



T. C.

ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI

**RİZE İYİDERE ALT HAVZASI İKİZDERE KESİTİ İÇİN BİRİM
HİDROGRAFIN BELİRLENMESİ**

- UZMANLIK TEZİ -

HAZIRLAYAN

YASEMİN CEYHAN KOCA

ANKARA – 2014

T.C. ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

HAZIRLAYAN

YASEMİN CEYHAN KOCA

**RİZE İYİDERE ALT HAVZASI İKİZDERE KESİTİ İÇİN BİRİM
HİDROGRAFIN BELİRLENMESİ**

TEZ DANIŐMANI

PROF. DR. CUMALİ KINACI

**BU TEZ ORMAN VE SU İŞLERİ UZMAN YÖNETMELİĞİ GEREĞİ
HAZIRLANMIŐ OLUP JÜRİMİZ TARAFINDAN UZMANLIK TEZİ
OLARAK KABUL EDİLMİŞTİR.**

TEZ JÜRİSİ BAŐKANI: PROF. DR CUMALİ KINACI.....

ÜYE: HÜSEYİN AKBAŐ.....

ÜYE:DR. YAKUP KARAASLAN.....

ÜYE: BİLAL DİK MEN.....

ÜYE:TANER Kİ MENÇE.....

ANKARA 2014

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması aŐamasında desteklerini her zaman hissettiğim aileme, tez çalışmaları esnasında bilgilerini paylaŐarak bana destek olan Ayfer ÖZDEMİR ve Ertuğrul KAHVECİ'ye; haritaların hazırlanmasında büyük emeği geçen Tuğçe ve ReŐat AKGÖZ'e; birlikte çalıŐtıĐım tüm mesai arkadaşlarıma; verilerin temin edilmesinde yardımcı olan Merve DOĞAN'a, DSİ Genel Müdürlüğü, Etüd, Plan ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı Personeline ve beni bir an olsun yalnız bırakmayan, can yoldaŐım, eŐim Ahmet KOCA'ya sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ekim 2014

Yasemin CEYHAN KOCA

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1.GİRİŞ	1
1.1. AMAÇ VE KAPSAM.....	3
2. HAVZAYA AİT GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. DOĞU KARADENİZ HAVZASI	4
2.2 RİZE ARTVİN SULARI ALT HAVZASI.....	5
2.3. İYİDERE ALT HAVZASI	6
2.3.1.Havzanın Genel Özellikleri.....	6
2.3.2. Çalışma Havzasının Seçilme Nedeni	9
3. HİDROGRAF	11
3.1. HİDROGRAFİN ELEMANLARI	12
3.2. DOLAYSIZ AKIŞLA TABAN AKIŞININ AYRILMASI	15
3.3. AKARSU HAVZASININ BİR SİSTEM OLARAK İNCELENMESİ	18
3.3.1. Parametrik Havza Modelleri	19
3.3.2. Kapalı Kutu Modelleri	19
3.4. BİRİM HİDROGRAF	20
3.4.1. Birim Hidrografın Elde Edilmesi	22
3.4.2. Farklı Süreli Birim Hidrograflar	22
3.4.2.1. Kaydırma Metodu	23
3.4.2.2. S – Eğrisi Metodu	24
3.4.3. Birim Hidrograf ile Yağıştan Akışa Geçilmesi.....	25
3.4.4. Sentetik Birim Hidrograflar	25
3.4.4.1. Snyder Metodu	26
3.4.4.2. Mockus Metodu	28
3.4.4.3. SCS Boyutsuz Birim Hidrografı	29
3.4.5. Enstantane (Anlık-Ani) Birim Hidrograf	31
4. AKADEMİK ÇALIŞMALAR	33
5. MATERYAL METOT	37
5.1. HAVZAYA AİT VERİLERİN HESAPLANMASI	37

5.2. YAĞIŞ VE AKIM GÖZLEM İSTASYONLARI.....	40
6. BULGULAR	48
6.1. BİRİM HIDROGRAFIN BELİRLENMESİ.....	48
6.2. SENTETİK YÖNTEMLERİN UYGULANMASI.....	55
6.2.1. Mockus Yöntemi.....	55
6.2.2. Snyder Yöntemi	56
6.2.3. DSİ Sentetik Yöntemi	60
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	62
7. 1. ÖNERİLER.....	63
KAYNAKÇA	64
ÖZGEÇMİŞ.....	68

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

cm : Santimetre

mm : Milimetre

m³/sn : Metreküp / Saniye

km² : Kilometrekare

km : Kilometre

lt/sn : Litre / Saniye

Kısaltmalar

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

AGİ : Akım Gözlem İstasyonu

BH : Birim Hidrograf

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

DEM : Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)

DSİ : Devlet Su İşleri

EBH : Enstante Birim Hidrograf

EİE : Elektrik İşleri Etüd İdaresi

İLBANK : İller Bankası

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

NRCS : Natural Resources Conservation Service (Doğal Kaynakları Koruma Servisi)

Q_p : Pik Debi

SCS : Soil Conservation Service (Toprak Muhafaza Servisi)

SVT : Su Veri Tabanı

T_b : Taban Süresi

T_p : Pike Erişme Süresi

TÜMAS : Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. 1929 – 2010 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen taşkın, sel ve heyelan yılları ve can kaybı.....	10
Tablo 2. Havzaya ait veriler	37
Tablo 3. 2 Nisan 1984 tarihindeki akım olayları.....	49
Tablo 4. 10 Temmuz 1992 tarihindeki akım olayları.....	50
Tablo 5. 21 Haziran 1999 tarihindeki akım olayları	51
Tablo 6. 13 Mayıs 2004 tarihindeki akım olayları.....	52
Tablo 7. 5 Mart 2014 tarihindeki akım olayları	53
Tablo 8. İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti Ortalama Birim Hidrograf Değerleri ..	54
Tablo 9. Snyder Yöntemine göre İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti sentetik birim hidrograf elemanları	60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Hidrolojik Çevrim (Part 630 National Engineering Handbook, 2007).....	2
Şekil 2. İyidere Alt Havzası siyasi haritası	7
Şekil 3. İyidere Alt Havzası arazi kullanım haritası	8
Şekil 4. Havzalarda meydana gelen taşkın sayıları ve can kayıpları (Özcan,2008) ...	9
Şekil 5. Tekil Hidrograf ve Hiyetograf	11
Şekil 6. Hiyetograf & Hidrograf İlişkisi	11
Şekil 7. Hidrografın Elemanları	12
Şekil 8. a)Havza üzerindeki yağış dağılışına göre oluşan hidrograflar b) Yağışın havza üzerindeki hareket yönüne göre oluşan hidrograflar (Göl, 2013).....	13
Şekil 9. Ortak çekilme eğrisinin elde edilmesi (Bayazıt, 1999).....	14
Şekil 10. Yağış ve Akış Hidrografı (Balov,2014).....	16
Şekil 11. Hidrografta taban akışı ile dolaysız akışının ayrılması (Bayazıt, 1999).....	17
Şekil 12. Model Bileşenleri (Fıstıkoğlu, 2001).....	18
Şekil 13. Birim hidrograf modelinde göz önüne alınan sistem (Bayazıt,1999).....	20
Şekil 14. Birim Hidrograf Grafiği	20
Şekil 15. Kaydırma metodu (URL 2).....	23
Şekil 16. S hidrografı grafiği (URL 3).....	24
Şekil 17 Boyutsuz birim hidrograf.....	29
Şekil 18. EBH ile yağıştan akışa geçilmesi (URL 4).....	32
Şekil 19. İyidere Alt Havzası yükselti haritası.....	38
Şekil 20. İyidere Alt Havzası eğim haritası	39
Şekil 21. İyidere Alt Havzası sınırları içinde bulunan AGİ'ler	40
Şekil 22. 1979 – 2009 su yılları arası İyidere Deresi yıllık akım değerleri	41
Şekil 23. İyidere Alt Havzası 1979 – 2009 yılları arası aylık toplam yağış ortalaması	41
Şekil 24. İyidere Alt Havzası 1979 – 2009 yılları arası yıllık toplam yağış	42
Şekil 25. 1979 – 2009 yılları Havza Aylık Ortalama Yağış ve Akım Değerleri	43
Şekil 26. 2 Nisan 1984 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf... 45	45
Şekil 27. 10 Temmuz 1992 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf	46
Şekil 28. 21 Haziran 1999 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf	46
Şekil 29. 13 Mayıs 2004 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf 47	47
Şekil 30. 5 Mart 2008 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf	47
Şekil 31. Şematik Taban Akım Ayrımı.....	48
Şekil 32. İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti 1 saat süreli birim hidrograflar.....	54
Şekil 33. İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti ortalama birim hidrografı (BH1).....	55

ÖZET

Bu çalışmada Rize İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti için birim hidrograf üretilmiştir. Bu maksatla önce havzanın özellikleri ve birim hidrograf hakkında genel bilgi verilmiş, çalışmanın materyal ve metodu açıklanmış, havzaya ait birim hidrografın elde edilme esasları özetlenmiş, elde edilen birim hidrograf değerlendirilmiş ve son olarak çalışmanın sonuları sunulmuştur.

Araştırma 1979 – 2009 arası su yıllarını kapsamaktadır. Havzaya ait 30 yıllık yağış verileri MGM'nin 17626 nolu istasyonundan, akım verileri ise E22A018 nolu akım gözlem istasyonundan temin edilmiştir. Bu verilere göre havzanın 30 yıllık yağış ortalaması 740,1 mm; akım ortalaması ise 0,88 milyar m³/yıl'dır.

Çalışmada İyidere Alt Havzası İkizdere Kesitinin 1 saat süreli ortalama birim hidrografının pik debisi (Q_p) 62,6 m³/sn, pike erişme süresi (T_p) 2,4 saat, taban süresi (T_b) 14,6 saat olarak hesaplanmıştır.

Aynı havzada, sentetik yöntemlerle de birim hidrograf hesaplaması yapılmıştır. Birim hidrograflarının sentetik olarak çıkarılmasında kullanılan Snyder Yöntemi katsayıları söz konusu havza için $C_t = 0,857$ ve $C_p = 0,222$ olarak, Mockus Yöntemi katsayıları $K = 0,362$ ve $H = 1,87$ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada havzada oluşan akımların ortalama değerleri, farklı dönemlere ait hidrograflar ve bu hidrograflardan elde edilen havzanın ortalama birim hidrografi verilmiş ve üretilen birim hidrograf ile değişik sentetik yöntemlerle elde edilen birim hidrograflar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: İyidere Deresi, İkizdere , Havza, Akım, Birim Hidrograf.

ABSTRACT

In this study unit hydrograph has been produced for Rize İyidere Watershed İkizdere Section. For this purpose, first general information has been informed about the watershed characteristics and unit hydrograph, small explanation has been given about material and method that used in study, Unit Hydrograph elements for the watershed has been rated and finally the result of study has been given.

The study covered between the years of 1979 – 2009. The data of annual precipitation with regard to the watershed was obtained from station with the number 17626 of MGM and the data of runoff was obtained from runoff monitoring station with the number E22A018. According to the figures, the average of rainfall of the watershed is 740,1 mm; the average of runoff is 0,88 billion m³/year.

In this study The peak discharge of one-hour unit hydrograph for İyidere Watershed İkizdere Section was calculated as 62,6 m³/sc, time peak tp= 2,4 hours, time base tb= 14,6 hours.

In the same watershed, the calculation of unit hydrograph was made through synthetic methods. The parameters of Snyder method used to obtain synthetically unit hydrographs have been calculated as C_t= 0,857 and C_p= 0,222 for the related watershed and the parameters of Mockus method also as K=0,362 and H= 1,87.

In this study, single runoff values, average values, and Unit Hydrograph elements for the watershed are given and they were compared with different synthetic methods.

Key Words: İyidere Creek, İkizdere, Watershed, Runoff, Unit Hydrograph.

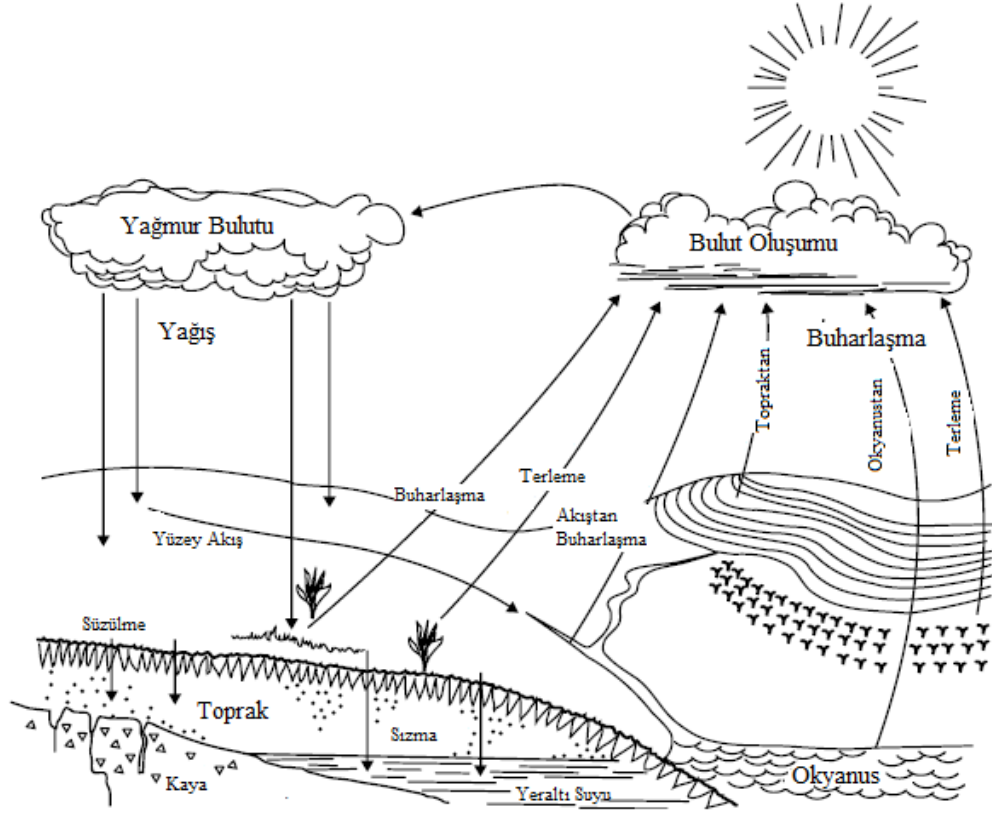
1.GİRİŞ

Yeryüzündeki canlıların yaşamlarını sürdürülebilmeleri için suya ihtiyaçları vardır. İnsanlar, canlıların yapı taşı olan suyu kullanmak ve kontrol altına alma ihtiyacını duyduğundan yaradılışından bu yana su ile ilgilenmiş, suyun her türlü özelliklerini tanımaya, hareketini incelemeye, oluşturabileceği tehlikeleri belirlemeye, önlemeye ve sudan en iyi şekilde yararlanmaya çalışmışlardır. Suyun hareketini inceleyen bilime hidromekanik, bu bilimin teknikteki uygulamasına da hidrolik denmektedir. Suyun dünyadaki dağılımını ve özelliklerini inceleyen bilim dalına ise hidroloji adı verilmektedir.

1962 senesinde A.B.D. Bilim ve Teknoloji Federal Konseyi Bilimsel Hidroloji Komisyonu tarafından önerilen tanıma göre hidroloji; yerküresinde (yani yeryüzünde, yeraltında ve atmosferde) suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilimdir".

Hidroloji bilimi insanın çevresi ile olan ilişkisi ve bunun sonucu olarak çevresini düzenleyip kontrol etme çabaları yoğunlaştıkça daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Su kaynaklarının planlaması ve yönetimine temel oluşturan girdiler, hidrolojik çalışmalar sonucunda belirlenebilmektedir.

Doğada katı, sıvı ve gaz halde bulunan su, sürekli bir dolaşım halindedir. Suyun bir döngü halinde izlediği yolların tümüne hidrolojik çevrim denir. Yüzeysel suların atmosfere buharlaşmasıyla bulutlar oluşur. Gaz halinde bulunan su yoğunlaşarak yağış halinde yeryüzüne düşer. Karalara düşen yağışın bir kısmı buharlaşarak ve bitkiler üzerinden terleyerek tekrar atmosfere döner. Bir kısmı bitkiler tarafından tutulur, bir kısmı da sızarak yeraltına geçer. Geriye kalan kısım ise deniz, göl, akarsu gibi yerüstü sularına direk olarak karışır. Yeraltına sızan kısım ise yer altı akışı şeklinde yerüstü sularına katılır. Böylece çevrim tamamlanmış olur (Şekil 1).



Şekil 1. Hidrolojik Çevrim (Part 630 National Engineering Handbook, 2007)

Hidrolojik çevrim içinde dolaşan suyun yağış, buharlaşma, akım gibi parametre değerleri meteorolojik ve hidrolojik ölçü teknikleri ile tespit edilir. Bu ölçümlerin yapılması çoğu zaman uzun dönemleri kapsayabilmektedir. Meteorolojik olaylar doğaüstü olaylar olduğu için, her dönem aynı verilere sahip olamaz. Bu sebeple birkaç periyodu içine alan uzun bir zamana ait hesaplamalar her zaman daha doğru sonuçlar vermektedir (Canik, 1971).

Hidrolojik çalışmaların en önemli ve zor bölümü yağış, akım gibi çevrim parametrelerinin ölçümüdür. Ölçümlerle elde edilen veriler analiz edilerek bir su kaynağının su potansiyeli, kuraklık ve taşkın zamanlarındaki su miktarları ile bunların frekansları hesaplanabilir (Bakanoğulları ve diğerleri, 2011).

Ülkemiz dört mevsimin etkisi altında olmasına rağmen, yağış ve akım rejimleri çok düzensizdir. Yağış, müdahale edilemeyen bir doğa olayıdır. Fakat akışa geçen yağış sularının depolanması çeşitli toprak işleme teknikleri ve çeşitli depolama tesisleriyle mümkün olabilmektedir. Böylece yağışın çok olduğu zamanlarda su

depolanarak, ihtiyaç duyulan dönemde kullanılabilir. Bunun yanı sıra taşkın riski bulunan bir havzada da akım olaylarına müdahale edilebilerek önlemler alınabilmektedir.

Akım olaylarına müdahale ederken karşılaşılan en büyük problem, havzadaki yağış-akış ilişkisinin lineer olmamasıdır. Bu sebeple, bazı kabuller yapılarak bu ilişki basitleştirilmeye çalışılır ve sisteme ait bir model kurulur. Bu modeller kurulurken, parametrik (çok bileşenli) modeller ve kapalı kutu modeller olmak üzere başlıca iki yöntem bulunmaktadır.

Barajların dolu savaklarının boyutlandırılması, yağmur sularını koruma sistemlerinde ve sellerden koruma projelerinde pik akımın ön tahmininde en sık kullanılan yöntem kapalı kutu model olan birim hidrograf modelidir.

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Bu tez çalışmasında, geçmiş yıllarda yaşanmış taşkın olaylarının olumsuz etkilerinden ve taşkın riskinin bulunmasından dolayı seçilmiş olan Rize İyidere Alt Havzasında yapılacak su depolama ve taşkın kontrolü projelerine altlık oluşturabilmesi amacıyla, jeolojik, meteorolojik ve hidrolojik veriler dahilinde havzanın birim hidrograf modeli oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında öncelikle İyidere Deresi ve dereyi besleyen derelerin oluşturduğu havza sınırı belirlenmiştir. Daha sonra MGM'ye ait istasyondan alınan 1979 – 2009 yılları arası günlük yağış verileri esas alınarak farklı yağış şiddetlerine sahip beş gün belirlenmiştir. Seçilen günlerdeki akım değerleri DSİ Genel Müdürlüğü'nden alınarak havzaya ait bir saat süreli beş adet birim hidrograf analizi yapılmıştır. Bu beş birim hidrografın ortalaması alınarak İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti birim hidrografi üretilmiştir.

Üç farklı sentetik yöntem ile de söz konusu havzaya ait birim hidrografi belirlenmiştir. Sentetik yöntemlerden Mockus, Snyder ve DSİ Sentetik Yöntemi havzaya uygulanmış olup havzaya ait katsayılar hesaplanmıştır.

Sentetik yöntemlerle elde edilen birim hidrograf ile havzaya ait verilerle elde edilen hidrograf karşılaştırılmış; en uygun yöntemler seçilmiştir.

2. HAVZAYA AİT GENEL BİLGİLER

2.1. DOĞU KARADENİZ HAVZASI

İyidere Alt Havzası sınırlarını, İkizdere deresinin beslediği İyidere deresi ve kollarının su toplama alanları oluşturmaktadır. Ülkemiz 25 havzadan oluşmakta olup, her havza için yağış alanlarına göre ayrılmış alt havza ve mikro havza çalışmaları bulunmaktadır. İyidere Alt Havzası da Rize – Artvin Suları alt havzasının mikro havzasıdır. Fakat bu alt havza ve mikro havzalara ait özel bilgi olmadığı için, bu bölümde Doğu Karadeniz Havzası hakkında genel bilgi verilecektir (Havzaya ait tüm bilgiler Doğu Karadeniz Havza Koruma Eylem Planından alınmıştır).

Doğu Karadeniz Havzası; Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde $40^{\circ} 15' - 41^{\circ} 34'$ kuzey enlemleri ile $36^{\circ} 43' - 41^{\circ} 35'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yurdumuzun en fazla yağış alan yöresi olması nedeniyle, havzanın denize bakan yamaçları her zaman yeşil, gür bir doğal örtüye sahiptir. Ancak iç kısımlarda denizin etkisi azaldığından yağış çok düşmekte ve doğal örtü genellikle mevsimlik çayirlara dönüşmektedir.

Toplam yağış alanı 22.844 km^2 olan Doğu Karadeniz Havzası'nın yıllık ortalama yağış yüksekliği 1.198 mm ; yıllık ortalama akışı ise $566,23 \text{ m}^3/\text{sn}$ dir. Yıllık ortalama verimi $23,57 \text{ L/sn/km}^3$ olan havzadaki akışın yağışa oranı $0,62$ iken, iştirak oranı $\%9,72'$ dir.

İklim genellikle Karadeniz'in etkisi altında olup kışları yumuşak ve yağmurlu, yazları ılıman ve nispeten yağışlıdır. Yalnız iç kesimlerde kara iklimi hüküm sürmektedir.

Doğu Karadeniz Havzası'nda bitki örtüsü sahilden içerilere doğru değişiklik göstermektedir. Sahilden itibaren dağların denize bakan yamaçlarında iklimin ılıman ve bol yağışlı olması nedeni ile gür bitki örtüsüyle kaplanmıştır. İç kısımlara doğru yağış ve sıcaklık düşmekte ve buna dayalı olarak yüksek boylu olan ağaç ve ağaççıklar yerlerini çalılara, mera otlarına hatta çıplak kayalara bırakmaktadır.

