aralığında ise Şart-II olmaktadır. Şart-I ve Şart-III koşulları ise % 90'lık güven aralığının sırası ile alt ve üst sınırlarını belirlemektedir ve yağış-akış değerlerinde ortalamanın üzerinde gözlenecek değerler söz konusu olduğunda gündeme gelecektir.

Ponce vd. (1996), ilk nem şartlarını destekleyen araştırmalar yapmışlar ve Şart- II' nin genel olarak su yapılarının boyutlandırılmasında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre toprak şartlarında Şart-I kullanmak daha az yüzey akışı, Şart- III 'ü kullanmak ise daha fazla yüzey akışı meydana getirecektir.

Hjelmfelt (1982), 14 adet havzada yıllık maksimum akım ve bu akımları oluşturan yağışlarla yapmış olduğu çalışmada YAEN' sının sabit olmayıp bireysel olaydan olaya göre değişeceğini belirtmiştir. Araştırmacı SCS (Anonymous 1985) tarafından geliştirilen yüzey akım eşitliğinin yağışı akıma çevirmede rahatlıkla kullanılabileceğini, bunun içinde yıllık maksimum akımı veren yağışların kullanılması gerektiğini vurgulayarak çeşitli istatistiksel dağılımları bu eşitliğe uygulamış ve logaritmik normal dağılımı uygun bulmuştur. Araştırmacı aynı zamanda akımın büyük bir kısmının yağıştan oluştuğu havzalarda bu eşitliğin iyi sonuçlar verdiğini Illinois-Boneyard Creek havzasında bir uygulama ile göstermiştir.

Bonta (1997), Hjelmfelt (1982) tarafından kullanılan yonteme bir yaklaşıım getirerek gözlenen 5, 10, 25,50, 75, 100, 200 ve 500 adet P ve Q çiftinden oluşan sekiz veri topluluğu ile çalışma yapmış ve geliştirilen yonteme çok yakın sonuçlar bulurken, diğer yontemlerle hesaplanan YAEN' larının daha küçük olduğunu belirtmiştir.

Hawkins (1984) tarafından 110 adet havzada yapılan çalışmada SCS-YAEN yontemiyle S-Olasılık dağılım (SOD) yontemi karşılaştırmış ve sonuçlar açısından ilişki zayıf olarak değerlendirmiştir. Araştırmacıya göre tarımsal havzalarda her iki yontemdeki YAEN sonuçları birbirine daha yakın iken, ormanlık havzalarda sonuçlar farklı çıkmıştır. SCS-YAEN yontemine göre yüzey akış tahmin hesaplamalarında, havzada toprak ve bitki örtüsü gibi verilerin çok iyi tanımlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Hawkins vd. (1985), bir havzada yağış öncesi toprakların nem şartlarına göre SCS tarafından geliştirilen çizelgeleri eleştirmişler ve Şart-II için hesaplanılan YAEN-II değerini kullanarak Şart-I ve Şart-III için alternatif olarak eşitlikler geliştirmişlerdir.

$$YAENI = \frac{YAENII}{2.3 - 0.013YAENII}$$

$$YAENIII = \frac{YAENII}{0.43 + 0.0057YAENII}$$

Hawkins (1993), YAEN hesaplamada kullanılan potansiyel havza depolamasının (S) değişken bir değer aldığını göstererek S için cebirsel bir eşitlik geliştirmiştir. Araştırmacı geliştirdiği eşitlikten hesaplanılan S değerini daha sonra SCS (Anonymous 1985) eşitliğinde yerine koyarak YAEN larını belirlemiştir. Hjelmfelt (1982) ve Hawkins (1993), P ve Q gözlenmiş verileriyle yaptıkları çalışmada S in logaritmik normal dağılıma uygun olduğunu, logaritmik verilerin aritmetik ortalamasının (% 50 olasılık) Şart-II deki YAEN-II karşılık geldiğini vurgulamışlardır.

Lewis vd. (2000), A.B.D. Kaliforniya eyaletinde Oak-Woodlve havzasında 17 yıllık yağış ve akım verileri ile çalışma yapmışlardır. SCS yöntemiyle elde ettikleri YAEN değerini alternatif iki yöntem (S-Olasılık ve Asimtotik Yaklaşım) karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre eğer su depolama yapılarında emniyet payı dikkate alınacaksa S-Olasılık diğer iki yöntemle göre daha yüksek YAEN tahmini verdiği için öncelikle kullanılması önerilmiştir.

İstanbuluoğlu vd. (1998), Kurukavak deresi havzasında bir yıllık gözlenen akımlar, Hawkins, Knisel ve Pathak isimli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş YAEN yöntemleri kullanılarak mevsimlik yüzey akışları tahmin etmişlerdir. Çalışmada her üç yöntemle tahmin edilen yıllık yüzey akıştan olan sapma ve  $r^2$  değerleri sırasıyla -12.89 mm ve 0.9928, 1.03 mm ve 0.9980, 0.06 mm ve 0.9989 olarak hesaplanmıştır. Uygun yöntemlerin seçilmesiyle günlük yağışlarla hesaplanacak akışların ülkemizde bu amaçla kullanılan amprik yöntemlere göre daha gerçekçi sonuçlar vereceği ve veriler ile tesis edilecek su biriktirme yapılarının optimum düzeyde boyutlandırılmasına imkan vereceği belirtilmiştir.

Ponce ve Hawkins (1996), havzalarda akım meydana getiren yağış öncesi topraklarda ön nem tutulmalarının çevresel değişkenliğin kaynakları nedeniyle, doğru olarak yorumlanmasının zor olacağını bu nedenle de SCS yönteminde verilen 5 günlük ilk nem şart çizelgelerinin sorgulanması gerektiğini vurgulamışlardır.

Hope ve Schulze (1981), Güney Afrika' da iki havzada S-Olasılık Dağılım yöntemi ile SCS-YAEN yöntemini uygulamışlardır. Araştırmacılar S-Olasılık dağılım ile bulunan YAEN'dan tahmin edilen akım değerlerini daha gerçeğe yakın bulduklarını belirtmişlerdir.

Rietz ve Hawkins (2000), 177 adet havzada 32891 adet yağış-akım veri seti kullanarak SOD yöntemi ile YAEN'sını hesaplamışlar ve arazi kullanımları ile YAEN arasında ilişkiyi araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, çayır ve ormanla kaplı alanlar en



düşük YAEN, sıra bitkileri veya küçük taneliler orta YAEN, çöl bitkileri de en yüksek YAEN olarak bulunmuştur.

Hawkins ve Ward (1998), New Mexico' da 5 farklı bölgede, 21 adet parselde yağış ve akım derinlikleri ile bitki örtüsü yoğunluklarını gözlemleyerek S-Olasılık Dağılım yöntemiyle YAEN larını hesaplamışlar ve sonuçları SCS-YAEN ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılara göre yakın parsellerde bile her iki yöntemde farklı sonuçlar bulunmuş ve birinci sırada toprak, ikinci sırada ise bitki örtüsü özelliklerinin sonuçları etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir.

McCuen (2002), çalışmasında bir havzada hidrolojik ve yağıştan yağışa değişen şartlara göre YAEN'sının hesaplanmasının en doğru yöntem olduğunu belirtmiştir. Araştırmacıya göre bir havzada YAEN değeri ilk nem şartları, yağış dağılımı, mevsimsel değişim ve olayın morfolojisine göre değişmekte olup bu değerlerin alt ve üst sınırlarının güvenilir aralığının belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada alanları 2 ve 50 km<sup>2</sup> arasında değişen beş adet tarımsal havzada yaptığı çalışmada yıllık maksimum akımları ve bu akımları oluşturan yağış veri setini kullanarak S-Olasılık Dağılımına göre YAEN'lerini hesaplamış ve YAEN güvenilir aralığını 65 ile 95 arasında bulmuştur.

### **2.3 Kısmi Katkılı Alan Dağılım Yöntemi Çalışmaları**

SCS-YAEN yönteminin limitleri çeşitli araştırmacılar tarafından tanımlandıktan sonra, yüzey akışı tahmin etmek için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi de SCS-YAEN ile birlikte kullanılan kısmi katkılı alan dağılım yöntemidir (Hewlett ve Hibbert 1967, Dunne ve Black 1970, Boughton 1987, Steenhuis vd. 1995 ). Bu yöntemde temel esas, toprak profilinin nemle doymuş hale geldikten sonra, toprağa her düşen yağmurun yüzey akışı meydana getireceğidir. Araştırmacılar çalışmalarında S'i, etkili yağış ve akımın bir fonksiyonu olarak grafiksel olarak göstermişlerdir. Çalışmada S doğrusundan

elde edilen ortama S değerinin yüzey akımları tahmin etmede kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Steenhuis vd. (1995), A.B.D. de Pennsylvania ve Biscuit havzalarında 1 Nisan- 30 Kasım tarihleri arasındaki ıslak ve kuru dönemlerde yaptıkları araştırmalarda ortalama S 'i sırasıyla 24 cm ve 16 cm olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar, aynı çalışmada;  $P_e = S$  olduğu zaman havza alanının % 75 nin yüzey akıma katkı sağladığını,  $P_e = 0$  olduğunda ise katkının % 0 olduğunu belirlemişlerdir.

Schneiderman vd. (2007), SCS-YAEN yönteminde ilk nem değeri ve yağış şartlarına göre değişen S değeri yerine direkt toprakta llen nem değerine bağlı efektif  $S_e$  değerini kullanmışlardır.

Western ve Grayson (1998), Avustralya'da Tarrawarra havzasında yaptıkları çalışmada; kurak ve ıslak dönemlerde, toprak neminin yüzey akışları kontrol eden en önemli faktör olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçlara göre; ıslak dönemlerde toprak nemiyle topografya ve ıslak toprak profili arasında kuvvetli ilişki olduğu, kuru şartlarda ise toprak neminin tesadüfi olarak değişmediği vurgulanmıştır. Yaz mevsiminde toprak nemi solma noktasına yakın olup, alansal dağılım genellikle yeknesaktır. Kış mevsiminde ise toprak nemi yüksek ve hem yüzeyde hemde toprak altında dağılımı değişkendir.

Saxton vd. (1974), makalelerinde geliştirdikleri toprak-bitki- atmosfer-su modelinde (SPAW)  $S_e$  değerini kalibre ederek 0.6 sabit katsayı olarak hesaplamışlardır.

Topografik indeks havzalarda suyla doygun alanları belirlemek için TOPMODEL'le geliştirilmiş bir kavramdır (Beven ve Kirkby 1979). Araştırmacılar İngiltere'de Crimple Beck havzasında topografik indeks modelini uygulamışlar ve tahmin edilen akımları llen değerlerle karşılaştırdıklarında sonuçları başarılı bulmuşlardır.

Valeo ve Moin (2000) tarafından kısmi alansal dağılım yöntemi; topografik indeks ve YAEN birlikte Kanada’ da 8 km<sup>2</sup> alana sahip, orta eğimde, yarı kurak ve yerleşme yeri özelliği gösteren bir havzada uygulanmıştır. Tahmin edilen akım değerleri gözlenen değerler ile karşılaştırıldığında yöntemin küçük ve orta ölçekteki havzalara başarıyla uygulanabileceği vurgulanmıştır.

Western vd. (2002), topoğrafik indeks değerinin havzalarda toprak neminin alansal dağılımını tam olarak belirleyemeyeceğini fakat yine de bu indeksin suyla doymun alanların tahmin edilmesi için geliştirildiğini ve akım oluşturmada topografyanın önemli olduğu havzalarda ıslak dönemlerde iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

McGlynn ve McDonnell (2003), Yeni Zelvea da iki adet havzada, havza topografyasının akım oluşturmadaki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar havzada üretilen toplam akıma eğimli alanların katkısının % 2-16, düz alanların katkısını ise % 84-97 olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar, düz alanların az akım oluşturan küçük bireysel olaylarda etkili olduğunu ve bu tür çalışmaların izotop yöntemlerle desteklenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Lyon vd. (2004), havza planlamalarında akım oluşturan alanların belirlenmesinin özellikle noktasal olmayan kirliliğin kaynağının kontrolü açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, kısmi katkılı alan dağılımı ve SCS-YAEN yöntemini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, kısmi katkılı alan dağılım yönteminde yüzey akım kaynağının mevsim ve bireysel yağışa göre değiştiği ve SCS-YAEN yönteminde ise ağırlıklı olarak arazi kullanımının etkili olduğu belirtilmiştir. Orman arazi kullanımının hakim olduğu havzada SCS-YAEN ile % 4.3 yüzey akım hacmi tahmin edilirken kısmi katkılı alan yönteminde bu oran % 45.3 bulunmuştur.

Walter vd. (2000), kısmi katkılı alan dağılım yöntemini New York’ da su ihtiyacını sağlayan havzalarda uygulamıştır. Çalışmada yerleşim yeri su temini yanında tarım alanlarında kullanım ve su kalitesi koruma çalışmaları da birlikte yürütülmüştür.

Havzalarda akıma katkı veren alanlar belirlenirken aynı zamanda tarımsal alanlardan gelebilecek kirletici kaynakları da belirlenmiştir.

Pradhan vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada kısmi alan dağılım yöntemi kullanılarak topografik indeks ve Top model birlikte Japonya' da 210 km<sup>2</sup> alana sahip Kamishiiba havzasında kullanılarak yüzey akım tahmin edilmiştir. Havzanın 50 m çözünürlüklü sayısal yükseklik görüntüleri kullanılmıştır. Beven tarafından geliştirilen TOPMODEL ve topografik indeksle birlikte kullanıldığı çalışmada kalibrasyon yapılmadan farklı yağış olaylarından doğru akım tahminleri yapılmıştır.

Liu vd. (2007), Etiyopya' da üç adet havzada yaptıkları çalışmada yaklaşık 500 mm lik bir toplam efektif yağıştan sonra akımın başladığını ve yine yaklaşık havzanın % 50 sinin bu akıma katkı sağladıklarını bulmuşlardır.

Keskin (2007), İzmit-Yuvacık barajı havzasında yaptığı çalışmada, barajı besleyen alt havzalarında gözlenen bireysel olaylar ile Mike 11 modelinin Birim Hidrograf Yöntemi (UHM) ve SCS-YAEN yöntemlerini kullanarak YAEN larını hesaplamış ve karşılaştırmıştır. Kirazdere alt havzasında 9-10.06.2004 tarihli bireysel olayda UHM ile bulunan YAEN sı 74.2, SCS-YAEN yöntemi ile 72.11 bulunmuştur.

Feyereisen vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada su kalitesini belirlemek için havzada doğru akım tahmini yapılması gerektiği belirtilmiştir. Sonuçlar kısmi katkılı alansal dağılım yöntemiyle hesaplanan YAEN' sı kullanılarak ıslak dönemde düşük akım tahminleri kurak dönemlerde ise yüksek akım tahminleri yapılmıştır.

#### **2.4 İlk Tutulma ve $\lambda$ Katsayısı Çalışmaları**

Overton ve Meadows (1976), yerleşim alanlarında yapılan çalışmada YAEN' sı 92 ve B grubu HTG larında ilk tutulma değerini 2.5 mm olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar

bu değerlerle yaptıkları hesaplamada S' i 0.87 ve Lamda ( $\lambda$ ) katsayısını 0.115 bulmuşlardır.

Wanielista ve Shannon (1977) tarafından ilk tutulma miktarı ( $I_a$ ) süs bitkileriyle kaplı yeşil alanlar için 1 mm, düz yerleşim alanları için ise 3-4 mm olarak hesaplanmıştır. Sırasıyla bu alanlarda YAEN'sı 77 ve 92 olarak hesaplanmış ve buna karşılık  $\lambda$  değerleri 0.013 ve 0.14-0.18 bulunmuştur.

Cronshey (1983), tarımsal havzalarda meydana gelebilecek YAEN' larındaki değişimin sadece yağış öncesi 5 günlük yağış toplamı değerlendirilerek belirlenmemesi gerektiğini, bu değişime sıcaklık buharlaşma, arazi kullanımı, yüksek yağış şiddeti gibi etkilerin eklenmesi gerektiğini belirtmiştir. Araştırmacı aynı zamvea YAEN ile yağış öncesi toplam yağış arasında doğrusal bir ilişkinin var olduğunu kabul edilmesinin çok genel bir yaklaşım olacağını söylemiştir.

Wood ve Blackburn (1984), havzalarda ön nem tutulma şartlarının çalışma sonuçlarını  $\pm$  % 50 den fazla etkileyecek derecede etkili bir parametre olduğunu ve kuvvetli bitki örtüsüne göre çıplak topraklar ile zayıf bitki örtülü alanlarda daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Ramasastri ve Seth (1985), SCS-YAEN yönteminde ilk tutulma oranı olan  $\lambda$  katsayısı 0.2 rakamına sabitlemenin; ilk bakışta birkaç adet parametreyi tek bir rakama indirgemek bakımından avantajlı olsa da; katsayı, jeolojik ve iklimsel farklılığı ortaya koyan bölgesel bir rakam olarak daha fazla yorumlanması gerektiğini vurgulamışlardır.

Merz ve Plate (1997 ) tarafından yapılan bir çalışmada yüzey akışları tahmin etmede esas kontrolün havzalardaki mevsimsel su dengesi ve buna bağlı olarak ön toprak nemi şartlarının ve yağışın karakteristiğinin olduğunu vurgulanmıştır.

Zehe ve Blöschl (2004), ilk nem tutulmasının; havzalarda infiltrasyonu azaltarak ve akıma etkili olan kısmi katkılı alan miktarını artırarak, yüzey akım hacmini etkileyen önemli parametrelerden birisi olduğunu belirtmişlerdir.

Hawkins (1993), S yağış miktarına bağlı olmadıkça, yüzey akış hesaplamalarında ( $I_a = 0.2S$ ) eşitliğini kullanmanın iyi sonuçlar vermeyeceğini belirtmiştir.

Hawkins vd. (2002), 307 adet havzada 28301 adet bireysel olay ile yaptıkları araştırmada  $\lambda$  katsayısının 0 dan 0.996 değerine kadar değişkenlik gösterdiğini ve ortalama 0.0734 değerini aldığını bulmuşlardır. Araştırmacılar, bu sonuçlara göre SCS tarafından kabul edilen 0.2 sabit değerinin çok yüksek bir rakam olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacıların yaptıkları çalışmada katsayının % 90'ından fazlası 0.2'den küçük çıkmıştır. Araştırmada; katsayıdaki değişkenliğin bölgesel özelliklere, yağış büyüklüğe, havza tipine ve ilk nemin ölçülmesi gibi kontrol edilemeyen faktörlere bağlı olduğu vurgulanmıştır.

Mishra vd. (2006), havzalarda YAEN sı hesaplamalarında ön tutulma oranını veren lamda değerinin ( $I_a/S$ ) SCS yönteminde geliştirildiği gibi sadece 0.2 rakamı ile ifade edilemeyeceğini belirtmişler ve SCS-YAEN yöntemini modifiye etmişlerdir. Araştırmacılar, 84 adet küçük havzada yaptıkları uygulamalarda lamdayı hesaplamada en önemli parametre olan S değerinin bireysel yağış, toprak porozitesi ve toprak su tutma özelliklerine bağlı olduğunu göstermişlerdir. Sonuçta araştırmacılar tarafından S ve lamdayı hesaplamak için basit bir işlem geliştirilmiştir.

Mishra ve Singh (2004), SCS-YAEN modelini uzun yıllar hidrolojik veriler ile incelemişler ve lamda katsayısının 0.01 olduğunda modelinde maksimum verimlilikte kullanılabileceğini bulmuşlardır. Araştırmacılara göre katsayı arttıkça zaman modelin etkili kullanılabilirliği de azalmaktadır.

Baltas vd. (2007), Atina da 15.18 km<sup>2</sup> alana sahip bir havzada onyedii adet bireysel olayda gözlenmiş yağış ve akım verileri ile yaptıkları analizlerde ortalama lamda katsayısını 0.014 bulmuşlardır. Katsayının maksimum ve minimum değerleri sırasıyla 0.037 ve 0.004 olmuştur.

Schneider ve McCuen (2005) tarafından yapılan çalışmada YAEN ve  $\lambda$  katsayısı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Sonuçlar  $\lambda$  katsayısının sabit bir değer olmadığını, yüzey akışları tahmin model çalışmalarında, YAEN değerinin katsayıya göre daha hassas olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar yağış-akım veri setiyle yaptıkları çalışmada katsayının aynı toprak-arazi kullanım sınıfı içinde bile veriye göre katsayının değişebileceğini vurgulamışlardır.

Merz vd. (2006), Avusturya'da orman ve tarım amaçlı arazi kullanımı olan dört adet havzada 1981-2000 yılları arasında 143 adet istasyondan alınan verilerle yaptıkları çalışmada yüzey akış katsayısını belirlemişler ve akışa etki eden parametreleri araştırmışlardır. Sonuçlar, toprak nem şartlarının arazi kullanımına göre yüzey akım katsayısını belirlemede daha etkili olduğunu göstermiştir. Araştırmaya göre havzalarda ilk nem tutulma için yağış öncesi 10 gün olarak alınmış ve bu gün sayısının SCS-YAEN yönteminde verilen 5 gün değerine göre olayın fiziğini tam olarak yansıtabileceği için seçildiği belirtilmiştir.

## **3-MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1 Materyal**

#### **3.1.1 Çalışma havzaları**

Yağışları akıma dönüştüren havza parametrelerinin havza ölçeğinde belirlenmesi için İç Anadolu Bölgesinde farklı konumlarda yer alan Yenimahalle-Güvenç (16,125 km<sup>2</sup>), Haymana-Çatalkaya ( 18, 4 km<sup>2</sup>), Bilecik- Pazaryeri- Kurukavak (4,250 km<sup>2</sup>) ve Tokat-Uğrak havzaları (7,0 km<sup>2</sup>) olmak üzere dört adet havzada çalışılmıştır. Tüm havzalarda yağış ve akım ölçüm istasyonları mevcut olup, ölçümler Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüleri tarafından yapılmaktadır.

##### **3.1.1.1 Güvenç havzası**

Güvenç Havzası, Ankara-İstanbul karayolunun 35. km'sinde, Ankara-Yenimahalle-Kayaönü Deresi üzerinde yapılan Güvenç Göletinin su toplama havzasıdır. Kuzeybatıda Dedeçam Tepesi (1198 m), kuzeyde Sarıkaya Tepesi, doğuda Çayırınkafa Tepesi ve Karatepe, güneyde Tabyabayır ve Akpınar Tepeleri, güneybatıda Karyağdı Tepesi (1459 m), batıda Dikbayır sırtları ve Kartalkaya Tepesiyle çevrilmiş olan Güvenç Havzası içerisinde Sarıbeyler (Lezgi) köyü yer almaktadır. Araştırma Havzası içerisinde doğan sular, Kayaönü deresinde toplanarak Ova Çayına dökülmektedir. Ova Çayı, Sakarya Nehri ve Ankara Çayı'nın bir alt koludur. Yağış alanı 16.125 km<sup>2</sup> olan havza çıkış yerinin deniz seviyesine göre yükseltisi 1053 metre olup, havza UTM koordinatında 4444500 m ve 4439500 m kuzey enlemleri, 479000 m ve 483000 m doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Çizelge 3.1 Güvenç havza jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri

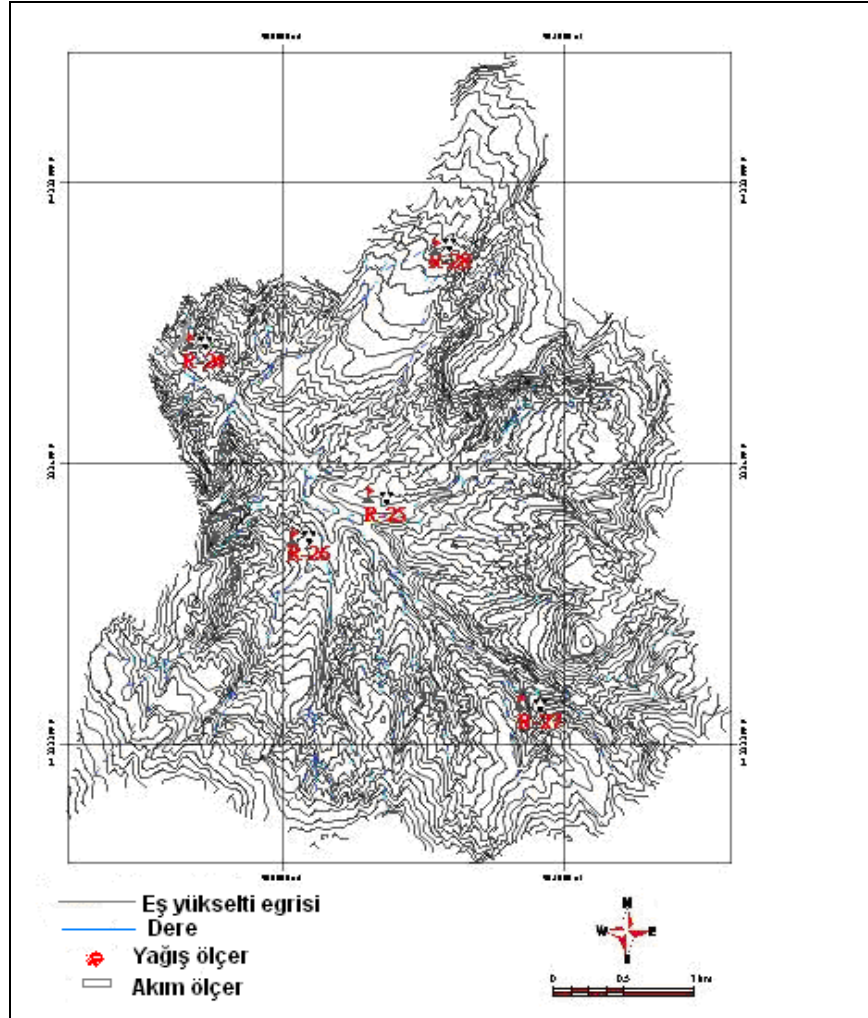
<b>Havza Karakteristikleri</b>	
Havza alanı	16.125 km <sup>2</sup>
Havza maksimum yükseklik	1459 m
Havza minimum yükseklik	1053 m
Ortalama eğim	% 21
Ana su yolu uzunluğu	5400 m
Toplam su yolları uzunluğu	35500 m
Su yolları yoğunluğu	2201.5 m/km <sup>2</sup>

Havzanın Türkiye haritasına göre yerleşim konumu ise şekil 3.1' de verilmiştir

#### **3.1.1.1.1 Güvenç havzası hidrolojik ölçüm ağı**

Havzada yağışın dağılımını belirlemek üzere farklı kotlarda yerleştirilmiş beş adet (R-24, R-25, R-26, R-27, R-28) ölçüm istasyonu ve akım ölçümleri için de havza çıkışında 1053 m kotunda yer alan 1/5 şevli üçgen savak yer almaktadır (Şekil 3.1). Akımlar yazıcı su seviye aleti (limnigraf) ile günlük olarak kaydedilmektedir. Havza yağışları istasyonlarda bulunan plüviograf, akımlar ise limnigraf ile ölçülmektedir.

Güvenç havzası karasal iklim özelliğinde olup; yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Çalışma havzasında yağış-akım ölçümlerine 1987 yılında, başlanılmış ve günümüze kadar devam etmiştir. Havzada ölçülen yağış ve akım verileri ile (1987-2008) yapılan değerlendirmelere göre yıllık yağış ortalaması 473.3 mm olmuştur. Yağışların % 32.8'i ilkbahar, % 30.1'i kış, % 23.3'ü sonbahar, % 13.9'u ise yaz aylarında düşmüştür. En yağışlı ay Kasım (62.8 mm), en kurak ay ise Ağustos (13.3 mm) ayıdır. Günlük maksimum yağış miktarı ise 38.6 mm olarak kasım ayında ölçülmüştür. Havzada yağışa karşılık (1987-2008) ortalama akım miktarı 98.119 mm olmuştur. Toplam akımın 24.949 mm si yüzey akımı vermiştir. En fazla akım 22.92 mm ile nisan ayında ölçülmüş olup bu miktar yağışlar ile birlikte kar erimelerinden kaynaklanmıştır. Havzada en yüksek anlık debi 12598 l/s ile 1987 yılında ölçülmüştür. Havza yüzey akış katsayısı % 4.82 dir.



Şekil 3.1 Güneç havzası yer buldur yağış ve akım istasyonları haritası

Havzada YAEN belirlemede kullanılacak 1987-2005 yılları arasındaki yağış ve akış verileri Çizelge 3.2’ de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Güvenç havzası yağış ve akış verileri

Yıllar	P (mm)	Q (mm)
07.07.1987	28.6	1.3221
20.10.1987	14.5	0.1920
13.08.1989	16.6	0.3000
29.11.1989	27.2	2.4885
06.07.1991	12.3	0.1830
06.10.1991	19.6	1.9500
05.06.1993	9.8	0.7418
12.05.1994	1.4	0.8255
12.07.1995	1.5	0.3600
26.05.1996	22.4	0.4061
24.04.1997	35.0	1.7485
27.05.1998	21.0	0.8417
10.06.1999	14.6	0.8202
24.05.2000	25.0	0.9284
13.05.2001	13.2	0.2326
01.05.2002	12.3	0.2680
18.04.2003	26.0	0.3921
23.06.2004	24.0	0.2539
26.05.2005	17.1	0.4700

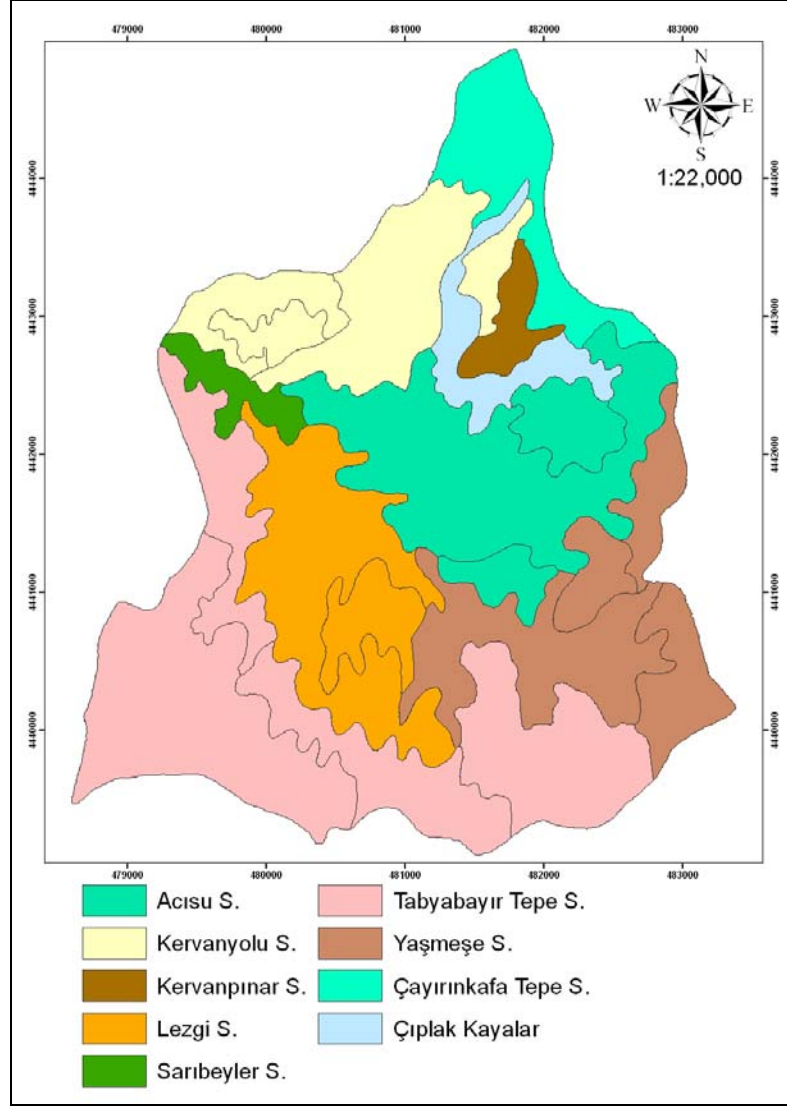
### 3.1.1.1.2 Güvenç havzası jeolojik özellikleri

Havza alanının büyük bir kısmını (Batı ve Orta kesimde) Paleosen yaşlı kil ve kireçtaşı ara katmanları ile az geçirimli olarak Sarıbeyler formasyonu kaplamaktadır (9.01 km<sup>2</sup>). Bu birimlerin yeraltısuyu verimlilik dereceleri zayıftır. Havzanın memba (yukarı su toplama alanları) kısımlarında ise kireçtaşları ile ortalanmış, yeraltısuyu verimliliği bakımından oldukça zayıf marn tabakaları bulunmaktadır. Havzanın güney batısı ile kuzey doğusunda bulunan Orhaniye formasyonu orta derecede yeraltısuyu verimliliğine sahip olup Sarıbeyler formasyonu üzerinde yer almaktadır. Her iki formasyonun dokanak halinde bulunduğu bölgelerde kaynaklar bulunmaktadır. Güney doğuda bulunan ve siltli kumtaşı ile zayıf akifer olma özelliği gösteren Dikmendere

formasyonu da yer yer yüzeylemektedir. Dikmendere formasyonunun Sarıbeyler formasyonu ile dokanak halinde bulunduğu bölgelerde de yer yer kaynaklar bulunmaktadır. Havzada yüzeyaltı suyunun, toplam akımlarda etkili olduğu, kuyu verdileri ile de belirlenmiştir. (Anonim 1968).

### **3.1.1.1.3 Güvenç havzası toprak özellikleri**

Güvenç Havzasının Toprak Taksonomisi (Anonymous 1999) sınıflandırma sistemine göre yapılmış detaylı toprak etüdüleri ve arazi gözlemlerinin değerlendirilmesi ile sekiz farklı toprak serisi tanımlanmış (Dengiz vd. 2005) ve temel toprak haritası çıkarılmıştır (Şekil 3.2). Belirlenen toprak serilerinin dört tanesi genç olmaları nedeniyle Entisol ordosuna 3 tanesi Inceptisol ve 1 tanesi ise Vertisol ordosuna dahil edilmişlerdir. Araştırma alanında en fazla alana sahip Tabyabayır serisi (% 27.2) iken en az alan % 1.7 ile Kervanpınar serisi olmuştur. Genelde havza topraklarının % 12.6'sı (2.031 km<sup>2</sup>) orta meyilde, orta erozyonlu; % 36.2'si (5.837 km<sup>2</sup>) dik meyilde, şiddetli erozyonlu; % 4.5'i (0.731 km<sup>2</sup>) çok dik meyilde, şiddetli erozyonlu; % 46.7'si de (7.526 km<sup>2</sup>) sarp meyilde, çok şiddetli erozyonludur. Çalışma alanı toprakları arazide yapılan morfolojik çalışmaların yanı sıra laboratuvar analiz sonuçları da dikkate alınarak Toprak Taksonomisine göre 3 ordo, 4 altordo, 4 büyük grup ve 7 alt grup içerisine yerleştirilmiştir ve Çizelge 3.3'de verilmiştir. Araştırma alanında yer alan toprakların rutubet rejimleri Xeric ve sıcaklık rejimleri ise Mesictir.



Şekil 3.2 Güvenç havzası detaylı toprak haritası

Çizelge 3.3 Güvenç havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri

Seri Adı	Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Altgrup
Kervanyolu sırtı	Entisol	Orthent	Xerorthent	Typic Xerorthent
Yaşmeşe		Orthent	Xerorthent	Typic Xerorthent
Tabyabayır		Orthent	Xerorthent	Lithic Xerorthent
Sarıbeyler Deresi		Fluvent	Xerofluvent	Typic Xerofluvent
Çayırınkafa	Inceptisol	Xerept	Haploxerept	Vertic Haploxerept
Lezgi		Xerept	Haploxerept	Typic Haploxerept
Acısu		Xerept	Haploxerept	Lithic Haploxerept
Kervanpınar	Vertisol	Xerert	Haploxerert	Chromic Haploxerert

Toprakların oluşum süreci sonrası oluşan bazı yüzey üstü ve yüzey altı tanı horizonları saptanmış ve bunlar Entisol, Inceptisol, ve Vertisol ordolarına yerleştirilmiştir. Bu ordolar içerisinde % 59,9 ile Entisoller en fazla alan kaplarken bunu sırasıyla % 34,2 ile Inceptisol ve % 1,7 ile Vertisol izlemektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Güvenç havzası toprak serilerinin alansal ve oransal dağılımları

Seri Adı	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)	Ordo	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)
Kervanyolu sırtı	1.96	12.2	Entisol	9.35	58.0
Yaşmeşe	2.36	14.6			
Tabyabayır	4.69	29.1			
Sarıbeyler Deresi	0.34	2.1			
Çayırinkafa	0.98	6.2	Inceptisol	6.07	37.7
Lezgi	2.21	13.6			
Acısu	2.88	17.9			
Kervanpınar	0.29	1.8	Vertisol	0.29	1.8
Rock Outcrops	0.41	2.5			
Total	16.12	100.0			

Toprak serilerinin morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Tabyabayır serisi;** dalgalı bir topografik görünümüne sahip olan bu topraklar sert kireç taşları üzerinde oluşmuş ve A/C/R horizonludurlar. Bu topraklarda nadaslı kuru tarım ve mera olarak kullanılmaktadır. Bütün profil boyunca tekstür kumlu killi tın. Profilin alt horizonlarına doğru kireç oranı artmaktadır. Özellikle 13 cm.de sonra kireç konkresyonları hakimdir. Profil boyunca tuzluluk oranları % 0-0.9 ile 0.08 arasında değişim göstermektedir. Serinin bulunduğu alan % 12-20 bir eğim dağılımına sahip olup, şiddetli derecede erozyon hakimdir. Seri topraklarının toprak reaksiyonu üst toprakta 7.58 iken profil derinliği ile birlikte az bir artış göstermiştir. Değişebilir sodyum oranlarına göre tüm profil boyunca alkalilik yoktur. Profil derinliği boyunca

tuzluluk problemi yoktur. Bunun yanında kil oranına ve organik madde derinlere doğru azalmasına paralel olarak KDK' da azalma görülmüştür.

***Sarıbeyler deresi serisi;*** Bu seriye ait topraklar Sarıbeyler köyünün batısında dağılım göstermektedir. Hafif dalgalı bir topografik yapıya sahip ve taban arazide bulunan toprakların profilleri derin olup, tüm profil derinliği boyunca killi bir bünyeye sahiptir. Ana materyale yaklaştıkça kireçli orvean çok kireçliye doğru bir artış göstermektedir. Profil derinliğinde kireç beneklerini görmek mümkündür. Sarıbeyler deresi serisi topraklarını drenajı iyidir. Arazi üzerinde T<sub>1</sub> taşlılık düzeyi mevcuttur. Dar bir alan şeklinde havza çıkışına doğru dağılım gösteren seri topraklarının profilindeki pH değeri hafif kalevi şekilde bir dağılım göstermektedir. Bu topraklarda tuzluluk sorunu yoktur. Değişebilir katyon kapasitesi 27.2–29.9 me/100 gr arasında fazla bir fark olmayan dağılım gösterirler. Organik madde oranları profil derinliğine inildikçe % 3.12 - 1.90 arasında değişim göstermektedir.

***Kervanyolu serisi;*** Sarıbeyler (Lezgi) köyünün kuzeybatısında dağılım gösteren bu toprakları temsil eden profillerde kireç tüm horizonlarda çok yüksektir. Topografik yapı % 2-6 arasında hafif dalgalı, su erozyonu ise hafif derecede yüzey erozyonuna neden olmuştur. Seri topraklarının profil derinliği boyunca pH hafif alkalidir. Hafif- tuzlu oranlarında bir dağılım gösteren seri profilinde 85 cm den sonra sertleşmiş kireç taşları görülmektedir. Katyon değişim kapasitesi 21.53–28.80 arasında dağılım göstermektedir. Organik madde üst horizontta %2.78 ve profil derinliğine inildikçe düşüş göstermektedir. Bu toprakların tüm profil boyunca tekstür sınıfı killi tın'dır.

***Kervanpınarı serisi;*** aşınım düzlüğü fizyografik ünitesi üzerinde bulunan arazilerde oluşmuştur. Yerleşim yerinin kuzeyinde tepe üstü düzlüğünde dağılım gösteren bu toprakların eğimi % 2-4 ve hafif derecede su erozyonu etkisi altındadır. T<sub>1</sub> düzeyinde taşlılık problemi vardır. Ondüleli bir topografik yapıya sahip olan seri topraklarında profil derinliği 130 cm'e kadar inmektedir. Bu seri toprakları kireç taşı marn araldanması ana materyali üzerinde oluşmuş ve tüm profil boyunca kireç oranları kireçli ve çok kireçli olarak bir dağılım göstermektedir. Havza genelinde hakim olan tekstür

sınıfı bu seri topraklarında da aynı şekilde kil'dir. Toprak profilindeki horizonların pH ları hafif kalevidir. Katyon Değişim Kapasitesi 34.2-38.5 me/100gr değerleri arasındadır.

**Çayırınkafa serisi;** havzanın kuzey üst katlarında % 6-12 orta eğimli tepe yamaçlarında bulunurlar. Su erozyonu hafif derecede mevcuttur. Araziyi kullanmada kültürel tedbirler alınmadığı takdirde erozyon problemi artışı olacaktır. Profiller Ap/Bw/C horizonludur. Solum derinliği 130 cm civarındadır. Profil boyunca kireç az ile orta arasında dağılım göstermektedir. Bu serinin topraklarında profil derinliği boyunca pH hafif kalevi ve hafif tuzludur. Katyon Değişim Kapasitesi ise 42.51 ile 45.90 me/100 gr arasında değişmektedir.

**Yaşmeşe serisi;** bu seriye ait topraklar yamaç araziler üzerinde dik meyilli % 12-20 meyilli arazilerde oluşmuştur. Profilleri A1/A2/Cr horizonludur. Kumlu kil kayalar üzerinde oluşmuş bu topraklarda arazi kullanımını mera ve kuru tarım olarak kullanılmaktadır. Profil boyunca pH hafif kalevidir. Tuzluluk ise bu profile yoktur. Katyon Değişim Kapasiteleri 25.54 –26.60 me/100 gr arasında bir dağılıma sahiptir. Organik madde tüm profil boyunca düşüktür. Horizonlarda tekstür sınıfı kumlu killi tındır.

**Lezgi serisi;** havzanın taban arazi sırtlarında bulunan bu topraklar kireç taşı kum taşı ardışık depozitlerin üzerinde oluşmuştur. % 6-12 orta eğimli ve dalgalı yüzey topografyasına sahip topraklar killi tın bünyede orta yarı köşeli blok bir strüktüre sahiptir. Su erozyonu şiddetinin fazla olduğu bu toprakların kireç oranı düşüktür. pH düzeyi hafif kalevi ve tuz problemi yoktur. Katyon değişim kapasitesinin düşük olması organik madde miktarı ve kil içeriğinin miktarına bağlı olarak paralellik gösterir.

**Acısu serisi;** etek arazi fizyografyasında bulunan ve kireç taşı kum taşı araldanması olduğu bir ana materyal üzerinde orta meyilli (% 6–12) orta derin topraklardır. Tüm profil çok kireçli ve kil tekstürlüdür. Strüktür orta, orta granüler ile yüzey toprağı ve alt



toprak ise masiftir. Toprak pH'ı 7.65 ile 8.25 arasındadır. Organik madde 0.43 ile 1.29 seviyesindedir. Katyon Değişirme Kapasitesi ise 22.46-24.00 mc/100 gr arasındadır. T<sub>2</sub> orta taşlı bir düzeyi olan bu topraklar mera olarak kullanılmaktadır.

### 3.1.1.2 Çatalkaya havzası

Çatalkaya Havzası, İç Anadolu Bölgesinde Sakarya havzasında Sakarya nehrinin 4. dereceden kolu üzerinde yer alan Çatalkaya Deresi havzasında yer almaktadır. Çatalkaya Deresi Havzası Ankara'nın güney batısında olup, Ankara-Haymana karayolunda Haymanaya 8 km uzaklıktadır. Havza kuzeyinde İkiz tepe (1349 m), doğusunda Sergen tepe (1388 m), güneyinde ise Küçükçal, tepeleri, batısında ise Bağlar tepe (1287 m) ve Karadağ tepe (1233 m) bulunmaktadır. Havza yağış alanı 18,7 km<sup>2</sup> dir. Havza çıkış yerinin deniz seviyesine göre yükseltisi 1130 m olup, UTM koordinatında 4365650 m ile 4371900 m kuzey enlemleri ve 461450 m ile 467350 m doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Havzanın karakteristikleri Çizelge 3.5'de, Türkiye haritasına göre yerleşim konumu ise Şekil 3.3'de verilmiştir.

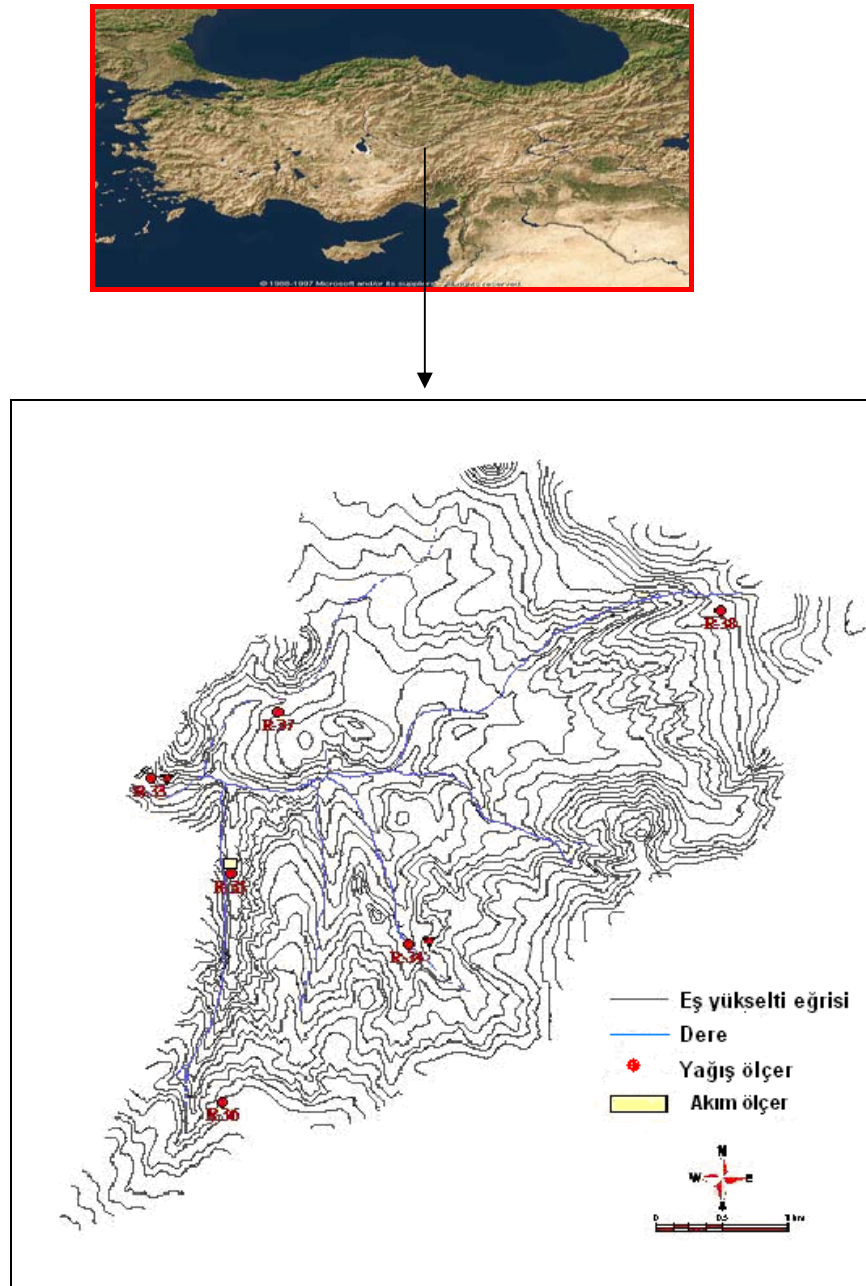
Çizelge 3.5 Çatalkaya havzası jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri

<b>Havza Karakteristikleri</b>	
Havza alanı	18.7 km <sup>2</sup>
Havza maksimum yükseklik	1422 m
Havza minimum yükseklik	1130 m
Ortalama eğim	% 13.42
Ana su yolu uzunluğu	5500 m
Toplam su yolları uzunluğu	29250 m
Su yolları yoğunluğu	1564 m/km <sup>2</sup>

#### 3.1.1.2.1 Çatalkaya havzası hidrolojik ölçüm ağı

Havzada yağışın dağılımını belirlemek üzere farklı kotlarda yerleştirilmiş altı adet (R-33, R-34, R-35, R-36, R-37 ve R-38) ölçüm istasyonu ve akım ölçümleri için de havza çıkışında 1130 m kotunda yer alan 1/5 şevli üçgen savak yer almaktadır (Şekil 3.3).

