



**SENTETİK BİRİM HİDROGRAF METODLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI VE TRABZON
DEĞİRMENDERE HAVZASI ÖRNEĞİ**

Onur TANRIVERDİ

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**SENTETİK BİRİM HİDROGRAF METODLARININ KARŞILAŞTIRILMASI
VE TRABZON DEĞİRMENDERE HAVZASI ÖRNEĞİ**

Onur TANRIVERDİ

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**KARABÜK
Temmuz 2021**

Onur TANRIVERDİ tarafından hazırlanan “SENTETİK BİRİM HİDROGRAF METODLARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE TRABZON DEĞİRMENDERE HAVZASI ÖRNEĞİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 13/07/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK (KTÜ)

.....

Üye : Prof. Dr.Tülay EKEMEN KESKİN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Onur TANRIVERDİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SENTETİK BİRİM HİDROGRAF METODLARININ KARŞILAŞTIRILMASI VE TRABZON DEĞİRMENDERE HAVZASI ÖRNEĞİ

Onur TANRIVERDİ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

Temmuz 2021, 71 sayfa

Su yapıları projelerinde en önemli değerlerden olan taşkınların belirlenmesinde yağış ile akış arasındaki ilişkinin modellenmesine dayanan birim hidrograf yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Birim hidrografın elde edilebilmesi için havzaya ait aynı zaman aralığında yağış ve akış değerlerinin kayıt altına alınması gerekmektedir. Aynı havzaya ait akım ve yağış verilerinin saatlik olarak temin edilmesi hem oldukça zor hem de maliyetli olduğundan sentetik birim hidrograf yöntemleri kullanılarak taşkın tahmini yapılmaktadır. Birbirine göre farklı sonuçlar verebilen sentetik birim hidrograf yöntemlerinden hangisinin havza özelliklerine göre daha doğru sonuç vereceği de göz önüne alınmalıdır.

Bu çalışma kapsamında; 729,34 km² drenaj alanına sahip D22A086 Trabzon Değirmendere akım gözlem istasyonu (AGİ) saatlik akım verileri ile Trabzon Bölge (17037), Maçka/Altındere Sümela (17714), Düzköy (18229), Zigana Kayak Merkezi (17696) ve Tonya/Kalınçam (18230) olmak üzere 5 adet otomatik meteoroloji gözlem istasyonu (OMGİ) saatlik yağış verileri kullanılmıştır. Thiessen çokgenleri metodu kullanılarak çalışmanın yapıldığı 729,34 km² alanda 5 adet OMGİ istasyonunun her birinin etkilemiş oldukları yağış alanı hesaplanmıştır. Değirmendere havzası verileri ile DSİ sentetik, Mockus ve Snyder sentetik birim hidrograf yöntemleri kullanılarak birim hidrograf değerleri bulunmuştur. 2013 yılında ölçülmüş akım ve yağış verileri yardımıyla ölçülmüş birim hidrograf değeri elde edilmiştir. Yine aynı yılda ölçülmüş değerler ile dolaysız akış yüksekliği, gecikme süresi, dolaysız akış süresi hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda ölçülmüş veriler ile sentetik yöntemlerle hesaplanan birim hidrograf değerleri karşılaştırılmış ve çalışmanın sonucunda 729,34 km² alana sahip olan havzada en uygun sentetik birim hidrograf yönteminin “Sneyder” olduğu belirlenmiştir.

Ardından, Trabzon Değirmendere havzasının ölçülmüş değerleri ile hesaplanan birim hidrograf verileri kullanılarak, Değirmendere havzasına ait sentetik yöntem katsayıları belirlenmiştir. Hesaplamalarla, Sneyder yöntemi Ct ve Cp ile Mockus yöntemi K ve H katsayıları elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Havza, Sentetik birim hidrograf, DSİ Sentetik, Mockus, Snyder, Hidroloji.

Bilim Kodu : 91122

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

COMPARISON OF SYNTHETIC UNIT HYDROGRAPH METHODS AND A SAMPLE CASE “TRABZON DEĞİRMENDERE”

Onur TANRIVERDİ

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor:

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA

July 2021, 71 pages

Unit hydrography methods based on modelling regarding the relationship between precipitation and flow, which is one of the most important figures in “water constructions”, have been frequently used. In order to get unit hydrograph, precipitation and flow observation stations for the same river basin and hourly precipitation and flow figures between the same hours must be recorded. Since getting the data for precipitation and flow figures for the same river basin is rather difficult and costly, flood estimates are done using synthetic unit hydrography methods. What synthetic unit hydrography method, which can give different results compared with others, gives better results based on river basin characteristics must be taken into account.

In this study, hourly flow data of D22A086 Trabzon Değirmendere flow observation station with 729,34 km² drainage area and hourly rain data of 5 automatic

meteorology observation stations called Trabzon Bölge (17037), Maçka/Altındere Sümela (17714), Düzköy (18229), Zigana Kayak Merkezi (17696) and Tonya/Kalıncam (18230) are used. Using Thiessen polygonal method, in the area of 729.34 km² where the study was carried out, the rain coverage area of 5 automatic meteorology observation stations were calculated. With Değirmendere Basin data, using DSI synthetic, Mockus and Snyder synthetic parameter hydrograph methods, hydrograph parameters were determined. With the help of the current and rain data measured in 2013, hydrograph parameters were obtained. With the same data measured in 2013, "dolaysız akış yüksekliği", "gecikme süresi" and "dolaysız akış süresi" were calculated. At the end of the study, measured data and hydrograph parameters obtained by synthetic methods were compared and the best synthetic hydrograph method to be carried out was determined as Snyder in the basin with an area of 729,34 km².

Then, using the hydrograph unit data calculated with the measured values of Trabzon Değirmendere Basin, the synthetic method parameters are determined. With the calculations, Sneyder Method Ct and Cp and Mockus Method K and H parameters are obtained.

Key Word : Basin, Synthetic Unit Hydrography, DSI synthetic, Mockus, Snyder, Hydrology.

Science Code : 91122

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Verilerin temin edilmesinde ve çalışma boyunca desteklerinden dolayı Trabzon Valiliği Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığı'nda görev yapan İnşaat Mühendisi Fatma LERMİOĞLU'na ve DSİ 22. Bölge Müdürlüğüne teşekkür ederim.

Devlet Su İşleri 9. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şube Müdürü (İnşaat Mühendisi) A. Müttalip KAYA 'ya desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Devlet Su İşleri 9. Bölge Müdürlüğü'nde görev yapan Meteoroloji Mühendisi Emre ÇALIOVA'ya desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Malatya Turgut Özal Üniversitesi Hekimhan Meslek Yüksekokulu'nda görev yapmakta olan Öğr. Grv. Mehmet GENÇ'e desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Antalya/Finike Meteoroloji Müdürü Atila ÇELİKBAŞ'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
HİDROGRAF ve BİRİM HİDROGRAFLAR.....	3
2.1. HİDROGRAF	3
2.1.1 Bir Hidrografın Elemanları.....	3
2.1.1.1. Yükselme Eğrisi (Kabarma)	4
2.1.1.2 Tepe Noktası	4
2.1.1.3 Alçalma Eğrisi (Çekilme)	4
2.2. AKARSU HAVZASININ BİR SİSTEM OLARAK İNCELENMESİ.....	5
2.2.1. Parametrik (çok bileşenli) Havza Modelleri.....	5
2.2.2. Kapalı Kutu Havza Modelleri.....	5
2.3. BİRİM HİDROGRAF	6
2.3.1 Birim Hidrografın Uygulanamayacağı Öngörülen Durumlar.....	7
2.3.2. Birim Hidrografın Elde Edilmesi.....	8
2.3.3 Değişik Süreli Birim Hidrografların Elde Edilmesi	9
2.3.3.1. Kaydırma Metodu	9
2.3.3.2. S- Eğrisi Metodu	9

Sayfa

2.3.4. Birim Hidrografla Yağıştan Akışa Geçilmesi.....	10
2.4. BİRİM HİDROGRAF AYIRMA TEKNİKLERİ	10
2.4.1. Basit Metot.....	11
2.4.2. Yaklaşık Metot.....	12
2.5. SENTETİK BİRİM HİDROGRAFLAR	12
 BÖLÜM 3	14
BİRİM HİDROGRAF İLE İLGİLİ ÖNCEKİ BAZI ÇALIŞMALAR	14
3.1. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN (CBS) KULLANIMI VE ÖNEMİ	14
3.2. BİRİM HİDROGRAF HAKKINDA YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR.....	15
 BÖLÜM 4	21
MATERYAL VE YÖNTEM	21
4.1. MATERYAL.....	21
4.1.1. Değirmendere Havzasının Coğrafi Konumu	21
4.1.2. Değirmendere Havzasının Jeolojik yapısı	22
4.1.3. Değirmendere Havzasının iklim özellikleri.....	22
4.1.4. Değirmendere Havzasının Toprak yapısı	23
4.1.5. Değirmendere Havzasının Arazi Kullanımı	23
4.2. YÖNTEM	24
4.2.1. CBS Yardımı ile Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi	24
4.2.2. DSİ Sentetik Yöntemi.....	24
4.2.3. Mockus Yöntemi	25
4.2.4. Snyder Yöntemi	27
 BÖLÜM 5	30
BULGULAR.....	30
5.1. DEĞİRMENDERE HAVZASINA AİT HAVZA PARAMETRELERİ	30
5.1.1 Havzanın Maksimum ve Minimum Yükseklik Değerleri	30
	Sayfa
5.1.2. Harmonik Eğim Hesabı İçin Kotların Belirlenmesi	31
5.1.3. Havzanın Ana Su Yolu Uzunluğunun Belirlenmesi.....	32
5.1.4. Havzanın Ağırlık Merkezinin Projenin Kesitine Olan Uzaklığı.....	33

5.2. SENTETİK YÖNTEMLER İLE BİRİM HİDROGRAFLARININ HESAPLANMASI	34
5.2.1 DSİ Sentetik Yöntemi İle Birim Hidrografının Hesaplanması.....	34
5.2.2. Mockus Yöntemi İle Birim Hidrografının Hesaplanması	40
5.2.3. Snyder Yöntemi ile birim hidrografının hesaplanması.....	45
5.3. GERÇEK DEĞERLER İLE BİRİM HİDROGRAFLARININ HESAPLANMASI	49
5.3.1. Theissen Çokgenleri Metodu.....	50
5.3.2 Trabzon Değirmendere Havzası Hiyetografının Elde Edilmesi	53
5.3.3. Trabzon Değirmendere Havzası Dolaysız Akış Hidrografının Elde Edilmesi	54
5.3.4 Trabzon Değirmendere Havzası BH'ın Hesaplanması.....	56
5.4. DEĞİRMENDERE HAVZASINA AİT SENTETİK YÖNTEM KATSAYILARININ BELİRLENMESİ	60
5.4.1. Trabzon Değirmendere Havzasına Ait C_t ve C_p Katsayılarının Belirlenmesi.....	60
5.4.1. Trabzon Değirmendere Havzasına Ait K ve H Katsayılarının Belirlenmesi.....	61
BÖLÜM 6	64
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1. Hidrografın elemanları.....	3
Şekil 2. 2. Birim Hidrograf [2].....	6
Şekil 2. 3. Birim Hidrografın elde edilmesi	8
Şekil 2.4. Basit metot[3]	11
Şekil 2.5. Yaklaşık metot[3]	12
Şekil 4. 1. Değirmendere Havzasının coğrafi konumu[30].....	21
Şekil 5. 1. Havza maximum ve minimum yükseklik değerleri.	30
Şekil 5. 2. Harmonik eğim hesabı için belirlenen noktalar.	31
Şekil 5. 3. Değirmendere havzasının ana su yolu uzunluğu.	32
Şekil 5. 4. Havzanın ağırlık merkezinin projenin kesitine olan uzaklığı.	33
Şekil 5. 5. Trabzon Değirmendere Havzası için DSİ Sentetik yöntemi ile elde edilmiş Birim Hidrograf.....	40
Şekil 5. 6. Trabzon Değirmendere havzası için Mockus yöntemi ile elde edilmiş Birim Hidrograf.....	45
Şekil 5. 7. Trabzon Değirmendere havzası için Snyder yöntemi ile elde edilmiş Birim Hidrograf.	49
Şekil 5. 8. Gözlem istasyonlarının konumları.....	51
Şekil 5. 9. Theissen çokgenleri Havza üzerinde oluşan çizimi.	52
Şekil 5. 10. Trabzon Değirmendere Havzası 12 saat süreli BH değerleri.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Birim hidrograf yöntemlerinin kullanım şartları[6].	13
Çizelge 4. 1. Snyder zemine bağlı katsayılar[7].	28
Çizelge 5. 1. Trabzon Değirmendere Havzasına ait belirlenen sayısal değerler.	34
Çizelge 5. 2. Harmonik eğim hesabı.	35
Çizelge 5. 3. DSİ Sentetik yöntem boyutsuz birim hidrograf koordinatları.	38
Çizelge 5. 4. DSİ Sentetik yöntem ile hesaplanmış birim hidrograf koordinatları.	39
Çizelge 5. 5. Mockus yöntemi için kullanılacak havza parametreler.	40
Çizelge 5. 6. Boyutsuz birim hidrograf koordinatları.	43
Çizelge 5. 7. Mockus yöntem ile hesaplanmış birim hidrograf koordinatları.	44
Çizelge 5. 8. Zemin cinsine bağlı katsayılar.	45
Çizelge 5. 9. Boyutsuz birim hidrograf koordinatları.	47
Çizelge 5. 10. Snyder yöntemi ile hesaplanmış birim hidrograf koordinatları.	48
Çizelge 5. 11. Otomatik yağış gözlem istasyonları (OMGİ).	50
Çizelge 5. 12. Gözlem istasyonlarının Havza üzerinde etkilediği alanlar.	52
Çizelge 5. 13. 2013 yılına ait alansal ortalama yağış değerleri.	53
Çizelge 5. 14. Trabzon Değirmendere Havzası 2013 yılı Hiyetografi.	54
Çizelge 5. 15. 2013-D22A086 Trabzon Değirmendere AGİ Hidrograf değerleri.	54
Çizelge 5. 16. Taban akışı değerinin belirlenmesi.	55
Çizelge 5. 17. Trabzon Değirmendere Havzası 2013 Dolaysız Akış Hidrografı.	56
Çizelge 5. 18. Trabzon değirmendere havzası gerçek veriler ile elde edilmiş birim hidrograf.	57
Çizelge 5. 19. Artık yağış süresi (t_0) belirlenmesi.	57
Çizelge 5. 20. Trabzon değirmendere havzası 12 saat süreli BH.	60
Çizelge 5. 21. Trabzon Değirmendere Havzasına ait C_t ve C_p katsayıları.	61
Çizelge 5. 22. Trabzon Değirmendere Havzasına ait K ve H katsayıları.	62

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Qp	: birim hidrografın pik debisi
Tb	: Birim hidrografın taban süresi
qv	: akış verimliliği
Vb	: birim hacim
S	: harmonik Eğim
ha	: 1mm akış yüksekliği
A	: havza alanı
L	: havzada bulunan en uzun akarsu kolunun uzunluğu
Lc	: havza ağırlık merkezinin proje kesitine olan uzaklığı
Tp	: hidrografın yükselme zamanı
Tc	: yağışın toplanma zamanı
Tr	: birim hidrografın çekilme süresi
D	: birim sağanak süresi
Cp	: pik katsayısı
T	: hidrograf süresi
U	: birim hidrograf

KISALTMALAR

AGİ : Akım Gözlem İstasyonu

BH : Birim Hidrograf

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

DSİ : Devlet Su İşleri

MGM : Meteoroloji Genel Müdürlüğü

OMGİ : Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Hayatın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olan su, doğadaki ekosistemin bozulmaması ve korunabilmesi için en değerli anahtardır. Dünyamız üzerinde nüfus hızındaki artış ile birlikte tarımsal ve sanayi alanında ilerlemeler yer altı ve yüzey suları üzerinde bir baskıya sebebiyet vermiştir. Su kaynaklarının en makul şekilde planlanması ve yönetilmesi son derece önemlidir.

Bir akarsudan en verimli şekilde faydalanabilmek için ve bunun yanı sıra bölgeyi su zararlarından korumak amacıyla yürütülen faaliyetlere ve yapılan çalışmalara akarsu düzenlemesi veya iyileştirilmesi denilmektedir.

Bir akarsuda yapılacak olan düzenlemeler bir plan dahilinde yapılmaktadır. Bu planlama yapılırken drenaj havzasının özellikleri ve bu drenaj havzasına yapılan bağlantıların tamamını kapsayacak şekilde olmalıdır. Taşkınların azaltılması kontrol altına alınabilmesi için bu planlamanın en doğru şekilde yapılması büyük bir öneme sahiptir.

Taşkın, bir akarsuyun mevcutta taşımakta olduğu su miktarının, yağmur yağması kar erimesi gibi doğada yaşanan hidrolojik olaylardan dolayı bölgenin iklim şartlarının da etkisi ile çok kısa bir süre içerisinde artması sonucunda çevredeki tarımsal alanlar, hayvancılık, barınma, ulaşım ve sanayi alanı için kullanılan bölgelere ve yapılara zarar vermesi olayıdır.

Taşkının yaşamsal faaliyetler üzerinde doğrudan çok büyük etkide bulunması potansiyel bir taşkının özelliklerini öngörebilme ve gerekli tedbirlerin planlaması ihtiyacı doğurmaktadır. Ülkemizde, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, DSİ,

MGM ile yerel yönetimler bu ihtiyaca yönelik çalışmalar yürütmekte ve uzun ve kısa vadeli planlarını buna göre yapmaktadırlar[1].

Canlılar için çok büyük bir öneme sahip olan su kontrol altına alınmadığı takdirde taşkın gibi büyük afetlere sebebiyet verebilmektedir. Günümüze kadar bir çok yıkıma ve afetlere sebebiyet vermiştir. Hem Ülkemizde hem de Dünya’da yaşanmakta olan bu afetlerin önüne geçebilmek ve canlılar için bu kadar büyük öneme sahip olan suyun en verimli şekilde kullanabilmesi adına su yapıları inşa edilmektedir. Taşkın debisi hesabında, özellikle akım ölçümü yeterli olmayan havzalarda, sentetik birim hidrograflar kullanılmaktadır. Akım ölçümü olduğunda bile, sentetik birim hidrograflarla da sonuçlar karşılaştırılmaktadır. Uygulamada, DSİ sentetik, Snyder, Mockus gibi sentetik birim hidrograd metodları sıklıkla kullanılmaktadır. Mühendislik açısından çalışma alanına en uygun olan sentetik birim hidrograf yönteminin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu birim hidrografların elde edilememesinden dolayı birim hidrograf benzeri sentetik yöntemler kullanılmaktadır.

Bir akarsuyun sularının toplandığı bölgeler akarsu havzası olarak adlandırılmaktadır. Akarsu havzalarına drenaj havzası veya su toplama havzası da denilmektedir. Bir akarsuyun mevcuttaki su potansiyeli ile birlikte taşkın debileri drenaj havzasının büyüklüğüne, coğrafi ve topografik pek çok özelliğine bağlıdır.

Taşkınların meydana getireceği yıkıcı etkilerinin devam etmesi ve çok ciddi bir afet şekli olacağı bir çok kez vurgulanmıştır. Su yapısı tasarlamadan önce drenaj alanı belirlenmiş olan havzanın birim hidrograf değerini belirlerkende bu durumun ne kadar önemli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Gerek orman alanlarının azaltılması ve büyük barajlar ve çeşitli su yapılarının inşası gibi yapay, gerek coğrafi konumu ve yapısı gibi doğal nedenlerden; gerekse hem yapay hem doğal etkenlerin birlikte etkimesiyle meydana gelen küresel ısınma gibi olgulardan dolayı, şiddet-süre-tekerrür açısından incelendiğinde ülkemizde görülen yağışların, belirli bir düzenden yoksun olduğu görülür. Bu durum, taşkınların ne zaman ve ne şekilde gerçekleşeceğini bilmeyi imkansız hale getirmiştir[1].

Taşkınlar yağışın aşırı olmasının yanı sıra tasarımda teknik hata yapılmış bir baraj yıkılması, toprak kayması, kar erimesi gibi bir çok sebep ile meydana gelebilmektedir. Fakat bir çok taşkının sonrasında oluşum nedeninin yağış sıklığı, yağış şiddeti gibi yağışın türevleri olan konular dikkate alınmaktadır. Yapılan bir çok çalışmada yağışın dışında bölgenin eğimi, zeminin cinsi, nem, biçim ve büyüklüğü gibi fiziki özellikleride dikkate alınmaktadır.

Yapılan bu çalışma kapsamında DSI'den elde edilen veriler dahilinde DSI Sentetik, Mockus, Snyder gibi sentetik birim hidrograf yöntemlerinin havzanın ölçülmüş değerleri ile elde edilen birim hidrograf ile kıyaslamaları yapılmış ve en uygun sentetik birim hidrograf yöntemi belirlenmiştir.

BÖLÜM 2

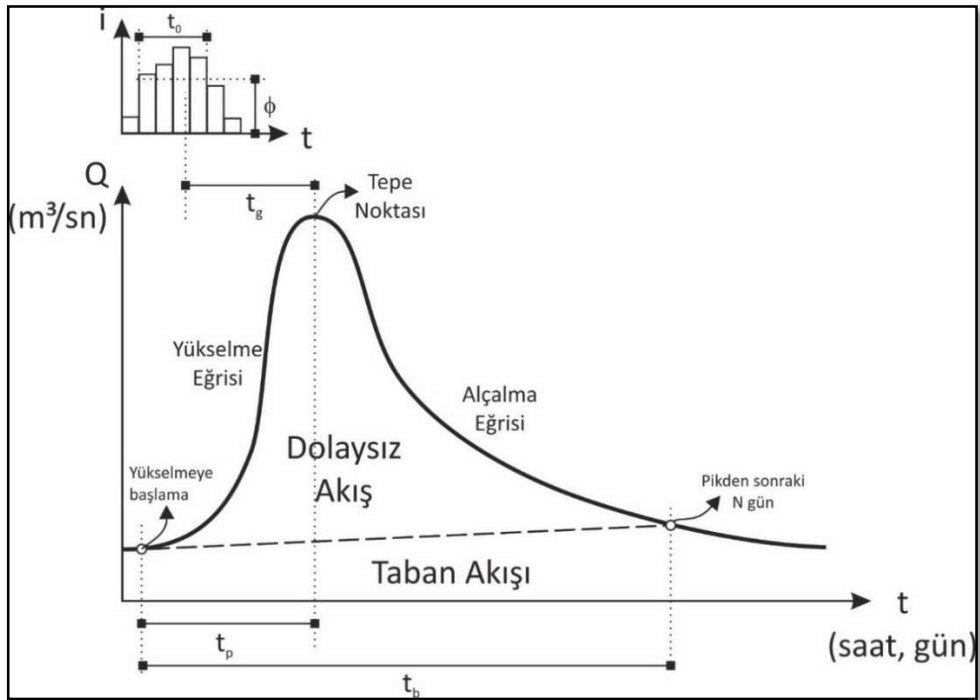
HİDROGRAF ve BİRİM HİDROGRAFLAR

2.1. HİDROGRAF

Bir akarsu kesitindeki debinin zamanla değişimini gösteren eğriye hidrograf denir. Debi (m^3/sn) düşey, zaman (saat) yatay eksende gösterilir[2]. Genellikle debi birimi m^3/sn 'dir. Küçük dereler için birim l/s olabilir. [3].

