

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZAKTAN ALGILAMA VE CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK AKIŞ
EĞRİ NUMARALARINDAN EŞEN ÇAYI HAVZASI İÇİN TAŞKINLARIN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eda ERAYDIN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU

Tez Eşdanışmanı: Prof. Dr. H. Gonca COŞKUN

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZAKTAN ALGILAMA VE CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK AKIŞ
EĞRİ NUMARALARINDAN EŞEN ÇAYI HAVZASI İÇİN TAŞKINLARIN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EDA ERAYDIN
(501111502)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU
Tez Eşdanışmanı: Prof. Dr. H. Gonca COŞKUN**

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **501111502** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Eda ERAYDIN** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**UZAKTAN ALGILAMA VE CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK AKIŞ EĞRİ NUMARALARINDAN EŞEN ÇAYI HAVZASI İÇİN TAŞKINLARIN BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Adı SOYADI** Necati Ağralioğlu
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Prof.Dr. Adı SOYADI** H.Gonca Coşkun
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Adı SOYADI**

Prof. Dr. Adı SOYADI

Prof. Dr. Adı SOYADI

Prof. Dr. Adı SOYADI

Prof. Dr. Adı SOYADI

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**

Savunma Tarihi : **19 Ocak 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde benden desteklerini ve güvenlerini esirgemeyen; hep yanımda olarak kılavuzluk eden ve yol gösteren tez danışmanlarım, Sayın Prof. Dr. Necati Ağırlioğlu ve Sayın Prof.Dr. Gonca Coşkun'a sonsuz anlayış ve güvenleri için, araştırmalarım sırasında benden tavsiye ve desteklerini esirgemeyip bilgisini, tecrübesini paylaştan İ.T.Ü Hidrolik Anabilim Dalı doktora öğrencilerinden Sayın Yasin Abdollahzadeh moradi ve Sayın Farrokh Mahnamfer'e, tezimin hazırlanması için gereken veri paylaşımında bana yardımlarını esirgemeyen Aydın 21. Bölge Devlet Su İşleri Etüt Plan Dairesi'ne ve Antalya 13. Bölge Devlet Su İşleri Müdürlüğü'ne ve hayatımın her döneminde olduğu gibi bu zorlu çalışma döneminde de daima yanımda olup desteklerini bir gün bile esirgemeyen aileme sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2014

Eda Eraydın
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	3
1.2 Materyal ve Yöntem.....	3
1.3 Literatür Araştırması	7
2. TAŞKIN BELİRLEME METODLARI	9
2.1 Rasyonel Metod.....	9
2.2 Birim Hidrograf Metodu	12
2.3 Cook Metodu.....	13
2.4 Eğri Numarası Yöntemi.....	17
3. HAVZA ORTALAMA YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ VE TOPLANMA SÜRESİ HESAP YÖNTEMLERİ.....	19
3.1 Ortalama Yağış Yüksekliği Metotları	19
3.2 Toplanma Süresinin Hesaplanması	22
3.2.1 Genel	22
3.2.2 Kirpich denklem.....	25
3.2.3 NRCS denklemi.....	25
3.2.4 Kinematik dalga denklemi.....	26
4. UZAKTAN ALGILAMA VE CBS	29
4.1 Uzaktan Algılama.....	29
4.2 Geometrik Düzeltme	29
4.3 Görüntü Zenginleştirme	30
4.4 Kontrollü ve Kontrolsüz Sınıflandırma.....	32
4.5 Coğrafi Bilgi Sistemi.....	34
5. ÇALIŞMA ALANI VE KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ.....	35
5.1 Eşen Çayı Havzası.....	35
5.1.1 Kavaklıdere alt havzası	37
5.2 Yağış Ölçüm İstasyonları	38
5.3 Akım Gözlem İstasyonları.....	41
5.4 Havza Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	41
5.4.1 Sayısal yükseklik haritalarının oluşturulması.....	42
5.4.2 Havza ve alt havza sınırlarının belirlenmesi.....	43
5.4.3 Havza fiziksel parametrelerinin belirlenmesi.....	44
5.4.4 Havzaya ait sentetik drenaj ağının belirlenmesi.....	46
5.4.5 Havzaya ait akış yönü ve su birikim haritalarının oluşturulması.....	48

5.4.6 Havzaya ait bakı haritasının oluşturulması.....	50
5.4.7 Havza arazi sınıflarının belirlenmesi.....	51
6. TAŞKIN HESAPLAMA İŞLEMLERİ	55
6.1 Yağış İstasyonları Verileri.....	55
6.1.1 Gumble yöntemi ile 100 yıllık yağış değeri bulunması.....	58
6.2 Akım İstasyonları Verileri.....	59
6.3 Havzaya ait Nem Verileri.....	61
6.4 Arazi Sınıflandırmaları ve Eğri Numaralarının Hesaplanması.....	62
6.5 Akış Yüksekliğinin Bulunması ve Debi Hesabı.....	65
7. TAŞKIN HESAPLAMA UYGULAMALARI.....	67
7.1 Kavaklıdere İstasyonu Havzası için Bir Yıllık Taşkın Hesabı.....	67
7.2 Kavaklıdere Havzası için 100 Yıllık Taşkın Hesabı.....	77
7.3 Eşen Havzasının Bir Yıllık Taşkın Hesabı.....	78
7.4 Eşen Havzasının 100 Yıllık Taşkın Hesabı.....	89
8. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR.....	93
KAYNAKLAR.....	103
ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMALAR

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
ASCE	: American Society of Civil Engineers
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CN	: Curve Number
DEM	: Digital Elevation Model
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ESRI	: Enviromental System Research Institute
NRCS	: Natural Resources Conservation System
UA	: Uzaktan Algılama
USDA	: United States Department of Agricultural
UTM	: Universal Transverse Mercator
SCS	: Soil Conservation System
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
SWAT	: Soil and Water Assessment Tool
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
WMS	: Watershed Modelling System

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Hidrolojik zemin grubu ve sınıflarına göre akış katsayısı değerleri	11
Çizelge 2.2 : “R” yağış etkeni.....	14
Çizelge 2.3 : Havza karakteristiklerine göre Cook sabiti	15
Çizelge 2.4 : Havza alanı ve Cook sabitine göre akış miktarları.....	16
Çizelge 2.5 : Havza karakteristiklerine göre Cook Sabiti “CC”	16
Çizelge 3.1 : Arazi örtüsüne göre Manning Katsayısı	26
Çizelge 5.1 : Eşen Çayı Havzası sınırları içindeki yağış ölçüm istasyonları.....	40
Çizelge 5.2 : Eşen Çayı Havza sınırları dışında kalan yağış istasyonları.....	40
Çizelge 5.3 : Kavaklıdere ve Yapılar akım gözlem istasyonları	41
Çizelge 5.4 : WMS’e göre Kavaklıdere ve Eşen Havzaları parametreleri	46
Çizelge 6.1 : 1967-1986 yılları arasında ölçümleri yapılmış yılda günlük maksimum yağış verileri	56-57
Çizelge 6.2 : Havza çevresinde yer alan istasyonlara ait yılda günlük maksimum yağış verileri (1967-1986)	57-58
Çizelge 6.3 : Kavaklıdere ve Yapılar akım gözlem istasyonlarına ait yıllık maksimum akış debisi değerleri	60
Çizelge 6.4 : Son 5 günlük yağış verilerine göre zemin nemi durumu.....	61
Çizelge 7.1 : Arazi kullanım sınıflarının alansal değerleri	68
Çizelge 7.2 : Kavaklıdere Havzasına ait zemin parametreleri.....	69
Çizelge 7.3 : Hidrolojik zemin grubu ve bitki örtüsüne göre akış eğri numaraları ...	70
Çizelge 7.4 : Arazi kullanım sınıflarına ait akış eğri numaraları.....	71
Çizelge 7.5 : Yıllık maksimum ve tarihlerine göre 5 günlük yağış verileri	72
Çizelge 7.6 : Yağış öncesi nem durumu tahmini için yağış limitleri.....	72
Çizelge 7.7 : Akış eğri numarası dönüşüm tablosu	73
Çizelge 7.8 : Kavaklıdere Havzası yıllara bağlı CN değerleri	74
Çizelge 7.9 : 1966-1972 yılları hesaplanan (Q_p) ve ölçülmüş (Q_0) taşkın debi değerleri.....	76
Çizelge 7.10 : Kavaklıdere Havzası için yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış verisi ile hesaplanan değerler	78
Çizelge 7.11 : Thiessen Poligonlarından 1971 yılı yılda günlük maksimum yağış değerlerinin ortalamasının bulunması	80
Çizelge 7.12 : Eşen Çayı Havzası 1971-1966 yılları arası yılda günlük maksimum yağış yükseklik ortalama değerleri	81
Çizelge 7.13 : Eşen Çayı Havzasının arazi kullanım sınıfları alan değerleri	82
Çizelge 7.14 : Eşen Çayı Havzasının arazi kullanım sınıflarına göre eğri numaraları	83
Çizelge 7.15 : Kemer istasyonu 1966-1971 yılları 5 günlük yağış verileri	84
Çizelge 7.16 : Yağış öncesi toprak nem durumuna göre akış eğri numaraları	84
Çizelge 7.17 : Seki istasyonu 1966-1969 yılları 5 günlük yağış verileri.....	85
Çizelge 7.18 : Yağış öncesi toprak nem durumuna göre eğri numaraları	85
Çizelge 7.19 : Eşen Çayı Havzasına ait havza parametre değerleri	86

Çizelge 7.20 : Eşen Çayı Havzası 1967-1986 yılları doygun zemin cinsine göre taşkın debi değerleri.....	86-87
Çizelge 7.21 : Eşen Çayı Havzası 1967-1986 yılları orta doygun zemin drumuna göre taşkın debi değerleri	87-88
Çizelge 7.22 : Eşen Çayı Havzası 1967-1986 yılları kuru zemin durumuna göre taşkın debi değerleri.....	88-89
Çizelge 7.23 : Eşen Çayı Havzası yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış yüksekliği ortalama değerleri	90
Çizelge 7.24 : Eşen Çayı Havzasına ait yağış öncesi nem durumu ve akış eğri numarası değeri.....	90
Çizelge 7.25 : Eşen Çayı Havzası 100 yıllık taşkın debisi değerleri	91
Çizelge 7.26 : Eşen Çayı Havzası doygun ve kuru zemin nemi durumuna göre taşkın debisi değerleri	91
Çizelge 8.1 : Eşen Çayı Havzası doygun zemin nemi durumuna göre taşkın debi değerleri	94-95
Çizelge 8.2 : Eşen Çayı Havzası kuru zemin nemi durumuna göre taşkın debi değerleri	95-96
Çizelge 8.3 : Eşen Çayı Havzası doygun zemin nemi durumuna göre taşkın debi değerleri	97-98
Çizelge 8.4 : Kavaklıdere Havzası bütün zemin nemi durumlarına göre taşkın debi değerleri	99

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Raster ve vektör veri.	4
Şekil 1.2 : Çalışmanın genel akış şeması.	6
Şekil 2.1 : Birim hidrograf.	13
Şekil 3.1 : Thiessen Poligonu yöntemi ve havzaya ait istasyonlar	20
Şekil 3.2 : 1986 yılına ait Türkiye eşyağış haritasında Eşen Havzası.	22
Şekil 3.3 : Havzada akış tipi örnekleri.	23
Şekil 3.4 : Eşen Havzası drenaj sistemi	24
Şekil 3.5 : Taşkın birim hidrografi.	27
Şekil 5.1 : Eşen Çayı Havzası Türkiye sınırları içindeki konum.	36
Şekil 5.2 : Eşen Çayı Havzası at havzalarından Kavaklıdere Havzasının konumu.	38
Şekil 5.3 : Eşen Çayı içinde ve çevresinde yer alan yağış istasyonları konumu.	39
Şekil 5.4 : Sayısal yükseklik verisi	43
Şekil 5.5 : Eşen Çayı Havzası ve alt havza sınırları.	44
Şekil 5.6 : WMS programı ile havza parametrelerinin hesaplanması.	46
Şekil 5.7 : Eşen ve Kavaklıdere Havzaları sentetik drenaj ağı.	48
Şekil 5.8 : Havzaya ait akış yönü haritaları.	49
Şekil 5.9 : Havzaya ait su birikim haritası.	50
Şekil 5.10 : Havzaya ait bakı haritası.	51
Şekil 5.11 : Eşen Çayı Havzası orijinal ve görüntü zenginleştirme uygulanmış görüntü.	52
Şekil 5.12 : Eşen Çayı Havzası kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırılmış görüntü.	53
Şekil 6.1 : Q, F, I _a , P arasındaki ilişki diyagramı.	62
Şekil 7.1 : Kavaklıdere Havzasının kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırılmış görüntüsü.	68
Şekil 7.2 : 1 günlük yağış süreleri için yaişın yerel dağılım grafiği.	75
Şekil 7.3 : Kavaklıdere Havzası için hazırlanan yılda günlük en büyük yağış yükseklik değerleri tekerrürleri Gumble grafiği.	77
Şekil 7.4 : ArcGIS yazılımı ile Eşen Çayı Havzasının Thiessen Poligonlarına ayrılması.	79
Şekil 7.5 : Kavaklıdere Havzası için 100 yıllık taşkın debi değerleri.	91
Şekil 7.6 : Eşen Çayı Havzası için 100 yıllık taşkın debi değerleri.	92

UZAKTAN ALGILAMA VE CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK AKIŞ EĞRİ NUMARALARINDAN EŞEN ÇAYI HAVZASI İÇİN TAŞKINLARIN BELİRLENMESİ

ÖZET

Türkiye'nin güneybatısında yer alan Muğla ili sınırları içerisinde kalan Eşen Havzası'nın taşkın modelleme çalışmasında bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi olan ArcGIS yazılımı yardımıyla havzaya ait morfolojik özellikler belirlenmeye çalışılmış ve havza karakteristik özelliklerine göre bu yazılım yardımıyla çeşitli haritalar oluşturulmuştur. Havzaya ait Landsat TM uydu görüntüleri üzerinde bir Uzaktan Algılama yazılımı olan Erdas Imagine 2013 ile kontrollü sınıflandırma yoluna gidilerek arazi kullanım sınıfları alansal olarak hesaplanmıştır.

USDA (United States Department of Agricultural) tarafından yağış verilerinden akış yüksekliği değerini bulmak üzere geliştirilmiş akış eğri numarası NRCS (Natural Resources Conservation Service) yöntemiyle havzanın söz konusu parametreleri göz önüne alınarak havzaya ait akış eğri numarası (CN) hesaplanmıştır. Ölçümleri DSI ve DMI tarafından yapılmış yağış ölçüm istasyonlarının yıllık ve 100 yıllık verilerinden Thiessen Poligonu yöntemiyle yağış yükseliğinin alansal ortalaması hesaplanmış ve akış modeli uygulanarak maksimum akış değerlerine ulaşılmıştır.

5 günlük yağış verileri göz önüne alınarak değerlendirilen havza toprak nemi durumlarına göre sırasıyla doymuş (CNI), orta doymuş (CNII) ve kuru zeminlere (CNIII) göre akış debisi değerleri ayrı ayrı hesaplanmış ve toprak nemi durumuyla akış debisi değeri arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

CBS teknikleri kullanılarak elde edilen Eşen Çayı Havzası'na ait potansiyel alt havzalar içinden uygun bir havza seçilerek aynı işlemlerden geçirilmiş ve bu alt havzaya ait maksimum akış değeri hesaplanmıştır. Yağış-akış modeliyle hesaplanan akış değerleri EİE ve DSI'nin ölçümlerini gerçekleştirdiği akım gözlem istasyonlarından elde edilen verilerle karşılaştırılma yoluyla hidrolojik model değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Eşen Çayı Havzası ve alt havzasında yapılan çalışmalar ve hesaplamalar sonucunda taşkın debisi değerinin zemin nemi değeriyle bağlantısı ortaya konulmuştur. CBS ve UA teknolojilerinin kullanımıyla gerçekleştirilen hesaplamalarda edinilen taşkın debisi değeri AGİ'lerden alınan verilerle karşılaştırılarak değerlendirilmiş, her üç zemin nemi grubu için sonuçlar elde edilmiştir.

APPLICATION OF NRCS CN RAINFALL-RUNOFF MODELING USING GIS AND REMOTE SENSING TECHNOLOGY IN EŞEN RIVER BASIN

SUMMARY

Natural Resources Conservation Service (NRSC) method is one of the rainfall-runoff method which was developed by United States Department of Agricultural (USDA). In this case NRCS method is used for estimating the flood peak from rainfall data. This rainfall data, between 1967-1986 is obtained by DSI and DMI meteorological gauged stations used as input data in NRCS method and is also available as daily, monthly and yearly. Estimating the flood peak from CN numbers, watershed characteristics will be determined. The CN number is essential to estimate the peak discharge and it is accomplished with using the soil type, land use and antecedent moisture condition (AMC). Determining this physical area characteristics is possible using GIS and remote sensing (RS) technologies. RS and GIS are efficient tools in rainfall and runoff analysis. Land use data can be created by Erdas Imagine software which is a kind of remote sensing technology. Using the multitemporal Landsat satellite image of the study area is classified with Erdas Imagine. The average value of curve number for all sub-basins were calculated by assigning weights with area of land use classes. Remote sensing technology can provide conventional methods in rainfall-runoff studies. The other characteristics like the area, slope, aspect, flow length data and calculating the drainage network is possible to estimate with using ArcGIS software from topographic map.

Evaluation of the results for this study distinct all of these watershed characteristics, the antecedent moisture condition (AMC) is calculated from 5 day prior rainfall. This parameter effects the flood peak seriously if the soil is under “low”, “average” and “high” condition. These 3 of antecedent moisture condition may affect flood peak variability. In addition to antecedent moisture, such deterministic influences included storm duration, intensity distribution and seasonal variations. An another result of this study, the SCS CN method can be applied to large watersheds with multiple land uses but the smaller or mid-sized catchments are more available to give the favorable values.

1. GİRİŞ

Akarsular; içme suyu ve tarım alanlarının sulanmasında kullanılan, endüstri su ihtiyacını karşılayan bir kaynak olmasının yanı sıra zaman zaman doğal veya yapay olarak taşkınlara sebep olup çevrelerindeki yerleşim birimlerine, tarımsal arazi ve sera alanlarına oldukça büyük zararlar vermektedirler. Taşkına sebep olan birçok etken sayılabilirken en etkili faktörlerin başında; artan kentselleşme, insan faaliyetleri tarafından değiştirilen akarsu yatakları, iklimsel değişimlere bağlı olarak gerçekleşen yağışlarda ve iklim koşullarındaki değişiklikler gelir.

Bir havza, tabiatı itibariyle canlıdır ve sürekli devam eden hidrolojik bir döngüye sahip olması nedeniyle onu oluşturan faktörlerden herhangi biri üzerindeki ani değişiklik havzanın tabiatını bozacak ve buna bağlı olarak da döngüyü dengesiz bir duruma getirecektir. Dolayısıyla havza, sahip olduğu dengeli durumu korumak amacıyla etrafına taşkın v.b. yollarla çeşitli zararlar verebilmektedir.

Türkiye’de büyük taşkınlar özellikle Karadeniz ve Akdeniz iklimi ve topoğrafyasında kendini gösterir. Bu bölgelerde nemli hava akışının dik yamaçlarla karşılaşması sonucunda yüksek kotlu alanlara büyük yağışlar düşer ve buna bağlı olarak da herhangi bir önlem alınmazsa büyük taşkınlar gerçekleşir.

Taşkınların sebep olduğu sosyo ekonomik zararlara önlem olarak ülkemizde son yıllarda bu zararları önlemek ve azaltmak amacıyla çeşitli bölge taşkın planları, hidrometrik ve meteorolojik gözlemler ve imar planlarının, bu durum göz önüne alınarak oluşturulmaya başlanması, taşkın önleyici set ve barajların inşası gibi çalışmaların yürütülmesine başlanmıştır.

Havza Hidrolojik Modellemeleri ve Su Kaynakları çalışmaları kapsamındaki bilimsel projelerde, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) artan bir ivmeyle kullanılmıştır. Türkiye’de son yıllarda, taşkın alanlarının belirlenmesi ve taşkın risk analizleri çalışmalarında da bu teknolojilerden yararlanılmaya başlanmıştır.