Dağlar kıyı kesimin nemli havasının iç kısımlara geçmesini engeller Bölgenin kıyı ile iç kesimleri arasında önemli iklim farkları görülür. Kıyıda iç kesimlere doğru gidildikçe hem yağış oranı azalmakta, hem de karasallık nedeniyle sıcaklıklar düşmektedir. Karasal iklimin görüldüğü yerlerde yazlar sıcak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Dağların yükselti ve doğrultusu nedeniyle Orta Karadeniz'de denizel iklimin yayılma alanı, Doğu ve Batı Karadeniz'e oranla daha geniştir. Doğu Karadeniz'in kıyı kesiminde kış sıcaklık ortalamaları fazla düşmediğinden burada narenciye (turunçgiller) tarımı yapılabilmektedir (URL 1).

Trabzon-Rize arasındaki 60 km'lik hat boyunca çok sayıda dere ve çay bulunmaktadır. Genellikle sel yatağı olan dereler arasında Trabzon kenti doğusundaki Değirmendere, Arsin'den denize dökülen Yanbolu deresi, Araklıdan denize dökülen Karadere, Sürmene'den denize dökülen Sürmene deresi, Of kıyılarından denize dökülen Solaklı ve Baltacı dereleri ve İyidere deresi debileri yüksek akarsulardır (Tuncel ve diğerleri, 1993)

2.2 RİZE ARTVİN SULARI ALT HAVZASI

Alt havza içerisinde Rize, Artvin, Trabzon ve Erzurum illerine ait alanlar bulunmakta, Trabzon ve Erzurum illerinin proje kapsamına giren yerleşimi bulunmamaktadır. Alt havza içerisinde 1 il merkezi, 14'i ilçe, 10'u belde olmak üzere 24 belediye ve bunlara bağlı köyler bulunmaktadır. Bu yerleşimlerden 19'unun nüfusu 2.000'in üzerindedir. Buna göre en büyük alan %85 ile Rize iline aittir. Doğu Karadeniz kıyı sıradağları yayının kuzey yamacında yer alan Rize toprakları genel ifade ile dağlık ve engebeldir. Alt havzanın en önemli akarsuları İyidere ve Fırtına Deresi'dir.

İyidere Deresi

Soğanlı Dağları'nda Hayrat ilçesinden doğan İyidere, Rize ili ile Of ilçesi arasından denize ulaşır. Trabzon ve Rize arasında sınır oluşturan İyidere deresi ortalama 28,35 m³/sn su debisine sahiptir İkizdere, Cimil ve Kalkandere gibi dereler birleşerek İyidere deresini beslemektedir (Verrep ve diğerleri, 2005).

İyidere kasabasının batısından denize dökülen İyidere Deresi'nin mansap bölümünde oluşan kil, silt, kum, çakıl, blok karmaşığında oluşan alüvyon akifer özelliğindedir. Akiferin uzunluğu; karayolu köprüsünden membasına doğru 9.000 m, genişliği; 500-800 m kalınlığı; akarsuya paralel bir hat boyunca 7 noktada yapılan jeofizik çalışmalara göre 24 – 44 m, akifer alanda DSİ ve İLBANK tarafından açılan su sondaj kuyularında 35 – 45 m olarak ölçülmüştür.

Doğu Karadeniz Bölgesinde Trabzon ve Rize illeri oldukça zengin bir akarsu kapasitesine sahiptir. Bu çalışmada, Rize il sınırları içerisinde bulunan Fırtına, Çağlayan, İkizdere, İyidere, Çayeli-Büyükdere, Kamilet, Kale, Tatlıdere, Fındıklı ve Kantarlı dereleri gibi geniş havzalara sahip akarsulardan sadece İyidere ve İkizdere derelerinin su toplama alanlarından oluşan İyidere Havzası üzerinde durulacaktır.

2.3. İYİDERE ALT HAVZASI

2.3.1.Havzanın Genel Özellikleri

İyidere Alt Havzası Trabzon ile Rize İllerinin tam ortasında yer almaktadır. Havza sınırları içerisinde Kalkandere ve İkizdere olmak üzere sadece iki ilçenin merkezi bulunmaktadır. Bunun dışında Of, İspir, İyidere ve Rize Merkez İlçelerinin bir kısmı havza sınırı içinde kalmaktadır (Şekil 2). İkizdere, Rize'nin toprak bakımından en büyük ilçesidir.

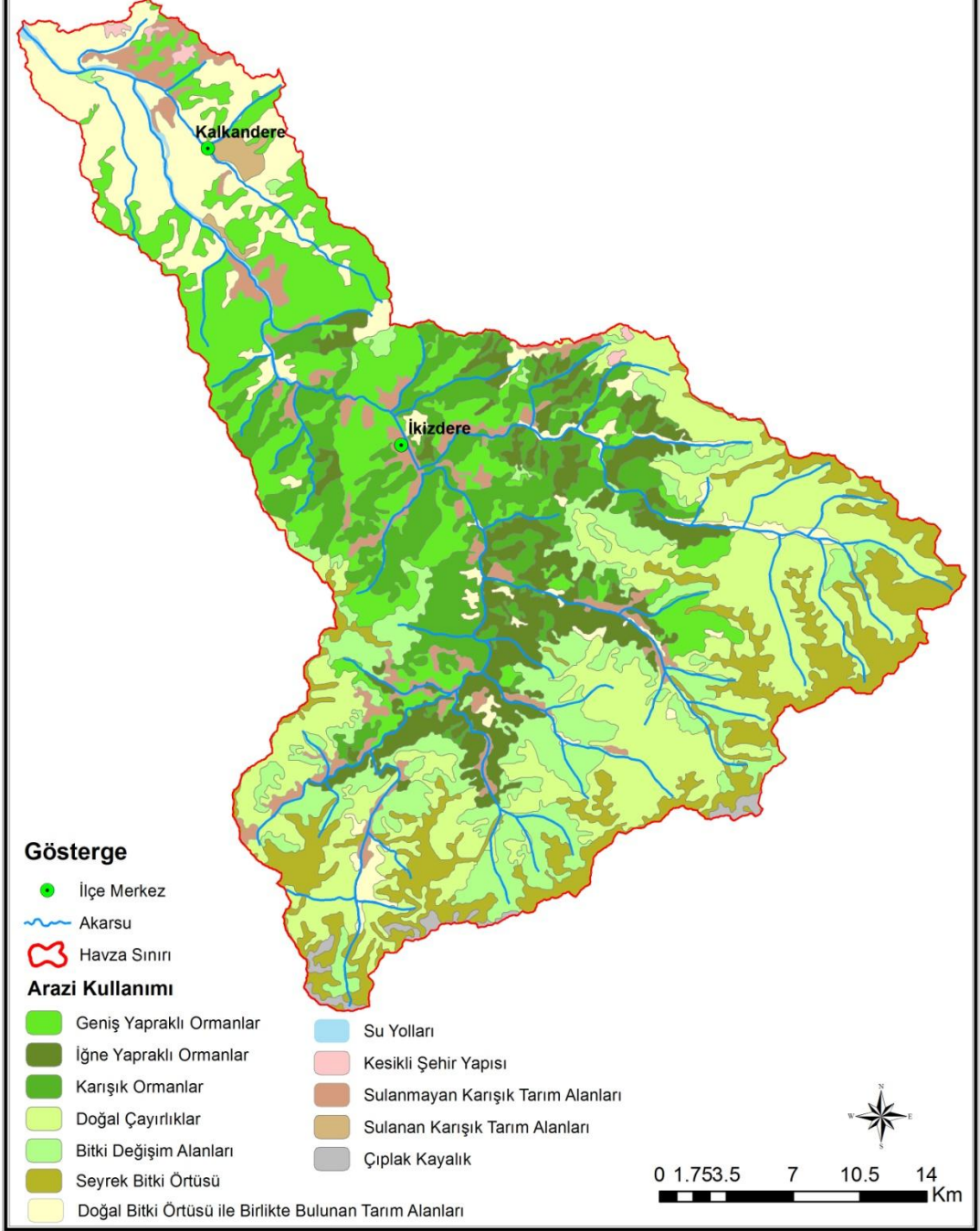
Havzada bulunan vadilerde ekolojik sistem, kültürel ve sosyal yapı, mimari yapı, Doğu Karadeniz'e has özgün bir yapıya sahiptir. İyidere deresi ve kolları Doğu Karadeniz bölgesinde bakir kalmış, yaban hayatı korumuş, sürdürülebilir hayatı devam ettirebilen son havzalardan birine sahiptir.

Havzanın bitki örtüsü ormanlarla kaplı olup, yüksek alanlarda iğne yapraklı ağaçlar, kızılçam, gürgen, meşe, kestane, ladin, köknar ağaçlarından oluşan ormanlar bulunmaktadır. Şekil 3'te İyidere Alt Havzasının arazi kullanımı verilmektedir.



Şekil 2. İyidere Alt Havzası siyasi haritası

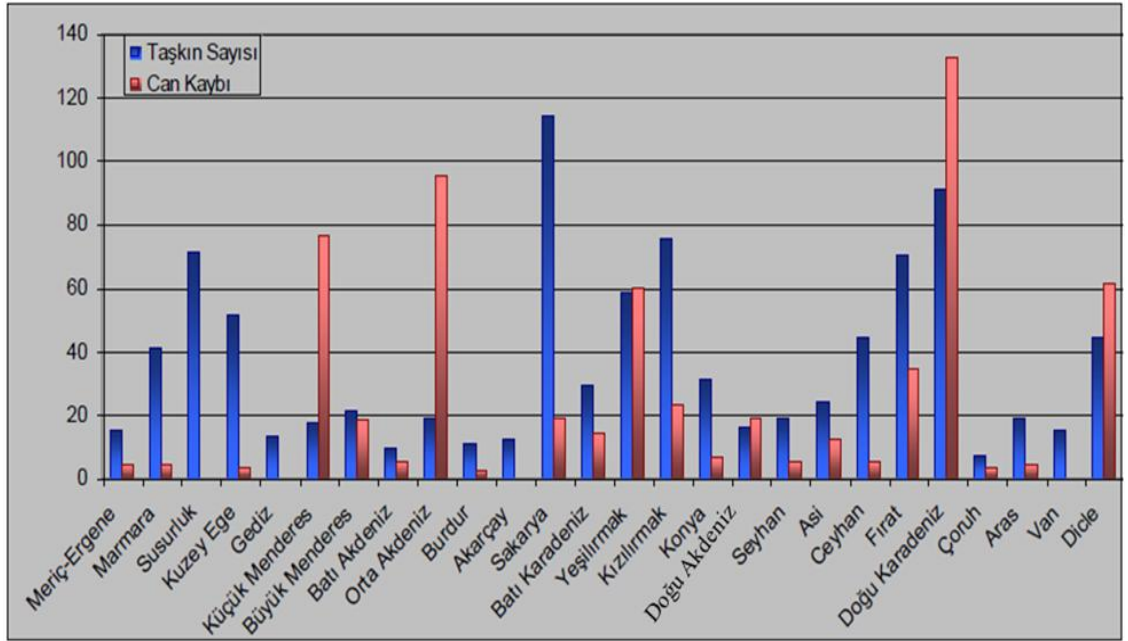
İYİDERE HAVZASI ARAZİ KULLANIMI HARİTASI



Şekil 3. İyidere Alt Havzası arazi kullanım haritası

2.3.2. Çalışma Havzasının Seçilme Nedeni

Hidrolojik açıdan 25 akarsu havzasına bölünmüş olan ülkemiz, havza bazında değerlendirildiğinde, 1970-2005 yılları arasında toplam 936 taşkın olmuş, 17.664.393 ha tarımsal alan zarar görmüş ve 604 can kaybı olmuştur (Özcan, 2008). Havza bazında taşkın olayında en fazla can kaybının yaşandığı havza Şekil 4'teki grafikte görüldüğü gibi Doğu Karadeniz Havzası'dır.



Şekil 4. Havzalarda meydana gelen taşkın sayıları ve can kayıpları (Özcan,2008)

Doğu Karadeniz Bölgesi, topoğrafik ve hidro-meteorolojik özellikleri bakımından, sel felaketleri açısından, her zaman hassas bölge konumundadır. 1929 – 2010 yılları arasında bu bölgede meydana gelen taşkın, sel ve heyelan olaylarının yılları ve ölüm sayısı Tablo 1’de verilmiştir (Önsoy, 2010).

Tablo 1. 1929 – 2010 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen taşkın, sel ve heyelan yılları ve can kaybı

YIL	İL – İLÇE	Can Kaybı	YIL	İL – İLÇE	Can Kaybı
1929	Trabzon - Of	146	1995	Rize - Güneysu, Ardeşen, Pazar	9
1959	Tirebolu, Görele, Trabzon, Rize	13	1997	Giresun	5
1963	Trabzon - Oksu	3	1998	Trabzon - Sürmene, Beşkøy	50
1963	Trabzon - Akçaabat	2	2001	Rize - Taşlıdere, Güneysu	10
1965	Giresun, Trabzon	2	2002	Rize Taşlıdere, Güneysu, Çayeli	34
1973	Rize - İyidere ve Hemşin	4	2005	Rize İyidere, İkizdere-Kalkandere	1
1973	Rize - Güneysu, Kalkandere, Pazarköy	4	2005	Trabzon - Of Solaklı havzası	7
1974	Gümüşhane - Harşit	3	2005	Rize - Çamlıhemşin, Çayeli	4
1977	Rize - Pazar, Hemşin	6	2005	Rize - Taşlıdere	7
1981	Rize - Pazar	27	2005	Trabzon - Of	1
1982	Rize - İkizdere	8	2006	Artvin - Arhavi	1
1983	Rize - Pazar, Fındıklı	27	2006	Giresun	2
1985	Rize	10	2006	Rize - Güneysu, Başkøy	3
1988	Rize - Pazar, Ardeşen ve Fındıklı	3	2009	Rize - Kalkandere	1
1988	Trabzon - Çatak	64	2009	Artvin - Şavşat	5
1990	Trabzon - Değirmendere, Akçaabat, Söğütlü	56	2009	Artvin - Borçka	5
1990	Rize - Çamlıhemşin	51	2010	Rize - Gündoğdu	11

Yakın zamanda ise, 5 Ağustos 2014 tarihinde, İkizdere İlçesi'nde Tozköy Deresi taşınca köye ulaşım sağlayan yol üzerindeki 3 köprü yıkılmıştır.

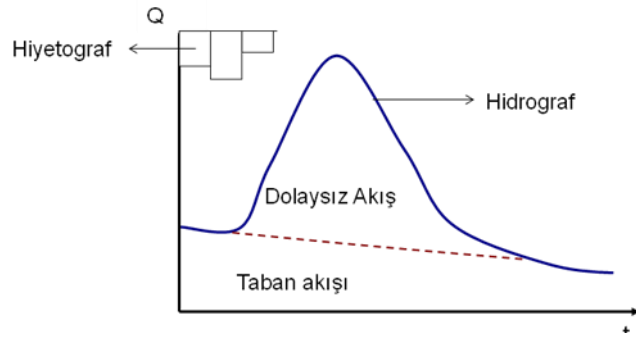
Eldeki verilere bakıldığında, daha önce havzada yaşanmış olan taşkın olumsuz etkileri ve İyidere Alt Havzasının taşkın riskinin bulunması çalışma konusu olarak seçilmesine etken olmuştur. Havzaya ait yapılan birim hidrograf analizleri söz konusu havzada yapılacak su depolama ve taşkın kontrolü projelerine altlık oluşturacaktır.

3. HİDROGRAF

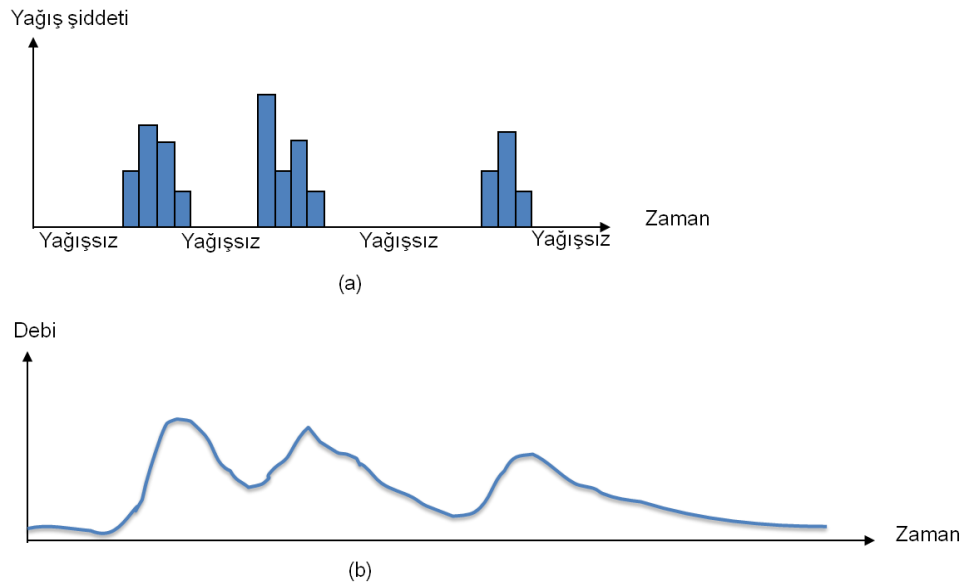
Bir akarsu kesitinden birim zamanda geçen suyun miktarının zamanla değişimi gösteren grafiğe hidrograf denir. Başka bir deyişle hidrograf, yağış sonrasında ortaya çıkabilecek debinin zamanla değişiminin gösterir.

Hidrograf analizlerinde debi birimi genellikle “ m^3/sn ”dir, ancak küçük dereler için “lt/sn” olabilir (Uşul, 2008).

Yağış şiddetinin zamanla değişimini gösteren hiyetografla hidrografın kıyaslanması yağış – akış ilişkisi hakkında bilgi vermektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Tekil Hidrograf ve Hiyetograf

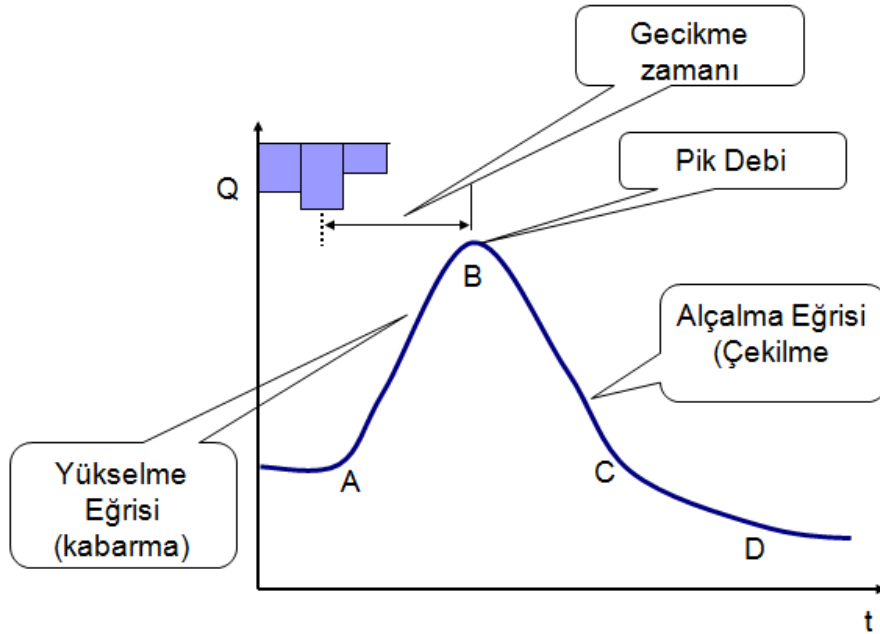


Şekil 6. Hiyetograf & Hidrograf İlişkisi

Şekil 6.a'da yağış şiddetinin üç farklı hiyetografı ve bu hiyetograflardan her biri de bir yağış halini göstermektedir. Her hiyetograftan sonra debi miktarlarında artış gözlenmiş ve yağışın bitmesiyle tepe noktasından sonra yine her yükselişi bir alçalış takip etmektedir. Üç tane birbirinden farklı yağış olduğundan, hidrografta da her bir yağışa karşılık gelen üç tane tepe noktası bulunmaktadır (Şekil 6.b) (Şen, 2003).

3.1. HİDROGRAFIN ELEMANLARI

Hidrografın şekli gerek havzanın, gerekse yağışın özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Tipik bir hidrograf simetrik olmayan bir çan eğrisi şeklindedir (Şekil 7).



Şekil 7. Hidrografın Elemanları

a) Yükselme Eğrisi

Şekil 7'de görüldüğü gibi AB eğrisi boyunca debi zamanla artış göstermektedir. Bu eğrinin şekli yağışın özelliklerine ve havza parametrelerine bağlıdır. Yağışın başlangıcından itibaren zaman geçtikçe havzanın üst kısımlarından gelen suların katkısının artması nedeniyle eğri genellikle yukarıya doğru iç bükeydir (Bayazıt, 1999)

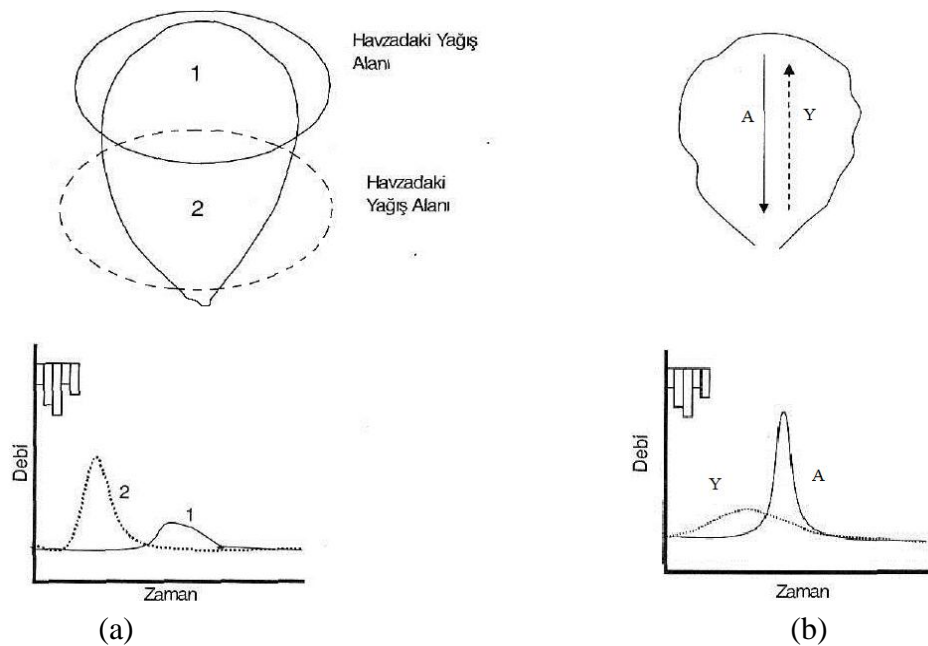
b) Tepe Noktası (Pik):

Hidrograf eğrisi boyunca bir noktada debi maksimum değere ulaşır. Bu noktaya tepe noktası denmektedir.

Yağış şiddetinin (birim zaman aralığında toplanan yağış miktarı) en az geçiş süresine eşit bir zaman boyunca değişmemesi halinde debi belli bir süre sonra sabit bir değerde kalmaktadır. Fakat havza biçiminin ve yağış dağılımının düzensizliği bu durumda bile debinin maksimum değerinde sabit kalmasını önlemektedir (Elginöz, 2013).