2.1.1 Bir Hidrografın Elemanları

Hidrografların neredeyse tamamı simetrik olmayan bir çan şekline sahiptir ve 3 parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar yükselme eğrisi, tepe noktası, alçalma eğrisi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2. 1. Hidrografın elemanları.

2.1.1.1. Yükselme Eğrisi (Kabarma)

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi yağışın başlangıcı ile pik (tepe) noktası arasında yer alan kısım yükselme eğrisini oluşturur ve oldukça diktir. Şekli, yağış ve havza parametrelerine bağlıdır[2].

Yağışın başladığı andan itibaren tepe noktasına kadar olan yükselme eğrisi oldukça dik bir eğime sahiptir. Havzanın genel özellikleri kar ve yağışın şiddeti yükselme eğrisinin dikliğini oldukça etkilemektedir[3].

2.1.1.2 Tepe Noktası

Debinin maksimum değere ulaştığı noktadır. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi tepe noktası ile hiyetografin ağırlık merkezi arasındaki zaman aralığına gecikme zamanı (t_g), hidrografın yükselmeye başladığı süre ile tepe noktası arasındaki zaman aralığına ise pike ulaşma süresi (t_p) denir[2].

2.1.1.3 Alçalma Eğrisi (Çekilme)

Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi alçalma eğrisi, yükselme eğrisine göre oldukça yatıktır. Alçalma eğrisinin şekli, yağıştan çok havzanın karakteristiklerine bağlıdır. Çekilme eğrisindeki debinin azalma hızı giderek yavaşlar ve eğri yataya asimptot olarak sabit bir değere (taban akışı) yaklaşır[2].

Taban akışı, yağıştan önce var olan akış, dolaysız akış ise yağmurun ve varsa kar erimesinin sebep olduğu ilave akış olarak düşünülebilir. Dolaysız akışın başlangıcı ile bitimi arasındaki süreye hidrografın taban süresi (t_b) adı verilir[2].

Tepe noktasında ulaşılan pik debi değerinden sonraki taban akışına kadar düşen kısma alçalma eğrisi veya çekilme bölgesi denir. Alçalma eğrisinin şekli yüzeyaltı suyu veya yeraltı suyu gibi elemanların etkisine bağlıdır[3].

2.2. AKARSU HAVZASININ BİR SİSTEM OLARAK İNCELENMESİ

Bir akarsu havzası, üzerine düşen yağışı akışa dönüştüren bir sistem olarak düşünülebilir. Bu sistemin girdisi yağış çıktısı ise akıştır[2].

$$Q(t) = f[i(t)] \quad (2.1)$$

Akarsu havzasının bir sistem olarak incelenmesinin amacı, sisteme giren $i(t)$ şiddetindeki yağış yardımıyla $Q(t)$ debisini tahmin etmektir. Çünkü, her havzada yeterince uzun veya hiç akım gözlemi yapılmamış olabilir[2].

Akarsu havzalarındaki yağış akış ilişkisi çok karmaşıktır. Bu nedenle, bazı kabuller yapılarak bu sistem basitleştirilmeye çalışılır ve sistemin bir matematik modeli kurulur[2].

2.2.1. Parametrik (çok bileşenli) Havza Modelleri

Parametrik modellerde akarsu havzasının yağışı akışa dönüştürmesi olayı; sızma, yer altı akışı ve yüzeysel akış gibi bileşenlere ayrılarak analiz edilir ve bu bileşenlerin aralarındaki ilişkiler belirlenir[2].

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[4].

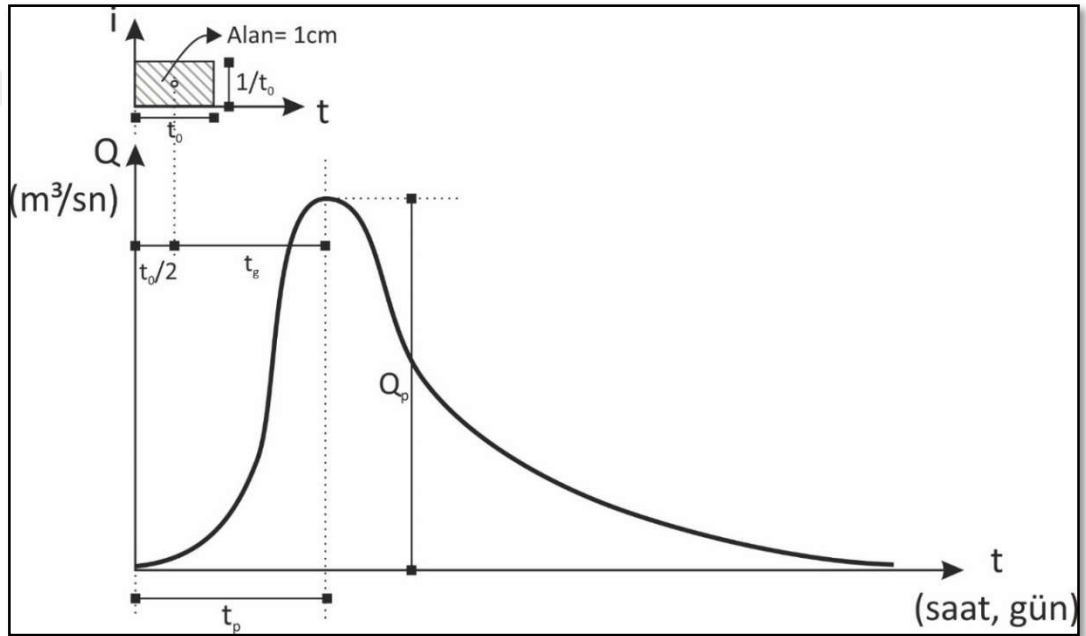
2.2.2. Kapalı Kutu Havza Modelleri

Hidrolojik olayların ayrıntılı olarak incelenmesinden vazgeçilip, sadece yağış ile akış arasındaki ilişkiyi dikkate alan kapalı kutu modeller, parametrik modeller kadar hassas olmamakla beraber daha basit olduklarından yaygın olarak kullanılırlar[2].

2.3. BİRİM HİDROGRAF

Bir akarsu havzasına belirli bir zamanda “sabit şiddette” düşen birim yükseklikteki (1 cm) artık yağışın oluşturacağı dolaysız akış hidrografına birim hidrograf (BH) denir[2].

Su toplama havzasını, artık yağışı dolaysız akışa dönüştüren lineer bir sistem olarak kabul eden havza modeline birim hidrograf modeli adı verilir[2].



Şekil 2. 2. Birim Hidrograf.

En yaygın olarak kullanılan kapalı kutu havza modeli birim hidrograf modelidir. Havza modellerinin kurulmasında karşılaşılan en büyük güçlük, yağış ile akış arasındaki ilişkinin doğrusal (lineer) olmayışındır. Havzadaki i_1 yağışının sebep olduğu akım Q_1 , i_2 yağışının sebep olduğu akım Q_2 ise, (i_1+i_2) yağışının yol açtığı akım her zaman (Q_1+Q_2) olmaz. Doğrusal olmayan ve süperpozisyon ilkesinin uygulanmadığı bu sistemlerin incelenmesi, doğrusal sistemlere göre çok daha zordur[2].

Ancak, incelemeyi kolaylaştırmak için bazı kabuller yapıp yağış ve akış değerleri bazı değişikliklere maruz bırakılarak sistem şöyle lineer hale getirilebilir:

Toplam yağış - kayıplar = artık yağış (net yağış) (kayıplar; tutma, yüzey birikintileri ve sızmalardan meydana gelir),

Toplam akış - taban akışı = dolaysız akış

1932 yılında Sherman tarafından ortaya konulan birim hidrograf teorisi aşağıdaki kabullere dayanmaktadır.

1- Artık yağış belirli bir süre boyunca sabit şiddette yağmaktadır[5].

2- Artık yağış tüm havza alanına üniform bir şekilde dağılmaktadır[5].

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[5].

3- Belli bir zaman süresince devam eden artık yağışın oluşturduğu dolaysız akışın süresi yağış şiddetinden bağımsız sabit bir değerdir[5].

4- Aynı taban genişliğine sahip olan dolaysız akışların ordinatları her hidrografın toplam dolaysız akış miktarı ile orantılıdır[5].

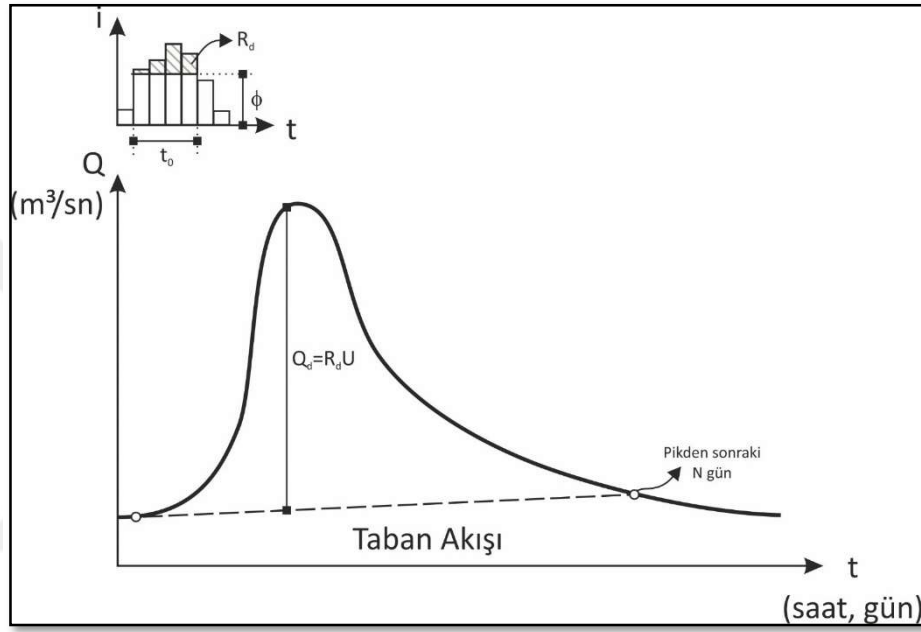
5- Belirli bir artık yağışın oluşturduğu hidrograf tüm havza özelliklerini yansıtmaktadır[5].

2.3.1 Birim Hidrografın Uygulanamayacağı Öngörülen Durumlar

Birim hidrograf, kar erimesinden kaynaklı akışta veya net yağış süresinin birim hidrograf taban genişliğini aştığı havzalarda uygulanamamaktadır ve ayrıca havza sahasının büyük olduğu durumlarda ise küçük kısımlara ayrılarak havzaların birim hidrografları hesaplanmaktadır[4].

2.3.2. Birim Hidrografın Elde Edilmesi

Birim hidrografı elde etmek için, tüm havzaya üniform olarak yayılmış, şiddeti fazla değişmeyen, kısa süreli ve diğer yağışlardan yeterince ayrılmış bir yağışın hiyetografından ve ayrıca, bir akım gözlem istasyonunda ölçülmüş debi değerlerinden yararlanılır [2] ve BH şu adımlarla elde edilir (Şekil 2.3):



Şekil 2. 3. Birim Hidrografın elde edilmesi.

- Yağış Analizi: Kaydedilen yağışın hiyetografı çizilir.
- Taban Akışının Çıkarılması: Gözlenen hidroraftan, taban akışı ayrılır. Hidrografın ordinatlarından taban akışı değerleri çıkarılarak dolaysız akış hidrografı elde edilir.
- Dolaysız Akış Yüksekliğinin Bulunması: Dolaysız akış hidrografının altındaki alan ölçülerek (hacim boyutundadır) toplam akış hacmi (V) bulunur. Bu değer, havza alanına bölünerek dolaysız akış yüksekliği (R_d , cm) bulunur ($R_d = V/A$).
- BH'nın Ordinatlarının Hesaplanması: Artık yağışın tamamı dolaysız akışa dönüştüğünden, artık yağış yüksekliği dolaysız akış yüksekliğine eşittir. Dolaysız

akış hidrografının ordinatları dolaysız akış yüksekliğine (cm) tek tek bölünerek BH'nın U ordinatları belirlenir ($U = Q_d/R_d$).

e. BH'nın Artık Yağış Süresinin (t_0) Belirlenmesi: Elde edilen BH'nın artık yağış süresini (BH'ı meydana getiren yağışın süresi) 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'nın süresini) verir[2].

2.3.3 Değişik Süreli Birim Hidrografların Elde Edilmesi

Bir havzanın belli süreli birim hidrografı biliniyorsa bu hidrograf kullanılarak, aynı havza için farklı süreli birim hidrograflar bulunabilir. Bunu yapmakta kaydırma ve S-eğrisi metodları olmak üzere iki farklı metod kullanılır[3].

Artık yağış süresi farklı örneğin 2 saat süreli birim hidrograf bilinirken 5 saat süreli BH gerekli olabilir. Bu durumda aşağıdaki 2 farklı yöntem uygulanabilir.

2.3.3.1. Kaydırma Metodu

Kaydırma metoduyla süreleri birbirlerinin tam katı olan birim hidrograflar birbirlerinden elde edilebilirler.

İstenen t_1 süresi, verilen (hesaplanan) t_0 süresinin tam katı ise (mesela 2 saatlik BH veriliyor ve 6 saatlik BH isteniyorsa), t_0 süreli BH, Δt adımlarla ve $(t_1-t_0)/\Delta t$ defa ötelenir ve toplanır. Burada; Δt , BH apsisleri arasındaki zaman aralığıdır. Toplam değerleri t_0/t_1 ile çarpılarak t_1 süreli BH elde edilir[2].

2.3.3.2. S- Eğrisi Metodu

S-Eğrisi metodu süreleri birbirlerinin tam katı olmayan birim hidrografların elde

edilmesinde kullanılır. Örneğin 2 saat süreli birim hidrograf bulunurken 5 saat süreli birim hidrografi elde etmek gerekebilir.

Sabit bir i şiddetindeki sonsuz süreli bir yağışın meydana getireceği hidrografa S hidrografi denir. S hidrografını elde etmek için, t_0 süreli BH'lar t_0 zaman aralıklarıyla ötelenir ve toplanır. S hidrografi, t_1 kadar ötelenir ve iki hidrografın ordinatları farkı t_0/t_1 ile çarpılarak t_1 süreli BH elde edilir[2].

2.3.4. Birim Hidrografla Yağıştan Akışa Geçilmesi

BH yardımıyla herhangi bir yağış anında oluşacak akışın hidrografi aşağıda belirtildiği gibi adımlar izlenerek elde edilir.

- a. Hiyetograftan sızma miktarı çıkarılarak artık (net) yağış hiyetografı elde edilir.
- b. Artık yağış hiyetografı, her biri t_0 süreli olan parçalara ayrılarak her bir parçanın i_i ortalama yağış şiddeti ve $P_i = i_i * t_0$ eşitliğiyle de artık yağış yüksekliği bulunur.
- c. Bir t anındaki hidrograf ordinatı (U) şöyle hesaplanır: 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[2][4].

2.4. BİRİM HİDROGRAF AYIRMA TEKNİKLERİ

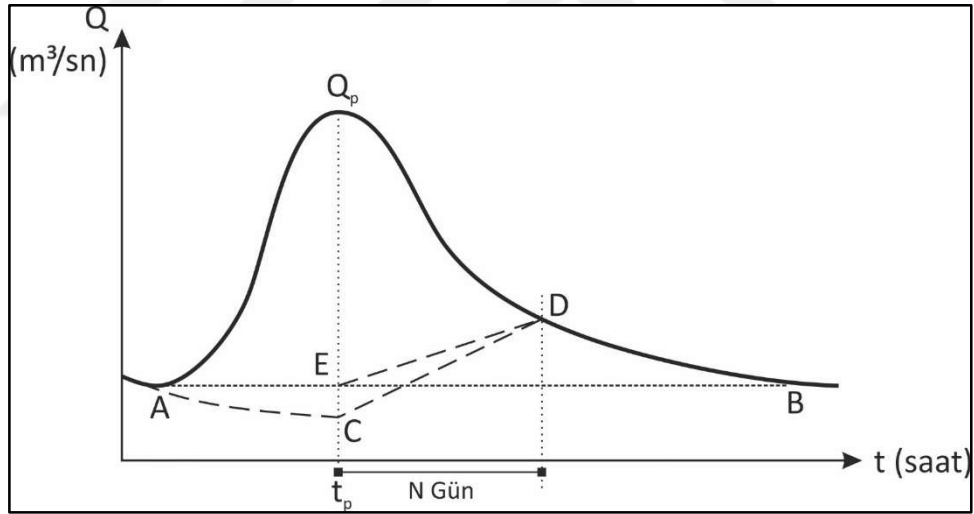
Yeraltısuyundan gelen akımla sağanaktan dolayı yüzeyden gelen akımın karakterleri çok farklıdır. Bu sebeptendir ki hidrografın bu iki önemli kısmının birbirinden ayrılması gerekmektedir. Yüzeyaltı akımı ise daha karmaşıktır, şayet süzülmeden hemen sonra akarsuya katılıyorsa yüzey akımına, aksi halde yeraltı suyuna dahil edilir. Yüzey akımıyla, yeraltısuyu akımını ayıran çizgi kesin değildir. Bu sebeple değişen şartlara göre uygulanabilecek farklı hidrograf ayırma teknikleri vardır[3].

Hidrograf ayırma teknikleri basit metot, yaklaşık metot, Barnes (Yarı-Logaritmik) Metodu, Çok Pikli Hidrografların ayrılması ve ortak çekilme eğrisi bazı hidrograf ayırma teknikleridir. Bu bölümde Basit ve Yaklaşık metot üzerinde durulmuştur.

2.4.1. Basit Metot

En basit yeraltısuyu ayırma tekniğidir. Şekil 2.4’de görüldüğü gibi yüzey akımın başladığı A noktasından yatay bir çizgi çizilir. Bu doğru hidrografın alçalma eğrisini B noktasında keser. Basit metodun ikinci yolunda bu yatay doğru pik değerinin altındaki E noktasına kadar uzatılır. Bu nokta hidrografın çekilme eğrisi üzerindeki, E’den N gün sonrasına denk gelen D noktasına düz bir çizgiyle birleştirilir. N aşağıdaki denklemden bulunur[3].

$$N = 0,75 * A^{0,2} \quad [3]$$



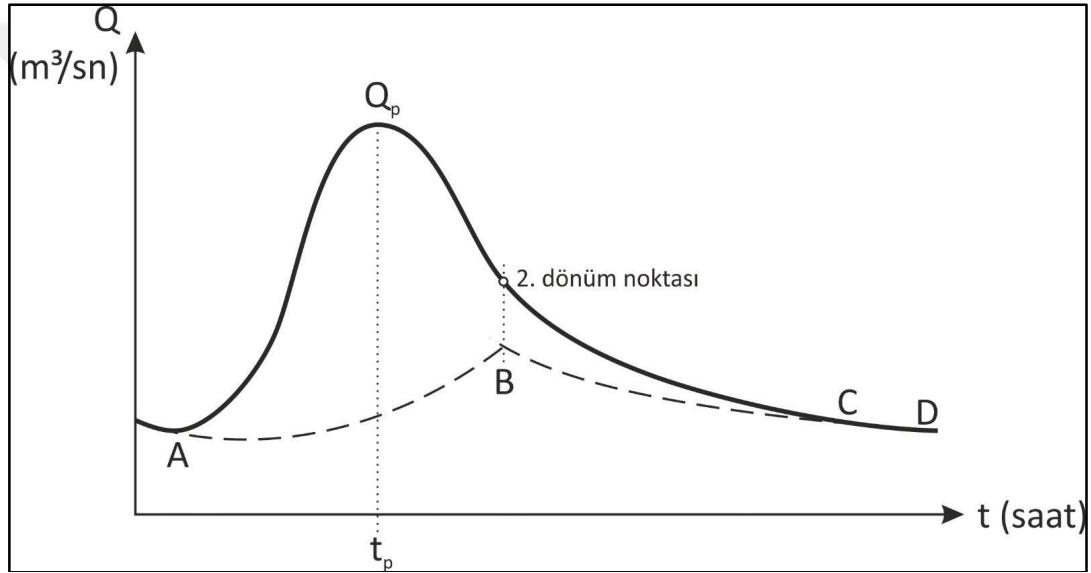
Şekil 2.4. Taban akışı ayırma Basit metot tekniği[3].

Burada N gün cinsinden pik akım noktasından yüzey akımın bitimine kadar olan süreyi, A de km² cinsinden havza alanını gösterir. Üçüncü bir yol da bu hidroraftan önceki hidrografın yeraltısuyu çekilme eğrisi A noktasından devam ettirilerek pik değerinin altındaki C noktasına kadar uzatılır. C noktası yukarıda nasıl bulunacağı anlatılmış olan D noktasına birleştirilerek ayırım elde edilir. Bu metotta yüzey ve

yeraltı suları üç yolla ayrılabilir. Her üç yolla yapılan ayırmada da yüzeyaltı suyu dikkate alınmaz.

2.4.2. Yaklaşık Metot

Bu metotta hidrografın sonundaki yeraltı suyu çekilme eğrisi, CD, geriye doğru ikinci dönüm noktasının altına kadar uzatılmaktadır (B), sonrasında bun okta uygun bir şekilde başlangıç noktası (A) ile birleştirilir. ABD eğrisinin altındaki kısım yeraltısuyu katkısını göstermektedir[3].