Havza yağışları, istasyonlarda bulunan plüviograflar ile, akımlar ise yazıcı su seviye aleti (limnigraf) ile günlük olarak kaydedilmektedir. Çatalkaya havzası da Güvenç havzası gibi karasal iklim özelliği göstermektedir. Havzada yağış ve akım gözlemlerine 1994 yılında başlanılmış ve devam etmektedir. Havzada ölçülen (1994-2008) yağış ve akım verilerine göre ortalama yağışı 15 yıllık süre için aritmetik yöntemle 383.2 mm olarak



Şekil 3.3 Çatalkaya havzası yer buldur yağış ve akım istasyonları haritası

bulunmuştur. Uzun yıllık yağışların % 35.8'i ilkbahar, % 27.7'i kış, % 22.9'u sonbahar, % 13.5'u ise yaz aylarında düşmüştür. En yüksek günlük yağış Nisan (54.0 mm) ayında, en az yağışlı ay ise Ağustos (11.3 mm) ayında ölçülmüştür. Havzada yağışa karşılık ortalama akım miktarı 30.88 mm olmuştur Ortalama toplam akımın % 21 (6.47 mm) si yüzey akımı vermiştir. Havzada en yüksek anlık debi 6793.6 l/s ile 1999 yılında ölçülmüştür. Havza yüzey akış katsayısı % 1.70 dir. Havzada ölçülen (1994-2005) yağış ve akış verileri çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Çatalkaya havzası yağış ve akış verileri

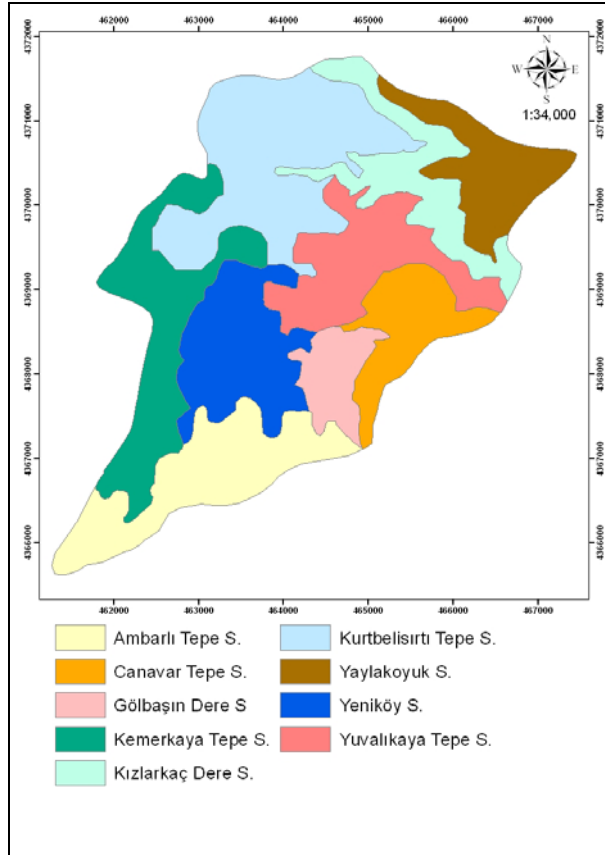
Yıllar	P (mm)	Q (mm)
11.05.1994	8.2	0.0501
03.05.1995	17.0	0.1537
16.04.1996	16.2	0.3364
02.05.1997	24.3	0.3640
27.04.1998	4.0	0.3044
24.08.1999	29.2	0.5040
13.04.2000	20.5	0.6373
08.05.2001	10.6	0.0272
10.07.2002	11.0	0.1150
25.04.2003	19.0	0.0435
02.09.2004	18.5	0.0430
30.05.2005	25.0	1.9131

### 3.1.1.2.2 Çatalkaya havzası jeolojik özellikleri

Havzada en genç birimler olarak Neojen yaşlı; kireçtaşı, kumtaşı, miltaşı, çakıltası ve kıltaşı gibi sedimanter birimler (n) ile veezitler (nv) yer almaktadır. Bu birimin altında, havzanın kuzeyinde geniş alanlar kaplayan Paleosen yaşlı Çayraz formasyonu (Tça) kireçtaşı-marn ardalanmasından oluşmaktadır. Çayraz formasyonu altında Paleosen-Üst Kretase yaşlı Eskipolatlı formasyonu (Te) ile Dizilitaşlar formasyonu (Tdi) yer almaktadır. Bu birimlerde sırasıyla, kumtaşı, marn, kireçtaşı ardalanması ve konglomera, kumtaşı, şeyl, killi kireçtaşı ve kumlu kireçtaşı gibi sedimanter birimlerden oluşmaktadır. Havzanın batısında ve güneyinde ise Jura yaşlı Mollaresul formasyonuna (Jkm) ait sert ve masif görünümlü kireçtaşları dağılım göstermiştir.

### 3.1.1.2.3. Çatalkaya havzası toprak özellikleri

Havza toprakları arazide yapılan morfolojik çalışmaların yanı sıra laboratuvar analiz sonuçları dikkate alınarak Toprak Taksonomisine (Anonymous 1999) göre 3 ordo, 3 altordo, 4 büyük grup ve 6 alt grup içerisine yerleştirilmiştir (Dengiz vd. 2005). Araştırma alanında yer alan toprakların rutubet rejimleri Xeric ve sıcaklık rejimleri ise Mesictir. Toprakların toprak taksonomisine göre sınıflandırılması, toprakların pedogenetik özellikleri ile üst tanı horizonları (epipedon) ve bunların altında bulunan yüzey altı tanı horizonları ve özelliklerine göre yapılmış ve detaylı toprak haritası hazırlanmıştır (Şekil 3.4). Toprakların oluşum süreci sonrası oluşan bazı yüzey üstü ve yüzey altı tanı horizonları saptanmış ve bunlar Entisol, Inceptisol, ve Vertisol ordolarına yerleştirilmiştir (Çizelge 3.7).



Şekil 3.4 Çatalkaya havzası detaylı toprak haritası

Çizelge 3.7 Çatalkaya havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri

Seri Adı	Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Altgrup
Kızılarkaç Dere	Entisol	Orthent	Xerorthent	Lithic Xerorthent
Kemerkaya Tepe		Orthent	Xerorthent	Lithic Xerorthent
Yuvalık kaya Tepe	Inceptisol	Xerept	Calcixerept	Typic Calcixerept
Kurtbeli Sırtı		Xerept	Haploxerept	Typic Haploxerept
Yaylakoyuk		Xerept	Haploxerept	Vertic Haploxerept
Canavar Tepe		Xerept	Haploxerept	Lithic Haploxerept
Yeniköy		Xerept	Haploxerept	Typic Haploxerept
Ambarlı Tepe		Xerept	Calcixerept	Typic Calcixerept
Gölbaşın Dere		Vertisol	Xerert	Haploxerert

Ordolar içerisinde % 71.5 ile Inceptisol en fazla alan kaplarken bunu sırasıyla % 24.0 Entisolle ve % 4.5 ile Vertisol izlemektedir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 Çatalkaya havzası toprak serilerinin alansal ve oransal dağılımları

Seri Adı	Alan (Ha)	Alan (%)	Ordo	Alan (Ha)	Alan (%)
Kızılarkaç Dere	172.4	9.2	Entisol	448.5	24.0
Kemerkaya Tepe	276.1	14.8			
Yuvalık kaya Tepe	212.1	11.3	Inceptisol	1338.8	71.5
Kurtbeli Sırtı	400.3	21.4			
Yaylakoyuk	143.9	7.7			
Canavar Tepe	120.3	6.4			
Yeniköy	220.6	11.8			
Ambarlı Tepe	241.6	12.9	Vertisol	83.2	4.5
Gölbaşın Dere	83.2	4.5			
Toplam	1870.5	100			

Toprak serilerinin morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Yuvalık kaya Tepe serisi;** etek arazide, dalgalı bir topografik görünümüne sahip olan bu topraklar derin bir profile sahip olup, sert kireç taşları üzerinde oluşmuş ve A/Bw/Bk/C horizonludurlar. Bu topraklarda nadaslı kuru tarım olarak kullanılmaktadır. Bütün profil boyunca tekstür killidir. Profilin alt horizonlarına doğru kireç oranı artmakta ve 43-94 cm ler arasında birikerek renk kahverenginden (10 YR 5/4) açık sarımsı kahverengiye dönüşmektedir. Profil boyunca tuzluluk oranları % 0,018-0,029 arasında değişim göstermektedir. Serinin bulunduğu alan % 2-6 bir eğim dağılımına sahip olup, erozyon tehlikesi görülmemektedir. Değişebilir sodyum oranlarına göre tüm profil boyunca

alkalilik yoktur. Profil derinliği boyunca tuzluluk problemi görülmemektedir. Organik madde % 1,46-% 0,14 ve KDK ise 28,9-38,9 mol.kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir

**Yaylakoyuk serisi;** havzanın doğu kesminde üst kotlarında % 6-12 orta eğimli tepe yamaçlarında bulunurlar. Su erozyonu hafif derecede mevcut ve derin topraklara sahiptirler. Araziyi kullanmada kültürel tedbirler alınmadığı takdirde erozyon problemi artışı olacaktır. Profiller Ap/Bw/Bk/C horizonludur. Profil boyunca kireç az ile orta arasında dağılım göstermektedir. Özellikle 103 cm kireç birikimleri sonucu oluşan yer yer kireç cepleri ve miselleri mevcuttur. Bu serinin topraklarında profil derinliği boyunca pH hafif kalevidir. Katyon Değişim Kapasitesi ise 32,71 ile 42,59 mol.kg<sup>-1</sup> arasında değişmektedir.

**Kızılarkaç Dere serisine** ait topraklar yamaç araziler üzerinde dik meyilli % 20-30 arazilerde oluşmuş sığ topraklardır. Profilleri A/C/R horizonludur. Kum taşları üzerinde oluşmuş bu topraklarda arazi kullanımı büyük bir bölümü mera ve az bir kısmı kuru tarım olarak kullanılmaktadır. Profil boyunca pH hafif kalevidir. Tuzluluk ise bu profilde yoktur. Katyon Değişim Kapasiteleri 37,6-36,7 mol.kg<sup>-1</sup> arasında bir dağılıma sahiptir. Aynı şekilde organik madde tüm profil boyunca düşüktür. Horizontlarda tekstür kilden siltli kile değişmektedir.

**Kurtbeli Sırtı serisi;** taban arazi fizyografyasında bulunan ve kireç marn aralanması olduğu bir ana materyal üzerinde hafif meyilli (% 2-6) derin topraklardır. Tüm profil çok kireçli ve kil tekstürlüdür. Yapı orta, orta granüler ile yüzey toprağı ve alt toprak ise orta orta yarı köşeli blok strüktür. Toprak pH'sı 7,8 ile 8,1 arasındadır. Organik madde 0,44 ile 1,09 seviyesindedir. Katyon Değiştirme Kapasitesi ise 33,22-38,40 mol.kg<sup>-1</sup> arasındadır. T1 düzeyinde taşlılık olan bu topraklar kuru tarım olarak kullanılmaktadır.

**Canavar Tepe serisi;** tepelik arazide, üst ve orat yamaçlarda %12-20 eğime sahip, orta derin topraklardır. Profil Ap/A2/Bw/Cr horizonludur. Profilde tekstür olarak killi bir bünye hakim olup tuzluluk problemi görülmemektedir.

**Gölbaşın Dere Serisi;** Karakaya beli tepesinin 750 m batısında, yamaç arazi üzerinde derin topraklardır. Bu toprakların en önemli özelliği ağır bünyeli olmalarıdır. Kil özellikle 40-128 cm arasında yaklaşık % 59 lara ulaşmakta ve yaz aylarında yüzeyde ve profil içerisinde derin çatlaklar oluşturmaktadır. pH 7,8-8,0 arasında, organik madde 1,41-1,29 arasında ve kireç ise % 7,5-17,1 arasında değişim göstermektedir. Topraklar ağır bünyeli olmaları nedeniyle hacim ağırlıkları düşük buna karşılık su tutma kapasiteleri yüksektir. Bu topraklar kuru tarım olarak kullanılmaktadır.

**Yeniköy serisi;** Havzanın güney batısında, Sarıkaya tepesinin 650 m kuzey batısında yer alan, marn ana material üzerinde oluşmuş, derin topraklardır. Profil çok kireçli ve ağır bünyelidir. KDK 35.6-51.4 mol.kg<sup>-1</sup> arasında, pH 7.8-8.4 ve organik madde 0.35-1.47 arasında değişim göstermektedir. Gölbaşının Dere serisinde olduğu gibi topraklar ağır bünyeli olmaları nedeniyle hacim ağırlıkların düşük buna karşılık su tutma kapasiteleri yüksektir. Bu topraklar kuru tarım olarak kullanılmaktadır.

**Kemerkaya Serisi;** Havzanın kuzey batısında, Kemer kaya tepesinin 300 m batısında yer alan topraklar sığ, şiddetli erozyon olan, taşlı topraklardır. Mera olarak kullanılan toprakların bünyesi killi-tın, organik maddeleri % 1.32, kireç %1.4 KDK'ları ise 25.8 mol.kg<sup>-1</sup> dir.

**Ambarlı Tepe Serisi;** Havzanın güney batısı, Ambarlı tepesinin 750 m kuzey batısında yer alan topraklar; etek arazi üzerinde çevre arazisi ondüleli olan, derin topraklardır. Bu seri toprakları kuru tarım olarak kullanılmaktadır. Profilde kil derinlere doğru bir miktar artış gösterebilir tüm profil killi bir yapıya sahiptir. Kireç oranı profilde yüksek, organik madde miktarı ise çok düşüktür.

### **3.1.1.3 Kurukavak havzası**

Kurukavak Deresi havzası, Bilecik ili'nin Pazaryeri ilçesine bağlı Küçükelmalı, Güde ve Bahçesultan köyleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Pazaryeri ilçesinin batısında olan havza, Pazaryeri'ne 7 km, Bilecik'e 37 km uzaklıktadır. Kurukavak Deresi havzası Sakarya

nehri havzasında, akarsular mertebelenme sistemine göre Sakarya nehri sisteminde üçüncü mertebeden bir koldur. Yağış alanı 4.25 km<sup>2</sup> olan havza çıkış yerinin deniz seviyesine göre yükseltisi 830 metre olup, havza UTM koordinatında 4435000 m ile 4433000 m kuzey enlemleri ve 736000 m ile 737000 m doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kurukavak havzası jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri çizelge 3.9'da Türkiye haritasına göre yerleşim konumu şekil 3.5'de verilmiştir.

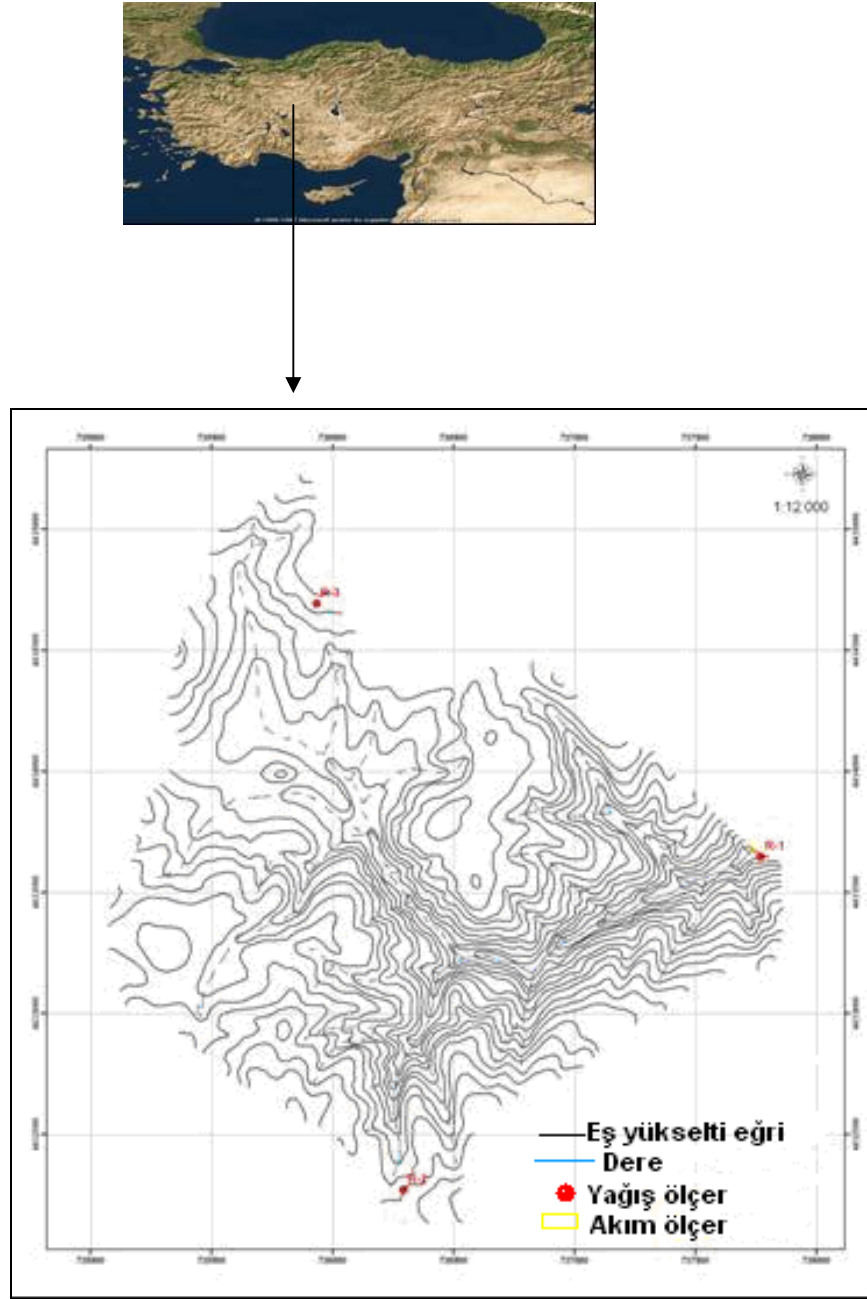
Çizelge 3.9 Kurukavak havzası jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri

<b>Havza Karakteristikleri</b>	
Havza alanı	4.25 km <sup>2</sup>
Havza maksimum yükseklik	1076 m
Havza minimum yükseklik	830 m
Ortalama eğim	% 26.6
Ana su yolu uzunluğu	3750 m
Toplam su yolları uzunluğu	15250 m
Su yolları yoğunluğu	3588 m/km <sup>2</sup>

### 3.1.1.3.1 Kurukavak havzası hidrolojik ölçüm ağı

Havzada yağışın dağılımını belirlemek üzere farklı kotlarda yerleştirilmiş üç adet (R-1, R-2, R-26, R-3) ölçüm istasyonu ve akım ölçümleri için de havza çıkışında 830 m kotunda yer alan 1/5 şevli üçgen savak yer almaktadır (Şekil 3.5). Akımlar yazıcı su seviye aleti ile günlük olarak kaydedilmektedir. Havza yağışları, istasyonlarda bulunan plüviograf ve plüviometre cihazları, akımlar ise yazıcı su seviye aleti limnigraf ile ölçülmektedir. Araştırma havzası iç Anadolu ve Marmara Bölgesi arasında geçit bölgesinde olup yağışlı iklim özelliği göstermektedir. Araştırma havzasında 1984-2003 su yılları arasında 20 yıllık ortalama yağışı 721.5 mm ölçülmüştür. Yağışların mevsimlik dağılımı sırasıyla sonbahar % 28.8, kış % 28.1, ilkbahar % 28.0 ve yaz % 14.8 şeklinde olmuştur.





Şekil 3.5 Kurukavak havzası yer buldur yağış ve akım istasyonları haritası

En yağışlı ay Ekim (90.1 mm), en az yağışlı ay ise Ağustos (23.3 mm) ayıdır. Yağışa karşılık (1984-2003 ) toplam akım miktarı 122.17 mm olmuştur. Toplam akımın 46.06 mm si yüzey akım olmuştur. En fazla akım 28.03 mm ile mart ayında ölçülmüş olup bu miktar yağışlar ile birlikte kar erimelerinden kaynaklanmaktadır. Yıl olarak en çok akım 1984 su yılında 252.56 mm olurken, en az akım 1989 su yılında 39.42 mm

olmuştur. En yüksek anlık pik debi 1988'de 4798.17 l/s ölçülmüştür. Havza yüzey akış katsayısı % 6.38 dir. Havza yağış ve akış verileri Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 Kurukavak havzası yağış ve akış verileri

Yıllar	P (mm)	Q (mm)
25.05.1984	16.1	0.1661
8.04.1985	7.3	0.1324
5.11.1986	16.6	0.1560
19.06.1987	15.3	0.1930
29.06.1988	28.3	4.2819
30.09.1989	26.8	0.1020
18.10.1989	48.6	0.8560
9.04.1991	22.4	0.9320
15.06.1992	63.8	1.0589
25.10.1992	30.1	1.0489
31.07.1994	48.2	1.7150
12.10.1994	33.8	1.5650

### 3.1.1.3.2 Kurukavak havzası jeoloji özellikleri

Araştırma havzası, paleozoik (1.zaman) devirde oluşmuş geçirimsiz zeminleri teşkil eden metamorfik şistlerden oluşmuştur. Yeşil, koyu yeşil, oldukça sert bir yapıya sahip olan bu şistler içinde yer yer kalker ve kuvars damarlarına rastlanmaktadır. Kalkerler yer yer boşluklar oluşturmuştur. Konumları çok karışık olup metamorfik olma nedeniyle tabaka yapılarını da kaybetmişlerdir. Metamorfik şistlerin üstüne diskordan olarak gelen permien kalkerler oldukça sert olup, tabaka yapıları karışıktır. Bol çatlaklı ve çatlaklar kuvarslıdır. Paleozoik yaşlı metamorfik şistler su yönünden zayıf oluşmuşlardır. Fakat bünyelerindeki kalkerlerden ve kuvars damarlarındaki boşluklardan az da olsa su alma imkanı bulunmaktadır. Permien kalkerlerin üzerine diskordan olarak neojen yaşlı kil, killi kum, marn ve ince kalker tabakalarından oluşan formasyon gözlenmektedir. Permien kalkerler bol çatlaklı olmaları sebebiyle iyi akifer olma özellikleri vardır. Şistlerle olan kontaktlarındaki kırıntılı ve gözenekli olan kısımlardan su alma imkanı mevcuttur.

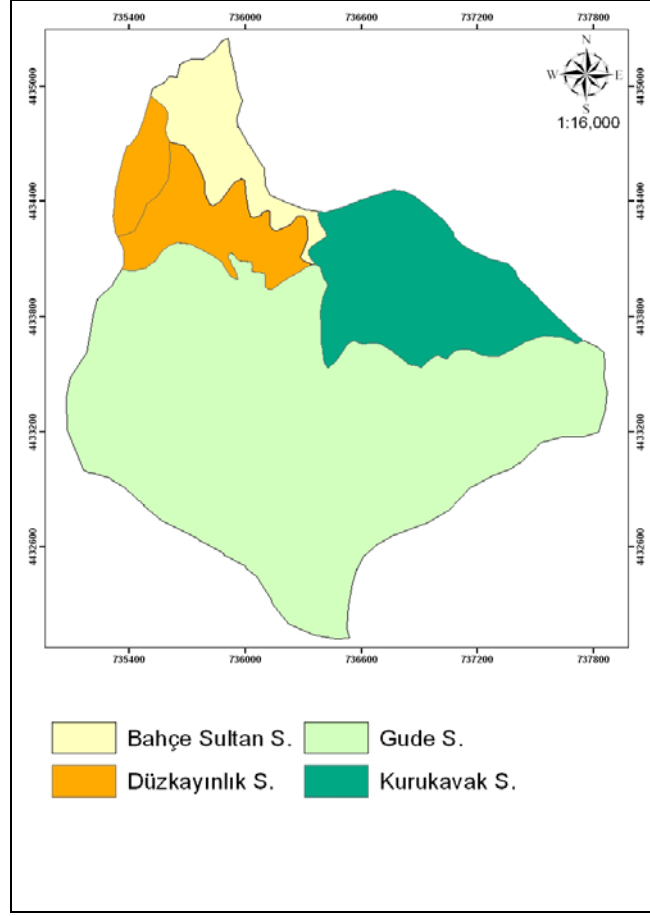
Kuvarterner, alüvyon dere yataklarına bağlı olarak şerit halinde olduğundan az yer kaplamaktadır. İyi bir aküfer özelliği olup sığ kuyularla az da olsa su alma imkânı mevcuttur. Hidrolik eğim fazla olduğundan Neojende ve Kuvarterner yaşlı formasyonlardaki su devamlılık göstermemekte, kurak mevsimlerde su seviyeleri düşmektedir (Bayram 1995). Birçok yan deresi mevcut olan Kurukavak Deresi batıdan doğuya doğru akmaktadır. Havzada yeraltı suyu oluşumunu sağlayacak aküfer özelliğinde tabaka bulunmadığından yeraltı suyu yoktur. Yağışların oluşturacağı yüzey akış haricinde yüzeydeki alüvyon içerisinde depolanmış bir miktar su vardır.

### 3.1.1.3.3 Kurukavak havzası toprak özellikleri

Havza alanı toprakları arazide yapılan morfolojik çalışmaların yanı sıra laboratuvar analiz sonuçları dikkate alınarak Toprak Taksonomisine (Anonymous 1999) göre 2 ordo, 3 altordo, 3 büyük grup ve 3 alt grup içerisine yerleştirilmiş (Çizelge 3.11), ve detaylı etüdle hazırlanmış temel toprak haritası verilmiştir (Şekil 3.6). Eldeki iklim verilerine göre toprak sıcaklık rejimi Thermic, toprak rutubet rejimi Udic'tir.

Çizelge 3.11 Kurukavak havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri

	Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup
Bahçe sultan	Entisol	Orthent	Undothent	Typic Udorhent
Güde	Entisol	Orthent	Undothent	Typic Udorhent
Kurukavak	Entisol	Psamment	Udipsamment	Typic Udipsamment
Düzkaynlık	Inceptisol	Umbert	Haplumberth	Typic Haplumberth



Şekil 3.6 Kurukavak havzası detaylı toprak haritası

Bu ordolar içerisinde % 90.6 ile Entisol en fazla alan kaplarken bunu % 9.4 ile İnceptisol izlemektedir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12 Kurukavak havzası toprak serilerinin alansal ve oransal dağılımları

Seri Adı	Alan (Ha)	Alan (%)	Ordo	Alan (Ha)	Alan (%)
Bahçe sultan	0.30	6.9	Entisol	3.86	90.6
Güde	2.84	66.8			
Kurukavak	0.72	16.9			
Düzkayınlık	0.39	9.4	İnceptisol	0.39	9.4
Toplam	4.25	100			

Araştırma alanında sağlanan toprak serilerinden dördü Entisol, biri Inceptisol ordosuna dahil edilmiştir. Bunlardan Bahçesultan, Güde, ve Kurukavak serileri zayıf pedogenetic gelişim gösterdiklerinden Entisol Ordosuna; Bahçesultan ve Güde serileri aşırı erozyona uğramış sığ topraklar olduklarından ve ayrıca 25 cm derinlikten daha sığ derinlikte litich ve/veya paralitich kontak içermelerinden dolayı Orthent Alt ordosuna "Udic" nem rejimine sahip olduklarından Udorhent Büyük Toprak Grubuna ve alt grup olarak da Typic Udorhent sınıfına dahil edilmişlerdir. Kurukavak serileri jeolojik zamanlarda çeşitli etmenlerle depolanıp pekişmemelerinden dolayı ve % 35'den az kaya parçaları içermelerinden dolayı Pasamment alt ordosuna ve "Udic" nem rejimine sahip olduklarından Udipsamment büyük toprak grubuna dahil edilmiştir. Kurukavak serisi ise büyük toprak grubunu karakterize ettiğinden dolayı Typic Udipsamment 'e dahil edilmiştir. Düzkaynılık serisi topraklarında Entisol'lere göre daha fazla toprak oluşum olayı görüldüğünden inceptisol ordosuna, kahverengi organik maddece zengin, asit reaksiyonlu ılıman bölge toprakları olduğu için Umbert alt ordosuna, diğer büyük toprak grupların özelliklerini göstermediğinden haplumbert ve typic haplumbert alt grubuna dahil edilmiştir.

Toprak serilerinin morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Bahçesultan serisi** ; kumlu tınlı, hafif (%2-5) ve dik eğimli (% 20-30), orta şiddetli erozyon özellikleri gösteren, aşırı drenajlı, taşlı topraklardır.

**Güde Serisi** ; kumlu tınlı, orta eğimli, aşırı drenajlı, az kayalı topraklar

**Kurukavak serisi** ; kumlu, killi tınlı, orta ve dik eğimli, aşırı drenajlı topraklardır

**Düzkaynılık sersi** ; tınlı, hafif ve dik eğimli, orta derecede erozyona uğramış, sığ topraklardır.

### 3.1.1.4 Uğrak havzası

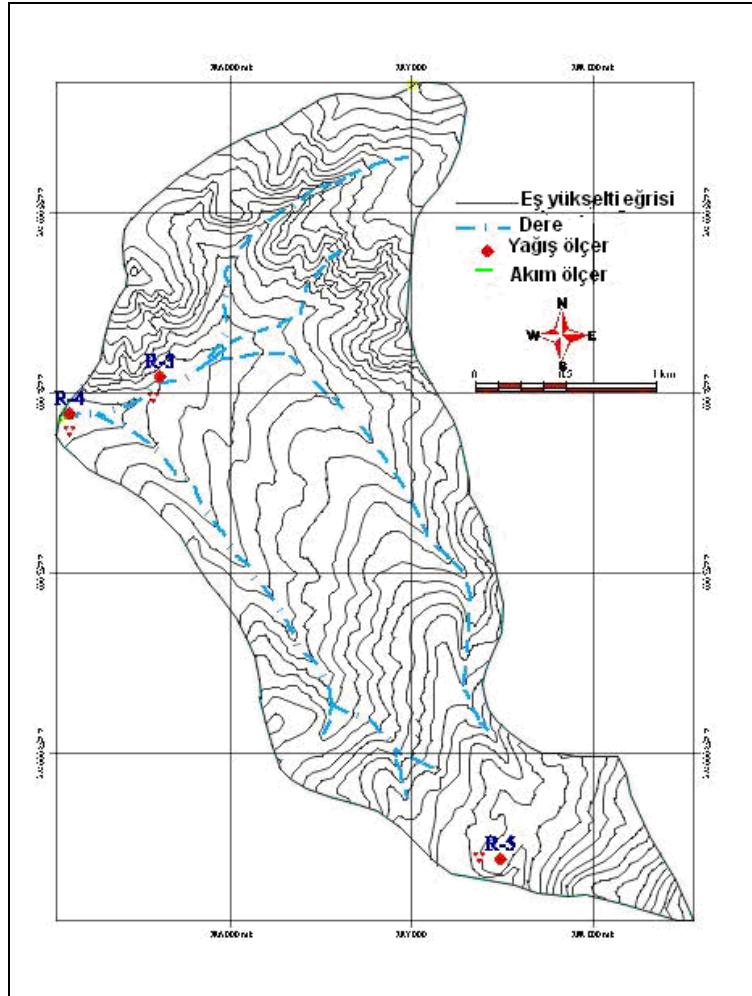
Çalışma havzası Tokat İline 16 km uzaklıkta olup, havza içerisinde Uğrak ve Tekneli Köyleri bulunmaktadır. Havzada yer alan Acıkiraz ve Tavşveeresi dereleri Uğrak köyünde birleştikten sonra 3. dereceden kol olan Hakan Deresine, oradan da Yeşilırmağa dökülmektedir. Havza yağış alanı 7.0 km<sup>2</sup>'dir. Havza çıkış yerinin deniz seviyesine göre yükseltisi 1100 m olup, UTM koordinatında 4453929 m ile 4455137 m kuzey enlemleri ve 2845043 ile 287122 m doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Havzanın jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri çizelge 3.13'de Türkiye haritasına göre yerleşim konumu şekil 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.13 Uğrak havzası jeomorfolojik ve drenaj karakteristikleri

<b>Havza Karakteristikleri</b>	
Havza alanı	7.0 km <sup>2</sup>
Havza maksimum yükseklik	1485 m
Havza minimum yükseklik	1100 m
Ortalama eğim	% 20.6
Ana su yolu uzunluğu	6700 m
Toplam su yolları uzunluğu	18200 m
Su yolları yoğunluğu	2600 m/km <sup>2</sup>

#### 3.1.1.4.1 Uğrak havzası hidrolojik ölçüm ağı

Havzada yağışın dağılımını belirlemek üzere farklı kotlarda yerleştirilmiş üç adet (R-1, R-2, R-26, R-3) ölçüm istasyonu ve akım ölçümleri için de havza çıkışında 1100 m kotunda yer alan 1/5 şevli üçgen savak yer almaktadır (Şekil 3.7). Havza yağışları, istasyonlarda bulunan plüviograf ve plüviometre cihazları, akımlar ise yazıcı su seviye aleti limnigraf ile ölçülmektedir. Uğrak havzasında yarı kurak iklim koşulları hakim olup yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Havzada 1978-2002 su yıllarını kapsayan 25 yıllık dönemde yıllık ortalama yağış 483.6 mm olmuştur. Yağışların mevsimlere dağılımı da değişiklik göstermiş olup yıllık yağışın % 28.5'i kış, % 33.9'u ilkbahar, % 13.8'i yaz ve % 23.9'u sonbahar aylarında düşmüştür. Yağışların aylık dağılımları yıllara



Şekil 3.7 Uğrak havzası yer buldur yağış ve akım istasyonları haritası

göre değişmiş olup, Mayıs ayı 69.9 mm ile 26 yıllık ortalamalara göre en yüksek yağış alan ay olmuştur. En düşük yağış 8.6 mm ile Ağustos ayında ölçülmüştür.

Yıllık yağışa karşılık ortalama akım 55.64 mm, yüzey akım ise 16.01 mm ölçülmüştür. En yüksek akım aynı zamvea kar erimelerinin başladığı Mart ayında (14.08 mm) meydana gelmiştir. Havzada 25 yıllık dönemde en yüksek anlık debi 5650 l/s ile 1982 yılında ölçülmüştür. Yıllık ortalama yüzey akış katsayısı % 3.68 dir. Havza yağış ve akış verileri Çizelge 3.14'de verilmiştir.

Çizelge 3.14 Uğrak havzası yağış ve akış verileri

Yıllar	P (mm)	Q (mm)
23.06.1979	24.9	0.6100
08.05.1980	11.2	0.4400
11.09.1981	18.8	0.1700
21.05.1982	26.5	1.7500
30.05.1983	11.1	0.3600
15.05.1984	7.9	0.1255
16.05.1985	1.3	0.0200
14.06.1986	14.5	0.6700
15.04.1987	5.9	0.0320
03.06.1988	10.5	0.1300
04.06.1989	4.6	0.0600
11.05.1990	11.5	0.6000
16.04.1991	27.8	0.7917
09.07.1992	16.5	0.1310
25.05.1993	14.8	0.1200
07.10.1993	11.0	0.0590
06.05.1995	12.5	0.1250
18.04.1996	18.6	0.7000
19.04.1997	6.9	0,0300
14.05.1998	13.9	0.3550
13.04.1999	17.4	0.0800
27.05.2000	16.1	0.5600
12.09.2002	19.9	0.1430

### 3.1.1.4.2 Uğrak havzası jeoloji özellikleri

Havza jeolojik kitlelerini alt ve üst kreatese, filiş ve kalker, metamorfik seriler, marn, oligosen, jipsli ve tuzlu formasyon, neosen, miosen ve volkanik seriler teşkil eder. Bu formasyonlar konglomere, kum taşı, seyl, sileks, metamorfik kütlelerden şist ve gnays, volkanik kütlelerden veezit, bazalt ve diyabazlarla temsil edilmişlerdir.

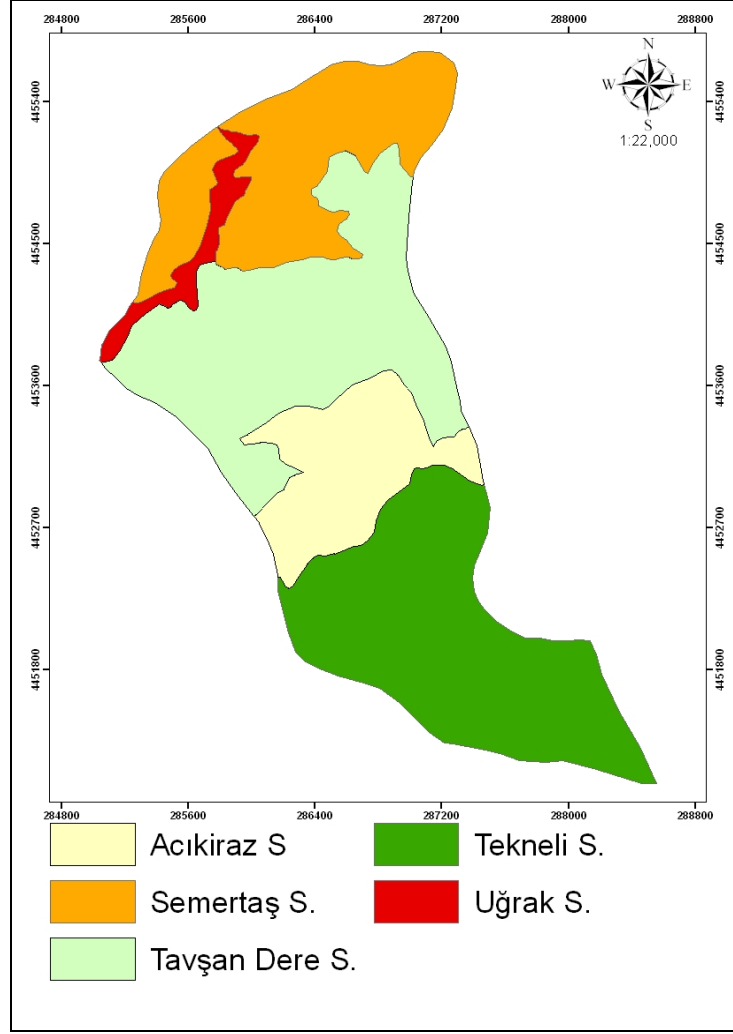


### 3.1.1.4.3 Uğrak havzası toprak özellikleri

Havza alanı toprakları arazide yapılan morfolojik çalışmaların yanı sıra laboratuvar analiz sonuçları dikkate alınarak Toprak Taksonomisine (Anonymous 1999) göre 2 ordo, 3 altordo, 3 büyük grup ve 3 alt grup içerisine yerleştirilmiş (Çizelge 3.15) ve detaylı etütle hazırlanmış temel toprak haritası verilmiştir (Şekil 3.8). Uğrak Havzasında yer alan toprak serilerinden Acıkiraz Serisi B horizonu içermekte olup diğer toprak serileri ise gerek erozyon ve gerek birikme süreçlerinin etkisiyle zayıf profil gelişimi göstermiştir (Oğuz ve Balçın 2003). Tekneli, Semertaş, Tavşveere ve Uğrak serileri Ochric epipedon dışında hiçbir pedojenik gelişme göstermeyen genç topraklar olmaları nedeniyle Entisol ordosunda, alüvyal kaynaklı olan Uğrak Serisi Fluvent, genç erozyon yüzeylerinde oluşan Tekneli, Semertaş ve Tavşveere Orthent alt ordolarında sınıflandırılmışlardır. Uğrak Havzası ustic nem rejimine sahip olması nedeniyle Tekneli, Semertaş ve Tavşveere serileri Ustorthent Uğrak Serisi ise, Ustifluent büyük grupta yer almaktadır. B horizonu gelişimi görülen Acıkiraz Serisi İnceptisol ordosunda, ustept alt ordosunda ve haplustept büyük grubunda yer almaktadır. Havzada yer alan tüm toprak serileri farklı özellik içermemelerinden dolayı Typic olarak alt grup içerisinde sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.15 Uğrak havzasının Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak serileri

Toprak Serisi	Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup
Tekneli	Entisol	Orthent	Ustorthent	Typic Ustorthent
Semertaş	Entisol	Orthent	Ustorthent	Typic Ustorthent
Tavşveere	Entisol	Orthent	Ustorthent	Typic Ustorthent
Uğrak	Entisol	Fluvent	Ustifluent	Typic Ustifluent
Acıkiraz	İnceptisol	Ustept	Haplustept	Typic Haplustept



Şekil 3.8 Uğrak havzası detaylı toprak haritası

Toprak serilerinin morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir.

**Tekneli Serisi (T):** Bu seri toprakları % 10 – 12 eğimli, kireçtaşı üzerinde oluşmuş A ve C horizonlu, sıg topraklardır. Renk profil boyunca donuk sarımsıkahverenginden parlak kahverengimsi griye kadar değişmektedir. Kireç profilde derinlere gidildikçe artmaktadır. Baskın katyon Ca ve Mg olup pH 7.70 – 7.86 arasında değişmektedir. KDK 29.63 – 34.99  $\text{cmolkg}^{-1}$  arasındadır. Kil miktarı derine inildikçe azalmaktadır. Tekstür A ve C horizonlarında killitındır. Ana materyal kireçtaşıdır.

**Semertaş Serisi (S):** Bu seri toprakları % 20 – 25 eğimli, kireçtaşı üzerinde oluşmuş A ve C horizonlu, sığ topraklardır. Renk profil boyunca donuk sarıportakal renginden donuk sarıkahverengine kadar değişmektedir. Kireç profilde derinlere gidildikçe artmaktadır. Baskın katyonlar Ca ve Mg olup pH 7.73 – 8.07 arasında değişmektedir. KDK 19.93 – 23.58 cmolkg<sup>-1</sup> arasındadır. Tekstür A ve C horizonlarında kumlu killi tındır. Seriyi tanımlamak için örnek profil çukuru Uğrak Köyünün güney yamaçlarında mer'a arazisinde açılmıştır. Ana materyal kireçtaşıdır.

**Acıkiraz Serisi (A):**Bu seri toprakları % 4 - 6 eğimli, kireçtaşı üzerinde oluşmuş A, B ve C horizonlu, ortaderin topraklardır. Renk profil boyunca kahverengi ve donuk kırmızıkahverengi olarak değişmektedir. Kireç profilde derinlere gidildikçe azalmaktadır. Baskın katyonlar Ca ve Mg olup pH 7.79 – 8.15 arasında değişmektedir. KDK 41.61 – 62.09 cmolkg<sup>-1</sup> arasındadır. Kil miktarı B<sub>w</sub> horizonunda artmakta A ve C horizonlarında derine inildikçe değişmemektedir. Tekstür A ve B horizonlarında kil, C horizonlarında ise kumlu killi tındır.

**Tavşveere Serisi (T) :**Bu seri toprakları % 4 - 6 eğimli, kireçtaşı üzerinde oluşmuş A ve C horizonlu, orta derin topraklardır. Renk profil boyunca donuk kırmızıkahverengi ile donuk sarıkahverengi olarak değişmektedir. Kireç profilde derinlere gidildikçe artmaktadır. Baskın katyonlar Ca ve Mg olup pH 7.84 – 8.02 arasında değişmektedir. KDK 43.12 – 58.38 cmolkg<sup>-1</sup> arasındadır. Kil miktarı derine inildikçe anlamlı olarak değişmemektedir. Tekstür yüzey horizonunda kumlu killitın, alt toprakta ise tındır. Ana materyal kireçtaşıdır.

**Uğrak Serisi (U):**Bu seri toprakları % 3 - 4 eğimli, Hakan Deresinin taşımış olduğu alüvyonlar üzerinde oluşmuş A ve C horizonlu, derin topraklardır. Renk profil boyunca kahverengi ve donuk kahverengi olarak değişmektedir. Kireç profilde derinlere gidildikçe artmaktadır. Baskın katyonlar Ca ve Mg olup pH 7.89 – 8.11 arasında değişmektedir. KDK 27.43 – 36.56 cmolkg<sup>-1</sup> arasındadır. Kil miktarı derine inildikçe azalmaktadır. Tekstür A horizonunda kil, C horizonunda kumlu killi tındır.

## **3.2 Yöntem**

Çalışma havzalarının yüzey akış eğri numaralarının belirlenmesinde üç farklı yöntem kullanılmıştır.

1. SCS-YAEN Yöntemi
2. S- Olasılık Dağılım Yöntemi
3. Kısmi Katkılı Alan Dağılım Yöntemi

Üç farklı yöntemle bulunan S ve YAEN' ları değerleri kullanılarak dört havzada yüzey akış tahminleri yapılmıştır. Havzalarda tahmin edilen ve gözlenen yüzey akış değerleri arasındaki ilişki hata kareler ortalaması karekökü (HKOK) ile hesaplanmıştır.

### **3.2.1 SCS-YAEN yöntemi**

SCS- YAEN yöntemi; Amerikan Toprak Muhafaza Servisi (SCS) tarafından havzaların yüzey akış potansiyellerini tanımlayan yüzey akış eğri numarasının belirlenmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir (SCS 1972). Havzalarda YAEN' larının belirlenmesi için toprak, hidrolojik toprak grubu (HTG), arazi kullanım ve bitki örtüsü parametreleri birlikte kullanılmıştır. Detaylı toprak etüdü yapılmış ve Toprak Taksonomisine (Anonymous 1999) göre havza topraklarının özellikleri materyal bölümünde verilmiştir.

#### **3.2.1.1 Havzaların hidrolojik toprak gruplarının belirlenmesi**

Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış olan havza topraklarının yüzey akış potansiyelini gösteren A, B, C ve D sınıfı hidrolojik toprak grupları belirlenmiştir (Dizdar 1984, Anonymous 1992). HTG' ları sınıflarının özellikleri aşağıda verilmiştir.

A: Düşük yüzey akış potansiyeli. Tamamen ıslveıklarında yüksek infiltrasyon hızına sahip ve esas olarak derin, iyiden aşırıya kadar değişen drenajlı kum ve çakılların oluşturduğu yüksek iletim hızına sahip topraklardır. Lithic ve Aquic dışında Psammets grup topraklar bu sınıf içinde yer almaktadır.

B: Tamamen ıslveıklarında orta iletim hızına sahip ve esas olarak orta derin veya derin, orta ve iyi drenajlı, orta kabadan orta inceye kadar değişen bünyeli, orta iletim hızına sahip topraklardır.

C: Tamamen ıslveıklarında yavaş iletim hızına sahip ve suyun aşağıya doğru hareketini engelleyen bir katı bulunan orta ince bünyeli, yavaş iletim hızına sahip topraklar. Albic ve Aquic ile Lithic alt grup topraklar bu sınıf içinde yer almaktadır.

D: Yüksek yüzey akış potansiyeli. Tamamen ıslveıklarında çok yavaş iletim hızına sahip, yüksek şişme potansiyelli killi ve yüksek taban suyu bulunan hemen hemen geçirimsiz materyal üzerindeki sığ çok yavaş iletim hızına sahip topraklar. Tüm vertisol ve Lithic ile Pergelic altındaki topraklar bu grupta yer almaktadır.

Eski Amerikan Toprak sınıflama sistemine göre sınıflandırılan büyük toprak grupları ile HTG' ları arasında doğrudan bir ilişki bulunmamakta, ancak seri düzeyde detaylı etüd ile topraklar kesin bir hidrolojik gruba sokulabilmektedir (Dizdar 1984). Havzaların HTG' larının belirlenmesinde, bir toprak grubunun bir hidrolojik grup içerisinde yer alabilmesi için gerekli olan derinlik, bünye, yapı geçirgenlik, geçirimsiz katmanlar, drenaj ve eğim özellikleri kullanılmıştır.