Yağışın başlangıcında, nehirdeki su seviyesi ve dolayısıyla akış debisi düşüktür. Su seviyesi yükselişe başlamadan önce belirli bir zaman süresi gereklidir. Bu zaman dilimine gecikme zamanı denir ve gecikme zamanı boyunca yağış suyu bitkilerde tutma, sızma ve göllenme (biriktirme) şekillerinde havzada tutularak akışa dönüşmez (Balov, 2014).

Tepe noktası ile hiyetografin (zamana göre yağış şiddetini gösteren grafik) ağırlık merkezi arasındaki zaman aralığı olarak da tanımlanan gecikme zamanı yağışın havza üzerinde ve zaman içinde dağılışıyla bağlıdır (Şekil 8). Ayrıca gecikme zamanı ve pik debi üzerinde havza biçiminin ve akarsu ağının özelliklerinin de etkisi vardır.

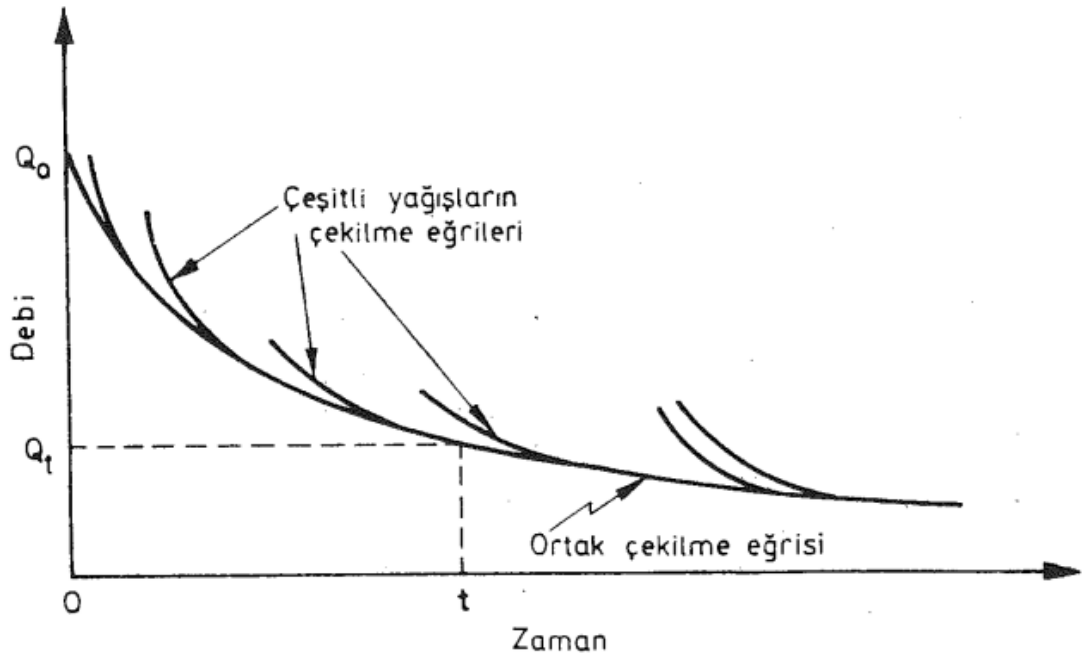


Şekil 8. a)Havza üzerindeki yağış dağılımına göre oluşan hidrograflar b) Yağışın havza üzerindeki hareket yönüne göre oluşan hidrograflar (Göl, 2013)

Havza üzerinde uniform dağılmış bir yağış halinde tepe noktası yağışın bitmesinden sonra görülmektedir. Havza üzerinde tabaka halinde tutulan yağışın etkisiyle tepe noktası ileriye kayar ve maksimum debi azalır. Debi havza üzerinde uniform dağılmamışsa yağış merkezi çıkış noktasına yaklaştıkça tepe noktası öne gelir. Yağış şiddetinin zamanla değişmesi halinde ise şiddetli yağışlar başlangıçta görüldüğünde, tepe noktası öne gelir ve pik debi azalır. Havza üzerinde yağışın membadan mansaba ilerlemesi halinde maksimum debi artar, tepe noktası daha geç görülür (Bayazıt, 1999).

c) **Çekilme (Alçalma) Eğrisi:**

BD eğrisi boyunca debi zamanla azalmaktadır. Yükselme eğrisine göre daha yatık olan eğrinin şekli özellikle havzanın karakterine bağlıdır. Eğrinin üst kısmı yüzey kanallarında toplanan suyun boşalmasını ve yüzey altı akışını gösterir. Eğrinin taban suyu akışını gösteren alt kısmı (CD) yağıştan çok az etkilenir. Taban suyu akışına ait çekilme eğrisini belirlemek için havzada kaydedilmiş çeşitli hidrografların çekilme eğrileri yatay olarak kaydırılarak üst üste getirilir ve bu eğrilerin zarfı ortak çekilme eğrisini verir (Şekil 9). Böylece kurak çevrelere ait hidrograf belirlenmiş olur (Bayazıt, 1999).



Şekil 9. Ortak çekilme eğrisinin elde edilmesi (Bayazıt, 1999)

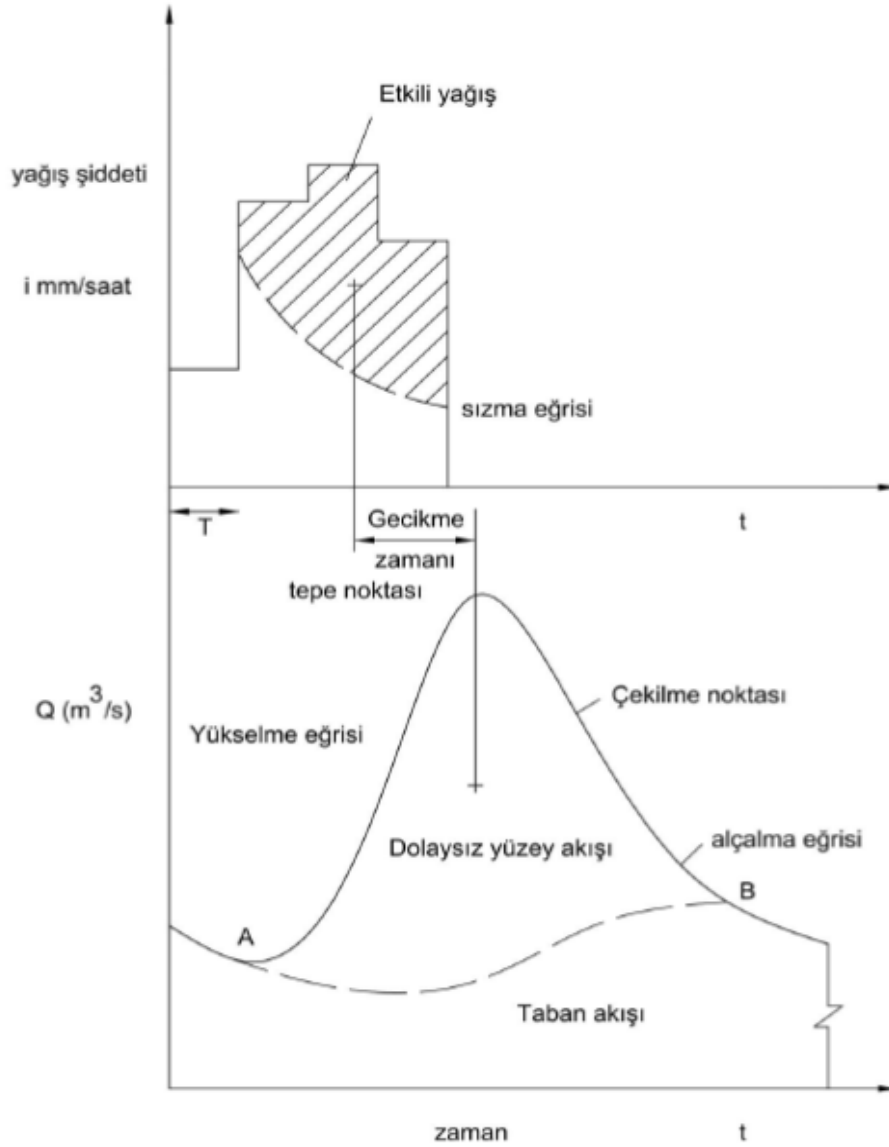
3.2. DOLAYSIZ AKIŞLA TABAN AKIŞININ AYRILMASI

Bir hidrograf, en genel anlamda, etkili yağış, kar erimesi, yüzey altı suyu ve yer altı suyundan oluşmaktadır.

Akım hidrografına kar suyunun etkisi yılın sadece belli zamanlarındadır. Kar etkisinin sayılmadığı takdirde toplam akım; yüzey akımı, yüzey altı akımı ve yer altı suyunun oluşturduğu taban akımı olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Bir yağış sonunda havza çıkışındaki toplam debiyi oluşturan bu üç ana bileşen ölçülemedikleri için çeşitli hidrolojik yöntemlerle tahmin edilir (Erkek ve diğerleri, 1993).

Dolaysız akış ve taban akışı arasındaki sınırın tam belirlenmesi çok zordur. Bu iki akışın ayrımı havzanın jeolojik yapısı ve kompozisyonuna bağlıdır. Örneğin kalker ve kumtaşı tabakaları gibi geçirgen akiferlerin taban akışına katkıları büyüktür. Taban akışı seviyesi bölgenin iklim şartlarından da etkilenmektedir. Sulak mevsimlerde yüksek olan taban akışı seviyesi kurak mevsimlerde ise düşüktür. Bir fırtına yağışı boyunca hidrografın taban akış bileşeni, nehirde su seviyesinin yükselmesine rağmen düşmeye devam eder. Sadece yağışın yeraltı suyu haznesini beslemeye başladığı zaman yükselmeye başlar (Şekil 10). Taban akışı bileşeni yüzey akışının bitmesinden sonra daha yüksek bir seviyede tamamlanır. Bu olay, yeterince büyük bir yağıştan sonra yeraltı suyu haznesinin nehir akışını beslemeye devam ettiği anlamına gelmektedir (Shaw, 1994).

Pratikte bir akım hidrografı iki kısma ayrılarak mühendislik problemleri çözülmeye çalışılır. İlgili kısımlar, direkt yüzeysel akışla birlikte yüzey altı akışının çekilme eğrisi bitmeden toplam akıma karışan kısmı ve yer altı suyu ile geciken yüzey altı akışı olarak belirlenir. Birinci kısım dolaysız akış, ikinci kısım da taban akışı (toprak içersine girip derinlere doğru sızan yağış suyunun yavaş yavaş taban suyuna ulaşması) olarak bilinir ve ayrımları için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Günyaktı ve diğerleri, 1991).



Şekil 10. Yağış ve Akış Hidrografı (Balov,2014)

3.2.1. N-gün Yöntemi ve Diğer Yöntemler

Bu klasik yöntemde dolaysız akışa ait taban uzunluğunun (N zaman) yağıştan yağışa değişmediği kabul edilir. Dolaysız akış, hidrograf tepe noktasından bu sabit süre sonra son bulur. İlgili sabit zaman;

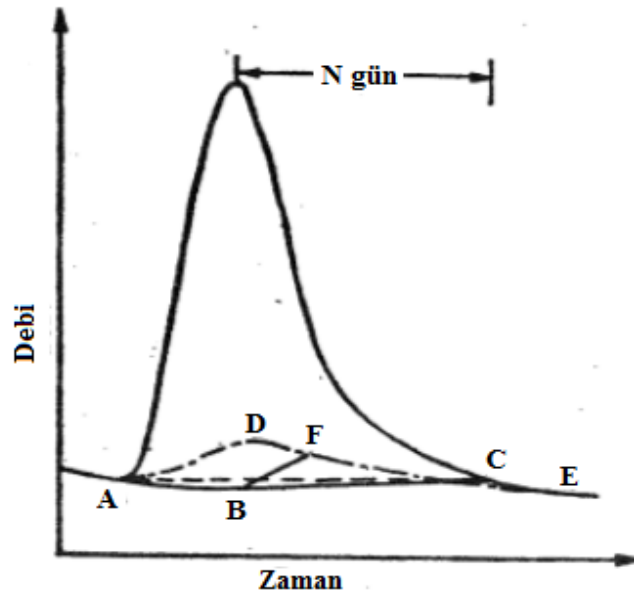
$$N = a \cdot A^b$$

bağıntısından hesaplanır. Burada a ve b ampirik katsayılar, N gün olarak sabit zamanı ve A km² olarak havza alanını gösterir. Türkiye'deki uygulamalarda a= 0,909 ≈ 0,9 b=0,2 olarak alınır (Günyaktı ve diğerleri, 1991).

Akımın bileşenlerce ayrılmasında N-gün yönteminden başka grafik ayırım yöntemi, kimyasal izleyici yöntemi ve hidrografi yarı logaritmik kağıt üzerine çizmek gibi yöntemlerde kullanılmaktadır.

Grafik ayırım ve kimyasal izleyici yöntemlerinde bazı kabullere ve ölçümlerdeki hatalara dayalı uygulama farklıları görülmektedir (Günyaktı ve diğerleri, 1991).

Hidrografi yarı logaritmik kağıt üzerine çizme metodunda (Barnes Metodu) dolaysız akışla taban akışını ayıran çizgi için Şekil 11'de gösterilen çeşitli kabuller yapılabilir. Hidrografın yükselme eğrisinden önceki kısmı tepe noktasının alt hizasına kadar uzatılıp C noktası ile birleştirilebilir (ABC eğrisi). Ortak çekilme eğrisi tepe altı hizasına kadar uzatılıp A noktası ile birleştirilebilir (ADE eğrisi). Bunların dışında ortak çekilme eğrisi dönüm noktasının hizasına kadar uzatılıp B noktası ile birleştirilir (ABFE eğrisi). Hangi kabul yapılırsa yapılsın taban akışının toplam hacmi fazla değişiklik göstermemektedir. Gerçekte taban akışının bir yağış boyunca değişimi akarsudaki su yüzeyi ile yer altı su yüzeyinin karşılıklı durumlarına bağlıdır. Yer altı suyu debisinin yağış sırasında artması halinde taban akışı zamanla artar. Bazı durumlarda ise akarsu akiferi besleyebilir, bu durumda taban akışı zamanla azalır (Bayazıt, 1999).



Şekil 11. Hidrografta taban akışı ile dolaysız akışının ayrılması (Bayazıt, 1999)

3.3. AKARSU HAVZASININ BİR SİSTEM OLARAK İNCELENMESİ

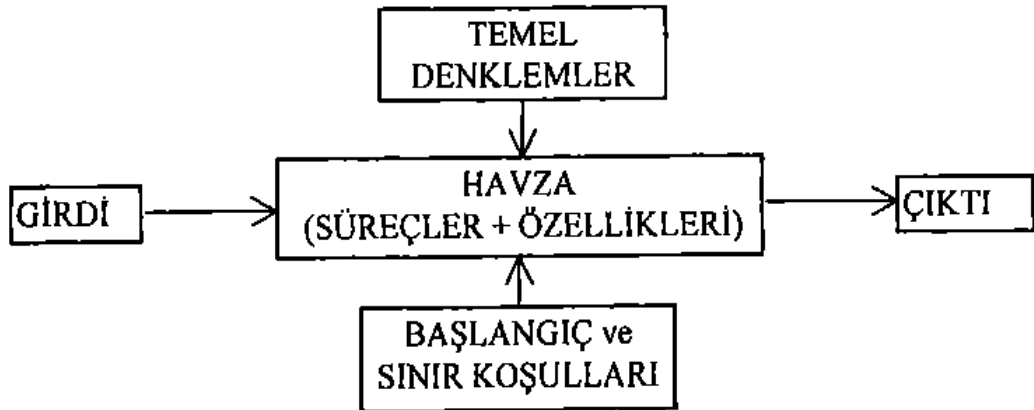
Akarsu havzası üzerine düşen yağışı akışa dönüştüren bir sistem olarak düşünülebilir.

$$Q(t) = f(i(t))$$

Sistemin girdisi yağış, çıktısı akış olan bu sistemde, yukarıdaki denklem $i(t)$ yağış hiyetografını çıkış noktasındaki $Q(t)$ akış hidrografi haline çevirdiğini ifade etmektedir. Havza üzerine düşen yağıştan çeşitli kayıplar (evaporasyon, transpirasyon... vb) çıktıktan sonra geriye kalan yağışı öteleyerek ve biriktirme yoluyla sönmülendirerek akış haline dönüştürmektedir (Bayazıt, 1999).

Akarsu havzalarındaki yağış-akış ilişkisi çok karmaşık olduğundan, bazı kabuller yapılarak bu ilişki basitleştirilmeye çalışılır. Bu sistemi çözebilmek için matematiksel modeller kurulur.

Zaman içinde modellerin gelişimine bakıldığında modelleri; yağış, buharlaşma, sızma, akış gibi hidrolojik süreçleri tekil olarak inceleyen kapalı kutu modeller ve hepsinin bir bütün olarak ele alındığı, her süreçle entegrasyonunun gerçekleştirildiği parametrik havza modelleri olarak ikiye ayırmak mümkündür. Modellere sistem tanımı açısından bakıldığında, bir model Şekil 12’de verilen bileşenlerden oluşur (Fıstıkoğlu, 2001).



Şekil 12. Model Bileşenleri (Fıstıkoğlu, 2001)

3.3.1. Parametrik Havza Modelleri

Akarsu havzasında yağış, akış haline dönüşürken, sızma, yeraltı akışı, yüzeysel akış gibi çeşitli bileşenlere ayrılarak analiz edilir. Bu analiz sırasında olaylar fiziksel açıdan ayrıntılı olarak belirlenmeye çalışılır. Böylece havzanın parametrik (çok bileşenli) modeli kurulmuş olur. Bu modeller genellikle biriktirme elemanlarından kurulur ve bu elemanlar arasındaki ilişkiler (giren – çıkan su miktarları) fiziksel özellikleriyle belirlenir (Bayazıt, 1999).

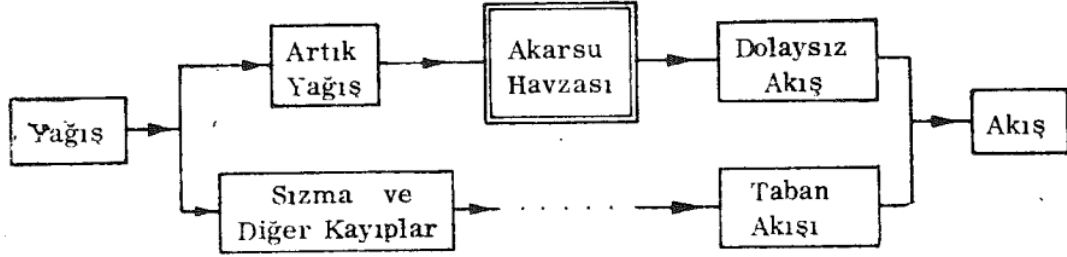
Parametrik modellerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi ve model sonuçlarının tutarlılığı, model seçiminin yanı sıra, model kabulleri ve girdilerinin uygunluğu ve en önemlisi de model parametrelerinin tutarlılığına bağlıdır. Yani parametrik bir model uygulamasında, uygun model seçiminden sonraki en önemli adım model parametrelerinin doğru şekilde tahmin edilmesidir (Fıstıkoğlu, 2001).

3.3.2. Kapalı Kutu Modelleri

Bu modellerde Havzada meydana gelen hidrolojik olayların ayrıntılı olarak incelenmesinden vazgeçilip, havzaya sadece yağış ile akış arasındaki ilişkiyi dikkate alan kapalı kutu (kara kutu) bir sistem gözüyle bakılır. Kapalı kutuda ana mantık havzada gözlenmiş olan akış ve yağış kayıtlarının incelenerek belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Bu inceleme yolu parametrik modeller kadar hassas değildir fakat daha basittir ve sistemin lineer olduğu, zamanla değişmediği gibi kabuller yapılarak daha da basitleştirilebilir. Kapalı kutu modelleri arasında en çok kullanılanı birim hidrograf modelidir (Bayazıt, 1999).

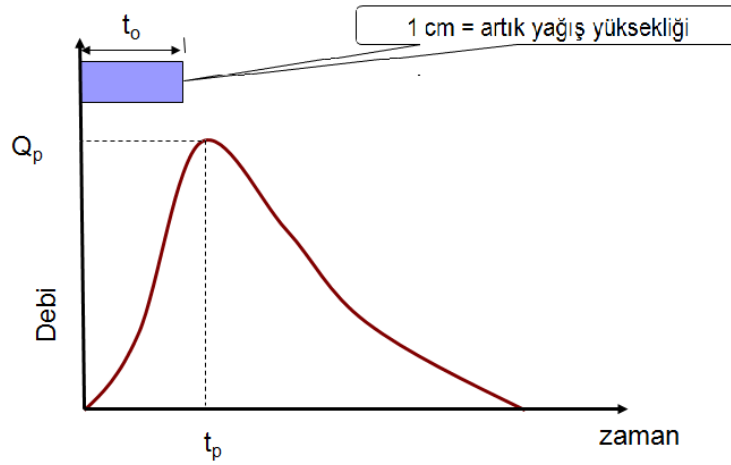
3.4. BİRİM HİDROGRAF

Kapalı kutu havza modellerinin kurulmasında karşılaşılan en büyük güçlük; yağış ile akış arasındaki ilişkinin lineer olmayışıdır. Ancak yağıştan; tutma, yüzey birikintileri ve özellikle sızan kısım çıkarılarak elde edilen *artık yağış* ile toplam akıştan taban akışının çıkarılarak elde edilen dolaysız akış göz önüne alınır, artık yağışı dolaysız akışa çeviren sistemin lineer olduğu kabul edilebilir (Şekil 13). Su toplama havzasını, artık yağışı dolaysız akışa dönüştüren lineer bir sistem olarak kabul eden havza modeline "birim hidrograf modeli" adı verilmektedir (Bayazıt,1999).



Şekil 13. Birim hidrograf modelinde göz önüne alınan sistem (Bayazıt,1999)

Bir havzanın birim hidrografı (BH), o havzaya belli bir ürede, mekanda ve zamanda dağılımı düzgün olarak yağın ve 1 cm (eğer havza kurak veya yarı kurak bir bölgede ise veya havza çok küçük ise 1 mm) su derinliği meydana getiren yağışın yüzey akım hidrografı olarak tarif edilmektedir (Şekil 14). Bahsedilen su derinliği süzülmeden sonra yüzeyde kalan su derinliğidir (Usul, 2008).



Şekil 14. Birim Hidrograf Grafiği

Doğrusal hidrolojik sistemin birim reaksiyon denklemleri olarak bilinen ve ilk olarak Sherman (1932) tarafından önerilen Birim Hidrograf teorisi veri tabanlı modellerin en önemlisi ve en yaygınıdır. Birim hidrograf tüm havzaya üniform şekilde ve sabit şiddetle yağın 1 inç veya 1 cm artık yağış yüksekliğinden meydana gelen dolaysız yüzey akışıdır (Chow ve diğ, 1988). Daha sonra birim hidrograf teorisine dayanarak birim hidrograf elde etme yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan Snyder (1938), Clark (1943) ve SCS (1971) en çok kullanılan yöntemlerdir. Son yıllarda lineer programlama ve fiziksel metotlar ile birim hidrograf optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir (Parsad ve diğ, 1999; Bhunya ve diğ, 2003; ve Jain ve diğ, 2006).