Şekil 2.5. Taban akışı ayırma Yaklaşık metot tekniği[3].

Bu çalışma kapsamında Trabzon Değirmendere havzasında yüzey akımı ve yeraltı suyundan gelen akım basit metot yönteminin 1. Yolu kullanılarak ayrılmıştır.

2.5. SENTETİK BİRİM HİDROGRAFLAR

Snyder metodu, DSİ Sentetik metodu, Mockus metodu, SCS Metodu, Mc Math metodu sentetik birim hidrografın elde edilmesi amacı ile kullanılan yöntemlerdendir.

Birim hidrograf metodlarının uygulanması kolay ve bir hayli basittir. Fakat aynı

drenaj alanına ait akım verileri ve bunlara karşılık gelen yağış verilerinin bulunması gerekmektedir. Genellikle veriler temin edilirken akış ve yağış verilerini toplayan kurumların farklı olması dolayısıyla da aynı havzaya ait veriler bulunmayabilmektedir.

Sürekli akım ve yağış verilerini takip etmek yerine sentetik yöntemlerle birim hidrografın temin edilmesi mümkündür. Bu şekilde elde edilecek olan birim hidrograflar sentetik birim hidrograf olarak adlandırılmaktadır.

Sağanak sırasında yağış ölçen aletler çalışmayabilir. Bazen sağanak öyle karışık olabilir ki hidrograf parçalarına ayrılıp analiz yapılamaz. Bu durumlarda birim hidrograf teorisi kullanılamaz ve benzer havzalardaki geçmiş gözlem ve tecrübelere dayanarak bu havzanın hidrografının sentetik olarak bulunması gerekir[3].

Snyder metodu, DSİ Sentetik metodu, Mockus metodu, SCS Metodu, Mc Math metodu sentetik birim hidrografın elde edilmesi amacı ile kullanılan yöntemlerdendir.

Havzalar içerisinde yağış değerleri değişkenlikler gösterebilmektedir. Havzanın drenaj alanının miktarı, suyun toplanma ve yükselme süresine göre Snyder metodu, Mockus metodu ve DSİ Sentetik metodlarına göre havzaların pik debileri hesaplanabilmektedir.

Çizelge 2. 1 Birim hidrograf yöntemlerinin kullanım şartları[6].

DRENAJ ALANI (km²)	TASARIM YÖNTEMİ	TOPLANMA VE YÜKSELME ZAMANI
1-10	Mockus Yöntemi	$T_c < 30$ saat
10-1000	DSİ Sentetik Yöntemi	$T_p > 2$ saat
>1000	Snyder Yöntemi	Yok

BÖLÜM 3

BİRİM HİDROGRAF İLE İLGİLİ ÖNCEKİ BAZI ÇALIŞMALAR

3.1. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN (CBS) KULLANIMI VE ÖNEMİ

CBS dünya üzerindeki nesneleri ve olayları iyi bir şekilde analiz ederek bu bölgeyi haritalandırmak olarak tanımlanabilir. Bu şekilde bir çok alan hakkında daha hassas çalışmalar yapılmasına yardımcı olan CBS bir çok alanda kullanılmasının yanında günümüz dünyasında hidroloji, su kaynakları ve su yapılarının öncesindeki öngörü çalışmalarında kullanımı yaygınlaşmıştır[7].

Çok kısa sürede aşırı şiddetli bir yağışın sebebiyet verdiği bir taşkın anlık olarak durumunu ortaya koymaktadır. Çok hızlı çözüm üretmek isteyen bir inşaat mühendisinin anlık birim hidrografi hesaplamasında çok büyük bir öneme sahip olduğu bilinen bir gerçektir[7].

CBS baraj, göl ve yol gibi birçok mühendislik yapısının alanlarının hesaplanması istenilen konumlara yaklaşım mesafelerinin hesaplanması bunun yanı sıra ilave bölgeler tampon bölgelere ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilirliğinin belirlenmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte hem daha doğru sonuçlar alınması açısından hem de uygulamada sağladığı kolaylıklar açısından da bir önem arz etmektedir[7].

CBS havzanın harita olarak görselleştirilmesi havza karakteristik verilerinin belirlenmesi ve havza alanını çevreleyen sınırların belirlenmesi ile bu havzanın gerekli analizlerinin yapılmasında kullanılmaktadır.

Şeker vd.'nin (2009) yapmış oldukları çalışmada, Orta ve büyük ölçeğe sahip bir havzanın hem geçmişteki hemde günümüzdeki çevresel karakteristik özelliklerinin CBS sistemi ile nasıl gerçekleştirileceğinin bir örneğini oluşturmak için çalışma bölgesi olarak seçtikleri Melen Havzası CBS uzaktan algılama yardımıyla incelemişlerdir. Bunlara ek olarak havza alanının arazi kullanım dağılımını, idari sınırlarını ve

havzanın sınırlarını, su toprak, havzanın akarsu ağını, havzanın drenaj ağını belirten sayısal arazi modeli haritalar ortaya koymuşlardır[8].

Akkaya Aslan (2005) yapmış olduğu çalışmada, CBS kullanarak Bursa Karacabey İnkaya Gölet Havzası için havza alanı, ortalama eğimi, çevre uzunluğu, maximum minimum uzunluğu, ortalama uzunluklarını, su yolu eğimini, drenaj yoğunluğu eğimi gibi havzanın karakteristiklerini belirlemiştir[9].

Erenbilge (1996) yapmış olduğu çalışmada, Denizli – Çürüksu Havzasının hidrolik yapısını incelemek için CBS kullanmıştır. Bu çalışmada havzanın kapladığı alanın 1972 km²'lik drenaj alanı için yağış akış modelini kullanmıştır. CBS yardımı ile elde edilen bilgiler ile CBS dışı yazılımlar birlikte kullanarak modele uygulamıştır. Sonucunda ise model ile CBS'nin birlikte kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarını bunlara ek olarak da havzanın karakteristik özelliklerini ortaya koymuştur[10].

Yüksel (2001) yapmış olduğu çalışmada, Kahramanmaraş Ayvalı Barajı yağış havzasındaki arazi kullanma şekillerini, topraklara ait fiziksel özellikleri ve havzanın hidrolojik özelliklerini belirlemiştir. Bu verileri CBS'yi kullanarak havzadaki sediment verimi ve yüzeysel akış durumunu ortaya koymuştur[11].

Arsan (2008) yapmış olduğu çalışmada, CBS yardımıyla çok değişkenlik gösteren istatistik tekniğinin gerçekleştirilebilmesi adına yazılan makro kodları kullanmış ve aba arayüzü hazırlamıştır. Porsuk Çayı Havzası üzerinde bulunan gözlem istasyonlarından elde edilen veriler dahilinde su kalitesi veri tabanı oluşturmuştur. Devamında belirtilen arayüz sayesinde analiz etmiş ve kalite değişiminde etkili olan değişkenleri belirleyip potansiyelini yorumlamıştır. Yapmış olduğu bu çalışmada (CBS) yardımıyla kalite verilerini uygun olarak sınıflandırıp su kalite haritalarını ortaya koymuştur[12].

3.2. BİRİM HİDROGRAF HAKKINDA YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR

Yüksel vd.'nin (1999) yapmış oldukları çalışmada, Kağıthane Alibeyköy ve Küçükköy havzalarının ayrı ayrı hidrograf analizi çalışmasını yürütmüşlerdir. 25

yıllık yağış verilerini temin etmişlerdir. (5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 yıl) tekerrürlü taşkın debilerini DSİ Sentetik hidrograf yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Elde etmiş oldukları debi değerlerini rasyonel metotta bulunan debi değerleri ile karşılaştırmada bulunmuşlardır. DSİ Sentetik yönteminin rasyonel yönteme göre daha uygun sonuçlar elde ettiğini gözlemlemişlerdir. Her dere için ayrı birim hidrograf değerleri belirlemişlerdir. Elde ettikleri birim hidrograf değerlerine muhtelif tekerrürlü taşkın hidrografları bulmuşlardır. Değişik tekerrürlere sahip derelerde meydana gelebilecek debileri belirlemişlerdir[13].

Koca (2014) yılında yapmış olduğu çalışmada, Rize İyidere alt havzası ikizdere kesiti için birim hidrograf üretmiştir. Bu amaçla çalışmalarında havzanın özellikleri ve birim hidrograf hakkında genel bilgi vermişlerdir. Havzaya ait toplam 30 yıllık yağış verileri MGM'nin istasyonundan, akım verileri ise AGİ'den elde edilmiştir. Bu veriler dahilinde aynı havzada sentetik yöntemler de kullanılarak birim hidrograf değerleri elde edilmiştir. Birim hidrografların sentetik olarak çıkarılmasında kullanılmakta olan Snyder yöntemi katsayıları, söz konusu olan havza için $c_t = 0,857$ ve $c_p = 0,222$ olarak, Mockus Yöntemi katsayıları $K = 0,362$ ve $H = 1,87$ olarak bulmuşlardır. Koca yapmış olduğu bu çalışmada havzada oluşan akımların ortalama değerlerini, farklı dönemlere ait olan hidrograf değerleri ve bu değerlere ek olarak bu hidrograflardan elde edilen ortalama birim hidrograf değerini bulmuşlardır[5].

Balkanoğulları vd.'nin (2011) yapmış oldukları çalışmada, Havzanın 23 yıllık yağış ve akış değerlerini kullanmıştır. Havzanın 23 yıllık yağış ortalaması 544,2 mm ve akım ortalaması 6,04 mm dir. Benzer havzalarda birim hidrograf değerinin sentetik olarak çıkarılmasında kullanılan Snyder katsayıları olan $c_t = 0,311$ ve $c_p = 0,293$ olarak, Mockus metodu katsayılarını $K = 0,119$ ve $H = 3,95$ olarak hesaplamıştır. Balkanoğulları bu çalışmada havzada oluşan akımların ortalama değerlerini, bireysel hidrografları ve bunlar kullanılan havzanın birim hidrografları verilmekte ayrıca kullanılan bu değerler değişik sentetik metotlarla elde edilen birim hidrograflarla karşılaştırılmaktadır[14].

Eren (2011) yapmış olduğu çalışmada, Kayalı deresinin tüm kollarında DSİ Sentetik, Mockus, Snyder sentetik metodları kullanarak farklı tekerrürlü taşkın debilerini

ortaya koymuştur. Kayalı deresinin anakolu için uyguladığı yöntemlerin birbiri ile karşılaştırmasını yapmıştır. Bu çalışmada sentetik birim hidrograf yöntemlerini kullanarak hesapladıkları 500 yıllık taşkın debilerine göre düşünülen ışlah kesitleri için tahkikler yapmışlardır. Sadece rasyonel metot kullanılarak boyutlandırma yapılmıştır. Kayalı deresi havzasında yapılmakta olan çalışma sayesinde kesitlerin belirlenmesinde sadece rasyonel metodun kullanılmasının yerterli olmadığı önemle vurgulanmıştır. Taşkın debilerini belirlenmesi için sentetik metodların da kullanılmasının önemli olduğunu ortaya koymuştur[15].

Göçmen (2006) yapmış olduğu çalışmada, Edirne ili Merkez ilçesi sınırları içerisinde bulunan 3 farklı büyüklere sahip havzaların Snyder, Mockus, Turc, Mc math, SCS boyutsuz ve rasyonel yöntemleri doğrudan yüzey akışları kullanılarak birbiri ile mukayesesi yapılarak araştırmıştır. Bu araştırmada 15 yıllık ölçüm değerleri kullanılmıştır. alışmasının sonucunda Snyder ve Mockus katsayılarının yenilenmesi gerektiği belirtilmiştir[16].

Bingöl (2006) yapmış olduğu çalışmada, İstanbul'da belirlemiş olduğu on bir adet taşkın debisini iki adet deterministik ve iki adet ampirik yöntem kullanarak hesaplamıştır. Toplamda 4 farklı yöntem kullanmıştır. Dört yöntemle debi hesabı yapılmıştır. Araştırması sürecinde bu 11 dere üzerinde yapılmış debi ölçümlerine ihtiyaç duymuştur. Bulduğu lm değerlerinin sağlıksız olduğunu belirtmiştir. Değerlerde bir süreklilik olmadığından dolayı belli periyotlara ait taşkın debilerinin hesaplanamadığını belirtmiştir[17].

Öztürk (2006) yapmış olduğu çalışmada, İstanbul ilinde belirlemiş olduğu 8 farklı derenin taşkın debilerinin hesaplamasını yapmıştır. Yaptığı bu çalışmada Snyder, Mockus, SCS yöntemlerini kullanarak hesaplamalarını yapmıştır. Havza içerisinde havza için belirlenmiş katsayılar olmadan hesaplamalarını yaptığından dolayı Snyder yönteminde bulduğu verilerin oldukça büyük olduğunu özellikle belirtmiştir[18].

Tuna (2011) yapmış olduğu çalışmada, Fırat niversitesi içerisinden geçen alğan deresinin yağış akış ilişkisini belirlemiştir. Belirlediği bu ilişki sonucunda olası taşkın zararlarından korumak ve Fırat niversitesi kampüs alanında sulamanın

yapılacağı bir göleti projelendirmek için hidrolojik çalışmalar yapmıştır. Ve bir takım önerilerde bulunmuştur. Yaptığı çalışmalarda birim hidrograftan faydalanmıştır[19].

Güenal (2015) yapmış olduğu çalışmada, Sentetik birim hidrografi Snyder, Mockus, SCS ve DSİ sentetik metotlarını kullanarak hesaplamıştır. İlk ölçülmüş değerleri kullanarak hesaplarını yapmıştır. Daha sonrasında bahsi geçen yöntemler kullanılarak hesaplamalarını yapmıştır. Damlıca, Vize ve kumdere havzalarında Snyder, Mockus, SCS, DSİ sentetik yöntemlerini ayrı ayrı uygulamıştır. Damlıca havzasına ait hidrolojik parametreleri GIS kullanarak elde ettiği havza değerlerine göre hesaplamalarını yapmıştır. Hem CBS hem de yapay zeka tekniklerini kullanarak birim hidrografın elde edilmesini dile getirmiştir[20].

Ersoy (2017) yapmış olduğu çalışmada, Manisa iline bağlı Yunusemre ilçesinin Beydere mahallesi sınırlarından geçen Gediz nehrinin bir yan kolu olan Kızıldere havzasının 100, 500, 1000 yıl tekerrürlü taşkın debilerinin görülmesi durumunda meydana gelebilecek taşkın alanlarını belirlemiştir. Taşkın alanlarının belirlenmesi için Kızıldere deresine ait AGİ'nin bulunmaması sebebi ile 100, 500, 1000 yıl tekerrürlü taşkın debilerini Mockus yöntemini kullanarak belirlemiştir[21].

Zarifoğlu (2018) yapmış olduğu çalışmada, farklı dönüş aralıklarına karşılık gelen günlük yağış tahminlerini yapmıştır. Kanlıköy ve Gönyeli göletlerinin çıkış noktalarında akış hidrografını hesaplamıştır. Akış hidrografları SCS Birim Hidrograf yöntemi ile üretmiştir. Akarsu modelinde memba sınır koşulu olarak tanımlamıştır. Bunlara bağlı olarak Kuzey Kıbrıs'ta Lefkoşada 37 yağış istasyonunun günlük verilerine kalite kontrol homojenlik analizi uygulamıştır. Ek olarak trend analizi ile ekstrem yağış indislerinin meydana getireceği değişiklikleri değerlendirmiş ve önemle vurgulamıştır[22].

Börü (2019) yapmış olduğu çalışmada, Sentetik birim hidrograf yöntemlerinden biri olan Snyder yöntemini kullanmıştır. Snyder sentetik birim hidrograf değerlerinin ülkemizdeki havzalar için değişimini incelemiştir. Ülkemizin genelinde 26 adet alt havzalara ait birim hidrograf elemanları gözlemlenmiş ve elde edilen veriler kullanılmak üzere düzenlenmiştir. Bu düzenlenen veriler kullanılarak Snyder

yöntemi sayesinde denklem katsayılarını hesaplamıştır. Bulmuş olduğu parametreler ile Snyder yönteminde yer alan havza alanı arasındaki ilişkiyi grafiklerle incelemiştir. Bu katsayıların ülkemizde uygulanabilirliğini sorgulamıştır. Kendi bulduğu katsayı değerlerinin ülkemiz havzaları için dikkate alınması gerektiğini önemle dile getirmiştir[23].

Chow (1988) yapmış olduğu çalışmada, Bir birimlik etkiye karşı gelen bir gama denklemi önermiş olduğu yönteminde, yalnızca havza modellemesi yapmamıştır. Aynı zamanda hesaplanan ve gözlenen birim hidrograf değerlerinin birinci ve ikinci momentlerine dayalı bir tekniği bilim dünyasına sunmuştur[24].

Sheridan (2002) yapmış olduğu çalışmada, Geliştirmiş olduğu sentetik birim hidrograf yöntemi ile genellikle Toprak Koruma Servisi (SCS) standart birim hidrograf olarak günümüzde de kullanılmaktadır. En çok kullanılan sentetik birim hidrograf yöntemleridir Bir çok yerde dikkate alınması ve uygulanması gereken kural olarak görülmektedir[25].

Bhunya (2011) yapmış olduğu çalışmada, Sentetik birim hidrograf yöntemine bağımlı olarak iki parametrelili gama dağılım fonksiyonuna dayanım gösteren boyutsuz bir grafik oluşturularak Sentetik birim hidrograf değerlerini türetmektedir. Sentetik birim hidrograf yöntemi ile eş güdümlü olarak dikkate alınarak yapılmıştır[26].

Safarina (2012) yapmış olduğu çalışmada, Japonya'da bulunan nehirler için geliştirdiği ve yaygın olarak kullanılan Nakayusu Sentetik birim hidrograf yöntemi olarak bilinen yöntemi analitik yaparak değerlendirmelerde bulunarak uygulamıştır. Bu yöntemi Japonya' da nehirler üzerinde uygulayarak kendi ülkesinde birçok önemli öneride ve öngöründe bulunduğunu defaatle dile getirmiştir. Sentetik birim hidrograf yöntemi ana klavuzu olmuştur. Öngörülerinde de sentetik birim hidrograf yönteminin ne denli öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Sadece Japonya'da değil birçok ülkede bu çalışmanın dikkate alınarak birçok ülkenin dikkat etmesi gerektiğini belirtmiştir. Günümüzde de sentetik birim hidrograf yöntemleri önemle uygulanmaya çalışılmaktadır[27].

Ye (1994) yapmış olduğu çalışmada, CBS'yi kullanarak Mt. Kyeryong milli parkındaki tesis alanının gelişiminin nedeni olan hidrolojik etkileri araştırmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmada akış hacmini tahmin edebilmek için Rasyonel yöntemi ve SCS yöntemini kullanmışlardır. Pik debiyi Nakayusu yöntemi ile tesbit etmişlerdir. Sonuçta pik olarak akış hacmi Kapsamlı sunulan Plan Raporundaki değeri bu çalışma sonucunda bulunan değere daha küçük bir değere sahip olduğunu belirtmişlerdir[28].

Kang vd.'nin (2009) yılında yapmış oldukları çalışmalarında, Kritik fırtına hesabında dikkate almışlardır. Çalışmalarında yol geçiş drenaj menfezi tasarımı için bir yöntem önerisinde bulunmuşlardır. Birim hidrograf modellemelerini uygulama yaparak belirlemişlerdir. Uygulamış oldukları birim hidrograf modellemelerinden elde ettikleri sonuçlar dahilinde hesaplamış oldukları akış parametrelerinin gözlemlemiş oldukları verilerle istatistiksel açıdan yakın olduğunu çalışmalarının sonucu olarak dile getirmişler ve önerilerde bulunmuşlardır[29].

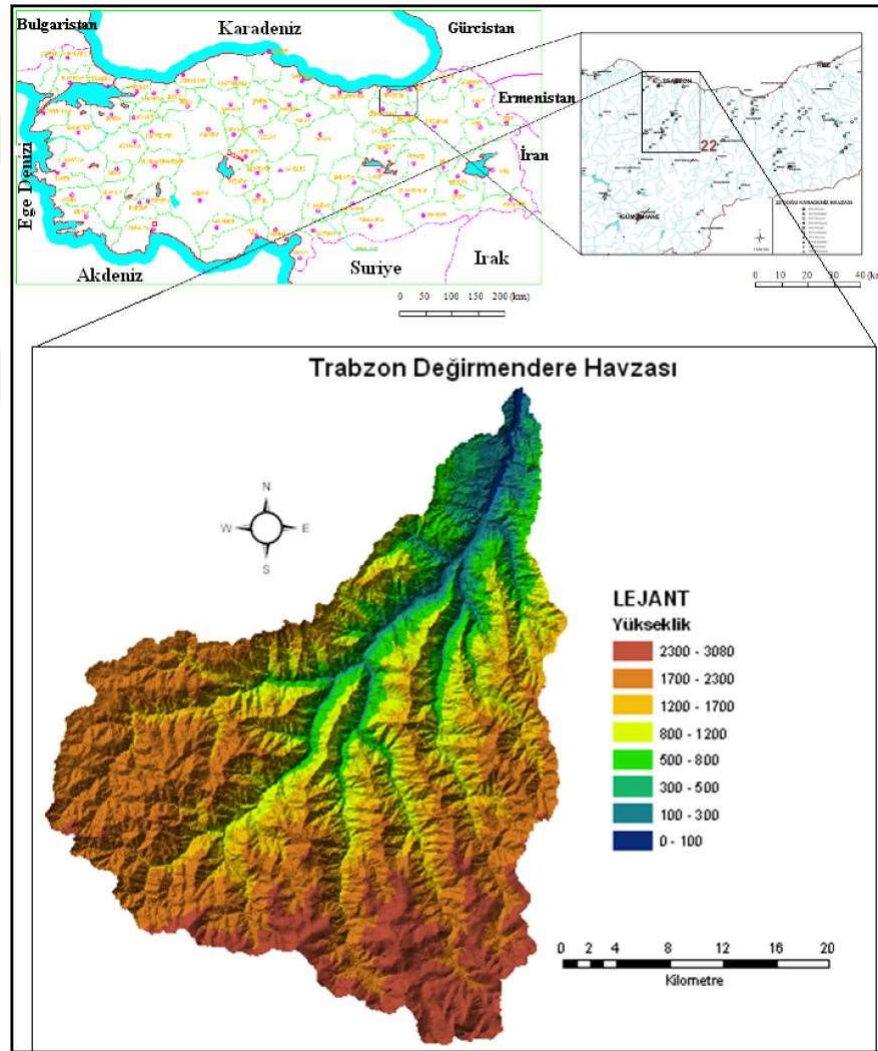
Bu çalışmada Trabzon Değirmendere havzasında birim hidrograf gözlenmiş değerlerle hesaplanıp sonrasında sentetik birim hidrograf yöntemlerinden olan Mockus, Snyder, DSİ Sentetik yöntemleri ile gözlenmiş değerlerle elde edilen birim hidrograf ile arasında kıyaslama yapılacaktır. En uygun yöntemin hangisi olacağı, aralarında bulunan farklılıkların nedeni ortaya konularak bu tartışma ve karmaşalara bir açıklık getirilmiştir.