Uzaktan algılama teknolojileri ve ölçümleri yersel ölçümlere, eski topoğrafik sistem ve yöntemlere göre çok daha hızlı ve ekonomik sonuçlar sunmakla birlikte daha kapsamlı ve karmaşık modelleme çalışmalarında daha doğru ve net sonuçlar elde etmemizi sağlamaktadırlar.

Bu teknolojilerin kaynağını oluşturan uydu görüntüsü verileri çeşitli topoğrafik formatlara dönüştürülerek istenilen havza özelliğine yönelik çalışmalar yürütülebilmektedir.

Tek başına uydu görüntülerinden elde edilen verilerle yapılan hidrolojik modellemelerin doğruluk oranı tartışılır. Bir hidrolojik projenin sağlıklı planlanabilmesi için güvenilir hidrolojik verilere ihtiyaç vardır. Yine bu hidrolojik verilere ek olarak havzanın zemin cinsi bilgisi ve alansal arazi/bitki örtüsü dağılım verileri de önem taşımaktadır. Sağlıklı veriler elde edildikten sonra çoğu NRCS (Natural Resources Conservation Service) tarafından geliştirilmiş amprik bağıntı ve hidrograf yöntemler yardımıyla söz konusu hidrolojik modellemelerin yapılması mümkün olabilmektedir.

Bu durumda meteorolojik, hidrolojik ve topoğrafik sağlıklı ve kapsamlı bir veritabanı oluşturulması büyük önem taşır. Aksi takdirde uydu verileriyle yapılan çalışmalar sağlıklı bir şekilde sonuçlandırılmayacak veya yarım bırakılmak durumunda kalınacaktır.

Eşen Çayı Havzası, topoğrafik ve iklimsel özellikler bakımından taşkın riski taşımakta ve bu yönde bir taşkın geçmişine sahip bulunmaktadır. Geçmişte yaşanmış bu taşkın olaylarından çevre yerleşim bölgeleri, tarım ve sera arazileri maddi ve manevi kayıplar dolayısıyla olumsuz yönde etkilenmişlerdir.

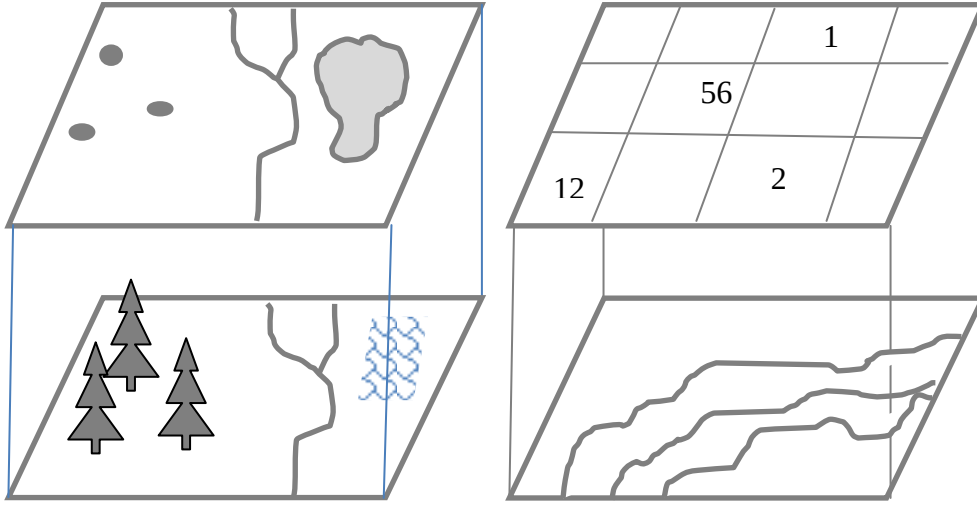
Belli zaman aralıklarında ilgili devlet kurumlarınca Eşen Çayı Havzasına ve alt havzalarına yönelik taşkın analizlerinin yapılması kısa vadede çözümler getirebilmiştir. Uzun süreli ve kapsamlı bir planlama için aynı şekilde sağlıklı ve kapsamlı bir hidrolojik veritabanına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler kullanılarak UA ve CBS teknolojilerinin işbirliği sayesinde sağlıklı bir planlama söz konusu olabilir.

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada CBS ve UA teknolojileri ve bu teknolojilerin içinde yer alan hidrolojik modelleme yazılımları kullanılarak Eşen Çayı Havzası'nın taşkın debisi değerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Eşen Çayı Havzası 2614 km²'lik yağış alanına sahip olmasıyla geniş bir havza olma özelliği taşır. Modelleme gereğince gerekli havza topoğrafik özelliklerinin belirlenmesi ve havza karakteristiklerinin saptanması CBS teknolojileri ile pratik ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu teknolojilerle havzaya ait yükseklik, eğim ve bakı gibi topoğrafik haritalarının oluşturulması ve uydu görüntülerinin sınıflandırılması yoluna gidilerek alansal arazi kullanım sınıflarının hesaplanması amaçlanmıştır. Havzaya ait bilinmesi gereken fiziksel parametreler belirlendikten sonra ölçülen ve yağış-akış metodu ile hesaplanan değerler birbirleriyle karşılaştırılarak çeşitli değerlendirmeler yapılması amaçlanmıştır.

1.2 Materyal ve Yöntem

Bir hidrolojik modelin verimi kullandığı verilerin güncellenebilir ve kullanışlı olmasına bağlıdır. Günümüzde artık birçok ülke ve uluslararası kurum tarafından dijital yükseklik haritaları (DEM) ve topoğrafik yüzey haritaları (DTM) yüksek çözünürlükte edinilmeye başlanmıştır. (50 m İngiltere, Fransa; 30 m, ABD; 25 m İsviçre). Dijital yükseklik görüntüleri vektör ve raster formattan oluşmaktadır. Raster veriler eş yükseklik eğrilerinin enterpolasyonuna bağlı üretilir. Bir raster veri daha çok topoğrafik özellikleri içeren, konum bilgisine dayalı bir veridir. Vektörel veri ise araziye ve özelliklerini boyut ve ölçü olarak nokta, çizgi veya poligon gibi geometrilerle temsil eder. Şekil 1.1'de vektörel ve raster datanın sembolik gösterimi verilmiştir. NASA alt birimi olan SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) sayısal yükseklik verilerini sağlayan en önemli kuruluştur, 2009 yılından sonra bu kuruluşun yerini ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) almıştır. Bu çalışmada kullanılan havzaya ait uydu görüntüleri ASTERGDEM veritabanından edinilmiş 90 m çözünürlüklü Landsat 5 TM görüntüsüdür. Uydu topoğrafik haritaları CBS kaynaklı hidrolojik modellemelerde kullanılmak için daha elverişlidir ve insanla çevre arasında uydu verileriyle ilişki kurabilen anahtar bir program olma özelliği gösterir. Bir CBS yazılımı kendi içinde kullanım alanlarına



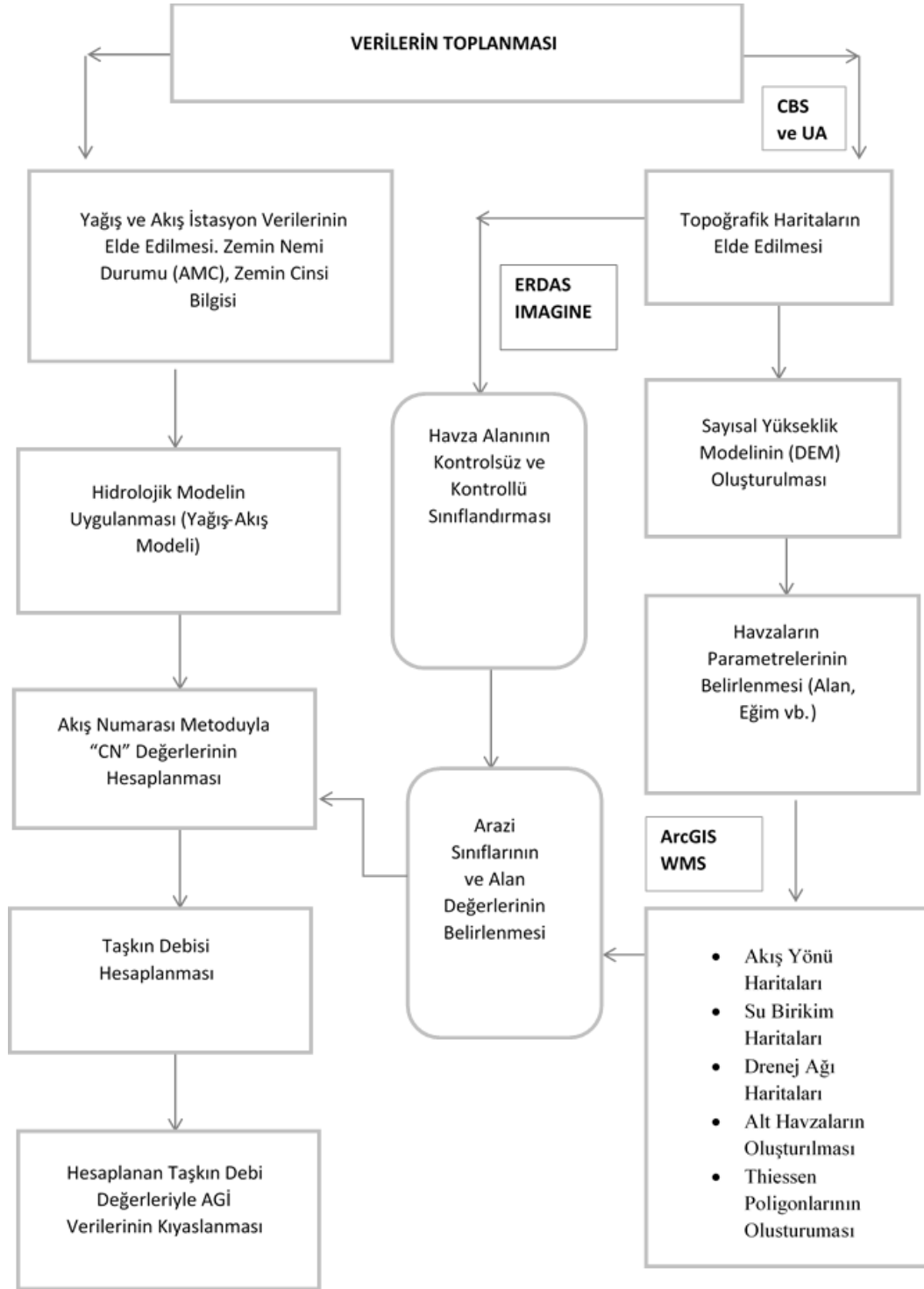
Şekil 1.1: Raster ve vektör veri.

göre farklılıklar gösteren çeşitli paketleri mevcuttur. Arc Hydro ve ArcSWAT bu paketlerden olup projenin çeşitli basamaklarında bu yazılımlardan yararlanılmıştır. ArcHydro modülü ile Eşen Havzası'na ait uydu görüntüsündeki mevcut çöküntülerin ve çıkıntıların düzeltilmesi amacıyla “fill sinks” komutu çalıştırıldı. Bu komutun ardından akış yönü ve su birikim haritaları da “flow direction” ve “flow accumulation” komutlarıyla oluşturuldu. ArcSwat modülünün ve diğer bir havza modelleme programı olan WMS'in (Watershed Management System) kullanılmasıdaki amaç ise havzanın drenaj ağı haritasını oluşturmak, havza geneli ve alt havzaların sınırlarını son olarak da toplanma noktalarını (outlet points) belirlemektir. CBS yazılım sistemleri yükseklik verisinin yanında yalnızca bazı coğrafi bölgeler için, arazi bitki örtüsü, zemin cinsi ve jeolojik haritalar da kullanıma sunar. Bu harita verileri tek başına bir hidrolojik modelleme için yeterli olamamaktadır. Harita verileri yanında parametre ve sınıflar arasında doğru ilişkinin kurulabilmesi ayrıca önemlidir.

UA verileri daha çok topoğrafya, yağış evapotranspirasyon oranı, zemin nemi, taşkın alanları için bir girdi verisi olma özelliğine sahiptir. Buna ek olarak UA verileri en yaygın olarak arazi kullanımı ve bitkisel örtü sınıflandırma işlemlerinde; en fazla yağış istasyon ölçümleri, arazi sınıflandırma ve bitkisel parametreler, zemin nemi gibi parametreler belirlenirken kullanılır.

Bu taşkın projesinde UA ve CBS verilerinin yanında yağış ölçüm ve akım gözlem istasyonlarından edinilen veriler; günlük, yıllık ve 100 yıllık yağış ve akış verileri olmak üzere hesaplamalarda kullanılmıştır. Yağış verileri çoğunlukla DSİ ve DMİ ölçümlerinden, akış verileri ise yine DSİ ve EİE ölçümlerinden alınmıştır.

Akış eğri metodu ile taşkın debileri hesaplanmadan önce havza parametreleri UA ve CBS yazılımları yardımıyla belirlenmiş sonrasında yağış verileriyle çalışılmıştır. Bu çalışmaya ait genel akış şeması Şekil 1.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.2: Çalışmanın genel akış şeması.

1.3 Literatür Araştırması

Bu projenin aynı anda hem yöntem hem de kapsam itibarıyla benzerlik gösteren çalışmaların çok fazla olmamasının yanında havza ve taşkın modelleme konusunda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerini kullanmış çok çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Bu bölümde havza ve taşkın modellemenin CBS teknolojileriyle entegrasyonuna örnek teşkil eden çalışmalara kısaca yer verilmiştir.

Özdemir (2007), Havran Çayı Havzası'na ait uydu görüntülerinde kontrollü sınıflandırma yoluna giderek arazi kullanım örtüsü, hidrolojik toprak örtüleri ve haritalarını elde edip bu haritaların yanında havza nem durumu verileri, yağış verilerini kullanarak CBS yazılımı yardımıyla havzaya ait akış eğri numarası hesaplanmıştır. Cross fonksiyonu ile alt havzalara ait haritaları elde ederek sonrasında havzanın pik debi değeri hesaplanmıştır. Bu çalışmada USDA tarafından geliştirilen akış eğri numarası (NRCS) metodu kullanılmıştır. Bu metod için gerekli olan parametrelerden arazi kullanım örtüsü verisi Spot XS (2005) uydu görüntülerinden elde edilmiş, diğer verilerle birlikte ILWIS 3.3 CBS yazılımında değerlendirilmiştir.

Varol (2012), çalışmasında coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerini kullanarak öncelikle havza morfolojik özelliklerini belirlemiş, belirlenen özelliklerle çoklu regresyon analizi yöntemi kullanılarak akım ve sediment gözlem istasyonu bulunmayan havzalar için havza sediment verimi tahmin denklemi geliştirme olanaklarını araştırmıştır. Çalışmada CBS yazılımlarından olan ILWIS yazılımı kullanmış ve çalışma verisi kapsamında Türkiye'yi 7 yağış rejim bölgesine ayıran Türkiye yağış rejim bölgeleri haritası ile ölçümleri EİE tarafından gerçekleştirilen akım ve sediment istasyonları verileri kullanmıştır.

Keskiner (2008), Seyhan Havzası'nda uzun yıllık sıcaklık ve yağış serileri ile yağış ve akım verileri kullanarak farklı olasılıklı yağış ve sıcaklıkların CBS ortamında haritalanmasında uygun yöntemi belirlemeyi ve M.Turc yüzey akış haritasının geliştirilmesini amaçlamış, çoklu regresyon, ordinary kriging ve cokriging yöntemleriyle %50, %80, %90 olasılıkla beklenen toplam yağış denklemini oluşturmaya çalışmıştır.

Tekeli (2009), İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan 4 adet su toplama havzasına ait arazi kullanım ve bitki örtüsü alansal dağılımları CBS teknikleri ile belirlemiş ve havza depolama potansiyel miktarları (S), akış eğri numarası ve S-Olasılık dağılım yöntemlerine göre farklı yaklaşımlarla hesaplamıştır.

Pektaş (2012), sayısal yükseklik modelinden yararlanarak havza karakteristiklerini belirlemiş, drenaj ağı sistemi ve akış yönü gibi haritaları oluşturmuş, regresyon yöntemini kullanarak hesapladığı gecikme süreleriyle akış yüksekliğini hesaplamıştır. Bunun yanında günlük, aylık, yıllık akış katsayılarını hesaplamış ve havza alanı ve eğimiyle olan ilişkilerini ortaya koymuştur.

Bakış ve diğ. (2011), Porsuk Havzası'nın karakteristik özelliklerini CBS teknolojisiyle belirlemişler, eğim ve bakı karakteristiklere ait haritaları oluşturmuşlar, DSİ tarafından ölçümü gerçekleştirilen akım gözlem istasyonları verilerinden yararlanarak uygun baraj yeri tespiti ve hidroelektrik enerji üretimi yönünden incelenmesini gerçekleştirmişlerdir.

Özcan ve diğ. (2009), Sakarya Havzası'na ait karakteristik özellikleri CBS teknolojisiyle belirlemişler, çok kriterli karar verme yöntemi ve analitik hiyerarşi yöntemlerini kullanarak potansiyel taşkın alanlarını belirlemişler ve risk yönetimi uygulanması ile elde edilen kazanımları ortaya koymuşlar.

Şendeniz (1999), bu çalışmada Türkiye geneline ait 890 adet meteoroloji istasyonuna ait 69 yıllık aylık ve yıllık yağış verisi ile bir veritabanı hazırlamış ve bu veri tabanı ile CBS teknolojisi kullanarak bazı uygulamalar yapmış alansal ortalama yağış değerlerini hesaplamıştır. Yağış dağılımını inceleyerek yağış ve yükseklik arasındaki ilişkiyi araştırmıştır.

Ramesh ve Prasad (2011), Hindistan'da bulunan Nethravathi Havzası'nın UA ve CBS teknolojileri kullanarak hidroenerji potansiyelini hesaplamışlardır. Günlük yağış değerlerinden akış eğri numarası (NRCS) metodu kullanılarak aylık akım değerine ulaşılmıştır. Eğri numarası (CN) 6 adet alt havzasına ait akış eğri numaralarının (CN) ortalaması hesaplanarak bulunmuştur. Havza geçiş süresi Kirpich bağıntısından her alt havza için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda alt havzalara ait maksimum hidroenerji potansiyeli 50 MW olarak hesaplanmıştır. Santralin konumunun belirlenmesi için ise CBS teknolojisi kullanılmıştır.

2. TAŞKIN BELİRLEME METODLARI

Birden fazla taşkın belirleme metodu bulunmakla beraber bu taşkın projesinde NRCS (Natural Resources Conservation Service) tarafından geliştirilen akış eğri numarası metodu kullanılmıştır. Yağış-akış modellemeleri içinde bu metottan başka “Rasyonel Metod” en yaygın kullanılanlardan biri olup diğerleri birim hidrograf yöntemi ve daha az bilinen “Cook Metodu”dur. Yağış-akış modeli seçimi elimizdeki verilerin çeşidi ve havzanın büyüklüğü gibi fiziksel parametreler göz önüne alınarak yapılmıştır.

2.1 Rasyonel Metod

Rasyonel metodu, açık kanal sistemleri, borulu iletim sistemleri, küçük yerleşim birimi ve maksimum 50 km² alana sahip küçük havzalarda pik debi değerini hesaplamak ve hidrolojik planlama yapmak üzere geliştirilmiş bir sistemdir. Genellikle 50 yıllık yağış verilerini esas alınır ve bu verilerle frekans analizi yoluyla taşkın tehlikesine karşı bir modelleme oluşturulabilir. Bunun yanında söz konusu havzada ölçümü gerçekleştirilmemiş istasyonlar mevcut ise yine frekans analizi yardımıyla bir tahmin metodu geliştirme olanağı sunar. Rasyonel metoda ait temel bağıntılarda; pik debi, yağış alanı, yağış yoğunluğu ve akış katsayısı gibi parametreler yer alır. Rasyonel metoda ait pik debiyi belirlemek üzere Bağntı (2.1) (Patra, 2008) kullanılır.

$$Q_p = CIA \quad (2.1)$$

Bu bağıntıda parametreler pik debi (Q_p); [L^3/T] yağış yoğunluğu (I); [L/T], havza alanı (A); [L^2] ve “ C ” akış katsayısı boyutsuz, sabit bir değer olup 0.05 ile 0.95 arasında değişir. Akış katsayısı bir bakıma havza kayıplarının toplam kümülatif etkisini niteler. Rasyonel metota göre yağışın kesin bir yüzdesinin akışa geçtiği kabul edilir. Rasyonel metod kullanılırken bazı kabuller yapılır; yağış süresi havzanın geçiş süresinden büyük veya havzanın geçiş süresine eşit alınır.