1932 yılında Sherman tarafından ortaya koyulan birim hidrograf teorisi aşağıdaki kabullere dayanmaktadır:

1- Artık yağış belirli bir süre boyunca sabit şiddette yağmaktadır.

Yağış şiddetinde meydana gelen büyük değişiklikler, o yağıştan kaynaklanan hidrografın şeklinde de çok fazla değişiklik göstereceği için BH teorisi düzgün şiddetli yağış teorisine dayanır.

2- Artık yağış tüm havza alanına üniform bir şekilde dağılmaktadır.

Büyük bir havzanın yağış alanında meydana gelen değişimler hidrografın şeklini etkileyeceğinden, BH teorisi küçük havzalarda uygulanmalıdır. Havza alanı için limit değer, istenilen hassaslığa ve bölgenin iklim karakteristiğine bağlıdır. Genel olarak 5000 km²'den daha büyük havzalarda BH kullanılmamalıdır.

3- Belli bir zaman süresince devam eden artık yağışın oluşturduğu dolaysız akışın süresi yağış şiddetinden bağımsız sabit bir değerdir.

4- Aynı taban genişliğine sahip olan dolaysız akışların ordinatları her hidrografın toplam dolaysız akış miktarı ile orantılıdır.

5- Belirli bir artık yağışın oluşturduğu hidrograf tüm havza özelliklerini yansıtmaktadır.

3.4.1. Birim Hidrografın Elde Edilmesi

Birim hidrograf (BH) elde etmek için, tüm havzaya üniform olarak yayılmış olan ve şiddeti fazla değişmeyen, kısa süreli bir yağışın hiyetografi ve bir akım gözlem istasyonunda ölçülmüş debi değerlerine sahip olmak gerekmektedir. BH elde edilirken:

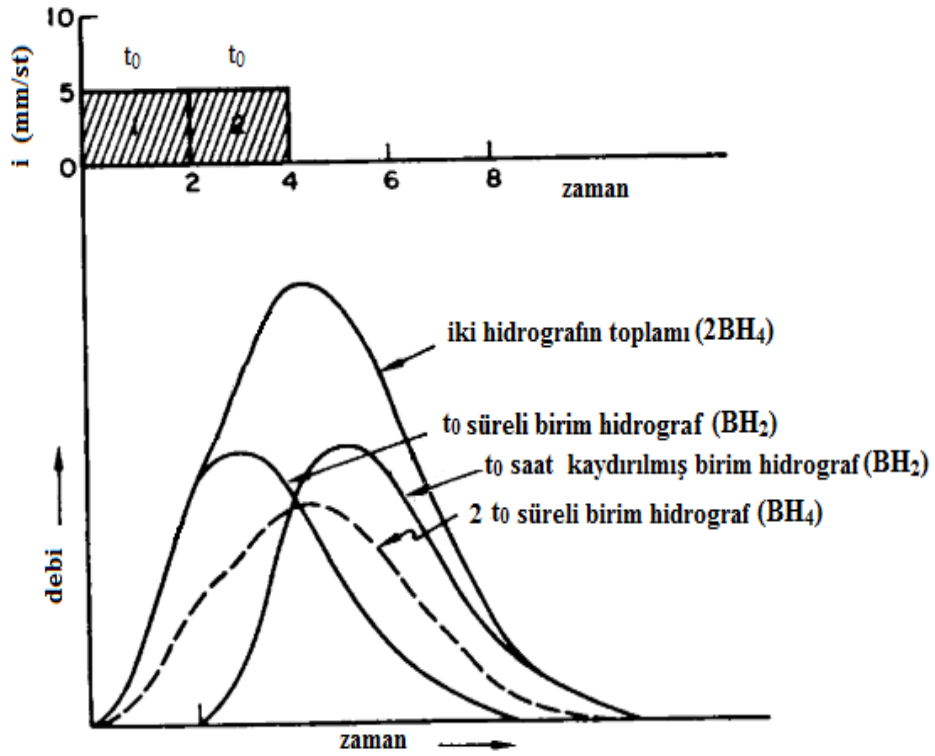
- a) **Yağış analizi:** Kaydedilen yağışın hiyetografi çizilir.
- b) **Taban akışının çıkarılması:** Gözlenen hidroraftan, taban akışı ayrılır. Hidrografın ordinatlarından taban akışı değerleri çıkarılarak dolaysız akış hiyetografi elde edilir.
- c) **Dolaysız akış yüksekliğinin bulunması:** Dolaysız akış hiyetografinin altındaki alan ölçülerek toplam akış hacmi (V) bulunur. Bu değer, havza alanına bölünerek dolaysız akış yüksekliği (R_d , cm) bulunur ($R_d=V/A$).
- d) **BH'nin ordinatlarının hesaplanması:** Artık yağışın tamamı dolaysız akışa geçtiğinden artık yağış yüksekliği dolaysız akış yüksekliğine eşittir. Dolaysız akış hiyetografinin ordinatları dolaysız akış yüksekliğine (cm) tek tek bölünerek BH'nin U ordinatları belirlenir ($U= Q_d/R_d$).
- e) **BH'nin artık yağış süresinin (t_0) belirlenmesi:** Elde edilen BH'nin artık yağış süresini belirlemek için, hiyetograf üzerinde öyle bir yatay çizgi çizilir ki bu çizginin üstünde kalan alan artık yağış yüksekliğine (veya dolaysız akış yüksekliğine, R_d) eşit olsun. Bu çizginin hiyetografla kesişme noktaları arasındaki zaman aralığı (farkı), artık yağış süresini (BH'nin süresini) verir. (KTÜ Hidroloji Ders Notları, 2011).

3.4.2. Farklı Süreli Birim Hidrograflar

Bir havzaya ait belli süredeki birim hidrograf bilindiği takdirde, bu hidrograf kullanılarak aynı havza için farklı süreli birim hidrograflar hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamalar yapılırken kaydırma metodu ve S-eğrisi metodu olmak üzere iki metot kullanılır.

3.4.2.1. Kaydırma Metodu

Bir havzada $t_0=2$ saat süreli 1cm etkili yağışı olan sabit şiddetli bir sağanak meydana geldiği kabul edilirse bu yağışın meydana getirdiği birim hidrograf sıfır zamanında başlar ve BH_2 olarak ifade edilir. Bu yağış bittikten sonra tamamen aynı karakterde bir yağış daha meydana gelirse o da bir BH_2 meydana getirir. Fakat ikinci yağışın birim hidrografı birincinininkinden 2 saat sonra başlar. Bu iki BH 'nin ordinatlarının toplamı 2 cm su derinliği olan ve 4 saat süren bir yağışın (arka arkaya meydana gelen 2'şer saatlik yağışın toplamı) hidrografını ($2BH_4$) verir (Şekil 15) (Uşul,2008).



Şekil 15. Kaydırma metodu (URL 2)

Bir denklem şeklinde ifade edilirse;

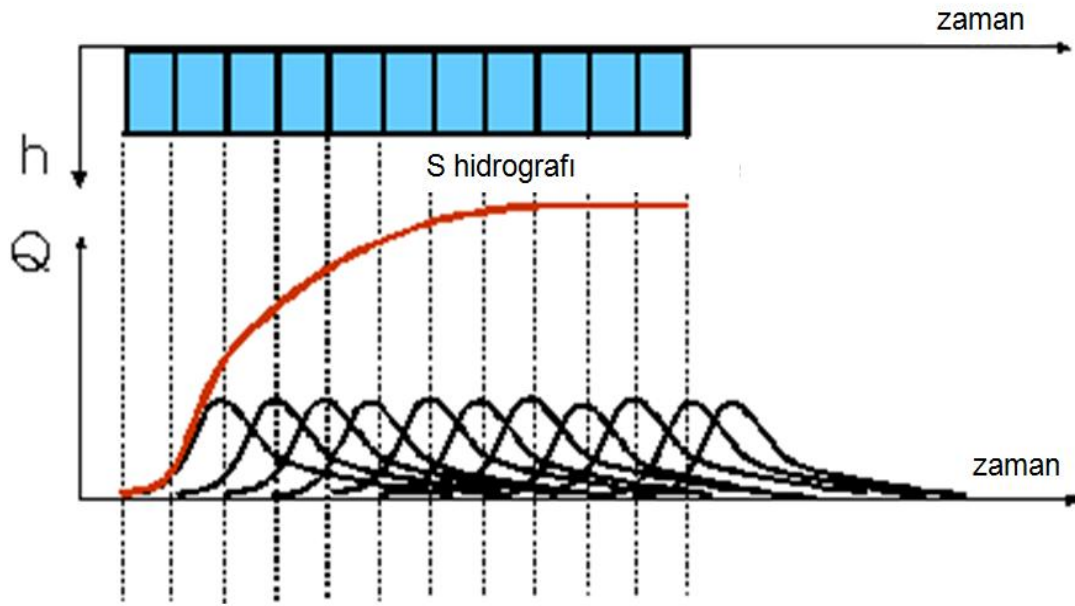
$$BH_{t_0} + (t_0 \text{ saat kaydırılmış}) BH_{t_0} = 2BH_{2t_0}$$

3.4.2.2. S – Eğrisi Metodu

Süreleri birbirinin katı olmayan birim hidrografların bulunmasında S – Eğrisi tekniği kullanılır.

Sabit bir i şiddetindeki sonsuz süreli bir yağışın meydana getireceği hidrografa "S hidrografi (S – Eğrisi)" denir. S – Eğrisini elde etmek için, t_0 süreli BH'ler t_0 zaman aralıklarıyla ötelenir ve toplanır. S – Eğrisi, t_1 kadar ötelenir (Şekil 16) (KTÜ Hidroloji Ders Notları, 2011).

Bir havza için, belli süreli 8birim hidrograftan elde edilen S – Eğrisi belli bir süre sonra sabit bir değere ulaşır (Q_e). Bu süre yaklaşık olarak ilk birim hidrografın taban süresi kadardır. Dolayısıyla t_1/t_0 tane birim hidrografın toplanmasıyla S – Eğrisinin sabit değere ulaştığı şekil bulunmuş olur. S – Eğrisi sabit değere ulaştığı andan itibaren havza dengede olur ve ne kadar etkili yağış giriyorsa ona eşit miktarda akım havzayı terk etmektedir (Usul, 2008).



Şekil 16. S hidrografi grafiği (URL 3)

3.4.3. Birim Hidrograf ile Yağıştan Akışa Geçilmesi

Bir havzaya ait t_0 süreli birim hidrograf yardımıyla havzadaki herhangi bir yağış anında oluşacak akışın hidrografi elde edilirken aşağıdaki yollar izlenir:

a. Hiyetograftan sızma miktarı çıkarılarak artık (net) yağış hiyetografı elde edilir. Genellikle yağış boyunca sızma indisinin değişmediği (sızma hızının sabit olduğu) kabul edilir.

b. Artık yağış hiyetografı, her biri t_0 süreli olan parçalara ayrılarak her bir parçanın i_1 ortalama yağış şiddeti ve “ $P_1=i_1.t_0$ ” eşitliğiyle de artık yağış yüksekliği bulunur.

c. Bir t anındaki hidrograf ordinatı (U) şöyle hesaplanırken önce U değerleri ilk t_0 süresindeki P_1 değeri ile çarpılır. Sonra BH t_0 kadar ötelenip ikinci t_0 süresindeki P_2 değeri ile sonra tekrar t_0 kadar ötelenip P_3 değeri ile çarpılır. Yağış sona erene kadar aynı işlemler tekrarlanır. Tüm değerler toplanarak dolaysız akış hidrografi elde edilir; taban akışı eklenerek toplam akış hidrografi bulunur (Bayazıt,1999; KTÜ Hidroloji Ders Notları, 2011).

Yağış – akış süreci su çevriminde önemli bir halkayı oluşturmaktadır. Su yapılarının tasarımı, taşkın kontrolü ve kentsel bölgelerin drenaj sistemlerinin tasarımı yapılırken bu süreç büyük ölçüde rol oynamaktadır. Yağış – akış sürecinin modelinin oluşturulması, bu sürecin fiziksel yapıya sahip olmasından kaynaklanan belir-sizlikler ve karmaşıklıklardan dolayı büyük zorluklar içermektedir. Bunun yanında sızma, evapotranspirasyon, toprak cinsi, toprağın nemi ve arazi kullanımı gibi başka fiziksel parametreler de yağış-akış sürecini etkilemektedir (Balov, 2014).

3.4.4. Sentetik Birim Hidrograflar

Birim hidrograf ya gözlem değerlerinden ya da sentetik olarak elde edilmektedir. Gözlemlerden elde edilebilmesi için yağış ve akış rasatlarının birlikte bulunması gerekmektedir. Yağış ve akış kayıtlarının bulunmadığı havzalarda birim hidrografi elde etmek için havzanın çeşitli fiziksel özelliklerinden yararlanılır. Sentetik birim hidrograflar, üzerinde uzun süreli güvenilir akım rasatları bulunmayan

akarsu havzalarından gelebilecek taşkın değerlerinin hesaplanmasını sağlar (Çelik, 2012).

Meydana gelebilecek en büyük yağmur değerlerini debi hidrografına dönüştürmek için kullanılan baraj yeri birim hidrografi, hidrometri istasyonlarında gözlenen hidrograflardan veya veri yetersizliği durumunda sentetik birim hidrograf yöntemlerinden elde edilmektedir (Taşkınlar Hidrolojisi Tasarım Rehberi, 2012).

Sentetik metotlar, büyüklüğü 5000 km²'ye kadar olan drenaj alanları için kullanılmaktadır. Daha büyük alanlarda havza alanı, küçük alanlara ayrılarak her biri için ayrı hidrograf çizilir ve drenaj alanında ayrılmış olan kesitlerine göre geciktirilen hidrograflar noktalananarak bütün drenaj alanına ait hidrograf elde edilir. Sentetik metotlar, en iyi sonucu, büyüklüğü 50'den 100 km²'ye kadar olan alanlarda vermektedir (Özer, 1990).

Resmi ve özel kuruluşlarda tesis yerleri, yağış alanlarının fiziksel büyüklükleri dikkate alınarak, sentetik birim hidrograf yöntemlerinden Snyder, Mockus ve DSİ Sentetik (uyarlanmış SCS) birim hidrograf yöntemleri kullanılmaktadır. DSİ Genel Müdürlüğü ve özel kuruluşlarda genellikle 1000 km²'ye eşit veya daha büyük alanlarda üst sınır 5000 km²) Snyder metodu, yağış alanı 1000 km²'den küçük alanlarda ise Mockus ve DSİ Sentetik birim hidrograf metodu uygulanmaktadır (Taşkınlar Hidrolojisi Tasarım Rehberi, 2012).

3.4.4.1. Snyder Metodu

Snyder (1938) Amerika Birleşik Devletleri Appalachian dağlık bölgesinde yaptığı araştırmalarında standart birim hidrograf özelliklerini açıklayan bazı sentetik bağıntılar elde etmiştir. Daha sonra bu bağıntılar Amerikan Ordusu Mühendislik Kurulu tarafından düzeltilmiştir. Bu doğrultuda bir havzanın standart birim hidrografını elde etmek için aşağıdaki parametreler belirlenmelidir (Balov, 2014).

- a) Birim hidrografın gecikme zamanı (yağış kütle merkezinden yüzey akış merkezine veya pikine ulaşmak için geçen süre):

$$t_{PR} = t_p + 0,25 (t_0 - t_r)$$

b)Havzanın birim alanı için pik debi (m³/s):

$$Q_p = \frac{C_2 \cdot C_p}{t_{PR}} A$$

$$C_2 = 2,78;$$

C_p : Aynı bölgede bulunan ve ölçülmüş bir havzadan elde edilen katsayı.

t_p ve t_r değerleri için;

$$t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0,3} \quad t_r = \frac{t_p}{5,5}$$

L : çıkış noktası ile havzanın en uzak noktası arasındaki akarsu uzunluğu (km);

L_c : çıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu (km);

$$C_1 = 0,75;$$

C_t : aynı bölgede bulunan ve ölçülmüş bir havzadan elde edilen katsayı.

C_t ve C_p katsayıları havzaya göre büyük değişiklikler göstermektedir. Dağlık bölgelerde C_t katsayısı küçük değer alırken, C_p değeri artış gösterir. Bu katsayıların aynı bölgedeki birim hidrografları bilinen benzer havzalardan elde edilmesi daha uygun olmaktadır (Bayazıt, 1999).

c)Birim hidrografın taban genişliği;

$$t_b = 3 + \frac{t_{PR}}{8}$$

Burada t_b ve t_{PR} gün cinsinden alınmalıdır. Küçük havzalarda t_b 'yi pik debinin görülmesine kadar geçen sürenin 3 – 5 katı almak uygun olmaktadır.

Bu metodun esası, benzer havzaların çeşitli karakteristiklerindeki farklılıkları göz önünde tutan bir sentetik birim hidrograf vermesidir. Snyder birim hidrograf şekli üzerinde, havzanın bir çok özelliğinin etkili olduğu bildirilmekte, bunlardan sadece havza alanı ve şeklini hesaplamalara dahil etmekte ve diğer faktörleri de bir C katsayısı vererek hepsini hesaplama dışında bırakmaktadır (Bakanoğulları ve diğerleri, 2011)

3.4.4.2. Mockus Metodu

Bir çeşit sentetik birim hidrograftır. Mockus Metodu, hesabının pratik olması ve üçgen hidrografın çizim kolaylığı bakımından tercih edilmektedir. Üzerinde akım gözlem istasyonu bulunmayan derelerde uygulanır.

Toplanma süresi 30 saat veya daha az olan drenaj alanları için uygulanabilmekte, daha büyük alanlarda drenaj alanları tali parçalara ayrılarak her bir parça için çizilen hidrograflar gecikme zamanlarına göre süperpoze edilmektedir (Yüksel ve Diğerleri, 1999).

Bu yöntemde havzanın birim alanı için pik debisi;

$$Q_p = K \times A \times h_a / T_p$$

O_p = Birim hidrograf debisi ($m^3 / sn/mm$)

T_p = Pike erişme süresi (saat)

A = Havza alanı (km^2)

h_a = Birim hidrograf derinliği (mm)

Metotta yer alan K ve H değerleri her havza için ayrı hesaplanır. Havzada ardi ardına meydana gelen yağışların birim hidrograflarının her biri için Q_p ve T_p değerleri formülde yerine konduğunda, her birim hidrografa ait K değerlerini elde edilir. Bu değerlerin ortalaması alınarak K değeri bulunur. Sonra her birim hidrograf için elde edilen K değerleri aşağıdaki formül kullanılarak her hidrografa ait H değerleri ve bunların ortalamasından H katsayısı havza için bulunmuş olur (Bakanoğulları ve diğerleri, 2011).

$$H = (2 \times 0.278 - K) / K$$

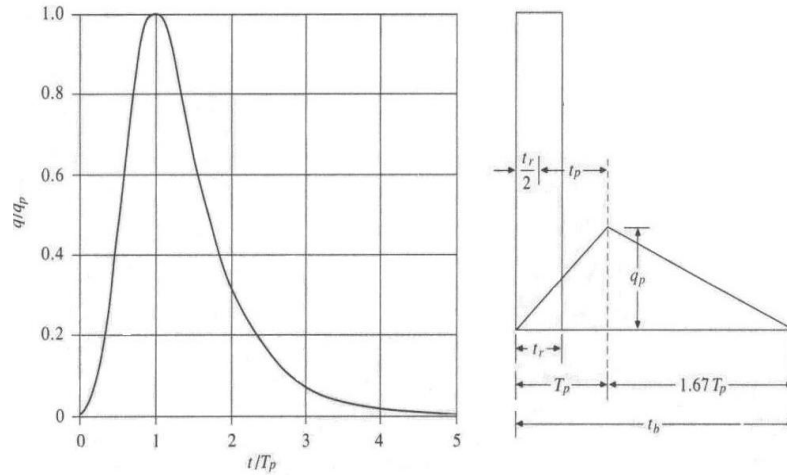
$$T_r = H \times T_p$$

$$T_b = T_p + T_r$$

3.4.4.3. SCS Boyutsuz Birim Hidrografi

SCS (Soil Conservation Service) boyutsuz sentetik birim hidrograf metodu, Amerikan Toprak Muhafaza Servisi tarafından geliştirilmiştir (U.S. SCS,1957). Farklı coğrafi bölgelerde ve farklı büyüklüklerdeki havzalardan çok sayıda hidrograf elde edilmiş ve onlardan basit bir üçgen şekline sahip birimsiz bir hidrograf çıkarılmıştır (Usul, 2008).

Bu metotta debi, q debisinin pik debiye oranı ve zaman, t zamanının birim hidrograf yükseliş zamanına (T_p) oranı olarak tanımlanır. Belirli bir pik debi ve artık yağışın gecikme zamanı için boyutsuz sentetik birim hidrograf ordinatları kullanılarak birim hidrograf elde edilebilir. Şekil 17’de bir boyutsuz birim hidrograf sunulmuştur. $q_p(m^3/s)$ ve $T_p(saatt)$ değerleri, sadeleştirilmiş bir üçgen şeklinde olan birim hidrograf vasıtasıyla elde edilebilir (Balov 2014).



Şekil 17 Boyutsuz birim hidrograf

Amerikan Toprak Muhafaza Servisi (SCS) çok sayıda birim hidrografi gözden geçirerek birim hidrografın alçalma süresinin yaklaşık $1,67T_p$ olduğu önerisinde bulunmuştur. Birim hidrografın altında kalan alanın 1 cm dolaysız akışa eşit olduğundan:

$$q_p = \frac{CA}{T_p}$$

$C = 2,08$

$A = \text{drenaj alanı (km}^2\text{)}.$

Daha sonraki araştırmalar neticesinde $t_p \approx 0,6T_c$ olduğu tespit edilmiştir ki burada T_c toplanma zamanıdır. Şekil 17’de görüldüğü gibi hidrografın yükseliş süresi aşağıdaki ifadeden hesaplanabilir:

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$

t_r = artık yağış süresi

t_p = gecikme zamanı

DSİ Sentetik Birim Hidrograf Metodu

Akarsu havzası lineer sistem olarak kabul edildiğinde bu sistem yağışın, havzanın ve akarsuyun özelliklerini içeren bir dönüşüm mekanizması vasıtasıyla yağış girdisini akışa çevirmektedir. Sağanak yağışlardan doğan taşkınlarda sözü edilen dönüşüm mekanizması “birim hidrograf” adı verilen deterministik bir modeldir (Sherman, 1932).