BÖLÜM 4

MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. MATERYAL

4.1.1. Değirmendere Havzasının Coğrafi Konumu



Şekil 4. 1. Değirmendere Havzasının coğrafi konumu[30].

Bu çalışmanın yapıldığı Trabzon Değirmendere Havzası, 39°33'–39°45' doğu boylamları ile 40°32'–40°54' kuzey enlemleri arasında 1042 km² toplam drenaj

alanına sahip Değirmendere Havzası (Trabzon), kuzeyden güneye doğru yükselen topografyasıyla 3080 m kotundaki Kalkanlı ve Zigana Dağları'ndan başlayıp Trabzon İli'nin Karadeniz kıyısında sonlanan, Trabzon'un içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılandığı, jeolojik ve topografik şartları nedeniyle bol sedimente sahip bir havzadır [31].

Değirmendere havzasının anakolu, Trabzon-Gümüşhane karayolu (E97/D885) boyunca devam etmektedir. Değirmendere anakoluna Maçka, Altındere ve Galyan gibi birçok yan kolun katılması ile oluşan bir havzadır. Gümüşhane il sınırından başlayan Değirmendere Havzasının büyük bir bölümü Trabzon İl sınırları içerisinde yer almaktadır.

4.1.2. Değirmendere Havzasının Jeolojik yapısı

Havzanın jeolojik yapısı incelendiğinde bazalt, andezit, kireçtaşı, marn ve kila taşı oluşumları görülmektedir. Değirmendere Vadisi'nde alüvyonlar, Değirmendere'nin ağzında yani deniz ile birleştiği bölgede görülmektedir. Bu alüvyonlar çevrede yaygın olarak bulunan özellikle volkanik kayaların sedimentasyonu ile oluşmaktadır. Sediment taşınımına maruz kalan malzemeyi daha çok kum ve çakıl oluşturmaktadır; silt ve kil daha azdır. Değirmendere Vadisi'ndeki alüvyon tabakasının kalınlığı 5-25 m arasında değişmektedir [32].

4.1.3. Değirmendere Havzasının iklim özellikleri

Trabzon Değirmendere Havzası, Karadeniz ikliminin Doğu Karadeniz alt iklim tipi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Değirmendere Havzası Doğu Karadeniz Bölgesi iklim özelliklerini birebir yansıtmaktadır.

1978 yılında Trabzon ilinde don yaşanan gün sayısı en fazla 3-4 gündür. Çoğunlukla rüzgar ve kuzeybatıdan esen karayel hakim olmaktadır. 25 senelik gözlem süresince belirlenen en yüksek rüzgar hızı 31.6 m/s, fırtınalı gün sayısı yılda 3.2, kar yağışlı gün sayısı 2.9, karla örtülü gün sayısı 7.6 ve en yüksek kar kalınlığı 115 cm olarak belirlenmiştir[33]

4.1.4. Değirmendere Havzasının Toprak yapısı

Trabzon Değirmendere Havzasının toprak yapısı genellikle geçirimsiz killerden meydana gelmektedir. Geçirimsiz bir yapıya sahip olması toprakda sızma kapasitesinin düşük olmasına ve bu sebeple yağışın önemli bir miktarı yüzeysel akışa geçmesini sağlamaktadır.

Bu bölge topraklarının genellikle ince taneli malzemelerden oluşmuş olması sahada heyelanların yaşanmasında etkili olmaktadır. Bu tür yapıya sahip olan toprakların gözenek boyutları küçüktür. Ayrıca bu yapıya sahip olan topraklar bünyelerinde su tutabilmektedir. Toprak yağış ve kar erimesi nedeniyle su alarak suya doymun bir yapıya sahip olmaktadır. Su alması ile şişen toprak tanelerinin zaten küçük bir boyuta sahip gözenekleri kapanır ve yeraltı su sızmasını önleyerek suyun yüzeysel bir akış yapmasına neden olur. Yağışların devamında suya doymun olan zemin fazla suyu bünyesinde tutamamasından kaynaklı olarak kendi ağırlığı ve yer çekimi etkisiyle eğim aşağı kayma hareketiyle heyelan yaşanmasına neden olur [34].

4.1.5. Değirmendere Havzasının Arazi Kullanımı

Trabzon Değirmendere Havzasının yaklaşık % 43'lük kısmı orman alanıdır. Yaklaşık olarak % 40'lık kısmını da mera alanı oluştururken toplam havza alanının yaklaşık olarak % 17'si de tarım alanıdır.

Havza alanının yaklaşık % 43'ünü kapsayan orman alanlarının % 50'den fazla kısmını geniş yapraklı ağaçların oluşturduğu görülmüştür. Yükseltinin artmasıyla geniş yapraklı ağaçların yerlerini iğne yapraklı ağaçlar olarak geriye kalan orman alanlarını oluşturmaktadır. Havzada kayalık alanlar çok az bulunmakta ve bunların tamamına yakını havzanın güneybatı ve güneydoğu kısımlarında yoğunlaşmış vaziyettedir. Havzadaki yerleşim alanlarını büyük ölçüde mansaptaki Ortahisar İlçesi ve orta kademedede bulunan Maçka İlçesi yerleşimleri teşkil etmektedir[35].

4.2. YÖNTEM

4.2.1. CBS Yardımı ile Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Trabzon Değirmendere havzasında uygulanacak olan sentetik yöntemler için bazı havza karakteristiklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında bir CBS tabanlı program olan Global Mapper kullanılmıştır.

4.2.2. DSİ Sentetik Yöntemi

DSİ Sentetik yöntemi drenaj alanı 1000 km²'ye kadar olan havzalar için kullanılmaktadır. DSİ sentetik yöntemde kullanılmakta olan birim hidrograf 2 saatlik sağnak yağış değerlerine göre elde edilmiş olduğundan birim hidrografın yükselme süresi olan T_p değerinin 2 saatten az olmaması gerekmektedir.

Havzaya ait belli karakteristikler tesbiti yapılır.

1. A= Yağış Alanı (km²)
2. L= Havzadaki en uzun akarsu kolunun uzuluğu (m)
3. L_c = Yöntemin uygulanacağı havzanın ağırlık merkezinin, akarsu üzerindeki izdüşüm noktası ile havza çıkış noktası arasındaki akarsu uzunluğu (m)
4. S= 10 eş parçaya bölünmüş akarsu Harmonik Eğimi (birimi yoktur.)

Karakteristikler belirlendikten sonra hesaplamalara başlanılmaktadır.

$$\sqrt{S} = \frac{10}{\frac{1}{\sqrt{S}}} \quad (3.1)$$

$$E = \frac{L \times L_c}{\sqrt{S}} \quad (3.2)$$

$$qv = \frac{414}{A^{0,225} \times E^{0,16}} \quad (3.3)$$

$$Qp = A \times q_v \times 10^{-3} \quad (3.4)$$

$$Vb = A \times ha \times 10^3 \quad (3.5)$$

$$Tb = 3,65 \times \frac{Vb}{Qp} \quad (3.6)$$

$$Tp = \frac{Tb}{5} \quad (3.7)$$

Bu formüllerde;

Qp , Birim hidrografın pik debisi ($m^3/sn/mm$)

Tb , Hidrografa ait devam süresi (sn)

qv , Akış verimliliği ($lt/sn/km^2/mm$) = 1mm akış için verim

Vb , Birim hacim (m^3)

S , Harmonik Eğim ve birimsiz

ha , 1mm Akış yüksekliği

A , Havza alanı (km^2)

L , Havzada bulunan en uzun akarsu kolunun uzunluğu (m)

Lc , Havza ağırlık merkezinin proje kesitine olan uzaklığı (m)

Tp , Hidrografın yükselme zamanı (saat)

Bu şekilde ifade edilmektedir.

Bu yöntemde Tp değerinin 2 saatten küçük çıktığı durumda kullanılmasının uygun olmadığına bakılması çok büyük bir önem arz etmektedir. Uygulamadan önce 1000 km^2 olan alan şartına dikkat edilmesi gerekir.

4.2.3. Mockus Yöntemi

Mockus yöntemi, toplanma zamanı $Tc < 30$ saat olan drenaj alanı için uygulanması uygun olan bir yöntemdir. Mockus yönteminde projenin sağanak süresi (D) boyunca havzaya düşmekte olan yağışın sabit bir şiddetle ve homojen olarak düştüğü kabul edilmektedir.

Mockus yönteminde toplanma süresi 30'un üzerinde olan havzalarda büyük olan havza alt havzalara ayrılmaktadır. Alt havzaların birim hidrograf değerleri

kullanılarak büyük havzanın birim hidrograf değeri elde edilmektedir. Mockus yönteminin bu şekilde kullanılmasına süperpoze edilerek kullanılması olarak adlandırılmaktadır.

Mockus yöntemi, yapılan işlemler ile birlikte çizilen üçgen hidrograflar yardımıyla çalışmanın kolay olması sebebi ile tercih edilmektedir. Üzerinde AGİ bulunmayan dereler için kullanılmaktadır. Üçgen hidrograflar sayesinde rezervuarlarda ve akarsu yataklarında yapılacak olan ötelemelerde neredeyse eğrisel hidrograflar kadar hassas sonuçlar vermektedir ve istenildiği takdirde üçgen hidrograflar eğrisel hidrograflara dönüşümü yapılabilmektedir. Özellikle bir projelendirme esnasında hidrograf kuyruğunun etkili olduğu durumlarda eğrisel hidrografların kullanılma zorunluluğu vardır[7].

Mockus yönteminin süperpozesiz olarak çözümünde kullanılan formüller aşağıda belirtilmiştir.

Mockus yöntemi uygulamaya başlamadan önce bazı havza karakteristiklerinin belirlenmiş olması gerekmektedir. Yöntemi uygulamaya başlamadan önce aşağıdaki havza karakteristiklerinin belirlenmiş olması gerektiği bilinen bir gerçektir.

1. L = Havzadaki en uzun akarsu kolunun uzunluğu (birimi (m))
2. S = Ana su yolu harmonik eğimi

$$T_c = 0,00032 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (3.8)$$

$$D = 2 \times \sqrt{T_c} \quad (3.9)$$

$$T_p = 0,5 \times D + 0,6 \times T_c \quad (3.10)$$

$$T_r = H \times T_p \quad (3.11)$$

$$Tb = Tr + Tc \quad (3.12)$$

$$Qp = \frac{K \times A \times ha}{Tp} \quad (3.13)$$

$$K = \frac{Qe \times Te}{A} \quad (3.14)$$

$$H = \frac{2 \times 0,278 -}{K} \quad (3.15)$$

Bu formüllerde;

Tc, yağışın toplanma zamanı (saat)

Qp, Birim hidrografın pik debisi (m³/sn/mm)

Tp, Hidrografın yükselme zamanı (saat)

Tr, Birim hidrografın çekilme süresi (saat)

Tb, Birim hidrografın taban süresi (saat)

ha, Yıllık birim ortalama yağışı (mm)

D, Birim sağanak süresi (saat)

A, Havza alanı (km²)

L, Ana su yolu uzunluğu (m)

S, Ana su yolu harmonik eğimi

K ve H havza özelliklerine bağlı katsayılarıdır.

4.2.4. Snyder Yöntemi

Snyder yöntemi 1000 km²'den büyük drenaj alanına sahip havzalara uygulanmaktadır. Snyder yöntemi, birim hidrografın gecikme zamanı, pik sarfiyatı ve taşkın pik değerinin %50 ve %75'indeki hidrograf genişliğinin kullanımı ile yağış havzasına ait birim hidrografın bulunmasına dayanmaktadır.

Snyder yönteminin uygulanmasındaki en önemli husus Ct ve Cp katsayılarının belirlenmesidir. Snyder ingiliz birim sistemini kullanarak Ct katsayısı bulmuştur ve elde edilen Ct katsayısı 0,752 katsayısı ile çarpılarak düzeltilmektedir.

1938’ de Snyder ABD Appalachian bölgesinde yaptığı bir çalışmasında aynı noktada bir çok değişken karakteristik özellik etkilediği bilinmektedir.

Bu yöntemin asıl amacı benzer havzaların çeşitli karakteristiklerindeki farklılıkları göz önünde bulundurarak bunları verilen katsayılarla bir kuralla uyguluyor olmasıdır.

Snyder birim hidrograf değerinin hesaplanmasında havzanın bir çok özelliğinin etkili olduğunu bilinmektedir. Snyder, havzanın bir çok özelliğinin etkili olduğunu bildiğinden sadece havza alanı ve havza alanının şeklini dikkate almaktadır ve diğer bütün faktörleri bir “C” katsayısı sayesinde hesaplamaya gerek duyulmadan hesaplamaların dışında bırakmıştır.

Snyder yöntemi uygulamalarında drenaj alanlarının zemin cinsine ve drenaj alanlarına ait topografya ile bağlı ingiliz biriminde tesbit etmiş olduğu Ct katsayıları Çizelge 4.1’deki gibidir.

Cp değeri, Cp’nin 0,69-0,56 arasında değiştiğini belirtmektedir. Ct değeri artarken Cp değerinin azaldığı belirtilmiştir. Cp değeri havzanın topografik özelliği ve yağış yüküne göre değişiklik göstermektedir. Snyder yapmış olduğu uygulamalarda yarısı karla kaplı dağlık kısımlar için Ct değerini (0,7-1,0) ve buna karşılık gelen Cp değerinin (0,35-0,50) aralığında bulunduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4. 1. Snyder zemine bağlı katsayılar[7].

Zemin Cinsi	Ct	Cp	Arazi Eğimi	Ct
Balçık	1,50	0,63	Çok	1,80
Kumlu	1,65	0,56	Orta	2,00
Killi ve Kayalık	1,80	0,59	Az	2,20

Snyder Yöntemi Birim Hidrograf Analizi

$$Tp = Ct \times (L \times Lc)^{0,30} \quad (3.16)$$

$$Tr = \frac{Tp}{5,5} \quad (3.17)$$

$$qv = 276 \times \frac{Cp}{Tp} \quad (3.18)$$

$$Qp = A \times qv \times ha \times 10^{-3} \quad (3.19)$$

$$T = 3 + \frac{3 \times Tp}{24} \quad (3.20)$$

Ct: Zamanlama katsayı

Cp: Pik katsayısı

L, Çıkış noktası ile havzanın en uzak noktası arasındaki akarsu uzunluğu (km)

Lc, Çıkış noktası ile havzanın ağırlık merkezi arasındaki akarsu uzunluğu (km)

Tp, Yükselme zamanı (saat)

Tr, Sağanak süresi (saat)

qv, Verim (lt/sn/km²/mm)

Qp, Standart birim hidrografın birim alana göre pik debisi (m³/sn/mm)

T, Hidrograf süresi (gün)

BÖLÜM 5

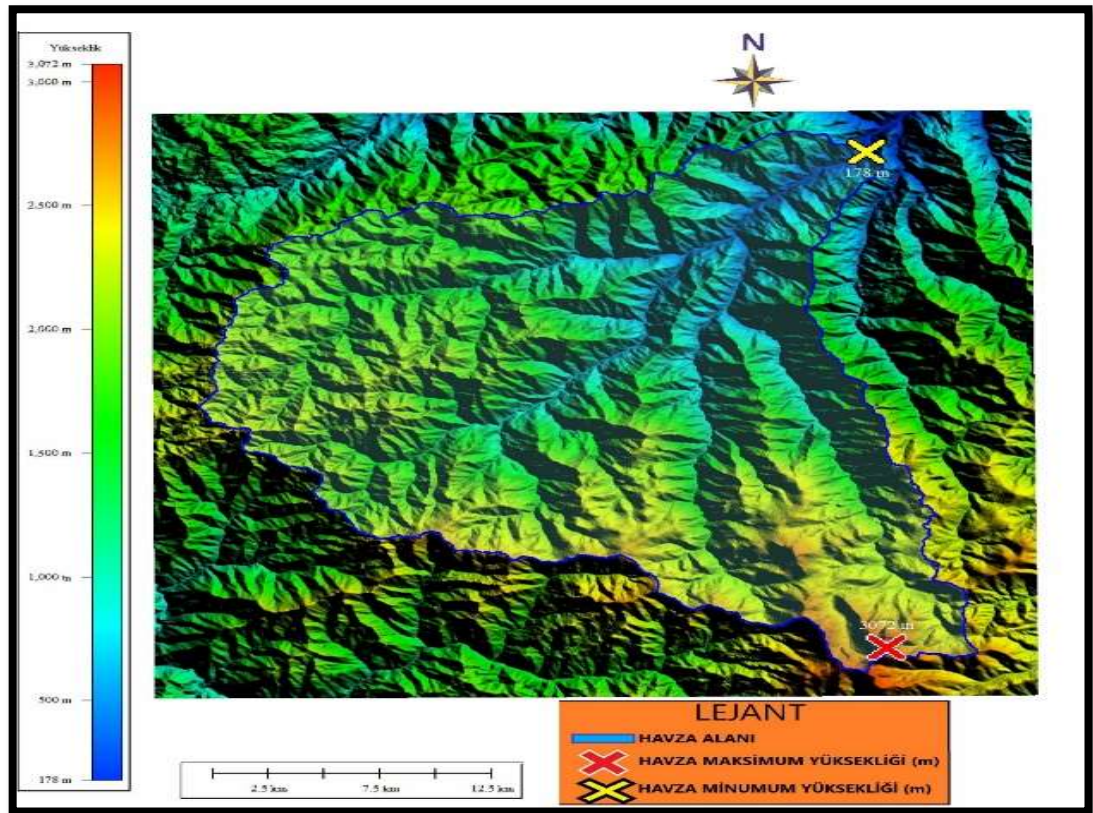
BULGULAR

5.1. DEĞİRMENDERE HAVZASINA AİT HAVZA PARAMETRELERİ

Trabzon değirmendere havzasında, Global Mapper ve QGIS uzantısı kullanılarak havzanın karakteristik değerleri belirlenmiştir.

5.1.1 Havzanın Maksimum ve Minimum Yükseklik Değerleri

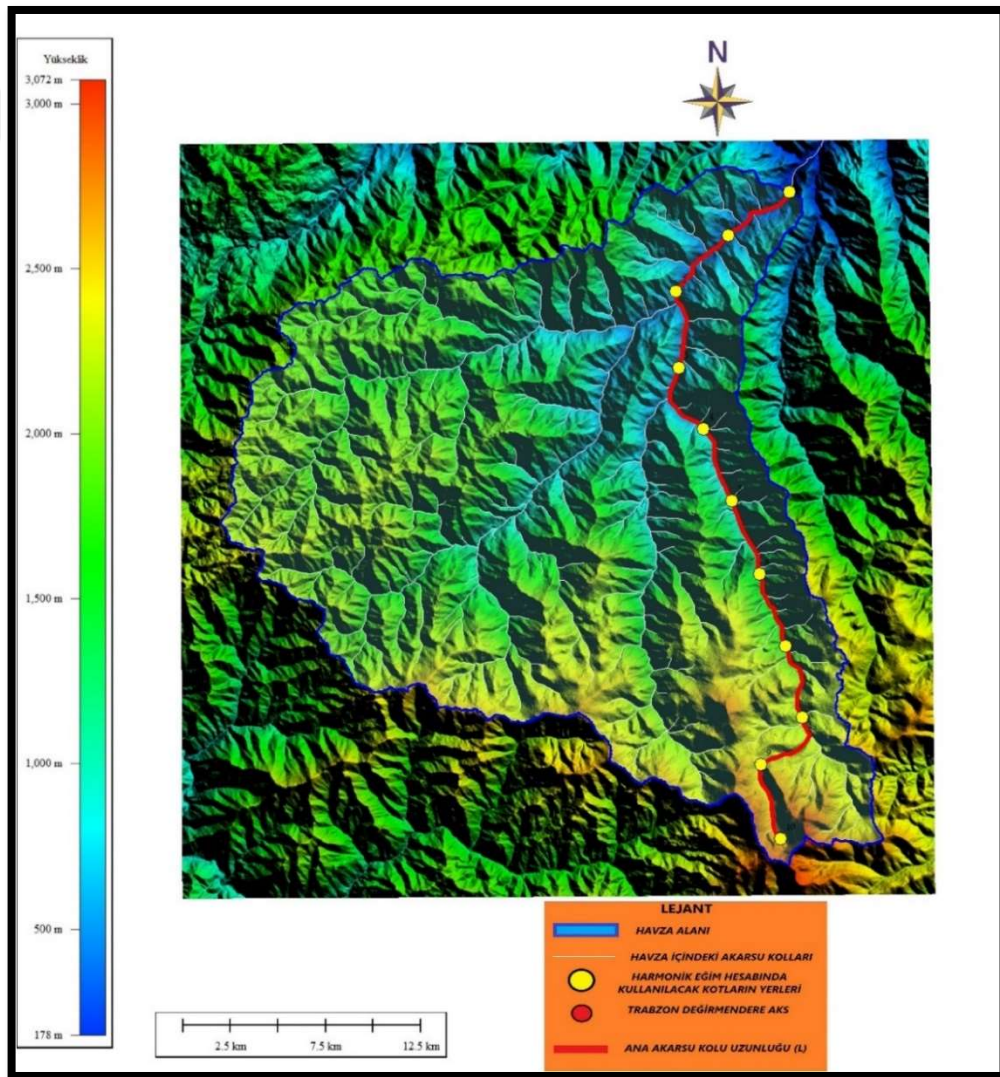
Havzanın maximum yükseklik değeri 3072 m, havzanın minimum yükseklik değeri 178 m ve havzanın ortalama yükseklik değeri 1731 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. 1. Havza maximum ve minimum yükseklik değerleri.