Yağış yoğunluğu geçiş süresi boyunca sabit kabul edilir. Akış katsayısı havzaya değişik zaman aralıklarında düşen bütün yağışlar için aynı kabul edilir ve bu kabul dolayısıyla havzaya ait kayıplar da değişmez.

Akış katsayısı bazı havza parametreleri esas alınarak belirlenir. Bunlar; zemin cinsi, kayıplar, depolama kapasitesi, havza eğimi, zemin doygunluk derecesi, yağış yoğunluğu, havza jeolojisi gibi karakteristiklerdir. Havza kullanım sınıfları ve hidrolojik zemin grubuna (A, B, C, D) göre değişiklik gösteren akış katsayıları “ C ” ile ilgili tablo Çizelge 2.1’de verilmiştir. Havza geneline ait akış katsayısı değerini “C” belirlemek için alt havzalara ait arazi kullanım sınıflarına göre belirlenmiş akış katsayısı değerlerinin; “ $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ ” alt havza alan değerleri “ $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ ” ile ağırlıklı ortalaması $C_w = \sum (C_i/A_i) / A$ şeklinde hesaplanarak bulunur.

Çizelge 2.1 : Hidrolojik zemin grubu ve sınıflarına göre akış katsayısı “C” değerleri.

Hidrolojik Zemin Grubu	A		B		C		D	
Arazi Eğimi	0-2%	2-6%	0-2%	2-6%	0-2%	2-6%	0-2%	2-6%
Ekili Alan	0.08	0.13	0.11	0.15	0.14	0.19	0.18	0.23
Otlak/Mera	0.12	0.20	0.18	0.28	0.24	0.34	0.30	0.40
Çayırılık Alan	0.10	0.16	0.14	0.22	0.20	0.28	0.36	0.24
Ormanlık Alan	0.05	0.08	0.11	0.08	0.14	0.10	0.16	0.12
Yerleşim Alanı	0.14	0.19	0.17	0.21	0.20	0.25	0.24	0.29
Endüstriyel Alan	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.69	0.69
Açık Alan	0.05	0.10	0.08	0.13	0.12	0.17	0.16	0.21
Yollar	0.70	0.71	0.71	0.72	0.72	0.73	0.73	0.75
A; Zemin cinsi grubu; çok kumlu zeminler B; Zemin cinsi grubu; kumu çok kili az zemin C; kumu az, kili çok zemin, sık bitkisel zemin D; çok ağır killi veya kayalık, bitkisel toprak çok ince zemin								

Yağış yoğunluğu birimi mm/sa olarak alındığında havza geçiş süresi (t_c) dakika olarak elde edilir. İstasyon ölçümleri olmayan havzada yağış süresi boyunca herhangi bir zaman aralığındaki yağışın maksimum yoğunluğunu bulmak için Bağıntı (2.2) (Patra, 2008) kullanılır.

$$I = \frac{F}{2} + \frac{1}{t} \quad (2.2)$$

Bu bağıntıda toplam yağış (F); mm, yağış süresi (t); saat ve maksimum yağış yoğunluğu (I); mm/sa cinsinden hesaplanır.

2.2 Birim Hidrograf Metodu

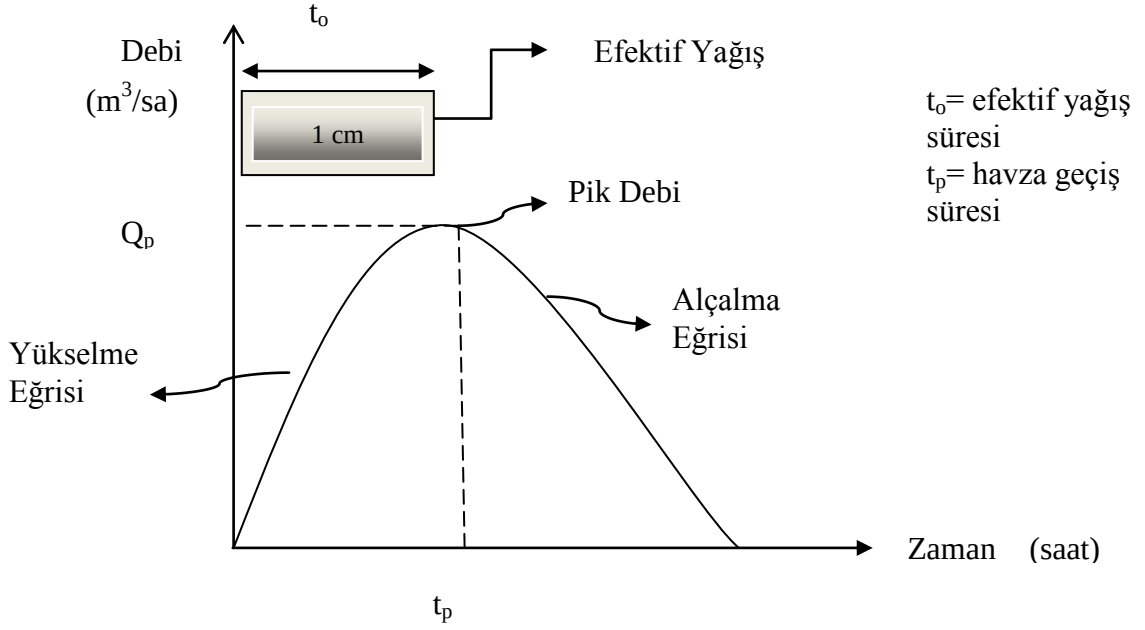
Birim hidrograf yöntemi yağış-akış modellemeleri arasında yaygın kullanılan bir metottur. Havza modellerinin kurulmasında karşılaşılan en büyük güçlük yağış ve akış arasındaki ilişkinin lineer olmayışıdır. Bu yöntem su toplama havzasını lineer bir sistem kabul eder ve yaptığı diğer kabullerle birlikte havzaya belirli bir sürede ve sabit şiddette düşen yağışın birim yükseklikteki (1 cm) efektif yağışın meydana getireceği dolaysız akış değeri üzerinden hesaplamaları yapılır. Hidrografın oluşturulmasında temel etkenler; havza depolama kapasitesinin, yeraltı su kaynaklarının, sızma kapasitesinin ve buharlaşma kayıplarının etkili yağış ve kar erimesinden oluşan akışa olan etkisidir. Hidrografın şeklinden elde edilen efektif yağışın havza alanına olan uniform dağılımını ve aynı zamanda efektif yağışın sabit şiddette seyrettiğini kabul eder. Belirli bir süre devam eden efektif yağışın oluşturduğu dolaysız akışın süresi t_p zamanında maksimum değerine ulaşır ve bu süre yağışın şiddetine bağlı olmayan sabit bir değerdedir. Aynı süre boyunca devam eden çeşitli şiddetteki yağışlara ait dolaysız akışların hidrograflarının ordinatları her birinin efektif yağış yüksekliği ile orantılıdır. Birim hidrograf metodunda yapılan kabullerden bir diğeri; yağış başladıktan sonra tutma, sızma ve yüzey birikintileri gibi ilksel kayıplar çıkarıldığında yüzey akışa geçen miktar hesaplanabilir. Buna göre Bağıntı (2.3) ile akış ve yağış arasındaki ilişkiler belirtilmiştir.

Toplam yağış – Kayıplar = Efektif yağış

Toplam akış- Taban akışı = Dolaysız akış

(2.3)

Havzanın fiziksel özellikleri değişmez kabul edildiğinden sabit şiddetteki bir yağışa ait hidrograftan akış değerine geçilebilir. Birim hidrograf metoduna göre yağış ve akış arasındaki ilişkiyi tanımlayan birim hidrograf örneği Şekil 2.1 ile verilmiştir.



Şekil 2.1 : Birim hidrograf.

Birim hidrografi elde etmek için tüm havzaya üniform olarak dağılmış kabul eden, şiddeti fazla değişmeyen, kısa süreli bir yağış hidrografından ve istasyon ölçümlerine dayanan akım verilerinden yararlanılır. Yapılan bütün kabullerin yanında hidrografın kullanılamayacağı bazı durumlar vardır ki bunlar; yağış süresinin havzanın geçiş süresinden büyük olduğu 5 km²'den küçük havzalar ve yağışın homojen olarak dağılım gösteremediği çok büyük (>5000 km²) havzalarda uygulanamaz.

2.3 Cook Metodu

Cook yöntemi U.S NRCS tarafından geliştirilmiş, küçük ve yeterli veriye sahip olmayan havzalarda yüzey akış miktarını bulmak için kullanılan yağış-akış modellemelerinden biridir. Cook yönteminde; bitki örtüsü, zemin ve drenaj cinsi, havza eğimi gibi parametreler etkindir. Bu parametrelerin yanında diğer modellerden farklı olarak yüzeysel biriktirme parametresi de etkindir. Fakat bu yöntemle oluşturulan modellerden yola çıkarak bu parametrenin sebep olduğu kayıplar çok fazla olmadığı sürece gözardı edilebilir. Cook yönteminin kullandığı denklem Bağntı (2.4)'de verilmiştir.

$$Q = PxRxF \quad (2.4)$$

Bu bağıntıda Q (lt/sn); maksimum akış, P (lt/sn); Cook sayısına göre çizelgeden elde edilen akış verisi, R; havza yağış etkeni, F; 10, 25, 50 yıllık tekerrürler için düzeltme katsayısını tanımlar. 10 yıllık tekerrür için F= 1.0, 25 yıllık tekerrür için F= 1.2 ve 50 yıllık tekerrür için F= 1.4 alınır. R; yağış etkeni 10 yıl tekerrürlü 1 saatlik yağış şiddetini veren Çizelge 2.2’den alınır.

Çizelge 2.2 : “R “ yağış etkeni.

Yağış Şiddeti (mm)	R (Yağış Etkeni)
+50	1.2
40-50	1.0
32-40	0.8
24-32	0.6
< 24	0.5

Havzanın akış oluşturan özelliklerine göre Cook sabiti Çizelge 2.3’e göre belirlenir (Scwab, 1981).

Çizelge 2.3 : Havza karakteristiklerine göre Cook sabiti.

Etken Grubu	Akış Oluşturan Özellikler			
	Aşırı (100)	Yüksek (75)	Orta (50)	Düşük (25)
Eğim	40; Sarp kesik arazi eğim %30'un üzerinde	30; Tepelik arazi, eğim %10-30	20; Dalgalı arazi, eğim %5-10	10; Oldukça düz arazi, eğim %0-5
Sızdırma	20; Toprak çok sıg ya da çıplak kaya yüzeyi, sızdırma önemsiz	15; Kil, killi tın gibi topraklar, sızdırma yavaş	10; derin tınlı toprak, sızdırma normal, iyi yapılı çayır	5; Kumlu ve benzeri toprak, sızdırma hızlı
Bitki Örtüsü	20; Etkin bitki örtüsü yok, çıplak, çok seyrek	15; Zayıf doğal bitki örtüsü, çapalı bitkiler, işlenen tarım arazisi, %10'dan az iyi bitki örtüsü	10; %50 dolayında yüzeyi örten otlak, orman, tarla bitkileri %50'den az	5; %90 dolayında yüzeyi örten otlak, orman v.b.
Yüzey Depolama	20; Göllenme ve küçük çukurluklar yok, akış yatakları çok dik	15; Göllenme yok, akış yatakları belirgin	10; Yüzey çukurlukları, göllenme, yaş noktalar %2'den az	5; Çukurluk ve göllenme fazla, akış yatakları belirsiz

Havza akış özelliklerine göre Cook sabiti belirlendikten sonra, Cook sabiti ve havza alan parametrelerine göre akış miktarı Çizelge 2.4 ile belirlenir. Bu çizelgede belirtilen alan (A) değerleri hektar cinsinden verilmiştir. Çizelge 2.5 ile verilen söz konusu “CC” değerleri havza karakteristiklerine göre belirlenir. Örneğin, Çizelge 2.5 ile verilen havza karakteristiklerine göre; sık bitki örtüsü, kil kayalık zeminde dağlık bir topoğrafya yani yüksek eğime sahip ise “CC” değeri; $CC = 10+40+25 = 75$ şeklinde hesaplanır.

Çizelge 2.4 : Havza alanı ve Cook sabitine göre akış miktarları (lt/sn).

Cook Sabiti												
Alan (km²)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
5	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1
10	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.7
15	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.0	4.6	5.2
20	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.7	3.2	3.8	4.4	5.1	5.8	6.5
30	0.8	1.3	1.8	2.3	2.9	3.6	4.4	5.3	6.3	7.3	8.4	9.5
40	1.1	1.5	2.1	2.8	3.5	4.5	5.5	6.6	7.8	9.1	10.5	12.3
50	1.2	1.8	2.5	3.5	4.6	5.8	7.1	8.5	10.0	11.6	13.3	15.1
75	1.6	2.4	3.6	4.9	6.3	8.0	9.9	11.9	14.0	16.4	18.9	21.7
100	1.8	3.2	4.7	6.4	8.3	10.4	12.7	15.4	18.2	21.2	24.5	28.0
150	2.1	4.1	6.3	8.8	11.6	14.7	18.2	21.8	25.6	29.9	35.0	40.6
200	2.8	5.5	8.4	11.7	15.3	19.1	23.3	28.0	33.1	38.5	45.0	52.5
250	3.5	6.5	9.7	13.2	17.2	21.7	27.0	32.9	39.6	46.9	55.0	63.7
300	4.2	7.0	10.5	14.7	19.6	25.2	31.5	38.5	46.2	54.6	63.7	73.5
350	4.9	8.4	12.6	17.2	23.2	30.2	37.8	46.3	53.8	62.5	71.5	81.0
400	5.6	10.0	14.4	19.4	25.6	33.6	42.2	51.0	60.0	69.3	79.5	90.0
450	6.3	10.5	15.5	21.5	28.5	36.5	45.5	55.5	65.5	76.0	86.5	97.5
500	7.0	11.0	17.0	23.5	31.0	40.5	51.0	62.0	73.0	84.0	95.0	106.5

Çizelge 2.5 : Havza karakteristiklerine göre Cook Sabiti “CC” değeri.

Arazi Kullanım Sınıfları		Zemin Cinsi		Eğim	
Sık bitki örtüsü	10	Yüksek sızma hızı, drenajlı kum, çakıl	10	Çok düz alan	5
Bodur bitki örtüsü	15	Orta geçirgen zemin	20	Az eğimli alan	10
Ekili alan	20	Az geçirgen zemin	25	Ortalama eğimli alan	15
Nadas ya da aşınmış toprak	25	İletim oranı düşük, geçirimsiz zemin	30	Tepelik, dik alan	20
		Kayalık ve kil zemin	40	Dağlık alan	25

2.4 Eğri Numarası Yöntemi (NRCS Method)

Yağıştan akışa geçen yöntemlerin arasında akış eğri numarası yöntemi bu proje konusu olan Eşen Çayı Havzası'nın taşkın hesaplamalarında kullanılan yağış-akış yöntemidir. Eğri numarasının bu havza hesaplamalarında kullanılacak yöntem olarak seçilmesindeki en büyük etken, proje kapsamında kullanılması planlanmış uydu görüntüleri ve havza modellemeye yönelik yazılımlar kısacası uzaktan algılama teknolojisi ile uyumlu bir model olması dolayısıyla gerçekleşmiştir. Diğer bir etken Eşen Çayı Havzası'nın alansal özellik bakımından geniş bir yağış ve havza alanı kapasitesine sahip olmasından kaynaklanır. Genel olarak tanımlamak gerekirse, akış eğri numarası metodu zemin cinsi, arazi kullanım sınıfları ve havza nem durumuna göre belirlenen akış eğri numarasını esas alarak hesaplamaları gerçekleştirir ve modeli bu parametreleri üzerine kurar. Zaman zaman devletin ilgili kurumları tarafından da başvurulmuş bir yöntemdir. Bu yöntem NRCS (National Resources Conservation System) 1950'lerde geliştirilmiş bir yöntemdir. Akış eğri numarası ile ayrıntılı bilgi Bölüm 6 ve Bölüm 7'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

3. HAVZA ORTALAMA YAĞIŞ YÜKSEKLİĞİ VE TOPLANMA SÜRESİ HESAP YÖNTEMLERİ

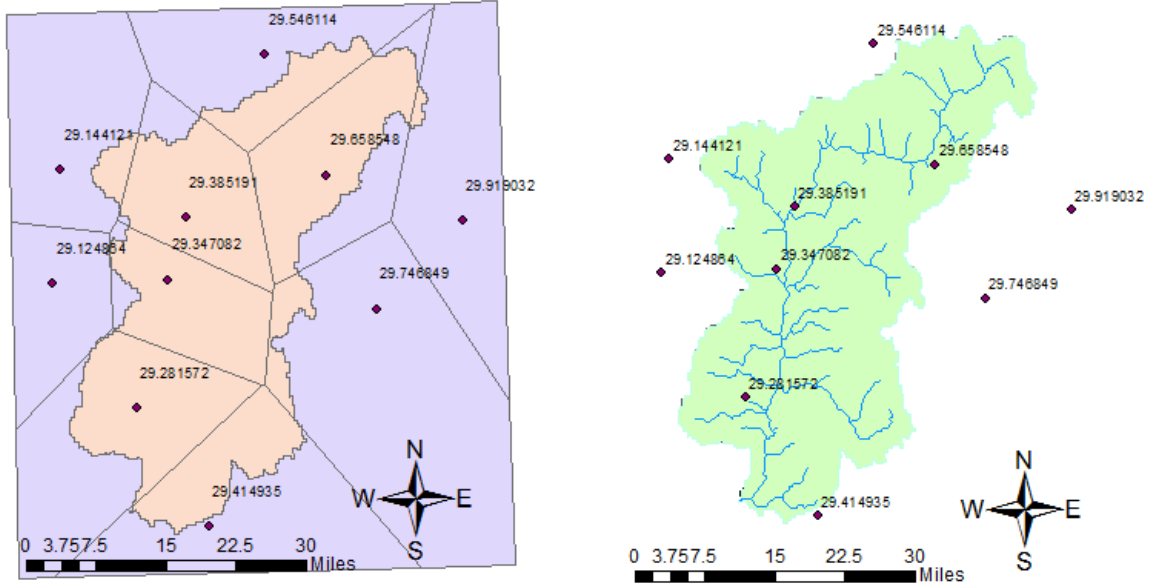
3.1 Ortalama Yağış Yüksekliği Metotları

Bir havzanın yağış ölçüm istasyon verilerinden havzanın akış debisini hesaplamak için öncelikle bu yağış verilerinin ortalama değerinin bulunması gerekmektedir. Bu ortalama değeri hesaplamak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan ilki ve en basiti olan yöntem; aritmetik ortalama yöntemidir. Bu yöntemde göre basitçe yağış verilerinin doğrudan ortalaması alınır. Diğer bir yöntem olan Thiessen Poligonu yöntemi ise alan ağırlıklı ortalama değeri hesaplamaya yöneliktir. Oluşturulan poligon alanlarıyla yağış verilerinin alan ağırlıklı ortalaması alınır. Üçüncü bir yöntem olan izohiyet yöntemi için havzaya ait eş yağış eğrisilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tesviye eğrilerinin sahip olduğu değerle yağış verilerinin ağırlıklı ortalaması hesaplanır. Bu taşkın projesinde havzaya eş yağış haritaları bulunmadığından aritmetik yöntemden daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilen Thiessen Poligonu yöntemiyle ortalama yağış değeri hesaplanması tercih edildi.

Yağış ölçüm istasyonlarının havza üzerinde düzenli bir şekilde yayıldığı ve havza arazisinin genel olarak engebesiz olduğu durumlarda doğrudan yağış ölçüm istasyonlarından alınan verilerin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yağış değeri olarak alınır ve hesaplamalarda kullanılır.