### **3.2.1.2 Havzaların arazi kullanım ve bitki örtülerinin belirlenmesi**

Araştırma havzalarının arazi kullanım ve bitki örtüsü çeşitleri, LANDSAT-TM ve ASTER uydu görüntüleri analiz edilerek denetimli görüntü sınıflandırma tekniği ile

belirlenmiştir. Güvenç, Kurukavak ve Uğrak havzaları için 2005 yılı Mayıs ayı Lvesat TM, Çatalkaya havzası için 2005 yılı Mayıs ayı Aster uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler UTM koordinatlı 1/25000 ölçekli topografik harita paftalarıyla karşılaştırılmış ve yer kontrol noktaları yardımıyla geometrik olarak düzeltilmiştir. Geometrik düzeltme tamamlandıktan sonra elde edilen görüntüler havzaların sınırlarına göre kesilmiş ve arazi kullanım sınıflaması işlemine hazır hale getirilmiştir. Arazi kullanım haritalarının çıkarılması amacıyla temin edilen uydu görüntüleri Mayıs ayları için seçilmiş ve böylece arazide bulunan farklı bitki örtülerinin değişik yansımaları verebilmesi sağlanarak sınıflandırmaları yapılmıştır. Sınıflandırmada kullanılan Lvesat uydu görüntüsü farklı dalga boylarında 7 bant, Aster görüntüsü ise 14 bant sahiptir. Sınıflandırmada minimum uzaklık eğitimi sınıflandırma yöntemi kullanılmış ve sınıflandırma için Lvesat için 2,3 ve 4. bantlar Aster için ise Level 3A görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. Level 3A görüntüsünde VNIR (görünebilir ve yakın infra kırmızı) bantları 3,2,1 kombinasyonu seçilmiştir. Bu bantların kullanılmasının nedeni 2. bant genel vejetasyon ayırmada, 3. bant bitki ve toprağı birbirinden ayırmada ve 4. bant vejetasyon çeşitleri, su yüzeyi, kuru ve nemli toprakları ayırt etmede etkili olmalarıdır. Ayrıca True (3,2,1) ve False (4,3,2) görüntülerinden sınıflandırmada referans katman olarak yararlanılmıştır. Eğitimi sınıflandırma için önce arazi çalışması yapılmış ve sınıflandırma için 6 tematik sınıflandırma belirlenmiştir. Belirlenen sınıflar kuru tarım, mera, orman, fundalık, çıplak alanlar ve meyve bahçeleri olmuştur. Belirlenen her bir tematik sınıf için, o sınıfı iyi temsil eden homojen alanlar görüntü üzerinden belirlenerek örnek eğitim pikselleri oluşturulmuş ve bu pikseller veya poligonlar arazi çalışmaları (yer gerçeğı) ile doğrulanmıştır. Oluşturulan bu eğitim seti daha sonra minimum uzaklık algoritmasında kullanılmış ve havzanın arazi kullanım haritaları belirlenen tematik sınıflar için oluşturulmuştur.

Havzaların mera bitki örtüsü kaplama oranları Normalize Edilmiş Vegetatif Değişim Bitki İndisi (NDVI) ile belirlenmiştir. Landsat ve Aster uydu görüntülerinden NDVI değerleri sırası ile (1) ve (2) nolu eşitlikler ile hesaplanmıştır (Korobov ve Railyan 1993). Eşitlik (1)'de TM3, kırmızı bant (0.63-0.69 $\mu$ m), TM4, yakın kızılötesi bant (0.76-0.90 $\mu$ m), eşitlik (2)'de ise NIR3, yakın kızılötesi 3 nolu bant, Gr1, görünebilir yeşil 1 nolu banttır.

$$NDVI_{TM} = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3} \quad (1)$$

$$NDVI = \frac{NIR3 - Gr1}{NIR3 + Gr1} \quad (2)$$

SCS-YAEN yönteminde, bu çalışmada da mera bitki türü için üç adet sınıflandırma kullanılmıştır (SCS 1986). Havzalarda mera bitki örtüsü kaplama oranları % 50 den küçük alanlarda “zayıf”, % 50-75 oranındaki alanlarda “orta” ve % 75 den büyük alanlarda ise “iyi” sınıflandırmaları yapılmıştır.

Araştırma havzalarının, CBS ortamında sayısallaştırılmış toprak, HTG’ları, arazi kullanım ve bitki örtüsü ile NDVI katmanları hazırlanmış ve Amerikan Toprak Muhafaza Servisi tarafından havzaların arazi kullanım, bitki örtüsü ve hidrolojik şartlarına göre geliştirilmiş (SCS 1985) çizelge değerleri (Çizelge 3.12) kullanılarak ağırlıklı ortalama YAEN’ ları hesaplanmıştır. Yönteme göre bulunan YAEN değerleri havzaların normal nem koşulları II (Şart- II) değeri içindir. Havzaların Şart II değerleri yine SCS tarafından geliştirilen (SCS 1972) çizelgeler kullanılarak kuru (Şart I) ve ıslak nem (Şart III) koşullarında YAEN değerlerine dönüştürülmüştür. YAEN 0 ile 100 arasında değişen boyutsuz bir parametredir.

Yöntemde havzaların su tutma (depolama) potansiyelini gösteren S parametresi YAEN ile ilişkilendirilmiş ve eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$S = 254 \left[ \frac{100}{YAEN} - 1 \right] \quad (3)$$

Çizelge 3.16 Hidrolojik toprak grupları ve bitki örtüsüne göre yüzey akış eğri numaraları ( Anonymous 1985)

Arazi Kullanımı veya Bitki Örtüsü	Tarımsal Uygulamalar	Bitki ile Kaplı Alan Oranı	Hidrolojik Toprak Grupları			
			A	B	C	D
Nadas	SR	Zayıf	77	86	91	94
Sıraya Ekilen Ürünler	SR	Zayıf	72	81	88	91
	SR	İyi	67	78	85	89
	C	Zayıf	70	79	84	88
	C	İyi	65	75	82	86
	CT	Zayıf	60	74	80	82
	CT	İyi	62	71	78	81
Ufak Daneli Ürünler	SR	Zayıf	65	76	84	88
	SR	İyi	63	75	83	87
	C	Zayıf	63	74	82	85
	C	İyi	61	73	81	84
	CT	Zayıf	61	72	79	82
	CT	İyi	59	70	78	81
Sık Ekilmiş Baklagil veya Munavebeli Yem Bitkileri	SR	Zayıf	66	77	85	89
	SR	İyi	58	72	81	85
	C	Zayıf	64	75	83	85
	C	İyi	55	69	78	83
	CT	Zayıf	63	73	80	83
	CT	İyi	51	67	76	80
Çayır veya Mera	-	Zayıf	68	79	86	89
	-	Orta	49	69	79	84
	-	İyi	39	61	74	80
	C	Zayıf	74	67	81	88
	C	Orta	25	59	75	83
	C	İyi	6	35	70	79
Çayır (devamlı)	-	-	30	58	71	78
Ormanlık alan (ağaçlık arazi)	-	Zayıf	45	66	77	83
	-	Orta	36	60	73	79
	-	İyi	25	55	70	77
Çiftlik Arazileri		-	59	74	82	86
Toprak Yollar		-	72	82	87	89
Sert Zeminli Yollar		-	74	84	90	92

SR= Tesviye Eğrilerine Dik Ekim, C= Tesviye Eğrilerine Paralel Ekim, T=Teraslama, CT= Tesviye Eğrilerine Paralel Ekim ve Teraslama

### 3.2.2 S-Olasılık dağılım yöntemi

Teorisi Hjelmfelt (1980) ve Hawkins vd. (1985) tarafından geliştirilmiş olan bu yöntemde, havzaların gözlenmiş yıllık en yüksek yağış (P) ve akım (Q) hidrolojik



verileri kullanılarak öncelikle depolama potansiyellerinin (S) hesaplanması temel alınmıştır. Potansiyel depolama miktarına göre havzaların YAEN'leri eşitlik (3) kullanılarak belirlenmiştir.

### 3.2.2.1 Toplam yağış ve yüzey akım değerlerinin belirlenmesi

Havzanın YAEN hesaplamada kullanılan yağış (P) ve yüzey akım (Q) verileri Güveç (1987-2005), Çatalkaya havzaları (1994-2005) için Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Kurukavak Havzası (1974-1992) için Eskişehir'deki Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü, ve Uğrak Havzası (1987-2002) için de Tokat' daki Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü- Tokat tarafından her yıl yayınlanan yıllık sonuç raporları ile her 5 yılda bir de havzaların yağış ve akım karakteristiklerini gösteren ara raporlarından alınmıştır. Yağış ve yüzey akımları havzaların her yıl en yüksek akımı veren bireysel yağış histogramları ile toplam akım hidrografları analiz edilerek hesaplanmıştır. Toplam akım hidrograflarının analizinde Barnes-Log yöntemi (Wilson 1974) kullanılmış ve en yüksek yüzey akım değerleri hesaplanmıştır.

### 3.2.2.2 Potansiyel depolamanın belirlenmesi

Yöntemde havzaların maksimum potansiyel su depolama miktarları eşitlik (4)'den hesaplanmıştır.

$$S = 5[(P + 2Q) - (4Q^2 + 5PQ)^{1/2}] \quad (4)$$

Eşitlik (4)' de P ve Q sırası ile havzalarda ölçüm istasyonlarında gözlenmiş olan toplam yağış (mm) ve yüzey akım (mm) miktarlarını göstermektedir. Eşitlik (4) eşitlik (5)' den türetilmiştir (Bales ve Betson 1981).

$$Q = \frac{(P - 0.2S)}{P + 0.8S} \quad (5)$$

(5) nolu eşitlik kuadratik olarak yeniden yazılmış ve (6) nolu eşitlik elde edilmiştir.

$$0.04S^S - (0.4P + 0.8Q)S + (P^2 - QP) = 0 \quad (6)$$

Eşitlik (5)' den S çözülerek (4) nolu eşitlik elde edilmiştir. Eşitlik (4) ile hesaplanılan S değerlerinin logitmik normal dağılıma uyduğu kabul edilmiş ve S değerleri logaritmik değerlere dönüştürülerek logaritmaları hesaplanmıştır. Logaritmik S değerlerinin ortalaması Şart II yi temsil etmiştir. Yuan (1933)'a göre logaritmik değerlerin ortalaması (%50 olasılık) S'in logaritmaya dönüştürülmeden önceki orijinal değerlerinin medyanına eşittir. Böylece Log S'lerin ortalaması Şart II nin tanımlaması ile örtüşmüştür. Lognormal dağılımının aritmetik ortalaması ve steart sapması sırası ile eşitlik 7 ve 8 ile hesaplanmıştır. Aritmetik ortalamanın sonuçlarının antilogaritması medyan S in istatikselsel olarak belirlenmesini sağlamıştır.

$$\mu = \frac{\sum(\log S)}{N} \quad (7)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum[\log S - \mu \log S]^2}{N - 1}} \quad (8)$$

S in logaritmik değerlerinin, % 10, % 50 ve % 90 olasılıkları sırası ile eşitlik (9) , (10) ve (11) ile hesaplanmıştır.

$$\log S(10) = \mu(\log S) + 1.282\sigma(\log S) \quad (9)$$

$$\text{medyan}S(50) = 10^{\log} \quad (10)$$

$$\log S(90) = \mu(\log S) - 1.282\sigma(\log S) \quad (11)$$

S' in % 10, 50 ve 90 olasılıkla hesaplanılan her bir değeri eşitlik (12)'de yerine konularak havzaların YAEN'ları mm olarak bulunmuştur.

$$YAEN = \frac{25400}{S + 254} \quad (12)$$

Yukarıda da açıklveığı gibi % 50 olasılık Şart- II' yi verirken, ekstrem değerler % 10 ve % 90 ise sırası ile Şart -I ve Şart -III karşılığı olarak belirlenmiştir (Hjelmfelt 1991).

### 3.2.3 Kısmi katkılı alan dağılım yöntemi

Yöntem; havzalarda kısmi katkılı alanların (variable source area) yüzey akışa katkılarına göre yüzey akış eğri numarasının belirlendiği, suyla doygun alanların oransal ve alansal dağılımı yöntemidir (Steenhuis 1995). Bu yöntemde havzaların potansiyel depolama (S) miktarları; etkili yağış ( $P_e$ ) ve ilk tutulma ( $I_a$ ) değişkenlerine bağlı olarak iki farklı yaklaşımla hesaplanmıştır. S'in hesaplanmasında farklı yaklaşımların verilmesindeki amaç; havzaların S su depolama potansiyellerindeki değişkenliğin; yağışı akıma geçirmesindeki önem ve hassasiyeti göstermektir. Ayrıca, akımın başlamasından önceki on gün ve yirmi gün süresince havzaya düşen yağış miktarları havzaların ön yağışlar indeks (ÖYİ) (antecedent precipitation index –API) değerleri ile ilk tutulma katsayısı ( $\lambda$ ) her bireysel olay için hesaplanmış ve havzalarda akıma katkıları belirlenmiştir.

Doymamış zona düşen yağmurun önce infiltre olacağı daha sonra toprak profilini doyuruncaya kadar nem de artış sağlayacağı ve bu noktadan sonra düşen her yağışın yüzey akımı meydana getireceği prensibine dayanılarak akım oluşturan alanlar ( $A_f$ ) eşitlik (13) ile hesaplanmıştır. Eşitlik (13)'de  $A_f$ , akıma katkıda olan alanlar (%),  $P_e$ , etkili yağış (mm) ve S, potansiyel maksimum depolama (mm) dır.

$$A_f = 1 - \frac{S^2}{(P_e + S)^2} \quad (13)$$

Yöntemde kullanılan değişkenlerin belirlenmesi 3.2.3 başlığı altında açıklanmıştır.

### 3.2.3.1 Potansiyel depolama, etkili yağış ve ilk tutulma değerlerinin belirlenmesi

Bu yöntemde, havzaların potansiyel depolama (S) değeri eşitlik (14) yardımıyla hesaplanmıştır (Steenhuis *vd.* 1995).

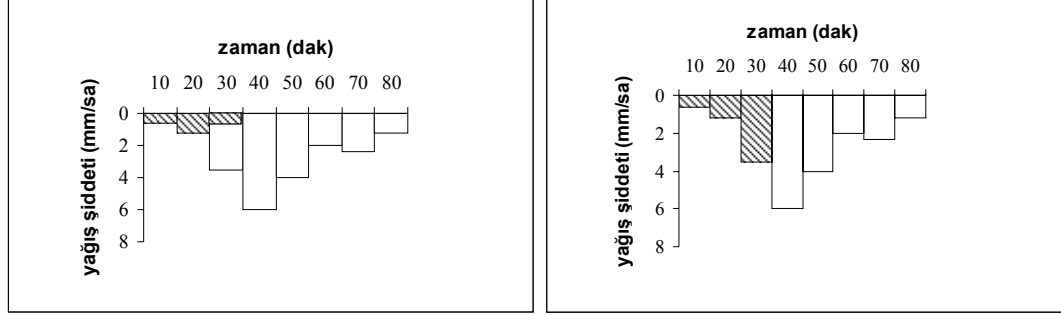
$$S = \frac{P_e^2}{Q} - P_e \quad (14)$$

(14) nolu eşitlikte verilen Q yüzey akım (mm) ve  $P_e$  etkili yağış (mm) olup, eşitlik (15 a, b) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} P_e &= P - I_{as} \\ P_e &= P - I_{at} \end{aligned} \quad (15a, 15b)$$

Eşitliklerde;  $I_{as}$ , belirli hacime ve  $I_{at}$  belirli zamana göre, havzada akım başlangıcından önce toprakta tutulan ilk tutulma (mm), P ise toplam yağış (mm) miktarını göstermektedir. Havzalarda ilk (ön) tutulma; maksimum tutulmanın belirli bir oranı olarak kabul edilen ve havzaların toprak ve arazi kullanım şartlarına göre değişebilen değer olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada; ilk tutulma için belirli hacim ( $I_{ah}$ ) ve belirli zaman ( $I_{at}$ ) olmak üzere iki yaklaşım kullanılmıştır (Maidment 1992). Belirli hacim yaklaşımında; topraktaki ilk tutulma, bireysel olaylarda yüzey akımı meydana getiren etkili yağıştan hemen önceki yağışların yağış histogramlarından hesaplanması ile bulunmuştur (Şekil 3.9a,b). Belirli zaman yaklaşımında ise, hem belirli hacimdeki

tutulma hem de yüzey akımı meydana getiren etkili yağış süresince toprakta tutulan su miktarı birlikte toplanarak hesaplanmıştır.



a) Hacime bağlı ilk tutulma

b) Zamana bağlı ilk tutulma

Şekil 3.9 İlk tutulma grafiği

Yöntemde S; havzanın suyla doygunluğuna eriştiği ve ilk yüzey akışın oluştuğu sürede depolanan suyun toplam havza alanına oranı olarak tanımlanmıştır (Steenhuis vd. 1995). Eşitlik (14) kullanılarak hesaplanan S değerleri geniş bir aralıkta değiştiğinden yeniden düzenlenmiştir. Bunun için havzalarda; belirli zamana bağlı ön tutulma değerleri ile eşitlik (14b)'den hesaplanan etkili yağış ( $P_e$ ) ve gözlenmiş yüzey akım değerleri (Q) grafikte yerleştirilerek belirli noktalarda toplanılan S değerlerinden uygun eğriler geçirilmiş ve aynı eğriler üzerinde yer alan S lerin ortalamaları hesaplanmıştır (Steenhuis vd. 1995). Dört adet çalışma havzasında belirlenen S eğrileri üzerinde yer alan her bir S değerleriyle  $A_f$  değerleri yeniden hesaplanmıştır.

### 3.2.3.2 İlk tutulma katsayısı ve ön yağış indeks değerlerinin belirlenmesi

Bu yöntemde; potansiyel depolama etkili yağış ve toprakta ilk nem tutulmalarına bağlı olarak hesaplanmasından, ilk nem tutulmalarının analitik olarak belirlenmesinde etkili bir parametre olan  $\lambda$  nem katsayıları hesaplanmıştır. Amerikan Toprak Muhafaza Servisi; ilk nem tutulma katsayısının ( $I_a = \lambda S$ ) 0 ile 0.3 arasında değiştiğini, fakat genelde 0.2 rakamı ile sabitlendiğini belirtmiştir (Anonymous 1985). Bu çalışmada  $\lambda$  katsayısı

Genel Model Uygunluk ve Bireysel Olay Analiz yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır (Hawkins 2002).

### **Genel model uygunluk yöntemi**

Genel Model Uygunluk yönteminde (eşitlik 16) en küçük kareler metoduna göre  $\lambda'$  ya 0.01 rakamından başlayarak 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.18, 0.19, 0.195, 0.199, 0.1999, 0.2, 0.205, 0.3, 0.4 ve 0.5 değerleri verilmiş ve deneme-yanılma ile fonksiyonu minimum yapan değerler aranmıştır. Eşitlik (3)'den hesaplanılan S ve gözlenmiş yağış- akım (P:Q) değerleri ile objektif fonksiyonunu minimum yapacak değer olarak  $\lambda$  katsayısı belirlenmiştir.

$$\sum \{ Q - [(P - \lambda S)^2 / (P + (1 - \lambda) S)] \}^2 \quad (16)$$

### **Bireysel olay analiz yöntemi**

Bireysel olay Analiz yönteminde belirli hacim ve belirli zaman yaklaşımları ile belirlenmiş ilk nem tutulma değerleri ve S (eş. 14) kullanılarak eşitlik (17) yardımıyla  $\lambda$  katsayısı hesaplanmıştır.

$$\lambda = \frac{I_{as}}{S} \quad \text{ve} \quad \lambda = \frac{I_{at}}{S} \quad (17)$$

### **Ön yağışlar indeksi (ÖYİ-API)**

Ön yağışlar İndeksi her bir yağıştan sonra toprakta depolanan nemin belirli bir zaman sürecinde giderek logaritmik olarak azaldığı varsayımına dayanılarak eşitlik (18) yardımıyla hesaplanmıştır (Linsley 1958). Eşitlik (18)'de API, önceki yağış indeksi,  $P_0$ , yüzey akışın meydana geldiği yağıştan önceki 24 saat içindeki yağış,  $P_1, P_2, P_3$  ve  $P_n$ , yüzey akışı oluşturan yağıştan 1, 2, 3..., n gün önceki yağış, n, indeksi hesaplamak için kullanılan gün sayısı ve k, toprak tipine bağlı katsayıdır.

$$API = P_0 + P_1K + P_2K^2 + P_3K^3 + \dots + P_nK^n \quad (18)$$

Araştırmada n gün sayısı olarak havza topraklarının geçirgenliklerinin orta ve yavaş geçirgenliğe değiştiği göz önüne alınarak 10 ve 20 gün alınmıştır. Toprak tipine bağlı katsayı k katsayısı 0.85 ile 0.98 arasında değişmektedir. Çalışmada k katsayısı tüm havzalar için 0.90 kabul edilmiştir.

### 3.2.3.3 Güvenç havzası toprak nem indeks değerlerinin belirlenmesi

Havzalarda yüzey akışlar havzanın topoğrafik dağılımı ile birlikte toprağın su iletkenliğine de bağlıdır (Schneiderman vd. 2007). Topraklarda nem dağılımının yüzey akış iletkenliğine etkisini belirlemek için çalışma havzalarından Güvenç havzasında toprakların nem indeksi (soil wetness index) belirlenmiş ve bu indekse göre havzada yüzey akışı veren alanlar hesaplanmıştır. Bunun için; eşitlik (14)'de verilen S değeri toprak nem indeks değerlerine göre yeniden ( $S_e$ ) belirlenmiş ve  $S_e$  için kısmi alan katkılı yüzde alan ( $A_f$ ) oranları eşitlik (19) kullanılarak hesaplanmıştır (Schneiderman vd. 2007).

$$A_f = 1 - \frac{S_e^2}{(P_e + S_e)^2} \quad (19)$$

Eşitlik (14)'de S değeri havzada bireysel olayda yağış öncesi potansiyel depolamayı gösterirken, eşitlik (19)'da  $S_e$  değeri eşitlik (14)'de verilen S değeri yerine yazılmıştır. Bu eşitlikte; Schneiderman vd. (2007) S'in akım başladıktan sonraki depolama miktarı olarak kabul edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre;  $S_e$ , efektif depolama derinliği veya havzadaki alansal ortalama depolanan su miktarı olup, "e" akım başladıktan sonraki zamanı göstermektedir. Efektif depolama havzanın nem durumuna bağlı olup, havzanın kurak dönemdeki maksimum  $S_{e,max}$  ve yağışlı

dönemdeki minimum  $S_{e,min}$  değerleri arasında değişmektedir. Maksimum ve minimum  $S_e$  değerleri sırası ile toprakların solma noktası ve tarla kapasitesindeki değerleri ile ifade edilmektedir. Eşitlik (19)'da  $P_e$  yerine lokal efektif depolama  $\sigma_e$  yazılarak, havzanın potansiyel su depolaması ( $S_e = S_{e,min}-S_{e,max}$ ) bilindiğinde havzada akıma etki eden lokal alanların yüzde değeri ( $A_s$ ) eşitlik (20)'de hesaplanmıştır.

$$A_s = 1 - \frac{S_e^2}{(\sigma_e + S_e)^2} \quad (20)$$

Eşitlik (20)'den  $\sigma_e$  çözülmüş ve havza topraklarının maksimum efektif lokal nem depolaması Eşitlik (21)'de hesaplanmıştır.

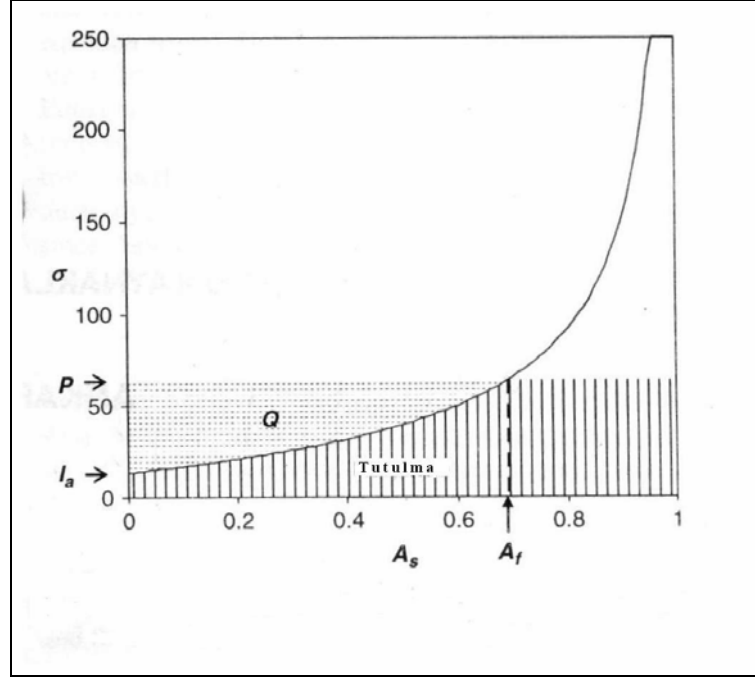
$$\sigma_e = S_e \left( \sqrt{\frac{1}{1-A_s}} - 1 \right) \quad (21)$$

Eşitlik (21)'e ilk tutulma değeri ( $I_a$ ) eklendiğinde havzada bireysel yağış başladığındaki lokal depolama miktarı (mm) hesaplanmıştır.

$$\sigma = S_e \left( \sqrt{\frac{1}{1-A_s}} - 1 \right) + I_a \quad (22)$$

Eşitlik (20) ve (21)'deki  $A_s$  değeri bireysel olay süresince lokal alanların yüzey akışa katkılarını göstermekte olup  $A_s$  ile  $\sigma$  arasındaki ilişki şekil 3.10'da gösterilmiştir.





Şekil 3.10 Lokal nem depolaması ve yüzey akış kısmi katkı alan dağılım ilişkisi

Bireysel olaylardaki yağışla ilk olarak doygun hale gelen lokal bölgeler ilk tutulmaya ( $I_a$ ) eşit lokal depolama ( $\sigma_e$ )'ya sahiptir ve bu bölgelerden gelen yüzey akım  $P_e$  kadar olacaktır. Eşitlik (22)'ye göre havzada kuru şartlardaki bölgeler daha fazla yağmur tutar ve daha az akım üretir. Çalışmada örnek bir havza için (Güvenç) topraklardan örneklemeleri yapılarak maksimum ve minimum  $S_e$  değerleri hesaplanmıştır. Toprak nem indeksine bağlı olarak yüzey akışa katkı alanları ( $\%A_s$ ) sadece Güvenç havzası için hesaplanmıştır.

#### 3.2.3.4 Güvenç havzası topoğrafik indeksin belirlenmesi

Eşitlik (13)'de hesaplanılan ve havzada su ile doygun olmuş ve akıma katkısı olan alanların havzaların hangi bölgelerinde dağıldığını belirlemek için (Beven ve Kirkby 1979)'in TOPMODEL'de belirlediği topoğrafik indeks (Tİ) ve modifiye edilmiş topoğrafik indeks parametreleri (MTİ) kullanılmıştır. Bu model; havzaların hidrolojik çalışma süreçlerinde doygun alanların belirlenmesinde ve buna bağlı olarak havzalarda su kalitesi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Walter vd. 2002). Çalışmada

Tİ ve MTİ değerleri eşitlik (23) ve (24) ile belirlenmiştir. Eşitlik (23)'de a, birim kontür uzunluğu (m),  $\beta$ , topografik eğim, eşitlik (24)' de ise D, toprak derinliği (cm),  $K_s$ , ortalama doymuş hidrolik kondaktivite (cm/gün) dir.

$$TI = \ln\left(\frac{a}{\tan(\beta)}\right) \quad (23)$$

$$MTI = \ln\left(\frac{a}{\tan(\beta)DK_s}\right) \quad (24)$$

Çalışma havzalarından Güvenç havzasında toprak derinlikleri (D) ve hidrolik kondaktivite ( $K_s$ ) değerleri belirlenerek MTİ değeri, Çatalkaya, Kurukavak ve Uğrak havzaları için D ve  $K_s$  ölçümleri olmadığından bu havzalarda da Tİ değeri hesaplanmıştır. Yüksek Tİ ve MTİ değerleri düşük değerlerine göre havzaların doymuş olmaya daha eğilimli olduğunu göstermektedir. Havzalarda akıma etki eden doymuş alanları belirlemede her bir olay için kritik Tİ/(MTİ) değeri belirlenmiştir. Havzaya düşen yağış, kritik Tİ değerinin altında değer içeren alanlarda infiltre olmakta, kritik değerinin üzerinde kalan alanlarda ise toprağı doymuş hale getirerek yüzey akışı oluşturmaktadır. Yani toprakların yüksek Tİ değerinden düşük Tİ değerine doğru doymuş hale geldiği kabul edilmektedir. Havzalar için Eşitlik (23)'de verilen değerlerden birim kontür uzunluğu ve topografik eğim için sayısal arazi modeli (SAM), hidrolik kondaktivite ve toprak derinlikleri için toprak haritaları ve havza akış biriktirme (flow accumulation) haritaları kullanılmıştır. Çalışmada, ARCGIS programının Arc-Hidro alt modülü yardımıyla çalışmada ilk adım olarak SAM'dan eğim ve Belirgin 8-Yön (Deterministic 8-direction) D8 algoritması kullanılarak akış yön haritası oluşturulmuştur (Anonymous 1993). Herbir hücrenin akış yönü yardımıyla her bir hücrenin akış biriktirme haritası çıkarılmıştır. Haritada hücrenin akış yönü bu hücreye drene olacak olan hücrelerin sayısını vermiştir. Drene olmuş hücreler akıma dönüştürülmüş ve havzaların akım ağları haritaları hazırlanmıştır.

Güvenç havzası topraklarının fiziksel özellikleri kullanılarak toprak derinlikleri ve ortalama hidrolik kondaktivite değerleri hesaplanmıştır. Güvenç havzası için toprak derinliği, hidrolik kondaktiviteyi içeren toprak haritaları, diğer havzalar için havza su akış yönleri, eğim haritaları eşitlik (23) ve (24) kullanılarak Tİ ve MTİ haritaları hazırlanmıştır. Tİ ve A<sub>f</sub> arasındaki ilişki grafik ile verilmiştir. Bunun için Raster formatında olan Tİ haritalarındaki hücrelerin akış değerleri ARCGIS programında Raster Hesaplayıcısı kullanılarak sayısal değerlere ve shape dosyasına dönüştürülmüştür. A<sub>f</sub> poligonları ile bu değerler karşılığı Tİ değerlerini düzenlemek için shape dosyası Microsoft Access yardımıyla dbf dosyasına çevrilmiş ve grafik oluşturulmuştur. Havzaların Tİ haritaları; SCS-YAEN yönteminde hazırlanan YAEN haritaları ile analiz edilerek yüzey akıma katkısı olan alanlardaki her bir pikselin YAEN ları hesaplanmıştır.

### 3.2.3.5 Güvenç havzası topoğrafyasının yüzey akışa katkısı

Bu çalışmada; Güvenç havzasında SAM ve Tİ haritaları kullanılarak eğimli ve düz alanların yüzey akışa katkıları belirlenmiştir ( McGlynn ve Mcdonell 2003).

### 3.2.4 Havzalarda farklı yöntemlere göre yüzey akışların belirlenmesi

Araştırma havzalarında SCS-YAEN, SOD yöntemiyle bulunan S ve  $\lambda=0.2$  değerleriyle, KKAD yönteminde belirlenen S<sub>ort</sub> ve bu yöntemde her bir havza için ayrı ayrı hesaplanan  $\lambda_3$  ortalama değerleri eşitlik (5)'de yerine konularak yüzey akış değerleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen ve gözlenen yüzey akış değerleri arasındaki ilişki hata kareler ortalaması karekökü (HKOK) eşitlik (25) kullanılarak belirlenmiştir (Bayazit 1981).

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_T - X_G)^2}{N}} \quad (25)$$

Eşitlikte  $X_T$  ve  $X_G$  sırasıyla tahmin edilen ve gözlenen yüzey akış (mm) değerleri,  $N$  ise gözlem sayısıdır Ayrıca dört havzada gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerlerinin % 95 ihtimalle güven aralıkları belirlenmiştir (Bayazit 1981).

## 4. BULGULAR

### 4.1 SCS- YAEN Yöntemiyle Belirlenmiş Yüzey Akış Numaraları

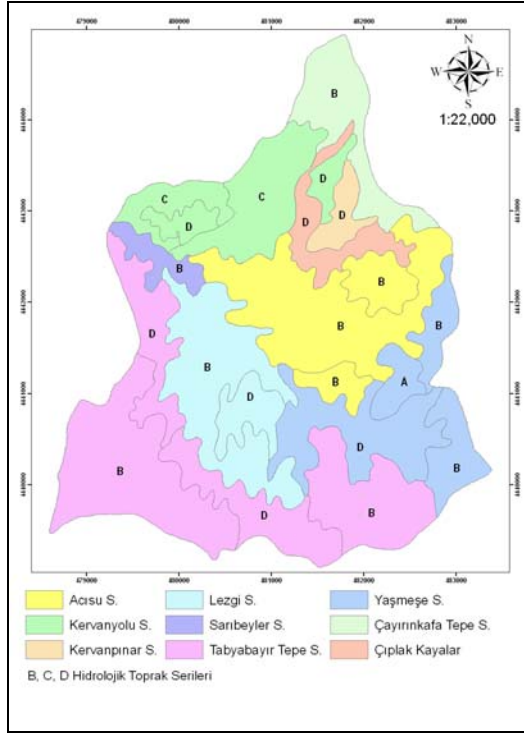
#### 4.1.1 Havzaların hidrolojik toprak grupları

Toprak Taksonomisine göre (Anonymous 1999) seri ölçekte sınıflandırılmış olan havza topraklarının hidrolojik toprak grupları belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

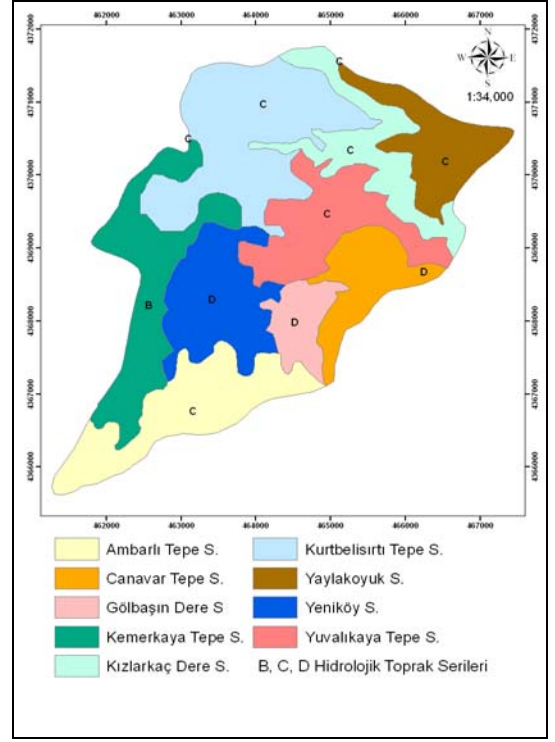
Çizelge 4.1 Havzaların hidrolojik toprak grupları

Hidrolojik Toprak Grubu	GÜVENÇ		ÇATALKAYA		KURUKAVAK		UĞRAK	
	Alan ( km <sup>2</sup> )	Alan (%)	Alan ( km <sup>2</sup> )	Alan (%)	Alan ( km <sup>2</sup> )	Alan (%)	Alan ( km <sup>2</sup> )	Alan (%)
A	0.28	1.74	–	–	–	–	–	–
B	9.86	61.16	2.53	13.53	4.05	95.30	5.33	76.21
C	1.52	9.43	11.75	62.83	0.20	4.70	1.67	23.79
D	4.46	27.67	4.42	23.64	–	–	–	–
TOPLAM	16.12	100.00	18.70	100.00	4.25	100.00	7.00	100.00

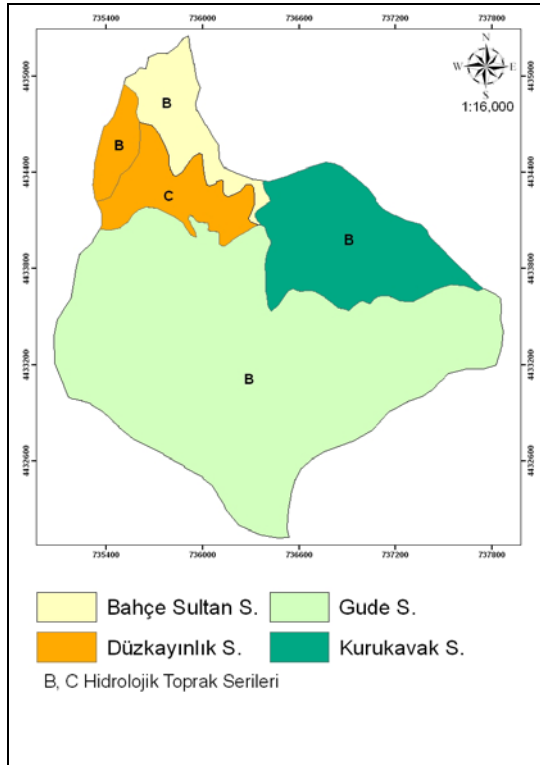
Havzaların HTG'lerinin haritaları (Şekil 4.1 a,b,c,d)' de verilmiştir. Güvenç havzasında tüm HTG' leri A (% 1.74), B (% 61.16), C (9.43), D (%27,67) dağılım gösterirken, Çatalkaya havzasında B (% 13.53), C (% 62.83), D (% 23.64) gruplarında dağılımlar olmuştur. Kurukavak ve Uğrak havzalarında HTG dağılımı sırası ile B (% 95.30), ve C (% 4.70), B (% 76.21) ve C ( % 23.79) şeklinde olmuştur. HTG' larından yüksek yüzey akış veren ve geçirimsiz ana materyal üzerindeki sığ toprak özellikleri gösteren D grubu; Güvenç havza alanında daha çok sarp eğimli, erozyona uğramış sığ toprak özelliği gösteren Tabyabayır, su geçirgenliği düşük killi bünyeye sahip vertisol grubu Kervanpınarı ile killi bünyeye sahip Yaşmeşe serisinde çok sığ toprağa sahip eğimli



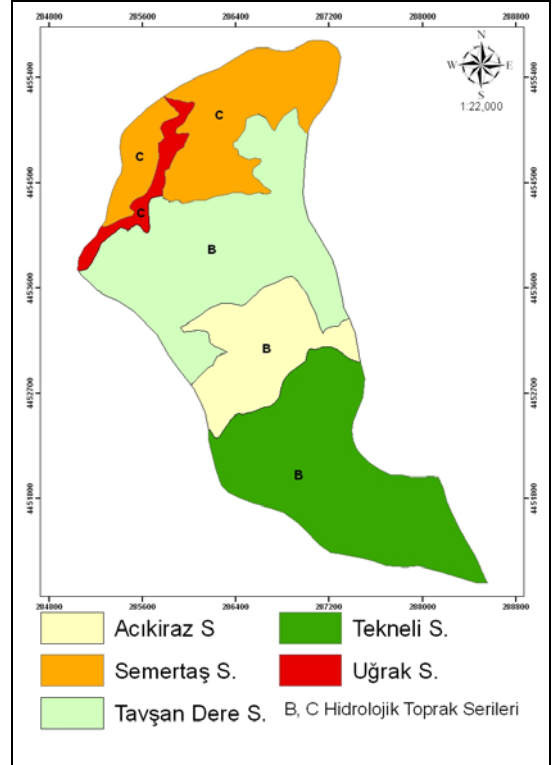
a) Güvenç havzası



b) Çatalkaya havzası



c) Kurukavak havzası



d) Uğrak havzası

Şekil 4.1 Havzaların hidrolojik toprak grupları haritası

alanlarında dağılım göstermiştir. Ayrıca havzanın kuzey doğusunda yer alan erozyona uğramış tamamen çıplak kayalık alanlar da D grubu olarak sınıflandırılmıştır.

Çatalkaya havzasında D grubu daha çok orta ve doğu bölümünde yer alan, orta ve dik eğim özelliği gösteren, genelde sığ toprak derinliğine sahip ve bu nedenle de yağışı çabuk yüzey akıma dönüştüren Canavartepe, vertisol özellikli Gölbaşındere ve ağır bünyeli Kemer kaya toprak serilerinde dağılım göstermiştir. Orta derecede yüzey akışı veren B hidrolojik toprak grupları; dört adet çalışma havzasından Güvenç' de düze yakın eğimli kumlu-killi bünye özelliği gösteren Lezgi ile hafif eğimli, killi-kum özelliği olan Acısu, ve killi bünyeye sahip Tabyabayır serilerinde belirlenmiştir. Çatalkaya havzasında B grubu batıda sadece kumlu-tınlı bünyeye sahip Kemer kaya serisinde, Kurukavak havzasında ise geniş bir dağılımla hemen hemen tüm serilerde dağılımı belirlenmiştir. Uğrak havzasında B grubu, daha çok havzanın güneyinde orta derin, hafif eğimli, kumlu-killi toprak özelliği gösteren Acıkiraz, Tavşveere ve Tekneli serileriyle oldukça fazla bir dağılım göstermiştir. Orta dereceden fazla yüzey akış potansiyeline sahip C grubu Güvenç havzasında hafif eğimli ve killi-tın özelliği gösteren Kervanyolu serisinde, Çatalkaya havzasında daha çok orta ve ağır bünyeli, hafif-orta eğimli Ambarlı, Kızılarkaç, Kurtbelisırtı, Yuvalıkaya serilerinde belirlenmiştir. Kurukavak havzasında sadece dik eğimli ve orta derecede erozyona uğramış Düzkayın serisinde yer alan C grubu, Uğrak Havzasında ise kuzey de dik eğimli ve sığ topraklı Semertaş serisi ile killi bünyeli hafif eğimli Uğrak serisinde dağılım göstermiştir. HTG'larından A sınıfı sadece Güvenç havzasında kumlu killi bünyeye sahip Yaşmeşesırtı serisinin çok küçük bir alanında yer almıştır.

#### **4.1.2 Havzaların arazi kullanım ve bitki örtüsü durumları**

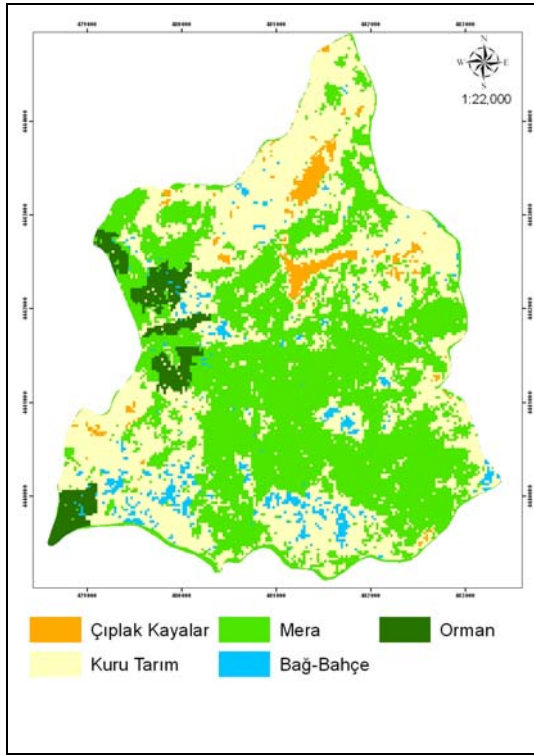
Havzaların uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım ve bitki örtüsü alansal dağılımları çizelge 4.2'de, haritaları şekil. 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Havzaların arazi kullanım ve bitki örtüsü durumları

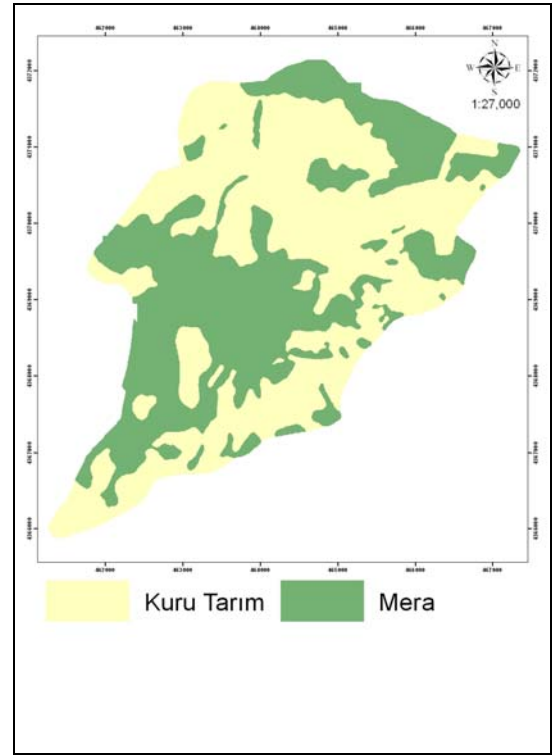
ARAZİ KULLANIMI	GÜVENÇ		ÇATALKAYA		KURUKAVAK		UĞRAK		
	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)	
Kuru Tarım	7.00	43.41	10.3	54.94	2.04	48.00	5.45	77.85	
Mera	zayıf	7.50	46.52	8.4	45.06	0.17	4.00	1.33	18.95
	orta	0.13	0.80	-	-	0.08	1.88	-	-
	iyi	-	-	-	-	-	-	-	-
Bağ-Bahçe	0.46	2.85	-	-	-	-	-	-	
Fundalık	-	-	-	-	-	-	0.22	3.2	
Orman	0.65	4.05	-	-	1.96	56.12	-	-	
Çıplak Alan	0.38	2.37	-	-	-	-	-	-	
TOPLAM	16.12	100.00	18.7	100.00	4.25	100.00	7.00	100.00	

Güvenç havzasında mera kullanımı (% 47.32) en çok alan kaplayan arazi türü iken (Şekil 4.2a), Çatalkaya (% 54.94, Şekil 4.2b), Kurukavak (% 47.98, Şekil 4.2c) ve Uğrak havzalarında (% 77.95, Şekil 4.2d) kuru tarım en çok görülen arazi sınıfı olmuştur. Bağ-bahçe arazi kullanım sınıfı sadece Güvenç havzasında (%2.85) yer alırken, orman sınıfı Çatalkaya ve Uğrak havzaları hariç, Güvenç (% 4.05) ve Kurukavak (% 56.12) havzalarında görülmüştür. Orman vejetasyonunun zayıflaması ile ortaya çıkan ve çalılık şeklinde görülen fundalık arazi kullanımı sadece Uğrak havzasında (%3.2) görülmüştür. Güvenç havzasında kuzey yönünde daha fazla olmak üzere, bitki örtüsüz çıplak alan (%2.37) arazi kullanımında belirlenmiştir. Havzalarda NDVI lardan hesaplanılan mera kaplama alanları ve vejetasyon durumları da Çizelge 4.2’de verilmiştir. Havzalardan Güvenç ve Kurukavak havzalarında kaplama oranı > %50 den az ve % 50-75 arası olan ve sırası ile zayıf ve orta olarak nitelendirilen mera vejetasyonu görülmüştür. Zayıf ve orta mera sınıfları Güvenç havzasında% 46.52 ve % 0.8, Kurukavak da ise % 4.00 ve % 1.88 oranlarında dağılım göstermiştir. Çatalkaya ve Uğrak havzalarında zayıf mera sınıfı ise sırası ile % 45.06 ve % 18.95 oranlarında belirlenmiştir. Mera kaplama alanının % 75 değerini geçtiği iyi mera sınıfı havzaların hiç birinde görülmemiştir.