5.1.2. Harmonik Eğim Hesabı İçin Kotların Belirlenmesi

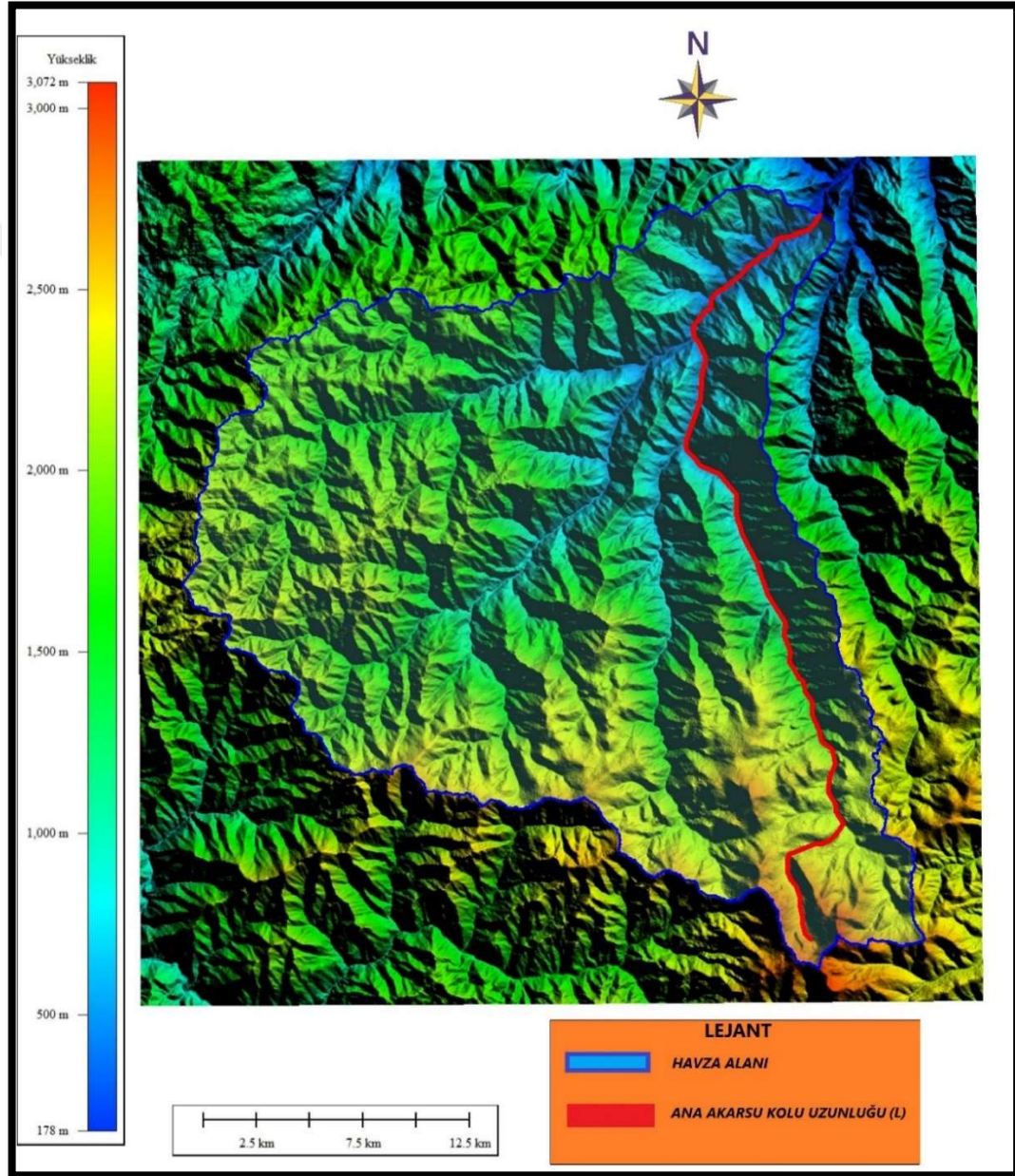
Sentetik birim hidrograf yöntemlerini uygulayabilmek için havzanın harmonik eğiminin hesaplanması gerekmektedir. Harmonik eğim hesabı için Değirmendere havzasının en uzun su akış yolu belirlenmiştir. En uzun su akış yolunun başlangıç ve bitiş kotları tesbit edilmiştir. Bu en uzun akarsu kolu 10 eşit parçaya bölünerek her bir noktanın kot değerleri elde edilmiştir. Global mapper program üzerinden belirlenen 10 kot değeri kullanılarak harmonik eğim hesabı yapılmıştır.



Şekil 5. 2. Harmonik eğim hesabı için belirlenen noktalar.

5.1.3. Havzanın Ana Su Yolu Uzunluğunun Belirlenmesi

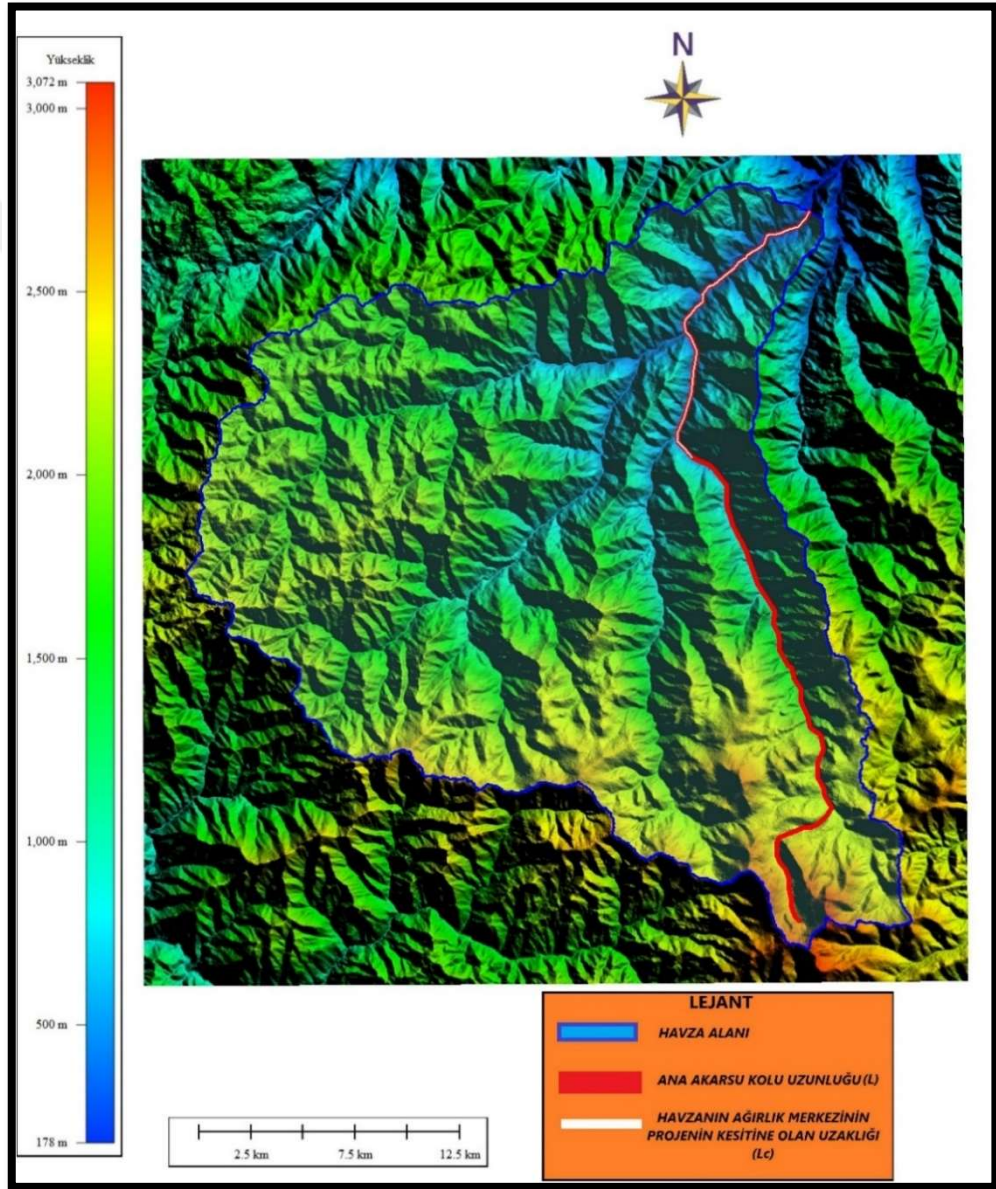
Trabzon Değirmendere havzasının ana su yolu uzunluğu global mapper programı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 5.3). Değirmendere havzasına ait ana su yolu uzunluğu 42,06 km olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. 3. Değirmendere havzasının ana su yolu uzunluğu.

5.1.4. Havzanın Ağırlık Merkezinin Projenin Kesitine Olan Uzaklığı

Trabzon Değirmendere Havzasının ağırlık merkezinin projenin kesitine olan uzaklığı Şekil 5.4'de globall mabber programı kullanılarak hesaplanmıştır. Değirmendere havzasının ağırlık merkezinin projenin kesitine olan uzaklığı 15,484 km olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. 4. Havzanın ağırlık merkezinin projenin kesitine olan uzaklığı.

Glaball mabber programında çizilen drenaj alanının kontrolünü sağlamak amacıyla,

1/25000 ölçekli 11 harita Qgis programına eklenmiş ve drenaj alanının doğruluğu kontrol edilmiştir.

Trabzon Değirmendere Havzasına ait karakteristik değerlerinin hesabında global mabber programı kullanılmıştır. Hesaplanan sayısal değerler Çizelge 5.1’de özet olarak sunulmuştur.

Çizelge 5. 1. Trabzon Değirmendere Havzasına ait belirlenen sayısal değerler.

Havza Karakteristikleri	Değirmendere Havzası İçin Belirlenen Havza Karakteristik Değerleri
1) Havzanın Alanı (km ²)	1) A= 729,34 km ²
2) Havzanın Çevre Uzunluğu (km)	2) 184,02 km
3) Havza Maximum Yüksekliği (m)	3) 3072 m
4) Havza Minumum Yüksekliği (m)	4) 178 m
5) Havza Ortalama Yüksekliği (m)	5) 1731 m
6) Ana Su Yolu Uzunluğu (m)	6) L=42,06 km
7) Havzanın Ağırlık Merkezinin Projenin Kesitine Olan Uzaklığı (m)	7) Lc =15,484 km

5.2. SENTETİK YÖNTEMLER İLE BİRİM HİDROGRAFLARININ HESAPLANMASI

Sentetik yöntemlerle birim hidrograf hesabı DSİ Sentetik, Mockus ve Snyder yöntemleri için yapılmıştır.

5.2.1 DSİ Sentetik Yöntemi İle Birim Hidrografının Hesaplanması

Bu bölümde DSİ Sentetik yöntem kullanılarak birim hidrografın elde edilmiş aşamaları verilmektedir. DSİ Sentetik yöntemi uygulamaya başlamadan önce Çizelge 5.1’de verilen değerlere ek olarak havzanın harmonik eğimi belirlenmiştir. Değirmendere Havzasının harmonik eğiminin hesabının yapılabilmesi için havzanın en uzun su akış yolu uzunluğunun başlangıcındaki ve bitişindeki kotlara gereksinim duyulmaktadır.

Havzanın en uzun akış yolunun başlangıç kotu 2667 m ve bitiş kotu 178 m olarak tesbit edilmiştir. Değirmendere havzasının en uzun su akış yolu 10 eşit parçaya ayrılmıştır. Havzanın en uzun su akış yolu başlangıç kotundan itibaren kotlar sırasıyla, 2667, 2409, 2213, 1736, 1299, 846, 615, 454, 347, 244 m olarak bulunmuştur.

Çizelge 5. 2. Harmonik eğim hesabı.

h_2	h_1	h_0	$I = \frac{L}{10}$	$Si = \frac{Ah}{L}$	$\sqrt{Si}$	$\frac{1}{\sqrt{Si}}$
2667	2409	258	4206	0,0061341	0,078320	12,768056
2409	2213	196	4206	0,0046600	0,068264	14,648953
2213	1736	477	4206	0,0113409	0,106494	9,390213
1736	1299	437	4206	0,0103899	0,101931	9,810563
1299	846	453	4206	0,0107703	0,103780	9,635750
846	615	231	4206	0,0054922	0,074109	13,493625
615	454	161	4206	0,0038279	0,061870	16,162990
454	347	107	4206	0,0025440	0,050438	19,826349
347	244	103	4206	0,0024489	0,049486	20,207660
244	178	66	4206	0,0015692	0,039613	25,244261
Toplam=			42060			151,1884
A= 729,34 km²		L=42,06 km		Lc =15,484 km		

Harmonik eğim hesabı için gerekli olan $\Sigma (1/\sqrt{Si})$ değeri çizelge 5.2 'de 151,1884 olarak bulunmuştur. Aşağıda bulunan Harmonik eğim denkleminde bu değer yerine yazılarak harmonik eğim değeri yaklaşık olarak 0,004 olarak bulunmuştur.

$$(Harmonik\ eğim)\ S = (10 / \Sigma (1/\sqrt{Si}))^2 = (10/151,1884)^2$$

$$S = 0,004 \text{ (Birimsiz)}$$

Akış verimliliği ve birimi (lt/sn/km²/mm) = 1mm akış için verim

$$qv = 414 / (A^{0,225} * E^{0,16})$$

$$E = (L * Lc) / \sqrt{S} = (42,06 * 15,484) / \sqrt{0,004} = 10297,28$$

$$qv = 414 / (729,34^{0,225} * 10297,28^{0,16}) = 21,42 \text{ lt/sn/km}^2/\text{mm}$$

$$qv = 21,42 \text{ lt/sn/km}^2/\text{mm} = 214,2 \text{ lt/sn/km}^2/\text{cm}$$

Bulunan akış verimlilik değeri aşağıdaki denklemde yerine yazılarak pik debi değeri elde edilmiştir.

Q_p , Birim hidrografın pik debisi ve birimi ($\text{m}^3/\text{sn}/\text{cm}$)

$$Q_p = A * qv * 10^{-3} = 729,34 * 214,2 * 10^{-3} = 156,22 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$$

$$Q_p = 156,22 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$$

V_b , Birim hacim ve birimi (m^3), $ha=1 \text{ mm}$ akış için,

$$V_b = A * ha * 10^3 = 729,34 * 1 * 10^3 = 729340 \text{ m}^3$$

$$V_b = 729340 \text{ m}^3$$

T_b , Hidrografa ait devam süresi ve birimi (sn),

$$T_b = 3,65 * (V_b/Q_p) = 3,65 * (729340/15,62) = 170406,98 \text{ sn} \sim = 47,34 \text{ saat}$$

$$T_b = 47,34 \text{ saat}$$

T_p , Hidrografın yükselme zamanı ve birimi (saat),

$$T_p = T_b / 5 = 47,34 / 5 = 9,47 \text{ saat}$$

$$T_p = 9,47 \text{ saat}$$

Dsi Sentetik yönteme ait izelge 5.3 ‘deki boyutsuz birim hidrograf koordinatları baz alınarak çizilecek olan hidrografın sperpozesi yapılmıştır. Çizelge 5.4 ‘deki hesaplanmış birim hidrograf koordinatları bulunmuştur.

Çizelge 5.3 ‘de belirtilen boyutsuz birim hidrograf koordinatlarının ilk sütununda bulunan T / T_p değerlerinin $T_p = 9,47$ saat değeri ile, boyutsuz birim hidrograf koordinatlarının ikinci sütununda bulunan Q / Q_p değerlerinin $Q_p = 156,22 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ değeri ile çarpılarak çizilecek olan birim hidrografın koordinat değerleri izelge 5.4’de bulunmuştur.

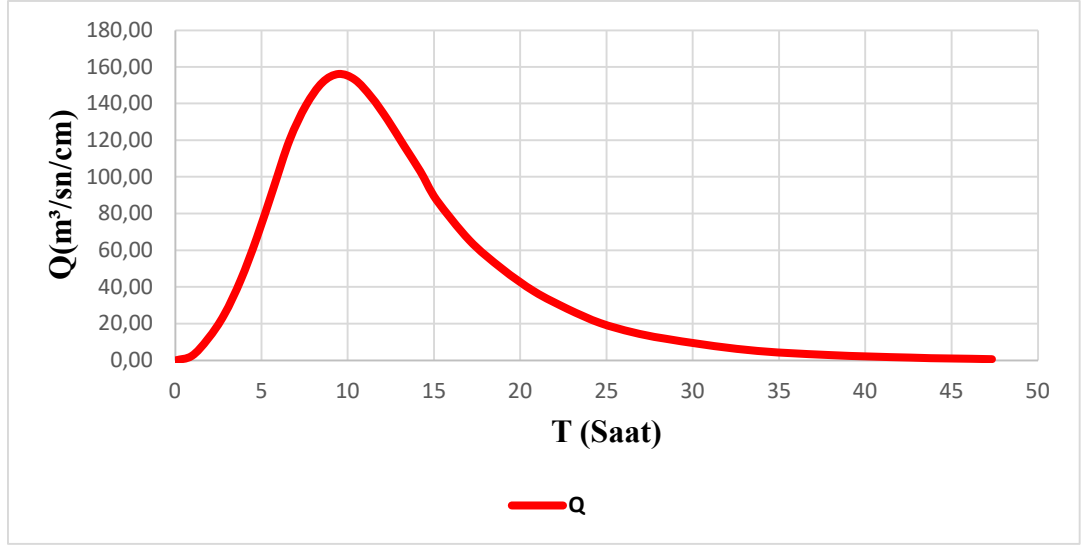


Çizelge 5. 3. DSİ Sentetik yöntem boyutsuz birim hidrograf koordinatları.

T / Tp	Q / Qp
0	0
0,1	0,015
0,2	0,075
0,3	0,16
0,4	0,28
0,5	0,43
0,6	0,6
0,7	0,77
0,8	0,89
0,9	0,97
1	1
1,1	0,98
1,2	0,92
1,3	0,84
1,4	0,75
1,5	0,66
1,6	0,56
1,8	0,42
2	0,32
2,2	0,24
2,4	0,18
2,6	0,13
2,8	0,098
3	0,075
3,5	0,036
4	0,018
4,5	0,009
5	0,004

Çizelge 5. 4. DSİ Sentetik yöntem ile hesaplanmış birim hidrograf koordinatları.

T	Q
0	0,00
0,95	2,34
1,89	11,72
2,84	25,00
3,79	43,74
4,73	67,17
5,68	93,73
6,63	120,29
7,57	139,04
8,52	151,53
9,47	156,22
10,41	153,10
11,36	143,72
12,31	131,22
13,25	117,16
14,20	103,10
15,15	87,48
17,04	65,61
18,93	49,99
20,83	37,49
22,72	28,12
24,61	20,31
26,51	15,31
28,40	11,72
33,13	5,62
37,87	2,81
42,60	1,41
47,34	0,62



Şekil 5. 5. Trabzon Değirmendere Havzası için DSİ Sentetik yöntemi ile elde edilmiş birim hidrograf.

DSİ sentetik yöntemi ile elde edilen Trabzon Değirmendere havzasına ait birim hidrograftır. Sonuç olarak birim hidrograf elemanları pik debisi $Q_p = 156,22 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$, hidrografın yükselme zamanı $T_p = 9,47$ saat ve hidrografın taban süresi $T_b = 47,34$ saat olarak bulunmuştur.

5.2.2. Mockus Yöntemi İle Birim Hidrografının Hesaplanması

Mockus yöntemi için gerekli olan harmonik eğimi bulmak için DSİ sentetik yöntem ile aynı yöntem kullanılmaktadır. Buna göre $S=0,004$ alınacaktır. Çizelge 5.2 ‘den kot farkı $(2667-178) = 2489$ m olarak bulunmuştur.

K katsayısı hidrograf yokluğu gibi hesaplanamadığı hallerde 0,208 alınır ve H katsayısı 1,67 olarak kullanılmaktadır[1].

Çizelge 5. 5. Mockus yöntemi için kullanılacak havza parametreler.

$A = 729,34 \text{ km}^2$	$h_a = 1 \text{ mm}$
$L = 42,06 \text{ km}$	$K = 0,208$
$S = 0,004$	$H = 1,67$

T_c , yağışın toplanma zamanı ve birimi (saat);

$$T_c = 0,00032 * (L^{0,77} / S^{0,385}) = 0,00032 * (42,06^{0,77} / 0,004^{0,385}) = 9,74 \text{ saat}$$

$$\mathbf{T_c = 9,74 \text{ saat}}$$

D, Birim sağanak süresi ve birimi (saat);

$$D = 2\sqrt{T_c} = 2 * \sqrt{9,74} = 6,24 \text{ saat}$$

$$\mathbf{D = 6,24 \text{ saat}}$$

T_p, Hidrografın yükselme zamanı ve birimi (saat)

$$T_p = 0,5 D + 0,6 T_c = 0,5 * 6,24 + 0,6 * 9,74 = 8,97 \text{ saat}$$

$$\mathbf{T_p = 8,97 \text{ saat}}$$

T_r, Birim hidrografın çekilme süresi ve birimi (saat)

$$T_r = H * T_p = 1,67 * 8,97 = 14,98 \text{ saat}$$

$$\mathbf{T_r = 14,98 \text{ saat}}$$

T_b, Birim hidrografın taban süresi ve birimi (saat)

$$T_b = T_r + T_c = 14,98 + 9,74 = 24,72 \text{ saat}$$

$$\mathbf{T_b = 24,72 \text{ saat}}$$

Q_p, Birim hidrografın pik debisi ve birimi (m³/sn/cm)

$$Q_p = K * A * h_a / T_p = 0,208 * 729,34 * 1 / 8,97 = 16,916 \text{ (m}^3\text{/sn/mm)}$$

$$\mathbf{Q_p = 169,16 \text{ (m}^3\text{/sn/cm)}}$$

$$K = (Q_p * T_r) / A = (16,92 * 14,98) / 729,34 = 0,347$$

$$\mathbf{K = 0,347}$$

$$H = (2 * 0,278 - K) / K = (2 * 0,278 - 0,347) / 0,347 = 0,601$$

$$\mathbf{H=0,601}$$

Mockus yönteme ait çizelge 5.5 ‘deki boyutsuz birim hidrograf koordinatları baz alınarak çizilecek olan hidrografın süperpozisi yapılmıştır. çizelge 5.6 ‘daki hesaplanmış birim hidrograf koordinatları bulunmuştur.