Yağış ölçüm istasyonları havzada düzensiz bir biçimde konumlanmışsa Thiessen Poligonu yöntemi, aritmetik ortalama yöntemine göre daha doğru sonuçlar elde edilir. Bu metotta havza içinde ve yakın çevresinde bulunan istasyonlar, topoğrafik harita veya uygun formattaki uydu görüntüsü üzerinde koordinat sistemine uygun olarak yerleştirilir. İstasyonlar çizgiler yardımıyla birleştirilerek üçgenler elde edilir. Bu çizgiler dik kenar ortaylarla kesilerek havza sınırı çizgisiyle poligonlar oluşturulur. Thiessen Poligonu yöntemine ait söz konusu poligonlar Şekil 3.1’de

verilmiştir. Ortalama yağışı elde edilmek için alanlar vasıtasıyla Bağntı (3.1) ile ağırlıklı ortalama hesabına gidilir.



Şekil 3.1 : Thiessen Poligonu yöntemi ve havzaya ait istasyonlar

Bu poligonların hesaplanan alanları toplamı, havza alanına eşit olmalıdır. Eğer havza alanı içinde ve dışında toplamda 7 adet istasyon varsa, elde edeceğimiz poligon sayısı da 7 adet olmalıdır. Thiessen Poligon Metodu, havza alanı 500-5000 km² arasında değişen havzalara için idealdir.

$$P_{ort} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + A_3P_3 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (3.1)$$

P₁, P₂, P₃....P_n istasyonlardan elde edilen yağış yükseklik değerleri; A₁, A₂, A₃....A_n parametreleri ise poligonlara ait alanlardır. A; havza toplam alanı olup W₁, W₂, W₃ ağırlıklı alan değerleridir. Yağış yüksekliği birimi mm, havza alanı ise km² olarak hesaplanır. Ağırlıklı alanlara ait eşitlik Bağntı (3.2)'deki gibidir.

$$W_1 = \frac{A_1}{A}, W_2 = \frac{A_2}{A}, W_n = \frac{A_n}{A} \quad W_1 + W_2 + W_3 + \dots W_n = 1.00$$

olmalıdır.

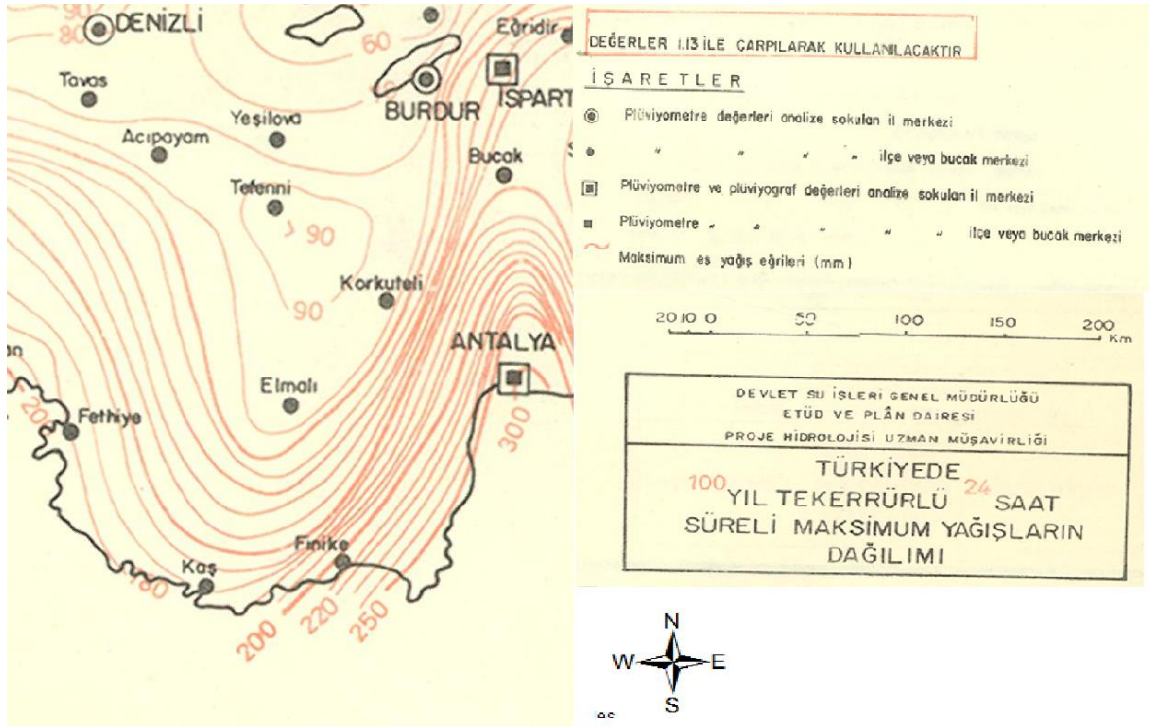
(3.2)

Thiessen Poligonu metodu havza yağış ölçüm istasyonlarında bir ekleme veya çıkarma olursa Thiessen diyagramı yeniden çizilmelidir.

Thiessen poligonu yöntemi, aritmetik ortalama yönteminden daha güvenilir bir yöntem olmasına karşın topoğrafik parametreleri gözardı eden bir yöntemdir. Bu yüzden izohiyet yöntemi topoğrafik koşullara uyan sonuçlar sunar.

İzohiyet yönteminde, izohiyetler (eş yağış eğrileri) çizilir. Komşu izohiyetler arasındaki alanda yağış yüksekliklerinin bu komşu izohiyetlerin değerinin ortalamasına eşit olduğu kabul edilerek yağış yüksekliklerinin ağırlıklı ortalaması bulunur.

İzohiyet yöntemi sahip olduğu avantajların yanında bazı dezavantajlara da sahiptir. Bu yöntemde eş yağış eğrilerini yüksek olasılıklı bir doğrulukla çizmek planlamacının bilgi ve deneyimine dayanır. Ayrıca yağış ölçüm alanlarının seyrek olarak konumlandığı havzalarda hesaplamalarda ve yöntemin kullanılmasında zorluklar görülebilir. İzohiyet çizgileri birbiri üzerine gelmez ve geniş bir alana sahip havzanın izohiyet çizgileri kapalı eğriler oluşturur.



Şekil 3.2 : 1986 yılına ait Türkiye eş yağış haritasında Eşen Havzası.

3.2 Geçiş Süresinin Hesaplanması

3.2.1 Genel

Geçiş süresi hesaplanırken genellikle ve öncelikli olarak havzanın yüzeysel akışı göz önüne alınır. Akış süresince farklı noktalardan çıkış yapan yağmur suları yakınlardaki noktalardan gelen yağışlarla birleşerek havzayı terk ederler. Havzada söz konusu 3 akış tipi mevcuttur. Bunların ilki yukarıda sözünü ettiğimiz yüzeysel akıştır. Bu akış türü en yavaş gerçekleşen akıştır, bir diğeri küçük ve zayıf kollar oluşturarak gerçekleşen akıştır, en sonuncusu da nehir yatağında gerçekleşen akıştır ki içlerinde en hızlı olan akış budur. Bu tür akış için yapılacak geçiş süresi hesabında Manning Denklemi kullanılabilir.

Havza geçiş süresi; havzanın büyüklüğü, eğimi, ve yüzey koşullarına göre değişiklik gösterir. Eğim bu hesaplamalarda önemli bir değişkendir. Eğim arttıkça genellikle akış hızı artacağından toplanma süresi azalır.

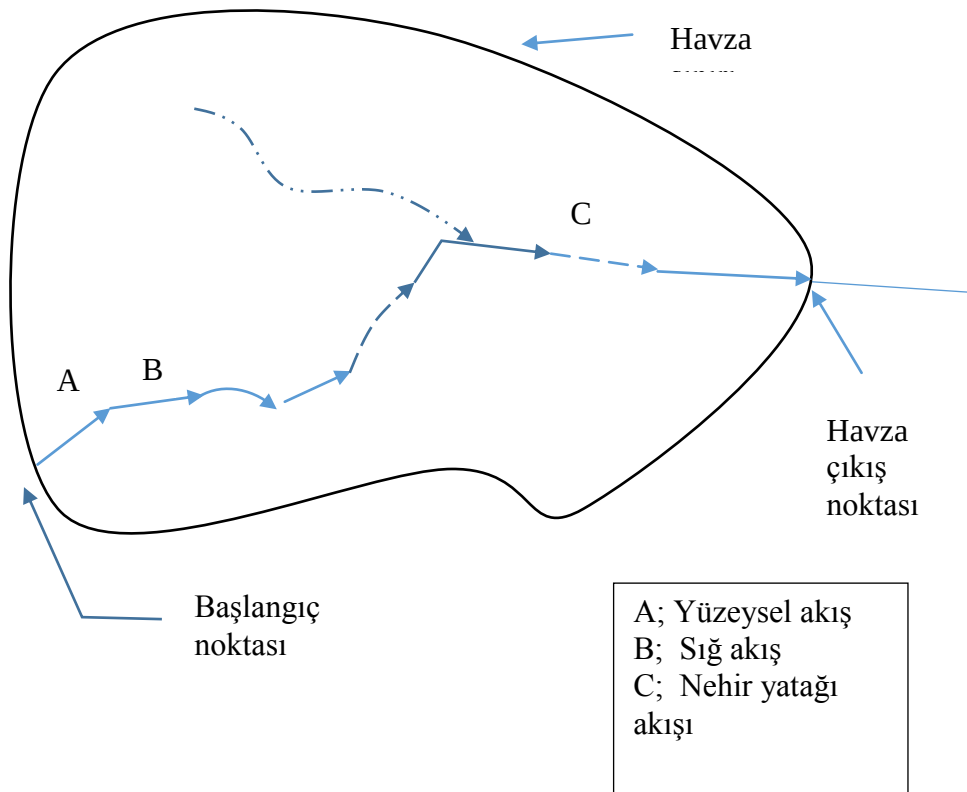
Havza toplanma süresini basit olarak şöyle tanımlayabiliriz; akışa geçen yağmur sularının havzanın en uzak noktasından çıkış noktasına ulaşmaya kadar geçen zamandır. Fakat bu “nokta” her zaman en uzak nokta olmamaktadır. Çünkü asıl

önemli olan parametreler; eğim ve arazi koşullarıdır. Yağmur suyunun başlangıç noktasından havza çıkışına kadar harcadığı sürenin diğer alternatiflere göre en uzun süre olması istenir. Bu noktayı bulabilmek amacıyla, deneme yanılma yöntemiyle birkaç çıkış noktası için toplanma süresi hesaplanabilir. Farklı türde akışlar söz konusu olduğunda bu akışlara göre ayrı ayrı toplanma süreleri bulunup havzanın genel toplanma süresini bulmak amacıyla Bağntı (3.5)'deki gibi toplanır. t_c ; geçiş süresini ifade eder, diğer parametreler ayrılan bölümlere göre ayrı ayrı toplanma zamanlarıdır.

$$T_c = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

(3.5)

Şekil 3.3 bu farklı akışlara örnek bir taslak olarak verilmiştir.



Şekil 3.3 : Havzada akış tipi örnekleri.

Şekil 3.4'de ise Eşen havzasına ait drenaj ağı ve toplanma zamanını hesaplarken göz önüne alınan başlangıç noktası ve havza çıkış noktası havza drenaj ağına bağlı olarak

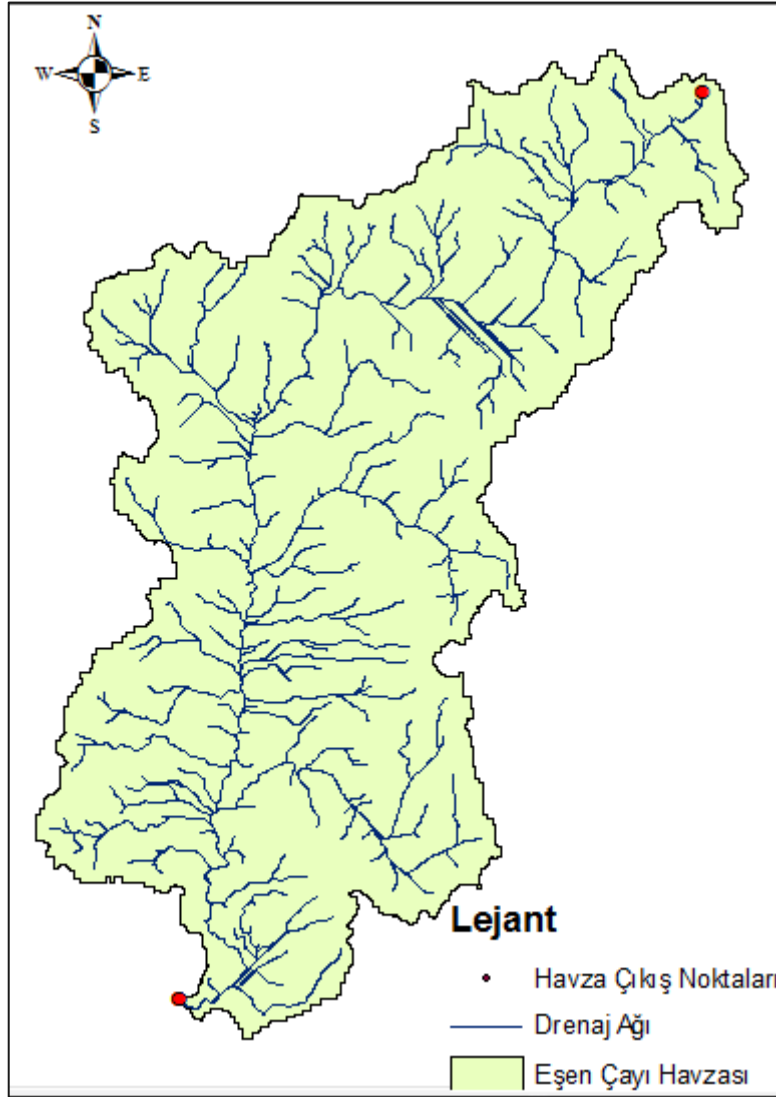
gösterilmiştir. Söz konusu Şekil 3.4, WMS adlı yazılımla havzaya ait digital yüksek yükseklik görüntüsünden elde edilmiştir. Yukarıda denklemlerde sözü geçen nehir yatağı ve eğim gibi parametreler bu iki nokta arası referans alınarak yine bir yazılım olan ArcGIS yazılım programı ile hesaplanmıştır.

Harita ya da uydu görüntüsü vasıtasıyla hesaplanamayan maksimum nehir yatağı uzunluğu havzanın alan değeri bilgisi mevcutsa ARS (Agricultural Research Service) tarafından geliştirilen bir denklem (USDA,1973) yardımıyla da Bağntı (3.6)'da verildiği gibi yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$L=209A^{0.6}$$

(3.6)

Bu denklemde A; alan parametresi (acres), L; uzunluk değerini (ft) ifade etmektedir.



Şekil 3.4 : Eşen Havzası drenaj sistemi

Taşkın hesabında kullanılan toplanma zamanını hesaplamak için çeşitli bağıntılar mevcuttur. Bu denklemler havza karakteristiklerine özellikle havza ortalama eğimi, boyutu ve en uzun nehir yatağı uzunluğu gibi topoğrafik parametreler kullanılacak taşkın modeline göre farklılıklar gösterir. Bu formüllerin içinde yaygın olarak kullanılan Kirpich Bağıntısı'dır.

3.2.2 Kirpich denklemi

Kirpich Denklemi 1940'larda Amerika Tennessee'de havza toplanma zamanını bulmak üzere ilk geliştirilen halen FAA (U.S. Federal Aviation Administration) ve ASCE (American Society of Civil Engineers) gibi birimler tarafından kullanılıp önerilen denklemlerden biridir. Bu denklem genel olarak eğimi %3 ile %10 arasında değişen havzalarda kullanılması tercih edilir. Hem yerleşim bölgesi zengin hem de bitki örtüsü bakımından Kirpich bağıntısı Bağıntı (3.7)'de gösterildiği gibidir.

$$t_c = \frac{0,0195xL^{0,77}}{S^{0,385}} \quad (3.7)$$

Bu bağıntı SI birim sistemine göre düzenlenmiştir. Geçiş süresi t_c (saat), S ; (m/m) havzanın ortalama eğimi, L ; (m) ise en uzun nehir yatağı uzunluğunu belirtir.

3.2.3 NRCS denklemi

Akış eğri numarası metoduna (NRCS-CN) özel tasarlanmış olup 1973'de geliştirilen bu bağıntı Bağıntı (3.8)'de verilmiş olup daha çok küçük havza alanları ($A < 809$ ha) için kullanılmaktadır.

$$t_c = \frac{100L^{0,8} \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0,7}}{1900S^{0,5}} \quad (3.8)$$

Bu bağıntıda S ; havzanın ortalama eğimi yüzde (%) cinsinden niteler. L ise havza uzunluğu (metre) olarak tanımlanmıştır.

3.2.4 Kinematik dalga denklemi

Bu denklemde yağış şiddeti ve Manning katsayısı (n) sayısı esas alınır. Yağış tekrar-süre-yoğunluk eğrisinden de toplanma zamanını grafiksel olarak bulma imkanı tanır. Manning katsayısı havza parametrelerine göre değişen bir katsayıdır. Arazi sınıflarına göre Manning katsayısının değişim tablosu Çizelge 3.1’de verildiği gibidir.

Çizelge 3.1 : Arazi örtüsüne göre Manning katsayısı (Engman, 1986).

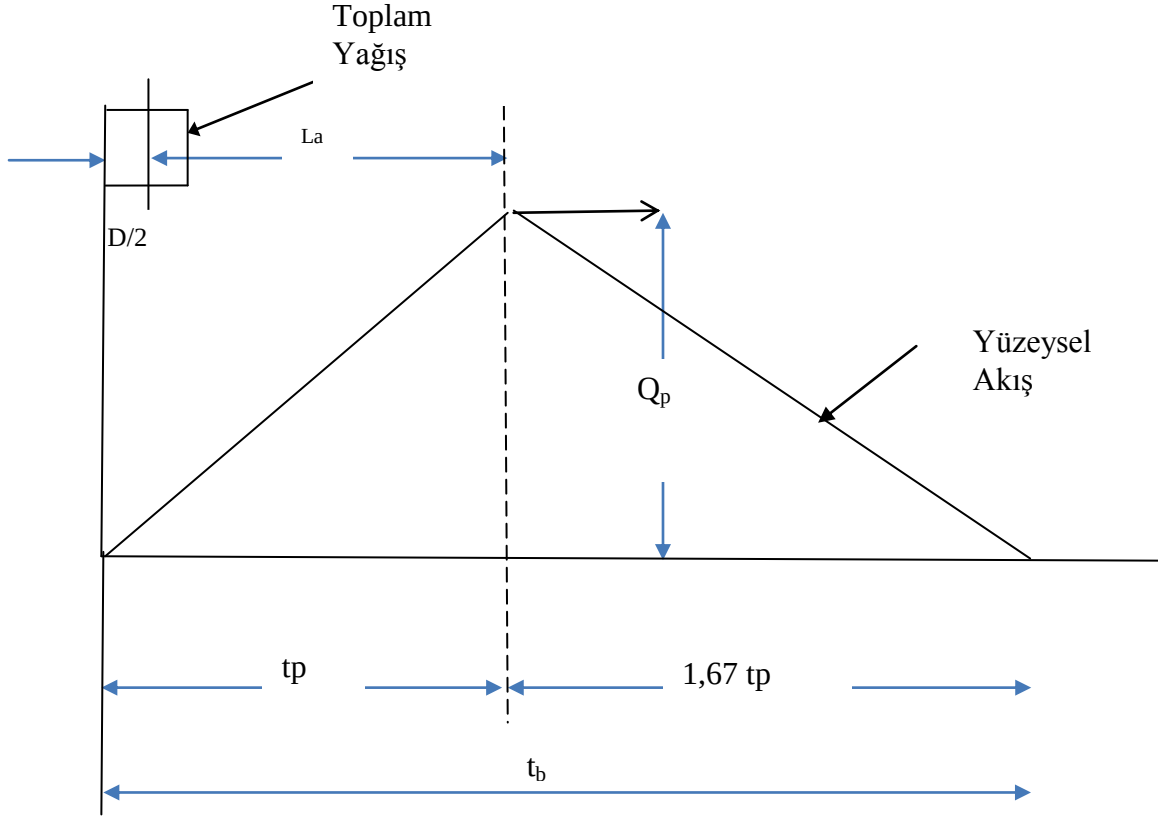
Arazi örtüsü	n ^v
Beton, asfalt,çakıl,çıplak arazi	0.011
Nadas	0.05
Ekili toprak	
<i>Ekili alan ≤20%</i>	0.06
<i>Ekili alan>20%</i>	0.17
Çayır	
<i>Kısa çim</i>	0.15
<i>Yoğun çim</i>	0.24
<i>Bermuda çim</i>	0.41
Orman	
<i>Sık orman</i>	0.40
<i>Seyrek orman</i>	0.80

Yağış yüksekliğinden akış debisi değeri bulmak için kullanılan rasyonel metotta genel olarak toplanma zamanını hesaplamak için Bağıntı (3.9) ile verilen kinematik dalga denklemi kullanılır.

$$t_c = \frac{0.94L^{0.6}n^{0.6}}{i^{0.4}S^{0.3}} \quad (3.9)$$

Bu bağıntıda yer alan; L; nehir yatağı uzunluğu (ft), S; havza eğimi (ft/ft), i; yağış şiddeti (inç/saat) olup n parametresi ise Manning Katsayısıdır.