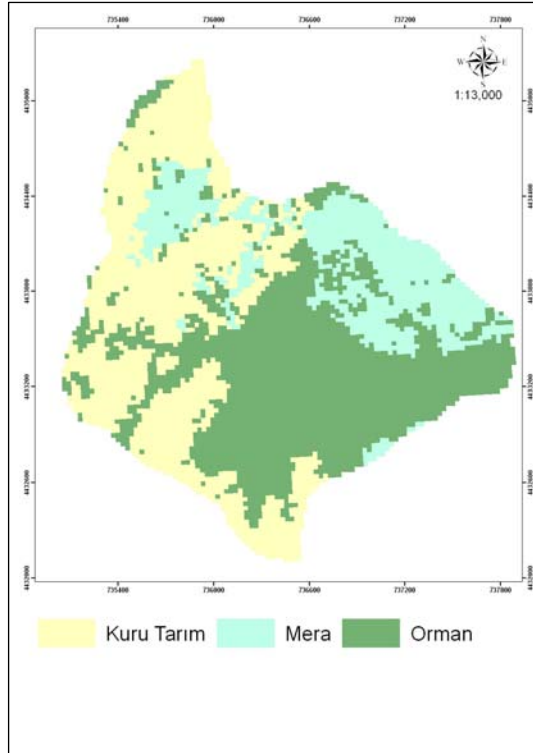




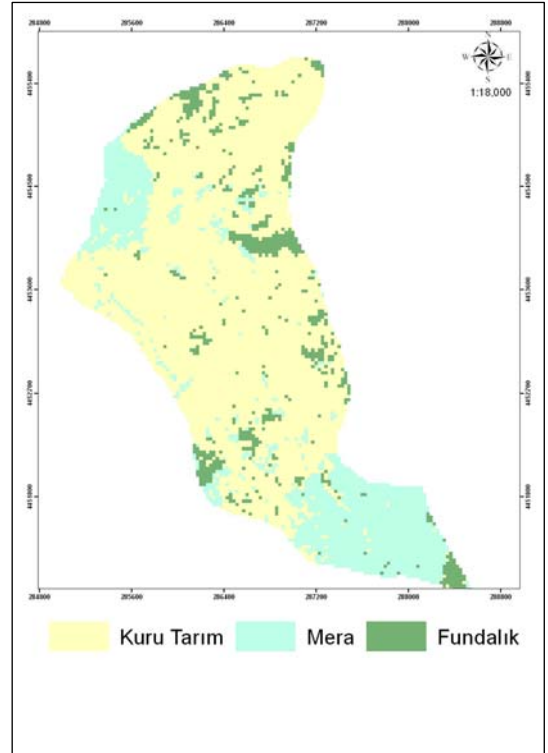
a) Güvenç havzası



b) Çatalkaya havzası



c) Kurukavak havzası



d) Uğrak havzası

Şekil 4.2 Havzaların arazi kullanımı ve bitki örtüsü haritası

### 4.1.3 Verilerin analizi ve yüzey akış eğri numaraları

Havzaların SCS-YAEN yöntemi ile YAEN' ları belirlenmiş ve Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Havzaların yüzey akış eğri numaraları

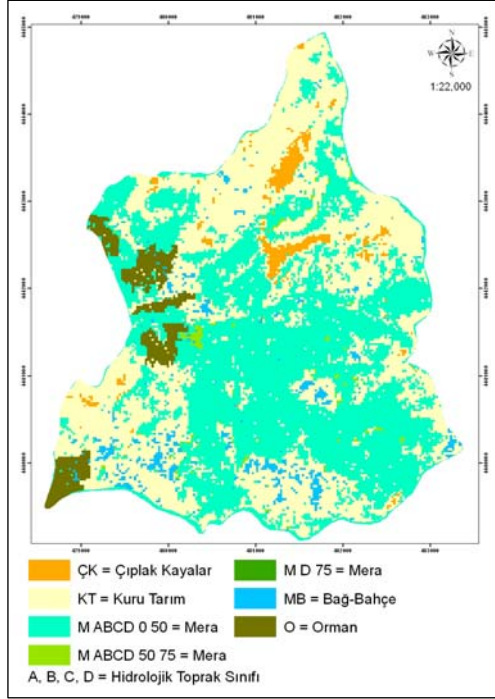
Havzalar	Şart- I	Şart - II	Şart-III
Güvenç	68	84	93
Çatalkaya	68	84	93
Kurukavak	63	80	91
Uğrak	63	80	91

Güvenç ve Çatalkaya Havzalarının ağırlıklı ortalama YAEN' ları normal nem koşulları için 84 olarak hesaplanmıştır. Şart-II için verilen bu değer her iki havza içinde kuru koşullar (Şart-I) için 68 ve ıslak koşullar için (Şart -III) 93 değerini almıştır. Kurukavak ve Uğrak havzaları YAEN ları 80 hesaplanmıştır. Şart-II için geçerli bu değer Şart I ve Şart III için sırası ile 63 ve 91 olmuştur. Havzaların YAEN' ları haritaları (şekil 4.3 a,b,c,d)' de verilmiştir.

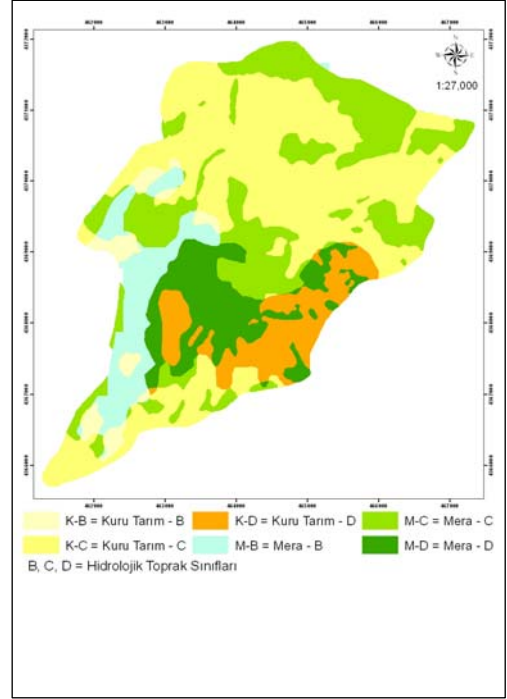
## 4.2 S-Olasılık Yöntemle Belirlenmiş Yüzey Akış Eğri Numaraları

### 4.2.1 Güvenç havzası

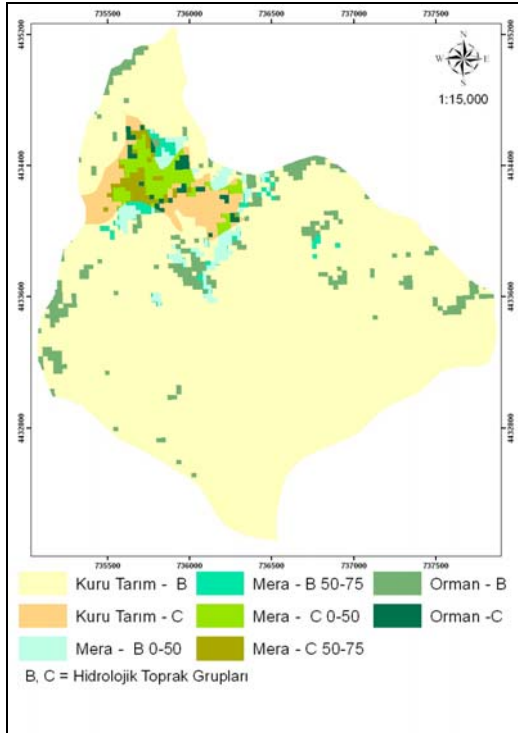
Güvenç Havzasının 1987-2005 yılları arasında P ve Q değerlerinden hesaplanmış S, Log S değerleri çizelge 4.4' de verilmiştir.



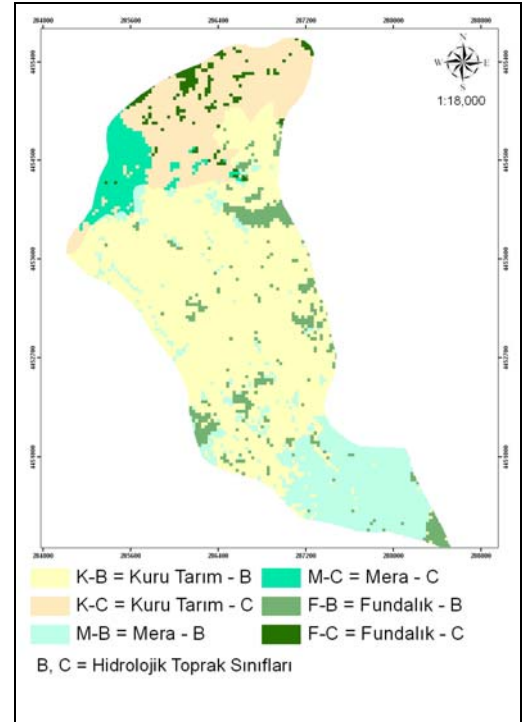
a) Güvenç havzası



b) Çatalkaya havzası



c) Kurukavak havzası



d) Uğrak havzası

Şekil 4.3. Havzaların yüzey akış eğri numaraları haritası

Çizelge 4.4 Güvenç havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri

Yıllar	P (mm)	Q (mm)	S (mm)	Log S
07.07.1987	28.6	1.3221	86.21	1.9355662
20.10.1987	14.5	0.1920	55.66	1.7455954
13.08.1989	16.6	0.3000	60.87	1.7844057
29.11.1989	27.2	2.0000	65.59	1.8168715
06.07.1991	12.3	0.1830	46.45	1.6670475
06.10.1991	19.6	1.9500	45.68	1.6597501
05.06.1993	9.8	0.7418	25.37	1.4043884
12.05.1994	15.4	0.8255	44.54	1.6488075
12.07.1995	14.5	0.3600	50.30	1.7015981
26.05.1996	22.4	0.4061	82.09	1.9143259
24.04.1997	35.0	1.7485	103.29	2.0140662
27.05.1998	21.0	0.8417	65.66	1.8173301
10.06.1999	14.6	0.8202	41.65	1.6196444
24.05.2000	25.0	0.9284	79.62	1.9010576
13.05.2001	13.2	0.2326	48.59	1.6866170
01.05.2002	12.3	0.2680	43.70	1.6405295
18.04.2003	26.0	0.3921	98.00	1.9912643
23.06.2004	24.0	0.2539	94.82	1.9769162
26.05.2005	17.1	0.4700	58.15	1.7646065

Havzanın Log S değerlerinin ortalaması ve stveart değişkenlikleri sırası ile 1.7731 ve 0.1570 olmuştur. Bu değerler ile hesaplanılan S olasılıkları ve karşılık gelen YAEN değerleri çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Güvenç havzası S ve YAEN Değerleri

Olasılıklar	Log S	S (mm)	YAEN
Log S(10)	1.97	93.33	73
LogS(50)	1.77	59.31	81
Log S(90)	1.57	37.15	87

Güvenç havzasının SOD yöntemiyle hesaplanılan YAEN değerleri Şart - II için 81 ve Şart-I işe Şart -III için sırası ile 73 ve 87 olmuştur.

#### 4.2.2 Çatalkaya havzası

Çatalkaya Havzasının 1994-2005 yılları arasında P ve Q değerlerinden hesaplanmış S, Log S değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.6 Çatalkaya havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri

Yıllar	P (mm)	Q (mm)	S (mm)	Log S
11.05.1994	8.2	0.0501	34.31	1.535515
03.05.1995	17.0	0.1537	68.39	1.835052
16.04.1996	16.2	0.3364	58.04	1.763788
02.05.1997	24.3	0.3640	91.69	1.962322
27.04.1998	4.0	0.3044	10.33	1.014398
24.08.1999	29.2	0.5040	107.85	2.032838
13.04.2000	20.5	0.6373	67.96	1.832267
08.05.2001	10.6	0.0272	47.26	1.674517
10.07.2002	11.0	0.1150	43.52	1.638716
25.04.2003	19.0	0.0435	85.26	1.930753
02.09.2004	18.5	0.0430	82.94	1.918811
30.05.2005	25.0	1.9131	64.47	1.809419

Havzanın Log S değerlerinin aritmetik ortalaması ve standart değişkenlikleri sırası ile 1.7457 ve 0.2712 olmuştur. Bu değerlere göre hesaplanılan S olasılıkları ve karşılık gelen YAEN değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çatalkaya havzasının SOD yöntemiyle hesaplanılan YAEN’sı Şart -II için 82 ve Şart -I ile Şart-II için sırası ile 67 ve 91 olmuştur.

Çizelge 4.7 Çatalkaya havzası S ve YAEN değerleri

Olasılıklar	Log S	S (mm)	YAEN
Log S(10)	2.09	123.87	67
LogS(50)	1.74	55.68	82
Log S(90)	1.39	24.95	91

#### 4.2.3 Kurukavak havzası

Kurukavak havzasının 1994-2005 yılları arasında P ve Q değerlerinden hesaplanmış S, Log S değerleri çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Kurukavak havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri

Yıllar	P (mm)	Q (mm)	S (mm)	Log S
25.05.1984	16.1	0.1661	63.80	1.804838
8.04.1985	7.3	0.1324	26.75	1.427372
5.11.1986	16.6	0.1560	66.50	1.822827
19.06.1987	15.3	0.1930	59.12	1.771742
29.06.1988	28.3	4.2819	54.00	1.732466
30.09.1989	26.8	0.1020	116.51	2.066351
18.10.1989	48.6	0.8560	178.94	2.252711
9.04.1991	22.4	0.9320	69.39	1.841313
15.06.1992	63.8	1.0589	237.09	2.374905
25.10.1992	30.1	1.0489	97.30	1.988105
31.07.1994	48.2	1.7150	155.06	2.190507
12.10.1994	33.8	1.5650	101.84	2.007930

Havzanın Log S değerlerinin aritmetik ortalaması ve stveart değişkenlikleri sırası ile 1.9400 ve 0.2608 olmuştur. Bu değerlere göre hesaplanılan S olasılıkları ve karşılık gelen YAEN değerleri çizelge 4.9’da verilmiştir. Kurukavak havzasının SOD yöntemiyle hesaplanılan YAEN’ sı, Şart- II için 75 ve Şart- I ile Şart -III için sırası ile 58 ve 86 olmuştur.

Çizelge 4.9 Kurukavak havzası S ve YAEN değerleri

Olasılıklar	Log S	S (mm)	YAEN
Log S(10)	2.27	188.10	58
LogS(50)	1.94	87.00	75
Log S(90)	1.60	40.32	86

#### 4.2.4 Uğrak havzası

Uğrak Havzasının 1979-2002 yılları arasında P ve Q değerlerinden hesaplanmış S, Log S değerleri çizelge 4.10'da verilmiştir. Havzanın Log S değerlerinin ortalaması ve stveart değişkenlikleri sırası ile 1.6353 ve 0.2883 olmuştur.

Çizelge 4.10 Uğrak havzası yağış, akım ve potansiyel depolama değerleri

Yıllar	P (mm)	Q (mm)	S (mm)	Log S
23.06.1979	24.9	0.6100	86.60	1,93753
08.05.1980	11.2	0.4400	35.19	1,54646
11.09.1981	18.8	0.1700	75.64	1,87875
21.05.1982	26.5	1.7500	71.88	1,85659
30.05.1983	11.1	0.3600	36.46	1,56185
15.05.1984	7.9	0.1255	29,55	1,47059
16.05.1985	1.3	0.0200	4,89	0,68897
14.06.1986	14.5	0.6700	43.71	1,64062
15.04.1987	5.9	0.0320	24.95	1,3971
03.06.1988	10.5	0.1300	40,67	1,60931
04.06.1989	4.6	0.0600	13.37	1,12611
11.05.1990	11.5	0.6000	33.52	1,52537
16.04.1991	27.8	0.7917	93.87	1,97253
09.07.1992	16.5	0.1310	67.32	1,82815
25.05.1993	14.8	0.1200	60.25	1,77997
07.10.1993	11.0	0.0590	46.56	1,66805
06.05.1995	12.5	0.1250	49.72	1,69652
18.04.1996	18.6	0.7000	59.05	1,77126
19.04.1997	6.9	0,0300	29.70	1,47282
14.05.1998	13.9	0.3550	47.96	1,6809
13.04.1999	17.4	0.0800	74.58	1,87265
27.05.2000	16.1	0.5600	52.07	1,71655
12.09.2002	19.9	0.1430	82.01	1,9139

Bu değerlere göre hesaplanılan S olasılıkları ve karşılık gelen YAEN değerleri izelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Ugrak havzası S ve YAEN değerleri

Olasılıklar	Log S	S (mm)	YAEN
Log S(10)	2.00	101.00	72
LogS(50)	1.63	43.18	85
Log S(90)	1.27	18.44	93

Ugrak havzası SOD yöntemiyle hesaplanılan YAEN’ sı şart- II için 85 ve şart- I ile şart-III için sırası ile 72 ve 93 olmuştur.

### **4.3 Havzaların Kısmi Katkılı Alan Dağılım Yöntemiyle Belirlenmiş Yüzey Akış Eğri Numaraları**

Bu yöntemde Güvenç havzasında, diğer havzalardan farklı olarak Güvenç havzasında ölçülen verilere göre, havza toprak nem indeksi ve havza topęrafyasının yüzey akıma katkıları verilmiştir.

#### **4.3.1 Havzaların potansiyel depolama, etkili yağış ve ilk tutulma değerleri**

##### **4.3.1.1 Güvenç havzası**

Güvenç Havzası toplam yağış (P), yüzey akım (Q) değerleri Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Havza Yönetimi Bölümü teknik elemanları tarafından hazırlanan yıllık sonuç raporlarından alınmıştır (Tekeli vd. 2002, 2005). Bu değerler ile belirli hacim ve zamana göre hesaplanılan ilk tutulma ( $I_a$ ), toplam yağış ve ilk tutulma verileri ile belirlenen etkili yağış ( $P_e$ ), iki farklı yaklaşım ile hesaplanılan potansiyel depolama değerleri (S) değerleri izelge 4.12’de verilmiştir.



Çizelge 4.12 Güvenç havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerleri (mm)

Yıllar	P	Q	I <sub>ah</sub>	I <sub>at</sub>	P <sub>e</sub> (P-I <sub>ah</sub> )	S	P <sub>e</sub> (P-I <sub>at</sub> )	S
07.07.1987	28.6	1.3221	1.7	14.9	26.9	520.41	13.7	128.26
20.10.1987	14.5	0.1920	0.4	5.4	14.1	1021.36	9.1	422.20
13.08.1989	16.6	0.3000	0	10.6	16.6	901.93	6.0	114.00
29.11.1989	27.2	2.4885	2.9	14.4	24.3	212.98	12.8	53.38
06.07.1991	12.3	0.1830	0	9.2	12.3	814.42	3.1	49.41
06.10.1991	19.6	1.9500	0	11.2	19.6	177.40	8.4	27.78
05.06.1993	9.8	0.7418	0	4.2	9.8	119.66	5.6	36.67
12.05.1994	1.4	0.8255	0	3.0	15.4	271.89	12.4	173.86
12.07.1995	1.5	0.3600	0	5.0	14.5	569.52	9.5	241.19
26.05.1996	22.4	0.4061	0	6.8	22.4	1213.15	15.6	583.66
24.04.1997	35.0	1.7485	13.2	2.2	21.8	249.99	13.8	95.11
27.05.1998	21.0	0.8417	0.5	10.2	20.5	478.78	10.8	127.77
10.06.1999	14.6	0.8202	0.8	3.8	13.8	218.38	10.8	131.40
24.05.2000	25.0	0.9284	1.5	5.7	23.5	571.34	19.3	381.91
13.05.2001	13.2	0.2326	1.4	2.7	11.8	586.82	10.5	463.48
01.05.2002	12.3	0.2680	6.1	8.0	6.2	137.23	4.3	64.69
18.04.2003	26.0	0.3921	0	3.0	26.0	1698.05	23.0	1326.14
23.06.2004	24.0	0.2539	2.9	12.9	21.1	1732.38	11.1	474.16
26.05.2005	17.1	0.4700	0	10.0	17.1	605.04	7.1	100.15

Güvenç havzasında 1987-2005 su yılı (1Ekim- 30 Eylül) aralığında ait olduğu yılın maksimum yüzey akımı veren toplam 19 adet bireysel olayların toplam yağış verileri sırası ile en düşük 9.8 mm değer ile 1993 yılı haziran ayında, en yüksek 35 mm ile 1997 yılı nisan ayında ölçülmüştür. Yağışlara karşılık en düşük yüzey akım değerleri 0.1830 mm ile 1991 yılı temmuz ayında, en yüksek değer ise 2.4885 mm ile 1989 yılı kasım ayında hesaplanmıştır. Havzada yağış öncesi toprakta ilk nem tutulması (I<sub>ah</sub>) ilk olarak spesifik hacima bağlı olarak belirlenmiş ve 1989, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 2003 ve 2005 yıllarında toplam 9 adet bireysel olayda sıfır hesaplanmıştır. Yani yüzey akımı meydana getiren yağış öncesi toprakta nem birikmesi olmamış, yağış direkt yüzey akım oluşturmuştur. Diğer on adet olayda ise ilk tutulma 0.4 ile 13.2 mm arasında değişmiştir. Belirli zamana bağlı olarak hesaplanan ilk tutulma (I<sub>at</sub>) değerleri ise 2.2 ile 14.9 mm arasında hesaplanmıştır. Havzada yüzey akımı başlatan etkili yağış değerleri ilk tutulma değerlerinin farklı yaklaşımlar ile hesaplanmasına göre değişim göstermiştir. Bu parametrenin havza genelinde yüzey akış dağılımına da önemli etkisi olmuştur. Çalışmanın tartışma bölümünde bu konu detaylı olarak tartışılacaktır. Belirli zamana bağlı olarak toprakta ilk tutulma yüksek olmuş, bu nedenle de 8. sütunda P<sub>e</sub> değeri

belirli hacime bağılı  $P_e$  deęerinden (6 sütün) dűşük çıkmıřtır. Potansiyel depolama S deęerleri (7 ve 9. sütünlar) sırası ile eřitlik 13, 14 a ve 13, 14 b den bulunmuřtur.  $P_e$ ' ye bağılı olarak hesaplanan S deęerleri,  $P_e$ 'nin  $I_{ah}$  ve  $I_{at}$ ' ye gűre hesaplanmasından dolayı farklı bulunmuřtur. Yukarıda da belirtildięi gibi  $P_e$ ; belirli hacime gűre hesaplanveięi zaman S yűksek deęerler (21.38-1732.38 mm), belirli zamana gűre hesaplanveięi zaman ise daha dűřük deęerler (27.78-583.66 mm) vermiřtir.

#### 4.3.1.2 atalkaya havzası

Çatalkaya havzası toplam yaęıř (P), yűzey akım (Q) deęerleri Toprak Gűbre ve Su Kaynakları Merkez Arařtırma Enstitűsű Havza Yűnetimi Bűlűmű teknik elemanları tarafından hazırlanan yıllık raporlardan alınmıřtır (Tekeli ve Babayięit 2007). Belirli hacim ve zamana gűre hesaplanılan ilk tutulma ( $I_a$ ), toplam yaęıř ve ilk tutulma verileri ile belirlenen etkili yaęıř ( $P_e$ ), iki farklı yaklařım ile hesaplanılan potansiyel depolama deęerleri (S) izelge 4.13'de verilmiřtir.

Çizelge 4.13 atalkaya havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerleri (mm)

Yıllar	P	Q	$I_{ah}$	$I_{at}$	$P_e (P-I_{ah})$	S	$P_e (P-I_{at})$	S
11.05.1994	8.2	0.0501	3.0	5.4	5.2	534.52	2.8	153.69
3.05.1995	17.0	0.1537	8.0	12.8	9.0	518.00	4.2	110.57
16.04.1996	16.2	0.3364	5.0	8.6	11.2	361.69	7.6	164.10
2.05.1997	24.3	0.3640	7.8	12.6	16.5	731.44	11.7	364.37
27.04.1998	4.0	0.3044	0	0.9	4.0	48.56	3.1	28.47
24.08.1999	29.2	0.5040	7.7	13.2	21.5	895.66	16.0	491.93
13.04.2000	20.5	0.6373	3.2	12.3	17.3	452.32	8.2	97.31
8.05.2001	10.6	0.0272	2.0	5.4	8.6	2710.52	5.2	988.92
10.07.2002	11.0	0.1150	4.7	7.5	6.3	338.83	3.5	103.02
25.04.2003	19.0	0.0435	5.0	8.9	14.0	4491.75	10.1	2334.96
2.09.2004	18.5	0.0430	5.4	7.6	13.1	3977.83	10.9	2752.12
30.05.2005	25.0	1.9131	6.6	7.7	18.4	158.57	17.3	139.14

Çatalkaya havzasında 1994-2005 su yılı (1 Ekim- 30 Eylűl) aralığında, ait olduğu yılın maksimum yűzey akımı veren 12 adet bireysel olayların toplam yağış verileri (P) sırası

ile en düşük 4.0 mm değer ile 1998 yılı nisan ayında, en yüksek değer ise 29.2 mm ile 1999 yılı ağustos ayında ölçülmüştür. Yağışlara karşılık en düşük yüzey akım değerleri 0.0272 mm ile 2001 yılı mayıs ayında, en yüksek değer ise 1.9131 mm ile 2005 yılı mayıs ayında ölçülmüştür. Havzada yağış öncesi toprakta ilk nem tutulması ( $I_{ah}$ ) belirli hacime bağlı olarak belirlenmiş ve 1998 yılı hariç (0), diğer toplam 11 adet bireysel olayda farklı değerler hesaplanmıştır. Yani 1998 yılı bireysel olayda yüzey akımı meydana getiren yağış öncesi toprakta nem birikmesi olmamış, yağış direkt olarak yüzey akıma etki etmiştir. Diğer 11 adet bireysel olayda ise değer 2.0 ile 7.8 mm arasında değişmiştir. Belirli zamana bağlı olarak hesaplanan ilk tutulma ( $I_{at}$ ) değerleri ise 0.9 ile 13.2 mm arasında hesaplanmıştır. Havzada yüzey akımı başlatan etkili yağış değerleri ilk tutulma değerlerinin farklı yaklaşımlarla hesaplanmasına göre değişen değerler almıştır. Diğer havzalarda olduğu gibi Çatalkaya havzasında da bu parametrenin yüzey akış dağılımına önemli etkisi olmuştur. Çalışmanın ileriki bölümlerinde bu konu detaylı olarak tartışılacaktır. Etkili yağış ( $P_e$ ) değerleri belirli zaman ve hacime bağlı ilk tutulma değerlerine göre hesaplanmıştır. Belirli zamana bağlı olarak toprakta ilk tutulma yüksek olmuş, bu nedenle de 8. sütunda  $P_e$  değeri belirli hacime bağlı  $P_e$  değerinden (6 sütun) daha düşük değerler vermiştir. Potansiyel depolama S değerleri (7 ve 9 nolu sütunlar)  $P_e$ 'nin  $I_{ah}$  ve  $I_{at}$ 'ye göre belirlenmesinden dolayı farklı değerler almıştır.  $P_e$  belirli hacime göre hesaplanacağı zaman S yüksek değerler, (48.56-3977.83 mm) belirli zamana göre hesaplanacağı zaman ise diğerine göre düşük değerler (153.69-2752.12 mm) vermiştir.

#### **4.3.1.3 Kurukavak havzası**

Kurukavak havzası toplam yağış (P), yüzey akım (Q) değerleri Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü-Eskişehir Havza Yönetimi Bölümü teknik elemanları tarafından hazırlanan yıllık raporlardan alınmıştır (Karaş 2000). Belirli zaman ve hacme göre hesaplanılan ilk tutulma ( $I_a$ ), toplam yağış ve ilk tutulma verileri ile belirlenen etkili yağış ( $P_e$ ), iki farklı yaklaşım ile hesaplanılan potansiyel depolama değerleri (S) değerleri çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Kurukavak havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerleri (mm)

Yıllar	P	Q	$I_{ah}$	$I_{at}$	$P_e (P-I_{ah})$	S	$P_e (P-I_{at})$	S
25.05.1984	16.1	0.1661	0.0	9.0	16.1	1560.4	7.1	300.43
08.04.1985	7.3	0.1324	0.4	5.2	6.9	359.46	2.1	31.20
05.11.1986	16.6	0.1560	2.0	7.3	14.6	1366.25	9.3	549.03
19.06.1987	15.3	0.1930	3.8	13.5	11.5	685.04	1.8	16.46
29.06.1988	28.3	4.2819	0.0	10.2	28.3	182.76	18.1	72.08
30.09.1989	26.8	0.1020	10.0	15.4	16.8	2766.96	11.4	1274.46
18.10.1989	48.6	0.8560	8.9	27.5	39.7	1840.37	21.1	517.08
09.04.1991	22.4	0.9320	8.2	16.2	14.2	202.15	6.2	35.04
15.06.1992	63.8	1.0589	13.8	25.7	50.0	2359.88	38.1	1366.85
25.10.1992	30.1	1.0489	10.3	21.8	19.8	372.71	8.3	65.41
31.07.1994	48.2	1.7150	10.3	28.9	37.9	835.84	19.3	215.82
12.10.1994	33.8	1.5650	16.4	26.6	17.4	191.89	7.2	31.24

Kurukavak havzasında 1984-1995 su yılı (1 Ekim- 30 Eylül) ölçeğinde, ait olduğu yılın maksimum yüzey akımı veren 12 adet bireysel olayların toplam yağış verileri (P) sırası ile en düşük 7.3 mm değer ile 1985 yılı nisan ayında, en yüksek değer ise 63.8 mm ile 1992 yılı haziran ayında ölçülmüştür. Yağışlara karşılık en düşük yüzey akım değerleri 0.1020 mm ile 1989 yılı eylül ayında, en yüksek değer ise 4.2819 mm ile 1988 yılı haziran ayında ölçülmüştür. Havzada yağış öncesi toprakta ilk nem tutulması ( $I_{ah}$ ) belirli hacime bağlı olarak belirlenmiş ve 1984 ve 1988 yılları hariç (0), diğer toplam 10 adet bireysel olayda farklı değerler hesaplanmıştır. Yani 1984 ve 1988 yılı bireysel olaylarında yüzey akımı meydana getiren yağış öncesi toprakta nem birikmesi olmamış, yağış direkt yüzey akıma etki etmiştir. Diğer 10 adet bireysel olayda ise değer 0.4 ile 13.8 mm arasında değişmiştir. Metodoloji gereği belirli zamana bağlı olarak hesaplanan ilk tutulma ( $I_{at}$ ) ise 5.2 ile 28.9 mm arasında değerler almıştır. Havzada yüzey akımı başlatan etkili yağış değerleri ilk tutulma değerlerinin farklı yaklaşımlar ile hesaplanmasına göre değişen değerler almıştır. Etkili yağış ( $P_e$ ) değerleri belirli zaman ve hacime bağlı ilk tutulma değerlerine göre hesaplanmıştır. Belirli zamana bağlı olarak toprakta ilk tutulma yüksek olmuş, bu nedenle de 8. sütunda  $P_e$  değeri belirli hacime bağlı  $P_e$  değerinden (6 sütun) daha düşük değerler vermiştir. Potansiyel depolama S değerleri (7 ve 9) sütunlar  $P_e$  'nin  $I_{ah}$  ve  $I_{at}$  'ye göre belirlenmesinden dolayı farklı değerler almıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi  $P_e$  belirli hacime göre hesaplanmıştır.

S yüksek değerler, (182.76-2766.96 mm) belirli zamana göre hesaplanacağı zaman ise diğerine göre düşük değerler (16.46-1366.85 mm) vermiştir.

#### 4.3.1.4 Uğrak havzası

Uğrak havzası toplam yağış (P), yüzey akım (Q) değerleri Tokat Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Havza Yönetimi Bölümü teknik elemanları tarafından hazırlanan yıllık raporlardan alınmıştır (Oğuz ve Balçın 2003). Bu değerler ile belirli zaman ve hacme göre hesaplanılan ilk tutulma ( $I_{ah}$ ), toplam yağış ve ilk tutulma verileri ile belirlenen etkili yağış ( $P_e$ ), iki farklı yaklaşım ile hesaplanılan potansiyel depolama değerleri (S) değerleri çizelge 4.15’de verilmiştir.

**Çizelge 4.15** Uğrak havzası yağış, akım, ilk tutulma, etkili yağış ve depolama değerleri

Yıllar	P	Q	$I_{ah}$	$I_{at}$	$P_e$ (P- $I_{ah}$ )	S	$P_e$ (P- $I_{at}$ )	S
23.06.1979	24.9	0.6100	1.4	17.8	23.5	881.83	7.1	75.54
08.05.1980	11.2	0.4400	5.3	8.6	5.9	73.21	2.6	12.76
11.09.1981	18.8	0.1700	6.7	14.7	12.1	849.14	4.1	94.78
21.05.1982	26.5	1.7500	10.8	18.0	15.7	125.15	8.5	32.78
30.05.1983	11.1	0.3600	1.3	8.2	9.8	256.98	2.9	20.46
15.05.1984	7.9	0.1255	1.3	5.7	6.6	340.49	2.2	36.37
16.05.1985	1.3	0.0200	0.0	0.5	1.3	83.20	0.8	31.20
14.06.1986	14.5	0.6700	0.0	5.8	14.5	299.31	8.7	104.27
15.04.1987	5.9	0.0320	3.8	4.8	2.1	135.71	1.1	36.71
03.06.1988	10.5	0.1300	1.8	6.1	8.7	573.53	4.4	144.52
04.06.1989	4.6	0.0600	1.5	1.3	3.1	157.07	3.3	178.20
11.05.1990	11.5	0.6000	0.8	2.6	10.7	180.12	8.9	123.12
16.04.1991	27.8	0.7917	9.1	14.1	18.7	422.99	13.7	223.37
09.07.1992	16.5	0.1310	6.7	12.7	9.8	723.33	3.8	106.43
25.05.1993	14.8	0.1200	3.0	5.7	11.8	1148.53	9.1	680.98
07.10.1993	11.0	0.0590	4.0	9.3	7.0	823.51	1.7	47.28
06.05.1995	12.5	0.1250	4.2	10.3	8.3	542.82	2.2	36.52
18.04.1996	18.6	0.7000	3.2	7.6	15.4	323.40	11.0	161.86
19.04.1997	6.9	0.0300	1.8	5.0	5.1	861.90	1.9	118.43
14.05.1998	13.9	0.3550	2.2	6.3	11.7	373.91	7.6	155.10
13.04.1999	17.4	0.0800	9.4	14.5	8.0	792.00	2.9	102.23
27.05.2000	16.1	0.5600	4.1	11.9	12.0	245.14	4.2	27.30
12.09.2002	19.9	0.1430	2.7	9.5	17.2	2051.61	10.4	745.96

Uğrak havzasında 1974-2002 su yılı (1 Ekim- 30 Eylül) aralığında, ait olduğu yılın maksimum yüzey akımı veren 23 adet bireysel olayın toplam yağış verileri (P) sırası ile en düşük 1.3 mm değer ile 1985 yılı mayıs ayında, en yüksek değer ise 27.8 mm ile 1991 yılı nisan ayında ölçülmüştür. Yağışlara karşılık en düşük yüzey akım değerleri 0.0200 mm ile 1985 yılı mayıs ayında, en yüksek değer ise 1.7500 mm ile 1982 yılı mayıs ayında ölçülmüştür. Havzada yağış öncesi toprakta ilk nem tutulması ( $I_{ah}$ ) belirli hacime bağlı olarak belirlenmiş ve 1985 ve 1986 yılları hariç (0), diğer toplam 21 adet bireysel olayda farklı değerler hesaplanmıştır. Başka bir ifadeyle, 1985 ve 1986 yılı bireysel olaylarında yüzey akımı meydana getiren yağış öncesi toprakta nem birikmesi olmamış, yağış direkt yüzey akıma etki etmiştir. Diğer 21 adet bireysel olayda ise değer 1.3 ile 10.8 mm arasında değişmiştir. Belirli zamana bağlı olarak hesaplanan ilk tutulma ( $I_{at}$ ) ise 0.9 ile 20.9 mm arasında değerler almıştır. Havzada yüzey akımı başlatan etkili yağış değerleri ilk tutulma değerlerinin farklı yaklaşımlar ile hesaplanmasına göre farklı değerler almıştır. Bu parametrenin diğer havzalarda olduğu gibi havza genelinde yüzey akış dağılımına da önemli etkisi olmuştur. Etkili yağış ( $P_e$ ) değerleri belirli zaman ve hacime bağlı ilk tutulma değerlerine göre hesaplanmıştır. Belirli zamana bağlı olarak toprakta ilk tutulma yüksek olmuş, bu nedenle de 8. sütunda  $P_e$  değeri belirli hacime bağlı  $P_e$  değerinden (6 sütun) daha düşük değerler vermiştir. Potansiyel depolama S değerleri (sütun 7 ve 9)  $P_e$ 'nin  $I_{ah}$  ve  $I_{at}$ ' ye göre belirlenmesinden dolayı farklı değerler almıştır (sütun 9 ve 10). Etkili yağış,  $P_e$  belirli hacime göre hesaplanması zaman S yüksek değerler, (73.21-2051.61 mm) belirli zamana göre hesaplanması zaman ise diğerine göre düşük değerler (12.32 -745.96 mm) vermiştir.

### **4.3.2 Havzalarda ilk tutulma katsayısı ve ön yağış indeksi**

#### **4.3.2.1 Güvenç havzası**

Güvenç havzasında Genel Model Uygunluk yöntemi ile hesaplanılan ve yağış-akım fonksiyonu minimize eden  $\lambda_1$  değerleri her bireysel olay için 0.2 değerini almıştır (Ek 1). Yöntemde de belirtildiği gibi  $\lambda$  katsayısına çeşitli değerler verilmiştir. Güvenç havzası için; SCS tarafından geliştirilmiş ve havza çalışmalarında yaygın olarak kullanılan 0.2 katsayısı 1987-2005 yılları arasında S değerinin Eşitlik (3)'den

hesaplanması her bir bireysel olay için fonksiyonu minimize eden rakam olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 Güvenç havzası  $\lambda$  katsayıları ve ön yağış indeksi

Yıllar	$I_{ah}$ (mm)	$I_{at}$ (mm)	P (mm)	$P_e$ (mm)	$P_e$	Q (mm)	S (mm)	$\lambda_1$	S (mm)	$\lambda_2$	S (mm)	$\lambda_3$	API- 10 (mm)	API- 20 (mm)
7.07.1987	17	14.9	28.6	26.9	13.7	1.3221	86.21	0.2	520.20	0.003267	128.26	0.016167	0.5	2.7
20.10.1987	04	5.4	14.5	14.1	9.1	0.1920	5567	0.2	1021.37	0.000392	422.20	0.012790	4.3	4.3
13.08.1989	0.0	10.6	16.6	16.6	6.0	0.3000	60.87	0.2	901.93	0.000000	114.00	0.092982	0.0	4.0
29.11.1989	2.9	144	27.2	24.3	12.8	2.4885	65.60	0.2	212.99	0.013616	53.04	0.271499	31.6	37.9
6.07.1991	0.0	9.2	12.3	12.3	3.1	0.1830	46.46	0.2	814.42	0.000000	49.41	0.186183	1.9	3.0
6.10.1991	0.0	11.2	19.6	19.6	8.4	1.9500	45.68	0.2	177.41	0.000000	27.78	0.403101	10.5	11.0
5.06.1993	0.0	4.2	9.8	9.8	5.6	0.7418	25.37	0.2	119.67	0.000000	36.68	0.114518	11.6	19.7
12.05.1994	0.0	3.0	15.4	15.4	12.4	0.8255	44.54	0.2	271.89	0.000000	173.86	0.017255	43.5	44.3
12.07.1995	0.0	5.0	14.5	14.5	9.5	0.3600	50.30	0.2	569.53	0.000000	241.19	0.020730	22.7	25.6
26.05.1996	0.0	6.8	22.4	22.4	15.6	0.4061	82.10	0.2	1213.16	0.000000	583.66	0.011651	4.9	20.6
24.04.1997	13.2	21.2	35.0	21.8	13.8	1.7485	10.29	0.2	249.99	0.052800	95.11	0.222885	22.0	39.4
27.05.1998	0.5	10.2	21.0	20.5	10.8	0.8417	65.66	0.2	478.79	0.001044	127.78	0.079827	32.2	36.4
10.06.1999	0.8	3.8	14.6	13.8	10.8	0.8202	41.65	0.2	218.39	0.003663	131.40	0.028917	15.3	25.5
24.05.2000	1.5	5.7	25.0	23.5	19.3	0.9284	79.62	0.2	571.34	0.002625	381.91	0.014925	0.6	16.6
13.05.2001	1.4	2.7	13.2	11.8	10.5	0.2326	48.60	0.2	586.82	0.002386	463.49	0.005825	40.2	41.5
1.05.2002	6.1	8.0	12.3	6.2	4.3	0.2680	43.70	0.2	137.23	0.044450	64.69	0.123662	4.5	14.1
18.04.2003	0.0	3.0	26.0	26.0	23.0	0.3921	98.00	0.2	1698.05	0.000000	1326.15	0.002262	2.6	7.0
23.06.2004	2.9	12.9	24.0	21.1	11.1	0.2539	94.82	0.2	1732.38	0.001674	474.17	0.027205	6.5	10.2
26.05.2005	0.0	10.0	17.1	17.1	7.1	0.4700	58.16	0.2	605.05	0.000000	100.16	0.099845	3.6	8.7

Havzada Bireysel Olaylar Analiz yöntemi ile  $\lambda_2$  katsayısı hesaplanmış ve Çizelge 4.16' da 11 ve 13 nolu sütunlarda verilmiştir. S değerinin  $I_{ah}$  den ve  $I_{at}$  den hesaplanması durumlarına göre Güvenç havzası için  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayıları sırası ile 0.00-0.0528 ve 0.002262-0.403101 değerleri arasında bulunmuştur.  $\lambda_2$  katsayısı  $I_{ah}$  nin 0 olduğu olaylarda dolayısıyla 0 değerini vermiştir. Havzada  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayı ortalama değerleri sırasıyla 0.0066 ve 0.0974 hesaplanmıştır. Ön yağış İndeks değerleri ise yüzey akış meydana getiren bireysel olaylardan önceki 10 ve 20 gün içerisinde sırası ile 0.0 - 43.5 mm, 2.7-44.3 mm değerleri arasında değişim göstermiştir.

#### 4.3.2.2 Çatalkaya havzası

Çatalkaya havzasında Genel Model Uygunluk yöntemi ile hesaplanılan ve fonksiyonu minimize eden  $\lambda_1$  değerleri her bireysel olay için 0.2 değerini almıştır (Ek 2). Hesaplamalarda  $\lambda_1$  katsayısına çeşitli değerler verilmiştir. Çatalkaya havzası için; SCS tarafından geliştirilmiş ve havza çalışmalarında yaygın olarak kullanılan 0.2 katsayısı 1994-2005 yılları arasında S değerinin eitlik (3)'den hesaplanması her bir bireysel olay için fonksiyonu minimize eden rakam olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17 Çatalkaya havzası  $\lambda$  katsayıları ve ön yağış indeksi

Yıllar	$I_{ah}$ (mm)	$I_{at}$ (mm)	P (mm)	$P_c$ (mm)	$P_e$ (mm)	Q (mm)	S (mm)	$\lambda_1$	S (mm)	$\lambda_2$	S (mm)	$\lambda_3$	API- 10 (mm)	API- 20 (mm)
11.05.1994	3.0	5.4	8.2	5.2	2.8	0.0501	34.31	0.2	534.52	0.005613	153.69	0.035136	10.9	14.8
03.05.1995	8.0	12.8	17.0	9.0	4.2	0.1537	68.39	0.2	518.00	0.015444	110.57	0.115765	3.5	6.9
16.04.1996	5.0	8.6	16.2	11.2	7.6	0.3364	58.04	0.2	361.69	0.013824	164.10	0.052407	6.4	9.6
02.05.1997	7.8	12.6	24.3	16.5	11.7	0.3640	91.69	0.2	731.44	0.010664	364.37	0.03458	12.3	16.9
27.04.1998	0	0.9	4.0	4.0	3.1	0.3044	10.33	0.2	48.56	0.000000	28.47	0.031612	32.9	33.9
24.08.1999	7.7	13.2	29.2	21.5	16.0	0.5040	107.85	0.2	895.66	0.008597	491.93	0.026833	3.4	3.4
13.04.2000	3.2	12.3	20.5	17.3	8.2	0.6373	67.96	0.2	452.32	0.007075	97.31	0.126403	2.1	2.1
08.05.2001	2.0	5.4	10.6	8.6	5.2	0.0272	47.26	0.2	2710.52	0.000738	988.92	0.005461	16.4	17.5
10.07.2002	4.7	7.5	11.0	6.3	3.5	0.1150	43.52	0.2	338.83	0.013871	103.02	0.072800	9.7	10.9
25.04.2003	5.0	8.9	19.0	14.0	10.1	0.0435	85.26	0.2	4491.75	0.001113	2334.96	0.003812	26.8	28.9
02.09.2004	5.4	7.6	18.5	13.1	10.9	0.0430	82.94	0.2	3977.83	0.001358	2752.12	0.002762	0.0	1.5
30.05.2005	6.6	7.7	25.0	18.4	17.3	1.9131	64.47	0.2	158.57	0.041622	139.14	0.055339	31.8	34.8

S değerinin  $I_{ah}$  ve  $I_{at}$  'den hesaplanması durumlarına göre Çatalkaya havzası için  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayıları sırası ile 0.00-0.041622 ve 0.02762-0.115765 değerleri arasında bulunmuştur.  $\lambda_2$  katsayısı  $I_{ah}$  'nin 0 olduğu olaylarda dolayısıyla 0 değerini almıştır.



Havzada  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayı ortalamaları sırasıyla 0.0099 ve 0.0469 hesaplanmıştır. Ön yağış İndeks değerleri ise yüzey akış meydana getiren bireysel olaylardan önceki 10 ve 20 gün içersinde sırası ile 0.0–32.9 mm, 1.5-34.8 mm değerleri arasında değişim göstermiştir.

#### 4.3.2.3 Kurukavak havzası

Kurukavak havzasında Genel Model Uygunluk yöntemi ile hesaplanılan ve fonksiyonu minimize eden  $\lambda_1$  değerleri her bireysel olay için 0.2 değerini almıştır (Ek 3). Hesaplamalarda  $\lambda$  katsayısına çeşitli değerler verilmiştir. Kurukavak havzası için; SCS tarafından geliştirilmiş ve havza çalışmalarında yaygın olarak kullanılan 0.2 katsayısı, 1984-1995 yılları arasında S değerinin eşitlik (3)'den hesaplanacağı her bir bireysel olay için fonksiyonu minimize eden rakam olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18 Kurukavak havzası  $\lambda$  katsayıları ve ön yağış indeksi

Yıllar	$I_{ah}$ (mm)	$I_{at}$ (mm)	P (mm)	$P_e$ (mm)	$P_e$ (mm)	Q (mm)	S (mm)	$\lambda_1$	S (mm)	$\lambda_2$	S (mm)	$\lambda_3$	API- 10 (mm)	API- 20 (mm)
25.05.1984	0.0	9.0	16.1	16.1	7.1	0.1661	63.80	0.2	1560.4	0.00000	300.43	0.030069	0.0	0.9
08.04.1985	0.4	5.2	7.3	6.9	2.1	0.1324	26.75	0.2	359.46	0.001113	31.20	0.166666	5.8	11.6
05.11.1986	2.0	7.3	16.6	14.6	9.3	0.156	66.50	0.2	1366.25	0.001464	549.03	0.013376	26.7	37.2
19.06.1987	3.8	13.5	15.3	11.5	1.8	0.193	59.12	0.2	685.04	0.005547	16.46	0.820384	0.0	3.1
29.06.1988	0.0	10.2	28.3	28.3	18.1	4.2819	54.00	0.2	182.76	0.00000	72.08	0.141769	14.3	19.3
30.09.1989	10.0	15.4	26.8	16.8	11.4	0.102	116.51	0.2	2766.96	0.003614	1274.46	0.012082	1.1	1.1
18.10.1989	8.9	27.5	48.6	39.7	21.1	0.856	178.94	0.2	1840.37	0.004836	517.08	0.053268	50.3	55.1
09.04.1991	8.2	16.2	22.4	14.2	6.2	0.932	69.39	0.2	202.15	0.040563	35.04	0.462322	71.6	78.8
15.06.1992	13.8	25.7	63.8	50.0	38.1	1.0589	237.09	0.2	2359.88	0.005848	1366.85	0.018832	17.9	18.6

25.10.1992	10.3	21.8	30.1	19.8	8.3	1.0489	97.30	0.2	372.71	0.027635	65.41	0.332557	38.1	52.5
31.07.1994	10.3	28.9	48.2	37.9	19.3	1.715	155.06	0.2	835.84	0.012323	215.82	0.133840	3.2	3.2
12.10.1994	16.4	26.6	33.8	17.4	7.2	1.565	101.84	0.2	191.89	0.085465	31.24	0.852638	14.5	14.5

S değerinin  $I_{ah}$  ve  $I_{at}$  den hesaplanması durumlarına göre havza için  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayıları sırası ile 0.00-0.085465 ve 0.012082-0.852638 değerleri arasında bulunmuştur.  $\lambda_2$  katsayısı  $I_{ah}$  'nin 0 olduğu olaylarda dolayısıyla 0 değerini almıştır. Havzada  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayı ortalamaları sırasıyla 0.0157 ve 0.2531 hesaplanmıştır. Ön yağış indeks değerleri ise 10 ve 20 gün içerisinde sırasıyla 0.0– 71.6 mm, 0.9-78.8 mm değerleri arasında değişim göstermiştir.