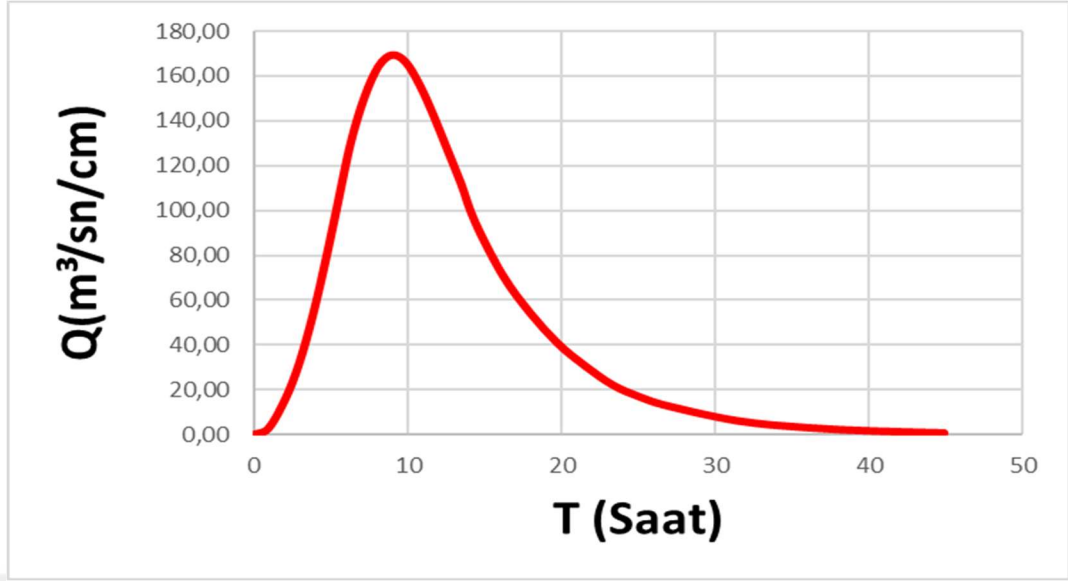
Çizelge 5.6 ‘de belirtilen boyutsuz birim hidrograf koordinatlarının ilk sütununda bulunan T / T_p değerlerinin $T_p = 8,97$ saat değeri ile, boyutsuz birim hidrograf koordinatlarının ikinci sütununda bulunan Q / Q_p değerlerinin $Q_p = 169,16 \text{ m}^3/\text{sn/cm}$ değeri ile çarpılarak çizilecek olan birim hidrografın koordinat değerleri Çizelge 5.7’da bulunmuştur.

Çizelge 5. 6. Boyutsuz birim hidrograf koordinatları.

T / Tp	Q / Qp
0	0
0,1	0,015
0,2	0,075
0,3	0,16
0,4	0,28
0,5	0,43
0,6	0,6
0,7	0,77
0,8	0,89
0,9	0,97
1	1
1,1	0,98
1,2	0,92
1,3	0,84
1,4	0,75
1,5	0,66
1,6	0,56
1,8	0,42
2	0,32
2,2	0,24
2,4	0,18
2,6	0,13
2,8	0,098
3	0,075
3,5	0,036
4	0,018
4,5	0,009
5	0,004

Çizelge 5. 7. Mockus yöntem ile hesaplanmış birim hidrograf koordinatları.

T	Q
0	0,00
0,90	2,54
1,79	12,69
2,69	27,07
3,59	47,37
4,48	72,74
5,38	101,50
6,28	130,25
7,17	150,55
8,07	164,09
8,97	169,16
9,86	165,78
10,76	155,63
11,66	142,10
12,56	126,87
13,45	111,65
14,35	94,73
16,14	71,05
17,94	54,13
19,73	40,60
21,52	30,45
23,32	21,99
25,11	16,58
26,90	12,69
31,39	6,09
35,87	3,04
40,36	1,52
44,84	0,68



Şekil 5. 6. Trabzon Değirmendere havzası için Mockus yöntemi ile elde edilmiş Birim Hidrograf.

Trabzon değirmendere havzası için mockus yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda, birim hidrograf pik debisi $Q_p = 169,16 \text{ (m}^3\text{/sn/cm)}$, hidrografın yükselme zamanı $T_p = 8,97$ saat, birim hidrografın taban süresi $T_b = 44,84$ saat olarak bulunmuştur.

5.2.3. Snyder Yöntemi ile birim hidrografının hesaplanması

Snyder yöntemi uygulaması için gerekli C_t ve C_p katsayıları zeminin cinsine göre değişim göstermektedir. Trabzon Değirmendere havzası dağlık ve kayalık bir alana sahip olduğu düşünülerek yöntem uygulanmıştır.

Çizelge 5. 8. Zemin cinsine bağlı katsayılar.

Zemin Cinsi	C_t	C_p
Balçık	1.5	0,63
Kumlu	1.65	0,56
Killi ve Kayalık	1,8	0,59

Snyder yöntemi uygulaması için gerekli parametreler; $A=729,34 \text{ km}^2$, $L= 42,06 \text{ km}$, $L_c=15,484 \text{ km}$, $s=0,004$, $h_a=1$, $C_t=1,8$ ve $C_p=0,59$ değerleri kullanılacaktır.

Tp, Yükselme zamanı ve birimi (saat)

$$T_p = 0,752 * C_t * (L * L_c)^{0,30} = 0,752 * 1,8 * (42,06 * 15,484)^{0,30} = 9,45 \text{ saat}$$

Tr, Sağanak süresi ve birimi (saat)

$$T_r = T_p / 5,5 = 9,45 / 5,5 = 1,72 \text{ saat}$$

qv, Verim ve birimi (lt/sn/km²/mm)

$$q_v = 276 * (C_p / T_p) = 276 * (0,59 / 9,45) = 17,22 \text{ lt/sn/km}^2/\text{mm}$$

$$q_v = 172,24 \text{ lt/sn/km}^2/\text{cm}$$

Qp, Standart birim hidrografın birim alana göre pik debisi ve birimi (m³/sn/cm)

$$Q_p = A * q_v * h_a * 10^{-3} = 729,34 * 172,24 * 1 * 10^{-3} = 125,62 \text{ m}^3/\text{sn/cm}$$

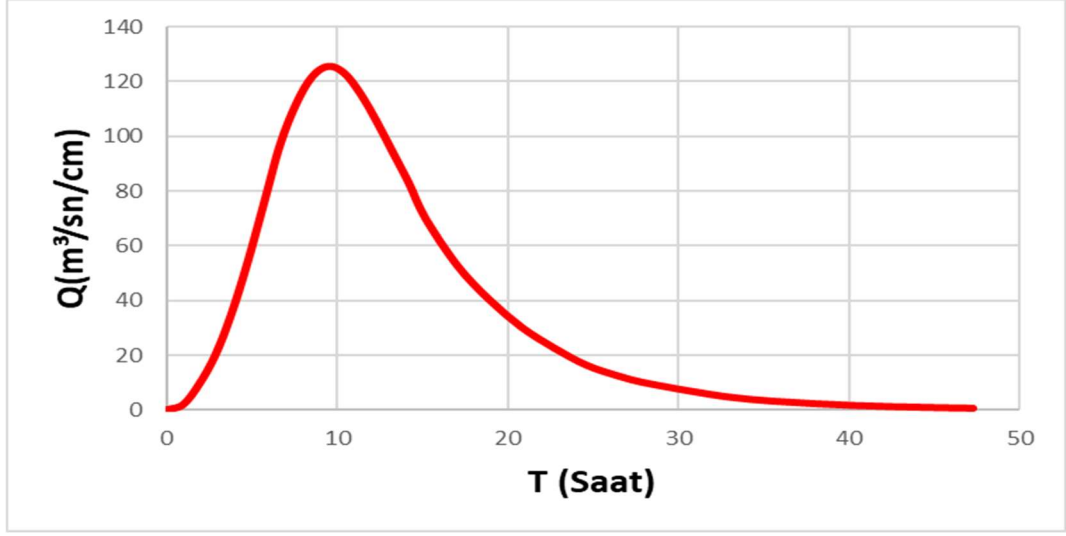
Snyder yönteme ait Çizelge 5.9'daki boyutsuz birim hidrograf koordinatları baz alınarak çizilecek olan hidrografın süperpozesi yapılmıştır. Çizelge 5.10'daki hesaplanmış birim hidrograf koordinatları bulunmuştur. Çizelge 5.9 'da belirtilen boyutsuz birim hidrograf koordinatlarının ilk sütununda bulunan T / Tp değerlerinin Tp = 9,45 saat değeri ile, boyutsuz birim hidrograf koordinatlarının ikinci sütununda bulunan Q / Qp değerlerinin Qp = 125,62 m³/sn/cm değeri ile çarpılarak çizilecek olan birim hidrografın koordinat değerleri Çizelge 5.10'da bulunmuştur.

Çizelge 5. 9. Boyutsuz birim hidrograf koordinatları.

T / Tp	Q / Qp
0	0
0,1	0,015
0,2	0,075
0,3	0,16
0,4	0,28
0,5	0,43
0,6	0,6
0,7	0,77
0,8	0,89
0,9	0,97
1	1
1,1	0,98
1,2	0,92
1,3	0,84
1,4	0,75
1,5	0,66
1,6	0,56
1,8	0,42
2	0,32
2,2	0,24
2,4	0,18
2,6	0,13
2,8	0,098
3	0,075
3,5	0,036
4	0,018
4,5	0,009
5	0,004

Çizelge 5. 10. Snyder yöntemi ile hesaplanmış birim hidrograf koordinatları.

T	Q
0	0
0,95	1,88
1,89	9,42
2,84	20,10
3,78	35,17
4,73	54,02
5,67	75,37
6,62	96,73
7,56	111,81
8,51	121,86
9,45	125,62
10,40	123,11
11,34	115,57
12,29	105,52
13,24	94,22
14,18	82,91
15,13	70,35
17,02	52,76
18,91	40,20
20,80	30,15
22,69	22,61
24,58	16,33
26,47	12,31
28,36	9,42
33,09	4,52
37,82	2,26
42,54	1,13
47,27	0,50



Şekil 5. 7. Trabzon Değirmendere havzası için Snyder yöntemi ile elde edilmiş birim hidrograf.

Trabzon değirmendere havzası için Snyder yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucunda, birim hidrograf pik debisi $Q_p = 125,62 \text{ (m}^3/\text{sn/cm)}$, hidrografın yükselme zamanı $T_p = 9,45$ saat ve birim hidrografın taban süresi $T_b = 47,27$ saat olarak bulunmuştur. Havza ve birim hidrograf özelliklerine bağlı katsayılar $C_t=1,8$ ve $C_p=0,59$ olarak kullanılmıştır.

5.3. GERÇEK DEĞERLER İLE BİRİM HİDROGRAFLARININ HESAPLANMASI

Bu bölümde Trabzon değirmendere havzasına ait gerçek veriler kullanılarak birim hidrografları hesaplanmaktadır. Devlet Su İşleri kontrollüğünde (AGİ) tarafından kayıt altına alınan saatlik akış değerleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü kontrollüğünde (OMGİ) tarafından kayıt altına alınan saatlik yağış değerleri bu çalışmada kullanılmıştır. Trabzon Değirmendere havzası için bu çalışma kapsamında; 2013 yılında anlık en çok akımın bulunduğu 17 mart tarihinin birgün öncesi ve birgün sonrası olmak üzere 16-17-18 mart günlerine ait akış-yağış verileri saatlik olarak kullanılmıştır.

5.3.1. Theissen Çokgenleri Metodu

Theissen çokgenleri metodu istasyonların alanda dağılımına önem vermektedir. Metodun uygulanması için istasyonlar bir harita üzerinde işaretlenir sonrasında doğru parçaları ile çokgenler teşkil edecek şekilde birleştirilir. Bu üçgenlerin orta dikmeleri çizilerek istasyonlar etrafında çokgenler elde edilir. Her çokgenin yağışını içerisinde bulunan istasyonun temsil ettiği kabul edilir. İstasyonlar birleştirilerek elde edilen üçgenlerin mümkün olduğu kadar eşkenara yakın olmaları aranmaktadır. Bu sayede orta dikmeler üçgenlerin içinde kesişir ve oluşan çokgenler daha kolay elde edilir. Alansal ortalama yağış değeri istasyonda gözlenen değerlerle ilgili çokgen alanlarının (havza içerisinde kalan kısımlarının) çarpımlarının toplanıp toplam alana bölünmesi ile elde edilir[3].

$$P_{ort} = \frac{\sum P_i * A_i}{\sum A_i} \quad [3]$$

Port = alansal ortalama yağış derinliği[3]

Ai = i çokgeninin havza içinde kalan alanı[3]

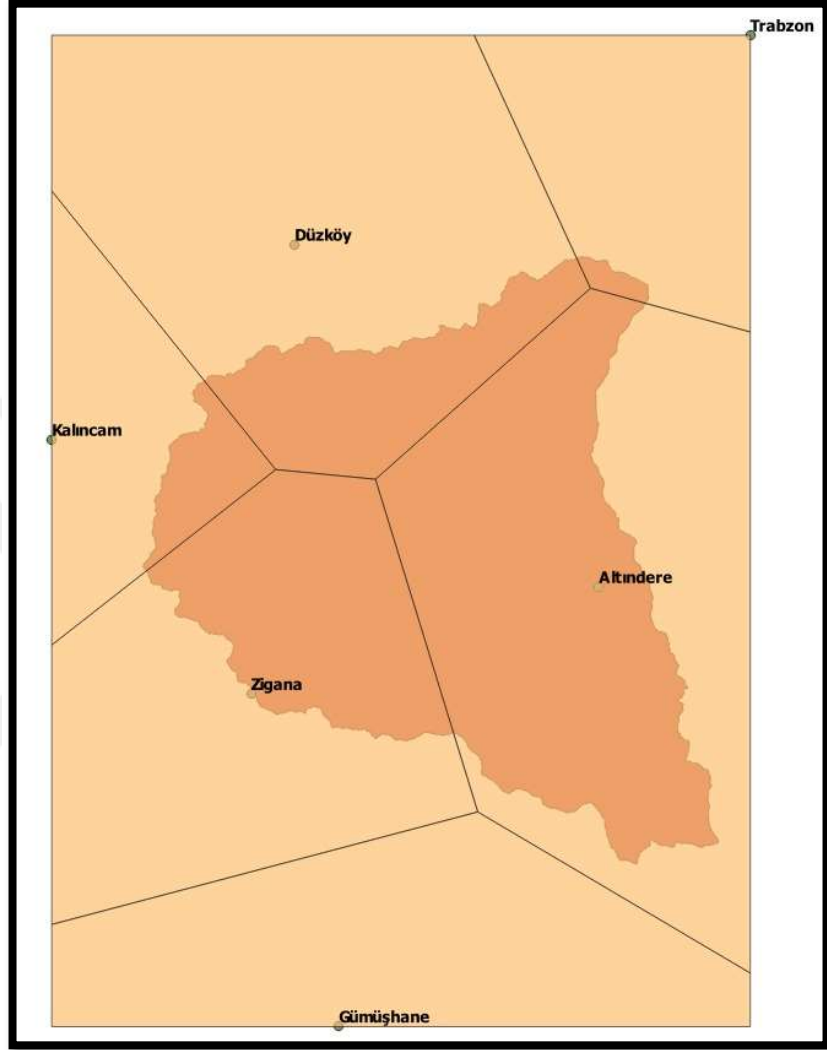
Pi = i istasyonunda gözlenen değer[3]

Çizelge 5. 11. Otomatik yağış gözlem istasyonları (OMGİ).

SIRA NO	İSTASYON ADI	İSTASYON NO	ENLEM	BOYLAM	"ENLEM"	"BOYLAM"
1	TRABZON BÖLGE	17037	40.9985	39.7649	40°59'54.6"N	39°45'53.6"E
2	MAÇKA/ALTINDERE SÜMELA	17714	40.6985	39.6532	40°41'54.6"N	39°39'11.5"E
3	DÜZKÖY	18229	40.886096	39.436491	40°53'10.0"N	39°26'11.4"E
4	ZİGANA KAYAK MERKEZİ	17696	40.6413	39.4037	40°38'28.7"N	39°24'13.3"E
5	TONYA/KALINÇAM	18230	40.7803	39.2617	40°46'49.1"N	39°15'42.1"E

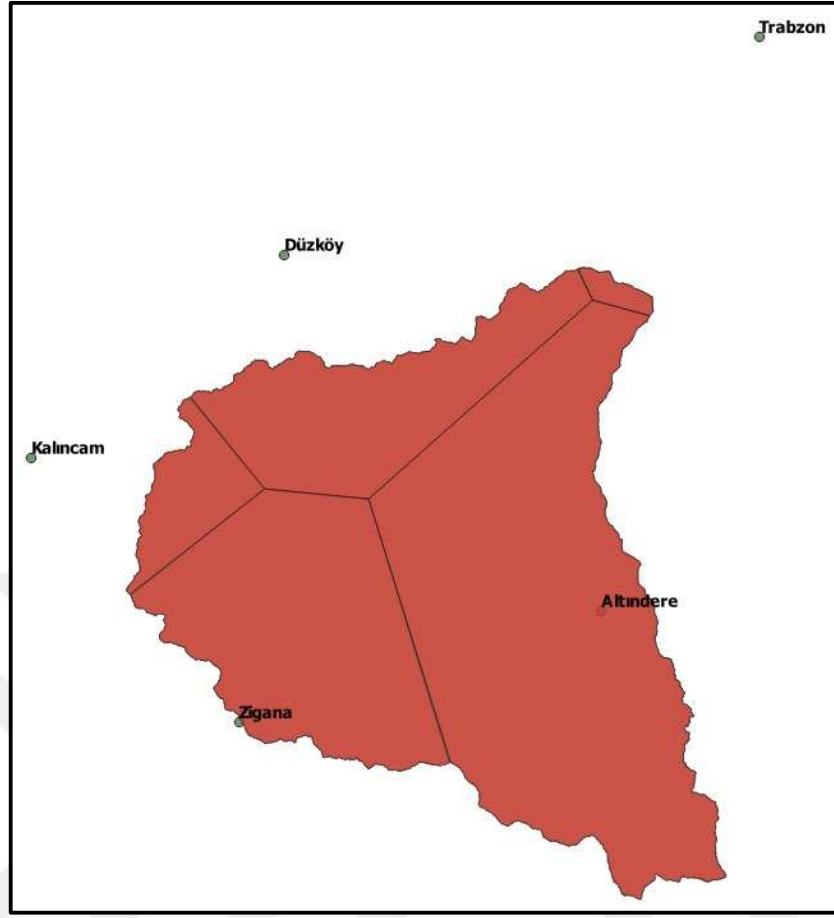
Değirmendere havza alanı üzerinde etkisi bulunan yukarıda çizelge de belirtilen yağış gözlem istasyonları QGIS programı yardımı ile havza alanı üzerine gerçek

konumlarına yerleştirilmiştir. Bu istasyonlar kullanılarak theissen çokgenleri yöntemi yardımı ile havza alanı ve her istasyonun etkilemiş olduğu alan elde edilmiştir.



Şekil 5. 8. Gözlem istasyonlarının konumları.

Şekil 5.8’de görüldüğü üzere Gümüşhane 17088 numaralı OMGİ’nin havza alanı üzerinde bir etkisi bulunmamasından dolayı hesaplamalara dahil edilmemiştir.



Şekil 5. 9. Theissen çokgenleri Havza üzerinde oluşan çizimi.

Çizelge 5. 12. Gözlem istasyonlarının Havza üzerinde etkilediği alanlar.

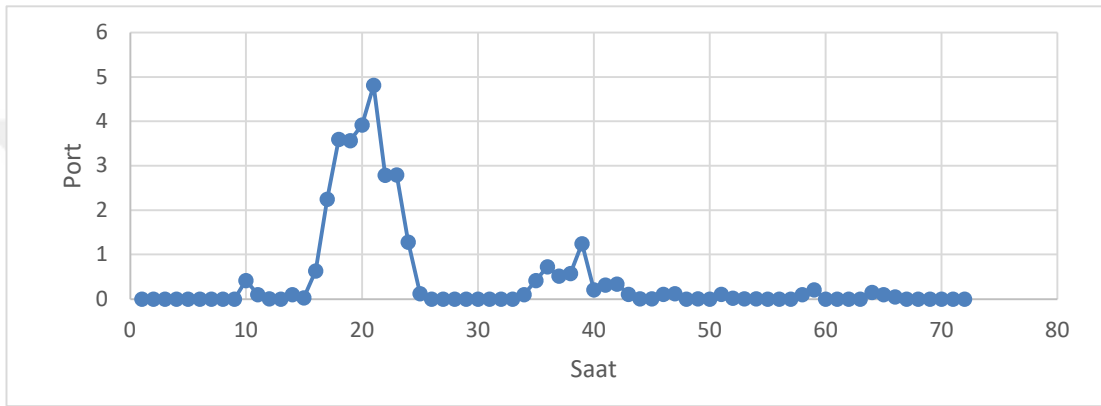
SIRA NO	İSTASYON ADI	İSTASYON NO	ALAN (m ²)	ALAN (km ²)
1	TRABZON BÖLGE	17037	6018276	6,018276
2	MAÇKA/ALTINDERE SÜMELA	17714	379465171	379,465171
3	DÜZKÖY	18229	122883126	122,883126
4	ZİGANA KAYAK MERKEZİ	17696	183647273	183,647273
5	TONYA/KALINÇAM	18230	37326924	37,326924
		Toplam=	729340770	729,34077

2014 yılında 379,47 km² alana sahip Maçka Altındere Sümela (17714) istasyonunda yağış değerleri kayıtlarda bulunmadığından, 2015 yılında 122 km² alana sahip Düzköy (18229) istasyonuna ait yağış değerleri kayıtlarda bulunmadığından çalışma 2013 yılı verileri ile yapılmıştır. Birim Hidrografın düzgün bir şekilde elde edilebilmesi için gerekli olan şartlardan bir tanesinde yağışın havzada dengeli olarak

yayılmasıdır. Bu durum 2014 ve 2015 yıllarında sağlanamadığından 2013 yılına ait verilerle birim hidrograf hesabı yapılmıştır.