Çoğu taşkın hesaplama sistemlerinde toplam akış değerindense en büyük (pik) akış değeri göz önüne alınır. Bu yüzden akış eğri numarası yöntemiyle taşkın hesaplamadan önce maksimum akım zamanı (t_p) hesaplanır. Maksimum akım zamanı Şekil 3.5 ile verilen taşkın hidrografından tahmin edilebilir.



Şekil 3.5 : Taşkın birim hidrografı.

Taşkın pik zamanı taşkın hidrografın yanı sıra Bağntı (3.10) ile verilen bağıntıdan da hesaplanabilir.

$$t_p = 0,5D + 0,6 t_c \quad (3.10)$$

Bu bağıntıda t_p ; pik zamanı olup D ; maksimum yağış süresidir (saat). Daha sonra maksimum akış zamanından toplam akış zamanı Bağntı (3.11) ile bulunur.

$$t_b = 2.67 t_p \quad (3.11)$$

Bu bağıntıda t_b ; toplam akış zamanı (saat), t_p ise pik zamanı (saat) olarak alınmıştır.

4. UZAKTAN ALGILAMA VE CBS

4.1 Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama teknolojileri, araştırmacılara ve planlamacılara yeryüzündeki nesneleri; arada mekanik bir bağlantı olmadan inceleme, araştırma, görüntü oluşturma ve ölçme gibi teknik konularda imkanlar sağlar. Uzaktan algılama yöntemi havadan ya da uzaydan nesnelerin yaydığı farklı dalga uzunlukları aralığındaki doğal veya yapay elektromanyetik dalgaların uyduya monte edilmiş hassas algılayıcılar tarafından algılanarak sayısal görüntülere dönüştürülmesi tekniğidir.

Günümüzde uydu verilerinin sağladığı imkanlarla arazi değişimleri hızlı ve doğru bir şekilde izlenebilir. Farklı tarihlerdeki sayısal uydu verilerinin görüntü işleme sisteminde, yersel verilere dayalı olarak işlenmesi ve sınıflandırılması sonucu incelenen bölgenin yerleşim, yeşil alan, su kalitesi ve su çizgisi gibi sınıfları ele alınarak farklı tarihlerdeki değişimin izlenmesi mümkündür ve bu sayede zamanla değişim analizleri gerçekleştirilebilir. Sayısal uydu verilerinin görüntülere dönüştürülerek işlenebilmesi amacı ile özel yazılım ve donanım içeren bilgisayarlar “görüntü işleme sistemleri” (image processing system) olarak adlandırılır.

Uzaktan algılama çalışmaları; arazi kullanımı, zemin cinsi, havza modellemesi gibi çalışmalarda veri tabanı oluşturmada büyük bir etkidir. Günümüzde özellikle hidroloji çalışmalarında uzaktan algılama teknolojileri, coğrafi bilgi sistemi ile birlikte kullanılmaktadır. Uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen dijital uydu görüntüleri bilgisayar yazılımları yardımıyla amaca uygun bilgi etmek için bazı işlemlerden geçirilmelidir. Görüntü işleme dediğimiz bu teknikler; görüntü düzeltme, görüntü zenginleştirme ve görüntü sınıflandırma aşamalarından oluşmaktadır.

4.2 Geometrik Düzeltme

Uydu görüntüleri orjinal halleriyle sistematik veya sistematik olmayan bozulmaları içerdiğinden harita amaçlı kullanılamazlar. Bu bozulmaların sebebi yükseklikteki, konumdaki ve algılayıcı platformun hızındaki değişimler, yeryüzü eğriliği ve

atmosferik kırılma gibi etkenlerdir. Geometrik düzeltmenin amacı, belirtilen nedenlerle oluşan bozulmaları gidermek, düzeltilmiş sayısal görüntünün harita olarak kullanılabilmesini sağlamaktır. Görüntü düzeltme işleminde görüntüdeki geometrik bozulma etkilerinin giderilmesi ve görüntünün yer control noktaları kullanılarak tanımlı bir coğrafi koordinat sistemine oturtulması işlemidir. Bu işlem kapsamında üç boyutlu gerçek koordinat sisteminden iki boyutlu görüntü koordinat sistemine dönüşüm gerçekleştirilir. Bu işlem iki şekilde gerçekleştirilebilir; ilkinde dijital görüntülerin yeryüzü koordinatlarına dönüşümünde haritadan depolanmış yer control noktaları veya GPS ölçümleri kullanılır, diğer yöntemde ise görüntüden görüntüye düzeltme yoluna gidilir; biri referans olarak kullanılacak olan diğeri ise düşeye çevrilecek iki dijital görüntünün koordinatları eşleştirilir. Bu proje kapsamında kullanılan görüntü Landsat 5 TM uydusu aracılığı ile elde edilen 90 m mekansal çözünürlüklü termal (TM) görüntüdür. Landsat 5, 1 Mart 1984 tarihinde NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından uzaya gönderilmiş, amacı ziraat, orman, jeoloji, su kaynakları ve haritacılık gibi yer kaynaklarının araştırılması olan bir uydudur. Bu 90 m mekansal çözünürlüklü görüntü, iki komşu görüntünün ArcGIS bilgisayar yazılımının “Mosaic Tool” uzantısı yardımıyla birleştirilmiş halidir. Toplam 4 banttıan oluşan 8 bitlik radyometrik çözünürlüğe sahip bu görüntü arazi kullanımı sınıflandırılmasında yararlanmak üzere düşeye çevrilmiş, düzeltilmiş, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırılması yapılmıştır. Görüntü düzeltme işlemleri adı altında söz konusu dijital görüntü Şekil 4.1’de görüleceği üzere iki boyutlu UTM (Universal Transverse Mercator) harita projeksiyon sisteminine uygun olarak konum itibarıyla 35 inci Kuzey Zone sınırları içinde kalan ve WGS84 datum sistemine uygun olarak geometrik ve projeksiyon koordinatlandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

4.3 Görüntü Zenginleştirme

Görüntü zenginleştirme başlığı altında toplayabileceğimiz görüntüyü ön hazırlama işlemleri, veri işleme aşamasına geçmeden önce veriyi daha duyarlı, net hale getirmek üzere yapılan restorasyon ve düzeltme işlemleridir. Bu düzeltme işlemleri, radyometrik ve geometrik olarak ikiye ayrılmaktadır.

Radyometrik düzeltmeler, görüntünün aydınlatılma ve yansıtma miktarı, atmosferik koşullardan kaynaklanan görüntü ve sensör kaynaklı ses kirliliğini gidermek için

yapılan işlemlerdir. Bunların her biri kullanılan sensöre göre değişiklik göstermekle beraber arazi engebeleri ve görüntü alımı sırasındaki güneşin ve sensörün birbirlerine göre konumlarından kaynaklanmaktadır.

Geometrik düzeltmeler ise algılayıcı ve yer geometrisi varyasyonlarından kaynaklanan geometrik bozulmaların düzeltilmesi ve verinin gerçek görsel koordinatlara dönüştürülmesini içerir.

Sayısal görüntü işleme görüntünün sayısal piksel değerlerinin değiştirilmesine olanak tanır. Böylelikle radyometrik düzeltmelerle görüntü hala istediğimiz netliğe gelmediğinde görüntü zenginleştirme yöntemleriyle görüntünün görselliğini arttırabiliriz.

Görüntü zenginleştirme işlemi için sırasıyla kontrast, histogram ve filtreleme yardımıyla görüntüden gürültüleri temizlemek, görüntünün kontrast ayarını yapmak, görüntünün keskinlik ve renk doğruluğu ayarları yapılır.

Görüntü zenginleştirme arasında sayılabilecek filtreleme işlemleri olan; kontrast ve histogram görüntü zenginleştirme işlemleri görüntüsü alınan bölgenin arazi özelliklerine göre farklılıklar gösterir, her dijital görüntüye özel ihtiyacı olan görüntü zenginleştirme işlemleri uygulanmalıdır. Kontrast dengeleme işleminde hedeflerle arka alan arasındaki kontrastın arttırılmasıyla orjinal değerler değiştirilerek spektrumun daha geniş bölümünün kullanılması sağlanır.

Kontrast ve parlaklık ayarları yapılırken birden fazla banttan oluşan görüntü için öncelikle çalışma kanalları yani bantları seçilir. Kanallar üzerinde yapılan çalışmalarla hedeflerle arka alan arasındaki kontrastın arttırılmasıyla orjinal değerler değiştirilerek yelpazenin daha geniş bölümünün kullanılması sağlanır. Kontrast zenginleştirme lineer ve lineer olmayan kontrast zenginleştirme olarak ikiye ayrılır. Lineer kontrast zenginleştirme diğer adıyla kontrast germe uzaktan algılanmış veride mevcut olan dijital değerlerin lineer olarak yeni bir dağılma göstermesi sağlanılarak yapılır. Lineer olmayan kontrast zenginleştirme işlemi bir bölgede her bölgeye aynı kontrastın uygulandığı yöntemdir. Lineer olmayan kontrast zenginleştirme ise bazı bölgelerdeki kontrastı azaltırken diğer bölgelerdeki kontrastı arttırabilir. Histogram, görüntünün içerdiği parlaklık değerinin grafik gösterimidir.

Eşen havzasına ait olan sayısal uydu görüntüsü sınıflandırma işlemi uygulanmadan önce geometrik düzeltme ve görüntü zenginleştirme işlemleri başlığı altında bahsedilen basamaklardan geçirildi.

4.4 Kontrolsüz ve Kontrollü Sınıflandırma

Görüntü sınıflandırma işlemi dijital görüntü işleme ve piksel sınıflandırılması açısından önemli bir işlemdir. Sınıflandırma işlemi multispektral çok bantlı görüntülerde ya da yansıma değerleri ve istatistiksel özelliklerine göre değişen temel görüntülerde yapılabilir. Bu proje kapsamında multispektral görüntüde çalışıldı. Uzaktan algılama sistemlerinde piksel tabanlı sınıflandırma kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere ikiye ayrılır.

Çalışma bölgesinde; özellikleri bilinen, yeterince kontrolsüz sınıflandırma örnekleme bilgisi olmayan durumlarda kontrolsüz sınıflandırma yoluna gidilerek sınıflar oluşturulur. Bu sınıflar, doğal gruplaşmalara bağlı olarak oluşur. Spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemektedir. Oluşan sınıfların özellikleri bölgeye ait fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve daha önce elde edilmiş, var olan bilgilerle karşılaştırılarak belirlenir (Batur ve Maktav, 2012)

Kontrolsüz sınıflandırma sınıflandırılan alan hakkında görüntüde olandan başka bir bir bilgi gerektirmediğinden olası kontrollü sınıflandırma yerleri için homojen alanların ayrılmasında faydalı olabilir.

Kontrolsüz sınıflandırma işleminden sonra gerçekleştirilen kontrollü sınıflandırma işleminde çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnek bölgeler kullanılarak sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulur. Bu dosyaların görüntü verilerine uygulanması ile her bir görüntü elemanı (piksel) hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmalıdır.

Kontrollü sınıflandırma işleminde birden fazla yöntem mevcuttur; bunlardan birincisi, en büyük benzerlik yöntemi (maximum likelihood) diğeri ise en küçük uzaklık yöntemi (minumum distance) adı verilen yöntemdir.

En büyük benzerlik yöntemi sınıflar için eş olasılık eğrilerinin tamamlanmasına ve sınıflandırılacak piksellerin üyelik olasılığı en yüksek sınıfa atanması ilkesine

dayanır. Örnekleme bölgesine ait yeteri kadar veri bulunduğu zaman istenilen sınıflandırma doğruluğuna ulaşılır.

En küçük uzaklık yönteminde örnekleme bilgilerine ait örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman kovaryans bilgilerini kullanmayan yalnızca spektral sınıfların ortalama vektörlerinin kullanılmasına dayanan sınıflandırma yöntemlerine başvurmak gerekir. Böyle bir durumda kısıtlı örnekten ortalama değerler kovaryanslara nazaran daha doğru tahmin edilebilir. Örnekleme verilerinden sınıf ortalamaları belirlenir. Sınıflandırmada bir piksel en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır. En küçük uzaklık yöntemi en büyük benzerlik yönteminden daha hızlı olduğu için ilgi çekicidir. Ancak örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman en küçük uzaklık yöntemi en büyük benzerlik yönteminden daha doğru sonuçlar verir. Sınıflandırma işlemleri sonunda sınıflandırma doğruluk analizi yapılır. Sınıflandırılmış görüntü orijinal görüntü ile üst üste getirilir ve sınıflandırılma denetlenir. Orijinal veri ekrana getirilir ve bu veri üzerine sınıflandırılmış görüntü bindirilir.

Diğer bir analiz yöntemi ise eşiklendirmedir. Bu yöntemde sınıflandırmaya katılmayan piksellerin ekrana yansması için olası bir görüntü dosyası kullanılır. Eşiklendirme, sınıflandırılmış görüntü içindeki yanlış sınıfa katılmış veya hiçbir sınıfa katılmamış piksellerin saptanması işlemidir. Bu pikseller genelde ayrı bir sınıfmış gibi düşünülür ve kullanılan karar kuralındaki uzaklık ölçüsüne göre istatistiksel olarak tanımlanır.

4.5 Coğrafi Bilgi Sistemi

Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojilerinden; hidroloji, jeoloji, tarımsal arazi kullanımı, ormancılık, belediyeler, ulaşım gibi çok çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır.

CBS, 1960’larda Kanada devletinin desteğiyle Roger Tomlinson tarafından geliştirildi. Daha sonra ESRI (Environmental System Research Institute) tarafından su kaynaklarını verilerinin yeniden gözden geçirilmesine olanak sağlayan bir program olarak geliştirildi. CBS’nin bir alt modeli işlevinde geliştirilen ArcHydro ve ArcSwat yazılımları bir hidrolojik veri sistemi inşa ederek su kaynaklarına yönelik topoğrafik ve tematik verilerle bize hidrolik analiz ve modelleme imkanı sunar.

Havza modellemesinde CBS'nin bize sunduğu geliştirilmiş doğruluk, daha az geriye dönüş ve tekrar, harita veri tabanı erişebilirliği ve paylaşımı, kompleks modelleri çözümleyebilmesi, yüksek verimlilik, güncellik gibi avantajları sayesinde CBS kullanımı rağmen gören bir teknolojidir (Ogdan, 2001).

CBS havza analizi, drenaj alanı tanımlamak, drenaj ağı gibi topoğrafik özellikleri oluşturmak için dijital sayısal yükseklik modelini kullanır (SYM, İngilizcesi DEM).

Sayısal grid sistemine dayanan dijital yükseklik modeliyle akış yönü ve su birikim gibi haritaları oluşturmak için hidrolojik ve havza tabanlı analizlere imkan sunan ArcGIS yazılım programı, bu model aracılığıyla temel havza parametreleri içinde yer alan toplam nehir uzunluğu, ana kanal eğimi, ana kanal uzunluğu ve havza eğimi gibi parametreleri uydu görüntüsünün işlenmesiyle elde edebiliriz.

Su kaynakları mühendisliği alanındaki çalışmalar genel olarak farklı ölçeklerde harita kullanımı ya da farklı formatlarda dosya kullanımı gerektirir.

CBS teknolojisi içinde kullanılan iki tip veri mevcuttur; bunlardan birincisi mekansal veri olup enlem boylam bilgisi, istasyon koordinatları gibi konum özellikleri ve bilgisini içerir. Mekan verileri; nokta, çizgi ya da poligonlarla ifade edilebilir.

Coğrafi veriler ise mekan, konum, grafik, metin öznitelik verilerinin davranışsal değerlerini sayısal boyutuyla tanımlamak için kullanılır.

Veriler çoğu zaman vektör ya da raster formatta olmakta raster format olarak tanımladığımız verileri iki boyutlu grid sistemleri niteler, vektör format ise daha grafik olarak noktalar, çizgiler ve alan özellikleri betimler. Kartezyen koordinatları belirlemek üzere sayısal algoritmalar içeren noktalar vektörel sisteme örnektir. Vektörel veri modelinde coğrafik objelerin şekli ve boyutsal özellikleri esas alınır. Koordinat sistemini yatay ve vektörel uzaklıkları hesaplamak üzere geliştirilen bir çeşit referans planimetrik harita sistemi olarak tanımlayabiliriz. Coğrafi koordinat sistemi üç boyutlu küresel konumu tanımlamak için kullanılır.

5. ÇALIŞMA ALANI VE KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

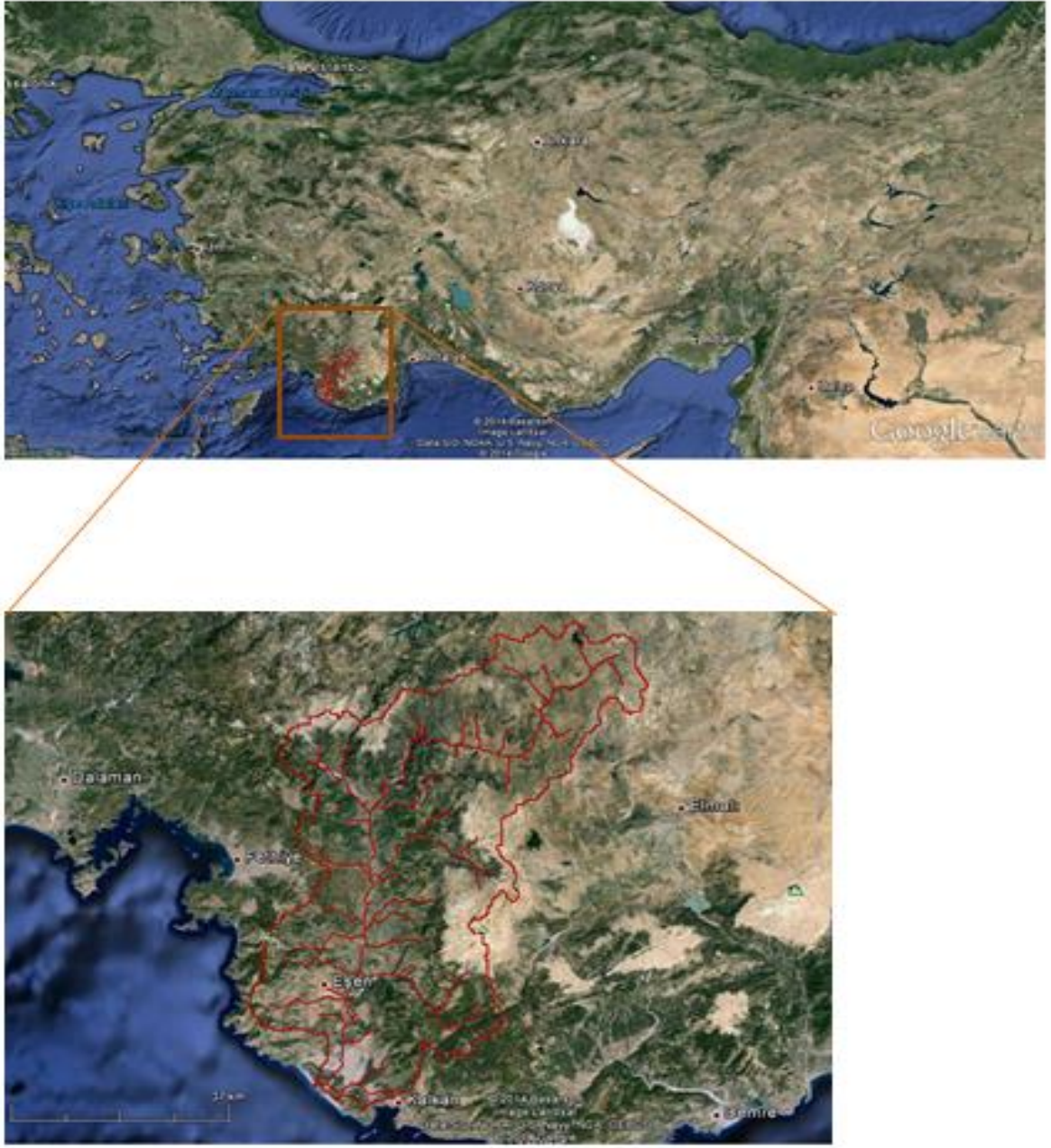
5.1 Eşen Çayı Havzası

Yaklaşık 120 km uzunluğuna sahip olan Eşen Çayı Muğla-Antalya il sınırında Antalya ili sınırı içinde başlayıp Muğla ili sınırı içinde denize dökülmektedir. Eşen Çayı Havzasının toplam yağış alanı yaklaşık 2614 km²'dir. Eşen Çayı Söğüt Gölü güneyindeki Çaldağı, Kızılcadağ ve Küçük Çal Dağı arasındaki bölgeden (2500 m) çeşitli kollar halinde doğar, Seydiler mevkiinden sonra Seki Ovasına girer ve batıya doğru 10-12 km ilerledikten sonra 20 km uzunluğundaki Karanlık Boğaz Kanyonu'na ulaşır. Çalışma alanına ait görsel konum bilgisi Şekil 5.1'de verilmiştir.