#### 4.3.2.4 Uğrak havzası

Havzada Genel Model Uygunluk yöntemi ile hesaplanılan ve fonksiyonu minimize eden  $\lambda_1$  değerleri, her bireysel olay için 0.2 değerini almıştır (Ek 4). Hesaplamalarda  $\lambda$  katsayısına çeşitli değerler verilmiştir. Uğrak havzası için; SCS tarafından geliştirilmiş ve havza çalışmalarında yaygın olarak kullanılan 0.2 katsayısı 1979-2002 yılları arasında S değerinin eşitlik (3)'den hesaplanması her bir bireysel olay için fonksiyonu minimize eden rakam olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19 Uğrak havzası  $\lambda$  katsayıları ve ön yağış indeksi

Yıllar	$I_{ah}$ (mm)	$I_{at}$ (mm)	P (mm)	$P_e$ (mm)	$P_e$ (mm)	Q (mm)	S (mm)	$\lambda_1$	S (mm)	$\lambda_2$	S (mm)	$\lambda_3$	API- 10 (mm)	API- 20 (mm)
23.06.1979	1.4	17.8	24.9	23.5	7.1	0.6100	86.60	0.2	881.83	0.001588	75.54	0.235504	0.0	2.5
08.05.1980	5.3	8.6	11.2	5.9	2.6	0.4400	35.19	0.2	73.21	0.072391	12.76	0.670846	34.8	36.9
11.09.1981	6.7	14.7	18.8	12.1	4.1	0.1700	75.64	0.2	849.14	0.007890	94.78	0.155096	6.7	6.7
21.05.1982	10.8	18.0	26.5	15.7	8.5	1.7500	71.88	0.2	125.15	0.086295	32.78	0.549019	34.7	33.2
30.05.1983	1.3	8.2	11.1	9.8	2.9	0.3600	36.46	0.2	256.98	0.005059	20.46	0.400782	6.9	10.2
15.05.1984	1.3	5.7	7.9	6.6	2.2	0.1255	29.55	0.2	340.49	0.003818	36.37	0.156021	21.6	25.7
16.05.1985	0.0	0.5	1.3	1.3	0.8	0.0200	4.89	0.2	83.20	0.000000	31.20	0.016026	12.8	13.0
14.06.1986	0.0	5.8	14.5	14.5	8.7	0.6700	43.71	0.2	299.31	0.000000	104.27	0.055625	27.8	30.7
15.04.1987	3.8	4.8	5.9	2.1	1.1	0.0320	24.95	0.2	135.71	0.028000	36.71	0.130755	20.6	23.7

03.06.1988	1.8	6.1	10.5	8.7	4.4	0.1300	40,67	0.2	573.53	0.003138	144.52	0.042001	14.3	16.4
04.06.1989	1.5	1.3	4.6	3.1	3.3	0.0600	13.37	0.2	157.07	0.009550	178.20	0.007295	45.8	46.3
11.05.1990	0.8	2.6	11.5	10.7	8.9	0.6000	33.52	0.2	180.12	0.004442	123.12	0.021118	32.3	46.2
16.04.1991	9.1	14.1	27.8	18.7	13.7	0.7917	93.87	0.2	422.99	0.021513	223.37	0.063161	63.1	68.6
09.07.1992	6.7	12.7	16.5	9.8	3.8	0.1310	67.32	0.2	723.33	0.009263	106.43	0.119043	17.3	22.1
25.05.1993	3.0	5.7	14.8	11.8	9.1	0.1200	60.25	0.2	1148.53	0.002612	680.98	0.008341	15.1	22.2
07.10.1993	4.0	9.3	11.0	7.0	1.7	0.0590	46.56	0.2	823.51	0.004857	47.28	0.197568	1.5	1.5
06.05.1995	4.2	10.3	12.5	8.3	2.2	0.1250	49.72	0.2	542.82	0.007737	36.52	0.281353	16.8	25.9
18.04.1996	3.2	7.6	18.6	15.4	11.0	0.7000	59.05	0.2	323.40	0.009895	161.86	0.046955	12.2	15.9
19.04.1997	1.8	5.0	6.9	5.1	1.9	0,0300	29.70	.2	861.90	0.002088	118.43	0.041966	9.6	12.6
14.05.1998	2.2	6.3	13.9	11.7	7.6	0.3550	47.96	0.2	373.91	0.005884	155.10	0.040909	28.7	33.5
13.04.1999	9.4	14.5	17.4	8.0	2.9	0.0800	74.58	0.2	792.00	0.011869	102.23	0.142033	6.7	19.3
27.05.2000	4.1	11.9	16.1	12.0	4.2	0.5600	52.07	0.2	245.14	0.016725	27.30	0.437363	14.2	14.9
12.09.2002	2.7	9.5	19.9	17.2	10.4	0.1430	82.01	0.2	2051.61	0.001316	745.96	0.012678	21.5	22.1

S değerinin  $I_{ah}$  ve  $I_{at}$  den hesaplanması durumlarına göre Uğrak havzası için  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayıları sırası ile 0.00-0.86295 ve 0.007295-0.670846 değerleri arasında bulunmuştur. Havzada  $\lambda_2$  ve  $\lambda_3$  katsayıları ortalamaları sırasıyla 0.0137 ve 0.1665 olarak hesaplanmıştır. Ön yağış İndeks değerleri ise yüzey akış meydana getiren bireysel olaylardan önceki 10 ve 20 gün içerisinde sırası ile 0.0–63.1 mm, 1.5-68.6 mm değerleri arasında olmuştur.

### 4.3.3 Verilerin analizi ve yüzey akış eğri numaraları

#### 4.3.3.1 Güvenç Havzası

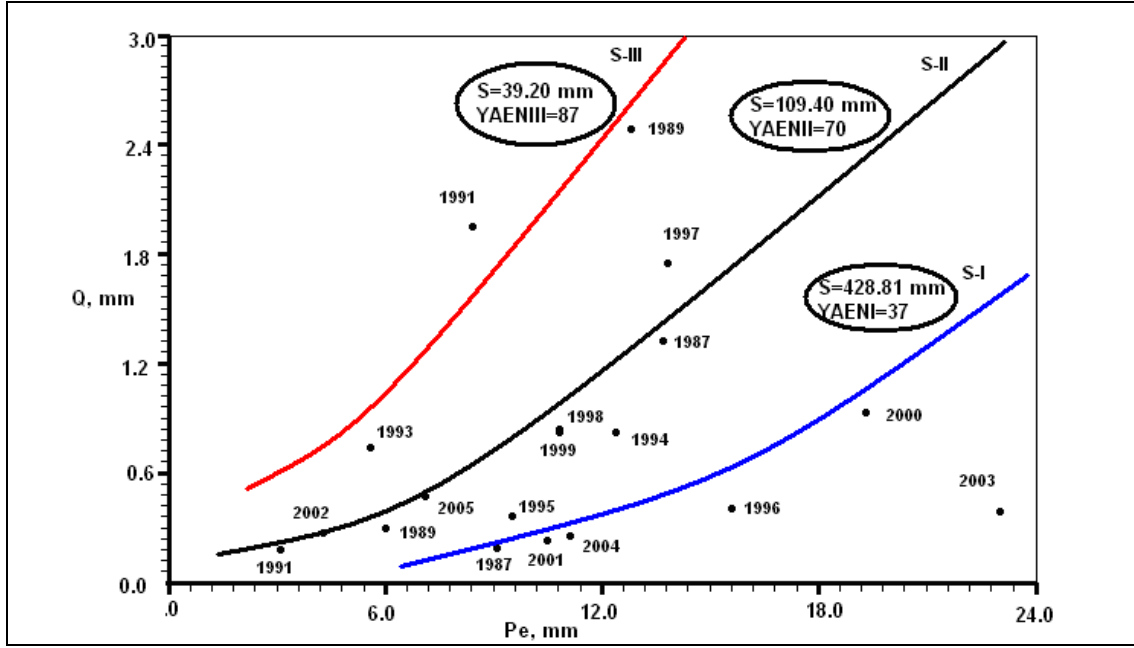
Hacımsal ilk tutulma değerine göre hesaplanılan  $A_{f1}$  değerleri % 2.39 ile % 19.43; zamana bağlı olarak değişen toplam ilk tutulma değerlerine göre hesaplanılan  $A_{f2}$  değerleri ise % 3.38 ile % 41.03 arasında değişkenlik göstermiştir. (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Güvenç havzası yüzey akış kısmi katkılı alan dağılımı

Yıllar	P (mm)	$I_{ah}$ (mm)	$I_{at}$ (mm)	Pe (P- $I_{ah}$ ) (mm)	Pe (P- $I_{at}$ ) (mm)	S (mm)	$A_{f1}$ % (5 nolu Pe sütun)	S (mm)	$A_{f2}$ % (6 nolu Pe sütun)
--------	-----------	------------------	------------------	------------------------------	------------------------------	-----------	---------------------------------------	-----------	---------------------------------------

7.07.1987	28.6	1.7	14.9	26.9	13.7	520.20	9.58	128.26	18.36
20.10.1987	14.5	0.4	5.4	14.1	9.1	1021.37	2.70	422.20	4.17
13.08.1989	16.6	0	10.6	16.6	6.0	901.93	3.58	114.00	9.75
29.11.1989	27.2	2.9	14.4	24.3	12.8	212.99	19.43	53.04	35.10
6.07.1991	12.3	0	9.2	12.3	3.1	814.42	2.95	49.41	11.45
6.10.1991	19.6	0	11.2	19.6	8.4	177.41	18.90	27.78	41.03
5.06.1993	9.8	0	4.2	9.8	5.6	119.67	14.56	36.68	24.73
12.05.1994	1.4	0	3.0	15.4	12.4	271.89	10.43	173.86	12.87
12.07.1995	1.5	0	5.0	14.5	9.5	569.53	4.90	241.19	7.43
26.05.1996	22.4	0	6.8	22.4	15.6	1213.16	3.59	583.66	5.13
24.04.1997	35.0	13.2	2.2	21.8	13.8	249.99	15.39	95.11	23.73
27.05.1998	21.0	0.5	10.2	20.5	10.8	478.79	8.04	127.78	14.97
10.06.1999	14.6	0.8	3.8	13.8	10.8	218.39	11.53	131.41	14.61
24.05.2000	25.0	1.5	5.7	23.5	19.3	571.34	7.74	381.91	9.38
13.05.2001	13.2	1.4	2.7	11.8	10.5	586.82	3.90	463.49	4.38
1.05.2002	12.3	6.1	8.0	6.2	4.3	137.23	8.45	64.69	12.07
18.04.2003	26.0	0	3.0	26.0	23.0	1698.05	2.99	1326.15	3.38
23.06.2004	24.0	2.9	12.9	21.1	11.1	1732.38	2.39	474.17	4.52
26.05.2005	17.1	0	10.0	17.1	7.1	605.05	5.42	100.16	12.80

Bu çalışmada; etkili yağış ve yüzey akış değerleri grafikte işaretlenmiş ve bu verilerden hesaplanmış S'ler (Çizelge 4.20, 9.sütun) yeniden düzenlenmiştir (Şekil 4.4). Grafikte işaretlenen her nokta 1987-2005 yılları arasında ölçülen etkili yağış ve yüzey akış değerlerini göstermektedir. Veriler üç farklı eğri etrafında sıralanmıştır. Her bir eğri üzerinde yer alan S değerleri havza topraklarının farklı iklim şartlarını yansıttığını göstermiştir. Güvenç havzası ve diğer havzalardaki S eğrileri Steenhuis vd. (1995)' in verdiği tanımla ifade edilmiştir. Eğri I, eğri II ve Eğri III etrafında yer alan bireysel olaylara ait S, ortalama S değerleri ve ortalama S den hesaplanılan  $A_f$  değerleri çizelge 4.21' de verilmiştir.



Şekil 4.4 Güvenç havzası etkili yağış ve yüzey akışa göre S eğrileri

Güvenç havzasında 1989, 1992 ve 1993 su yıllarında ölçülen etkili yağış ve akım değerleri ve dolayısıyla S' ler (53.3, 27.7 ve 36.6 mm) belirli bir nokta etrafında toplanmışlardır.

Çizelge 4.21. Güvenç havzası düzenlenmiş S ve A<sub>f</sub> değerleri

Eğriler	S (mm)	A <sub>f</sub> (%)	S <sub>ort</sub> (mm)	YAEN	A <sub>f</sub> (%)	P <sub>e</sub> (mm)
<b>Eğri III</b>	<b>S-III</b>			<b>YAEN=87</b>		
Kasım 89	53.3	35.10	39.20		43.17	12.8
Ekim 91	27.7	41.03	39.20		32.17	8.4
Haziran 93	36.6	24.73	39.20		23.43	5.6
<b>Eğri II</b>	<b>S-II</b>			<b>YAEN=70</b>		
Temmuz 87	128.26	18.36	109.41		21.01	13.7
Agustos 89	114.00	9.75	109.41		10.12	6.0
Temmuz 91	49.41	11.40	109.41		5.43	3.1
Mayıs 94	173.86	12.87	109.41		19.32	12.4
Nisan 97	95.11	23.73	109.41		21.14	13.8
Mayıs 98	127.77	14.97	109.41		17.16	10.8
Haziran 99	131.40	14.61	109.41		17.16	10.8
Ekim 02	64.69	12.07	109.41		7.42	4.3
Mayıs 05	100.15	12.80	109.41		11.81	7.1
<b>Eğri I</b>	<b>S-I</b>			<b>YAEN=37</b>		
Ekim 87	422.20	4.17	427.81		6.10	9.1
Temmuz 95	241.49	7.43	427.81		4.29	9.5
Mayıs 96	583.66	5.13	427.81		6.91	15.6
Mayıs 00	381.91	9.38	427.81		8.44	19.3
Mayıs 01	463.48	4.38	427.81		4.73	10.5
Nisan 03	1326.15*	3.38	427.81		9.94	23.0
Haziran 04	474.16	4.52	427.81		4.99	11.1

(\*) Rakam değerlendirmeye alınmamıştır.

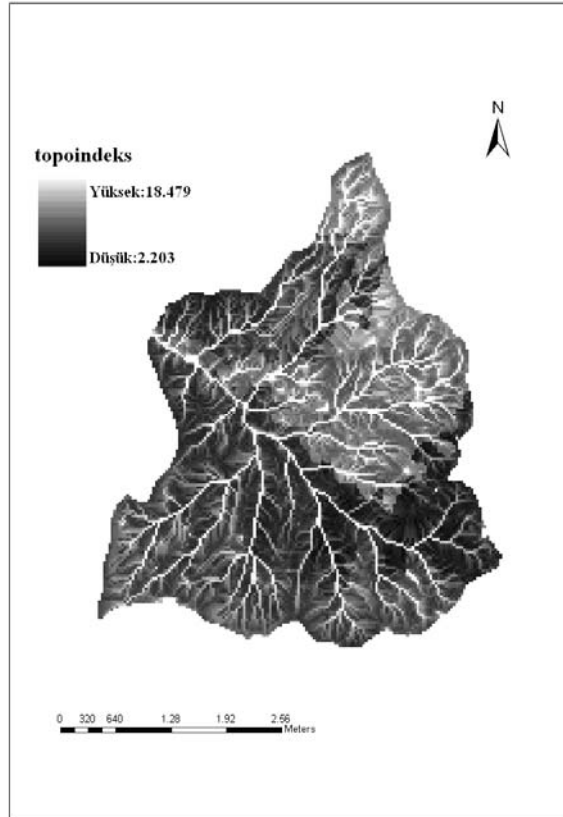
Bu noktalardan III nolu eğri geçirilmiş ve ortalama S değeri 39.20 mm bulunmuştur. Ortalama S değerine karşılık eşitlik (11)'den YAEN 87 olarak hesaplanmıştır. Ortalama S değeri ile eşitlik (12) kullanılarak hesaplanılan A<sub>f</sub> değerleri sırası ile % 43.17, %32.17, % 23.43 olmuştur. Eğri-I için P<sub>e</sub> değerleri 5.6-12.8 mm arasında değişme göstermiştir. II nolu S eğrisi sırası ile 1987, 1989, 1991, 1994, 1997, 1998, 1999, 2002, 2005 yılları değerlerinin ortalaması ile 109.41mm hesaplanmıştır. Bu değere karşılık gelen YAEN 70 olmuştur. Ortalama S ile hesaplanılan A<sub>f</sub> değerleri ise % 5.43 ile % 21.14 arasında değişmiştir. Eğri-II için P<sub>e</sub> 3.1 ile 13.8 mm arasında değer almıştır. I nolu S eğrisinden ise 1988, 1995, 1996, 2000, 2001 ve 2004 yılları ortalaması 427.81 mm hesaplanmış ve bu S değerine karşılık gelen YAEN 37 bulunmuştur. Ortalama 427.81mm S değeri ile hesaplanılan A<sub>f</sub> değerleri yukarıda verilen yıllar sırası ile % 6.10, 4.29, 6.91, 8.44, 4.73 ve 4.99 olmuştur. P<sub>e</sub> değerleri 9.1 ile 23.0 mm arasında değişmiştir.

#### 4.3.3.1.1 Güvenç havzası topoğrafik indeks verileri

Güvenç havzasında Tİ değerini belirlemek için toprak serilerine bağlı olarak belirlenen toprak derinlikleri ve hidrolik kondaktivite değerleri çizelge 4.22’de, havzasının Tİ haritası şekil 4.5’de verilmiştir.

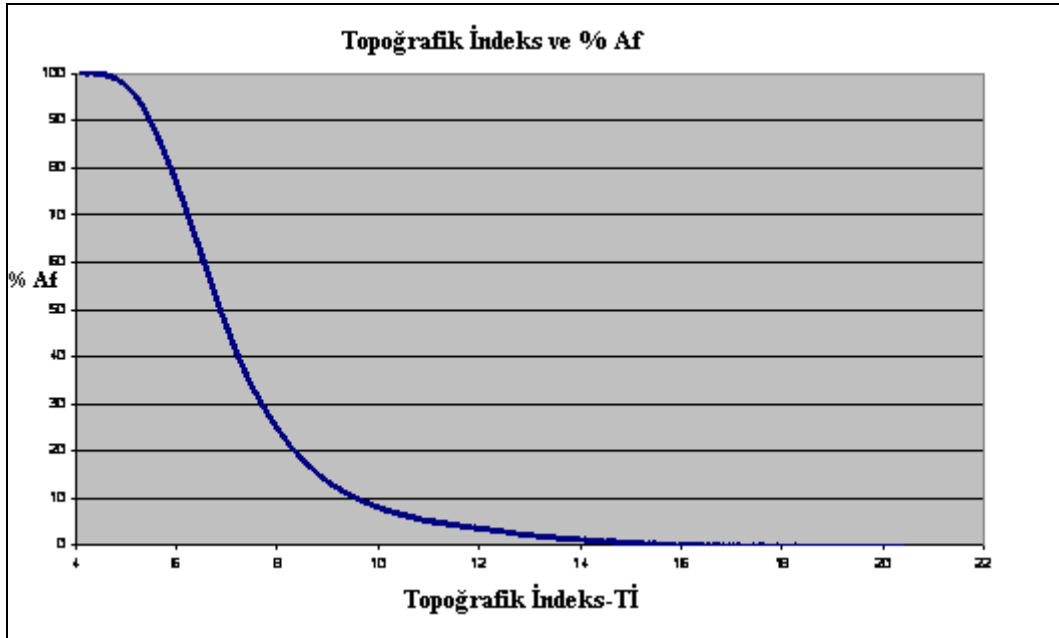
Çizelge 4.22 Güvenç havzası hidrolik kondaktivite değerleri

Toprak Seri	Derinlik (cm)	K (cm/h)
Tabyabayır	0-13	9,5
Sarıbey	0-120	0,3
Kervanyolu	0-53	4,1
Kervanpınarı	0-130	0,1
Çayırnkafa	0-130	0,21
Yaşmeşe	0-60	9,3
Lezgi	0-53	4,5
Acısu	0-85	0,35



Şekil 4.5 Güvenç havzası topoğrafik indeks haritası

Havzada her bir olay için hesaplanılan  $A_f$  değerleri ile  $T\dot{I}$  arasındaki ilişki grafik olarak Şekil 4.6'da verilmiştir. Grafikte çizelge 4.20'de 10. sütundaki %  $A_f$  değerleri kullanılmıştır. Akıma katkı veren alanların yüzdeleri ile  $T\dot{I}$  değerleri de çizelge 4.23'de verilmiştir. Ayrıca  $A_f$  ve  $T\dot{I}$  verileri arazi kullanım ve bitki örtüsü HTG katmanları ile CBS ortamında oluşturulan çakıştırılarak havzada yüzey akıma katkısı olan alanların ortalama YAEN'ları belirlenmiş ve çizelge 4.23'de verilmiştir. YAEN'ları en düşük 80 (1994) ve en yüksek 84 (1991) arasında değerler almıştır.



Şekil 4.6 Güvenç havzası yüzey akış kısmi katkı alan ve topografik indeks grafiği

#### 4.3.3.1.2 Güvenç havzası toprak nem indeks verileri

S Eğri-I, Eğri-II ve Eğri-III üzerinde sırasıyla yer alan Ekim 1991, Mayıs 1998 ve Mayıs 2000 bireysel olayların toprak nem indeks ( $S_{emin}, S_{emak}$ ), lokal efektif depolama ( $\sigma_e$ ) değerleri hesaplanılarak yeniden havzada yüzey akıma katkısı olan alanların haritası çıkarılmıştır.



Çizelge 4.23 Güvenç havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numaraları

Yıllar	$A_f$ (%)	MTI	YAEN
07.07.1987	18.36	8.02	83
21.10.1987	4.17	11.07	81
13.08.1989	9.75	9.29	83
29.11.1989	35.10	6.84	83
06.07.1991	11.4	8.89	83
06.10.1991	41.03	6.54	84
05.06.1993	24.73	7.49	82
12.15.1994	12.87	8.66	80
12.07.1995	7.43	9.88	83
26.05.1996	5.13	10.70	82
24.04.1997	23.73	7.56	83
27.05.1998	14.97	8.38	82
10.06.1999	14.61	8.42	83
24.05.2000	9.38	9.39	83
13.05.2001	4.38	10.97	82
01.05.2002	12.07	8.79	83
18.04.2003	33.80	6.91	83
23.06.2004	4.52	10.93	82
26.05.2005	12.80	8.67	83

Havzada  $S_{emin}$  ve  $S_{emak}$  belirlemek için tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri toprak derinliklerine göre çizelge 4.24'de verilmiştir. Güvenç havzası tüm serilerin ortalama  $S_e$  değerleri alansal ortalaması olarak 155.44 mm bulunmuştur. Ekim 1991, Mayıs 1998 ve Mayıs 2000 yılları bireysel olayların  $S$  ve  $S_e$  değerlerine göre %  $A_f$  ve %  $A_s$  ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 4.25).

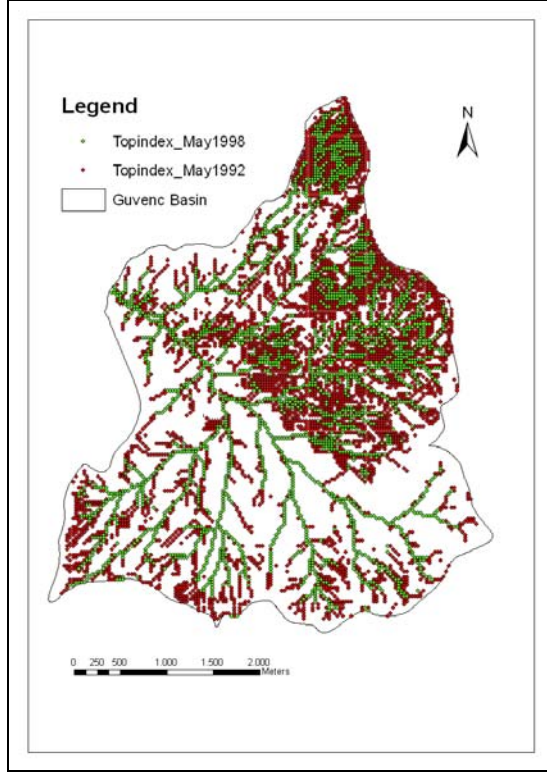
Çizelge 4.24 Güvenç havzası toprak nem indeks değerleri

Toprak Serisi	Toprak Derinliği (cm)		Tarla Kapasitesi S <sub>emin</sub> (mm)	Solma Noktası S <sub>emak</sub> (mm)	S <sub>eort</sub> (mm)
Tabya bayır	0-13		42,12	28,08	
		<b>Toplam</b>	<b>42,12</b>	<b>28,08</b>	14,04
Sarıbeyler	0-20		86,40	48,60	
	20-40		89,10	48,60	
	40-120		32,40	18,36	
		<b>Toplam</b>	<b>207,90</b>	<b>115,56</b>	92,34
Kervanyolu	0-30		113,40	68,85	
	30-53		86,94	52,78	
		<b>Toplam</b>	<b>200,34</b>	<b>121,63</b>	78,71
Kervanpınarı	0-30		149,85	76,95	
	30-60		149,85	76,95	
	60-130		359,10	189,00	
		<b>Toplam</b>	<b>658,80</b>	<b>342,90</b>	315,9
Çayırnkafa	0-30		129,60	68,85	
	30-130		445,50	229,50	
		<b>Toplam</b>	<b>575,10</b>	<b>298,35</b>	276,75
Yaşmeşe	0-48		168,48	77,76	
	48-60		42,12	21,06	
		<b>Toplam</b>	<b>210,60</b>	<b>98,82</b>	111,78
Lezgi	0-25		94,50	54,00	
	25-53		105,84	60,48	
		<b>Toplam</b>	<b>200,34</b>	<b>114,48</b>	85,86
Acısu	0-40		172,80	91,80	
	40-85		194,40	103,30	
		<b>Toplam</b>	<b>367,2</b>	<b>195,10</b>	172,1

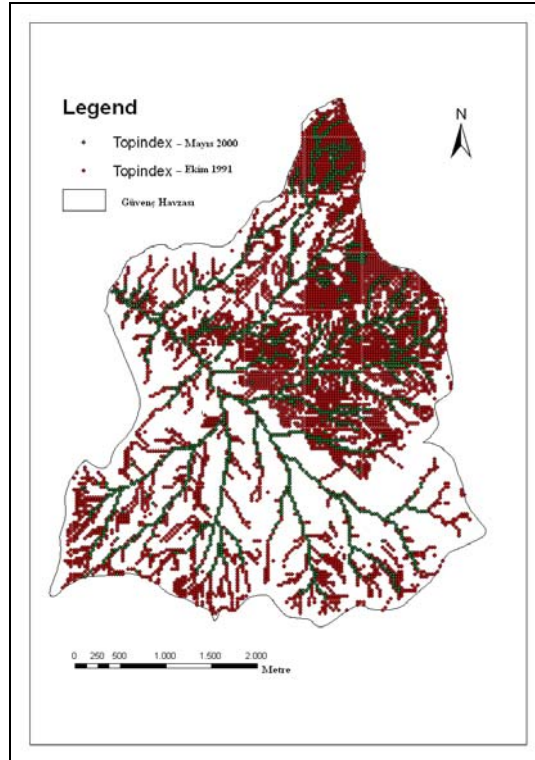
Çizelge 4.25 Üç adet bireysel olayda lokal depolama değerleri

Bireysel Olay	P <sub>e</sub> (mm)	I <sub>at</sub> (mm)	S (mm)	A <sub>f</sub> (%)	S <sub>e</sub> (mm)	A <sub>s</sub> (%)	σ <sub>e</sub> (mm)	σ (mm)
S-Eğri I Ekim 1991	8.40	11.20	27.28	41.03	155.44	10.00	8.41	19.61
S-Eğri II Mayıs 1998	10.80	10.20	127.77	14.90	155.44	12.00	10.26	20.45
S- Eğri III Mayıs 2000	19.30	5.70	381.99	9.38	155.44	20.00	18.34	37.64

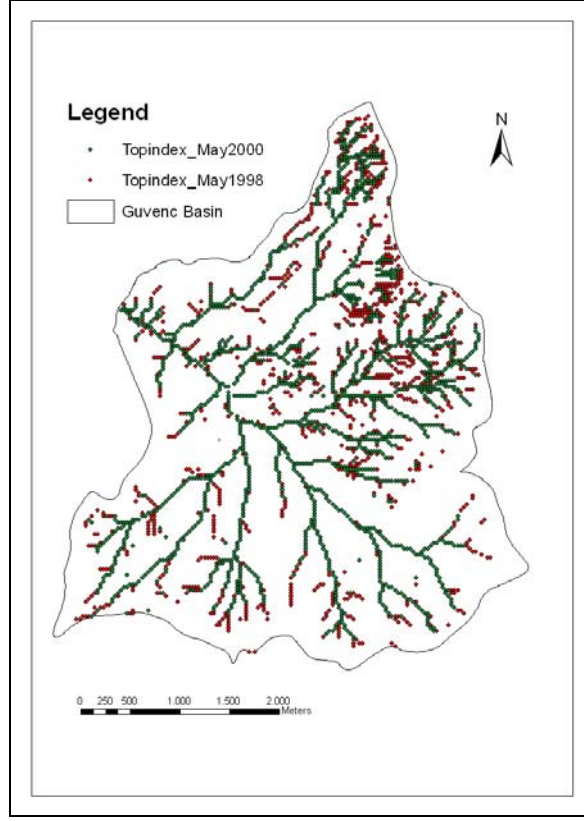
Ayrıca çizelge 4.25’de havzanın havzanın lokal maksimum depolama değerleri  $\sigma_e$  ve  $\sigma$ , ve değerleri de verilmiştir. Havzada üç adet bireysel olayın havza yüzey akışına katkı veren alanları (% A<sub>f</sub>) ve birbirlerine göre farklılıkları şekil 4.7, şekil 4.8 ve şekil 4.9’da ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Güvenç havzası Ekim 1991 ve Mayıs 1998 yılı  $A_f$  farkı



Şekil 4.8 Güvenç havzası Ekim 1991 ve Mayıs 2000 yılı  $A_f$  farkı



Şekil 4.9 Güvenç havzası Mayıs 1998 ve Mayıs 2000 yılı  $A_f$  farkı

Her iki olay arasındaki farklı alan katılımları araştırılmış, Mayıs 2000 olayında yer alan alanların tamamının Mayıs 1998 olayında yer aldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışma Mayıs 1998 olayındaki farklı alan katılımları üzerine yoğunlaşmıştır. Mayıs 1998 olayının Mayıs 2000 olayından farklı olan alanları gösterilmiştir Yeşil noktalar Mayıs 2000-Mayıs 1998 olaylarına ortak katılım yapan alanlar olup, kırmızı noktalar Mayıs 98 olayının Mayıs 2000 olayından farklı olan alanlarını göstermektedir.

#### **Güvenç havza topografyasının yüzey akışa katkıları**

Yukarıda özellikleri verilen Ekim 1991, Mayıs 1998 ve Mayıs 2000 bireysel olaylarında havza topografyasında düz ve eğimli alanların yüzey akış üzerinde etkisi belirlenmiştir. Yapılan çalışmada üç adet bireysel olay için her iki alanda da (ortak olan ve olmayan) ortalama eğim ve eğimin standart sapması hesaplanmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26 Üç adet bireysel olayda yüzey akış kısmi katkı alan dağılım değerleri

Bireysel olaylar	Ortalama Eğim (%)	Stveart Sapma (%)
Ekim 1991-Mayıs 1998 ortak alanlar	7.33	4.09
Ekim 1991-Mayıs 1998 ortak olmayan alanlar	9.97	5.25
Ekim 1991-Mayıs 2000 ortak alanlar	6.95	3.78
Ekim 1991-Mayıs 2000 ortak olmayan alanlar	9.67	5.18
Mayıs 1998-Mayıs 2000 ortak alanlar	6.95	3.78
Mayıs 1998-Mayıs 2000 ortak olmayan alanlar	8.19	4.54

#### 4.3.3.2 Çatalkaya Havzası

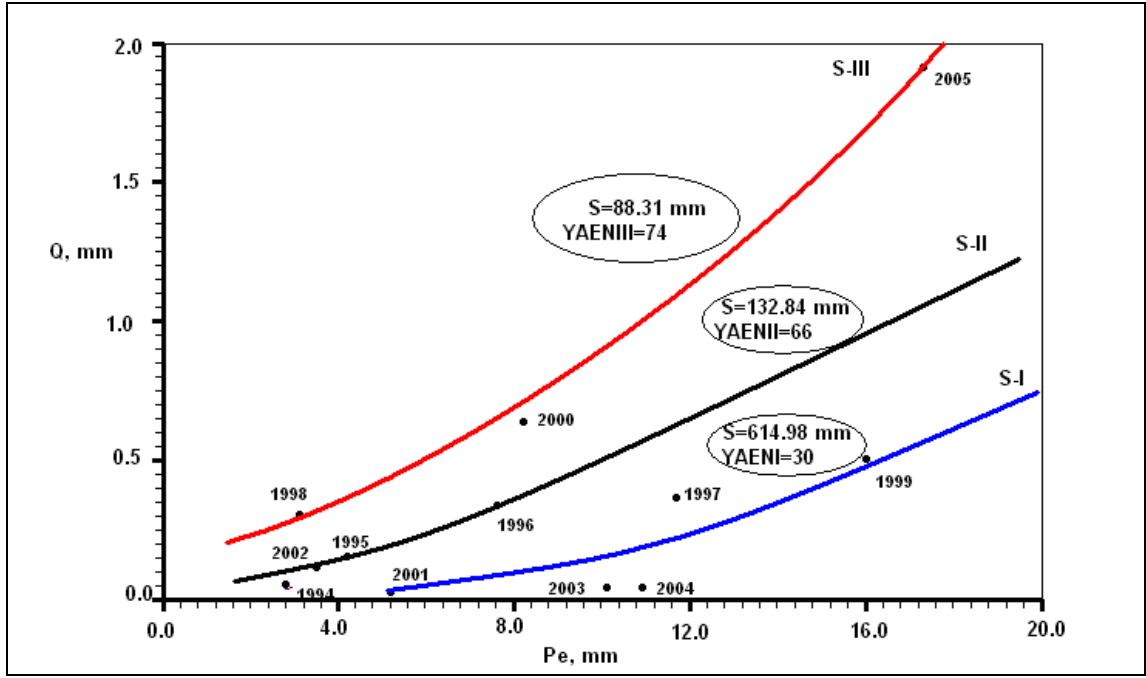
Havzada hacımsal ilk tutulma değerine göre hesaplanılan  $A_{f1}$  değerleri % 0.62 ile % 19.71 zamana bağlı olarak değişen toplam ön tutulma değerlerine göre hesaplanılan  $A_{f2}$  değerleri ise % 0.79 ile % 20.89 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27 Çatalkaya havzası yüzey akış kısmi katkı alan dağılımı

Yıllar	P (mm)	Q (mm)	$I_{ah}$ (mm)	$I_{at}$ (mm)	$P_e (P-I_{ah})$ (mm)	$P_e (P-I_{at})$ (mm)	S (mm)	$A_{f1}$ (%)	S (mm)	$A_{f2}$ (%)
11.05.1994	8.2	0.0501	3.0	5.4	5.2	2.8	534.52	1.92	153.69	3.55
3.05.1995	17.0	0.1537	8.0	12.8	9.0	4.2	518.00	3.39	110.57	7.19
16.04.1996	16.2	0.3364	5.0	8.6	11.2	7.6	361.68	5.92	164.10	8.66
2.05.1997	24.3	0.3640	7.8	12.6	16.5	11.7	731.43	4.36	364.37	6.13
27.04.1998	4.0	0.3044	0	0.9	4.0	3.1	48.56	14.64	28.47	18.67
24.08.1999	29.2	0.5040	7.7	13.2	21.5	16.0	895.66	4.63	491.93	6.20
13.04.2000	20.5	0.6373	3.2	12.3	17.3	8.2	452.32	7.23	97.31	14.94
8.05.2001	10.6	0.0272	2.0	5.4	8.6	5.2	2710.52	0.63	988.92	1.04
10.07.2002	11.0	0.1150	4.7	7.5	6.3	3.5	338.83	3.61	103.02	6.46
25.04.2003	19.0	0.0435	5.0	8.9	14.0	10.1	4491.74	0.62	2334.96	0.86
2.09.2004	18.5	0.0430	5.4	7.6	13.1	10.9	3977.83	0.65	2752.12	0.79
30.05.2005	25.0	1.9131	6.6	7.7	18.4	17.3	158.56	19.71	139.14	20.89

Bu çalışmada; etkili yağış ve yüzey akım değerleriyle grafikte işaretlenmiş ve bu verilerden hesaplanmış S'ler (Çizelge 4.27 9.sütun) yeniden düzenlenmiştir (Şekil 4.10). Grafikte işaretlenen her nokta 1994-2005 yılları arasında ölçülen etkili yağış ve yüzey akım değerlerini göstermektedir. Veriler üç farklı eğri etrafında sıralanmıştır. Her bir

eğri üzerinde yer alan S değerleri havza topraklarının farklı iklim şartlarını yansıttığını göstermiştir. Eğri-I, Eğri-II ve Eğri-III etrafında yer alan bireysel olaylara ait S, ortalama S ve ortalama S değerine göre hesaplanan %  $A_f$  değerleri çizelge 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.10 Çatalkaya havzası etkili yağış ve yüzey akışa göre S eğrileri

Çatalkaya havzasında 1998, 2000 ve 2005 su yıllarında ölçülen etkili yağış ve akım değerleri ile bu verilerden hesaplanılan S değerleri (28.47, 97.31 ve 139.14 mm) belirli bir nokta etrafında toplanmışlardır. S değerlerine karşılık değişen bu noktalardan III nolu eğri geçirilmiş ve ortalama S değeri 88.31 mm bulunulmuştur. Ortalama S değerine karşılık eşitlik (11)' den YAEN 74 olarak hesaplanmıştır. Ortalama S değeri ile eşitlik (14) kullanılarak hesaplanılan  $A_f$  değerleri sırası ile % 6.70, % 16.32, % 30.16 olmuştur.

Çizelge 4.28. Çatalkaya havzası düzenlenmiş S ve  $A_f$  değerleri

Eğriler	S (mm)	$A_f$ (%)	$S_{ort}$ (mm)	YAEN	$A_f$ (%)	$P_e$ (mm)
<b>Eğri III</b>	<b>S-III</b>			<b>YAEN=74</b>		
1998 nisan	28.47	18.67	88.31		6.70	3.1
2000 nisan	97.31	14.94	88.31		16.32	8.2
2005 mayıs	139.14	20.89	88.31		30.16	17.3
<b>Eğri II</b>	<b>S-II</b>			<b>YAEN=66</b>		
1994 mayıs	153.69	3.55	132.84		4.08	2.8
1995 mayıs	110.57	7.19	132.84		6.02	4.2
1996 nisan	164.10	8.66	132.84		10.52	7.6
2002 mayıs	103.02	6.46	132.84		5.10	3.5
<b>Eğri I</b>	<b>S-I</b>			<b>YAEN=30</b>		
1997 mayıs	364.37	6.13	614.98		3.70	11.7
1999 agustos	491.94	6.20	614.98		5.00	16.0
2001 mayıs	988.92	1.04	614.98		1.66	5.2
2003 nisan	2334.96*	0.86	614.98		3.20	10.1
2004 eylul	2752.12*	0.79	614.98		3.45	10.9

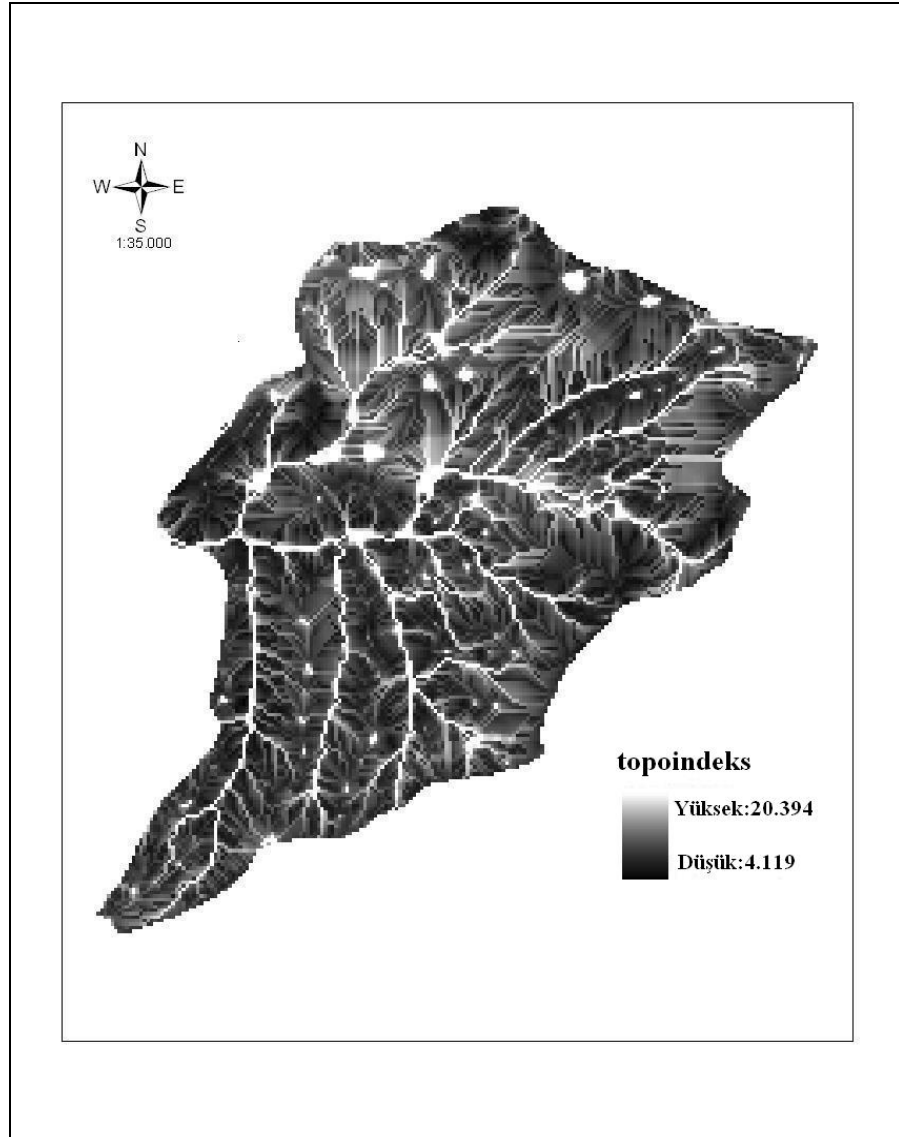
(\* )Rakamlar değerlendirmeye alınmamıştır.

Eğri-II için  $P_e$  değerleri 3.4 ile 17.3 mm arasında değişme göstermiştir. II nolu S eğrisi sırasıyla 1994, 1995, 1996, 2002, yılları değerlerinin ortalaması ile 132.84 mm hesaplanmıştır. Bu değere karşılık gelen YAEN' sı 66 olmuştur. Ortalama S değeri ile hesaplanılan  $A_f$  değerleri ise % 4.08 ile % 10.52 arasında değişmiştir. Bu eğri için  $P_e$  2.8 ile 7.6 mm arasında değer almıştır. I nolu S eğrisinden ise 1997, 1999, 2001 yılları ortalaması 614.98 mm ve bu S değerine karşılık gelen YAEN' sı 30 hesaplanmıştır. Bu eğride 2003 ve 2004 yıllarına ait değerler yüksek rakamlar olarak ortalamayı etkilediği için değerlendirmeye alınmamıştır. Ortalama 614.98 mm S değeri ile hesaplanılan  $A_f$  değerleri yukarıda verilen yıllar sırası ile % 3.70, 5.00, 1.66, 3.20, ve 3.45 olmuştur.  $P_e$  değerleri 5.2 ve 16.0 mm arasında değişmiştir.

#### 4.3.3.2.1 Çatalkaya havzası topoğrafik indeks verileri

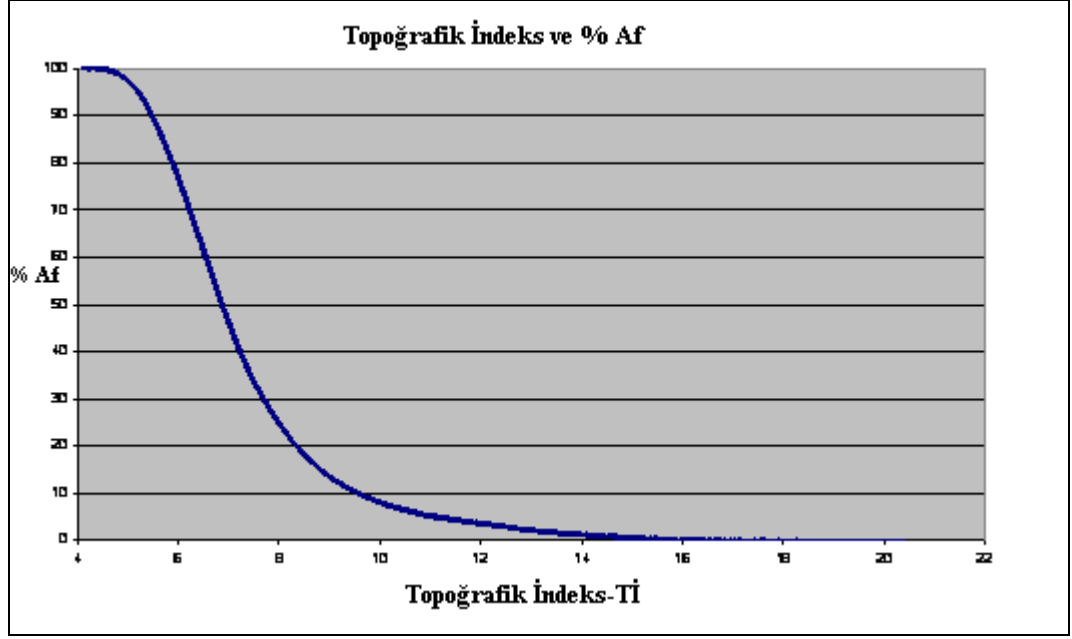
Çatalkaya havzasının Tİ haritası şekil 4.11'de verilmiştir. Havzada her bir olay için hesaplanılan %  $A_f$  değerleri ile Tİ arasındaki ilişki grafik olarak şekil 4.12'de verilmiştir. Grafikte çizelge 4.27'deki %  $A_f$  (11.sütun) değerleri kullanılmıştır. Havzada akıma katkı veren alanların yüzdeleri ile Tİ değerleri de çizelge 4.29'da verilmiştir.

Ayrıca %  $A_f$  ve Tİ verileri arazi kullanım, bitki örtüsü ve HTG katmanları ile CBS ortamında oluşturulan çakıştırılarak havzada yüzey akıma katkısı olan alanların ortalama YAEN'leri hesaplanmıştır (Çizelge 4.29). YAEN'leri en düşük 81 ve en yüksek 86 değerlerini almıştır.