Theissen yöntemi ile her istasyonun Trabzon Değirmendere havzası üzerinde etkili oldukları alanlar belirlenmiştir. Hesaplanan alanlar kullanılarak alansal ortalama yağış değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5. 13. 2013 yılına ait alansal ortalama yağış değerleri.

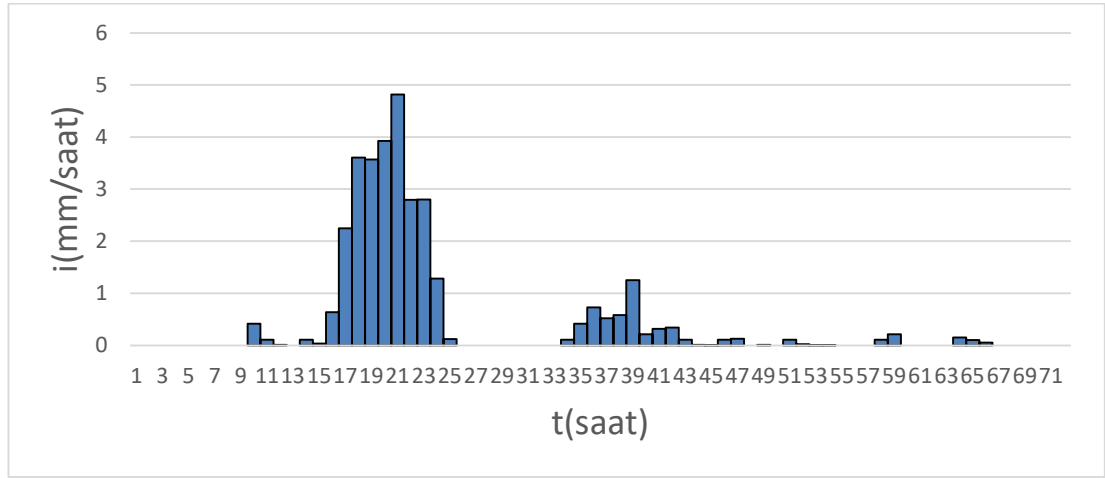


16-17-18 Mart 2013 saatlik olarak toplamda 72 saat boyunca alansal ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır.

5.3.2 Trabzon Değirmendere Havzası Hiyetografının Elde Edilmesi

Birim zamanda düşen yağış yüksekliğine yağış şiddeti denir. Yağış şiddetinin zamanla değişimini gösteren grafik hiyetograf olarak adlandırılmaktadır[2].

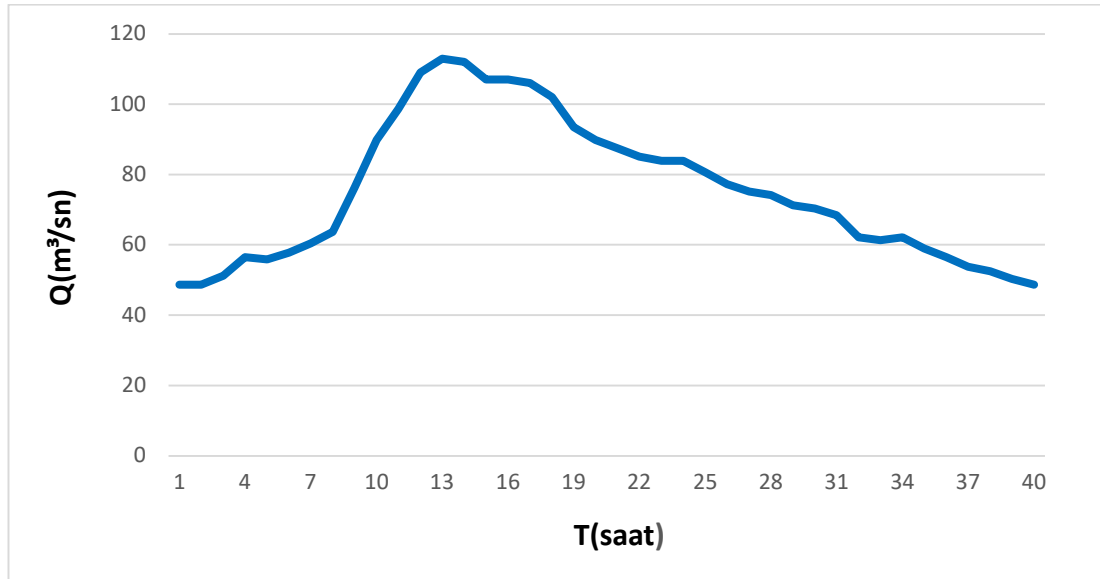
Çizelge 5. 14. Trabzon Değirmendere Havzası 2013 yılı Hiyetografı.



16-17-18 Mart 2013 saatlik olarak toplamda 72 saat boyunca meydana gelen yağışın şiddeti hesaplanmış zamana bağlı olarak grafiği çizilmiştir ve hiyetograf elde edilmiştir.

5.3.3. Trabzon Değirmendere Havzası Dolaysız Akış Hidrografının Elde Edilmesi

Çizelge 5. 15. 2013-D22A086 Trabzon Değirmendere AGİ Hidrograf değerleri.



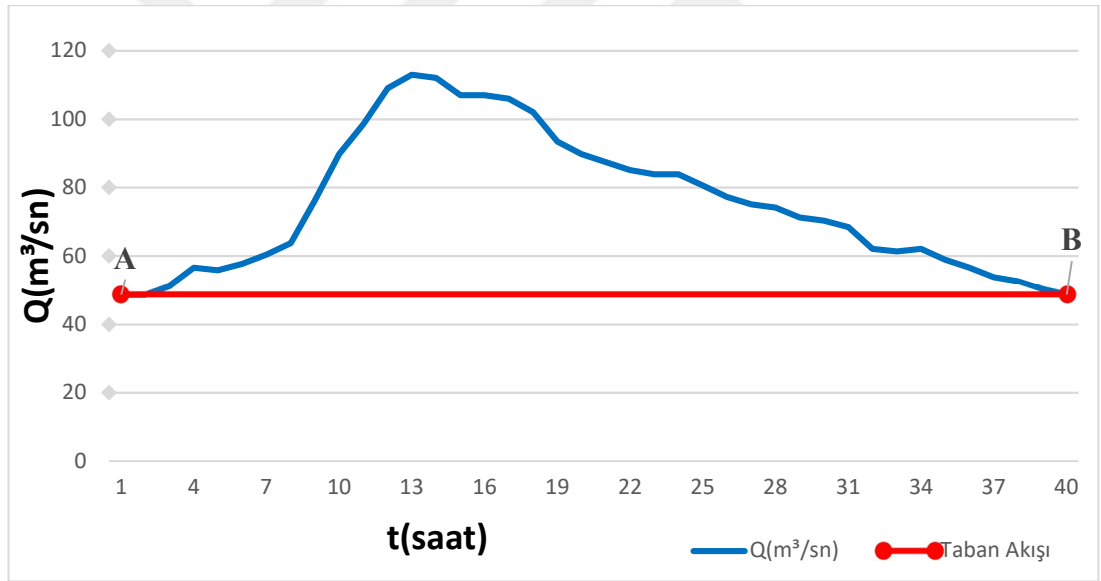
Trabzon Değirmendere Havzası için AGİ verileri ile Çizelge 5.15’de belirtilen

değerler 16 mart 2013 tarihi 16:00'dan 18.03.2020 tarihi 07:00'a kadar 40 saat boyunca kayıt altına alınan ölçümlerdir.

Yüzey akımının başladığı A noktasından yatay bir doğru çizilir Bu doğru hidrografın alçalma eğrisini B noktasından keser. Bu şekilde yeraltısuyu akımı ayrılır[3].

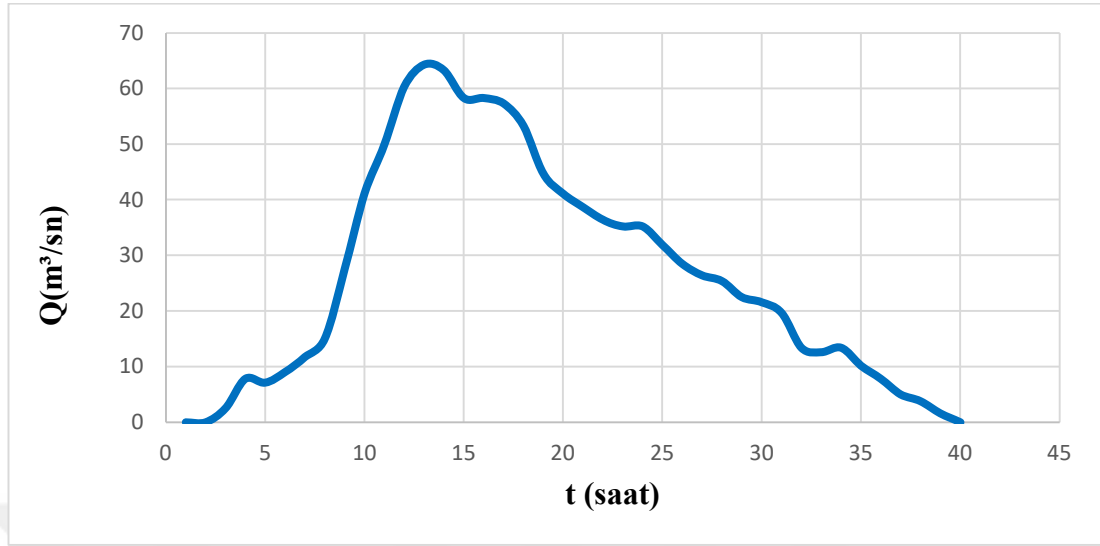
Yeraltı suyu akımını ayırmanın farklı yolları bulunmaktadır. Çizelge 5.15 üzerinden bakıldığında uygun olan yöntem basit yöntem olmuştur. Çizelge 5.16'da belirtilen yüzey akımının başladığı A noktasından, yatay bir doğru çizilmiştir. Bu doğru hidrografın alçalma eğrisini B noktasında kesmiştir. Bu şekilde Taban akışı 48,7 m³/sn olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. 16. Taban akışı değerinin belirlenmesi.



Bu şekilde gözlenen hidrograftan, taban akışı ayrılmıştır. Hidrografın ordinatlarından taban akışı değerleri çıkarılarak dolaysız akış hidrografı elde edilmiştir (Çizelge 5.17).

Çizelge 5. 17. Trabzon Değirmendere Havzası 2013 Dolaysız Akış Hidrografı.



5.3.4 Trabzon Değirmendere Havzası BH'nin Hesaplanması

Dolaysız Akış Hidrografının altındaki alan ölçülerek hacim boyutlandırılmıştır. Toplam akış hacmi (V) 3822480 m³ olarak bulunmuştur. Çalışmanın yapıldığı havza alanı 729,34 km² = 729340000 m²'dir.

$$R_d = V/A \quad [2]$$

$$R_d = 3822480 / 729340000 = 0,005241 \text{ m}$$

$R_d = 0,00524 \text{ m} = 0,524 \text{ cm}$ olarak bulunmuştur.

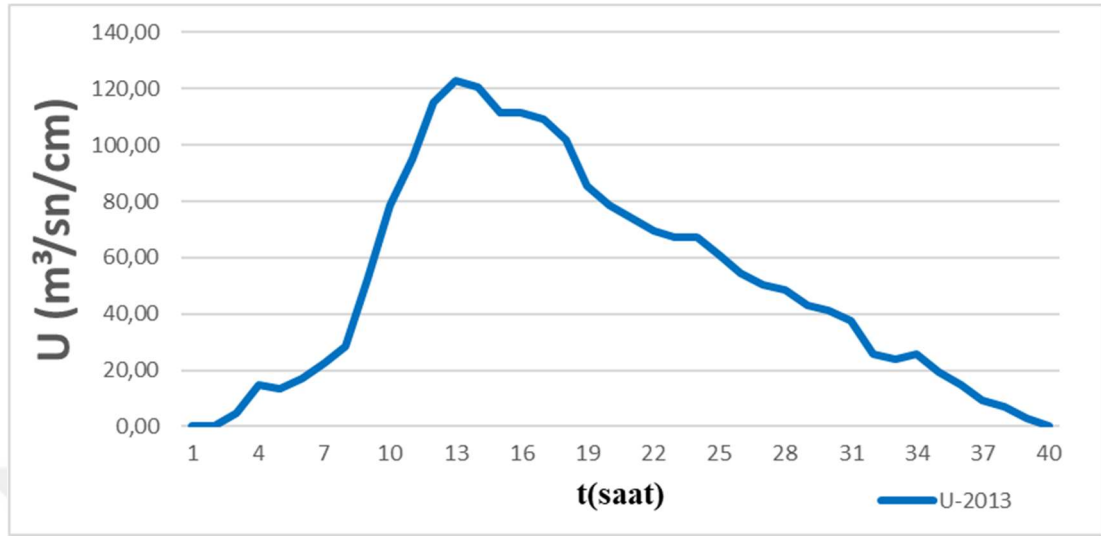
$$R_d = \text{Dolaysız Akış Yüksekliği} \quad [2]$$

$$V = \text{Toplam Akış Hacmi} \quad [2]$$

$$A = \text{Havza Alanı} \quad [2]$$

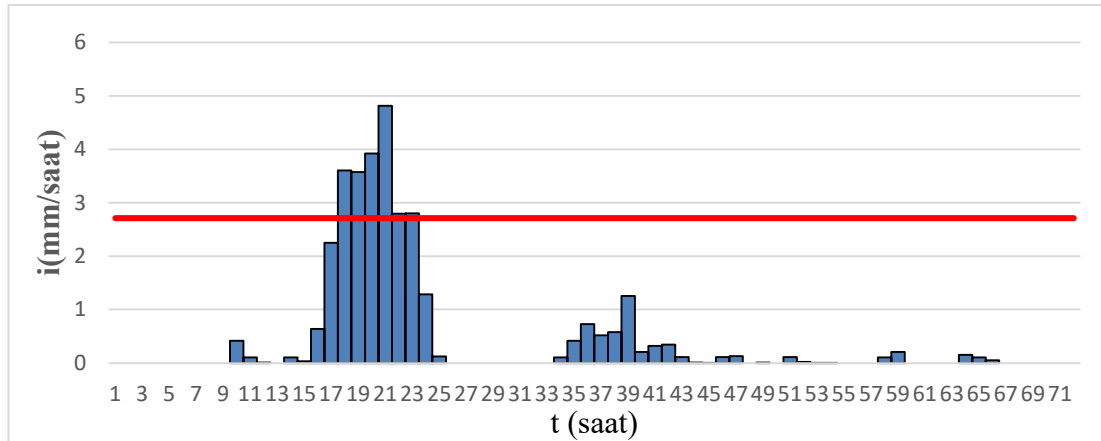
Dolaysız akış hidrografının ordinat değerleri dolaysız akış yüksekliklerine tek tek bölünerek Birim Hidrografın U ordinatları elde edilir[2].

Çizelge 5. 18. Trabzon değirmendere havzası gerçek veriler ile elde edilmiş birim hidrograf.



Birim hidrograf elemanları; pik debisi $O_p=122,71 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$, hidrografın yükselme zamanı $T_p= 13$ saat ve birim hidrografın taban süresi $T_b= 40$ saat olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.18).

Çizelge 5. 19. Artık yağış süresi (t_0) belirlenmesi.



Çizelge 5.19’da hyetograf üzerine yatay bir çizgi çizilmiştir. Bu çizginin üzerinde kalan alan dolaysız akış yüksekliğine (R_d) (veya artık yağış yüksekliğine) eşit olmuştur. Bu çizginin hyetografla kesişme noktaları arasındaki zaman farkı artık yağış süresini oluşturmaktadır. Bu durumda artık yağış süresi $t_0 = 6$ saat olarak belirlenmiştir. Hyetografin ağırlık merkezi ile BH’ın tepe noktası arasındaki zaman

farkı gecikme süresi $t_g=9,56$ saat olarak belirlenmiştir. Yatay çizginin ordinatı ϕ indisine eşittir. Böylece $\phi = 2,71$ olarak belirlenmiştir.

Trabzon Değirmendere havzası için $t_0 = 6$ saatlik BH elde edilmiştir, $t_1 = 12$ saatlik BH hesaplanmıştır. $\Delta t = 1$ saat aralıklıdır.

$$\frac{(t_1-t_0)}{\Delta t} = \text{öteleme sayısı} \quad [3]$$

$$\frac{(t_1-t_0)}{\Delta t} = \frac{(12-6)}{1} = 6$$

6 kere öteleme yapılmış ve değerler toplanmıştır. Toplam değer t_0/t_1 [2] ile çarpılarak 12 saat süreli BH elde edilmiştir.

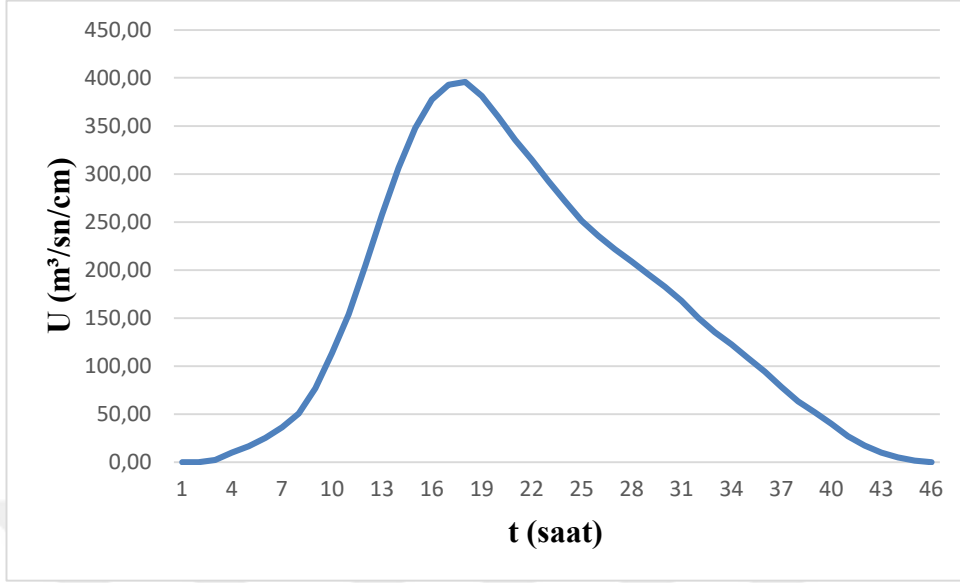
$$t_0/t_1 = 6 / 12 = 0,5$$

2013 YILI İÇİN 6 SAATLİK BH DANI 12 SAATLİK BH ELDE EDİLEŞİ									
(I) t (saat)	(II) 6 saatlik BH (U)	(III) 1 saat ötelenmiş U	(IV) 2 saat ötelenmiş U	(V) 3 saat ötelenmiş U	(VI) 4 saat ötelenmiş U	(VII) 5 saat ötelenmiş U	(VIII) 6 saat ötelenmiş U	(IX) Toplam II+III+IV+V+VI+VII	(X) 12:12lik BH= Toplam* 1/2
1	0,00							0,00	0,00
2	0,00	0,00						0,00	0,00
3	4,77	0,00	0,00					4,77	2,39
4	14,89	4,77	0,00	0,00				19,66	9,83
5	13,55	14,89	4,77	0,00	0,00			33,21	16,60
6	17,18	13,55	14,89	4,77	0,00	0,00		50,38	25,19
7	22,33	17,18	13,55	14,89	4,77	0,00	0,00	72,71	36,35
8	28,63	22,33	17,18	13,55	14,89	4,77	0,00	101,34	50,67
9	52,48	28,63	22,33	17,18	13,55	14,89	4,77	153,82	76,91
10	78,44	52,48	28,63	22,33	17,18	13,55	14,89	227,48	113,74
11	95,23	78,44	52,48	28,63	22,33	17,18	13,55	307,82	153,91
12	115,08	95,23	78,44	52,48	28,63	22,33	17,18	409,35	204,68
13	122,71	115,08	95,23	78,44	52,48	28,63	22,33	514,89	257,44
14	120,80	122,71	115,08	95,23	78,44	52,48	28,63	613,36	306,68
15	111,26	120,80	122,71	115,08	95,23	78,44	52,48	695,99	348,00
16	111,26	111,26	120,80	122,71	115,08	95,23	78,44	754,77	377,39
17	109,35	111,26	111,26	120,80	122,71	115,08	95,23	785,69	392,84
18	101,72	109,35	111,26	111,26	120,80	122,71	115,08	792,18	396,09
19	85,31	101,72	109,35	111,26	111,26	120,80	122,71	762,40	381,20
20	78,44	85,31	101,72	109,35	111,26	111,26	120,80	718,13	359,06
21	73,85	78,44	85,31	101,72	109,35	111,26	111,26	671,18	335,59
22	69,47	73,85	78,44	85,31	101,72	109,35	111,26	629,39	314,69
23	67,18	69,47	73,85	78,44	85,31	101,72	109,35	585,31	292,65
24	67,18	67,18	69,47	73,85	78,44	85,31	101,72	543,13	271,56
25	60,88	67,18	67,18	69,47	73,85	78,44	85,31	502,29	251,15
26	54,39	60,88	67,18	67,18	69,47	73,85	78,44	471,37	235,69
27	50,38	54,39	60,88	67,18	67,18	69,47	73,85	443,32	221,66
28	48,47	50,38	54,39	60,88	67,18	67,18	69,47	417,94	208,97
29	42,94	48,47	50,38	54,39	60,88	67,18	67,18	391,41	195,71
30	41,22	42,94	48,47	50,38	54,39	60,88	67,18	365,46	182,73
31	37,60	41,22	42,94	48,47	50,38	54,39	60,88	335,88	167,94
32	25,57	37,60	41,22	42,94	48,47	50,38	54,39	300,57	150,29
33	24,05	25,57	37,60	41,22	42,94	48,47	50,38	270,23	135,11
34	25,57	24,05	25,57	37,60	41,22	42,94	48,47	245,42	122,71
35	19,47	25,57	24,05	25,57	37,60	41,22	42,94	216,41	108,21
36	14,89	19,47	25,57	24,05	25,57	37,60	41,22	188,36	94,18
37	9,54	14,89	19,47	25,57	24,05	25,57	37,60	156,68	78,34
38	7,25	9,54	14,89	19,47	25,57	24,05	25,57	126,34	63,17
39	3,05	7,25	9,54	14,89	19,47	25,57	24,05	103,82	51,91
40	0,00	3,05	7,25	9,54	14,89	19,47	25,57	79,77	39,89
41		0,00	3,05	7,25	9,54	14,89	19,47	54,20	27,10
42			0,00	3,05	7,25	9,54	14,89	34,73	17,37
43				0,00	3,05	7,25	9,54	19,85	9,92
44					0,00	3,05	7,25	10,31	5,15
45						0,00	3,05	3,05	1,53
46							0,00	0,00	0,00

Şekil 5. 10. Trabzon Değirmendere Havzası 12 saat süreli BH değerleri.