Eşen Çayı etrafında ve yakın bölgesinde yaşayan nüfusun geçim kaynağı tarımdır. Özellikle çay yakınına konumlanmış yerleşim bölgelerinin ana geçim kaynağı seracılık olmakla birlikte daha yüksek kesimlerde pancar tarımı ve elma yetiştiriciliği yine bunu takiben hububat, patates ve anason ekimi yapılmaktadır. Eşen Çayı Havzası boyunca pek fazla sanayi tesisine rastlanmamakta fakat rakımca yüksek bölgelerde çokca soğuk hava tesisleri bulunmaktadır. Havza alanı içinde Ceylan Köyü yakınlarında özel şahıslara ait bir mermer ocağı işletmesi bulunmaktadır.

Yapılan hesaplamalar sonucu havza alanına düşen yıllık ortalama yağış değeri 125 mm olarak hesaplanmıştır. Eşen Çayı Havzası büyük bir alanı kapsadığından alt havzalara düşen yıllık ortalama yağış değerlerinde farklılıklar görülebilmektedir. Bu yağışların büyük bir bölümü iklim özelliği nedeniyle sonbahar ve kış aylarında düşmektedir. Havza genel olarak Kasım, Aralık ve Ocak aylarında en fazla yağışları almaktadır.

Eşen Havzasında yapılan arazi sınıflandırma çalışmaları sonucunda havza sınırı içindeki düşük rakıma sahip bölgelerde tarım alanları ve seralardan kalan alanlarda maki bitki örtüsü ve ormanlık alanlar görülür. Daha yüksek rakımlarda iklim karasala dönmekte seyrek bitki örtüsü ve daha engebeli dağlık alanlar görülmektedir.



Şekil 5.1 : Eşen Çayı Havzası Türkiye sınırları içindeki konumu.

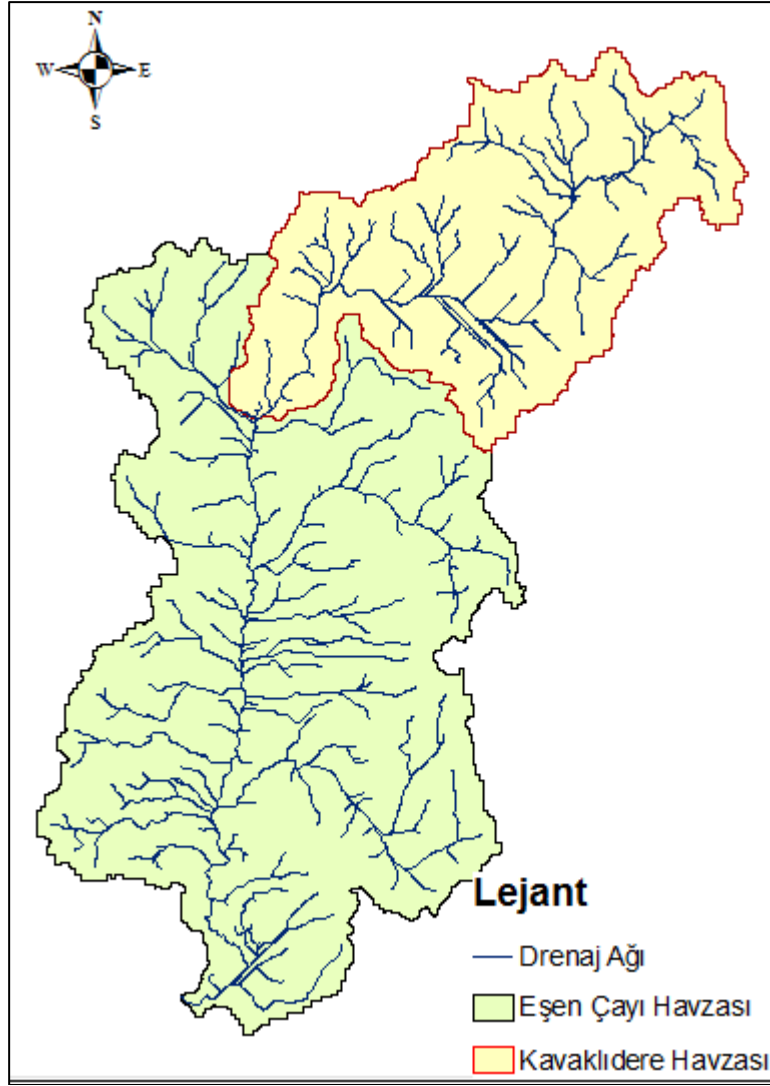
Eşen Çayı Havzasında yapılan jeomorfolojik çalışmaların sonucunda havzanın bir birikinti, alüvyonal delta ovası olduğu bilinmektedir.

5.1.1 Kavaklıdere Alt Havzası

Bu çalışma kapsamında yapılan çalışmaların aynısı Eşen Çayı Havzasının yanı sıra bu havzaya ait bir alt havza olan Kavaklıdere Havzası için de yapılmıştır. Kavaklıdere Havzası adını sahip olduğu tek yağış istasyonu olan ölçümleri 1964 yılından itibaren DSİ tarafından yapılan Kavaklıdere yağış ölçüm istasyonundan almaktadır. Eşen Çayı Havzasının sahip olduğu pek çok havza içinden Kavaklıdere'nin seçilmesi Eşen Çayı Havzasının en kuzeyinde yer alması ve dolayısıyla drenaj alanı bakımından diğer havzalara ait nehir kollarından etkilenmemesi önemli bir faktördür. Eşen Çayının çıkış bölgesi olarak niteleyebileceğimiz havza konum itibarıyla çalışma kolaylığı ve doğruluğu sağlamaktadır. Kavaklıdere havzasının Eşen Havzası alanı içinde konumu Şekil 5.2'de verilmiştir.

Kavaklıdere Havzası sınırları içinde yükseklik 2500 metrelere kadar ulaşabilmektedir. Havza engebeli ve yükseltisi bol bir topoğrafya sergiler. Bitki örtüsü bakımından fakir olmakla birlikte yer yer çayırılık alanlar konumlanmıştır. Yerleşim özelliği bakımından yaklaşık 1100 nüfusa sahip Bekçiler Köyü ve daha az nüfuslu seyrek yerleşimler bulunmaktadır. Bölge halkı tarım ve küçükbaş hayvancılıkla uğraşmakta, geçimlerini daha çok seracılık ve yoğun olarak patates üretimiyle sağlamaktadırlar.

Havza sahip olduğu dağlık coğrafyanın da etkisiyle karasal yayla iklimine sahiptir. Kavaklıdere istasyon verileri göz önüne alındığında, 546 km² yağış alanına sahip en çok yağışı Kasım ve Aralık aylarında almaktadır ve yıllık ortalama yağış değeri ise 60.70 mm'dir.



Şekil 5.2 : Eşen Çayı Havzası alt havzalarından Kavaklıdere Havzası konumu.

5.2 Yağış Ölçüm İstasyonları

Eşen Çayı Havzası sınırları içinde DSİ Aydın 21. Bölge Müdürlüğü tarafından ölçümleri gerçekleştirilen 5 adet yağış ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Havzanın ortalama yağış değeri hesaplanırken havza sınırları dışından, yakın çevresinden de mevcut istasyonlardan yağış verileri kullanılmıştır. Havza içinde ve dışında toplamda 11 adet istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlara ait veriler 1962-1988 yılları arasını kapsamaktadır.

Bu yağış ölçüm istasyonları noktalarına ait koordinat bilgileriyle ArcGIS yazılım programında yerleştirildikten sonra havzanın ortalama yağış değeri hesaplanmıştır.

Ortalama yağış değeri bulurken havza içinde olup hesaba dahil etmediğimiz tek istasyon Kavaklıdere yağış ölçüm istasyonudur. Bu istasyona ait verilerle Kavaklıdere havzası için taşkın hesaplamaları yapılmıştır. İstasyonların havzaya göre konumları Şekil 5.3’de gösterilmiştir. Ayrıca istasyonların konum ve yükseklik ve yağış alanı bilgileri Çizelge 5.1 belirtilmiştir.



Şekil 5.3 : Eşen Çayı içinde ve çevresinde yer alan yağış istasyonları konumu.

Şekil 5.3’te görülen ArcGIS yazılım programı yardımıyla elde edilen poligon, çizgi ve noktalardan oluşan şekil vektörel bir veridir. Noktalarla belirtilen istasyonlar ve havza sınır çizgileri aynı UTM projeksiyon koordinat sisteminde (WGS84) olmasına dikkat edildi. Bu istasyon noktalarının doğru konumlanmış olması havzanın ortalama yağış değeri Thiessen Metodu ile bulurken önem teşkil etmektedir.

Çizelge 5.1 : Eşen Çayı Havzası sınırları içindeki yağış ölçüm istasyonları.

Yağış İstasyonları	Boylam	Enlem	Yağış Alanları (km ²)	Rakım (m)	Açılış Tarihi	Kapanış Tarihi
ÖREN	29.385191	36.749391	29.6	205	02/1964	01/1987
SEKİ	29.658548	36.808733	303.77	1240	12/1965	09/1986
EŞEN	29.281572	36.454417	2318.7	100	12/1965	12/1987
KEMER	29.347082	36.652232	1194.4	95	12/1958	02/1986
KAVAKLIDERE	29.562228	36.826666	546.8	1115	12/1964	01/1985

Havzanın dışında yer alan istasyonlara ait konum ve yükseklik bilgileri ise Çizelge 5.2'deki gibidir.

Çizelge 5.2 : Havza sınırları dışında kalan yağış istasyonları.

Yağış İstasyonları	Boylam	Enlem	Rakım (m)	Açılış Tarihi	Kapanış Tarihi
FETHİYE	29.124864	36.650576	3	12/1939	11/1987
ARPACIK	29.144121	36.827839	575	12/1969	01/1987
ELMALI	29.919032	36.732292	1113	01/1953	12/1987
AKÇAY	29.746849	36.598852	1070	12/1964	02/1986
KALKAN	29.414935	36.267452	40	09/1964	12/1987

5.3 Akım Gözlem İstasyonları (AGİ)

Eşen Çayı Havzası sınırları içinde DSİ ve EİE tarafından ölçümleri yapılan yağış istasyonlarına paralellikte akım gözlem istasyonları bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında akım verileri yalnızca hesaplamalar sonucu elde edilen taşkın değerlerini

karşılaştırmak amacıyla kullanılmıştır. Karşılaştırılan veriler yıllık ve 100 yıllık olmak üzere Eşen Çayı Havzasının çıkış noktası olarak kabul ettiğimiz Yapılar akım gözlem istasyonuna ait yıllık ve 100 yıllık maksimum akım verileriyle tüm havzayı gözönüne alarak yapılan taşkın hesaplamaları sonucundaki pik değerler karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde bir alt havza olan Kavaklıdere havzası sınırları içinde yeralan Kavaklıdere akım gözlem istasyonuna ait yıllık ve 100 yıllık verilerle yalnızca Kavaklıdere Havzası için yapılan taşkın hesaplamaları sonuçları karşılaştırılmıştır.

Her iki akım gözlem istasyonuna ait konum, yükseklik gibi bilgiler Çizelge 5.3’de belirtilmiştir.

Çizelge 5.3 : Kavaklıdere ve Yapılar akım gözlem istasyonları.

Akım Gözlem İstasyonu (AGİ)	Boylam	Enlem	Rakım (m)	Açılış Tarihi	Kapatılış Tarihi
YAPILAR	29.362231	36.089623	9	27.12.1961	27.03.1998
KAVAKLIDERE	29.562228	36.826666	1115	03.12.1956	31.02.2000

5.4 Havza Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bölgenin topoğrafik olarak incelenmesi, havza karakteristiklerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmaların hepsi havza modellemesi için yapılan hidrolojik çalışmaların bir gereğidir. Bu karakteristikler belirlenmeden yapılacak hesaplamaların doğruluğu tartışılır. Günümüzde ise eskiye oranla artık bu karakteristikleri belirlemek gelişen CBS teknolojileriyle çok daha pratik bir hal almıştır.

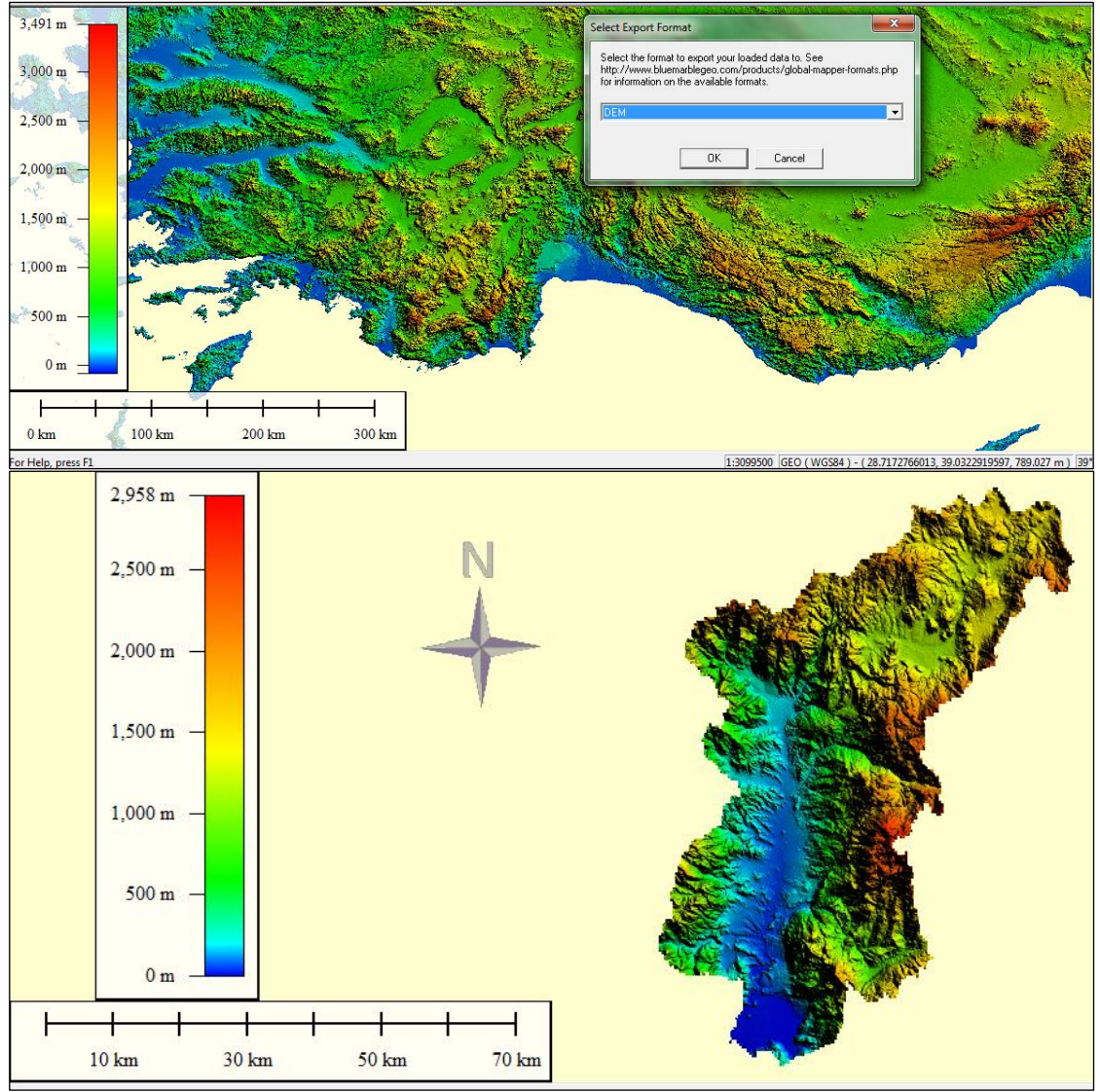
Bu proje kapsamında söz konusu havzanın karakteristiklerini belirlemek için birden fazla havza modelleme yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımlarla çalışılırken özetle havza alanından bir adet çıkış noktası belirlendi (Yapılar AGİ) ve bu nokta referans alınarak havza alanı, havzaya ait akarsu kolu uzunluğu, drenaj ağı, havza ve alt havza sınırları gibi parametreler belirlenmiştir. Belirlenen parametrelerin bazıları özellikle

havza ve alt havzalarına ait alan bilgisi DSI' nin çeşitli ölçüm ve hesaplamalarla elde etmiş olduğu sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

5.4.1 Sayısal yükseklik haritasının oluşturulması

Sayısal yükseklik haritası oluşturulmadan önce gereken sayısal topoğrafik harita internetten USGS veri tabanından SRTM verisi olarak indirilip Global Mapper yazılımına aktarılarak önce geometrik düzeltilme işlemi yapılmış WGS84 ve geometrik projeksiyon olarak da UTM sisteminde bölgenin ait olduğu 35'inci Kuzey zona uygun olarak koordinatlandırılmıştır. Global Mapper 15 yazılımıyla daha sonra Şekil 5.4'de görüleceği üzere sayısal topoğrafik harita formatından sayısal yükseklik modeli olan DEM formatına dönüştürülmüştür.

Sayısal yükseklik modelinde her bir karenin tek bir yükselti değeri vardır. Yüzeyi gösteren kareler ne kadar küçük alınırsa yüzey o kadar aslına yakın gösterilmiş olur, ancak bu durumda işlemci hafızası olarak büyük bir alana ihtiyaç duyulur ve işlemler fazla zaman alır. Bu DEM görüntüsü 90x90m çözünürlükte üretilmiş ve bu çözünürlükte çalışılmıştır. Bu çözünürlük yüksek çözünürlük olarak kabul edilir.