Şekil 4.11 Çatalkaya havzası topoğrafik indeks haritası



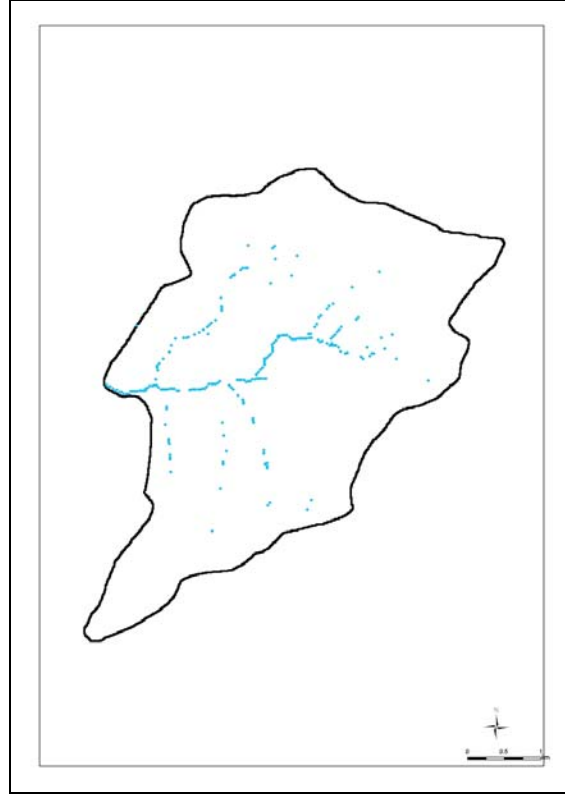


Şekil 4.12 Çatalkaya havzası yüzey akış kısmi katkılı alan ve topoğrafik indeks grafiği

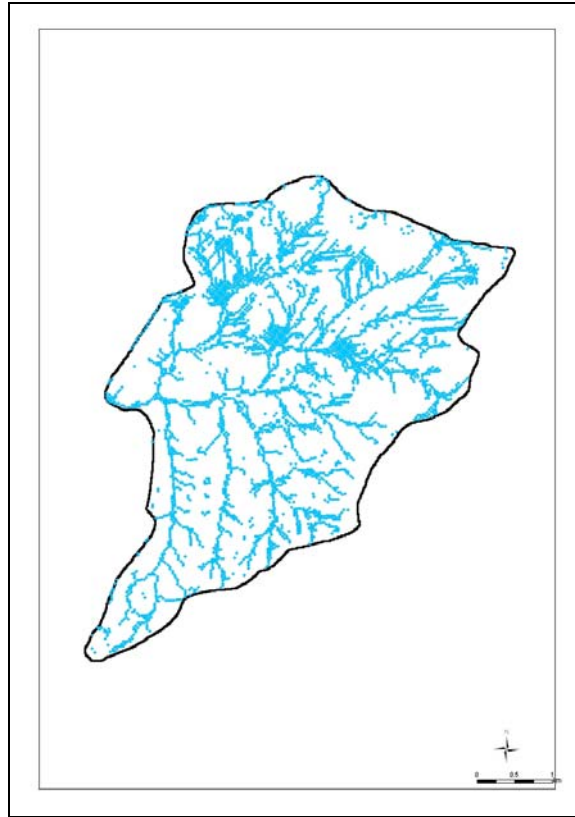
Çizelge 4.29 Çatalkaya havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numaraları

Yıllar	$A_{f2}$ (%)	Tİ	YAEN
11.05.1994	3.55	12.08	85
03.05.1995	7.19	10.25	86
16.04.1996	8.66	9.86	84
02.05.1997	6.13	10.63	86
27.04.1998	18.67	8.65	86
24.08.1999	6.20	10.59	83
13.04.2000	14.94	8.82	81
08.05.2001	1.04	14.25	85
10.07.2002	6.46	10.60	86
25.04.2003	0.86	14.55	86
02.09.2004	0.79	14.64	86
30.05.2005	20.89	8.27	86

Havzada çizelge 4. 29'da en yüksek ve en düşük %  $A_f$  (20.89 ve 0.79) ve Tİ (8.27 ve 14.64) değerlerine göre çıkarılan kısmi katkılı yüzey akış alanlarını gösteren haritalar verilmiştir (Şekil 4.13a,b).



a) 2.09. 2004



b) 30.05.2005

Şekil 4.13. Çatalkaya havzası yüzey akış kısmi katkı alan dağılımı

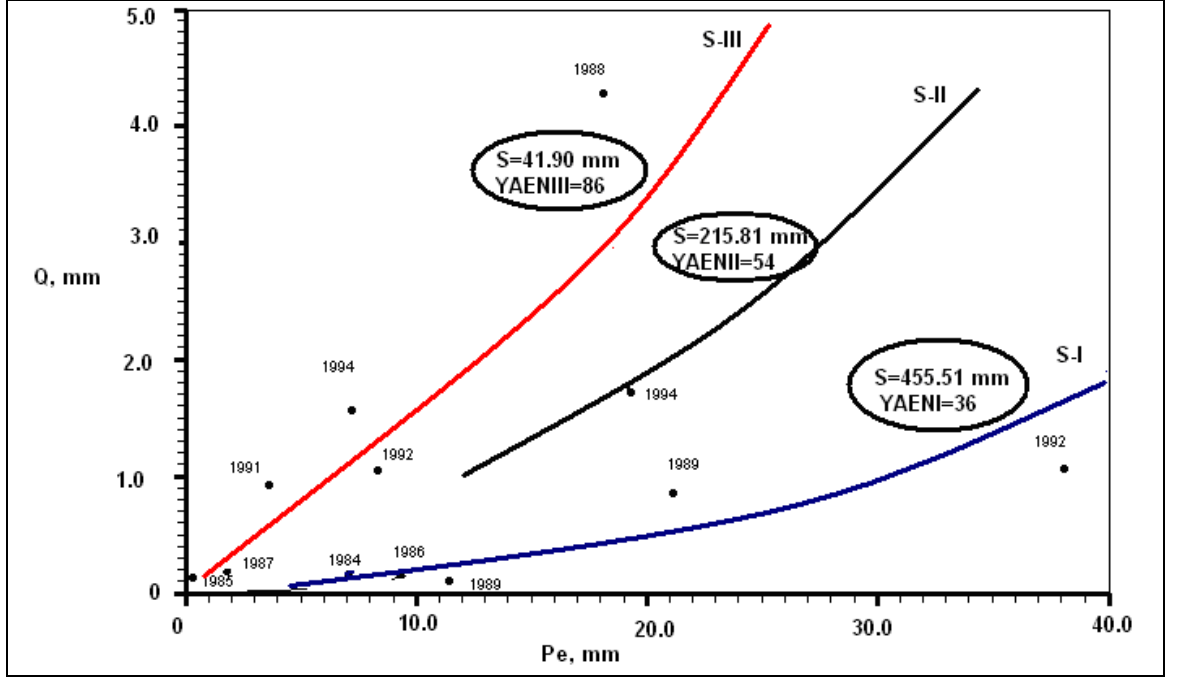
#### 4.3.3.3 Kurukavak havzası

Havzada hacımsal ilk tutulma değerine göre hesaplanılan  $A_{f1}$  değerleri %1.20 ile % 25.02 arasında, zamana bağlı olarak değişen toplam ön tutulma değerlerine göre hesaplanılan  $A_{f2}$  değerleri ise % 1.77 ile % 36.09 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30 Kurukavak havzası yüzey akış kısmi katkı alan dağılımı

Yıllar	P (mm)	Q (mm)	$I_{ah}$ (mm)	$I_{at}$ (mm)	$P_e (P-I_{ah})$ (mm)	$P_e$ (P- $I_{at}$ ) (mm)	S (mm)	$A_{f1}$ (%)	S (mm)	$A_{f2}$ (%)
25.05.1984	16.1	0.1661	0.0	9.0	16.1	7.1	1560.40	2.03	300.43	4.54
08.04.1985	7.3	0.1324	0.4	5.2	6.9	2.1	359.46	3.73	31.20	12.21
05.11.1986	16.6	0.1560	2.0	7.3	14.6	9.3	1366.25	2.10	549.03	3.29
19.06.1987	15.3	0.1930	3.8	13.5	11.5	1.8	685.04	3.27	16.46	18.68
29.06.1988	28.3	4.2819	0.0	10.2	28.3	18.1	182.76	25.02	72.08	36.09
30.09.1989	26.8	0.1020	10.0	15.4	16.8	11.4	2766.96	1.20	1274.46	1.77
18.10.1989	48.6	0.8560	8.9	27.5	39.7	21.1	1840.37	4.18	517.08	7.67
09.04.1991	22.4	0.9320	8.2	16.2	14.2	6.2	202.15	12.69	35.04	27.81
15.06.1992	63.8	1.0589	13.8	25.7	50.0	38.1	2359.88	4.11	1366.85	5.34
25.10.1992	30.1	1.0489	10.3	21.8	19.8	8.3	372.71	9.83	65.41	21.36
31.07.1994	48.2	1.7150	10.3	28.9	37.9	19.3	835.84	8.49	215.82	15.75
12.10.1994	33.8	1.5650	16.4	26.6	17.4	7.2	191.89	15.94	31.24	33.83

Çalışmada; etkili yağış ve yüzey akış (Q) değerleriyle grafikte işaretlenmiş ve bu verilerden hesaplanmış S'ler (Çizelge 4.30 9.sütun) yeniden düzenlenmiştir (Şekil 4.14). Grafikte işaretlenen her nokta 1984-1994 yılları arasında ölçülen etkili yağış ve yüzey akım değerlerini göstermektedir. Veriler üç farklı eğri etrafında sıralanmıştır. Her bir eğri üzerinde yer alan S değerleri havza topraklarının farklı iklim şartlarını yansıttığını göstermiştir. Eğri-I, Eğri-II ve Eğri-III etrafında yer alan bireysel olaylara ait S, ortalama S ve ortalama S'e göre belirlenmiş %  $A_f$  değerleri çizelge 4.31'de verilmiştir



Şekil 4.14. Kurukavak havzası etkili yağış ve yüzey akışa göre S eğrileri

Çizelge 4.31 Kurukavak havzası düzenlenmiş S ve  $A_f$  değerleri

S (mm)	$A_f$ (%)	$S_{ort}$ (mm)	YAEN	$A_f$ (%)	$P_e$ (mm)
<b>S-III</b>			<b>YAEN=86</b>		
31.20	12.21	41.90		9.32	2.1
16.46	18.68	41.90		8.06	1.8
72.07	36.09	41.90		51.23	18.1
35.04	27.81	41.90		24.11	6.2
65.40	21.36	41.90		30.33	8.3
31.23	33.83	41.90		27.17	7.2
<b>S-II</b>			<b>YAEN=54</b>		
215.81	15.75	215.81		15.75	19.3
<b>S-I</b>			<b>YAEN=36</b>		
300.43	4.54	455.51		3.03	7.1
549.03	3.29	455.51		3.94	9.3
1274.46*	1.77	455.51		4.82	11.4
517.08	7.67	455.51		8.64	21.1
1366.85*	5.34	455.51		14.83	38.1

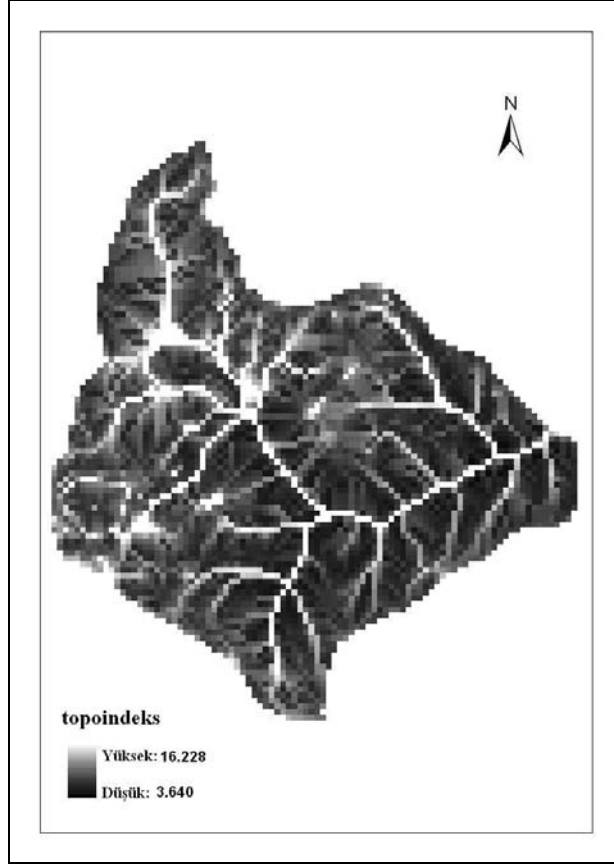
(\*) Rakamlar değerlendirmeye alınmamıştır.

Kurukavak havzasında 1985, 1987, 1988, 1991, 1992 ve 1994 su yıllarında ölçülen etkili yağış ve akım değerleri ile bunlardan hesaplanılan S değerleri belirli bir nokta

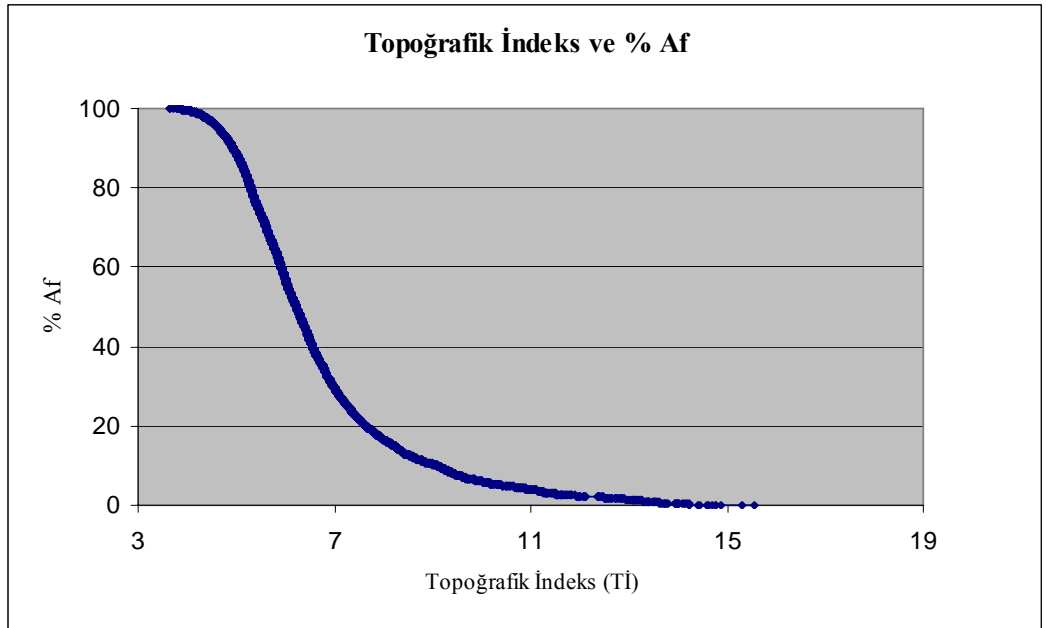
etrafında toplanmışlardır. S değerlerine karşılık değişen bu noktalardan III nolu eğri geçirilmiş ve ortalama değer 41.90 mm olmuştur. Ortalama S değerine karşılık eşitlik (11)'den YAEN 86 olarak hesaplanmıştır. Ortalama S değeri ile eşitlik (14) kullanılarak hesaplanılan  $A_f$  değerleri ise % 8.06 ile 51.23 arasında değişme göstermiştir. Eğri-III için  $P_e$  1.8 ile 18.1 mm arasında değişme göstermiştir. II nolu S eğrisi sadece 1994 yılı ile ortalaması 215.81 mm hesaplanmıştır. Bu değere karşılık gelen YAEN 54 olmuştur. Ortalama S değeri ile  $A_f$  değeri %15.75 hesaplanmıştır. Yine bu eğri için  $P_e$  değeri 19.3 mm olmuştur. I nolu S eğrisinden ise 1984, 1986, 1989, 1990, 1992 yılları ortalaması 455.51 mm ve bu değere karşılık gelen YAEN' sı 36 hesaplanmıştır. Bu egride 1989 ve 1992 yıllarına ait değerler yüksek rakamlar olarak ortalamayı etkileyeceği için değerlendirmeye alınmamıştır. Ortalama S değeri ile hesaplanılan  $A_f$  değerleri yukarıda verilen yıllar sırası ile % 3.03, 3.94, 4.82, 8.64, ve 14.83 olmuştur.  $P_e$  değerleri 7.1- 38.1 mm arasında değerler olarak hesaplanmıştır.

#### **4.3.3.3.1 Kurukavak havzası topoğrafik indeks verileri**

Kurukavak havzasının Tİ haritası şekil 4.15'de, her bir olay için hesaplanılan  $A_f$  değerleri ile Tİ arasındaki ilişki grafik olarak şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15 Kurukavak havzası topoğrafik indeks haritası



Şekil 4.16 Kurukavak havzası yüzey akış kısmi katkı alan ve topoğrafik indeks

şekil 4.13'den hesaplanılan ve alvea kısmi katkılı akım veren alanların yüzdeleri ile Tİ değerleri de Çizelge 4.32'de verilmiştir. Ayrıca çizelge 4.32'de  $A_f$  ve Tİ verileri arazi kullanım ve bitki örtüsü, HTG katmanları ile CBS ortamında oluşturulan çakıştırılarak havzada yüzey akıma katkısı olan alanların ortalama YAEN'ları belirlenmiş ve her bir bireysel olay için verilmiştir.

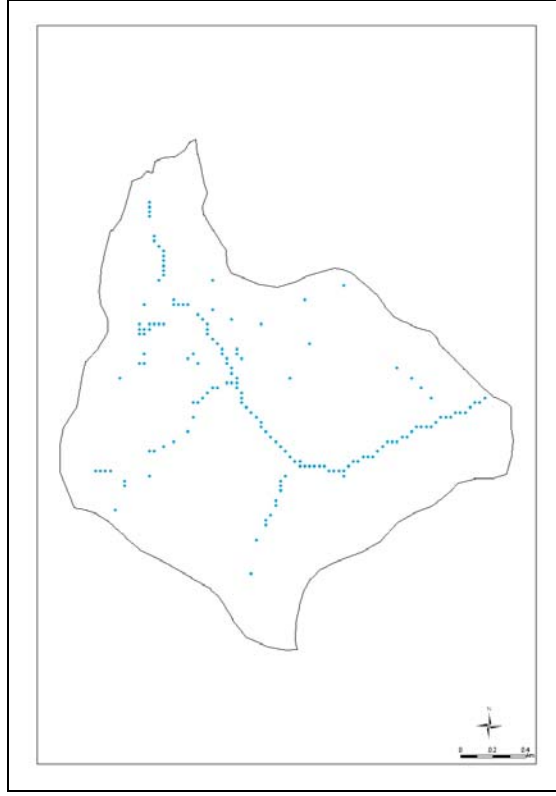
Çizelge 4.32 Kurukavak havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numaraları

Tarih	$A_{f2}$ (%)	Tİ	YAEN
25.05.1984	4.54	10.72	80
08.04.1985	12.21	8.92	80
05.11.1986	3.29	11.28	76
19.06.1987	18.68	7.79	80
29.06.1988	36.09	6.71	81
30.09.1989	1.77	12.70	74
18.10.1989	7.67	9.49	80
09.04.1991	27.81	7.25	80
15.06.1992	5.34	10.30	80
25.10.1992	21.36	7.52	80
31.07.1994	15.75	8.11	82
12.10.1994	33.83	6.80	80

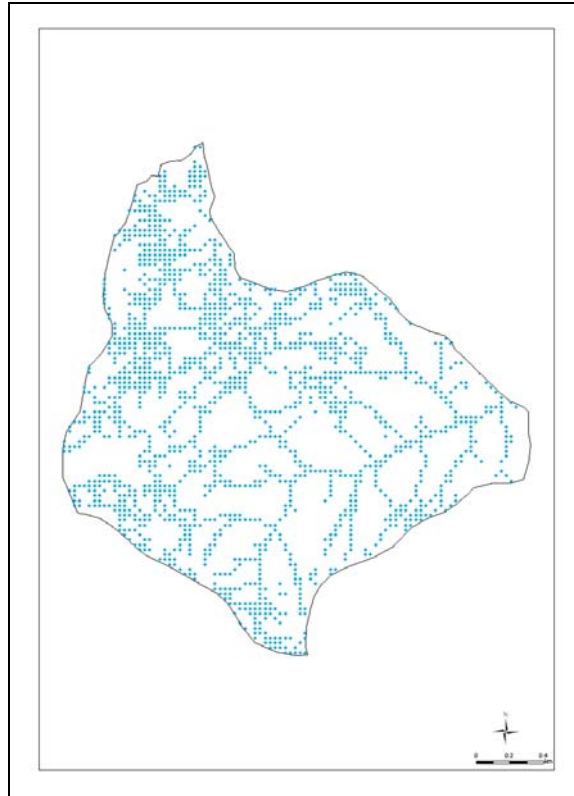
Havzada en yüksek ve en düşük %  $A_f$  (36.09 ve 1.77) ve Tİ (6.71 ve 12.70) değerlerine göre çıkarılan kısmi katkılı yüzey akış alanlarını gösteren haritalar verilmiştir (Şekil 4.17a,b).

#### 4.3.3.3 Uğrak havzası

Havzada hacımsal ilk tutulma değerine göre hesaplanılan  $A_{f1}$  değerleri % 1.17 ile % 21.05 arasında; zamana bağlı olarak değişen toplam ilk tutulma değerlerine göre hesaplanılan  $A_{f2}$  değerleri ise % 2.62 ile % 36.97 arasında değişkenlik göstermiştir.



a) 30.09.1989



b) 29.06.1988

Şekil 4.17 Kurukavak havzası yüzey akış kısmi katkı alan dağılımı



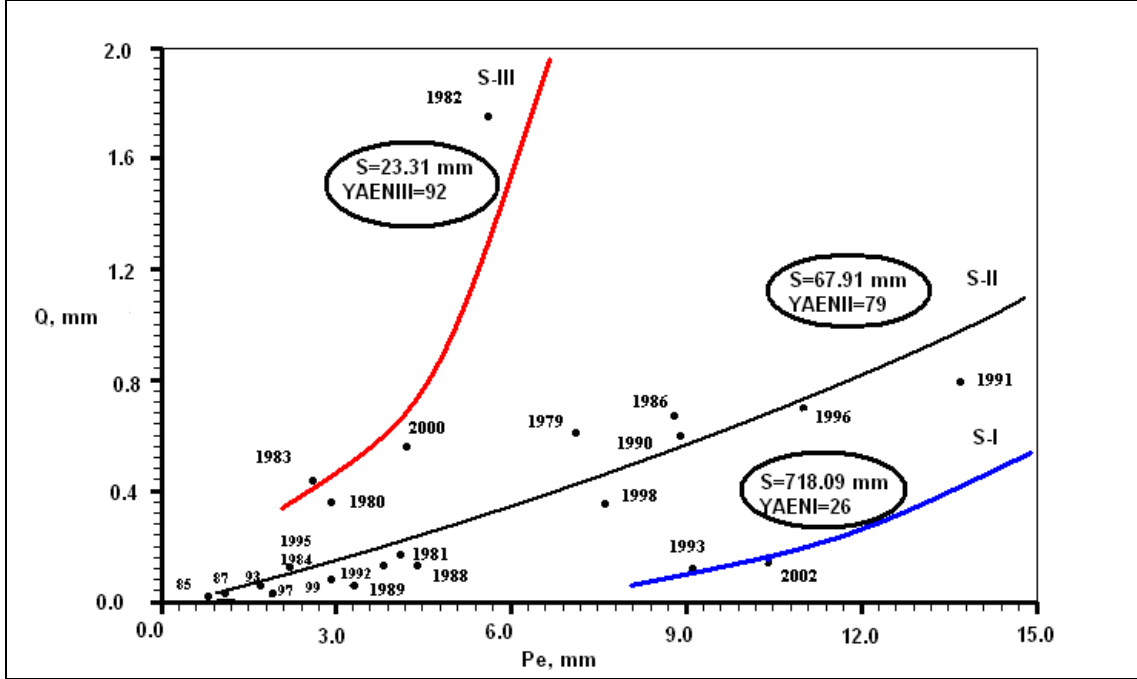
Çalışmada; etkili yağış ve yüzey akım (Q) değerleriyle grafikte işaretlenmiş ve bu verilerden hesaplanmış S'ler (Çizelge 4.33 9.sütun) yeniden düzenlenmiştir.

Çizelge 4.33 Uğrak havzası yüzey akış kısmi katkı alan dağılımı

Yıllar	P (mm)	Q (mm)	I <sub>ah</sub> (mm)	I <sub>at</sub> (mm)	P <sub>e</sub> (P-I <sub>ah</sub> )	P <sub>e</sub> (P-I <sub>at</sub> )	S (mm)	A <sub>f1</sub> (%)	S (mm)	A <sub>f2</sub> (%)
23.06.1979	24.9	0.6100	1.4	17.8	23.5	7.1	881.82	5.12	75.54	16.44
08.05.1980	11.2	0.4400	5.3	8.6	5.9	2.6	73.21	14.36	12.76	30.99
11.09.1981	18.8	0.1700	6.7	14.7	12.1	4.1	849.13	2.79	94.78	8.12
21.05.1982	26.5	1.7500	10.8	18.0	15.7	8.5	125.15	21.05	32.78	36.97
30.05.1983	11.1	0.3600	1.3	8.2	9.8	2.9	256.97	7.21	20.46	33.61
15.05.1984	7.9	0.1255	1.3	5.7	6.6	2.2	340.49	3.77	36.37	11.08
16.05.1985	1.3	0.0200	0.0	0.5	1.3	0.8	83.20	3.05	31.20	4.93
14.06.1986	14.5	0.6700	0.0	5.8	14.5	8.7	299.30	9.03	104.27	14.80
15.04.1987	5.9	0.0320	3.8	4.8	2.1	1.1	135.71	3.02	36.71	5.73
03.06.1988	10.5	0.1300	1.8	6.1	8.7	4.4	573.53	2.97	144.52	5.82
04.06.1989	4.6	0.0600	1.5	1.3	3.1	3.3	157.06	3.83	178.20	36.00
11.05.1990	11.5	0.6000	0.8	2.6	10.7	8.9	180,11	10.90	123.12	13.03
16.04.1991	27.8	0.7917	9.1	14.1	18.7	13.7	422.99	8.29	223.37	11.22
09.07.1992	16.5	0.1310	6.7	12.7	9.8	3.8	723.32	2.66	106.43	6.78
25.05.1993	14.8	0.1200	3.0	5.7	11.8	9.1	1148.53	2.02	680.98	2.62
07.10.1993	11.0	0.0590	4.0	9.3	7.0	1.7	823.50	1.68	47.28	6.82
06.05.1995	12.5	0.1250	4.2	10.3	8.3	2.2	542.82	2.99	36.52	11.04
18.04.1996	18.6	0.7000	3.2	7.6	15.4	11.0	323.40	8.88	161.86	12.32
19.04.1997	6.9	0,0300	1.8	5.0	5.1	1.9	861.90	1.17	118.43	3.13
14.05.1998	13.9	0.3550	2.2	6.3	11.7	7.6	373.90	5.98	155.10	9.12
13.04.1999	17.4	0.0800	9.4	14.5	8.0	2.9	792.00	1.99	102.23	5.44
27.05.2000	16.1	0.5600	4.1	11.9	12.0	4.2	245.14	9.12	27.30	24.89
12.09.2002	19.9	0.1430	2.7	9.5	17.2	10.4	2051.61	1.66	745.96	2.73

Grafikte işaretlenen her nokta 1979-2002 yılları arasında ölçülen etkili yağış ve yüzey akım değerlerini göstermektedir (Şekil 4.18). Veriler üç farklı eğri etrafında sıralanmıştır. Her bir eğri üzerinde yer alan S değerleri havza topraklarının farklı iklim şartlarını yansıttığını göstermiştir. Eğri-I, Eğri-II ve Eğri-III etrafında yer alan bireysel olaylara ait S ve ortalama S değerleri çizelge 4.34'de verilmiştir. Havzada 1980, 1982, 1983 ve 2000 su yıllarında ölçülen etkili yağış ve akım değerleri ile bunlardan hesaplanılan S değerleri (12.76, 32.75, 20.46, 27.30) belirli bir nokta etrafında toplanmışlardır. Bu noktalardan III nolu eğri geçirilmiş ve ortalama S değeri 23.31 mm hesaplanmıştır. Ortalama S değerine karşılık eşitlik (11)'den YAEN 92 olarak

hesaplanmıştır. Ortalama S değeri ile eşitlik (14) kullanılarak hesaplanılan  $A_f$  % 19.06 ile % 46.30 arasında değişmiştir.



Şekil 4.18 Uğrak havzası etkili yağış ve yüzey akışa göre S eğrileri

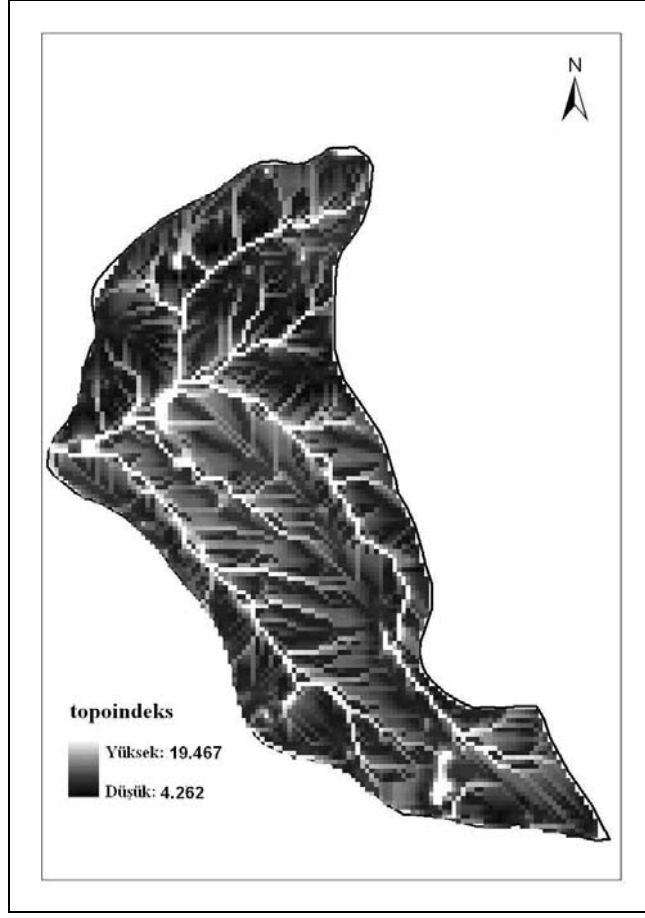
Eğri-III için  $P_e$  değerleri 2.6-8.5 mm arasında değişme göstermiştir. Eğri-II 1979, 1981, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998 ve 1999 yılları değerlerinin ortalaması ile 67.91 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değere karşılık gelen YAEN' sı 79 olmuştur. Ortalama S değeri ile hesaplanılan  $A_f$  değerleri ise en düşük % 3.16 ve en yüksek % 30.76 arasında değişmiştir. S-II için  $P_e$  0.8-13.7 mm arasında değerler almıştır. I nolu S eğrisinden ise 1993 ve 2002 yılları ortalaması 718.09 mm ve bu S değerine karşılık gelen YAEN 26 hesaplanmıştır. Ortalama 718.09 mm S değeri ile hesaplanılan  $A_f$  değerleri sırası ile % 49.0 ve % 2.85 olmuştur.  $P_e$  değerleri sırasıyla 9.1 ve 10.4 mm hesaplanmıştır.

Çizelge 4.34 Uğrak havzası düzenlenmiş S ve A<sub>f</sub> değerleri

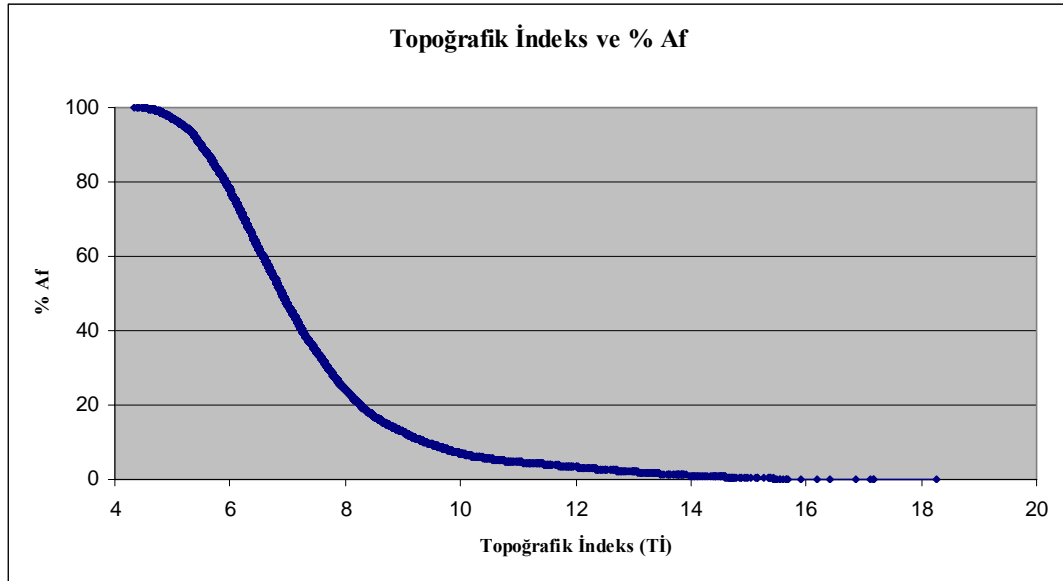
ğriler	S (mm)	A <sub>f</sub> (%)	S <sub>ort</sub> (mm)	YAEN	A <sub>f</sub> (%)	P <sub>e</sub> (mm)
<b>Eğri III</b>	<b>S-III</b>			<b>YAEN=92</b>		
May.80	12.76	30.99	23.31		19.06	2.6
Mayıs 82	32.78	36.97	23.31		46.30	8.5
May.83	20.46	33.61	23.31		20.90	2.9
May.20	27.30	24.89	23.31		28.20	4.2
<b>Eğri II</b>	<b>S-II</b>			<b>YAEN=79</b>		
Haz.79	75.74	16.44	67.91		18.03	7.1
Eyl.81	94.78	8.12	67.91		11.06	4.1
May.84	36.37	11.08	67.91		6.18	2.2
May.85	31.20	4.93	67.91		2.32	0.8
Haz.86	104.27	14.80	67.91		21.42	8.7
Nis.87	36.71	5.73	67.91		3.16	1.1
Haz.88	144.52	5.82	67.91		11.80	4.4
Haz.89	94.78	36.00	67.91		9.05	3.3
May.90	123.12	13.03	67.91		21.83	8.9
Nis.91	223.37	11.23	67.91		30.76	13.7
Tem.92	106.43	6.78	67.91		10.32	3.8
Eki.93	47.28	6.82	67.91		4.82	1.7
May.95	36.52	11.04	67.91		6.18	2.2
Nis.96	161.86	12.32	67.91		25.94	11.0
Nis.97	118.43	3.13	67.91		5.37	1.9
May.98	155.10	9.12	67.91		19.12	7.6
Nis.99	102.23	5.44	67.91		8.02	2.9
<b>Eğri I</b>	<b>S-I</b>			<b>YAEN=26</b>		
May.93	680.98	2.62	718.09		2.49	9.1
Eylül 2002	745.96	2.73	718.09		2.85	10.4

#### 4.3.3.4.1 Uğrak havzası topoğrafik indeks verileri

Uğrak havzasının Tİ haritası şekil 4.19’da, her bir olay için hesaplanılan A<sub>f</sub> değerleri ile Tİ arasındaki ilişki grafik olarak şekil 4.20’de verilmiştir. Grafikte, çizelge 4.33’deki % A<sub>f</sub> değerleri (11. sütun) değerleri kullanılmıştır. Havzada yüzey akımı katkı veren alanların yüzdeleri ile Tİ değerleri de çizelge 4.35’de verilmiştir.



Şekil 4.19 Uğrak havzası topoğrafik indeks haritası



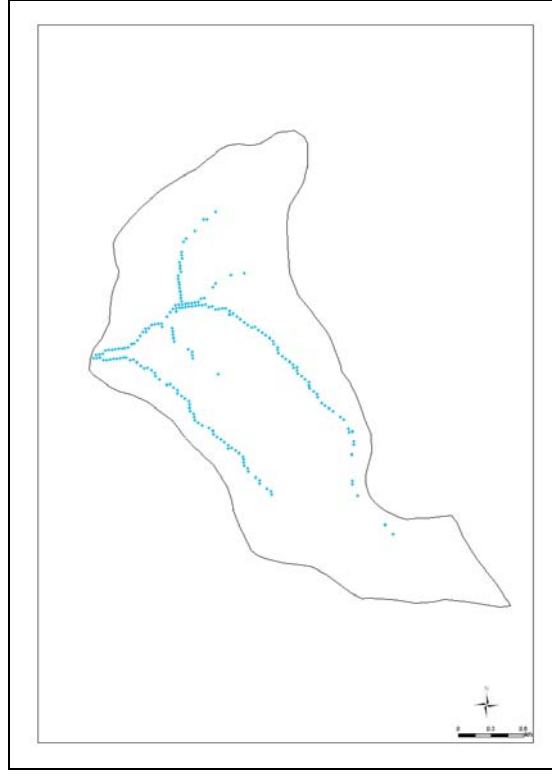
Şekil 4.20 Uğrak havzası yüzey akış kısmi katkılı alan ve topoğrafik indeks grafiği

Ayrıca %  $A_f$  ve  $Tİ$  verileri arazi kullanım ve bitki örtüsü, HTG katmanları ile CBS ortamında oluşturulan çakıştırılarak havzada yüzey akıma katkısı olan alanların ortalama YAEN'leri belirlenmiştir (Çizelge 4.35). YAEN'leri en düşük 79 ve en yüksek 81 olmuştur.

Çizelge 4.35. Uğrak havzası kısmi katkılı alan, topoğrafik indeks ve yüzey akış eğri numarası

Yıllar	$A_f$ (%)	$Tİ$	YAEN
23.06.1979	16.42	8.55	80
08.05.1980	30.56	7.67	80
11.09.1981	29.25	7.73	80
21.05.1982	52.35	6.82	81
30.05.1983	66.20	6.37	80
15.05.1984	10.96	9.23	80
16.05.1985	9.30	9.53	79
14.06.1986	10.30	9.35	80
15.04.1987	5.73	10.45	80
03.06.1988	5.78	10.42	80
04.06.1989	40.83	7.22	80
11.05.1990	13.03	8.98	79
16.04.1991	11.23	9.20	80
09.07.1992	6.72	10.07	80
25.05.1993	2.61	12.50	80
07.10.1993	6.99	9.99	80
06.05.1995	10.92	9.24	80
18.04.1996	12.32	9.04	80
19.04.1997	3.08	12.14	81
14.05.1998	9.18	9.55	80
13.04.1999	5.48	10.54	80
27.05.2000	25.11	7.94	80
12.09.2002	2.72	12.39	80

Havzada çizelge 4. 35'de en yüksek ve en düşük %  $A_f$  (66.20 ve 2.61) ve  $Tİ$  (6.37 ve 12.50) değerlerine göre çıkarılan kısmi katkılı yüzey akış alanlarını haritalar verilmiştir. (Şekil 4.21a,b).



a) 25.05.1993



b) 30.05.1983

Şekil 4.21 Uğrak havzası yüzey akış kısmi katkıli alan dağılımı

#### 4.4 Havzaların Farklı Yöntemlere Göre Tahmin Edilen Yüzey Akış Miktarları

Tahmin edilen ve gözlenen yüzey akış değerleri arasında hata kareler ortalaması karekökü (HKOK) göre (eş. 25) hesaplanılan ilişki ve % 95 olasılıkla güven aralıkları sırasıyla Güvenç, Çatalkaya, Kurukavak ve Uğrak havzaları için çizelge 4.36-4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.36 Güvenç havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri

YIL	P (mm)	Q-Gözlenen (mm)	Q-Tahmin (mm) SCS-YAEN	Q-Tahmin (mm) SODY	Q-Tahmin (mm) KKAD
07.07.1987	28.6	1.3221	5.3207	0.9557	2.5281
21.10.1987	14.5	0.1920	0.4374	0.1123	1.8424
13.08.1989	16.6	0.3000	0.8668	0.3505	0.3062
29.11.1989	27.2	2.4885	4.6595	3.1515	8.7360
06.07.1991	12.3	0.1830	0.1350	0.5644	0.0243
06.10.1991	19.6	1.9500	1.6891	3.0030	4.5300
05.06.1993	9.8	0.7418	0.0003	0.1421	0.7920
12.15.1994	1.4	0.8255	0.6055	1.4078	0.1971
12.07.1995	1.5	0.3600	0.4374	0.1123	1.8424
26.05.1996	22.4	0.4061	2.6495	0.1436	0.9088
24.04.1997	35.0	1.7485	8.7009	2.4329	4.4306
27.05.1998	21.0	0.8417	2.1477	1.2199	0.8934
10.06.1999	14.6	0.8202	0.4548	1.1599	0.1372
24.05.2000	25.0	0.9284	3.6861	2.3825	0.6758
13.05.2001	13.2	0.2326	0.2392	0.7757	2.0295
01.05.2002	12.3	0.2680	0.1350	0.5644	0.0243
18.04.2003	26.0	0.3921	4.1182	0.5343	0.5957
23.06.2004	24.0	0.2539	3.2720	0.2884	0.7612
26.05.2005	17.1	0.4700	0.9876	0.4251	0.3584
		HKOK (mm)	2.38	0.55	1.83

Güvenç havzasında gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri arasındaki ilişkiyi veren HKOK değeri sırasıyla en küçükten en büyüğe SOD yönteminde (0.55 mm), KKAD'da (1.83 mm) ve SCS-YAEN yönteminde (2.38 mm) hesaplanmıştır. Havzada gözlenen yüzey akış değerlerinin % 95 güven aralıklarının alt ve üst sınırları 0.4560 ile 1.0940' dır. SOD yöntemi 1.0382 değeri ile güven aralığı içerisinde yer alırken KKAD ve SCS-YAEN'leri sırasıyla 1.6638 ve 2.1338 ile aralığın dışında yer almıştır.

Çizelge 4.37 Çatalkaya havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri

YIL	P (mm)	Q- Gözlenen (mm)	Q-Tahmin (mm) SCS-YAEN	Q-Tahmin (mm) SOD	Q-Tahmin (mm) KKAD
11.05.1994	8.2	0.0501	0.0465	0.3659	0.0288
03.05.1995	17.0	0.1537	0.9629	0.5587	0.8077
16.04.1996	16.2	0.3364	0.7752	0.4222	0.6960
02.05.1997	24.3	0.364	3.3943	0.0018	0.0338
27.04.1998	4.0	0.3044	0.7545	0.0409	0.0002
24.08.1999	29.2	0.504	5.6134	0.1527	0.0002
13.04.2000	20.5	0.6373	1.9788	1.3481	2.5566
08.05.2001	10.6	0.0272	0.0173	0.0052	0.5577
10.07.2002	11.0	0.115	0.0353	0.0003	0.1653
25.04.2003	19.0	0.0435	1.5065	0.2823	0.1601
02.09.2004	18.5	0.043	1.3611	0.3347	0.1769
30.05.2005	25.0	1.9131	3.6861	2.7639	3.9853
		HKOK(mm)	1.94	0.41	0.81

Çatalkaya havzasında gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri arasındaki ilişkiyi veren HKOK değeri sırasıyla en küçükten en büyüğe SOD (0.41 mm), KKAD (0.81 mm) ve SCS-YAEN yönteminde (1.94 mm) vermiştir. Havzada gözlenen yüzey akış değerlerinin % 95 güven aralıklarının alt ve üst sınırları 0.4130 ile 0.7072'dir. SOD yöntemi 0.5230 değeri ile güven aralığı içerisinde yer alırken KKAD ve SCS-YAEN'leri sırasıyla 0.7640 ve 1.6776 ile aralığın dışında yer almıştır.

Çizelge 4.38 Kurukavak havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri

Yıl	P (mm)	Q- Gözlenen (mm)	Q-Tahmin(mm) SCS-YAEN	Q-Tahmin (mm) SOD	Q-Tahmin (mm) KKAD
25.05.1984	16.1	0.1661	0.1727	0.1970	27.6115
08.04.1985	7.3	0.1324	0.5018	0.0147	0.2829
05.11.1986	16.6	0.1560	0.2256	0.0074	27.2956
19.06.1987	15.3	0.1930	0.1022	0.0519	0.4730
29.06.1988	28.3	4.2819	3.0766	1.2135	5.2540
30.09.1989	26.8	0.1020	2.5619	0.6603	21.3350
18.10.1989	48.6	0.8560	12.9659	0.6055	11.4384
09.04.1991	22.4	0.9320	1.2853	0.2717	2.5910
15.06.1992	63.8	1.0589	22.7854	3.1985	6.5619
25.10.1992	30.1	1.0489	3.7423	1.6177	6.1903
31.07.1994	48.2	1.7150	12.7298	0.5634	0.1969
12.10.1994	33.8	1.5650	5.2625	2.6011	8.2650
		HKOK (mm)	8.0	1.21	13.4



Kurukavak havzasında gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri arasındaki ilişkiyi veren HKOK değeri sırasıyla en küçükten en büyüğe sırasıyla SOD (1.21 mm), SCS-YAEN (8.0 mm) ve KKAD yönteminde (13.4 mm) vermiştir. Havzada gözlenen yüzey akış değerlerinin % 95 güven aralıklarının alt ve üst sınırları 0.2692 ile 1.7653' dür SOD yöntemi 0.9021 değeri ile güven aralığı içerisinde yer alırken KKAD ve SCS-YAEN'leri sırasıyla 11.7242 ve 5.4510 ile aralığın dışında yer almıştır.

Çizelge 4.39 Uğrak havzası gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri

Yıl	P (mm)	Q-Gözlenen (mm)	Q-Tahmin (mm) SCS-YAEN	Q-Tahmin (mm) SOD	Q-Tahmin (mm) KKAD
23.06.1979	24.9	0.6100	1.9661	0.2089	2.2670
08.05.1980	11.2	0.4400	0.0362	0.1437	1.7488
11.09.1981	18.8	0.1700	0.5346	0.0196	0.7445
21.05.1982	26.5	1.7500	2.4636	0.3698	11.1392
30.05.1983	11.1	0.3600	0.0413	0.1330	1.7069
15.05.1984	7.9	0.1255	0.3925	0.0127	0.1799
16.05.1985	1.3	0.0200	2.4944	0.3552	1.7294
14.06.1986	14.5	0.6700	0.0496	0.7011	0.1433
15.04.1987	5.9	0.0320	0.8155	0.1850	0.4677
03.06.1988	10.5	0.1300	0.0789	0.0771	0.0097
04.06.1989	4.6	0.0600	1.1842	0.0429	0.7349
11.05.1990	11.5	0.6000	0.0231	0.1781	0.0005
16.04.1991	27.8	0.7917	2.9008	0.5318	3.2228
09.07.1992	16.5	0.1310	0.2145	1.2115	0.3688
25.05.1993	14.8	0.1200	0.0672	0.7700	1.8943
07.10.1993	11.0	0.0590	0.0467	0.1227	0.0013
06.05.1995	12.5	0.1250	0.0006	0.3173	0.0205
18.04.1996	18.6	0.7000	0.5015	1.8681	0.7072
19.04.1997	6.9	0.0300	0.5830	0.0727	0.3058
14.05.1998	13.9	0.3550	0.0222	0.5719	0.0953
13.04.1999	17.4	0.0800	0.3239	0.0798	0.5016
27.05.2000	16.1	0.5600	0.1727	1.1000	4.2022
12.09.2002	19.9	0.1430	0.7332	0.0008	1.0609
		HKOK (mm)	0.86	0.51	5.46

Uğrak havzasında gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri arasındaki ilişkiyi veren HKOK değeri sırasıyla en küçükten en büyüğe SOD (0.51 mm), SCS-YAEN (0.86 mm) ve KKAD yönteminde (5.46 mm) vermiştir. Havzada gözlenen yüzey akış değerlerinin % 95 güven aralıklarının alt ve üst sınırları 0.1794 ile 0.5215' dir. SOD

yöntemi 0.3945 değeri ile güven aralığı içerisinde yer alırken KKAD ve SCS-YAEN'leri sırasıyla 2.7936 ve 0.6803 ile dışında yer almıştır.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde, araştırma havzalarının yüzey akış eğri numaralarının hesaplanmasında SCS-YAEN, SOD ve KKAD olmak üzere üç farklı yöntem ile hesaplanan havza depolama, ön nem tutulma, tutulma katsayıları ve YAEN' ları karşılaştırılmıştır. Ayrıca havzalarda gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri arasındaki ilişki yorumlanmıştır.

### 5.1 SCS –YAEN ve S-Olasılık Dağılım Yöntemlerinin Karşılaştırılması

SCS-YAEN' ları Şart- II' ye göre Güvenç ve Çatalkaya Havzalarında 84, Kurukavak ve Uğrak havzalarında 80 bulunmuştur (Çizelge 4.3). Şart-II ye göre belirlenen YAEN ları Güvenç ve Çatalkaya havzalarında Şart-I (kuru) ve Şart-III (ıslak) için sırası ile 68 ve 93, Kurukavak ve Uğrak havzaları için 63 ve 91 olarak belirlenmiştir (SCS 1985). SCS-YAEN yönteminin belirlenmesinde kullanılan parametrelerin havzalardaki dağılım özellikleri dikkate alındığında havzalara göre sonuçların uyumlu olduğu söylenebilir. Güvenç ve Çatalkaya havzalarında yüksek yüzey akış potansiyelini gösteren HTG larından D grubu sırası ile % 27. 67 ve % 23.64 oranında yayılım göstermiştir. YAEN sınırın daha düşük değerler aldığı Kurukavak ve Uğrak havzalarında ise D grubu yer almamıştır. Bu havzalarda düşük yüzey akış potansiyelini veren B grubu topraklar sırası ile % 95 ve % 76 oranları ile yüksek bir yayılım göstermişlerdir. Güvenç ve Çatalkaya havzalarında ise B grubu topraklar diğer iki havzaya oranla daha düşük miktarlardaki (% 61 ve %13) alanlarda belirlenmiştir. SCS yönteminde kullanılan diğer bir parametre de arazi kullanımı ve bitki örtüsü olmuştur. Güvenç ve Çatalkaya havzalarında YAEN' larının da aynı miktarda hesaplanması kuru tarım ve mera alanlarının yayılım oranlarının hemen hemen birbirine yakın olmasının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Bu yakınlık, her ne kadar Çatalkaya havzasında kuru tarım alanlarının yayılım oranı Güvenç havzasından fazla olsa da (Çizelge 4.2) bu fazlalık yüzey akışı artı yönünde etkileyecektir- NDVI analizleri sonucu Güvenç havzasında az miktarda da olsa (% 0.8) orta özellikte mera alanlarının belirlenmesi ve % 4.05 oranında orman bitki örtüsünün bulunmasının bir sonucu olmuştur. Kurukavak ve

Uğrak havzalarında kuru tarım arazi kullanım sınıfının yayılımı birbirinden farklılık göstermiştir (Çizelge 4.2). Ancak Kurukavak havzasında orman bitki örtüsü sınıfının yayılım alanının yüksek olması (% 56) ve % 1.88 oranında orta özellikte mera alanlarının bulunması nedeniyle diğer iki havzaya göre YAEN' ları düşük çıkmıştır. Sonuç olarak, dört adet çalışma havzasını SCS-YAEN yöntemine göre sınıflandırıldığında Kurukavak ve Uğrak havzalarında gerek D sınıfı yüksek akış veren HTG' larının olmaması ve gerek yağışı toprakta tutarak direkt yüzey akışı vermeyen orman ve fundalık bitki örtüsü sınıfının daha fazla yayılım göstermesi bu havzalarda YAEN' larının Güvenç ve Çatalkaya havzalarına göre düşük hesaplanmasına neden olmuştur.