DSİ Sentetik yöntemde SCS boyutsuz birim hidrograf yöntemi esas alınmaktadır. DSİ sentetik yöntemde birim akış y ksekliliğini veren 2 saat süreli bir yağışın birim alandan getireceği akım verimi (q , lt/sn/mm/km²) aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$q_v = 414 \left[A^{0,225} \cdot (L \cdot L_c / \sqrt{S_h})^{0,16} \right]^{-1}$$

A (km²): Drenaj alanı

L (km): Ana kol boyu

L_c (km):  ıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu

S_h : Ana kolun harmonik eğimi

Yukarıdaki denklemden elde edilen taşkın verimi ve drenaj alanı kullanılarak birim hidrograf pik değerisi hesaplanmaktadır ( zt rk ve diğerleri, 2003).

$$q_p = 10^{-3} \cdot A \cdot q_v \quad (m^3/sn/mm)$$

3.4.5. Enstantane (Anlık-Ani) Birim Hidrograf

Enstantane birim hidrograf (EBH), sonsuz küçüklikte bir zaman süresi içerisinde bir drenaj havzasına düşen birim etkili yağıştan elde edilen birim hidrografa denir. EBH yağışla akış arasında ilişki kuran bir matematiksel fonksiyondur. 1960'lar ile 1970'lerde EBH analizi ile ilgili geniş kapsamlı çalışmalar yapılırken, havzanın ölçülebilir özellikleri ile EBH'nin fonksiyonel özellikleri arasındaki problemlerden dolayı son 20 yılda bu konu oldukça göz ardı edilmiştir (Cleveland, 2003).

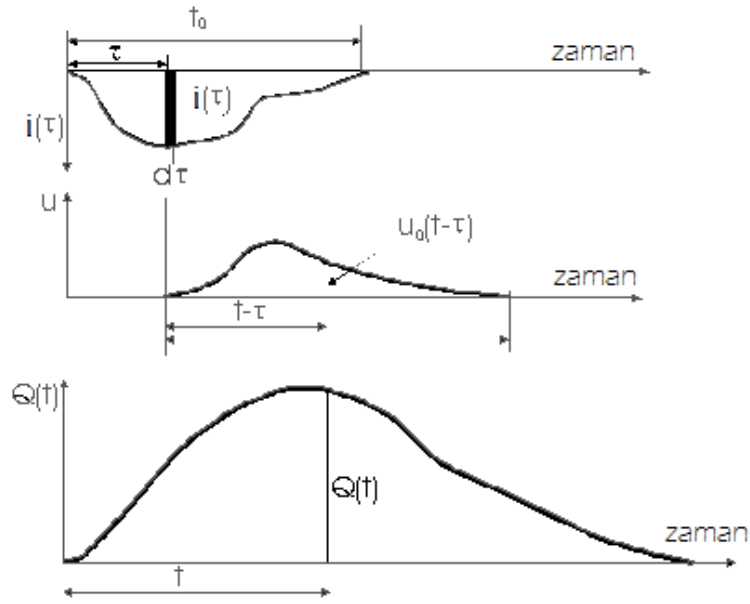
Farklı bir şekilde tanımlanacak olursa, EBH bir havzaya sıfır zamanda düşen biri derinlikte bir yağıştan meydana gelen birim hidrograftır. Dolayısıyla sonsuz şiddetli bir etkili yağışın sıfır zamana gelmesiyle meydana gelen hayali bir hidrograftır. Doğada gözlenmeyen bu hayali hidrograf teorik çalışmalarda kullanılmaktadır (Uzul,2008).

Süperpozisyon prensibine göre t anındaki Q debisi, i yağış şiddetine ve EBH'nin ordinatlarına bağlı olarak şu integral ile gösterilebilir (Şekil 18):

$$Q(t) = \int_0^{t_0} u(t-\tau) \cdot i(\tau) \cdot d\tau$$

t_0 : yağış süresi

Havzanın EBH'si bilindiğinde bir $i(t)$ hiyetografi ile verilen yağışın meydana getireceği dolaysız akışın $Q(t)$ hidrografını bulmaya yarar. Yukarıdaki denklem herhangi bir andaki Q debisinin havzaya o andan önce düşen yağışlara bağlı olduğunu göstermektedir. Yani yağışı akışa dönüştüren havza sisteminin bir hafızası vardır (Bayazit, 1999).



Şekil 18. EBH ile yağıştan akışa geçilmesi (URL 4)

EBH bilindiğinde havzanın t_0 süreli U birim hidrografi şu şekilde elde edilebilir ($t < t_0$ için alt sınır “0” alınacaktır):

$$U(t) = \frac{1}{t_0} \int_{t-t_0}^t h(\tau) d\tau$$

EBH'nin şekli basit bir yağışın hidrografına benzer. EBH'nin altında kalan alan, toplam yağış yüksekliğine eşit olduğundan tanıma göre “1”e eşittir.

$$\int_0^{\infty} u(t) \cdot dt = 1$$

Akış ve yağış aynı birimle ifade edilirse (mm gibi) EBH'nin ordinatlarının boyutu “1/zaman” olur (Bayazit 1999).

4. AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Soykan (1972), alanı 3.10 km² olan Ankara Beytepe havzasının 0,1 saatlik birim hidrograf elemanlarını $Q_p=956$ L/s, $t_p=0.5$ saat, $t_b=4.5$ saat olarak saptamıştır. Birim hidrografından bulduğu katsayılarla ($C_t=0.263$, $C_p=0.560$), havzaya komşu olan Böğürtlencik ve Yardımözü havzalarının Snyder ve Linsley yöntemlerine göre sentetik birim hidrograflarını hazırlamıştır.

Özdemir (1978), 1971’de H.Kubilay’ın Gediz Havzası için elde etmiş olduğu birim hidrografi bazı sentetik metotlarla karşılaştırmış, Snyder metodunun Türkiye şartları için uygun olduğunu belirtmiştir.

Çelebi (1988), Ankara–Beytepe yöresindeki bazı havzaların yağış karakteristiklerini 20 yıl süresince araştırmış ve havza ortalama yağışını 388 mm olarak bulmuştur. Havzada yükseklikle yağış miktarı arasındaki ilişki %1 düzeyinde önemli bulunmuş, yağışlara ilişkin frekans analizleri yapılmış ve şiddet–süre–tekerrür eğrileri çıkarılmıştır.

Yılmaz (1991), ”Uygulamalı Havza Hidrolojisi” isimli çalışmasında bir havzanın akım verimi üzerinde etkisi olan iklim faktörleri ve fizyografik faktörleri incelemiştir. Bu çalışmada yağış tipleri ve yağış ölçümleri incelenmiş, havza ortalama yağışının değişik metotlarla nasıl bulunacağına, yağışın derinlik-alan-süre dağılımına ve tekerrür analizlerine ilişkin örnekler verilmiştir. Akım hidrografının bileşenleri ve bir birim hidrografın nasıl çıkarılacağı da örneklerle gösterilmiştir.

Birim hidrografın bir havzadan gelecek bir taşkınının hesaplanmasında nasıl kullanılacağı konusu üzerinde de durulmuştur. Bunun için önce Devlet Su İşleri’nin uyguladığı Sentetik Metot, Snyder ve Mockus metotları incelenmiş, bu metotlar gözlemlenilen Konya-Çumra-Çiçek deresi havzası ortalama birim hidrografi üzerinde uygulanmıştır.

Tekeli ve Şorman (2001), 1997-2001 döneminde Ankara – Yenimahalle – Güvenç Havzasında yağış-akım ilişkileri ile elde edilen akım hidrograflarını izotop teknikleri yardımıyla bileşenlerine ayırma yoluna gitmiştir. Bu yolla; akımları,

yüze-yüze altı ve taban akım olarak bileşenlerine, yeraltı sularını da katmanlara ayırmıştır.

Oğuz ve Balçın (2002), Tokat-Zile-Akdoğan deresi havzasında 1987 – 2001yıllarını kapsayan 15 yıllık dönemde ortalama yıllık yağışı 530,8 mm, akımı 30,44 mm, havza ortalama birim hidrograf elemanlarını $Q_p=1565$ L/sn, $t_p=1.46$ saat, $t_b=3,54$ saat, Snyder yöntemi katsayılarını $C_t=0,32$, $C_p=0,993$ ve Mockus yöntemi katsayılarını $K=0,320$, $H=0,854$ olarak saptamışlardır.

Bakır ve diğerleri (2003), Erzurum-Ilıca-Sinirbaşı Deresi Havzasında 1997 – 2002 dönemi için yıllık yağış ortalamasını 322,4mm, 1998 – 2002 döneminde ise ortalama 325,0 mm yağışa karşılık 101,3 mm ortalama akım tespit etmişlerdir. DSİ, Snyder ve Mockus sentetik birim hidrograf yöntemlerine göre pik debiler ve pike erme sürelerini sırasıyla $0,384$ m³ /sn-0,77 saat; $0,302$ m³ /sn -1,18 saat; 0.396 m³ /sn -0,77 saat olarak saptamışlardır.

Salami ve diğerleri (2009) çalışmalarında güneybatı Nijerya’da bulunan 8 adet belirlenmiş havzaya dair yağış hidrograflarının ordinatlarını ortaya çıkarmak için uygun olan sentetik birim hidrograf yöntemlerini ele almışlardır. Bu araştırmada iki havzada kullanılan Gray ve Synder yöntemleriyle elde edilen pik debilerin; Synder ve SCS metotlarıyla yalnızca bir havza için elde edilen pik debinin ve ayrıca beş havza için Gray ve SCS metotlarıyla elde edilen değerlerinde birbirine yakın olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda, seçilen havzalar için, yağış hidrografının geliştirilmesi ve ordinatların belirlenmesinde en iyi yöntemin SCS metodu olduğu kanısına varılmıştır.

Wilkerson ve Merwade (2010), Hindistan için birim hidrograf parametrelerinin belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Hindistan’daki ölçüm bulunmayan havzalarda genellikle sentetik BH metodu olarak NRCS (Natural Resources Conservation Service – Doğal Kaynakları Koruma Servisi) boyutsuz birim hidrograf yöntemi kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Hindistan’ın kuzey bölgeleri için NRCS yönteminin uygulama sonuçları, yüksek pik debileri ve kısa pike ulaşma süresi vermiş ve bu sonuçların söz konusu

bölgedeki tasarım projeleri için gerçekçi akım tahminleri olduğu kanısına varılmıştır. Diğer yandan güney bölgesi için yapılan hidrograf tahminleri ölçülen akım değerleriyle neredeyse bire bir örtüşmüştür.

SCS yöntemini kullanarak kuzey bölgedeki pik debi tahmin edilmiştir. Az eğimli bölgede, eğimin etkilerini belirlemek için Clark SUH yöntemi kullanılmıştır. Eğimin verileri; jeomorfolojik parametrelerden veya CBS kullanılarak hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada jeolojik verilerin çıkarılmasını kolaylaştırdığı ve geçerliliği yüksek olduğu için CBS kullanılmıştır.

Bakanoğulları ve Günay (2011), Kırklareli Vize Deresinde Birim Hidrograf belirleme çalışmaları yapmışlardır. Vize Deresi havzası 4.64 km² alana sahip olup havzada 3 adet yağış istasyonu kurulmuş ve havza çıkışında bir limnigraf yerleştirilmiştir.

Araştırmanın 1985-2007 su yıllarını kapsayan döneminde 23 yıllık yağış ve yıllık akım değerleri ölçülmüştür. Havzanın 23 yıllık yağış ortalaması 544.2 mm, akım ortalaması 6,04 mm'dir. Bu akımın 3,52mm si yüzey akış, 076 mm si yüzeyaltı akım ve 1,75 mm'si de ana akımdır. Havza yıllık ortalama yüzey akış katsayısı % 0.53'dir.

Havzanın 60 dakika süreli ortalama birim hidrografında pik debisi 354.63 L/s, taban süresi 14.43 saat, pike erişme süresi 1,63 saattir. S60 hidrografının sabit değeri 1751,2 L/s olarak elde edilmiştir.

Havza yıllık su verimi hesabında kullanılan M. Turc yöntemindeki A katsayısı havza için 1229,8, benzer havzaların birim hidrograflarının sentetik olarak çıkarılmasında kullanılan Snyder metodu katsayıları olan $C_t = 0.311$ ve $C_p = 0.293$ olarak, Mockus metodu katsayıları $K = 0,119$ ve $H = 3.95$ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada havzada oluşan akımların ortalama değerleri, bireysel hidrografları ve bunlardan havza ortalama birim hidrografı verilmiş olup, ayrıca bu birim hidrograf, değişik sentetik metotlarla bulunan birim hidrograflarla karşılaştırılmıştır. Havzanın hesaplanan 60 dakika süreli birim hidrografı veya aynı süreli S- hidrografından benzer havzaların çeşitli süreli yağışlarından yağışın etkili yağış süresi kadar S60

eğrisi kaydırılarak, debi değerleri arasındaki farklar t_1/t_2 ile çarpılarak istenilen etkili yağış süresi için birim hidrograf çıkarılabileceği sonucuna varmışlardır.

Sule ve Alabi (2013), Nijerya'nın Kwara Eyaletinde Awun Nehir Havzası için Snyder, Gray ve SCS sentetik birim hidrograf yöntemlerini kullanarak birim hidrograf üretmişlerdir. Söz konusu havza %15'lik bir eğime sahip olup drenaj alanı 954 km^2 'dir. Kullanılan yöntemlerde pik süreleri boyunca (16 saat ile 63 saat arasında değişmektedir), birim hidrograf pik debisi $100,15$ ile $318,65 \text{ m}^3/\text{s}$ arasında değişim göstermiştir. Hidrograf debileri hesaplanırken uygulanan metotların farklı sonuçlar çıkardığını saptamışlardır. Genel olarak, uygulanan bu 3 yöntemin bir şekilde faydalı olduğu grlmştir fakat Snyder ve SCS birim hidrograf yöntemlerinin, birim hidrografın üretimi aşamasında bariz ayırıcı özelliklere sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Birim hidrograf üretiminde bulunan parametrelerin (pik e ulaşma zamanı, yzeyssel akış... vb) taşkın koruma çalışmaları ve hidrolik yapıların yapımında faydalı olduğunu saptamışlardır.

5. MATERYAL METOT

5.1. HAVZAYA AİT VERİLERİN HESAPLANMASI

İyidere Deresi ve dereyi besleyen derelerin oluşturduğu havza sınırı, derelerin uzunlukları, havzanın alanı vb. veriler ve haritalar Coğrafi Bilgi Sistemlerinin(CBS) bir arayüzü olan ArcHydro kullanılarak üretilmiştir (Tablo 2). Araştırmada yer alan bütün haritalar bu çalışma kapsamında çizilmiştir.

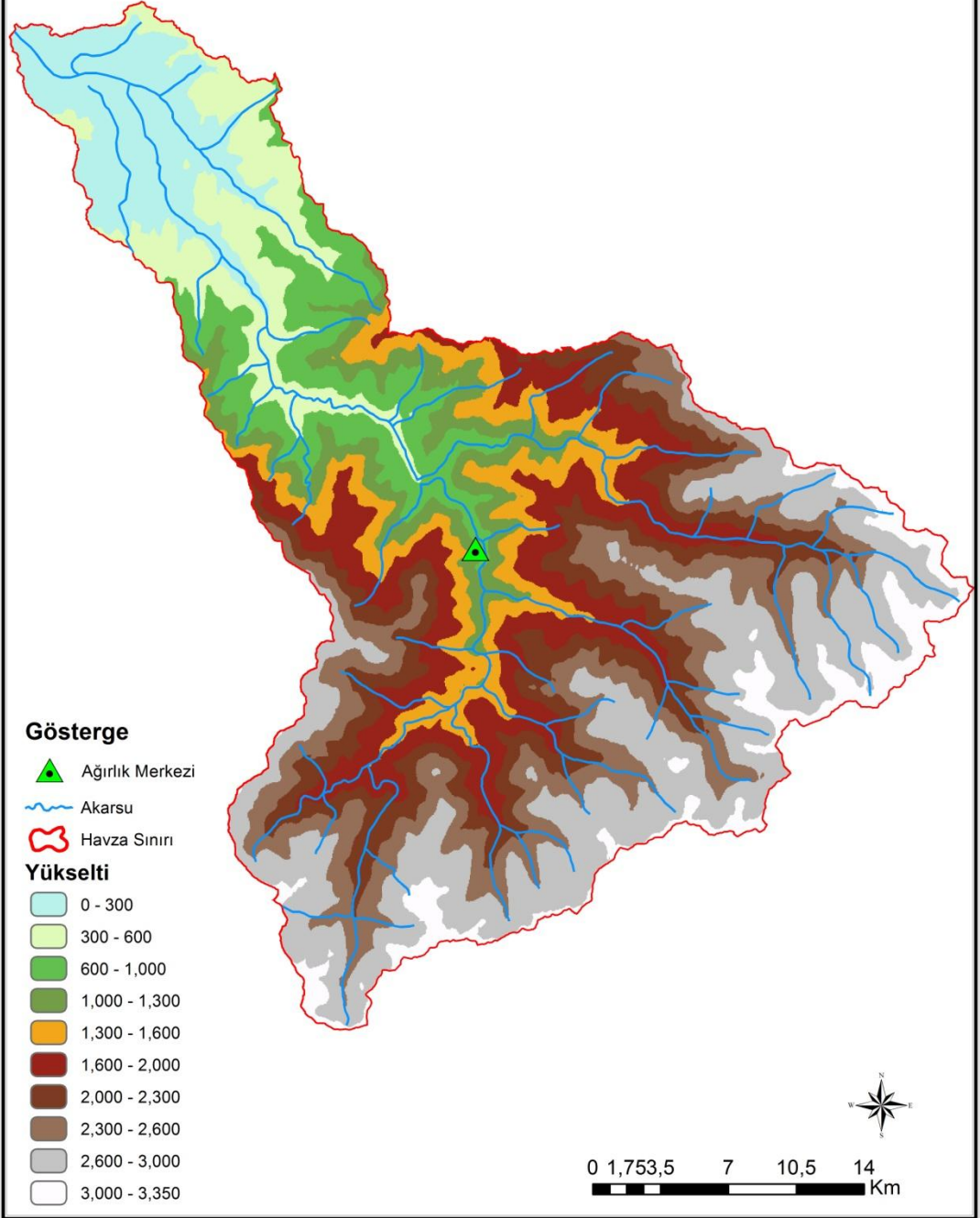
ArcHydro; ESRI ve Teksas Üniversitesi işbirliği ile su kaynaklarının yönetilmesi için geliştirmiş olduğu bir veri modelidir. Bu veri modeli hidrografik verilerin saklanması ve analizleri için standartlar getirmektedir (Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Standartlarının Belirlenmesi Projesi, ÇŞB, 2012).

UTM ED 50 37.zone projeksiyonunda, 50x50 çözünürlüğe sahip, 1/25000'lik topografik haritadan üretilmiş olan DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) haritası üzerinde havza sınırı oluşturulmuş ve havzanın ağırlık merkezi işaretlenmiştir (Şekil 19). Havzanın eğim haritası oluşturularak, havzanın ve ana kolun eğim değerleri hesaplanmıştır (Şekil 20).

Tablo 2. Havzaya ait veriler

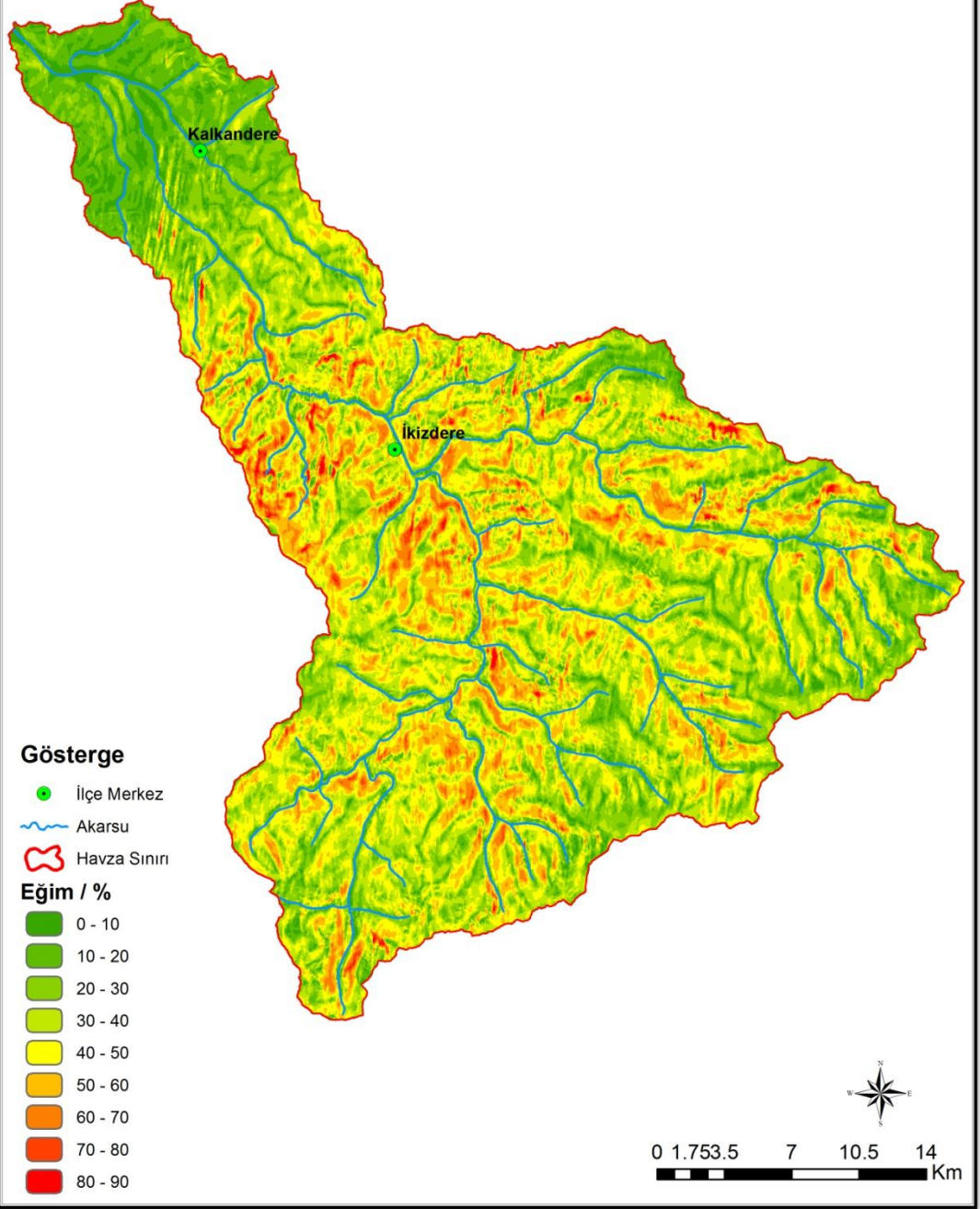
Havzanın Alanı (km ²)	1053
Havza Ayrım Çizgisi Uzunluğu (km)	253
Havza Uzunluğu (km)	53
Havza Yöneyi	Kuzeybatı – Güneydoğu
Havzanın Maksimum Yüksekliği (m)	3329
Havzanın Minimum Yüksekliği (m)	0
Havzanın Ortalama Yüksekliği (m)	1823
Ana Suyolu Uzunluğu (km)	64
Toplam Su Yolları Uzunluğu (km)	384
Havzanın ağırlık merkezi ile havzanın çıkış noktası arasındaki uzunluk (km)	42
Havzanın ortalama eğimi (%)	35,3
Ana kolun ortalama eğimi (%)	29,07