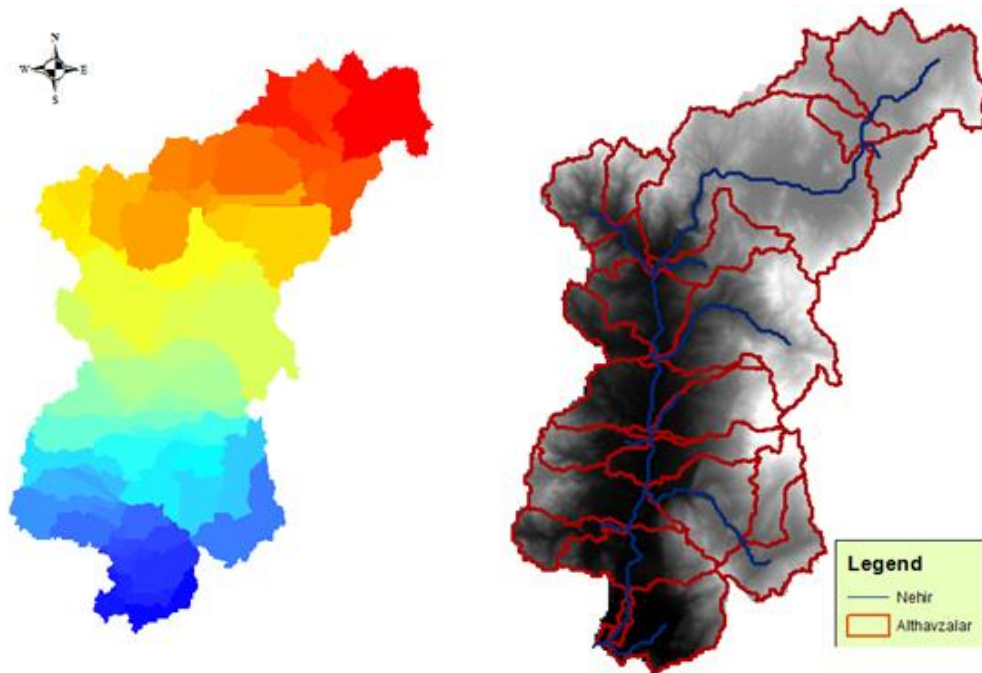


Şekil 5.4 : Sayısal yükseklik verisi (ASTERGDEM, 2009)

5.4.2 Havza ve alt havza sınırlarının belirlenmesi

Havza ve alt havza sınırlarının oluşturulması bir sonraki adımda belirlenecek havza parametrelerinin hesaplanması açısından da önemlidir. Havza sınırını belirlemeden havzanın genel alanını ve buna bağlı değerleri, alt havza sınırlarını belirlemeden ise yağış ölçüm ve akım gözlem istasyonlarının ölçtükleri yağış alanının büyüklerini tahmin etmemiz buna uygun olarak da çalışılacak alt havzanın seçimi mümkün olmazdı. Bir diğer avantajı ise arazi kullanım sınıflarını belirlemek üzere kontrollü sınıflandırma işlemi yapılırken ve sonrasında eğri numarasını doğru bir şekilde belirleyebilmek için alansal değerlerin doğru ifadesi açısından bu bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Havza sınırlarını belirlemek için ArcGIS yazılımındaki SWAT (Soil and Water Assessment Tool) modeli kullanıldı. Bu program sayesinde arazi

kullanımı, zemin cinsi gibi çeşitli haritaları veritabanından paylaşılabilmektedir. Bu yöntemle elde edilen havza ve alt havza görüntüleri Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5 : Eşen Çayı Havzası ve alt havza sınırları.

Büyük havzalar özetele tek bir ortak noktadan boşaltım yapan küçük havzaların birleşiminden oluşmaktadır. Havza çıkış noktası havzanın dizaynı, modellendirilmesi açısından önemlidir. Büyük bir havzayı küçük alt havzalarına ayırmak planlama açısından çeşitli kolaylıklar sağlar.

5.4.3 Havza fiziksel parametrelerinin belirlenmesi

Havzanın fiziksel parametreleri olarak nitelediğimiz özelliklerin başlıcaları; havza eğimi, havza ya da nehir anakol uzunluğu, havza alanı, havzanın drenaj sistemi gibi özelliklerdir. Belli bir çıkış noktasına göre havza sınırları belirlendikten sonra havza uzunluğu havza sınırı ayırım noktasından çıkış noktasına kadar olan uzunluk olarak hesaplanır. Eğer akarsu kolu havza sınırına kadar ulaşmıyorsa akış yolunu takip ederek hayali olarak havza sınırına kadar uzatılır. Bu en uzak noktayla çıkış noktasından düz bir çizgi olarak hesaplanan uzunluktan farklıdır çünkü diğer yöntemde akışa geçen suların aldığı yol esas alınır. Bu yüzden bu uzunluğa aynı zamanda hidrolojik uzunluk da denilebilir. Drenaj alan bilgisi daha çok yağıştan kaynaklanan su potansiyelini hesaplamak için kullanılırken havza uzunluğu bilgisi akışa geçen suların havzada çıkış noktasına ulaşmaya kadar geçen süreyi

hesaplama da kullanılır. Bu varsayıma göre akışa geçen su miktarı yağış yüksekliği ve havza alanıyla doğrudan bağlantılıdır.

Havza uzunluğunu belirlerken dolayısıyla anakolun güzergahına göre hareket edildi. Havza uzunluğu belirlendikten sonra hesaplamalarda kullanılan bir diğer parametre ise havza eğimidir. Havza eğimi belirlemek için pek çok yöntemin olmasının yanısıra bu projede basit bir havza eğimi bulma yoluna gidildi. Havza eğimi klasik yöntemlerle bir topoğrafik haritadan bulunabilir. Biraz önce bahsettiğimiz minimum ve maksimum yüksekliklerin farkının anakola olan uzaklığı biçiminde bir nevi ana kol eğimi bulunmuş oldu. Elle yapılan hesaplardan başka çeşitli havza modelleme programları da bize bu bilgiyi verebilmektedir, fakat Eşen Havzası büyük bir havza olduğundan ve yer yer engebeli fiziki durumundan dolayı havzayı belli bölümlere bölüp hesaplamak ya da yazılımların sağladığı ölçüm cetveli yoluyla hesaplamak daha doğrudur. Taşkın miktarı akışın eğimine bağlı olduğundan eğim parametresi akış ivmesini anlayabilmek açısından önemlidir. Havza eğimi arttıkça akışın düzensizleştiği, geçiş süresinin küçüldüğü, birim alana gelen maksimum debinin arttığı gözlenir (Özalp, 2004). Ayrıca diğer koşullar sabit kabul edildiğinde eğimin artışına bağlı olarak sızma oranı azalır, aynı alanda yeterli yoğunlukta bitki örtüsü mevcut değilse sediment taşınımı gibi aşınma faaliyetlerinde artış gözlenebilir. Eğim basitçe tabiriyle yüksekliğin uzaklığa bağlı oranı olarak tanımlansa da kullanılan yükseklik farkı her zaman en yüksek nokta olmayabilir. Akış yolunun son bulduğu en yüksek nokta olarak almak daha doğru olur. Eğer alt havzalarda bir taşkın hesabına gidilecekse alt havzanın eğimini ayrı olarak hesaplamak gerekecektir.

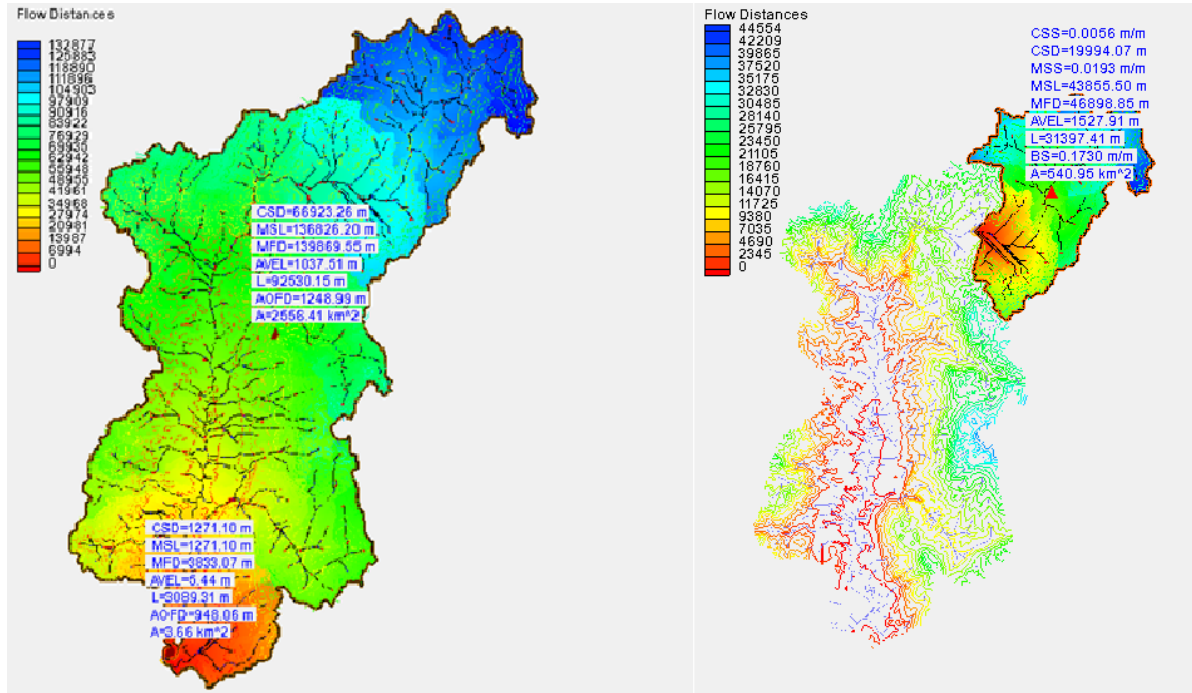
Havza alanı bilgisini havza sınırları belirlendikten sonra WMS (Watershed Modelling System) yazılımından elde edilen alan bilgileri daha önce DSİ ve DMI'nin yapmış olduğu çeşitli çalışmalardan alınan alan bilgileriyle karşılaştırılarak kullanıldı. Havza sınırları belirlendikten sonra havza alanı otomatik olarak hesaplanabilir. Havza alanını belirlerken uzaktan algılama yöntemlerinin yanısıra eski bir yöntem olan planimetre kullanılarak da bulunabilir. Eğer planimetre kullanılmıyorsa karelere ayırma metodu da seçenekler içindedir. Bu kareler sistemiyle hesaplama yapmak için havza sınırları belli olan ölçülü topoğrafik haritalar kullanılır. Aynı zamanda havza alanı Eşen Havzası ve alt havzası olan Kavaklıdere Havzasına ait fiziksel parametreler Çizelge 5.4'de verilmiştir. Yine bu

havzalara ait alan bilgisini elde ettiğimiz WMS programındaki havzalara ait görüntüler Şekil 5.6’da gösterildiği gibidir.

Çizelge 5.4 : WMS’e göre Eşen ve Kavaklıdere Havzası parametreleri.

Havza Adı	Alan (km ²)	Uzunluk (km)	Maksimum Kot (m)	Minimum Kot (m)	Ortalama Havza Yüksekliği (m)	Eğim (m/m)
Eşen	2560.04	95.62	1478.00	9.00	1037.51	0.0123
Kavaklıdere	540.95	31.397	1478.00	1115.00	1527.91	0.0092

Alan parametreleri değeri yazılım yardımıyla hesaplanan ve DSİ’den alınan veriler birbiriyle karşılaştırılmış birbirine yakın değerler olduğu görülmüş tercihen DSİ’den alınan alan değerleri kullanılmıştır.



Şekil 5.6 : WMS programı ile havza parametrelerinin hesaplanması

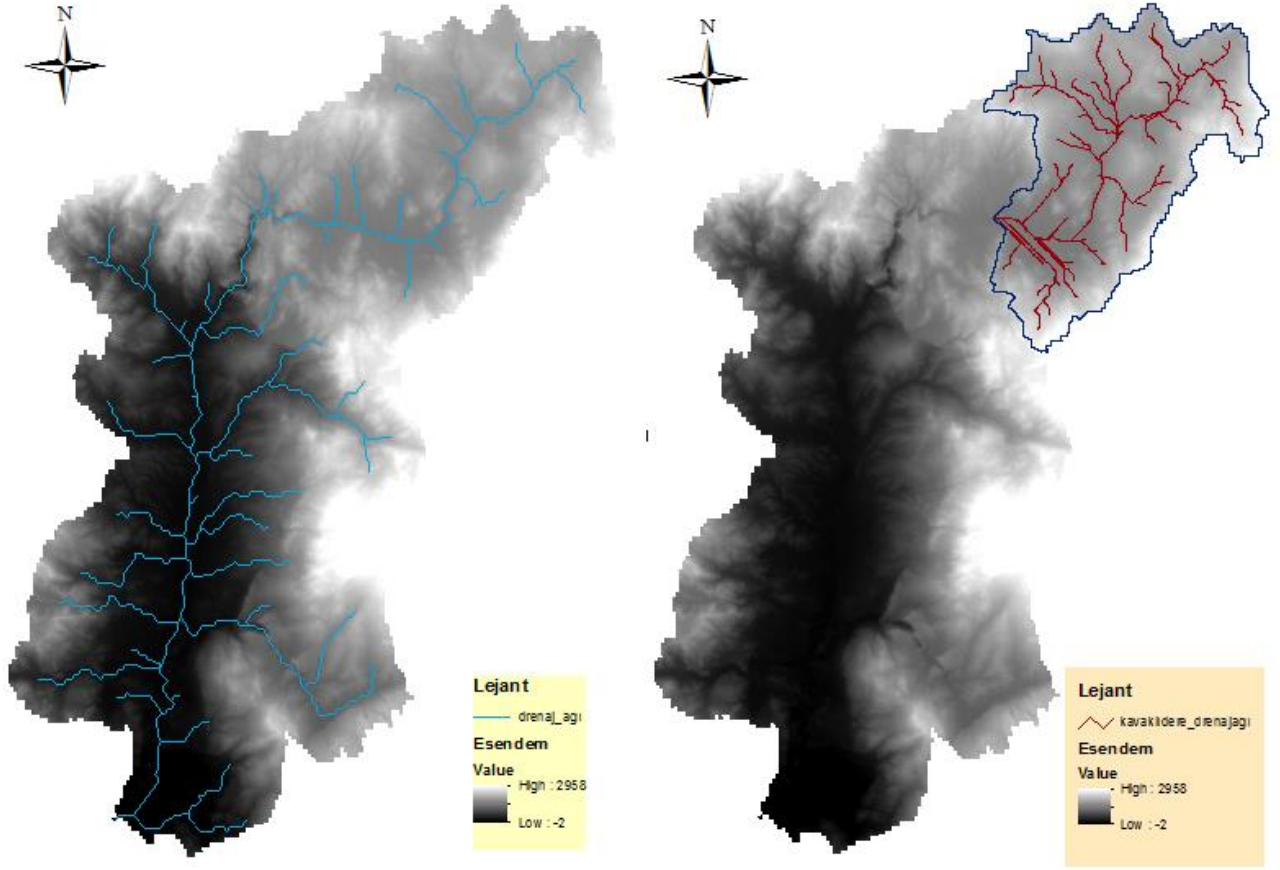
5.4.4 Havzaya ait sentetik drenaj ağının belirlenmesi

Drenaj ağı, akışa katılan yapay veya doğal; kalıcı ya da geçici bütün akarsu kollarını kapsar. Akışa geçen su miktarı havzanın alanı ve yağış yüksekliğiyle doğrudan bağıntılıdır. Drenaj ağı bilgisi ise akış yüksekliği belirlemede basit yağış denklemlerinden kompleks bilgisayar modellemesine geçiş için gereklidir. Drenaj alanı havza sınırlarına bağlı olarak hesaplanır. Havza sınırları ise daha önce sözünü

ettiğimiz uzaktan algılama sistemleriyle belirlenebilir. Drenaj ağı sistemi vektörel bir sistem olup akış yönü haritaları gözönüne alınarak oluşturulur (Güler, 2008).

Bir drenaj ağı sisteminin kendine özgü organizasyon özelliği ve hiyerarşik yapısı vardır. Bu sistem diğer ağ sistemlerinden 4 ana kısıtlamayla ayrılır. Bunlardan ilki havza jeolojisi. Havza alanı kendi içinde erozyona yatkın olan veya olmayan jeolojik özellikler gösterebilir. Bu durum drenaj ağı şeklini etkiler. Dolayısıyla tortul kayaların baskın olduğu alanla volkanik kayaların baskın olduğu alanların drenaj sistemi özellikleri farklılıklar gösterir. Kayaların yapısal özellikleri, şekilleri, faylar, kıvrımlar suyun akış yönünün belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Diğer bir kısıtlama iklim koşullarıdır. Nemli ve dağlık bölgelerde daha yoğun bir drenaj sistemine rastlanırken çöl ikliminde daha dağınık ve seyrek bir sistem gözlemlenir. Yeryüzü eğimi, nehirlerin aşınmalı veya yığılmalı olmasına göre değişir. Yüksek rakımlarda nehirler aşınabilir, fakat daha düz alanlarda yığılma görülebilir. Söz konusu kısıtlamalardan dördüncüsü insan faktörüdür. Drenaj ağını, yerleşim bölgeleri vasıtasıyla insan faktörü, tarım alanları, barajlar, göletler ve nehir yatağı ıslah çalışmaları değiştirebilir. Eşen Havzasına ait sentetik drenaj ağı Şekil 5.7’de verilmiştir.

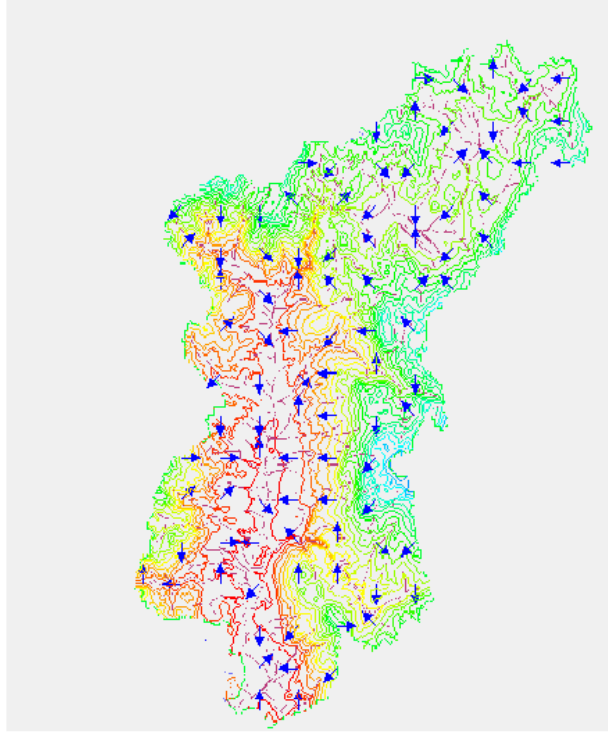
Bu projede taşkın hesaplarının genel havzanın bütünü yanında bir alt havzada da yapılmasına karar verilmiş ve seçilecek alt havzanın özelliklerini tanıyabilmek, yağış ölçüm ve akım gözlem istasyonlarının drenaj ağı üzerindeki konumlarını belirleyebilmek açısından drenaj ağı haritasına ihtiyacımız vardır. Bu harita topoğrafik bir harita olup geometrik ölçümler söz konusu değildir. Fakat kullandığımız uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin bir gereği olan uygun koordinat sistemiyle yapılan projeksiyon işlemi uygulanmıştır. Bu sayede havzaya ait olan istasyonlar doğru bir şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 5.7 : Eşen ve Kavaklıdere Havzası sentetik drenaj ağı.