SOD yönteminde, SCS-YAEN'sı yönteminden farklı olarak havzalardaki yıllık maksimum akımı veren yağış ve akım hidrolojik parametreleri kullanılarak YAEN' ları hesaplanmıştır. S-Olasılık Dağılım ile SCS-YAEN'sı yöntemlerine göre havzaların hesaplanılan YAEN' ları şartlara göre verilmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Havzalarda iki farklı yöntemle göre yüzey akış eğri numaraları

Havzalar	Şart -I		Şart-II		Şart-III	
	SCS-YAEN	S-Olasılık Dağılım	SCS-YAEN	S-Olasılık Dağılım	SCS-YAEN	S-Olasılık Dağılım
Güvenç	68	73	84	81	93	87
Çatalkaya	68	67	84	82	93	91
Kurukavak	63	58	80	75	91	86
Uğrak	63	72	80	85	91	93

Araştırma havzalarından Güvenç, Çatalkaya ve Kurukavak da SOD yönteminden hesaplanılarak bulunan YAEN' ları, SCS-YAEN'sına göre (SCS 1985) belirlenen YAEN' larından düşük olmuştur. Güvenç ve Çatalkaya havzalarında her iki yöntem arasındaki fark Şart-II için çok fazla olmamıştır (SCS: 84 ve 84, S- Olasılık: 81 ve 82).

Kurukavak havzasında ise iki yöntem arasındaki fark (SCS-YAEN: 80 ve SOD: 75) nispeten daha yüksek çıkmıştır. Uğrak havzasında ise, SOD yönteminde ölçülmüş verilerden hesaplanan YAEN' sı 85, SCS yöntemine göre tahmin edilen YAEN' 80 değerinden yüksek olmuştur. SOD yöntemine göre havzalarda hidrolojik verilerin % 10 ve % 90 olasılık hesaplamaları SCS yöntemdeki Şart- I ve Şart-III değerlerine karşılık olmuştur. Bu değerler Güvenç havzasında 73 ve 87, Çatalkaya havzasında 67 ve 91, Kurukavak havzasında 58, 86 ve Uğrak havzasında 72, 93 bulunmuştur. Her iki yöntemde de, Şart II değerlerinde olduğu gibi, Şart-I ve Şart-III değerlerinde yakın bir uygunluk olmamıştır. SCS-YAEN yönteminde Şart-II' ye göre belirlenen YAEN sı, kuru koşullarda daha az akım (Şart-I) ve ıslak koşullarda daha fazla akımı (Şart-III) tahmin etmek için uyarlanarak SCS tarafından Çizelge haline getirilmiştir. Bu çizelge akımı meydana getiren yağış öncesi 5 günlük süredeki toplam yağışı vermektedir (Anonymous 1972). Ponce ve Hawkins (1996) Anonymous 1972'de yayınlanan çizelgedeki değerlerin havzaların bulunduğu bölge ve ölçeğe bağlı olduğunu ve havzalardaki değişkenliğin dikkate alınarak yayının 1993 yılındaki yeni basımında bu çizelgenin kaldırıldığını belirtmişlerdir. Mitchell vd. (1993) iki havzada yaptığı çalışmada Anonymous 1972'de verilen kuru ve ıslak çizelge değerlerini gözlenmiş veriler ile kalibre etmiş ve sonuçları çok zayıf bulmuştur. Walker vd. (2003), orta eğimli havzalarda yapılan çalışmalarda SCS-YAEN'sı yöntemin kısmen eğimli olmayan düz havzalarda akımları tahmin etmede kullanılabileceğini önermiştir. Ayrıca Hawkins (1984), gözlenmiş YAEN' ları ile SCS-YAEN yöntemine göre tahmin edilen YAEN' ları arasında yakın bir ilişki olmasının en ideal olması gerektiğini çalışmalarında vurgulamıştır. Araştırmacı, SCS yönteminde, YAEN değerlerini SCS'de verilen çizelgelerden seçmenin kolay olamayacağını, yarı kurak iklim özelliği taşıyan bölgelerde ve orman bitki örtüsünün hakim olduğu havzalarda bu yöntemin başarısının çok düşük olduğunu belirtmiş ve bu nedenle de SCS-YAEN yöntemi ile hesaplanan YAEN' ları ile hidrolojik verilerden elde edilen YAEN arasında daima bir fark olacağını belirtmiştir. Araştırmacı, SCS-YAEN yönteminde toprak-bitki özelliklerine göre düzenlenmiş çizelge verilerine dayanılarak tahmin edilen YAEN larında doğruluk derecesinin, kullanıcının kabiliyetine ve toprak ve bitki parametrelerinin kullanıcı tarafından havza fiziksel şartlarında çok iyi tanımlanmasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Çalışmada, havzaların HTG' larını belirlemede detaylı toprak etüt ve toprak fiziği

yorumlamaları yapılmış, arazi kullanım ve bitki örtüsü belirlemede uydu görüntülerinden faydalanılmış ve analizler CBS ortamında yapılmış olmasına rağmen SCS yöntemi ile elde edilen YAEN' ları ile hidrolojik yağış ve akım verilerinden elde edilen YAEN' ları arasında farklılıklar olmuştur. Bu farklılığın aynı zamvea havzalarda yağış ve akım verilerinin ölçüm ve değerlendirmeler sırasındaki hatalardan kaynaklanabilir. Her iki yöntemde de havzaların su depolama potansiyellerini veren S değerleri hesaplanmış ve çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Havzaların iki farklı yöntemde göre potansiyel su depolama (S) miktarları

Havzalar	Şart-I S (mm)		Şart-II S (mm)		Şart-III S (mm)	
	SCS- YAEN	S-Olasılık Dağılım	SCS- YAEN	S-Olasılık Dağılım	SCS- YAEN	S-Olasılık Dağılım
Güvenç	119.52	93.33	48.38	59.31	19.11	37.15
Çatalkaya	119.52	123.87	48.38	55.68	19.11	24.95
Kurukavak	149.17	188.10	63.50	87.00	25.12	40.32
Uğrak	149.17	101.00	63.50	43.18	25.12	18.44

Havzalarda drenaj alanı içerisinde en uzak noktaya düşen yağışı akıma geçirmede önemli sayılan parametrelerden biri olarak potansiyel su depolama miktarı (S), SCS-YAEN yönteminde YAEN' ları belirlendikten sonra eşitlik (12)'den hesaplanmıştır. Yöntemde her bir havza için Şart I-II-III' e göre YAEN belirlendiğinden, S'lerde aynı şartlar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Güvenç ve Çatalkaya havzalarının her bir şartı için YAEN'ları birbirinin aynısı olduğundan, havzaların depolama değerleride Şart I, II ve III için sırasıyla mm olarak 119.52, 48.38 ve 19.11 bulunmuştur. Kurukavak ve Uğrak havzaları için ise değerler sırasıyla 149.17, 63.50 ve 25.12 mm olmuştur. Kuru şartlarda (Şart-I) havzaların su tutma potansiyeli en yüksek değerleri gösterirken, ıslak şartlarda (Şart-III) su tutma potansiyeli düşmüş ve normal şartlarda ise (Şart-II) her iki şartın arasında değer göstermiştir. S-Olasılık dağılım yönteminde havzaların gözlenmiş yağış ve akış verilerinden % 10, 50 ve 90 olasılıkla elde edilen S miktarları, her havza için ayrı ayrı hesaplanmıştır. SCS-YAEN yönteminde havza parametrelerine ve SCS

tarafından geliştirilmiş çizelge değerlerine bağlı olarak öncelikle YAEN bulunmuş daha sonra bu değere bağlı olarak S değerleri hesaplanmıştır. SOD yönteminde ise direkt havza fiziksel özellikli yağış-akım değerleri kullanılarak öncelikle S bulunmuş ve daha sonra YAEN hesaplanmıştır. Lyon vd. (2004), New York’da küçük havzalarda yaptığı çalışmalarda havzanın fiziksel özelliklerini daha iyi yansıttığı için öncelikle S değerlerini hesaplamış ve daha sonra YAEN değerlerine ulaşmıştır. Havzalarda S değerleri Şart I, II ve III için sırasıyla Güvenç havzasında 93.33, 59.31. ve 37.15 mm, Çatalkaya da; 123.87, 55.68 ve 24.95 mm, Kurukavak da 188.10, 87.00 ve 40.32 mm, son olarak da Uğrak havzasında 101.00, 43.18 ve 18.44 mm bulunmuştur. Kurukavak havzası Şart-I de en düşük YAEN sahip olduğundan (58) dolayısıyla S potansiyel su depolaması da en yüksek değeri (188.10 mm) vermiştir. SCS-YAEN yönteminde toprak yapısı ve bitki örtüsü sınıfları farklı olmalarına rağmen havzaların aynı YAEN ve dolayısıyla aynı S depolama miktarlarını vermiştir. Ancak, gözlenmiş yağış ve akım verileriyle yapılan çalışmada her havza kendi YAEN ve S depolama karakteristiği göstermiştir.

## **5.2 Kısmi Katkılı Alan Dağılım Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemi ve Diğer İki Yöntemle Karşılaştırılması**

Kısmi katkılı alan dağılımında YAEN’leri, yöntem gereği, havzalarda ölçülen yıllık maksimum yüzey akımı veren bireysel olaylar için tek tek hesaplanmıştır. Ayrıca, diğer iki yöntemden farklı olarak her bir olay için YAEN’sinin hesaplanması, havzalarda tüm alan için temsili tek bir değer olarak değil, bireysel olayın meydana getirdiği yüzey akışları destekleyen alanların belirlenmesi ve bu alanlardaki YAEN’lerinin ağırlıklı ortalamasının alınması şeklinde olmuştur. Hjelmfelt (1991), YAEN’sinin sabit bir değer olmadığını, her bir bireysel yağıştan yağışa değiştiğini belirtmiştir. Bu yöntemde havzaların topografik indeks değerleri (Tİ), kısmi katkılı alanları (%A<sub>f</sub>) ve SCS –YAEN yöntemi ile belirlenen YAEN ları birleştirilerek her bir bireysel olay için YAEN’leri belirlenmiştir. Ayrıca yöntemde havzaların ortalama S depolama değerleri hesaplanmış ve bu değerlerden Şart-I, II ve III’e YAEN’leri bulunmuştur. Bu çalışma, alansal katılım ve Tİ değerlerinin birlikte kullanılarak YAEN bulunması bakımından yeni bir yöntem olarak küçük ölçekli havzalarda uygulanmıştır. Bu yöntemde yüzey akıma katkı veren

alanları belirleme de önemli parametre olarak etkili yağış kullanılmıştır. SOD yönteminde yıllık maksimum yüzey akımı veren toplam yağış ve akım değerleri dikkate alınmış, ancak kısmi katkılı alan dağılım yönteminde ise toplam yağış yerine, bu yağıştan toprakta ilk tutulan değeri çıkarılmış ve kalan etkili yağış ( $P_e$ ), havzaların maksimum su tutma potansiyel miktarı ile birlikte yüzey akışa katkıda bulunan alanların belirlenmesinde ( $\% A_f$ ) kullanılmıştır. Bu yöntemde göre; havzada bir kısım alan suyla doymuş hale geldikten sonra ancak akıma katkıda bulunmakta, doymuş olmayan diğer alanlar ise akıma katkıda bulunmamaktadır. Yine diğer iki yöntemden farklı olarak toprakta ön tutulma parametresi ( $I_a$ ) ve bu parametrenin hacim ve zamana bağlı olarak değişimi kullanılmıştır. Etkili yağış miktarları dört havzada da zamana bağlı ön tutulma değerine göre düşük,  $\square$ acme bağlı olarak da yüksek değerleri vermiştir. Dolayısıyla S değerleri de  $P_e$ 'ye bağlı olarak yüksek veya düşük miktarlar olarak hesaplanmıştır. Etkili yağışın  $\square$ acme ve zamana bağlı olarak hesaplanmasına göre S değeri ve dolayısıyla kısmi katkılı alan miktarları da farklı bulunmuştur (Çizelge 4.20-4.23). S'in yüksek olduğu şartlarda, havzaların su depolama potansiyelleri de yüksek olacağından,  $A_f$  değerleri düşük, S in düşük olduğu değerlerde ise  $A_f$  yüksek çıkmıştır. Havzalarda yüksek miktarda su depolamasının olduğu dönemlerde (Şart-III) yüzey akım meydana gelmesi için düşük miktarda etkili yağışa ihtiyaç olacaktır. Kurak dönemlerde ise tam tersine akımı desteklemek için yüksek  $P_e$  değerleri gerekmektedir. Havzalarda hesaplanan S değerleri genelde en fazla etkilendiği havza etkili yağış ( $P_e$ ) değerleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir (Çizelge 4.21, 4.28, 4.31 ve 4.34). Zamana bağlı ön tutulma değerlerinden hesaplanacağı S değerleri havzada tutulan toplam nem miktarını gösterdiğinden, havzalarda su tutma potansiyelini belirleyen en sağlıklı yaklaşım olacağı düşünülerek YAEN'lerin hesaplanmasında tercih edilmiştir. Ancak bu hesaplamada S değerleri geniş bir dağılım gösterdiğinden yeniden düzenlenmiştir (Steenhuis vd. 1995). Etkili yağış ve akıma göre yeniden düzenlenen değerler üç farklı eğri etrafında dağılım göstermişlerdir. Grafiklerdeki (Şekil 4.6, Şekil 4.10, Şekil 4.14, Şekil 4.18) S-I, S-II ve S-III eğrileri; akımların efektif yağışların bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Düzenlenmiş S yaklaşımının ortaya koyulduğu makalenin yazarı ile yapılan yazılı görüşmelerde (Steenhuis vd. 1995), S'in havzalarda ortalama potansiyel depolamanın bir göstergesi olduğu ve ilk yüzey akış başlangıcı ile havzanın maksimum doymuş hale gelmesi arasındaki depolanan su hacminin toplam alana oranı



olarak ifade edilebileceğini belirtilmiştir. Araştırmacı, ayrıca S'lerin üç farklı eğri üzerinde yer almalarının Türkiye gibi farklı iklim kuşaklarına sahip ve akımların yağışların bir fonksiyonu olduğu bölgeler için beklenen sonuç olduğunu söylemiştir. Grafiklerde eğri I, II ve III ün sırasıyla havzalarda kuru, normal ve ıslak şartları temsil etmiştir. SCS-YAEN yönteminde S, toprak ve arazi kullanım gibi havzaların fiziksel şartları, SOD yönteminde gözlenmiş yağış ve akım verileri, KKAD yönteminde ise etkili yağış ve ön tutulma değerleri kullanılarak hesaplanmış ve ayrıca etkili yağış ve yüzey akıma göre yeniden düzenlenmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 Havzaların üç farklı yöntemle göre potansiyel depolama miktarları

Havzalar	Şart –I S (mm)			Şart-II S (mm)			Şart-III S (mm)		
	SCS- YAEN	S- Olasılık Dağılım	S- Kısmi Alan Dağ.	SCS- YAEN	S- Olasılık Dağılım	S- Kısmi Alan.Dağ.	SCS- YAEN	S- Olasılık Dağılım	S- Kısmi Alan Dağ.
Güvenç	119.52	93.33	427.81	48.38	59.31	109.41	19.11	37.15	39.20
Çatalkaya	119.52	123.87	614.98	48.38	55.68	132.84	19.11	24.95	88.31
Kurukavak	149.17	188.10	455.51	63.50	87.00	215.81	25.12	40.32	41.90
Uğrak	149.17	101.00	718.09	63.50	43.18	67.91	25.12	18.44	32.75

Her üç yönteminde birbirlerine göre kuvvetli ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Havzalarda potansiyel su depolama değerini gösteren S' in hesaplanması parametrelere bakıldığında SCS yönteminde başarının çok iyi etüd edilmiş toprak ve arazi kullanımı ile iyi yorumlanmış HTG'larına ihtiyaç olduğunu ve değerlendirmelerinin SCS tarafından geliştirilmiş olan çizelge değerlerine bağlı olduğunu göstermektedir. Hawkins 1984, gözlenmiş yağış ve akım verileri ile yaptığı bir çalışmada SCS ile yapılan hesaplamaların beklenilenden düşük değerler verdiğini ve güvenilirliğin az olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle araştırmacı, havzalarda kesin ve güvenilir ölçülebilir verilerle çalışmanın gerekliliğine dikkat çekmiştir. SOD yönteminde havzalarda gözlenmiş yağış ve akım verileri ile S hesaplamaları yapılmış ve genelde SCS yöntemi ile birbirine yakın değerler bulunmuştur. Sonuçlar; Hawkins (1984)'in belirttiği gibi, bu

çalışmada SCS-YAEN yöntemi için gerekli olan toprak ve arazi kullanım özelliklerinin havzalarda iyi yorumlanması bir göstergesi olarak kabul edilebilir. KKAD yönteminde ise yukarıda da belirtildiği gibi yeniden düzenlenen S'ler ile havzaların ortalama S değerleri hesaplanmıştır. Şart-II' de de yöntemler arası fark olmakla birlikte, kuru şartlarda fark daha fazla olmuştur. Hjelmfelt, 1991 benzer bir çalışmada kuru şartlarda S değerlerinin oldukça geniş bir dağılım gösterdiğini belirtmiştir. Bu sonuç özellikle Kurukavak ve Çatalkaya havzalarında daha net olarak görülmüştür. Çatalkaya havzasında kuru şartlarda S-I değerleri 364.37 mm ile 2752.12 mm arasında geniş bir değişim aralığı göstermiştir. Dolayısıyla 2003 Nisan (2334.96 mm) ve 2004 Eylül ayı (2752.12 mm) rakamları değerlendirmeye alınmamıştır. Kurukavak havzasında da benzer olarak 1989 Eylül (1274.46 mm) ve 1992 Haziran ayı (1366.85 mm) ortalama S in hesaplanmasında değerlendirmeye alınmamıştır. Diğer Güvenç ve Uğrak havzalarında kuru şartlardaki S-I değerleri birbirlerine daha yakın değerler vermiştir. Western vd. (2002), kısmi katkılı alan dağılım yönteminin özellikle ıslak dönemlerde havzadan gelebilecek akımları en iyi tahmin edebileceğini belirtmiştir. Araştırmacının belirttiği sonuçlarla benzer olarak bu çalışmada da üç yöntemde, dört havzada S değerleri ıslak şartta (Şart-III) diğer şartlara göre birbirleriyle uyumlu değerler vermiştir.

KKAD yönteminde; havzalarda yüzey akıma etki eden alanların dağılımının belirlenmesinde hem düzenlenmiş S eğrilerinden hesaplanılan ortalama S, hem de zamana bağlı ön tutulmaya göre hesaplanılan S değerleri kullanılarak %  $A_f$  değerleri bulunmuştur. Havzada %  $A_f$  belirlenirken havzada toprak neminin S'e olan katkıları da hesaplanmıştır. Diğer havzalarda hesaplanılan S değerlerinden farklı olarak Güvenç havzasında havza toprak nem indeksi değeri hesaplanmıştır. Havzada kurak ve ıslak şartı gösteren  $S_{emak}$  ve  $S_{emin}$  değerleri sırasıyla toprakların tarla kapasitesi ve solma noktaları olarak alınmıştır. Güvenç havzasında her bir seri bazında hesaplanılan  $S_{emak}$  ve  $S_{emin}$  değerlerinin farkları o serinin efektif nem miktarını ( $S_e$ ) vermiştir (Çizelge 4.24). Serilerin alan miktarları da hesaplanılarak ortalama  $S_e$  değeri 155.44 mm olarak bulunmuştur. Havzada düzenlenen S eğrileri üzerinde yer alan üç adet olayın ortalama  $S_e$  değerine göre yeniden %  $A_s$  değerleri hesaplanmış,  $\sigma_e$  ve  $\sigma$  değerleri bulunmuştur.  $\sigma_e$  havzada akım başladıktan sonraki efektif nem depolamasını,  $\sigma$  ise  $\sigma_e$  değerine ön

tutulma değerinin eklenmesiyle havzada yağış başladıktan sonraki depolamayı göstermiştir (Çizelge 4.25). Çizelgede hem eşitlik 13'den bulunan  $S$  ve  $S_e$  ye göre hesaplanan  $\% A_f$  ve  $\% A_s$  değerleri verilmiştir. Havzada S-II eğrisi üzerinde yer alan ve Şart- II' yi temsil eden Mayıs 1998 tarihli olayda  $A_f$  ve  $A_s$  değerleri birbirine yakın değerler vermiş fakat sırasıyla kuru ve ıslak şartları temsil eden Ekim 1991 ve Mayıs 2000 olaylarında değerler farklı çıkmıştır. Çizelge 4.25'de 5. sütundaki  $A_f$  değerleri kuru ve ıslak şartlarda havzadan beklenen yüzey akım oranlarını ( $\% 9.38$  ve  $\% 41.03$ ) vermiştir.  $S_e$  den hesaplanan  $A_s$  değerleri ise Şart-II oranı hariç ( $\%12$ ) diğer kuru ve ıslak şartlarda  $\% 20$  ve  $\% 10$  değerleri ile beklenenin dışında değerler vermiştir. Bunun nedeni havzada her üç olay için tek bir  $S_e$  değerinin olması olabilir. Havzalarda toprak neminin çok değişken olduğu ve yağıştan yağışa değiştiği çeşitli çalışmalarla da belirlenmiştir (Kemper 1993, Workman ve Skaggs 1994). Eğer  $S_e$  değeri havzada tek bir değer değilse her olay bazında hesaplanan değer olsaydı  $\% A_s$  değerlerinin de kuru ve ıslak şarta uygun değerler verilebilirdi. Yine de Şart-II'de olduğu gibi havzanın toprak nem indeksi değerleriyle hesaplanılacak  $\%A_f$  'lerin daha havza fiziksel şartlarıyla uygun sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Şart- II'de Mayıs 1998 olayında  $\sigma_e$  ve  $\sigma$  değerleri sırasıyla 10.25 mm ve 20.45 mm olmuştur. Bu değerler beklenildiği gibi  $\sigma_e$  nin etkili yağış değerinden ( $P_e$  ) küçük olduğu lokal alanlarda akım başlama şartını sağlamıştır.  $\sigma_e$  değerine  $I_{at}$  (10.20 mm) eklenilerek hesaplanan  $\sigma$  (20.45 mm) değeri ise havzada yağıştan sonraki depolama miktarını vermiştir. Benzer olarak diğer Ekim 1991 ve Mayıs 2000 olaylarında da depolamalarla ilgili uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada eğer her olay bazında havzada  $S_e$  değerleri hesaplanabilseydi konuyla ilgili olarak daha fazla değerlendirme yapılabilecekti. Güvenç havzasında ayrıca yüzey akım oluşmasında havza eğimli ve düz alanların yüzey akım oluşturmadaki katkıları çalışılmıştır. Bu konuda çeşitli çalışmalar yapılmış ve eğimli alanlar ile düz alanların akım oluşturmadaki etkileri araştırılmıştır (Wigmosta vd. 1994, Beven ve Frer 2001). Güvenç havzasında da bu konuda yapılan çalışmalara benzer olarak olayların alansal katılım oranı arttıkça eğim ve eğimin standart sapması artmıştır (Çizelge 4.26). Havzada, Ekim 1991 tarihli olayın yüzey akıma katkı oranı en yüksek olup ( $\% 41.03$ ) Mayıs 1998 olayı ile karşılaştırıldığında ( $\%14.97$ ) hem ortak alanlarda hem de ortak olmayan alanlarda ortalama eğim ( $\% 7.33$  ve  $\% 9.97$ ) ve standart sapması ( $\% 4.09$  ve  $\% 5.25$ ) akıma katkısı düşük olan Mayıs 2000 olayına ( $\% 9.38$ ) göre yüksek çıkmıştır

(Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). Yüzey akıma katkı veren alan miktarı az olduğunda (Mayıs 1998 ve 2000, Şekil 4.9) ortalama eğimde en düşük değeri (% 6.95) almıştır. Eğimin yüksek olduğu havza üst kotlarında ve erozyona uğramış çıplak alanların dağılım gösterdiği kuzey-batı kısımlarından yüzey akıma katkının daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Bu sonuçlara göre Güvenç havzası için yüzey akıma katkıda eğimli alanların düz alanlara göre daha etkili olduğu söylenilebilir. Ancak küçük bireysel olaylarda düz alanların akıma katkısı eğimli alanların katkısı ile hemen hemen aynı olmaktadır (Şekil 4.9). Tekeli vd. (2001), aynı havzada izotop teknikleri ile akım hidrograflarının bileşenlerine ayrılması çalışmalarında özellikle yüksek miktartlı yağış olaylarında eğimli alanlardan gelen ve gecikmeli akım olarak adlandırılan akımların havzada etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Havzalarda S düzenlemesinden elde edilen  $S_{ort}$  değerleriyle elde edilen %  $A_f$  değerleri Güvenç Havzasında fazla bir farklılık yaratmamıştır. Genelde S-I, II ve III nolu eğriler üzerinde yer alan S değerleri S ortalama değerleriyle uyumlu olmuştur (Çizelge 4.21). Çatalkaya havzasında S-III eğrisinin ortalama değerinden (132.84 mm) sonra elde edilen %  $A_f$  değerinde özellikle Nisan 1998 yılında üç katı farkla bir azalma (% 6.70) görülmüştür. Bu durum, o yıldaki bireysel olayda havza potansiyel depolama miktarının ortalamadan farkının (- 59.65 mm) yüksek olmasıyla ilgilidir (Çizelge 4.28). Havzada diğer şartlarda (S-I ve S-II) uyumsuzluk gözlenmemiştir. Kurukavak havzasında S-III eğrisi ortalaması (33.15 mm), Ekim 1994 yılı hariç eğri üzerinde yer alan diğer bireysel olayların değerlerinden farklı olduğundan %  $A_f$  değerlerinde de uyumsuzluk görülmüştür (Çizelge 4.31). Havzada S-II eğrisi için tek bir değer olduğundan yorum yapmak mümkün olmamıştır. S-I eğrisinde değerlendirmeye alınmayan yılların haricinde (1989 ve 1992) %  $A_f$  değerleri uyumlu sonuçlar vermiştir.

KKAD yönteminde yüzey akıma katkıda bulunan alanların havzalarda hangi bölgelerde dağıldığının belirlenmesi için de topografik indeks parametresi (Tİ) kullanılmıştır. Topografik indeksler belirlenirken havzaların eğim ve yükselti haritalarından faydalanılmıştır. Havzalarda yüksek Tİ değerlerine sahip alanlar düşük değere sahip alanlardan daha fazla su tutma kabiliyeti gösteren makroporlara sahiptirler. Böylece

havzalar yüksek Tİ değerinden düşük Tİ değere göre doymuş hale gelmişlerdir. Güvenç havzasında farklı olarak toprakların derinlik ve geçirgenlik verileri kullanılarak modifiye edilmiş topografik indeks eşitliği bulunmuştur. Eşitlikte Güvenç havzası topraklarının bu özelliklerinin kullanılmasıyla yüzey akıma katkıda olan alanların bulunmasında topoğrafya etkisinin daha iyi temsil edildiği düşünülmüştür. Havzada etüd edilen 8 adet seride toprak derinlikleri 0-130 cm arasında, hidrolik kondaktivite ( $K_s$ ) değerleri de 0.3-9.5 cm /h arasında değişim göstermiştir. Kervanpınarı vertisol özelliği ile 0.10 cm/h ile en düşük hidrolik geçirgenliği gösteren seri olmuştur (Çizelge 4.22). Toprak derinliği ve  $K_s$  değerleri eşitlik (24)'de yerine konularak MTİ elde edilmiştir (Çizelge 4.23). Güvenç havzası MTİ değerleri en düşük 2.20, en yüksek 18.47 olmuştur (Şekil 4.5). Havzada her bir bireysel olay bazında yüzey akımı oluşturan kritik eşik Tİ değerleri ise 6.54 ile 11.07 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.23). Tİ eşik değeri 6.54 olan 6.10.1991 tarihli bireysel olayda, havza alanının % 41.03 ü yüzey akıma katkı sağlamış ve katkı sağlayan alanların ortalama YAEN' sı 84 olmuştur. Diğer 21.10.1987 tarihli bireysel olayda (Tİ=11.07) ise havzanın % 4.17 si yüzey akıma katkı vermiş ve katkı veren alanların ortalama YAEN sı 84 olarak hesaplanmıştır. Çatalkaya havzasında topografik indeks değerleri 4.11 ile 20.39 arasında değişmiştir (Şekil 4.11). Grafikde (Şekil 4.12) havzanın Tİ değerlerine karşılık %  $A_f$  değerleri bulunabilir. Havzada 2.09.2004 tarihli olayda 14.64 Tİ eşik değeri ile yüzey akıma katkı alanın % 0.79 undan olmuştur (Şekil 4.13a). Bu alvean hesaplanılan YAEN değeri 86 dır. Havzada akıma en yüksek alan katkısı % 20.89 ve 8.27 TI ile 30.05.2005 tarihinde olmuş (Şekil 4.13b) ve bu olay için YAEN' sı 86 hesaplanmıştır. Kurukavak havzasında TI değerleri en düşük 6.71 ve en yüksek 12.70 olmuştur. Havzada 30.09 1989 tarihli bireysel olayda 12.70 Tİ eşik değerine karşılık alanın % 1.77 sinden akım gelmiştir (Şekil 4.17a) ve havza YAEN' sı 74 olmuştur. Havzada akıma en büyük alan katkısı % 36.09 ve TI değeri 6.71 değerleri ile 29.06.1988 tarihli bireysel olay olmuştur (Şekil 4.17-b). Havzada olayı 81 değerli YAEN' sı sağlamıştır. Uğrak havzasında topografik indeks haritası en düşük ve en yüksek değerleri 4.26 ve 19.46 hesaplanmıştır (Şekil 4.19). Havzada kritik eşik Tİ değerleri ve buna göre hesaplanılan %  $A_f$  değerlerini gösterir grafikten (Şekil 4.20) her bir olaydaki %  $A_f$  değerleri bulunmuştur (Çizelge 4.35). En düşük alan katkılı akım % 2.61 ile 25.05 1993 tarihinde 12.50 Tİ eşik değerinde olmuştur (Şekil 4.21a) Bu olayın YAEN' sı 80 olarak hesaplanmıştır. En

yüksek akım katkısı ise 30.05.1983 tarihinde % 66.20 ile 6.37 Tİ değerinde olmuştur (Şekil 4.21b). YAEN değeri 81 hesaplanmıştır. Tİ ve %  $A_f$  ile SCS-YAEN yönteminde hazırlanan haritaların birlikte analizinden, tüm havzalarda her bir bireysel olay için ayrı ayrı YAEN' ları hesaplanmıştır. Güvenç ve Çatalkaya havzalarında her bir olay için bu yaklaşımla bulunan YAEN' ları SCS-YAEN yönteminde Şart-II' de bulunan 84 değeri ile uyumlu değerler vermiştir. Yine aynı şekilde Kurukavak ve Uğrak havzaları için de her bir bireysel olay için bulunan YAEN' ları SCS-YAEN yöntemindeki aynı havzalarda Şart-II için bulunan 80 değeri ile uyumlu olmuştur. Burada bir fark olarak Kısmi katkılı alan dağılımında aynı zamvea her bir olay için YAEN'sı bulunurken, SCS yönteminde havzaları temsilen tek bir YAEN'sı hesaplanmıştır.

KKAD yönteminde  $S_{ort}$  değerlerine göre havzalarda eşitlik 12' den hesaplanılan YAEN ları Şart-I, II ve III e göre sırasıyla Güvenç havzasında 37, 70 ve 87 (Çizelge 4.21); Çatalkaya Havzasında 30, 66 ve 74 (Çizelge 4.28); Kurukavak Havzasında 36, 54 ve 86 (Çizelge 4.31); Uğrak Havzasında 26, 79 ve 92 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.34). Havzaların üç farklı yöntemle göre belirlenmiş YAEN' ları çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Havzaların üç farklı yöntemle göre yüzey akış eğri numaraları

Havzalar	Şart I-III II		
	SCS-YAEN	S-Olasılık Dağılım	Kısmi Katkılı Alan Dağılım
Güvenç	68-93	73-87	37-87
	84	81	70
Çatalkaya	68-93	67-91	30-74
	84	82	66
Kurukavak	63-91	58-86	36-86
	80	75	54
Uğrak	63-91	72-93	26-92
	80	85	79

KKAD yönteminde dört havzada Şart-I ve Şart-II değerleri diğer iki yönteme göre düşük olmuştur. Bu yöntemde diğerlerinden farklı olarak havzalarda her bir bireysel olayda ön tutulma ve etkili yağış değerleri kullanılarak depolama S değerleri hesaplanmıştır. Yine bu yöntemde S grafiksel olarak yeniden düzenlenmiş ve her bir şart için ayrı ayrı ortalama S bulunmuştur. Dolayısıyla bu yöntemde yüzey akımla ilişkisi olan tutulma, depolama ve yağış-akım gibi fiziksel olarak havzada ölçülen hidrolojik veriler YAEN' larının hesaplanılmasında kullanılmış ve kavram olarak yüzey akımın havzanın tümünden gelmediği havzaların topoğrafik şartlarına göre kısmi alansal dağılımlı olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla akımların sadece akışa katkı veren doymuş alanlardan geldiği kısmi dağılımda YAEN' ları da diğer yöntemdekilerine göre miktar olarak daha az olmuştur. Diğer iki yöntemde olduğu gibi bu yöntemde de; Kurukavak havzası Şart-II' de düşük YAEN (54) değerini almıştır. İstanbulluoğlu (1998) aynı havzada yağış ve akış verileriyle yaptığı çalışmada, bir model yardımıyla hesapladığı YAEN değerlerinin SCS' de verilmiş olan YAEN stveartlarına uymadığını belirtmiştir. Hawkins (1984)'de belirttiği gibi yöntemler arası kıyaslama yapabilmek için daha fazla sayıda havzada daha uzun dönem, örneğin en az 25 yıllık, yağış-akım verileri gerekmektedir. Bu çalışmada en az Çatalkaya ve Kurukavak (12 yıl) ve en çok Güvenç (19 yıl) ile Uğrak (23 yıl) verileri ile çalışılmıştır. Güvenç ve Uğrak havzalarında Şart-II' de her üç yöntemde de değerler birbirine çok yakın çıkmıştır (Çizelge 5.4). Kısmi katkılı alan dağılım yönteminde Şart I kurak/kuru dönemlerde havzalar arası dengesizlik daha fazla olmuştur. Yukarıda havzaların S depolama değerleri karşılaştırırken de belirtildiği gibi ıslak dönemler yüksek YAEN ları ile temsil edilirken kurak dönemler geniş bir YAEN'sı ile ilişkilidir (Hjelmfelt 1992). Araştırmacı, özellikle yarıkurak bölgelerde ve kurak şartlarda yağış-akım yıllık serilerinin genelde küçük değerler olduğunu ve bu değerlerle çalışılan durumlarda YAEN' larını belirlemenin zor olduğunu belirtmiştir. Şart-III' de her üç yöntemde de YAEN' larının birbirine yakın sonuçlar vermesi Hjelmfelt (1992)'in bulgularını doğrulamıştır. KKAD yönteminde yüzey akışı etkileyen faktör arazi şekli olurken, SCS -YAEN yöntemindeki faktör arazi kullanımı olmuştur.

### 5.3 Havzaların $\lambda$ Katsayılarının Karşılaştırılması

KKAD yönteminde ilk tutulma değerleri havzalarda bireysel olayların yağış analizlerinden direkt olarak hesaplanmış ve etkili yağışı belirlemede önemli bir parametre olarak kullanılmıştır. Havzalarda  $\lambda$  katsayısının bireysel olaylar ve S değerlerine göre değişimi incelenmiştir. Eşitlik (4)'den hesaplanılan S değeri Genel Genel Model Uygunluk ve Bireysel Olay Analiz yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve çizelge 5.5' de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Havzaların ilk tutulma ( $\lambda$ ) katsayısı değerleri

Havzalar	Katsayı	Minimum	Ortalama	Maksimum
Güvenç	$\lambda_2$	0	0.0066	0.0528
	$\lambda_3$	0.0022	0.0974	0.4031
Çatalkaya	$\lambda_2$	0	0.0099	0.0416
	$\lambda_3$	0.0027	0.0469	0.1264
Kurukavak	$\lambda_2$	0	0.0157	0.0854
	$\lambda_3$	0.0120	0.2531	0.8526
Uğrak	$\lambda_2$	0	0.0137	0.0862
	$\lambda_3$	0.0083	0.1665	0.6708

Güvenç havzasında on dokuz adet bireysel olay ile sırasıyla ortalama katsayısı  $\lambda_2$  için 0.0066 ve  $\lambda_3$  için 0.0974 ye eşittir. Minimum değerler de sırasıyla 0.0000 ve 0.0022 ve maksimum değerlerde 0.0528 ve 0.4031 olmuştur. Çatalkaya havzasında on iki adet bireysel olay için ortalama  $\lambda_2$  0.0099 ve  $\lambda_2$  0.0469 hesaplanmıştır. Bu havzada  $\lambda_2$  minimum 0.0000, maksimum 0.0416,  $\lambda_3$  minimum 0.0027 maksimum 0.1264 bulunmuştur. Kurukavak havzası on iki adet bireysel olayda  $\lambda_2$  ortalaması 0.0157, minimum ve maksimum değerleri 0.0000 ve 0.0854 hesaplanmıştır.  $\lambda_3$  değerleri ise ortalama 0.2531, minimum ve maksimum sırasıyla 0.0120 ve 0.8526 değerlerini almıştır. Uğrak havzası yirmiüç adet bireysel olayı ile  $\lambda_3$  de ortalama (0.1665), minimum (0.0083) ve maksimum (0.6708) değerleri olan havza olmuştur. Bu havzada  $\lambda_2$  ortalama, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 0.0137, 0.0000 ve 0.0862 hesaplanmıştır. Havzaların birbirlerinden farklı katsayı değerleri vermeleri farklı arazi kullanım ve su depolama özelliklerine sahip olmalarından kaynaklanmıştır. Kurukavak



havzasında orman örtüsünün kapladığı oran diğer havzalara göre daha fazla olduğundan, havzada yüzey akımın hızını azaltmış ve dolayısıyla tutulma ve  $\lambda_3$  katsayısının diğer havzalara göre yüksek çıkmasına neden olmuştur. Kurukavak aynı zamanda toplam ilk tutulma değerleri ( $I_{at}$ ) en yüksek olan (Çizelge 4.18) havza olmuştur. Yüksek ön tutulma değerleri havzalarda yüksek  $\lambda$  katsayısını verir. Uğrak havzasında yirmi üç adet bireysel olayın onsekiz adetinde toplam tutulma değerleri toplam yağış miktarının % 50'sinden fazlası ön tutulma ile toprağa sızmıştır. Dolayısıyla bu havza Kurukavaktan sonra  $\lambda_3$  katsayısı en yüksek olan havza olmuştur (Çizelge 5.5). Ayrıca Uğrak havzasında yirmi üç olayın on beşinde ön yağış indeksi (API-10) ve on sekizinde (API-20) değerleri sırasıyla 15 mm den fazla olmuştur (Çizelge 4.16). Havzada yağış öncesi ilk nem bakımından da iyi şartların bulunması ortalama katsayının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Güvenç havzasında on dokuz adet bireysel olayın onunda ve Çatalkaya da ise on iki adet on yedisinde; toplam her bir olayın toplam yağış miktarının % 50' den fazlası ilk tutulma ile toprağa sızmıştır. Ayrıca ön yağış indeksi (API-20) değeri 15 mm yi geçen olay sayısının oranı Güvenç ve Çatalkaya havzalarında hemen hemen aynı olmasına rağmen; Güvenç havzasında geçirgenliği daha yüksek olan B grubu topraklar Çatalkaya' ya göre daha fazla alan kapladığı için (Çizelge 4.1), ön tutulmanın bu havzada daha fazla olduğu dolayısıyla da  $\lambda$  katsayısının yüksek çıktığı düşünülmektedir. Sonuçlar Hawkins vd. (2002), ve Baltas vd. (2007) çalışmaları ile benzerlik göstermiştir.

#### **5.4 Havzaların Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Yüzey Akış Tahminlerinin Karşılaştırılması**

Havzalarda üç farklı yöntem kullanılarak tahmin edilen yüzey akış değerleri gözlenen değerler ile karşılaştırıldığında her dört havzada da SOD yönteminde en iyi sonucu vermiştir. Bu yöntemde; gözlenen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi veren hata kareler ortalaması karekökü (HKOK) değerleri Güvenç, Çatalkaya, Kurukavak ve Uğrak havzalarında sırasıyla 0.55, 0.41, 1.21 ve 0.51 mm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 Havzalara göre gözlenen ve tahmin edilen yüzey akışlara ait HOKK değerlerinin karşılaştırılması

Havzalar	HOKK (mm)		
	SCS-YAEN	SOD	KKAD
Güvenç	2.38	0.55	1.83
Çatalkaya	1.94	0.41	0.81
Kurukavak	8.00	1.21	13.4
Uğrak	0.86	0.51	5.46

Havzalar arasında bir karşılaştırma yapılacak olursa; en düşük (HKOK) değerleriyle Çatalkaya (0.41 mm) ve Uğrak havzalarında (0.51 mm) gözlenen yüzey akış değerlerine en yakın yüzey akış tahminleri yapılmıştır.. SCS-YAEN yöntemiyle yapılan yüzey akış tahminlerinde sırasıyla Uğrak, Çatalkaya, Güvenç ve Kurukavak havzaları gözlenen yüzey akış değerleriyle yakın değerler vermiştir. KKAD yönteminde ise sırasıyla Çatalkaya, Güvenç, Uğrak ve Kurukavak havzalarında gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerlerinde ilişki yakın bulunmuştur. SCS-YAEN ve SOD yöntemlerinin her ikisinde de Çatalkaya ve Uğrak havzaları gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış ilişkilerinin en yüksek bulunduğu havzalar olmuştur. Sonuçlara göre Kurukavak havzası her üç yöntemde de tahmin ve gözlenen yüzey akış değerleri arasında ilişkinin en zayıf olduğu havzadır. SOD yönteminde bulunan HKOK değerleri Dört havzada da % 95 olasılıkla güven aralığı içerisinde yer alırken, diğer SCS-YAEN ve KKAD yöntemlerindeki sonuçlar güven aralığının dışında kalmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 Havzalara göre gözlenen ve tahmin edilen yüzey akışların güven aralıkları

Havzalar	% 95 Güven Aralığı	% 95 Güven Aralığı		
		SCS-YAEN	SOD	KKAD
Güvenç	0.4560-1.0940	2.13	1.03	1.66
Çatalkaya	0.4300-0.7072	1.67	0.52	0.76
Kurukavak	0.2692-1.7653	5.45	0.90	11.72
Uğrak	0.1794-0.5215	0.68	0.39	2.79

Yöntemlerde yüzey akış tahminlerinin yapılmasında en etkili parametre S olmuştur. Kurukavak havzasında orman bitki örtüsü alanın diğer havzalara göre daha fazladır. Bu

nedenle havzaların su depolama potansiyeni veren S değeri orman özelliği gösteren havzalarda daha detaylı araştırılması gerekmektedir.

#### 5.4 Öneriler

Su kaynağının en iyi ve en ekonomik bir şekilde kullanılması gözlemlerin sağlıklı biçimde yapılmasına ve bilimsel olarak değerlendirilmesine bağlıdır. Elde yeterli ve uygun kullanılabilir verinin olmadığı durumlarda, ampirik yöntemler ile yapılan hesaplamalar yapıların boyutlandırılmasında istenmeyen hatalara neden olabilmektedir. Havzalarda yağış ve akım ilişkisi analiz edilerek depolama sistemlerine gelebilecek yüzey akış tahminlerinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde farklı arazi kullanım tipleri uydu görüntüleri ile belirlenerek yüzey akış hesaplanmasına yönelik hidrolojik çalışmalarda kolaylıkla kullanılabilir. Özellikle arazi kullanımı ve bitki örtüsü gibi alansal değişiklik gösteren havza karakteristiklerinin alansal dağılımının belirlenmesi; uzaktan algılama teknolojisinin su kaynaklarında önemli uygulama alanlarından birisidir. Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesinde farklı konumlarda yer alan dört adet tarımsal havzada YAEN hesaplanmasında önemli olan hidrolojik havza parametreleri UA ve CBS teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. UA ve CBS teknikleri kullanılarak hassas analizler sonucu elde edilen parametreler, geleneksel yöntemlerle elde edilen parametrelerden daha doğru sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır. SCS-YAEN yöntemi dünyada yaygın olarak kullanılan yöntem olmasına rağmen, temelde toprak nem açığını tanımlayan YAEN değerleri yüzey akışı hesaplanacak yağış öncesi 5 gün içinde meydana gelmiş yağış toplamına göre belirlenmekte ve yağış ile toprak nem değişimi arasındaki doğrusal ilişkiyi açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle de araştırmacılar tarafından çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden S-Olasılık dağılım ve kısmi katkılı alan dağılım dört adet havzada ayrı ayrı uygulanmıştır. Her üç yöntemde de YAEN belirlemek amacıyla potansiyel su tutma (S) parametresinin hesaplanmasında, yöntem gereği, farklı yaklaşımlar kullanılmış ve buna göre de farklı sonuçlar elde edilmiştir. SCS-YAEN yönteminde havzaların fiziksel parametreleri, SOD yönteminde havzaların gözlenmiş hidrolojik toplam yağış ve akım, KKAD yönteminde ise etkili yağış ve akım

parametreleri kullanılmıştır. Ayrıca KKAD' da etkili yağış belirlenirken ilk nem tutulma miktarları da zamana ve hacime bağlı olarak iki ayrı şekilde gruplandırılmış ve S değerleri bu iki ayrı grupta hesaplanmıştır. Her iki yöntemde, SCS-YAEN yöntemine göre, havzalarda gözlenmiş hidrolojik parametrelerin kullanılmış olması bakımından sonuçların havzaların fiziksel şartlarını daha gerçeğe yakın yansıttığı düşünülmektedir. Ayrıca kısmi katkı alan dağılımında S depolamanın ve buna bağlı olarak havzalarda yüzey akış dağılımının tümsel değil sadece akıma katkısı olan alanlar gösterilmiştir. Ancak gözlenen ve tahmin edilen yüzey akış değerleri arasındaki ilişki en anlamlı SOD yönteminde bulunmuştur. KKAD yönteminde tahmin ve gözlenen akışlar arasında ilişki SOD yöntemine göre daha az olmuştur. Bu nedenle KKAD yönteminin parametreleri üzerinde çalışılması gerekmektedir. Yüzey akışın alansal dağılımını vermesi nedeniyle bu yöntem havzalarda noktasal olmayan kirlilik ve su kalitesi çalışmalarını içeren hidrolojik modellerle birlikte uygulama olanakları sağlamaktadır. Bu nedenle özellikle aşırı gübrelemeden kaynaklanan ve akımlarla taşınan nitrojen ve fosfor kirliliğinin kaynağının belirlenmesinde bu yöntemin kullanılması kuvvetle önerilebilir. Bu yöntemde ayrıca toprak nem indeksi ve topoğrafyanın akış dağılımı üzerindeki etkileri gösterilmiştir. Ancak sadece bir havzada toprakların nem indeks değerleri ölçülebilmştir. Toprak nem indeksi değerlendirmeleri diğer üç adet havzada da uygulanabilseydi bu yönden de havzalar arası karşılaştırma yapılabilirdi. Bu çalışma, toprak neminin yüzey akışlar üzerindeki etkisi nedeniyle bundan sonraki çalışmalarda nem indeks çalışmalarının yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu çalışma sonucunda her bir bireysel olay için elde edilen ilk tutulma katsayıları, genelde havzalarda su depolama için kullanılan katsayının sabit bir değer olmadığını, havzadan havzaya ve hatta her bir bireysel olay için değiştiğini göstermiştir. Ayrıca bu çalışma ile havzalarda potansiyel su depolama (S) değerinin havzalarda iklim şartlarına bağlı olarak; kuru, ıslak ve normal şartlara göre gruplandırılabilceği ortalama S değerlerinin hesaplanabileceği ortaya konulmuş ve dört havzada uygulanmıştır. Gözlenen yağış ve akım verilerinden yüzey akışın hesaplanması amacıyla geliştirilen yüzey akış denklemi, denklem parametrelerinden potansiyel su depolama S bileşeninin en doğru biçimde belirlenmesi sonucunda gerçeğe en yakın sonuçlar verecektir. Ancak eğrilerin geçerliliğinin belirlenmesi amacıyla daha çok sayıda havzada uygulanması ve test edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, yüzey akımı belirlemede yaygın olarak kullanılan SCS yöntemi parametrelerinin UA ve CBS ortamında belirlenmesi, S depolama ve YAEN' larının bu parametreler ile hesaplanması, yöntemin zayıf taraflarının ortaya konularak S- Olasılık dağılım ve kısmi katkı alan dağılım yöntemlerinin SCS yöntemindeki YAEN formülüyle birlikte kullanılarak hem bu yöntemin kullanılabilirliğini artırmayı göstermesi, hem de gözlenmiş veriler, bu verilerin alansal katılımı ve topoğrafik indeks değerlerinin birlikte kullanımı ile yeni eğri numaraları bulma açısından bu çalışma su depolama yapılarının projelendirilmesinde karar vericilere için yararlı destek aracı niteliğindedir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1968. Türkiye hidrolojisi haritası. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları
- Anonymous, 1972. Soil Conservation Service. Hydrology. In National Engineering Hvebook, Sect.4. Washington. DC.
- Anonymous, 1975. Soil Conservation Service:Use of storm ve watershed characteristics in Synthetic Hydrograph Analysis ve Application. U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
- Anonymous, 1980. CREAMS- A field scale model for chemicals, runoff, ve erosion from agricultural management systems. Science ve Education Administration, Congressional Research Report 26. Washington. DC.
- Anonymous, 1985. Hydrolgy. National Engineering Hvebook. Supplemnet A, Section 4, Chapter 10. Soil Conservation Service, Washington, DC.
- Anonymous, 1986. Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55,2nd edn. Springfield, VA: United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.
- Anonymous, 1992. National Soil Survey Interpretations Hvebook, 430. Vi, Draft
- Anonymous, 1993. Cell-based modelling with grid, Arc/Info user's guide. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., USA.
- Anonymous, 1999. Soil Survey Staff. A Basic of soil classification for making ve interpreting soil survey. USDA Hvebook, No. 436, Washington D.C.
- Anonim, 2008. Küresel iklim değişimi ve Türkiye. İklim Değişimi Sempozyumu. 13-14 Mart.2008. Ankara. 200-215
- Arnold, J.G., Allen, P., and Bernhardt, G. 1993. A comprehensive surface-groundwater flow model. Journal of Hydrology, 142, 47-69.
- Bales, J. and Betson, R.P. 1981. The curve number as a hydrologic index. Proceedings of International Symposium on Rainfall – Runoff Modeling, Mississippi State University. Water Resources Publications. Colorado.
- Baltas, E.A., Dervos, N.A. and Mimikou, M.A. 2007. Determination of the SCS initial abstraction ratio in an ezperimental watershed in Greece. Hydrol. Earth Syst.Sci., 11, 1825-1829.
- Bayazıt, M. 1987. Hidroloji. İstanbul Teknik Üniversitesi. 237 p.