Şekil 5.10'da bulunan Trabzon Değirmendere Havzasının 12 saat süreli BH değerleri kullanılarak BH çizimi yapılmıştır (Çizelge 5.20).

Çizelge 5. 20. Trabzon değirmendere havzası 12 saat süreli BH.



Birim hidrograf elemanları; pik debisi $O_p=396,09 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$, hidrografın yükselme zamanı $T_p= 18$ saat ve birim hidrografın taban süresi $T_b= 46$ saat olarak elde edilmiştir.

5.4. DEĞİRMENDERE HAVZASINA AİT SENTETİK YÖNTEM KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

Trabzon Değirmendere havzası için Snyder yöntemi için havzaya bağlı C_t ve C_p katsayıları, Mockus yöntemi için K ve H katsayıları kullanılmaktadır. Havzaya ait gerçek değerler bulunmadığı durumlarda havzanın özellikleri göz önünde bulundurularak yaklaşık olarak bu tercihler yapılabilmektedir.

Bu bölümde Değirmendere Havzasına ait ölçülmüş değerler sonucu hesaplanan birim hidrograf göz önünde bulundurularak Snyder yöntemi için havzaya bağlı C_t ve C_p katsayıları, Mockus yöntemi için K ve H katsayıları belirlenmiştir.

5.4.1. Trabzon Değirmendere Havzasına Ait C_t ve C_p Katsayılarının Belirlenmesi

Trabzon Değirmendere havzası için ölçülmüş değerler sonucunda BH hesabı yapılarak $O_p=122,71 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5. 21. Trabzon Değirmendere Havzasına ait C_t ve C_p katsayıları.

Deneme	C_t	C_p	Q_p	T_p	Mutlak hata
1	1,5	0,6	153,3	7,88	20%
2	2	0,6	114,98	10,5	7%
3	1,75	0,6	131,4	9,19	7%
4	1,828	0,6	125,8	9,60	2%
5	1,828	0,55	115,31	9,60	6%
6	1,828	0,585	122,65	9,60	0,05%

Çizelge 5.21’de ilk olarak C_p değeri 0,6’da sabit tutularak C_t değeri 1,5 olarak denenmiş ve $Q_p=153,30 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ olarak görülmüştür. Sonrasında C_t değeri 2 olarak denenmiş ve $Q_p=114,88 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ olarak görülmüştür. Gerçek pik debi değeri Bu aralıkta olduğundan C_t değeri 1,5 ile 2 arasında olması gerektiği düşünülerek C_t değeri 1,75 olarak denenmiştir. 3. Deneme sonucunda $Q_p=131,40 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ olarak bulunmuştur. Daha sonrasında C_t değerinin 1,75 ile 2 değeri arasında olması gerektiği düşünülerek $C_t =1,828$ olarak denenmiş $Q_p= 125,80 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ ve hata payının % 2’lere kadar indiği görülmüştür. C_t değeri 1,828 de sabit tutularak C_p değeri 0,6’dan 0,55’e düşürülmüştür. C_p değeri 0,55 olarak 5. Deneme yapılmış sonucunda $Q_p=115,31 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ ve hata miktarının % 6’lara kadar çıktığı gözlemlenmiştir. C_p değerinin 0,6 ile 0,55 arasında bir değer olması gerektiği düşünülerek 6. Denemede $C_p=0,585$ olarak denenmiş ve sonucunda $Q_p= 122,65 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ ve gerçek değer ile aynı olduğu görülmüştür. Hata oranının % 0,05 olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak Trabzon Değirmendere Havzasına ait C_t değeri 1,828, C_p değeri 0,585 olarak belirlenmiştir. Bu değerler Snyder Yönteminde kullanılmaktadır.

5.4.1. Trabzon Değirmendere Havzasına Ait K ve H Katsayılarının Belirlenmesi

Trabzan Değirmendere havzası için ölçülmüş değerler sonucunda BH hesabı yapılarak $O_p=122,71 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ ve $T_b=40$ saat olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5. 22. Trabzon Değirmendere Havzasına ait K ve H katsayıları.

DENEME	K	H	Qp	Tb	K değeri için Mutlak Hata	H değeri için Mutlak Hata
1	0,2	1,67	162,66	24,72	25%	61,81%
2	0,1	1,67	81,33	24,72	51%	61,81%
3	0,151	1,67	122,80	24,72	0,1%	61,81%
4	0,151	2	122,80	27,68		44,51%
5	0,151	3	122,80	36,65		9,14%
6	0,151	4	122,80	45,62		12,32%
7	0,151	3,38	122,80	40,06		0,15%

K ve H katsayıları Sentetik yöntemlerden Mockus yönteminde kullanılmaktadır. Mockus yönteminde K katsayısı Qp değerini ve H katsayısı Tb değerini etkilediği görülmüştür.

Çizelge 5.22’de ilk olarak K=0,2 değeri ile denemeye başlanmış Qp =162,66 m³/sn/cm ve hata oranı % 25 olarak hesaplanmıştır. 2. Denemede K değeri 0,1 olarak denenmiş Qp= 81,33 m³/sn/cm ve hata oranının % 51 lere kadar çıktığı görülmüştür. Gerçek Qp değerinin 1. ve 2. Deneme sonucunda elde edilen Qp değerlerinin arasında olduğu bilindiğinden 3. Deneme de K=0,151 olarak denenmiştir. 3. Deneme sonucunda Qp=122,80 m³/sn/cm ve hata oranı % 0,1 olarak hesaplanmıştır. Bu yaklaşımın yeterli olduğu kabul edilerek Qp değeri için yeni bir K sayısı denenmemiştir.

Çizelge 5.22’ de H değeri 1,67 olarak kabul edildiğinde Tb = 24,72 ve hata oranı % 61,81 olarak hesaplanmıştır. 4.denemeye kadar farklı bir H değeri denenmediğinden 4. Deneme de H = 2 olarak hesaplamalar yapılmıştır. 4. Deneme sonucunda Tb= 27,68 saat ve hata oranı % 44,51 olarak hesaplanmıştır. 5. Deneme de H=3 olarak hesaplamalar yapılmıştır. 5. Deneme sonucunda Tb= 36,65 saat ve hata oranı % 9,14 olduğu belirlenmiştir. Tb değerinin 40 değerine ulaşması için H değerini artırmaya devam etmek gerektiği düşünülerek 6. Deneme de H= 4 olarak hesaplamalar yapılmıştır. 6. Deneme sonucunda Tb = 45,62 ve hata oranının %12,32 oranına yükseldiği görülmüştür. H değerine 3-4 aralığında bir değer verilmesi gerektiği düşünülerek H=3,38 olarak 7. Deneme yapılmıştır. 7. Deneme sonucunda Tb= 40,06

ve hata oranı % 0,15 olarak hesaplanmıştır. Bu yaklaşımın yeterli olduğu düşünülerek Tb değeri için yeni bir H değeri denenmemiştir.

Sonuç Olarak Trabzon Değirmendere Havzası için Mockus yönteminde kullanılan K ve H katsayıları $K= 0,151$ ve $H= 3,38$ olarak belirlenmiştir.



BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Trabzon Değirmendere havzasına ait birim hidrografları Sentetik yöntemlerden DSİ sentetik, Mockus, Sneyder yöntemleri ile elde edilmiştir. Ölçülmüş veriler kullanılarak Trabzon Değirmendere Havzasının 2013 yılı için birim hidrografi hesaplanmıştır. Ölçülmüş değerler ile hesaplanan ve sentetik birim hidrograf yöntemleri ile hesaplanan birim hidrograflar karşılaştırılarak ölçülmüş değerlere en yakın sonucu veren sentetik yöntem belirlenmiş ve aralarında bulunan farklılıklar ortaya konulmuştur. 2013 yılı verileri ile dolaysız akış yüksekliği, gecikme süresi, dolaysız akış süresi hesaplanmıştır. Ayrıca 2013 Yılı için ölçülmüş değerlerle hesaplanan birim hidrograf kullanılarak Sneyder yöntemi için C_t ve C_p , Mockus yöntemi için K ve H katsayıları Trabzon Değirmendere havzası için hesaplanmıştır. Bölgede yapılacak olan farklı bir çalışmada kullanılabilmesi amacıyla bu değerler belirlenmiştir.

DSİ Sentetik yöntemine göre, Trabzon Değirmendere Havzasına ait birim hidrograf elemanları; pik debisi $Q_p = 156,22 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$, birim hidrografın taban süresi $T_b=47,34$ saat ve hidrografın yükselme zamanı $T_p = 9,47$ saat olarak bulunmuştur.

Mockus yöntemine göre, Trabzon Değirmendere Havzasına ait birim hidrograf elemanları; pik debisi $Q_p = 169,16 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$, hidrografın yükselme zamanı $T_p = 8,97$ saat ve birim hidrografın taban süresi $T_b = 44,84$ saat olarak bulunmuştur.

Snyder yöntemine göre, Trabzon Değirmendere Havzasına ait birim hidrograf elemanları; pik debisi $Q_p = 125,62 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$, hidrografın yükselme zamanı $T_p = 9,45$ saat, birim hidrografın taban süresi $T_b= 47,27$ saat, havza yüksek eğime sahip dağlık ve kayalık bir konumda olmasından dolayı $C_t=1,8$ ve $C_p= 0,59$ olarak kullanılmıştır.

Ölçülmüş veriler ile birim hidrograflar 2013 yılı için hesaplanmıştır. 2013 yılında en fazla yağışın görüldüğü 17 mart tarihinin bir gün öncesi ve bir gün sonrası olacak şekilde 16-17-18 mart 2013 tarihlerinin yağış ve akış değerleri saatlik olarak kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında MGM' den yağış verileri temin edilmiştir. Trabzon Bölge (17037), Maçka/Altındere Sümela (17714), Düzköy (18229), Zigana Kayak Merkezi (17696) ve Tonya/Kalınçam (18230) olmak üzere 5 adet OMGI verileri kullanılmıştır.

Thiessen çokgenleri metodu sayesinde Trabzon Değirmendere Havzasında çalışmanın yağıldığı 729,34 km² alanda 5 adet OMGI istasyonunun her birinin etkilemiş oldukları yağış alanı hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda Trabzon Bölge istasyonu 6,02 km², Maçka/Altındere Sümela istasyonu 379,47 km², Düzköy istasyonu 122,88 km², Zigana Kayak Merkezi istasyonu 183,64 km² ve Tonya/Kalınçam istasyonunun 37,33 km²'lik alanı etkilediği tesbit edilmiştir. Hesaplanan bu alanlar kullanılarak alansal ortalama yağış P_{ort} hesaplanmıştır.

2013 yılındaki gerçek verilere göre, Trabzon Değirmendere Havzasına ait birim hidrograf elemanları; pik debisi $O_p=122,71$ m³/sn/cm, birim hidrografın taban süresi $T_b=40$ saat ve pike ulaşma süresi $T_p=13$ saat olarak elde edilmiştir.

2013 yılı verileri kullanılarak dolaysız akış yüksekliği $R_d=0,524$ cm olarak hesaplanmıştır. Hiyetografin ağırlık merkezi ile BH'nın tepe noktası arasındaki zaman farkı gecikme süresi $t_g=9,56$ saat olarak belirlenmiştir. Artık yağış süresi $t_0=6$ saat süreli olduğu belirlenmiştir. ϕ indisi 2,71 olarak belirlenmiştir. 6 saat süreli BH kullanılarak 12 saat süreli BH elde edilmiştir.

Birim Hidrografların pik debileri karşılaştırıldığında 2013 yılında $O_p=122,71$ m³/sn/cm olarak bulunmuştur. Sentetik yöntemlerden bu değere en yakın sonucu Sneyder yöntemi $Q_p=125,62$ m³/sn/cm olarak bulunmuştur. İkinci yaklaşan yöntem DSİ Sentetik yöntemi $Q_p=156,22$ m³/sn/cm olarak bulunmuştur. En uzak değer ise

Mockus yöntemi $Q_p = 169,16 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{cm}$ olarak bulunmuştur. Pik debileri karşılaştırılmış olup en doğru sonucu Sneyder yöntem vermiştir.

Birim hidrografların taban süreleri karşılaştırıldığında 2013 yılına ait ölçülmüş değerlerle hesaplanan birim hidrografın taban süresi 40 saat olarak bulunmuştur.

Sentetik yöntemlerden bu değere en yakın sonucu Mockus ve Sneyder yöntemi vermiştir. Mockus yöntemi $T_b = 44,84$ ve Snyder yöntem $T_b = 47,27$ saat olarak bulunmuştur. En uzak değer ise DSİ Sentetik yöntem $T_b = 47,34$ saat ile DSİ Sentetik yöntem vermiştir.

Birim hidrografın pike ulaşma süreleri karşılaştırıldığında 2013 yılına ait ölçülmüş değerlerle hesaplanan birim hidrografın pike ulaşma süresi 13 saat olarak bulunmuştur. Sentetik yöntemlerden bu değere en yakın sonucu DSİ Sentetik ve Sneyder yöntemi vermiştir. DSİ Sentetik yöntem $T_p = 9,47$ saat ve Sneyder yöntem $T_p = 9,45$ saat olarak belirlenmiştir. En uzak sonucu $T_p = 8,97$ saat ile Mockus yöntemi vermiştir.

Trabzon Değirmendere havzasının alanı 1042 km^2 'dir. Çalışmanın yapıldığı alan Değirmendere havzasının $729,34 \text{ km}^2$ 'lik kısmıdır.

Drenaj alanları 1 km^2 ile 10 km^2 arasında olan havzalarda mockus, 10 km^2 ile 1000 km^2 arasında bulunan havzalarda DSİ sentetik, 1000 km^2 ve üzeri alana sahip havzalarda Snyder yöntemi kullanılması bir çok kez önemle vurgulanmıştır. Bu çalışma sonucunda 1042 km^2 alana sahip olan Trabzon Değirmendere Havzası için “Sneyder” yöntemi uygundur.

Trabzon Değirmendere havzasının ölçülmüş değerleri ile hesaplanan birim hidrograf kullanılarak Değirmendere havzasına ait Sentetik yöntem katsayıları belirlenmiştir. Değirmendere havzası için; Sneyder yöntemi havzaya bağlı katsayılar $C_t = 1,828$ ve $C_p = 0,585$, Mockus yöntemi havzaya bağlı katsayılar $K = 0,151$ ve $H = 3,38$ olarak belirlenmiştir. Bölgede yapılacak olan farklı bir çalışmada kullanılabilmesi amacıyla bu değerler belirlenmiştir.

Farklı drenaj alanlarına sahip ve güncel verilerle havza özelliklerinin değişip değişmediği ve dolayısıyla kullanılan sentetik birim hidrografların doğruluğu üzerine farklı çalışmalar da yapılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

1. Doğu, A., "Kırıkkale Çoruközü Deresinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması Ve Bir Boyutlu Modellenmesi", *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2016).
2. Yüksek, Ö. and Üçüncü, O., "KTÜ Temel Hidroloji Ders Notları", Trabzon, 102–108 (1999).
3. Usul, N., "Mühendislik Hidrolojisi", 1. Ed., *ODTÜ Yayıncılık - Kitap*, Ankara, 44 (2013).
4. Beyazıt, M., "Hidroloji", *İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Maatbası*, (1999).
5. Koca, Y. C., "Rize İyidere Alt Havzası İkizdere Kesiti İçin Birim Hidrografın Belirlenmesi", *Ulusal Tez Merkezi Uzmanlık Tezi*, (2014).
6. Internet: Netcad, "Farklı Metodlar İçin Kullanım Şartları", <http://portal.netcad.com.tr>.
7. Bantchia, B. B., "Nilüfer Baraj Havzası İçin Sentetik Birim Hidrograf ve Havza Parametrelerinin Belirlenmesi", *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2018).
8. Şeker, D. Z., Tanık, A., and Öztürk, İ., "CBS'nin Havza Yönetimi Çalışmalarında Uygulanması ,TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi", (2009).
9. Akkaya, A. and Şerife, T., "Sayısal Yükseklik Modelinden Yararlanılarak Bazı Havza Karakteristiklerinin Belirlenmesi", *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Makale*, (2005).
10. Erenbilge, T., "Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Denizli Çürüksu Havzasının Hidrojeolojik Modellenmesi", *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (1996).
11. Yüksel, A., "Kahramanmaraş Avyalı Barajı Yağış Havzasının CBS Ortamında Havza Anemajmanı Bakımından Planlanması Üzerine Araştırmalar", *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2001).
12. Arslan, O., "Su Kalitesi Verilerinin CBS İle Çok Değişkenli İstatistik Analizi Porsuk Çayı Örneği", *Jeoinformasyon Ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 22–28 (2008).

13. Yüksel, Y., Ağaçcıoğlu, H., Coşar, A., Çelikoğlu, Y., and Gürer, S., "Haliç Islah Projesinde Kağıthane Ve Alibeyköy Derelerinin Etkisinin İncelenmesi", (1999).
14. Balkanoğulları, F., "Kırklareli Vize Deresi Havzası Birim Hidrograf Değerlerinin Belirlenmesi", *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (2011).
15. Eren, M. E., "Boğluca Deresinin Taşkın Riskinin Erdelenmesi", *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2011).
16. Göçmen, E., "Edirne İli Alt Havzalarında Taşkın Debisi Ve Su Verimi Hesaplamaları İçin Ampirik Yöntemlerin Etkinliklerinin Belirlenmesi", *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2006).
17. Bingöl, Y., "İstanbul Derelerinin Mevcut Durumu Ve Taşkın Debilerinin Hesabı", *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2006).
18. Öztürk, M., "İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Hesabı", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2006).
19. Tuna, C., "Fırat Üniversitesi Kampüs Alanından Geçen Çalgan Deresinin Yağış Akış İlişkisinin Belirlenmesi", *NWSA Engineering Sciences Dergisi*, 113–118 (2011).
20. Günel, A. Y., "CBS Ve Yapay Zeka Yöntemleri Kullanılarak Sentetik Ve Birim Hidrograf Çalışması", *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2015).
21. Ersoy, S. B., "Manisa Kızıldere Taşkın Akımlarının HEC-RAS İle Modellenmesi", *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2017).
22. Zarifoğlu, H., "Lefkoşa İçin Bir Taşkın Yönetim Sistemi Geliştirilmesi", *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2018).
23. Börü, H., "Türkiye Havzaları İçin Snyder Sentetik Birim Hidrograf Metodu Parametre Değerlerinin İncelenmesi", *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2019).
24. Chow, V., "Uygululamalı Hidroloji", *Singapur Su Kaynakları Ve Çevre Mühendisliği*, Singapur, (1988).
25. Shediran, V., "Flandland Havzaları İçin Tepe Oranı Faktörleri", *Uygulamalı Tasarımda Mühendislik*, Flandland, 58 (2002).
26. Bhunya, P., "Sentetik Birim Hidrograf Yöntemleri İle Kritiğinin Gözden Geçirilmesi", *Hidroloji Dergisi*, 1–8 (2011).

27. Internet: Safarina, "Nakayusu Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi", <http://ejournal.kopertis4.or.id/file/11> **Reliability of Nakayasu Synthetic.pdf**.
28. Ye, L., "Coğrafi Bilgi Sisteminin Neden Olduğu Hidrolojik Etkilerle Uygulanması", *Çevresel Etki Değerlendirme Dergisi*, 57–67 (1994).
29. Kang, M. S., Koo, J. H., Chun, J. A., Her, Y. G., Park, S. W., and Yoo, K., "Design Of Drainage Culverts Considering Critical Storm", *Biyosistem Mühendisliği Elsevier Dergisi*, 425–434 (2009).
30. Uçar, İ., "Trabzon Değirmendere havzasında coğrafi bilgi sistemleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın analizi yapılması", *Gazi Üniversitesi*, (2010).
31. Akça, M. D., "Coğrafi bilgi sistemi ile çevresel verilerin modellenmesi: Trabzon Değirmendere Vadisi örneği", *Karadeniz Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2000).
32. Aydın, F., "Değirmendere Vadisi (Trabzon-Esiroğlu, KD-Türkiye) Volkanitlerinin Mineral Kimyası, Petrolojisi ve Petrojenezi", *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2003).
33. Akyar, H., "Göl Kirlenmesi ve Kontrolü: Su Kirliliği ve Denetimi", *Denetimi, D.S.İ. Genel Müdürlüğü İçme Suları Ve Kanalizasyon Daire Başkanlığı*, 25–36 (1978).
34. Ersoy, H. and Bulut, F., "5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Hazırlık Toplantıları, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiri Kitabı", Trabzon, (2008).
35. Taş, E., "Havza Planlaması ve Yönetimi: Trabzon Değirmendere Havzası Örneği", *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2014).

ÖZGEÇMİŞ

Onur TANRIVERDİ, ilk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Sivas Kongre Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2018 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2018 yılında Ankara Park Alize Konutlarında İnşaat Mühendisi olarak göreve başladı. Bir süre çalıştıktan sonra 2019 yılında Piri Reis Müzesi, Çanakkale Savaşları Araştırma Merkezi restorasyonu ve Bozcaada Meyrem Ana Klisesi restorasyon çalışmalarında İnşaat Mühendisi olarak görev yaptı. 2020 yılında Finike Sokak Sağlıklaştırma restorasyonu işinde İnşaat Mühendisi olarak göreve başladı. 2018 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programında öğrenimine devam ediyor. 2019 yılında göreve başladığı restorasyon alanında, Finike Sokak Sağlıklaştırma restorasyon işinde İnşaat Mühendisi olarak görevine devam etmektedir.