İYİDERE HAVZASI YÜKSELTİ HARİTASI



Şekil 19. İyidere Alt Havzası yükselti haritası

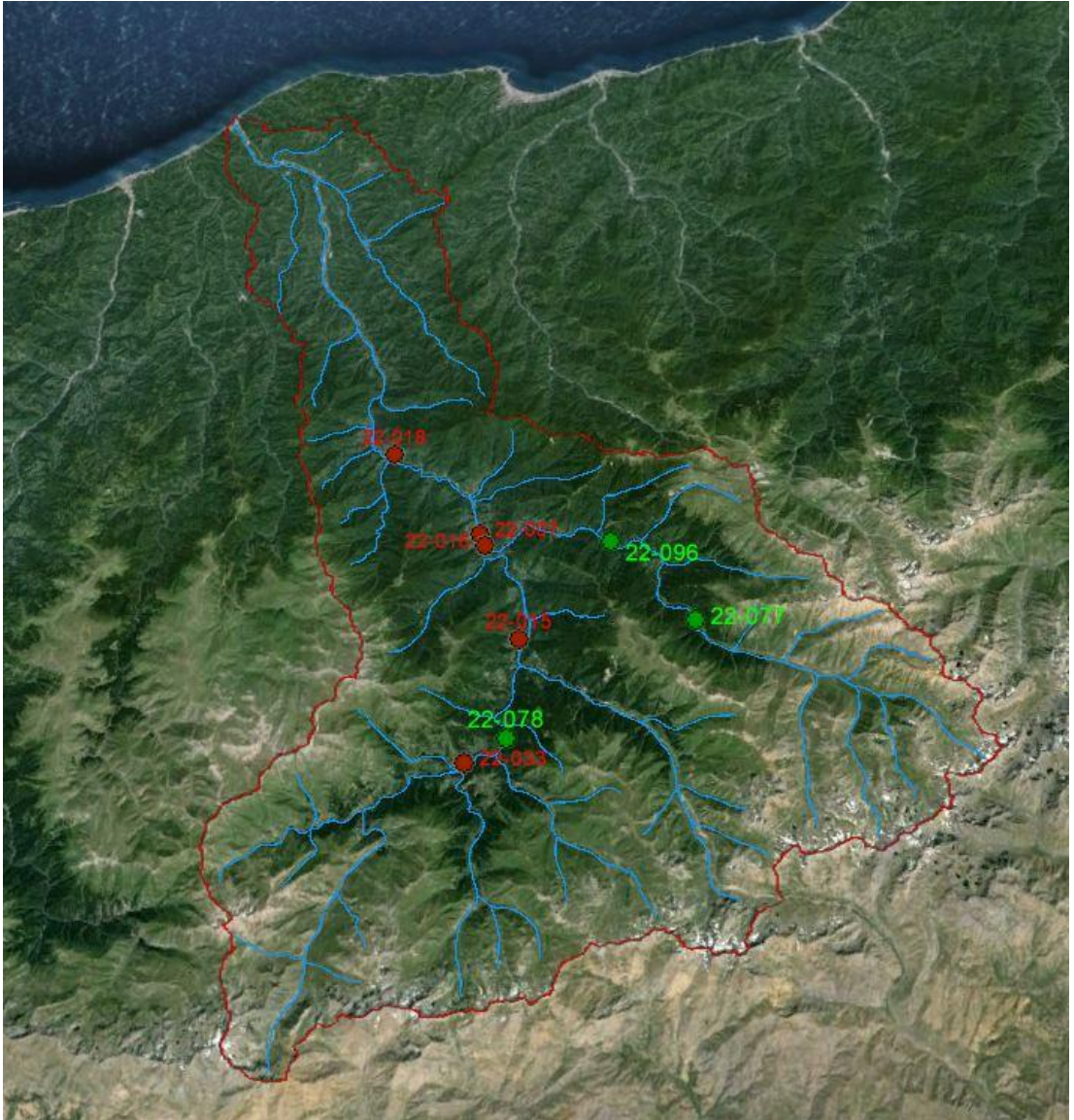
İYİDERE HAVZASI EĞİM HARİTASI



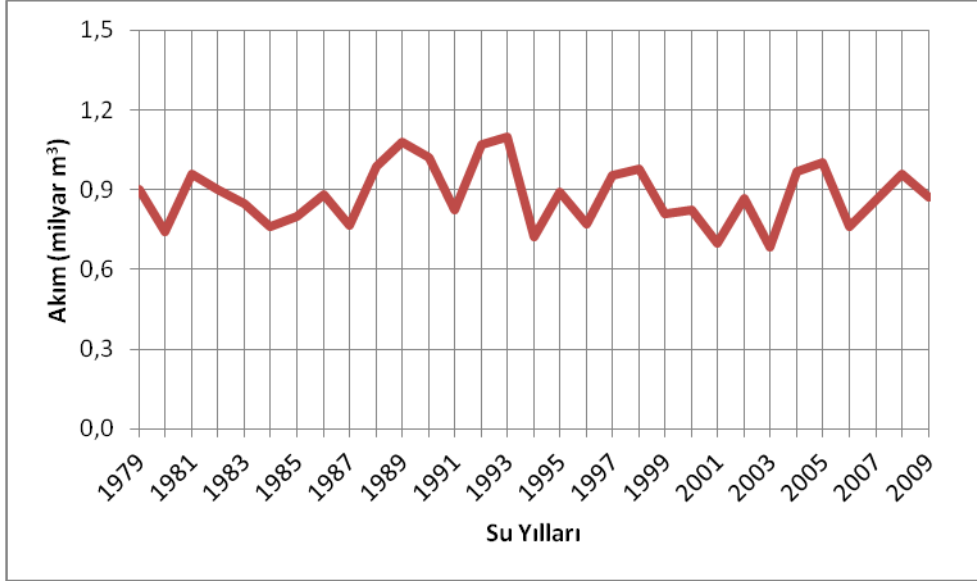
Şekil 20. İyidere Alt Havzası eğim haritası

5.2. YAĞIŞ VE AKIM GÖZLEM İSTASYONLARI

Havza sınırları içerisinde mülga EİE (Elektrik İşleri Etüd İdaresi) Genel Müdürlüğü'nün 5, DSİ Genel Müdürlüğü'nün 3 tane Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) bulunmaktadır (Şekil 21). Fakat şuan sadece 2 tane EİE'nin 1 tane DSİ Genel Müdürlüğü'nün olmak üzere toplam 3 istasyon açık durumdadır. Bu çalışmada tüm derelerin birleştiği yerde $40^{\circ} 48' 56''$ K, $40^{\circ} 29' 33''$ D koordinatlarında bulunan E22A018 nolu EİE'nin Şimşirli/İyidere İstasyonu kullanılmıştır. İstasyondan 1979 – 2009 yılları arası 30 yıllık akım değerleri alınmıştır (Şekil 22).



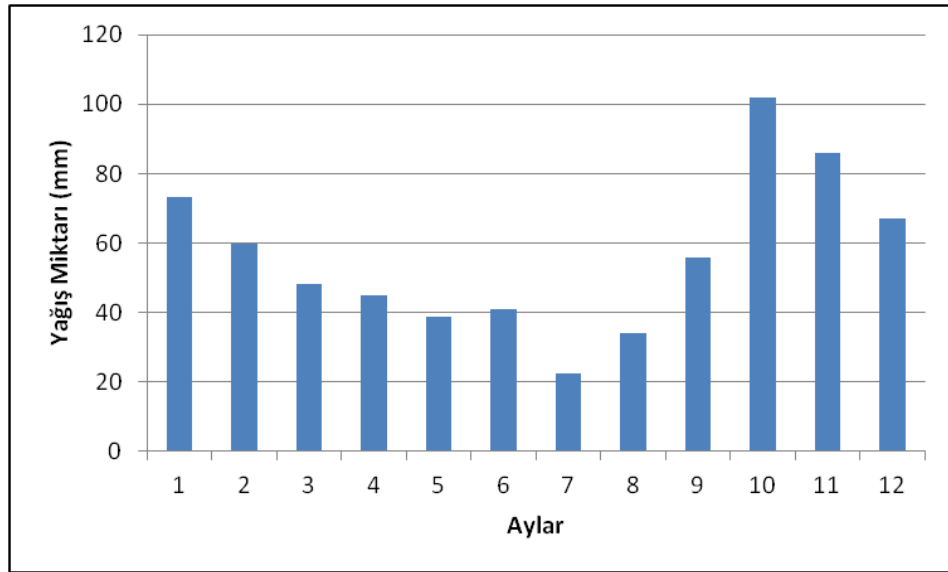
Şekil 21. İyidere Alt Havzası sınırları içinde bulunan AGİ'ler



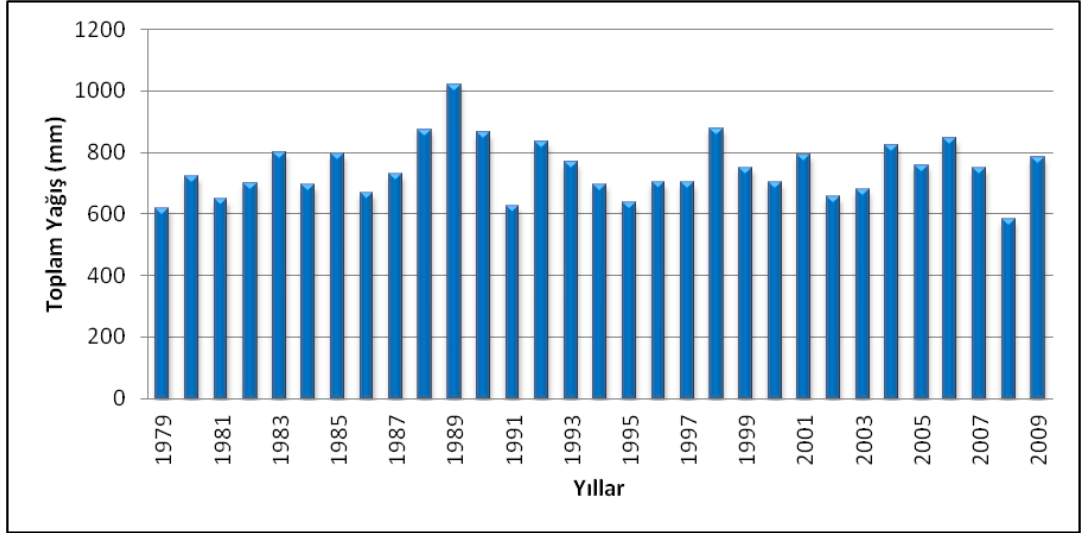
Şekil 22. 1979 – 2009 su yılları arası İyidere Deresi yıllık akım değerleri

MGM'nin havza sınırı içerisinde istasyonu bulunmasına rağmen personel sıkıntısından dolayı kapalı durumdadır. Bu sebepten dolayı çalışma havzasına en kısa mesafede olan 17626 nolu MGM Trabzon – Akçaabat istasyonu verileri kullanılmıştır. Söz konusu istasyon İyidere Alt Havzasının membasına kuş uçuşu yaklaşık 110 km, mansabına kuş uçuşu yaklaşık 66 km mesafededir.

Meteorolojik veriler MGM'nin TUMAS bilgi sisteminden, hidrolojik veriler DSİ Genel Müdürlüğünün SVT bilgi sisteminden alınmıştır.



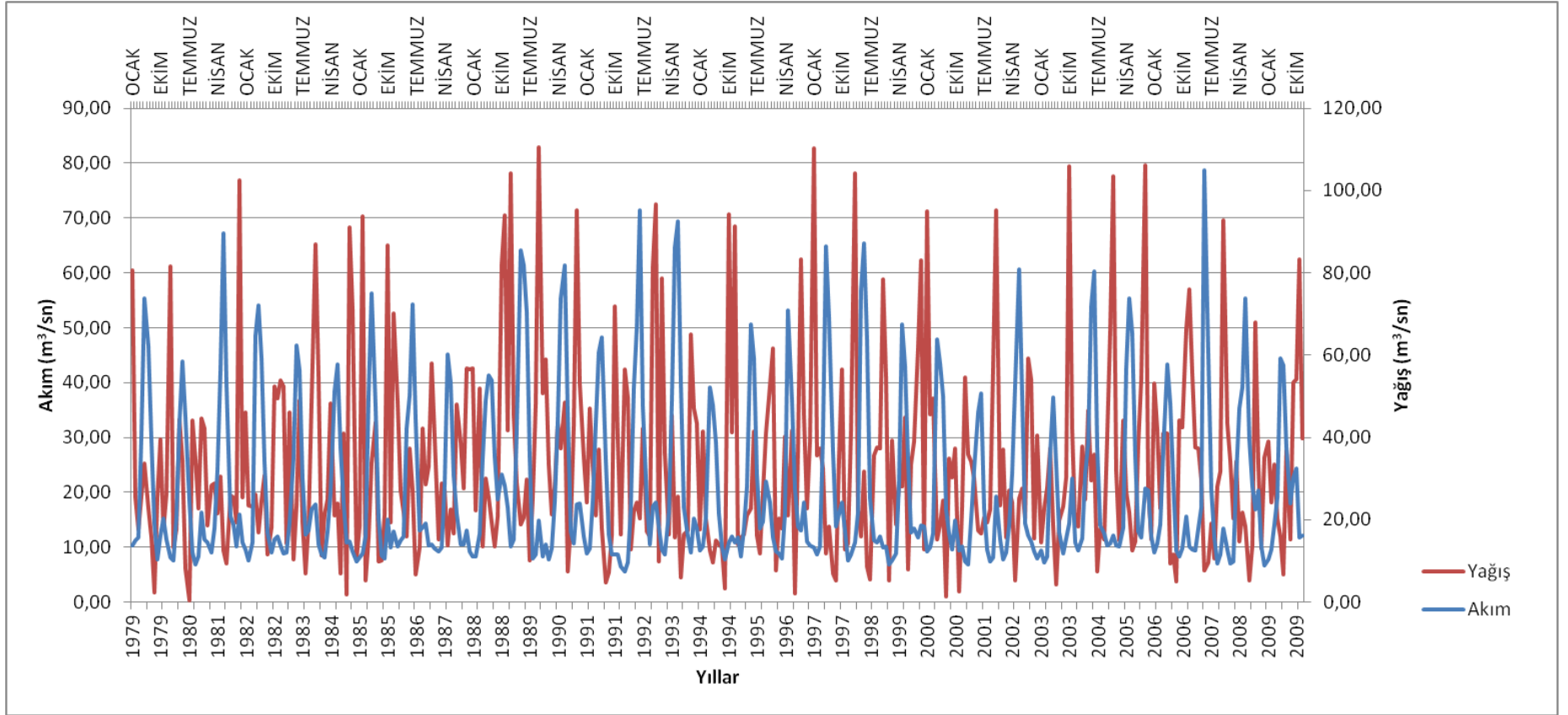
Şekil 23. İyidere Alt Havzası 1979 – 2009 yılları arası aylık toplam yağış ortalaması



Şekil 24. İyidere Alt Havzası 1979 – 2009 yılları arası yıllık toplam yağış

1979-2009 yılları arasındaki 30 yıllık dönemde elde edilen verilerden (Şekil 23), ortalama yıllık toplam yağışın 740,1 mm, yıllık ortalama akımın ise 0,88 milyar m³ olduğu görülmüştür. Ortalama yüzey akış katsayısı yaklaşık % 0.31 olarak hesaplanmıştır.

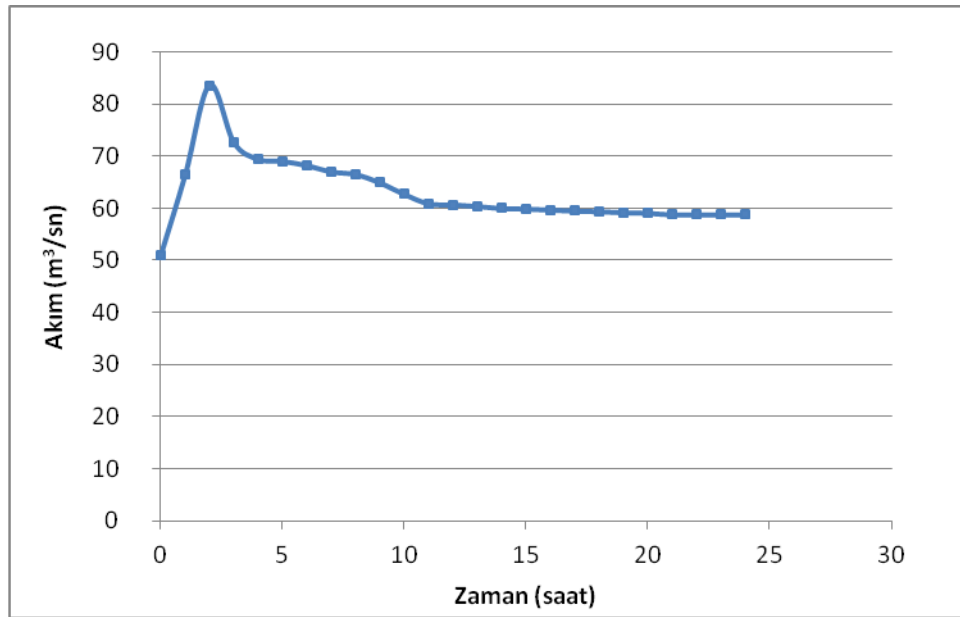
En yüksek yağış alan ay 101,8 mm ile Ekim ayı, en az yağış alan ay ise 22,5 mm ile Temmuz ayı olmuştur. Araştırma yılları döneminde, her yıla ait ortalama yağış değerleri Şekil 24'te gösterilmiştir. Araştırma süresince en yağışlı yıl 1017 mm ile 1989 su yılı, en az yağışlı yıl ise 576 mm ile 2008 su yılı olmuştur.



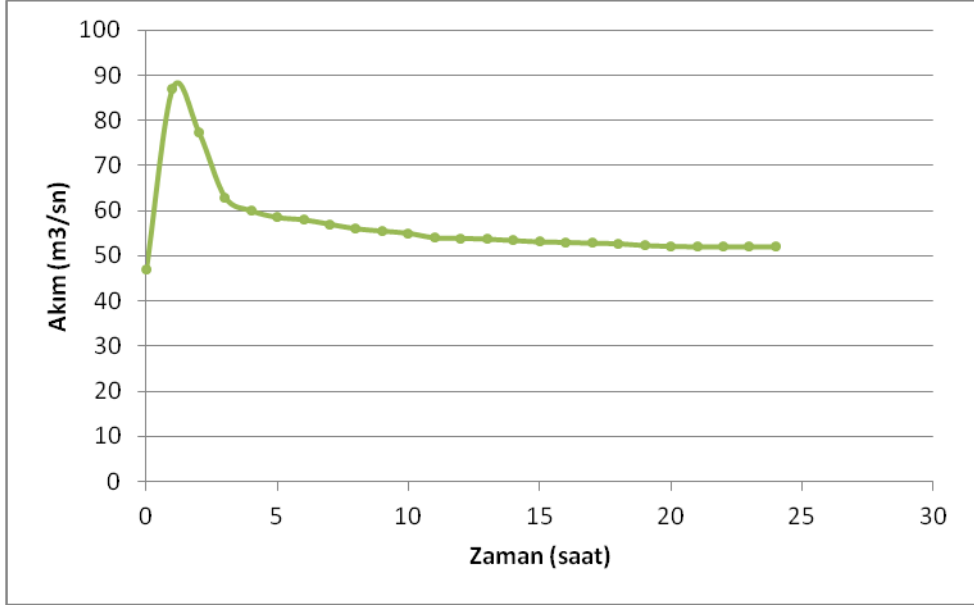
Şekil 25. 1979 – 2009 yılları Havza Aylık Ortalama Yağış ve Akım Değerleri

Şekil 25'teki grafikte havzaya düşen her yağışın akışa geçtiği düşünülerek, uzun yıllar aylık yağış verileri havza alanıyla çarpılarak m^3/sn 'ye çevrilmiştir. Buradaki amaç yağış ile akım arasında uyumluluğu görebilmektir. Grafiğe bakıldığında havzada yağış ile akış arasında düzgün bir uyum olduğu anlaşılmaktadır.

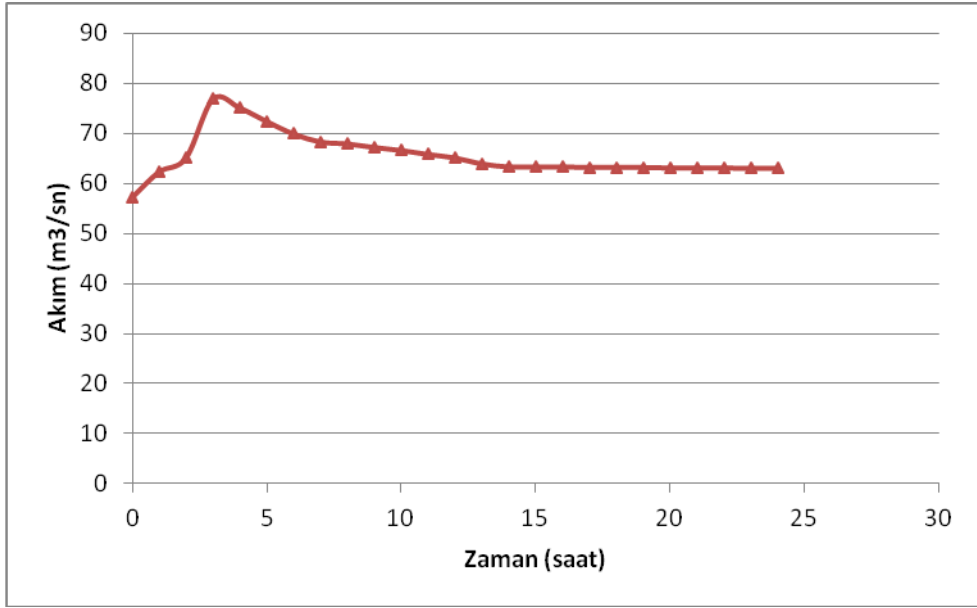
Şekil 25'teki grafiğe bakılarak birim hidrografi çıkarılacak olan yüksek akımın gözleendiği ay ve yıllar belirlenmiştir. Buna göre Nisan 1984, Temmuz 1992, Haziran 1999, Mayıs 2004 ve Mart 2008 tarihleri çalışma dönemi olarak belirlenmiştir. Bu dönemlerdeki günlük yağış miktarları incelenmiş olup, her aydan değişik etkili yağış sürelerine sahip 5 adet akım olayları incelenmiştir (Şekil 26, 27, 28, 29, 30).