- Bayram, M. 1995. Bilecik Pazaryeri hidrojeolojik etüd raporu (Yayınlanmamış). Bilecik.
- Beven, K.J. and Freer, J. 2001. A dynamic TOPMODEL. *Hydrol. Processes*, 15, 1993 – 2011.
- Beven, K.J. ve Kirkby, M.J. 1979. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin*, 24, 43-69.
- Blanchard, B.J. 1975. Remote sensing techniques for prediction of watershed runoff. *Nasa Earth Resources Survey Symposium, 1-D*, Johnson Space Center, Houston.
- Bondelid, T.R., McCuen, R.H. ve Jackson, T.J. 1982. Sensitivity of SCS models to curve number variation. *Water Resour. Bull.*, 18 (1), 111-116.
- Bonta, J.V. 1997. Determination of watershed curve number using derived distributions. *J. Irrig. Ve Drain. Engrg. ASCE*, 123 (1), 28-36.
- Bosznay, M. 1989. Generalization of SCS curve number method. *J. Irrig. Ve Drain. Engrg., ASCE*, 115 (1), 139-144.
- Boughton, W.C. 1987. Evaluating partial areas of watershed runoff. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 113, 356-366.
- Boughton, W.C. 1989. A review of the USDA SCS curve number method. *Aust. J. Soil. Res.*, 27, 511-523.
- Chvermohan, T. and Durbude, D.G. 2001. Estimation of runoff usings small watershed models. *Hydrology Journal*, 24 (2), 45-53.
- Cronshey, R.G. 1983. Discussion about veecedent moisture condition probabilities. *J. Irrig. Ve Drain. Engrg., ASCE*, 109 (2), 2296-2297.
- Dengiz, O., Cebel, H. ve Başkan, O. 2005. Güvenç ve Çatalkaya havzası detaylı toprak etüdüleri ve haritalanması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü Yayını (basılmamış).
- Dizdar, Y. 1984. Küçük havzalarda yüzey akış eğri numarasının tayini. *Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları*, No: 749.
- Dunne, T. and Black, R.D. 1970. Partial area contributions to storm runoff in a small New Englve watershed. *Water Resour. Res.*, 6, 1296-1311.
- Engman, E.T. and Gurney, R.J. 1991. *Remote sensing in Hydrology*. Chapman ve Hall.
- Feyereisen, G., Striclve C., ve Sheridan M. 2007. Variable source area contribution to stream flow in Southern Coastal Plain watersheds. *American Societ. of. Agr. ve Biological Engineers., ASAE Annual Meeting*. Washington.

- France, M.J. and Hedges, P.D. 1986. A hydrological comparison of Lvesat TM, Lvesat MSS ve black ve white aerial photography. Symp. on Remote Sensing for Resources Development ve Environmental Management, Enschede, The Netherlves, 717-720.
- Grove, M., Harbor, J. and Engel, B. 1998. Composite vs. distributed curve numbers:Efeects on estimates of storm runoff depths. Journal of American Water Resources Association, 34 (5), 1015-1023.
- Haith, D. and Shoemaker, L. 1987. Generalized watershed loading functions for stream-flow nutrients. Water Resour. Res., 23, 471-478.
- Halley, M.C, White, S. ve Watkins, E. 2004. ArcView GIS extension for estimating curve numbers. Available online at. [www.gis.esri.com/library/userconf/proc00/professional\\_papers/PAP657/p657.htm](http://www.gis.esri.com/library/userconf/proc00/professional_papers/PAP657/p657.htm) . Erişim Tarihi: 20.07.2007
- Hewlett, J.D. and Hibbert, A.R. 1967. Factors effecting the response of small watersheds to precipitation in humid area. In Proceedings International Symposium on Forest Hydrplgy, Sopper W.E., Lull H.W. , Pergamon Pres.Oxford.
- Hawkins, R.H. 1975. The importance of accurate curve numbers in the estimation of storm runoff. Water Resour. Bull., 11(5), 887-891.
- Hawkins, R.H. 1979. Runoff curve numbers from partial area watersheds. J.Irrg. ve Drain Division., 104, 389.398.
- Hawkins R.H. 1984. A comparasion of predicted ve observed runoff curve numbers. Proc., Spec.Conf., Irrg.ve Drain. Div., ASCE, 702-709.
- Hawkins, R.H., Hjelmfelt, A.T. and Zevenberger, A.W. 1985. Runoff probability, storm depth ve curve numbers. J.Irrig. ve Drain. Engrg., ASCE, 111(4), 330-340.
- Hawkins, R.H. 1993. Asymptotic determination of runoff curve numbers from data. Journal of Irrg. ve Drainage Divis. ASCE, 119 (2), 334-345.
- Hawkins R.H. and Ward, J. 1998. Site ve cover effects on event runoff. Rangeland Management ve Water Resources.
- Hawkins, R.H, Jiang, R., Woodward, D.E. Hjelmfelt, A.T., Mullem, V. and Quan, Q.D. 2002. Runoff curve number method: Examination of the initail abstarction ratio. Proceeding of the second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Nevada.
- Hjelmfelt, A.T. 1980. Curve number procedure as infiltration method. J. Hydr. Div. , ASCE, 106 (6), 1107-1110.



- Hjelmfelt, A.T. 1982. Emprical investigation of the curve number technique. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 108, No.HY4.
- Hjelmfelt A.T. 1991. Investigation of curve number procedure. Journal of Hydraulics Engineering, 117(6), 725-737.
- Hoesein, A.A., Pilgrim, D.H., Titmarsh, G.W. and Cordery, I. 1989. Assesment of the US Conservation Service method for estimating design floods. New Directions for Surface Water Modeling. Baltimore Symposium 1989. IAHS Publ. No.181.
- Hong, Y. Ve Adler, R.F. 2007. Estimation of global SCS curve numbers using satellite remote sensing ve geospatial data. International Journal of Remote Sensing, 29(2), 471-477.
- Hope, A.S. and Schulze, R. 1981. Improved estimates of stormflow volume using the SCS CN method. Rainfall-Runoff Relationship. Water Resources Publications. Mississippi State University. 580 p. USA.
- Huang, M., Gallichve, J., Dong, C., Wang Z.and Shao, M. 2006. Use of soil moisture data ve curve number method for estimating runoff in the Loess Plateu of China. Hydrological Processes, 21(11), 1471-1481.
- İstanbuluoğlu, F. Karaş,E., ve Korukcu, A. 1998. Küçükemalı gölet havzasındaki alt havzada yüzeysel akışın SCS yöntemiyle belirlenmesi.II. Ulusal Hidroloji Kongresi.İTÜ .22-24 Haziran. İstanbul.
- Jackson, T.J, Ragan, R.M and Shubinski, R.P. 1976. Flood frequency studies on ungaged urban watersheds using remote sensing data. Proc. Of The National Symposium On Urban Hydrology, Hydrolics Ve Sediment Control, University Of Kentucky, Lexinton,
- Karaş, E. 2000. Bilecik-Pazaryeri Kurukavak havzası yağış ve akım karakteristikleri. Ara Rapor (1984-2003). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Eskişehir Araştırma Enstitüsü.110 p.
- Kemper, W.D.1990. Effects of soil properties on precipitation use efficiency. Irrig. Sci., 14, 65-73.
- Keskin, F. 2007. Hydrological model study in yuvacık dam basin by using GIS analysis. Thesis. Geodetic and Geographic Information Technologies. Middle Technical University. Ankara
- Kirby, M.J. ve Chorley, R.J. 1967. Throughflow, overlve flow, and erosion. Bull., IAHS, 12, 5-21
- Korobow, R.M and Raliyon, V.Y. 1993. Canonical correlation relationships among spectiveal ve phytometric variables for twenty winter wheat fields. Remote Sensing Environment, 43, 1-10.

- Lewis, D., Singer, M.J. and Tate, K.W. 2000. Applicability of SCS curve number method for a California Oak Woodlves watershed. *J. Soil ve Water Cons.*, 6, 226-230.
- Liu, B.M, Collick, S., Zeleke, G., Adgo, E., Easton, Z.M.and Steenhuis, T.M. 2007. Rainfall-Discharge Relationships for a moonsoonal climate in the Ethiopian highlves. *Proceedings of the Workshop on the Hydrology ve Ecology of the Nile River Basin under Extreme Conditions (June 16-19, 2008, Addis Ababa)*.
- Lyon, S., Walter, M., Gerard-Marchant P.and Steenhuis, T. 2004. Using a topographic index to distribute variable source area runoff predicted with the SCS curve-number equation. *Hydrological Processes*, 18 (15), 2757-2771.
- Mancini, M. ve Rosso, R. 1989. Using GIS to asses spatial variability of SCS curve number at the basin scale. *IAHS Pub.*, No.181, *Proceedings of the Baltimore Symposium*.
- McCuen, R.H. 2002. Approach to confidence interval estimation for curve numbers. *Journal of Hydrologic Engineering*, 7 (1), 43-48.
- McCuen, R.H. 2002. Approach to confidence interval estimation for curve numbers. *J. Hydr. Engg.*, 7(1), 43-48.
- McGlynn, B.L. and McDonnell, J.J. 2003. Quantifying the relative contributions of riparian ve hillslope zones to catchment runoff. *Water Resour. Res.*, 39(11), 1310-1318.
- Maidment, D.R. 1992. *Hvebook of Hydrolgy*. McGRAW-Hill.Inc.
- Merz, B.and Plate, E. 1997. An analysis of the effects of spatial variability of soil ve soil moisture on runoff. *Water Resour. Res.*, 33(12), 2909-2922.
- Merz, R., Blöschl, G.and Parajkaj, J. 2006. Spatial-temporal variability of event runoff coefficients. *Journal of Hydrology*, 331, 591-604.
- Mishra, S.K. and Singh, V. P. 2004. Validity ve extension of the SCS-CN method for computing infiltration ve rainfall-excess rates. *Hydrological Processes*,18, 3323-3345.
- Mishra, S.K., Vijay, P.S., Sansalone, J.J.and Aravamuthan, V. 2003. A modified SCS-CN method characterization ve testing. *Water Resour. Mang.*, 17, 37-68.
- Mockus V. 1949. Estimation of total surface runoff for individual storms. Exhibit A of Appendix B, *Interim Survey Report Grve River Watershed, USDA*.

- Ocle, C.O., Martin, S.A., Campbell, G.S. 1994. CROPSYST., a cropping system simulation-model-water ve nitrogen budgets ve crop yield. *Agricultural Systems*, 46, 335-355.
- Oğuz, İ., ve Balçın, M. 2003. Tokat-Uğrak havzası yağış ve akım karakteristikleri. *Sonuç Raporu (1979-2003)*. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Tokat Araştırma Enstitüsü. 95 p.
- Okman, C. 1982. Hidroloji. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayın No.1388.
- Overton, D. E., ve Meadows, M.E. 1976. *Stormwater modelling*. Academic. N.Y.
- Öztürk, F., Sönmez, K., Yıldırım E., Bayramın, İ., Apaydın, H.ve Kardeş, E. 2003. Kurukavak deresi havzasında yüzey akış ve sediment miktarının AGNPS modeli ile tahmini. *Tarım Bilimleri Dergisi*, ISSN 1300-7580, 9 (3), 344-351
- Pveey, A., Dabral, P.P., Chowdary, V.M., Mal, B.C. 2005. Estimation of runoff for agricultural watershed using SCS curve numbers ve geographic information service. *Biosystem Engineering*, 90(3),331-347.
- Ponce, V.M.1989. *Engineering hydrology, principles ve practices*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Ponce, V.M. ve Hawkins R.H 1996. Runoff curve number: Has it reached maturity?. *Journal of Hydrology*. ASCE, 1(1),11-19.
- Pradhan, N. R., Tachikawa, Y., Takara K. 2006. A downscaling method of topographic index distribution for matching the scales of model application ve parameter identification..*Hydrological Processes*, 20(6), 1385-1405.
- Ragan, R.M. ve Jackson, T.J. 1980. Runoff synthesis using Lvesat ve SCS model. *Journal of Hydrologic Division*, 106, 667-678.
- Ramasastri, K.S., ve Seth, S.M.1985. Rainfal-runoff relationships. Rep. RN-20. National Institute of Hydrology, Roorkee, India.
- Rango, A., Felman, A., George, T.S Ve Ragan, R.M. 1983. Effective use of landsat data in hydrologic models. *Water Resources Bulletin*, 19, 165-174.
- Rietz P.D. ve R.H. Hawkins. 2000. Effects of land use on runoff curve numbers. *Watershed Management*. Am. Soc. Civil Engineers
- Saxton, K.E., Johnson H.P. Shaw, R.H. 1974. Modeling evapotranspiration ve soil moisture. *Trans.Amerc. Soc. Agr. Eng.*, 17(4), 773-677.
- Schneider, L. ve McCuen, R. 2005. Statistical guidelines for curve number generation. *Journal of Irrg. Ve Drainage Eng*. ASCE, 131(3), 282-290.

- Schneiderman, E.M, Steenhuis T.M., Thongs D., Easton Z., Zion, M., Neal, A., Mendoza,G. Ve Walter, T. 2007. Incorporation variable source area hydrology into a curve-number-based watershed model. *Hydrol. Process.*, 21, 3420-3430.
- Schneiderman, E.M., Pierson D., Lounsbury, D. and Zion, M. 2002. Modeling the hydrochemistry of the Cannonsville watershed with generalized watershed loading functions (GWLF). *Journal of the American Water Resour. Assc.*, 38(5),1323-1347.
- Schultz, G.A. 1993. Application of GIS and remote sensing in hydrology. *Hydro Gıs93. Application Of GIS in Hydrology Ve Water Resources, Iahs Publ.*, No. 211.
- Schwab, G.O., Fangmeier, D.D., Eliot, W.J. and Frevert, R.K. 1990. *Soil ve Water Conservation Engineering*. John Wiley Sons, Inc., USA, 517p
- Sharma, D. and Kumar, V. 2002. Application of SCS model with GIS data bas efor estimation of runoff in an arid watershed. *J. Soil ve Water Conservation*, 30 (2), 141-145.
- Slack, R.B. and Welch, R. 1979. Soil Conservation Service runoff curve number estimates from lvesat data. *Water Resources Bulletin*, 16, 887-893.
- Steenhuis T.S., Winchell M., Rossing J., Zollweg J.A. and Walter, M.F. 1995. SCS runoff equation revisited for variable source runoff areas. *Journal of the Irrigation ve Drainage Division, ASCE*, 121(3), 234-238.
- Stuebe, M.M. and Johnston, D.M. 1990. Runoff volume estimation using GIS techniques. *Water Resources Bulletin*, 26(4), 611-620.
- Şenol, S., ve Dinç, A.O. 1992. Aşağı Seyhan ovası tuzlu topraklarının Landsat-5 TM sayısal uydu görüntülerinden yararlanarak incelenmesi üzerine araştırmalar. *Doğa-Turkish Journal of Agriculturalve Forest*, 16, 38-49.
- Şorman, A.A. 1999. A remote sensing ve georaphic information systems approach in hydroloğscal modelling. M.Sc. Thesis, METU, Civil Engineering Dept. 178 p.
- Tekeli, A.E, Şorman, Ü. ve Akyürek, Z. 2001. Detaction of seasonal land cover changes using multi-temprol noaa images. *International Workshop On Application Of Remote Sensing İn Hydrology*. Montopellier, France.
- Tekeli, İ. ve Babayiğit, G. 2002. Güvenç havzası yağış ve akım karakteristikleri. *Ara Rapor (1987-2001)*. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. 80 p. Ankara
- Tekeli, İ., Akgül, S., Dengiz ve O., Başkan, O. 2006. Yüzey Akış Eğri Numaralarının Hesaplanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması. Proje No. TAGEM.BB.TOPRAKSU-2007/49. Ankara

- Tekeli, İ., Demirkıran, O. Güvendik, G. ve Sarısamur, F. 2005. Güvenç havzası yağış ve akım karakteristikleri.Yıllık rapor. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü.
- Tekeli, İ. ve Şorman, A. Ü. 2003. Separation of hydrograph components using stable isotopes.Case Study: The Guvenc Basin. Ankara. Turkish Jour.of Eng&Env. Sciences, 27 (6), TUBITAK.
- Valeo, C. and Moin, S.M.A. 2000. Variable source area modelling in urbanizing watersheds. Journal of Hydrology, 228(1), 68-81.
- Walter M.T., Walter, E.S., Steenhuis, T.S, Boll,J. and Weiler, K.R. 2000. Hydrologically sensitive areas: variable source area hydrology imlications for water quality risk assessment. Journal of Soil ve Water Conservation, 3, 277-284.
- Walter, M.T., Vishal, M., Marrone, A.M., Boll, J., Marchant, P., Steenhuis, T.S. and Walter, M.F. 2003. Simple estimation of prevalence of Hortonion flow in New York City watershed. J. Of Hydrologic Engineering, ASCE, 8 (4), 214-218.
- Wang X., and Yong Yin Z.1998. A comparison of drainage networks derived from digital elevation models at two scales. Journal of Hydrology, 210, 221-241.
- Wanielista, M.P. and Shannon, E. 1977. An evaluation of best management practices for stormwater. East Central Florida Regional Planning Council, Winter Park. Fla.
- Western, A.W. and Grayson, R.B. 1998. The tarrawarra data set: Soil moisture patterns, soil characteristics, and Hydrological flux measurements. Water Resour.. Res., 35, 797-810.
- Western, A.W., Grayson, R.B. and Blöschl, G. 2002. Scaling of soil moisture: a hydrologic perspective, Annual Review Earth Planet. Sciences, 30, 49-180.
- Wigmosta, M.S, Vail L.W., and Lettenmaier, D.P.1994. A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain. Water Resour. Res., 30, 1665-1679.
- Williams, J.R. and Laseur, W.V. 1990. Epic model, model documentation. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin, No. 1768, 235 p.
- Wilson, E.M. 1974.Engineering Hydrology. Second Edition. The MacMillan Pres. N.Y.
- Wood, M.K. and Blackburn, W.H. 1984. An evaluation of the hydraulic soil groups as used in the SCS runoff method on rangelves. Water Resources Bulletin, 20, 379-389.
- Workman, R.A. and Skaggs, R.W., 1994. Sensitivity of water management models to approaches for determining soil hydraulic properties. Trans. ASAE, 37, 95-102.

- Young, R.A., Bosch, D. and Veerson, W. 1989. AGNPS- a nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds. *J. Soil Water Conservation*, 44, 168-173.
- Yuan, P.T. 1933. Logarithmic frequency distribution. *annuals of mathematical statics*. p. 30-74.
- Zehe, E. and Blösch, G. 2004. Predictability of hydrologic response at the plot ve catchment scales: role of initial conditions. *Water Resources Res*, 40 (2), 239-342
- Zevenbergen, A.W, Rango, A., Ritchie, J.C., Engman, E.T. and Hawkins, R.H.1988. Rangelve runoff curve numbers as determined from Landsat MSS data. *Int. J. Remote Sensing*, 9(3), 495-502.

## **EKLER**

**EK 1 Güvenç havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları**

**EK 2 Çatalkaya havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları**

**EK 3 Kurukavak havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları**

**EK 4 Uğrak havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları**

Ek.1 Güvenç havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları

Yıllar	P, mm	Q, mm	S, mm	$\lambda=0.01$	$\lambda=0.02$	$\lambda=0.05$	$\lambda=0.1$	$\lambda=0.15$	$\lambda=0.18$	$\lambda=0.19$	$\lambda=0.195$	$\lambda=0.199$	$\lambda=0.1999$	$\lambda=0.2$	$\lambda=0.205$	$\lambda=0.3$	$\lambda=0.4$	$\lambda=0.5$	
07.07.1987	28.6	1.3221	86.21	29.4841	25.65475	16.13623	5.937722	1.182742	0.16115	0.037996	0.009215	0.00036	3.58E-06	7.89E-31	0.008653	1.532426	0.793871	2.599782	
21.10.1987	14.5	0.1920	55.67	6.7649	5.77506	3.405139	1.088603	0.176273	0.020076	0.004397	0.001024	3.86E-05	3.81E-07	1.93E-32	0.00088	0.010297	1.139165	16.05992	
13.08.1989	16.6	0.3000	60.87	9.1630	7.857642	4.705635	1.558242	0.26667	0.031972	0.007158	0.001688	6.43E-05	6.36E-07	2.5E-31	0.001492	0.064211	0.689072	14.20949	
29.11.1989	27.2	2.4885	65.60	2.6099	23.4001	15.23696	6.011327	1.310335	0.191081	0.046222	0.011362	0.000448	4.47E-06	1.97E-31	0.010975	2.940437	6.123629	3.866211	
06.07.1991	12.3	0.1830	46.46	4.9285	4.214412	2.499266	0.809559	0.133861	0.01555	0.003435	0.000804	3.04E-05	3.01E-07	1.23E-32	0.000699	0.015181	0.639227	10.10276	
06.10.1991	19.6	1.9500	45.68	13.7124	12.07331	7.893167	3.13852	0.690778	0.101438	0.0246	0.006055	0.000239	2.38E-06	1.23E-30	0.005865	1.628647	3.657815	2.898381	
05.06.1993	9.8	0.7418	25.37	3.4890	3.059368	1.973633	0.764477	0.162845	0.023351	0.005613	0.001375	5.41E-05	5.39E-07	3.08E-31	0.00132	0.322778	0.543046	0.137756	
12.15.1994	1.4	0.8255	44.55	8.6031	7.50324	4.755949	1.778047	0.361754	0.050108	0.011889	0.002893	0.000113	1.13E-06	3.08E-31	0.002736	0.542418	0.47152	0.183508	
12.07.1995	1.5	0.3600	50.30	7.2193	6.220686	3.786865	1.300156	0.234916	0.029545	0.006748	0.001609	6.19E-05	6.13E-07	4.93E-32	0.001456	0.12459	0.120562	6.257022	
26.05.1996	22.4	0.4061	82.10	16.6901	14.31317	8.572974	2.839908	0.486277	0.058331	0.013063	0.003081	0.000117	1.16E-06	0	0.002723	0.118261	1.242206	25.75477	
24.04.1997	35.0	1.7485	103.29	44.3188	38.61007	24.38354	9.047802	1.822558	0.250508	0.059264	0.014399	0.000563	5.6E-06	1.97E-31	0.013572	2.555083	1.787677	2.100836	
27.05.1998	21.0	0.8417	65.66	15.7617	13.6837	8.542459	3.094817	0.603526	0.080861	0.018941	0.004578	0.000178	1.77E-06	1.23E-32	0.004267	0.666569	0.146391	3.094069	
10.06.1999	14.6	0.8202	41.65	7.7433	6.758318	4.294201	1.613387	0.330403	0.045995	0.010934	0.002663	0.000104	1.04E-06	1.23E-32	0.002524	0.516985	0.508224	0.075147	
24.05.2000	25.0	0.9284	79.63	22.2190	19.26646	11.9794	4.303526	0.829519	0.110103	0.025696	0.006198	0.000241	2.39E-06	3.08E-31	0.005753	0.833721	0.080392	6.037877	
13.05.2001	13.2	0.2326	48.60	5.7785	4.953504	2.962653	0.978249	0.166674	0.019903	0.004449	0.001048	3.99E-05	3.95E-07	1.93E-32	0.000924	0.036982	0.471118	9.317484	
01.05.2002	12.3	0.2680	43.70	5.1283	4.410128	2.666524	0.902007	0.159429	0.019672	0.004458	0.001058	4.06E-05	4.02E-07	3.08E-33	0.000949	0.063832	0.184085	5.778289	
18.04.2003	26.0	0.3921	98.01	22.0535	18.86177	11.1931	3.631209	0.601877	0.070075	0.015494	0.003629	0.000137	1.36E-06	3.08E-33	0.003157	0.072751	2.767448	44.40184	
23.06.2004	24.0	0.2539	94.82	18.0975	15.40156	8.983685	2.801148	0.435416	0.047657	0.010253	0.002365	8.84E-05	8.7E-07	0	0.001986	0.00123	4.599527	55.07807	
26.05.2005	17.1	0.4700	58.16	10.1372	8.748753	5.354252	1.859621	0.341699	0.043595	0.010015	0.002395	9.24E-05	9.16E-07	6.04E-31	0.002183	0.218943	0.067871	6.955389	
			Toplam=	277.902	240.766	149.3256	53.45833	10.29755	1.370971	0.320625	0.077441	0.003012	2.99E-05	2.99E-05	4.32E-30	0.070658	12.26534	26.03285	214.9086



EK.2 Çatalkaya havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları

Yıllar	S	P	Q	$\lambda=0.01$	$\lambda=0.02$	$\lambda=0.05$	$\lambda=0.10$	$\lambda=0.15$	$\lambda=0.18$	$\lambda=0.195$	$\lambda=0.199$	$\lambda=0.1999$	$\lambda=0.20$	$\lambda=0.205$	$\lambda=0.3$	$\lambda=0.4$	$\lambda=0.5$
11.05.1994	34.31744	8.2	0.0501	1.998213	1.688682	0.961083	0.282602	0.039689	0.003906	0.000179	6.53E-06	6.39E-08	1.08E-32	0.000141	0.00742	33.37629	31.21041
03.05.1995	68.39934	17.0	0.1537	8.93251	7.585951	4.392619	1.346293	0.203306	0.021613	0.00105	3.9E-05	3.83E-07	7.7E-32	0.000867	0.001388	62.55669	51.33034
16.04.1996	58.0481	16.2	0.3364	8.852759	7.607456	4.588335	1.54362	0.2706	0.033149	0.001775	6.79E-05	6.73E-07	1.23E-32	0.001586	0.096379	50.59394	40.75584
02.05.1997	91.69004	24.3	0.364	19.2501	16.46247	9.766013	3.165825	0.524108	0.060952	0.003154	0.000119	1.18E-06	8.91E-31	0.002742	0.061387	53.61783	35.80751
27.04.1998	10.33708	4.0	0.3044	0.581168	0.509642	0.328864	0.127451	0.027167	0.003897	0.00023	9.04E-06	9E-08	1.23E-32	0.00022	0.054051	8.759425	8.4249
24.08.1999	107.8543	29.2	0.504	28.21587	24.17989	14.44665	4.758981	0.807893	0.096156	0.005053	0.000192	1.9E-06	1.97E-31	0.004448	0.167157	41.63446	22.6131
13.04.2000	67.96217	20.5	0.6373	14.72974	12.73674	7.845532	2.763024	0.517922	0.067191	0.00373	0.000144	1.43E-06	3.08E-31	0.003426	0.405919	44.04276	30.85168
08.05.2001	47.26251	10.6	0.0272	3.097387	2.593756	1.428661	0.386998	0.046456	0.003787	0.000148	5.1E-06	4.92E-08	5.9E-34	9.93E-05	0.070749	49.09138	45.11028
10.07.2002	43.52275	11.0	0.115	3.796999	3.23085	1.883492	0.586514	0.090971	0.009935	0.000492	1.84E-05	1.81E-07	2.51E-15	0.000413	0.000168	44.28877	39.78132
25.04.2003	85.26142	19.0	0.0435	9.867234	8.254353	4.529689	1.215255	0.143036	0.011359	0.000433	1.48E-05	1.42E-07	1.2E-33	0.000283	0.256543	81.89008	67.62865
02.09.2004	82.9489	18.5	0.043	9.365116	7.835358	4.301845	1.155581	0.136365	0.010867	0.000416	1.42E-05	1.37E-07	4.07E-16	0.000273	0.239528	80.67971	67.11829
30.05.2005	64.47905	25.0	1.9131	22.69795	19.90613	12.84866	4.982244	1.062743	0.152543	0.00899	0.000354	3.53E-06	4.93E-32	0.008629	2.122649	21.62581	10.32727
			Toplam=	131.385	112.5913	67.32144	22.31439	3.870255	0.475355	0.02565	0.000985	9.76E-06	2.92E-15	0.023126	3.483338	572.1571	450.9596

EK.3 Kurukavak havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları

Yıllar	S	P	Q	$\lambda=0,01$	$\lambda=0,02$	$\lambda=0,04$	$\lambda=0,05$	$\lambda=0,1$	$\lambda=0,15$	$\lambda=0,18$	$\lambda=0,19$	$\lambda=0,195$	$\lambda=0,1999$	$\lambda=0,2$	$\lambda=0,205$	$\lambda=0,205$	$\lambda=0,4$	$\lambda=0,5$
25.05.1984	63.80248	16.1	0.1661	8.122726	6.910355	4.870017	4.026023	1.251861	0.193697	0.021103	0.004531	0.001044	3.84E-07	0	0.000874	0.000194	2.149106	25.35541
08.04.1985	26.75296	7.3	0.1324	1.772668	1.520222	1.090595	0.910567	0.301651	0.051655	0.006197	0.001388	0.000327	1.23E-07	3.77E-32	0.000289	0.012579	0.131756	2.733658
05.11.1986	66.50083	16.6	0.156	8.55131	7.265913	5.106347	4.214799	1.297235	0.197301	0.021128	0.004501	0.001032	3.78E-07	6.93E-33	0.000856	0.000472	2.60504	29.21797
19.06.1987	59.1210	15.3	0.193	7.493187	6.392433	4.532875	3.760254	1.195613	0.191909	0.021674	0.004729	0.001099	4.08E-07	4.93E-32	0.00094	0.007795	1.391704	18.83739
29.06.1988	54.00903	28.3	4.2819	6.44397	23.42049	18.00531	15.6032	6.432398	1.47862	0.223861	0.054894	0.013589	5.38E-06	3.16E-30	0.013319	4.277146	12.55444	18.07571
30.09.1989	116.5068	26.8	0.102	20.44127	17.18377	11.78808	9.597421	2.693517	0.346806	0.030877	0.006006	0.001305	4.5E-07	6.93E-33	0.000948	0.261442	15.62719	132.9338
18.10.1989	178.9413	48.6	0.856	78.32902	67.14497	48.12312	40.15796	13.25921	2.258918	0.269729	0.060287	0.014204	5.35E-06	1.23E-32	0.012524	0.500453	6.39519	126.3877
09.04.1991	69.39253	22.4	0.932	17.97683	15.61603	11.52124	9.767963	3.55336	0.696857	0.093786	0.022007	0.005324	2.06E-06	7.89E-31	0.004972	0.804119	0.23411	2.945089
15.06.1992	237.0857	63.8	1.0589	134.1461	114.8916	82.18431	68.50807	22.4676	3.787904	0.448006	0.099728	0.023444	8.81E-06	1.97E-31	0.020568	0.681162	13.07045	236.4205
25.10.1992	97.2983	30.1	1.0489	32.05426	27.76693	20.36226	17.20697	6.137911	1.171488	0.154252	0.035886	0.008642	3.33E-06	1.23E-30	0.007992	1.082554	0.028838	11.02441
31.07.1994	155.0627	48.2	1.715	82.32783	71.33971	52.35264	44.25732	15.82376	3.029963	0.400018	0.09316	0.022446	8.65E-06	4.44E-31	0.020783	2.879700	0.130849	26.29212
12.10.1994	101.8427	33.8	1.565	41.18366	35.83575	26.53554	22.54174	8.296232	1.652924	0.225254	0.053114	0.012882	5E-06	7.89E-31	0.012097	2.145243	1.119231	3.591244
			Toplam	458.8428	395.2882	286.4723	240.5523	82.71035	15.05804	1.915885	0.440231	0.105339	4.03E-05	6.72E-30	0.096163	12.65286	55.43791	633.815

EK.4 Uğrak Havzası genel model uygunluk yöntemine göre  $\lambda$  katsayıları

Yıl	P,mm	Q,mm	S,mm	$\lambda=0.001$	$\lambda=0.002$	$\lambda=0.1$	$\lambda=0.15$	$\lambda=0.19$	$\lambda=0.198$	$\lambda=0.199$	$\lambda=0.1995$	$\lambda=0.1999$	$\lambda=0.2$	$\lambda=0.201$	$\lambda=0.205$	$\lambda=0.21$	$\lambda=0.30$	$\lambda=0.35$	$\lambda=0.50$
23.06.1979	24.9	0.61	86.602	21.26153	18.31684	3819842	0.688642	0.019728	0.00073	0.000181	4.13E-05	6.94E-07	4.44E-31	0.000177	0.004251	0.016126	0.35563	0.062215	18.96307
08.05.1980	11.2	0.44	4.477259	3.885758	0.875971	0.170306	0.005327	0.000202	5E-05	1.11E-05	1.23E-07	1.23E-07	1.23E-32	4.93E-05	0.001198	0.004617	0.183614	0.162678	0.962299
11.09.1981	18.8	0.17	75.64	10.92442	9.277598	1.646552	0.248656	0.005194	4.77E-05	1.13E-05	2.9E-07	3.77E-32	3.77E-32	4.59E-05	0.00106	0.003818	0.001692	0.485099	38.68048
21.05.1982	26.5	1.75	71.878	25.56379	22.36856	5.475442	1.146047	0.038801	0.001496	0.000372	7.89E-05	3.34E-07	1.97E-31	0.000369	0.009049	0.035334	2.052691	2.976907	0.104433
30.05.1983	11.1	0.36	36.462	4.33954	3.750041	0.819212	0.154598	0.004675	0.000175	4.35E-05	9.78E-06	1.32E-07	1.97E-31	0.001035	0.001035	0.003964	0.129089	0.078759	1.887299
15.05.1984	7.9	0.13	29.552	2.047298	1.75232	0.340227	0.056917	0.001483	5.36E-05	1.32E-05	3.07E-06	6.52E-08	6.93E-33	1.29E-05	0.000304	0.001132	0.008627	0.008968	3.839668
16.05.1985	1.3	0.02	4.8862	0.055251	0.047268	0.00913	0.001519	3.93E-05	1.42E-06	3.49E-07	8.12E-08	1.75E-09	4.33E-34	3.4E-07	8.02E-06	2.98E-05	0.000201	0.000309	0.108294
14.06.1986	14.5	0.67	43.714	7.578465	6.594149	1.52609	0.303964	0.009764	0.000372	9.24E-05	2.03E-05	1.81E-07	0	9.12E-05	0.002224	0.008608	0.393650	0.429145	0.670268
15.04.1987	5.9	0.03	24.951	1.02279	0.863149	0.142003	0.019509	0.000379	1.25E-05	3.05E-06	7.26E-07	2.1E-08	4.81E-35	2.9E-06	6.5E-05	0.00224	0.005712	0.109471	5.387619
03.06.1988	10.5	0.13	40.673	3.522089	3.003906	0.560158	0.089607	0.002198	7.8E-05	1.92E-05	4.49E-06	1.05E-07	7.7E-34	1.86E-05	0.000436	0.001601	0.003100	0.061400	9.046656
04.06.1989	3.6	0.06	13.369	0.4273	0.365991	0.07162	0.012084	0.000318	1.15E-05	2.85E-06	6.6E-07	1.37E-08	4.33E-34	2.77E-06	6.57E-05	0.00245	0.002207	0.001209	0.748531
11.05.1990	11.5	0.6	33.525	4.792887	4.178373	0.985927	0.199831	0.006541	0.00025	6.22E-05	1.35E-05	9.87E-08	4.93E-32	6.15E-05	0.001502	0.005835	0.292133	0.358033	0.144311
16.04.1991	27.8	0.79	93.871	26.87956	23.21083	4.962741	0.917186	0.027067	0.00101	0.00025	5.66E-05	8.55E-07	1.23E-32	0.000246	0.00592	0.02258	0.624579	0.254011	16.87483
09.07.1992	16.5	0.13	67.321	8.03473	7.039916	1.224798	0.180567	0.00393	0.000135	3.3E-05	7.8E-06	2.08E-07	1.93E-32	3.16E-05	0.000726	0.00259	0.007009	0.485356	32.94379
25.05.1993	14.8	0.12	60.252	6.694892	5.677639	0.990947	0.146661	0.003211	0.00011	2.7E-05	6.38E-06	1.69E-07	6.93E-33	2.59E-05	0.000595	0.002127	0.004667	0.375459	26.09492
07.10.1993	11.0	0.06	46.564	3.551512	2.996794	0.492248	0.067487	0.001306	4.31E-05	1.05E-05	2.5E-06	7.23E-08	4.81E-35	9.97E-06	0.000223	0.000771	0.020512	0.385652	18.84536
06.05.1995	12.5	0.13	49.719	4.880346	4.150182	0.74817	0.115101	0.00267	9.33E-05	2.29E-05	5.39E-06	1.35E-07	3.08E-33	2.21E-05	0.000513	0.001859	2.69E-06	0.168984	15.71160
18.04.1996	18.6	0.7	59.055	12.31093	10.67726	2.390174	0.46166	0.014334	0.000542	0.000134	2.99E-05	3.48E-07	1.23E-32	0.000132	0.0003213	0.012366	0.471937	0.390455	3.172339
19.04.1997	6.9	0.03	29.704	1.370846	1.15402	0.184129	0.024289	0.00044	1.42E-05	3.45E-06	8.22E-07	2.46E-08	1.93E-34	3.25E-06	7.17E-05	0.000242	0.013475	0.190527	8.278168
14.05.1998	13.9	0.36	47.962	6.652178	5.734542	1.204181	0.218601	0.006315	0.000234	5.8E-05	1.32E-05	2.16E-07	7.7E-32	5.69E-05	0.001367	0.005192	0.122481	0.028947	5.418426
13.04.1999	17.4	0.08	74.585	8.761222	7.379971	1.186498	0.138121	0.002914	9.46E-05	2.3E-05	5.48E-06	1.63E-07	1.73E-33	2.17E-05	0.000482	0.001637	0.075972	1.145213	51.19638
27.05.2000	16.1	0.56	52.065	9.169412	7.94275	1.755219	0.334906	0.010256	0.000386	9.58E-05	2.14E-05	2.71E-07	0	9.43E-05	0.002284	0.008769	0.308700	0.220680	3.174084
12.09.2002	19.9	0.14	82.016	11.95749	10.1252	1.755368	0.251154	0.005311	0.00018	4.41E-05	1.05E-05	2.85E-07	1.23E-32	4.22E-05	0.000963	0.003411	0.020534	0.839210	51.43696
			Toplam	186.5389	160.4931	33.14665	5.967413	0.172619	0.00642	0.00159	0.000355	4.81E-06	1.09E-30	0.00156	0.037554	0.143079	5.098214	9.218688	313.6898

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İnci TEKELİ  
Doğum Yeri : Polatlı  
Doğum Tarihi : 1962  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise Polatlı Lisesi (1975-1978)  
Lisans Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü (1978-1983)  
Yüksek Lisans Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (1985-1987)  
University Of California, Davis. Lve, Air ve Water Resources Department (1996-1999)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Van Tarım İl Müdürlüğü (1987-1990)  
Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara İl Müdürlüğü (1990-1992)  
Ankara Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü (1992-2007)  
Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü (2007 -

### Yayımları (SCI ve diğer)

**Tekeli, İ.**, T. Aküzüm, 1987. Polatlı İlçesi Su Kaynaklarının Sulama Yönünden İncelenmesi. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yıllığı, Cilt 38, Fasikül 1-2, s.235-247, Ankara.  
Uslu,N. Akyurek, Z. Özaydin,V. **Tekeli,İ.** 1992. The Geormofologic Instantaneous Unit Hydrograph ve Flood Frequency Distribution of Three Basins in Anatolia. Advances İn Civil Eng.I.Technical Congress. Doğu Akdeniz Üniversitesi ve ODTÜ. .Vol.2. Kuzey Kıbrıs

- Tekeli, İ.**, Şorman,A. Ü Sevinç. N., Denli. Ö., 1996. Ankara-Yenimahalle Güvenç Havzasında Yağış Ve Akım Karakteristiklerinin Belirlenmesi.(Bildiri) İSKİ İçme Suyu Sempozyumu .İstanbul
- Tekeli.İ.**, 1999. Application of Precipitation-Runoff Modeling System to Ward Creek Drainage Basin., Lake Tahoe, University of California. Davis. (Tez.Basılı).
- Tekeli, .İ.**, Babayiğit, G 2000. Haymana-Çatalkaya Deresi Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri. KHGM. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı. Yayın No.117. Ankara.
- Tekeli,Y.İ.**, Şorman, A.Ü.,2001. Ankara-Yenimahalle Güvenç Havzasında Akım Hidrograflarının Bileşenlerine Ayırımında İzotop tekniklerinin Kullanımı. KHGM. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı .Yayın No :19.Ankara
- Tekeli.İ.**, 2001.Yağış-Akım Model Sistem(PRMS) Modeli ve Havzada Uygulanması III.Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı. (Bildiri) S.425. İzmir
- Tekeli, .İ.**, Şorman, U., Sayin, M.2002. Akım Hidrograflarının Bileşenlerine Ayırımında Kararlı İzotopların Kullanılması Çalışma Alanı: Güvenç Havzası.(Bildiri) Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu. S:141. DSİ. Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı.Adana
- Tekeli,İ.**, Babayiğit.G.,2002. Ankara-Yenimahalle-Güvenç Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri. KHGM. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı .Yayın No.121. Ankara.
- Akgül, S., **Tekeli İ.**, Demirkıran O., .Cebel, H., Babayiğit, G. 2003 Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Tekniklerini Erozyon Haritalama Metodolojisinde Kullanarak Mogan Gölü Havzasının Erozyon Durumu ve Havzada Alınacak Amenajman Tedbirlerinin Tespiti. Köy.Hiz. Ankara Araştırma Enstitüsü – Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Kurumu Başkanlığı Ankara.
- Tekeli,Y.İ.** Sorman, U. (2003). Separation of hydrograph Components Using Stable Isotopes.Case Study: The Guvenc Basin. Ankara.Turkish Jour.of Eng&Env. Sciences Vol.27 No.6.TUBITAK
- Üstün, H., Akgül S.,Dengiz O, Özcan H.,İlbeyi A, Köksal E.S.,Köşker Y, Şenyücel B., A. Güntürk, Cebel H., **Tekeli İ.**, Başkan O., Görgülü N. .Benli.,B, Gürleşen N., Demirkıran O., Öztürk N.. 2004. Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Bölgesinin Toprak Ve Arazi Kalite Sınıflaması İle Alternatif Tarımsal Uygulamalarının Belirlenmesi Projesi Sonuç Raporu. Çevre Ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Ankara.
- Tekeli, İ.**, Akgül, S., Dengiz, O., 2005. Yüzey Akış eğri Numarasının Belirlenmesinde İki Farklı Yaklaşım: Geleneksel ve UA-CBS Yaklaşımları. II. Mühendisliği Sempozyumu.2005. DSİ-TUBİTAK.İzmir.
- Tekeli,İ.**, Şorman, U., Sayin, M. 2005.Yağışların Kararlı izotopları ile Atmosferik Hareketleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi Örnek: İç Anadolu da Pilot Bir Havzada Uygulama. (Bildiri) II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu. s:345-352. D.S.İ.-TAKK. İzmir

- Tekeli, İ.**, Akgül, S., Dengiz, O., 2006. Two Different Approaches to Determine Curve Number. (Bildiri) 18.th International Soil Meeting . Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil ve Technology. Vol.1 S:337 ŞanlıUrfa.
- Tekeli, İ.**, Akgül S., Dengiz, O., Aküzüm, T. 2007 Estimation of Flood Discharge for Small Watershed using SCS Curve Number ve Geographic Information System. International Congress River Basin Management. Antalya.
- Tekeli,İ.** Şorman, Üç, 2007. Relationship Between Isotope of Precipitation ve Atmospheric Circulation Case Study: A Micro Scale Basin in Central Anatolia. International Symposium on Advances in Isotope Hydrology IAEA, Vienna, 2007
- Tekeli, İ.**, Şorman, Ü. 2007 Gözlenen Hidrolojik Veriler ve Tahmin Edilen Yüzey Akış Eğri Numaralarının Karşılaştırılması. V.Ulusal Hidroloji Kongresi.ODTÜ.Ankara
- Tekeli, İ.** Şorman Ü, Keskin F..2008 Su Toplama Havzalarında Yüzey Akışların Tahmininde Cografî Bilgi Sistemlerinin Kullanılması. Su ve Enerji Sempozyumu. DSİ. Artvin.
- Tekeli, İ.** 2008. Birim Hidrografların Çıkarılmasında İzotop Tekniklerinin Kullanılması. IV. Ulusal Hidroloji de İzotopların Kullanılması Kongresi. DSİ. İstanbul.
- Tekeli İ.**, Keskin, F., 2009. Havzalarda Kısmi Alansal Dağılımlı Yüzey Akışların Belirlenmesi 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu. Konya
- Başkan O., Köşker Y., **Tekeli İ.**, Güvendik G., Güntürk, A., 2009. Toprak Nem Kapsamının Konumsal Ve Zamansal Değişiminin Jeostatiksel Analizi 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu. Konya