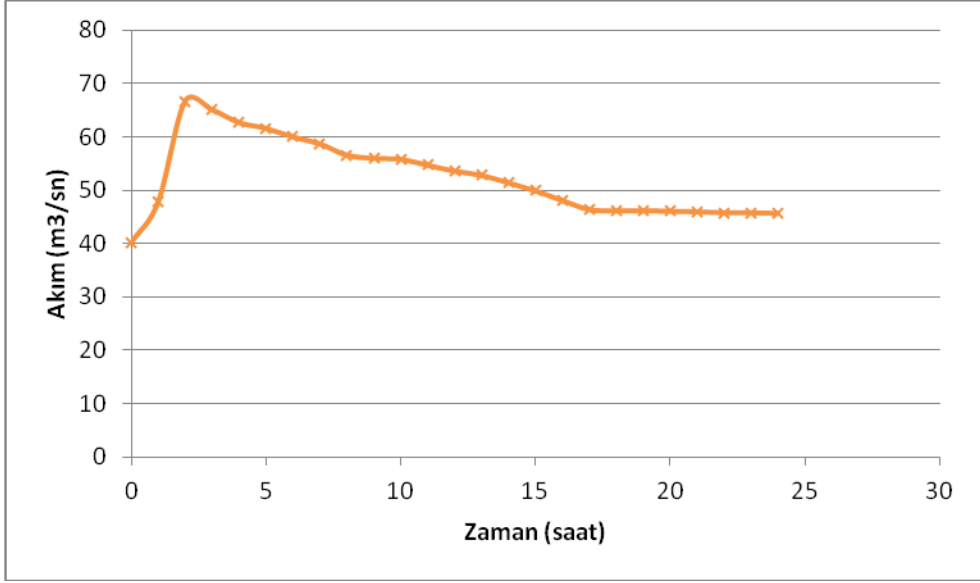
Şekil 26. 2 Nisan 1984 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf



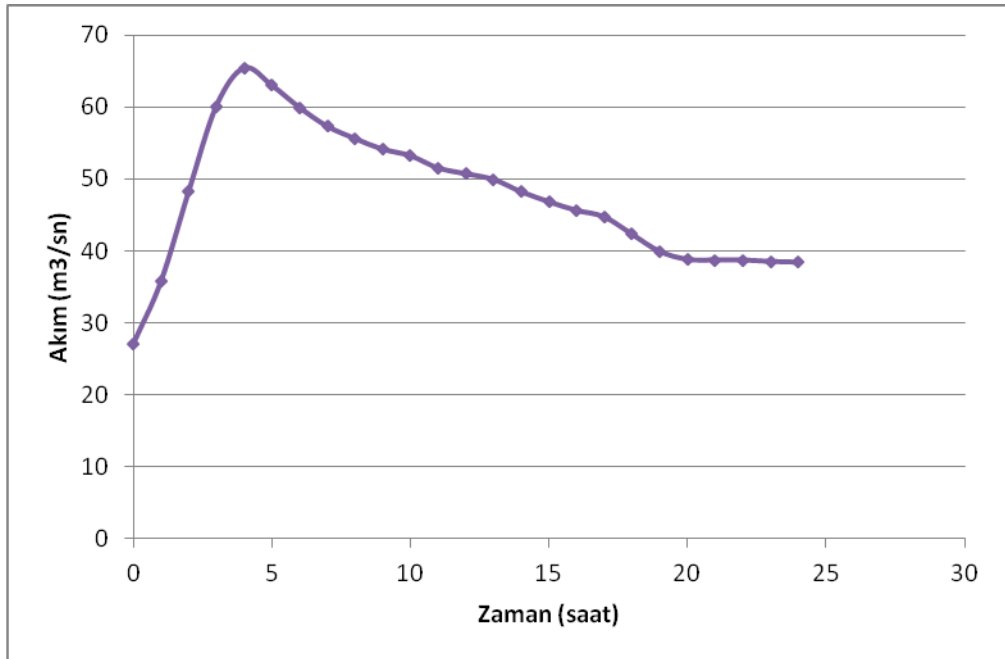
Şekil 27. 10 Temmuz 1992 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf



Şekil 28. 21 Haziran 1999 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf



Şekil 29. 13 Mayıs 2004 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf

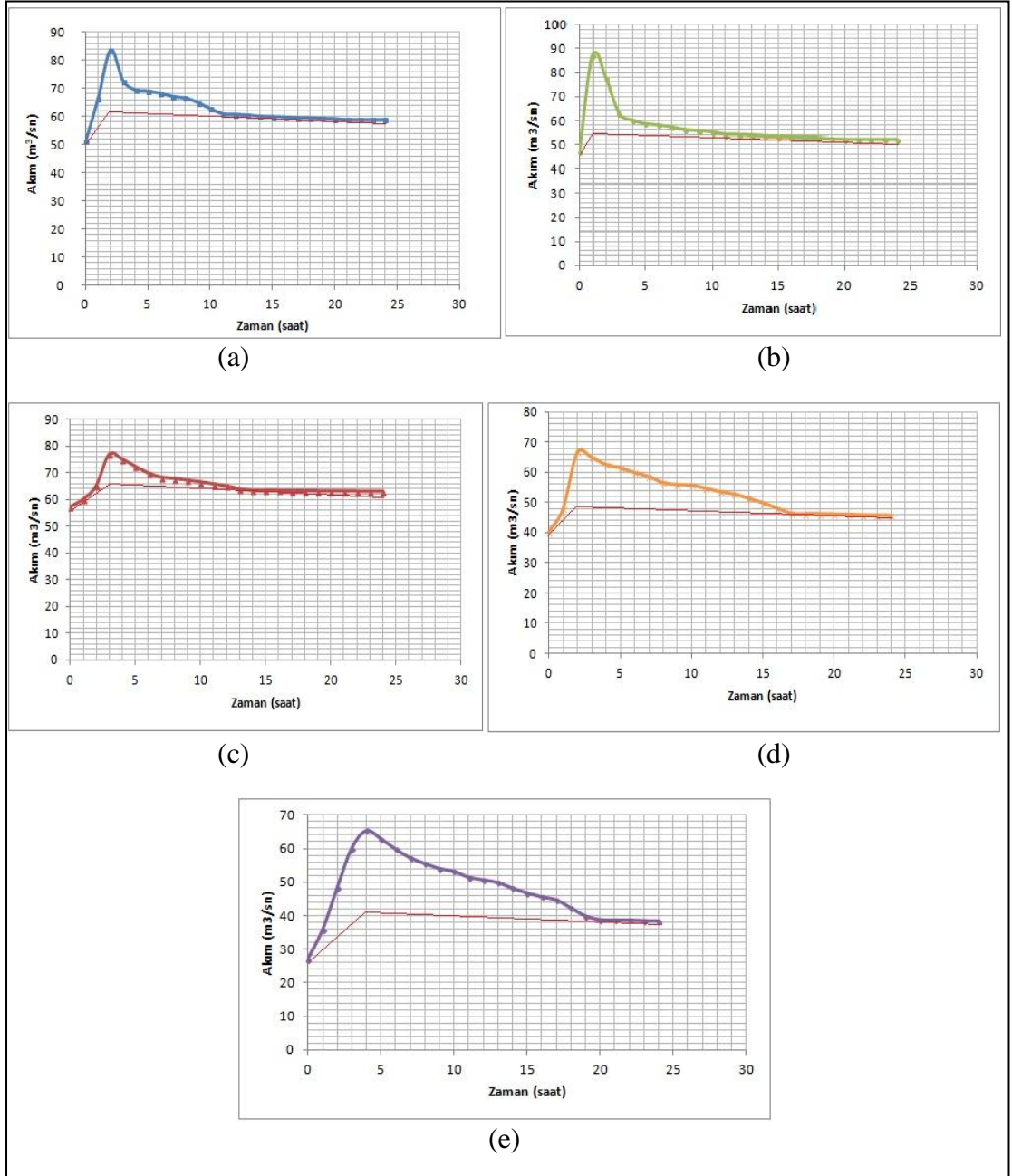


Şekil 30. 5 Mart 2008 tarihinde İyidere – İkizdere Kesitinde gözlenen hidrograf

6. BULGULAR

6.1. BİRİM HİDROGRAFIN BELİRLENMESİ

Bir önceki bölümde verilmiş olan hidrograf grafikleri, yarı logaritmik kağıt üzerine çizilerek (Şekil 31) Barnes Yöntemiyle taban akımları hesaplanmıştır.



Şekil 31. Şematik Taban Akım Ayrımı

Beş hidrografın yüzey akım derinlikleri aşağıdaki formülden hesaplanmıştır. Etkili yağışı basit olarak kabul ettiğimiz için, beş adet akım olaylarının her biri için bir saatlik birim hidrograf ordinatları, hesaplanan toplam yüzey akımı, yüzey akım derinliğine bölünerek bulunmuştur. Her bir akım olayı için elde edilen veriler Tablo 3, 4, 5, 6 ve 7'de verilmiştir.

$$d = \frac{\sum Q \cdot \Delta t}{A}$$

A = Havza Alanı

Δt = Akım ölçüm sıklığı (saat)

$\sum Q$ = t zamanı boyunca ölçülen akım miktarları toplamı d = Yüzey akım derinliği

Tablo 3. 2 Nisan 1984 tarihindeki akım olayları

Zaman (saat)	Akım (m ³ /sn)	Taban Akımı (m ³ /sn)	Yüzey Akımı (m ³ /sn)	BH (m ³ /sn)
0	51,1	51,1	0	0
1	66,4	56,1	10,3	34,4
2	83,6	61,9	21,7	72,3
3	72,6	61,7	10,9	36,3
4	69,4	61,5	7,9	26,3
5	69,0	61,4	7,6	25,6
6	68,2	61,1	7,1	23,7
7	67,0	61,1	5,9	19,7
8	66,5	60,9	5,6	18,7
9	64,9	60,8	4,1	13,7
10	62,7	60,8	1,9	6,3
11	60,9	60,7	0,2	0,7
12	60,7	60,7	0	0
13	60,4	60,4	0	0
14	60	60	0	0
15	59,9	59,9	0	0
16	59,7	59,7	0	0
17	59,5	59,5	0	0
18	59,4	59,4	0	0
19	59,2	59,2	0	0
20	59,1	59,1	0	0
21	58,8	58,8	0	0
22	58,8	58,8	0	0
23	58,8	58,8	0	0
24	58,8	58,8	0	0
Yüzey Akım Derinliği = 0,3 mm			$\sum q = 83,2$	

Tablo 4. 10 Temmuz 1992 tarihindeki akım olayları

Zaman (saat)	Akım (m³/sn)	Taban Akımı (m³/sn)	Yüzey Akımı (m³/sn)	BH (m³/sn)
0	47,0	47,0	0,0	0,0
1	87,0	55,1	31,9	106,3
2	77,4	55,1	22,3	74,3
3	63,0	55,0	8,0	26,7
4	60,0	55,0	5,0	16,7
5	58,5	54,9	3,6	12,0
6	58,0	54,8	3,2	10,7
7	57,0	54,6	2,4	8,0
8	56,0	54,4	1,6	5,3
9	55,5	54,3	1,2	4,0
10	55,0	54,1	0,9	3,0
11	54,0	54,0	0,0	0,0
12	53,9	53,9	0,0	0,0
13	53,7	53,7	0,0	0,0
14	53,4	53,4	0,0	0,0
15	53,1	53,1	0,0	0,0
16	53,0	53,0	0,0	0,0
17	52,8	52,8	0,0	0,0
18	52,7	52,7	0,0	0,0
19	52,3	52,3	0,0	0,0
20	52,1	52,1	0,0	0,0
21	52,0	52,0	0,0	0,0
22	52,0	52,0	0,0	0,0
23	52,0	52,0	0,0	0,0
24	52,0	52,0	0,0	0,0
Yüzey Akım Derinliği = 0,3 mm			$\Sigma q = 80,1$	

Tablo 5. 21 Haziran 1999 tarihindeki akım olayları

Zaman (saat)	Akım (m³/sn)	Taban Akımı (m³/sn)	Yüzey Akımı (m³/sn)	BH (m³/sn)
0	57,2	57,2	0,0	0,0
1	60,2	59,3	0,9	4,5
2	65,1	62,1	3,0	15,0
3	76,9	64,2	12,7	63,5
4	75,1	64,1	11,0	55,0
5	72,4	64,0	8,4	42,0
6	69,9	63,9	6,0	30,0
7	68,3	63,9	4,4	22,0
8	67,9	63,8	4,1	20,5
9	67,2	63,7	3,7	18,5
10	66,6	63,6	3,2	16,0
11	65,8	63,5	2,3	11,5
12	65,1	63,4	1,7	8,5
13	63,9	63,3	0,6	3,0
14	63,3	63,3	0,0	0,0
15	63,3	63,3	0,0	0,0
16	63,3	63,3	0,0	0,0
17	63,2	63,2	0,0	0,0
18	63,2	63,2	0,0	0,0
19	63,2	63,2	0,0	0,0
20	63,1	63,1	0,0	0,0
21	63,1	63,1	0,0	0,0
22	63,1	63,1	0,0	0,0
23	63,0	63,0	0,0	0,0
24	63,0	63,0	0,0	0,0
Yüzey Akım Derinliği = 0,2 mm			$\Sigma q = 62,0$	

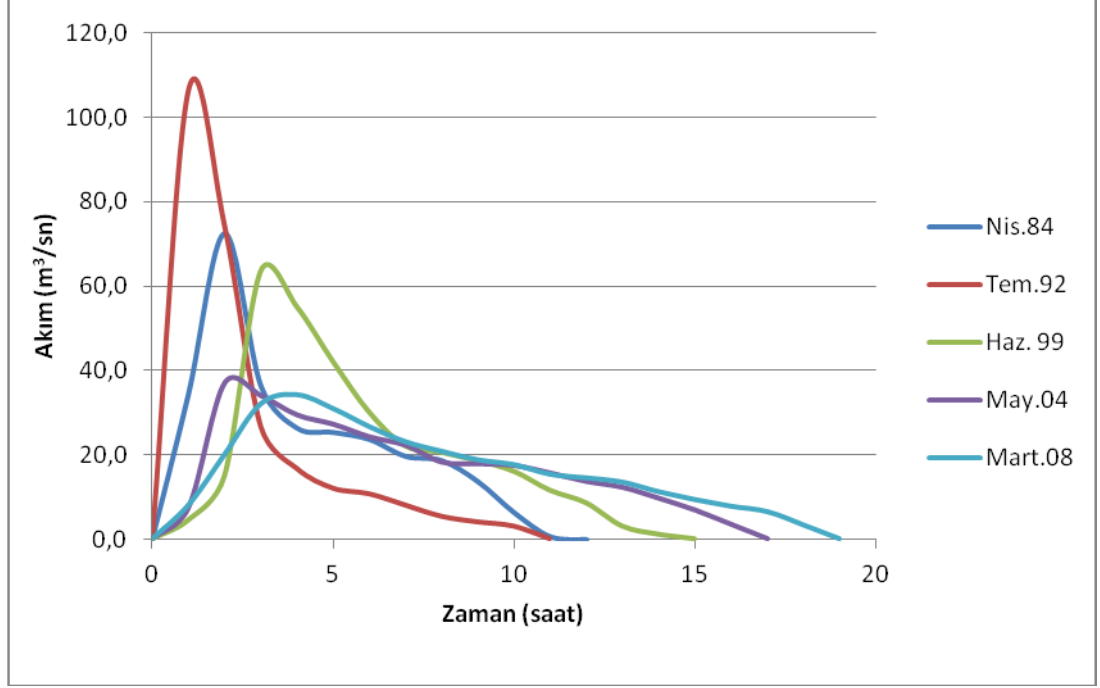
Tablo 6. 13 Mayıs 2004 tarihindeki akım olayları

Zaman (saat)	Akım (m³/sn)	Taban Akımı (m³/sn)	Yüzey Akımı (m³/sn)	BH (m³/sn)
0	40,2	40,2	0,0	0,0
1	47,8	44,1	3,7	7,4
2	66,7	48,2	18,5	37,0
3	65,1	48,1	17,0	34,0
4	62,7	48,0	14,7	29,4
5	61,6	48,0	13,6	27,2
6	60	47,9	12,1	24,2
7	58,7	47,6	11,1	22,2
8	56,6	47,5	9,1	18,2
9	56	47,1	8,9	17,8
10	55,8	47,1	8,7	17,4
11	54,7	46,9	7,8	15,6
12	53,6	46,8	6,8	13,6
13	52,8	46,7	6,1	12,2
14	51,4	46,6	4,8	9,6
15	49,9	46,5	3,4	6,8
16	48,1	46,4	1,7	3,4
17	46,4	46,4	0,0	0,0
18	46,2	46,2	0,0	0,0
19	46,2	46,2	0,0	0,0
20	46,1	46,1	0,0	0,0
21	46	46	0,0	0,0
22	45,8	45,8	0,0	0,0
23	45,8	45,8	0,0	0,0
24	45,7	45,7	0,0	0,0
Yüzey Akım Derinliği = 0,5 mm			$\Sigma q = 148,0$	

Tablo 7. 5 Mart 2014 tarihindeki akım olayları

Zaman (saat)	Akım (m³/sn)	Taban Akımı (m³/sn)	Yüzey Akımı (m³/sn)	BH (m³/sn)
0	27,0	27,0	0,0	0,0
1	35,7	30,1	5,6	8,0
2	48,2	34,2	14,0	20,0
3	60,1	37,7	22,4	32,0
4	65,4	41,5	23,9	34,1
5	63,0	41,4	21,6	30,9
6	59,9	41,3	18,6	26,6
7	57,3	41,2	16,1	23,0
8	55,6	41,1	14,5	20,7
9	54,1	41,0	13,1	18,7
10	53,2	40,9	12,3	17,6
11	51,5	40,8	10,7	15,3
12	50,7	40,6	10,1	14,4
13	49,9	40,5	9,4	13,4
14	48,2	40,4	7,8	11,1
15	46,8	40,3	6,5	9,3
16	45,6	40,2	5,4	7,7
17	44,7	40,2	4,5	6,4
18	42,3	40,0	2,3	3,3
19	39,9	39,9	0,0	0,0
20	38,8	38,8	0,0	0,0
21	38,7	38,7	0,0	0,0
22	38,7	38,7	0,0	0,0
23	38,5	38,5	0,0	0,0
24	38,4	38,4	0,0	0,0
Yüzey Akım Derinliği = 0,7 mm			$\Sigma q = 218,8$	

Beş adet akım olaylarının her biri için bir saatlik birim hidrograf (BH_1) çıkarılmış ve bu birim hidrograflar aynı koordinat sisteminde Şekil 32’te çizilmiştir. Yine aynı birim hidrografların pike erişme süreleri (t_p), pik debileri (q_p) ve taban süreleri (t_b) Tablo 8’de verilmiştir.



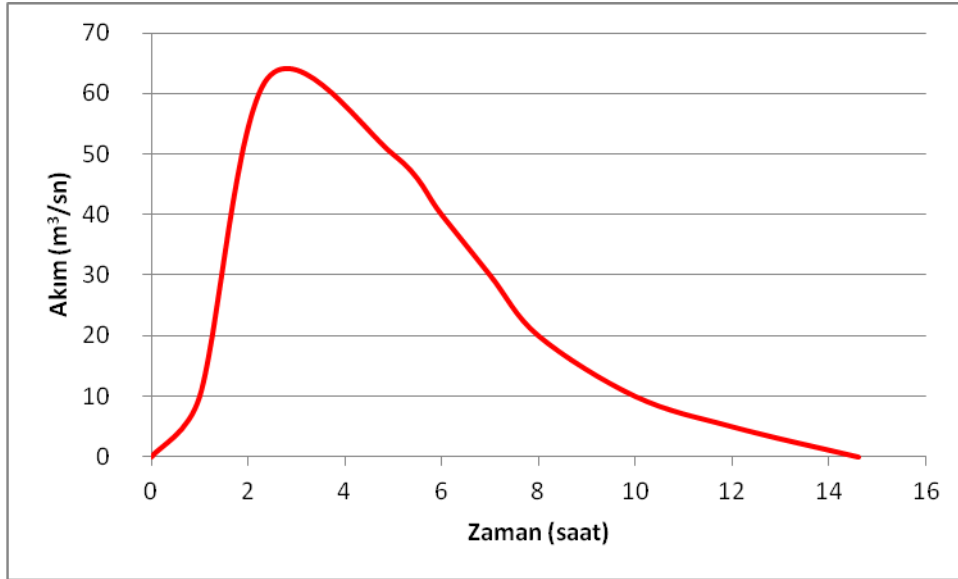
Şekil 32. İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti 1 saat süreli birim hidrograflar

Tablo 8. İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti Ortalama Birim Hidrograf Değerleri

Tarih	Birim Hidrograf Elemanları (BH_1)		
	Pik debi (q_p - m^3/sn)	Pike Erişme Süresi (t_p - saat)	Taban Süresi (t_b - saat)
2 Nisan 1984	72,3	2	12
10 Temmuz 1992	106,3	1	11
21 Haziran 1999	63,5	3	14
13 Mayıs 2004	37,0	2	17
5 Mart 2008	34,1	4	19
Ortalama	62,6	2,4	14,6

Tablo 8 incelendiğinde, havza ortalama birim hidrografının taban süresinin $t_b = 14,6$ saat, pike erişme süresinin $t_p = 2,4$ saat ve pik debisinin $q_p = 62,6 m^3/sn$ olduğu görülmektedir. Ortalama birim hidrografın bu elemanlarından yararlanılarak çizilen

ve altta kalan derinliği 1.00 mm olan havzaya ait 1 saatlik birim hidrograflardan elde edilen ortalama BH₁ eğrisi Şekil 33'te çizilmiştir.



Şekil 33. İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti ortalama birim hidrografı (BH₁)

6.2. SENTETİK YÖNTEMLERİN UYGULANMASI

6.2.1. Mockus Yöntemi

Üçgen hidrografın çizim kolaylığı ve hesabının pratikliği açısından tercih edilen Mockus Yöntemi İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti için uygulanmıştır. Metotta yer alan “K” ve “H” parametrelerinin havza için hesaplanması;

Metot'ta yer alan K ve H değerleri İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti için hesaplanırken; havzaya ait 5 adet bir saat süreli birim hidrografların (BH₁), her biri için Q_p ve T_p değerlerini aşağıdaki formülde yerine koyduğumuzda, her birim hidrografa ait K değerleri elde edilmiş olur. Daha sonra bunların ortalaması alındığında K = 0,362 sonucuna ulaşılmıştır.

$$Q_p = K \times A \times h_a / T_p$$

Her bir birim hidrograf için elde edilen K değerleri aşağıdaki formülde yerine konularak, her hidrografa ait H değerleri edilmiştir. Havzaya ait H değeri 1,87 olarak hesaplanmıştır.

$$H = (2 \times 0.278 - K) / K$$

İyidere Alt Havzası İkizdere Kesitinin Mockus metoduna göre üçgen birim hidrografının elde edilmesi;

Havza Alanı (A) = 1053 km

Ana su yolu uzunluğu (L)= 64 km

Ana su yolu eğimi (S) = 0,29

Birim hidrograf derinliği (h_a) = 1 mm

Suların toplanma zamanı $T_c = 0,00032 (L^{0,77}/S^{0,385})$ formülünden $T_c = 5$ saat

Birim sağanak süresi $AD = T_c/5$ 'den $AD = 1$ saat

Yukarıdaki veriler göz önüne alınarak İyidere Alt Havzası İkizdere Kesitine ait birim hidrograf elemanları:

Pike erme zamanı $T_p = \sqrt{T_c} + 0.6 T_c = \sqrt{5} + 0.6 \times 5 = 5,24$ saattir.

Hidrografın çekilme eğrisinin süresi $T_r = H \times T_p = 1,87 \times 5,24 = 9,8$ saat;

Hidrografın taban süresi $T_b = T_p + T_r = 5,24 + 9,8 = 15,04$ saattir.

Buradan hidrograf piki $Q_p = K \times A \times h_a/T_p = 0,362 \times 1053 \times 1/5,24 = 72,75 \text{m}^3/\text{sn}/\text{mm}$ bulunmuştur.

6.2.2. Snyder Yöntemi

AGİ bulunmayan veya herhangi bir şekilde ölçüme sahip olmayan havzalarda sentetik metotlarla birim hidrograf elde edilmesinde en sık kullanılan metot Snyder Yöntemi'dir. Snyder Yöntemi birim hidrograf şekli üzerinde, havzaya ait özelliklerden sadece havza alanı ve şeklini hesaplamalara dahil edip diğer faktörleri de C_t ve C_p katsayıları vererek hepsini hesaplama dışında bırakmaktadır.

Her bir akım olayı için ayrı ayrı C_t ve C_p değerleri hesaplanmış ve bunların ortalaması alınmıştır. İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti için Snyder Yönteminde kullanılan C_t ve C_p katsayılarının bulunması;

2 Nisan 1984

t_r = etkili yağış süresi (saat)

t_p = t_r etkili yağış süresinin ortasından hidrograf pikine kadar olan gecikme zamanı (saat)

Q_p = t_r etkili yağış süresinde birim hidrografın pik debisi (m^3/sn)

t_R = t_r etkili yağış süresinden başka belirli bir incelemede kabul edilen artık yağış süresi (saat)

t_{pR} = t_R süresinin ortasından birim hidrografın pikine kadar olan süre (saat)

q_{pR} = t_R süresi için birim hidrografın birim alanına düşen pik debisi ($m^3/sn/km^2$)

$$A = 1053 \text{ km}^2 \quad L = 64 \text{ km} \quad L_c = 42 \text{ km} \quad Q_p = 72,3 \text{ m}^3/sn$$

$$t_p = 2 \text{ saat} \quad t_R = 2 \text{ saat} \quad t_{pR} = 1 \text{ saat}$$

$$q_{pR} = Q_p / A = 72,3 / 1053 = 0,069 \text{ m}^3/sn/km^2 = 69 \text{ lt/sn/km}^2$$

$$t_r = t_p / 5,5 = 2 / 5,5 = 0,36 \text{ saat}$$

$t_r \neq t_R$ olduğundan “ $t_{pR} = t_p + 0,25 (t_R - t_r)$ ” denkleminde t_p değeri tekrar hesaplanır;

$1 = t_p + 0,25 (2 - 0,36)$; $t_p = 0,59$ saat değeri bulunur ve buradan “ $t_p = 0,75 C_t (LL_c)^{0,3}$ ” denkleminde C_t değeri hesaplanmıştır.

$$0,59 = 0,75 \cdot C_t \cdot (64 \cdot 42)^{0,3} \quad C_t = 0,707$$

“ $q_{pR} = 278 C_p / t_{pR}$ ” formülünde verileri yerine koyduğumuzda $69 = 278 \cdot C_p / 1$ $C_p = 0,248$ olarak bulunmuştur.

10 Temmuz 1992

$$A = 1053 \text{ km}^2 \quad L = 64 \text{ km} \quad L_c = 42 \text{ km} \quad Q_p = 106,3 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$t_p = 1 \text{ saat} \quad t_R = 1 \text{ saat} \quad t_{pR} = 0,5 \text{ saat}$$

$$q_{pR} = Q_p / A = 106,3 / 1053 = 0,101 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{km}^2 = 101 \text{ lt}/\text{sn}/\text{km}^2$$

$$t_r = t_p / 5,5 = 1 / 5,5 = 0,18 \text{ saat}$$

$t_r \neq t_R$ olduğundan “ $t_{pR} = t_p + 0,25 (t_R - t_r)$ ” denkleminde t_p değeri tekrar hesaplanır;

$0,5 = t_p + 0,25 (1 - 0,18)$; $t_p = 0,3$ saat değeri bulunur ve buradan “ $t_p = 0,75 C_t (L L_c)^{0,3}$ ” denkleminde C_t değeri hesaplanmıştır.

$$0,3 = 0,75 \cdot C_t \cdot (64 \cdot 42)^{0,3} \quad C_t = 0,374$$

“ $q_{pR} = 278 C_p / t_{pR}$ ” formülünde verileri yerine koyduğumuzda $101 = 278 \cdot C_p / 0,5$ $C_p = 0,182$ olarak bulunmuştur.

21 Haziran 1999

$$A = 1053 \text{ km}^2 \quad L = 64 \text{ km} \quad L_c = 42 \text{ km} \quad Q_p = 63,5 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$t_p = 3 \text{ saat} \quad t_R = 3 \text{ saat} \quad t_{pR} = 1,5 \text{ saat}$$

$$q_{pR} = Q_p / A = 63,5 / 1053 = 0,06 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{km}^2 = 60 \text{ lt}/\text{sn}/\text{km}^2$$

$$t_r = t_p / 5,5 = 1,5 / 5,5 = 0,27 \text{ saat}$$

$t_r \neq t_R$ olduğundan “ $t_{pR} = t_p + 0,25 (t_R - t_r)$ ” denkleminde t_p değeri tekrar hesaplanır;

$1,5 = t_p + 0,25 (3 - 0,27)$; $t_p = 0,82$ saat değeri bulunur ve buradan “ $t_p = 0,75 C_t (L L_c)^{0,3}$ ” denkleminde C_t değeri hesaplanmıştır.

$$0,82 = 0,75.C_t.(64.42)^{0,3} \quad C_t = 1,023$$

“ $q_{pR} = 278 C_p / t_{pR}$ ” formülünde verileri yerine koyduğumuzda $60 = 278.C_p/1,5$
 $C_p=0,324$ olarak bulunmuştur.

13 Mayıs 2004

$$A = 1053 \text{ km}^2 \quad L = 64 \text{ km} \quad L_c = 42 \text{ km} \quad Q_p = 37,0 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$t_p = 2 \text{ saat} \quad t_R = 2 \text{ saat} \quad t_{pR} = 1 \text{ saat}$$

$$q_{pR} = Q_p / A = 37 / 1053 = 0,035 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{km}^2 = 35 \text{ lt}/\text{sn}/\text{km}^2$$

$$t_r = t_p / 5,5 = 2 / 5,5 = 0,36 \text{ saat}$$

$t_r \neq t_R$ olduğundan “ $t_{pR} = t_p + 0,25 (t_R - t_r)$ ” denkleminde t_p değeri tekrar hesaplanır;

$1 = t_p + 0,25 (2 - 0,36)$; $t_p = 0,59$ saat değeri bulunur ve buradan
“ $t_p=0,75C_t(LL_c)^{0,3}$ ” denkleminde C_t değeri hesaplanmıştır.

$$0,82 = 0,75.C_t.(64.42)^{0,3} \quad C_t = 0,707$$

“ $q_{pR} = 278 C_p / t_{pR}$ ” formülünde verileri yerine koyduğumuzda $35 = 278.C_p/1$
 $C_p=0,126$ olarak bulunmuştur.

5 Mart 2008

$$A = 1053 \text{ km}^2 \quad L = 64 \text{ km} \quad L_c = 42 \text{ km} \quad Q_p = 34,1 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$t_p = 4 \text{ saat} \quad t_R = 4 \text{ saat} \quad t_{pR} = 2 \text{ saat}$$

$$q_{pR} = Q_p / A = 34,1 / 1053 = 0,032 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{km}^2 = 32 \text{ lt}/\text{sn}/\text{km}^2$$

$$t_r = t_p / 5,5 = 4 / 5,5 = 0,72 \text{ saat}$$

$t_r \neq t_R$ olduğundan “ $t_{pR} = t_p + 0,25 (t_R - t_r)$ ” denkleminde t_p değeri tekrar hesaplanır;

$2 = t_p + 0,25 (4 - 0,72)$; $t_p = 1,18$ saat değeri bulunur ve buradan “ $t_p=0,75C_t(LL_c)^{0,3}$ ” denkleminde C_t değeri hesaplanmıştır.

$$1,18 = 0,75.C_t.(64.42)^{0,3} \quad C_t = 1,472$$

“ $q_{pR} = 278 C_p / t_{pR}$ ” formülünde verileri yerine koyduğumuzda $32 = 278.C_p/2$ $C_p=0,230$ olarak bulunmuştur.

Beş adet birim hidrografa ait hesaplanan C_t ve C_p katsayıları hesaplanmıştır. Snyder Yönteminde kullanılan havzaya ait tüm değerler Tablo 9’da gösterilmiştir. Ortalaması alınan C_t ve C_p katsayıları ile havzanın sentetik birim hidrografına ait elemanları tekrar hesaplanmıştır ($t_p = 5,87$; $t_r = 1,25$; $Q_p = 82,13 \text{ m}^3/\text{sn}$)

Tablo 9. Snyder Yöntemine göre İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti sentetik birim hidrograf elemanları

Tarih	Q_p ($\text{m}^3/\text{sn}/\text{mm}$)	t_p (saat)	Düzeltilmiş t_p (saat)	t_b (saat)	t_{pR} (saat)	t_r (saat)	t_R (saat)	q_{pR} ($\text{lt}/\text{sn}/\text{km}^2/\text{mm}$)	C_t	C_p
Nis.84	72,3	2	0,59	12	1	0,36	2	69	0,707	0,248
Tem.92	106,3	1	0,3	11	0,5	0,18	1	101	0,374	0,182
Haz.99	63,5	3	0,82	14	1,5	0,27	3	60	1,023	0,324
May.04	37,0	2	0,59	17	1	0,36	2	35	0,707	0,126
Mar.08	34,1	4	1,18	19	2	0,72	4	32	1,472	0,230
ORT	62,64	2,4	0,696	14,6	1,2	0,378	2,4	59,4	0,857	0,222

6.2.3. DSİ Sentetik Yöntemi

İyidere Havzası İkizdere Kesitine ait birim hidrograf DSİ Sentetik Yöntemiyle de hesaplanmıştır. Bu metot kullanılırken aşağıdaki adımlar uygulanmıştır.

$$A = 1053 \text{ km}^2 \quad S = 0,29$$

$$L = 64 \text{ km} \quad L_c = 42 \text{ km}$$

Yukarıdaki değerler “ $q_p = 414 / (A^{0,225} \times (L \times L_c / \sqrt{S})^{0,16})$ ” formülünde yerine konduğunda 1mm`lik akış için verim;

$$q_p = 22,1 \text{ lt/s/km}^2 / \text{mm}' \text{dir.}$$

Bu değeri “ $Q_p = A \times q_p \times 10^{-3}$ ” formülünde kullandığımızda birim hidrograf piki;

$$Q_p = 23,3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm} \text{ bulunmuştur.}$$

1 mm`lik akış için birim hacim “ $V = A \times h_a \times 10^3$ ” formülünden;

$$V = 1053 \times 1 \times 10^3 = 1.053.000 \text{ m}^3 \text{ tür.}$$

Buna göre hidrografın taban süresi “ $T_b = 3,65 \times (V/Q_p)$ ” formülünden;

$$T_b = 172.352 \text{ saniye} = 47,9 \text{ saat} \text{ bulunmuştur.}$$

Hidrografın pike erme zamanı “ $T_p = T_b / 5$ ” formülünden;

$$T_p = 47,9 / 5 = 9,58 \text{ saat} \text{ bulunmuştur.}$$

Hesaplanmış olan Q_p , T_b ve T_p değerleri 2 saat süreli birim hidrografa ait değerlerdir. Gerçek verilerle elde edilen havzanın 1 saatlik birim hidrografı, 1 saat kaydırılarak elde edilen 2 saatlik birim hidrografta $Q_p = 56,3 \text{ m}^3/\text{s}$, $T_b = 15,6 \text{ saat}$ ve $T_p = 4,7 \text{ saat}$ bulunmuştur.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Araştırma kapsamında 1979-2009 su yıllarını içeren 30 yıllık süre incelendiğinde, bu yıllara ait havzanın yıllık ortalama yağışının 740,1 mm, İyidere Deresine ait yıllık ortalama akımın ise 0,88 milyar m³ olduğu görülmüştür. Havzanın akım hidrografları incelendiğinde, akım rejiminin düzenli olduğu ve havza şiddetli yağmurlara maruz kaldığında akım seviyesinin çok çabuk değiştiği gözlemlenmiştir.

İyidere Havzası İkizdere Kesitinin 1 saat süreli ortalama birim hidrografının pik debisi (Q_p) 62,6 m³/sn, pike erişme süresi (T_p) 2,4 saat, taban süresi (T_b) 14,6 saat olarak hesaplanmıştır. Aynı havza için Mockus, Snyder ve DSİ Sentetik Yöntemleriyle de birim hidrograf ve bu yöntemlere ait bazı katsayılar elde edilmiş olup, havza için elde edilen birim hidrografla sentetik yöntemlerle elde edilen birim hidrograflar karşılaştırılmıştır.

Mockus yönteminde genelde $K= 0,208$ ve $H= 1,67$ olarak alınan katsayılar havza için $K= 0,362$ ve $H= 1,87$ olarak hesaplanmıştır. Bu katsayılar kullanılarak elde edilen havzaya ait 1 saat süreli birim hidrografta $Q_p= 72,75$ m³/sn, $T_p= 5,24$ saat ve $T_b=15,04$ saattir. Burada havza ortalama birim hidrografının Q_p ve T_b değeri arasında ki fark çok az iken T_p değeri arasında ki fark 2 kat fazladır. Bunun sebebi havza yapısının, sentetik yöntemlerde dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır.

Snyder yönteminde kullanılan katsayılar araştırma havzası için $C_t = 0,857$ ve $C_p=0,222$ olarak hesaplanmıştır. Bu yöntemle bulunan hidrograf ile araştırma sonucu elde edilen hidrografın, pik debileri birbirine yakın değerler çıkmasına rağmen, Mockus Yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de pike erişme süreleri arasında 2 kata yakın bir sapma bulunmuştur.

DSİ Sentetik Yöntemiyle elde edilen havzaya ait 2 saat süreli birim $Q_p= 23,3$ m³/sn, $T_p= 9,58$ saat ve $T_b=47,9$ saattir. Havza için araştırmayla elde edilen aynı süreli birim hidrografta ise $Q_p= 56,3$ m³/sn, $T_p= 4,7$ saat ve $T_b=15,6$ saattir. Yöntemle yapılan karşılaştırmada sonuçlar birbirinden çok farklı çıkmıştır. Bunun sebebinin DSİ Sentetik Yönteminin 1000 km²'den daha fazla alana sahip alanlarda

uygulanabilirliğinin sağlıklı olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu havzada DSİ Sentetik Yönteminin uygulanabilmesi için havza birkaç parça olarak ele alınmalıdır.

7. 1. ÖNERİLER

Bütün havzalarda, havzanın özelliği, yerleşim yerleri, havzadaki ekonomik değeri olan yapılar, havzanın stratejik durumu vb faktörler göz önünde bulundurulurak birim kesitler belirlenmeli ve o havza için belirlenmiş olan birim kesitlerde tek tek birim hidrograf çıkarılmalıdır. Belirli yaklaşımlar kullanılırken, birim hidrografın geliştirildiği havzanın özellikleri ile uygulama yapılacak havzanın özelliklerine dikkat edilmelidir.

Havzanın hesaplanan 1saat süreli birim hidrografi, İyidere Havzasına benzer (iklim, toprak yapısı ve jeolojik özellikleri, arazi kullanımı ve bitki örtüsü... vb.) havzalar için; havzaların çeşitli süreli yağışlarından yağışın etkili yağış süresi kadar kaydırılarak, etkili yağış süresi için birim hidrograf çıkarılabilmektedir.

Havzanın boyutsuz birim hidrografi ile benzer havzaların birim hidrograf elemanları bulunabilmektedir.

Havzaya ait hidrografın elde edilmesinde Mockus ve Snyder yöntemlerinin uygulanabilmesi için hesaplanan bazı katsayılar, ileride benzer havzalarda yapılacak araştırmalar için önemli yararlar sağlayabilmektedir.

Havzada yapılan birim hidrograf sonuçlarının, bölgede hangi taşkın koruma yöntemlerinin yapılmasının daha uygun olacağı konusunda faydalı olacağı düşünülmektedir.

Meteorolojik verilerin daha güvenilir olabilmesi için (özellikle taşkın riskinin yüksek olduğu bölgelerde), kapalı konumda olan istasyonlar açılmalı, gerekirse istasyon sayısı arttırılmalıdır. İyidere gibi taşkın riski yüksek olan derelerde otomatik anlık akım ölçen istasyonlar kurulmalıdır.

Havza Yönetim Planları kapsamında, havzanın su bütçesi hesaplaması yapılırken o havzaya ait birim hidrograf elemanları büyük ölçüde fayda sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Bakanoğulları, F., Günay, S., 2011, Kırklareli Vize Deresi Havzası Birim Hidrograf Elemanlarının Belirlenmesi, Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 4 (2): 7-13, Kırklareli.

Bakır, H., Coşkun, T., Birhan, H., Daşcı, E., Özlü, A., Çakal, M.A., Sevim, Z., Öztaş, T., 2003, Erzurum-İllica-Sinirbaşı Deresi Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri (Ara Rapor 1997-2002), Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Sonuç Raporları 2003 Sf. 47, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No:124, 2004, Ankara.

Balov, M.N., 2014, Akış Hidrografı Tahmin Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Hidrolik ve Su Kaynakları Programı Bölümü.

Bayazıt, M., 1999, İstanbul teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Bhunya, P.K., Ghosh, N.C., Mishra, S.K., Ojha, C.S.P., ve Berndtsson, R., 2003, Hybrid Model for Derivation of Synthetic Unit Hydrograph. J. Hydraul. Eng., 10(6), 458-467.

Canik, B., 1971, Yer altı suyu Bilançosu, Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi, No:76, 181-191s, Ankara.

Chow, V.T., Maidment, D.R., ve Mays, L.W., 1988, Applied hydrology, McGraw-Hill, Singapore.

Cleveland, T., Ph.D., P.E., 2003, Determination of Instantaneous Unit Hydrographs for Houston from HCOEM and USGS OFR 96-250 Data.

Çelebi, D., 1988, Ankara-Beytepe Yöresindeki Bazı Havzaların Yağış Karakteristikleri, Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 155, Rapor Seri No: 74, Ankara.

Doğu Karadeniz Havza Koruma Eylem Planı , 2013, Orman ve Su İşleri Bakanlığı ,Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Elginöz, N., 2013, 10-11-12. Hafta Ders Notları, İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü: Hidrograf Analizi

Erkek, C., Ağralıoğlu, N., 1993, Su Kaynakları Mühendisliği, Matbaa Teknisyenleri Yayınevi, İstanbul.

Fıstıkoğlu, O., 2001, Hidrolojik Modeller, Dokuz Eylül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

Göl, C., 2013, Hidrolojik Döngü Akış, Karatekin Üniversitesi, Orman Mühendisliği, Havza Yönetimi Anabilim Dalı.

Günyaktı, A., Altınbilek, H.D.,1991, Akım Hidrografının Kısımlara Ayrılmasında İzotop Yöntemi, İMO Teknik Dergi, Nisan 1991, 285 – 292, Ankara.

Jain, S.K., V. P. Singh, V.P., ve P. K. Bhunya, P.K., 2006, Development of Optimal and Physically Realizable Unit Hydrograph. J. Hydraul. Eng., 11(6), 612-616.

National Engineering Handbook, Part 630, 2007, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Chapter 16.

Oğuz, İ., Balçın, M., 2002, Tokat-Zile-Akdoğan Deresi Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri (Ara Rapor 1987-2001), Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı-2002, Yayın No:121, S 64-78, Ankara.

Önsoy, H., 2010, Doğu Karadeniz’de Kıyılara Ve Dere Yataklarına Müdahaleler Ve Beklenen Taşkınlar, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Özcan, O., 2008, Sakarya Nehri Alt Havzası’nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve Cbs ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi .

Özdemir, H., 1978, Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi Dsi, Ankara.

Özer, Z., 1990, Su Yapılarının Projelendirilmesine Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar, (Teknik Rehber), Havza Islahı ve Göletler Daire Başkanlığı, KHGM, Ankara, 709s.

Prasad,T.D., Gupta, R., ve Prakash, S., 1999, Determination of optimal loss rate parameters and unit hydrograph. J. Hydraul. Eng., 4(1), 83-87.

Salami, A.W., Bilewu, S.O., Ayanshola A.M., Oritola,S.F., 2009, Evaluation of Synthetic Unit Hydrograph Methods For The Development of Design Storm Hydrographs for River in South-West Nigeria, Journal of American Science 2009; 5(4); 23-32.

Shaw, E.M., 1994, Hydrology in Practice, Chapman & Hall, Hindistan.

Soykan, İ., 1972, Ankara Beytepe Su Toplama Havzası Birim Hidrografının Çıkarılması ve Bunun Benzer Havzalarda Uygulama İmkanları Üzerinde Bir Araştırma, Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 17, Teknik Yayın No: 14, 1972, Ankara.

Sule, B.F., Alabi, S.A., 2013, Application of synthetic unit hydrograph methods to construct storm hydrographs, Academic Journals, International Journal of Water Resources and Environmental Engineering.

Şen, Z., 2003, Su Bilimi ve Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

Taşkınlar Hidrolojisi Tasarım Rehberi, 2012, DSİ Genel Müdürlüğü, I.Barajlar Kongresi, Ankara.

Tekeli, İ., Şorman, Ü., 2001, Ankara-Yenimahalle-Güvenç Havzasında Akım Hidrografının Bileşenlere Ayırımında İzotop Tekniklerinin Kullanımı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı-2001, Yayın No:119, S 1-15, Ankara.

Tuncel, G., Gullu, G., 1993, Karadeniz Deniz Kirliliği Olcum ve İzleme Projesi Nihai Raporu, TC. Çevre Bakanlığı, Ankara.

Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Standartlarının Belirlenmesi Projesi: Tuçbs.Hı Hidrografya Veri Teması, 2012, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Usul, N., 2008, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.

Wilkerson, J.L., Merwade, V. M.; 2010, Determination of Unit Hydrograph Parameters For Indiana Watersheds, Joint Transportation Research Program, Final Report.

Verep, B., Serdar, O., Turan, D., Şahin, C., 2005, İyidere (Trabzon)'nin Fiziko-Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Rize Su Ürünleri Fakültesi, 53100, Rize.

Yılmaz, A., 1991, Uygulamalı Havza Hidrolojisi. Köy Hizmetleri Konya Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No:143, Teknik Yayın No: 26, Konya.

Yüksel, Y., Ağaçcıoğlu, H., Coşar, A., Çelikoğlu, Y., Gürer, S., 1999, Haliç Islah Projesinde Kağıthane ve Alibeyköy Derelerinin Etkisinin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü.

URL 1, http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/karadeniz_b%C3%B6lgesi

URL 2, http://www.newwsa.com/download/gecici_makale_dosyalari/NWSA-1024-3-8.pdf

URL 3, http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/mod_1b/chapt_4/main.htm

URL 4, <http://my-fyp.site44.com/surface%20runoff.html>

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Yasemin CEYHAN KOCA

Doğum Yeri ve Tarihi : Aliğa/ İZMİR – 04.04.1986

Lisans : 1) Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

2) Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, İşletme Bölümü

Yüksek Lisans : Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü

İş Deneyimi : Orman ve Su İşleri Bakanlığı-Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2011 – ...)

Ünvanı : Orman ve Su İşleri Uzman Yardımcısı