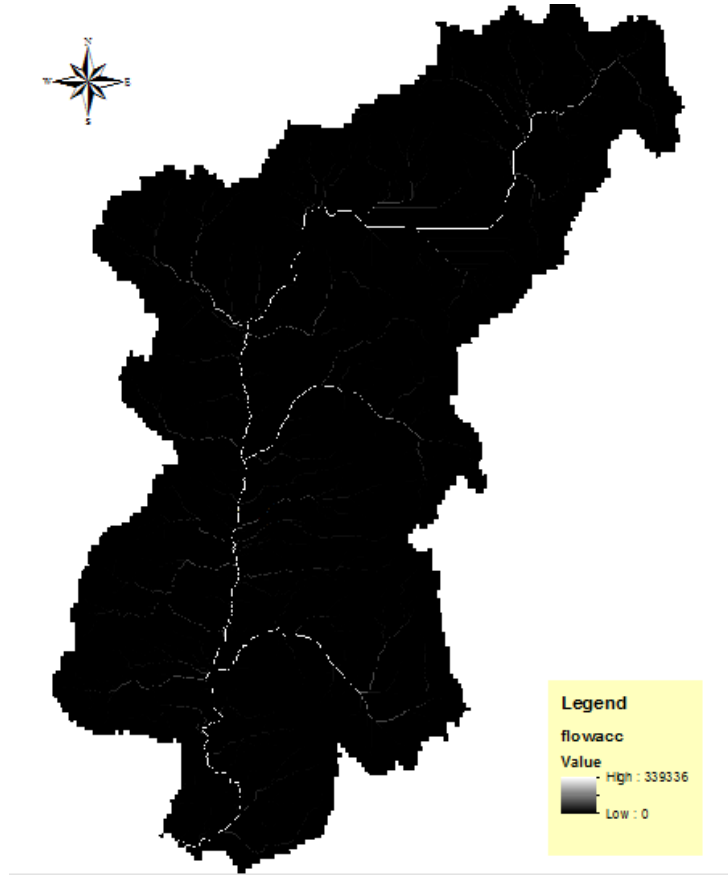
5.4.5 Havzaya ait akış yönü ve su birikim haritalarının oluşturulması

Havzaya ait akış yönü haritası sayısal yükseklik modeli ile ArcGIS ve WMS yazılımlarından elde edilmiştir. Daha önce görüntüyü gereksiz çukurluklardan ve boşluklardan arındırmak amacıyla “fill sinks” işlemi uygulanır. Drenaj ağının belirlenmesinde önemli bir adım olan akış yönü haritalarının elde edilmesi hangi kolların hangi alt havzayı beslediğine dair bir fikir edinmemizde yardımcı olabilir. Bu sayede istasyonların sahip oldukları konum bilgileri aracılığıyla etkilendikleri ve ölçümünden sorumlu oldukları akış ve yağışın hangi nehir kolu kaynaklı olduğunu bilebiliriz. Bu bilgiyle taşkın hesaplamaları bir alt havza için yapıldığında önemli bir girdi olan yağış yüksekliği verisini daha doğru bir şekilde yorumlayabiliriz. Havzaya ait akış yönü haritası Şekil 5.8’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.8 : Havzaya ait akış yönü haritaları.

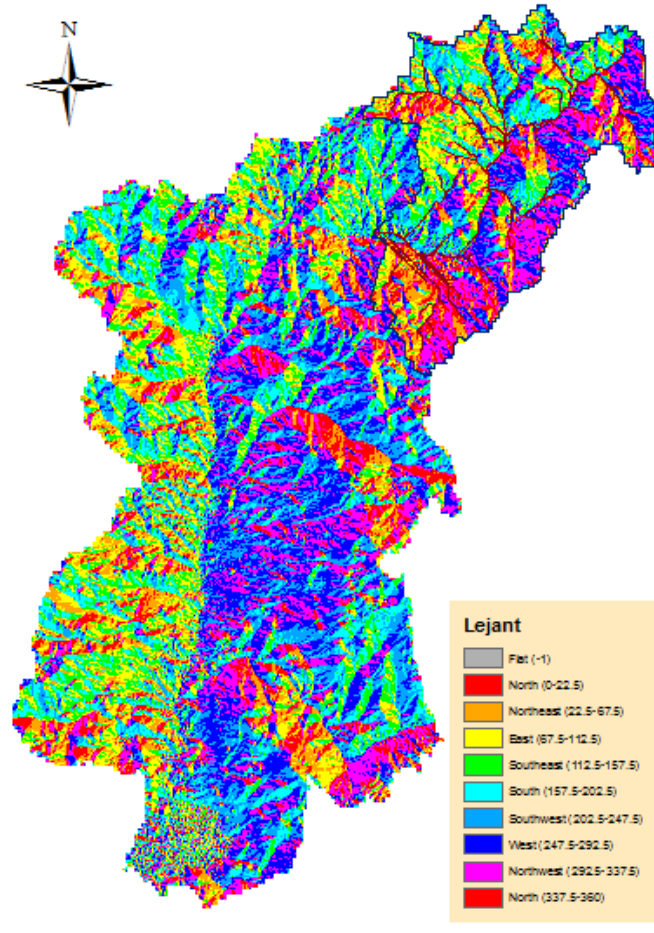
Sentetik drenaj ağı oluşturulma basamaklarından ikincisi olan su birikim haritası akış yönü haritası oluşturulduktan sonra “flow accumulation” işlemi uygulanarak ArcGIS yazılımıyla elde edilir. Bu işlemin sonucunda elde edilen görüntü Şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.9 : Havzaya ait su birikim haritası.

5.4.6 Havzaya ait bakı haritasının oluşturulması

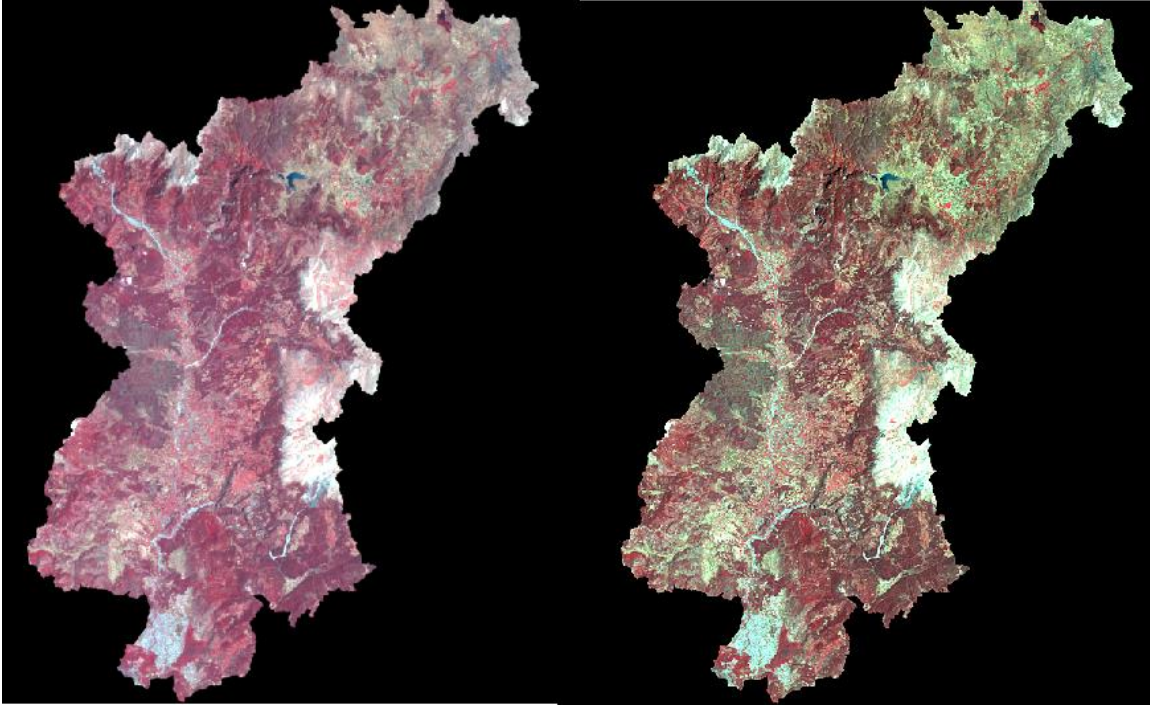
Havzanın bakı durumu topolojik özellikle değişim göstermekle birlikte özellikle bitki gelişimi ve kar türü yağışların erime ve taşkına geçmesinde büyük rol oynamaktadır. Örneğin kuzeye bakan yamaçlarda kar erimeleri yavaş olmakta ve bitki gelişimi diğer yamaçlara oranla az olduğu görülür. Buna bağlı olarak yüzeyin su tutma oranı da daha azdır. Bu durumları değerlendirmek açısından oluşturulan havzaya ait bakı haritası Şekil 5.10'da verilmiştir. Söz konusu harita 4 ana yönden ara yön ve düz alanlarla birlikte 9 ara yönden oluşturulmuştur. Havzanın genel olarak yöney durumuna bakıldığında Eşen Çayı'nın havzayı ortadan ikiye böldüğünü varsaydığımızda nehirin doğusunda batıya bakan, batısında kalan kısmında ise güneye bakan yamaçlar yoğunluktadır.



Şekil 5.10 : Havzaya ait bakı haritası.

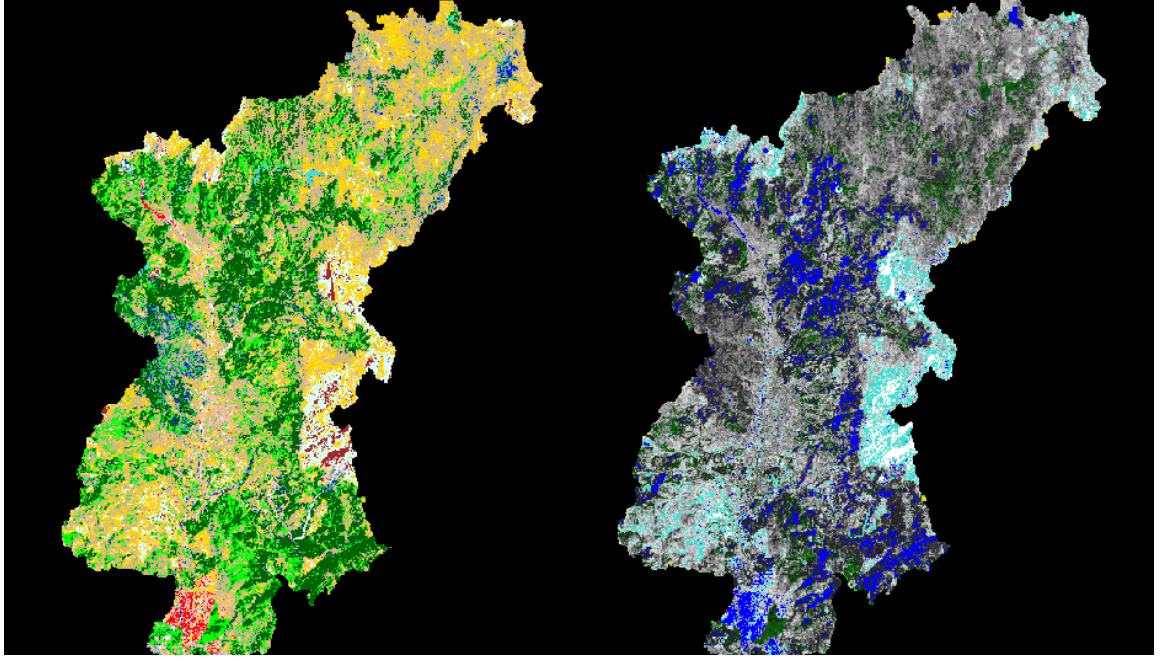
5.4.7 Havza arazi sınıflarının belirlenmesi

Eşen Havzasına ait arazi sınıflarının belirlenmesi, bu taşkın projesinde kullanılan taşkın belirleme metodlarından akış eğri numarasının içerdiği yöntem gereği önemli bir yere sahiptir. Akış eğri numarası metodu gereği arazi sınıfları ve zemin nemi durumundan hareketle belirlenmesi gereken akış eğri numarası ve belirlenen bu değer doğruluğu ileride yapılacak taşkın hesaplamalarının hesaplanmasında ve doğruluğunda etken bir faktördür. Dolayısıyla kullanılan uzaktan algılama yazılımı ile bu arazi sınıflarının ayrıntılı sınıflandırılması ve incelikle alansal dağılımlarının hesaplanması gerekir. Bu sınıflandırma işlemi gereği üzerinde çalıştığımız havzaya ait uydu görüntüsü öncelikle görüntü zenginleştirme ve geometrik düzeltme işlemlerinden geçer. Bu işlemler dahilinde görüntüyü zenginleştirmek ve daha net bir hale getirmek amacıyla “stretch”, “histogram equalization” ve “contrast” gibi ayarları yapılır. Bu işlemlere örnek olarak ilgili görüntü Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.11 : Eşen Çayı Havzası “Orijinal” ve “görüntü zenginleştirme” uygulanmış görüntü.

Bu işlemlerden sonra pikselleri sahip olduğu spektrum değerlerine göre belirli ve yüzeysel sınıflara ayırma işlemi olan kontrolsüz sınıflandırma işlemi uygulanır. Kontrolsüz sınıflandırma işleminden sonra ise her bir arazi sınıfına ait ilgili bölgeden örnekler alınıp dahil olduğunu düşündüğümüz sınıfa atayarak kontrollü bir sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Havzaya ait kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırılmış görüntü Şekil 5.12 ile verilmiştir. Bu işlem sırasında kontrolsüz sınıflandırılmış görüntüden ve araziye ait uydu fotoğraflarından yararlanılabilir. Örneğin seraların yoğunlaştığı alandan birden fazla sayıda seralara ait olduğunu düşündüğümüz piksellerden örnekler alınır ve bu örnekler birleştirilerek aynı başlığın (sera) altında gruplandırılır. Bu şekilde oluşturulan sınıflar kontrollü sınıflandırma işleminin ardından bu işlemin doğruluğu değerlendirilip uygun olduğuna karar verildikten sonra ilgili arazi sınıflarına ait alansal dağılımlar yazılım yardımıyla hesaplanabilir.



Şekil 5.12 : Eşen Çayı Havzası (I) Kontrollü ve (II) Kontrolsüz sınıflandırılmış görüntü

Sınıflandırma işlemi sonucunda sınıflara ait arazisel dağılım oranları yazılımdan elde edilmiştir. Bu alan dağılımlarına göre ağırlı ortalama hesabına gidilerek akış eğri numarası hesaplanır.

Bir alt havza olan Kavaklıdere Havzası kendi içinde ayrı sınıflandırma işlemi uygulandı ve dolayısıyla Kavaklıdere Havzasının akış eğri numarası havza bütünü akış eğri numarasından farklıdır.

6. TAŞKIN HESAPLAMA İŞLEMLERİ

6.1 Yağış İstasyonları Verileri

Taşkın hesaplamalarında kullanılan yağış-akış modellerinde önemli bir faktör olan yağış verilerini ülkemizde ölçümü DSI ve DMI tarafından yapılan istasyonlar aracılığıyla elde edilir. Bu yağış verileri 24 saatlik (günlük), aylık, yıllık maksimum ve toplam olarak kaydedilmektedir. Eşen Havzasıyla ilgili yapılan taşkın hesaplamalarında yıllık maksimum yağışlardan faydalanıldı. Bu hesaplamalarda kullanılan yağış-akış modeli; akış eğri numarası metodunun (NRCS) gereği olarak ihtiyacımız olan akış eğri numaraları hesaplanırken zemin nemi durumunu belirleyebilmek için günlük yağış verilerinden de yararlanıldı. Eşen Havzası boyut itibariyle büyük bir alanı kapsamasına rağmen aktif olarak ölçüm yapan istasyon sayısının azlığı dikkat çekicidir. Süregelen yıllarda ara ara kesintiler bulunmasından dolayı havza sınırları içindeki aktif durumdaki her istasyona ait kesintisiz ölçüm verisi bulunan 1967-1986 yılları arasındaki veriler kullanılması uygun bulundu. Bu yıllar arasında söz konusu istasyonlara ait yılda günlük maksimum yağış verilerine kesintisiz ulaşılabilmektedir. 1967 yılından önceki yıllara ait veriler kimi istasyonların pasif durumda veya henüz hizmete girmemiş olmasından dolayı kesintilidir. 1986 yılından sonraki yıllarda ise ilgili kurumlarca kimi istasyonların kapatılması uygun bulunmuştur. Alt havzalarda yapılacak taşkın hesabı uygulamaları için belirleyici etmen istasyonların konumları oldu. Bu sebeple bir alt havza olan Kavaklıdere Havzasında bulunan Kavaklıdere yağış ölçüm istasyonunun ölçüm verileri tutarlı ve sürekli olması bakımından, havzanın en kuzeyinde konumlanmış bulunan bu havzada taşkın çalışmaları yapılması uygun görüldü. Kavaklıdere Havzasında yapılan taşkın hesaplarında yağış değerleri homojen bir değer elde etmek amacıyla havzanın büyüklüğü göz önüne alınarak bir katsayı (0,91) ile çarpıldı ve yerel yağış verisi elde edildi (Bayazit, 2003).

Havza genelinde yapılan taşkın hesaplarında ise DSI ve DMI'nin ortak veritabanından aynen alınarak Thiessen poligonu yöntemiyle ortalama yağış değeri

(Pyrel) hesaplama yoluna gidildi. Ortalama yağış değerini elde etmek için havza sınırları dışında havzanın etrafına konumlanmış bulunan 5 adet ölçüm istasyonunun verileri de kullanıldı. Havza sınırları içinde 6 adet dışında ise 5 adet olmak üzere toplam 11 adet istasyona ait ölçüm verileri kullanıldı.

Eşen Havzası konum itibariyle Batı Akdeniz Havzası sınırları içinde yer almaktadır ve bu havzaya ait 1929-1988 yılları arasında ölçüm yapan DSİ'ye ait 28, DMI'ye ait 58 ve yine DMI'nin 10 yıllık gözlemi bulunan plüvrograflı 12 adet istasyonu bulunmaktadır. Eşen Havzası taşkın hesaplarında kullanılan ölçümleri havza içindeki istasyonlara ait 1967-1986 yılları arasındaki yağış istasyonları ölçüm verileri Çizelge 6.1'de ölçümleri Eşen Çayı Havzası çevresindeki istasyonlara ait yılda günlük maksimum yağış verileri Tablo 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 : 1967-1986 yılları arasında ölçümleri yapılmış yılda günlük maksimum yağış verileri.

Yıllık Maksimum Yağış Yükseklik Değerleri (mm)					
YILLAR	SEKİ	ÖREN	EŞEN	KEMER	KAVAKLIDERE
1967	58.70	36.70	111.40	43.40	52.40
1968	49.00	52.40	103.40	133.30	69.70
1969	58.10	67.50	82.50	76.00	68.60
1970	28.70	42.80	81.30	68.50	46.00
1971	48.00	87.20	103.10	140.00	53.90
1972	31.60	53.70	42.10	38.50	39.00
1973	38.30	42.10	60.20	68.90	54.60
1974	41.90	53.30	73.30	54.20	62.90
1975	36.30	42.30	73.50	68.30	67.80
1976	35.60	44.60	52.50	69.30	105.50

1977	31.60	91.90	61.10	43.50	31.10
1978	44.80	44.60	93.60	87.00	46.50
1979	77.70	56.40	130.30	87.20	84.80
1980	28.10	68.70	60.10	69.30	74.90
1981	56.20	59.60	104.30	68.70	71.30
1982	38.30	45.10	69.50	42.70	37.50
1983	53.60	66.70	77.80	65.80	57.20
1984	28.90	78.10	62.90	55.70	81.00
1985	62.50	83.10	65.50	52.30	49.80
1986	32.40	56.30	52.80	43.30	-

Çizelge 6.2 : Havza çevresinde yer alan istasyonlara ait yılda günlük maksimum yağış verileri.

Yılda Günlük Maksimum Yağış Yükseklik Değerleri (mm)					
YILLAR	ALTINYAYLA	KALKAN	ELMALI	AKÇAY	ARPACIK
1967	18.50	64.70	58.20	58.70	76.40
1968	32.40	64.00	44.00	64.40	118.20
1969	26.70	116.20	60.70	60.40	116.50
1970	25.20	78.90	53.00	42.70	123.50
1971	25.00	65.30	64.00	90.30	102.40
1972	22.60	64.30	25.60	27.90	67.40
1973	32.30	54.00	32.70	44.20	127.20
1974	50.10	77.20	51.10	53.70	78.20

1975	45.40	70.60	41.00	50.60	107.60
1976	22.10	73.90	34.60	39.70	185.00
1977	22.20	64.10	40.90	46.40	83.80
1978	19.60	72.10	46.10	66.70	138.40
1979	24.30	157.20	55.40	61.30	156.20
1980	22.10	42.00	32.90	42.30	79.20
1981	35.70	55.10	51.60	51.70	178.90
1982	19.20	-	69.70	52.70	81.30
1983	24.40	-	32.70	57.30	102.60
1984	29.10	38.70	48.20	44.40	85.20
1985	27.30	44.10	42.50	44.20	106.30
1986	16.30	44.10	31.60	46.60	103.30

6.1.1 Gumble yöntemi ile 100 yıllık yağış değeri bulunması

Gumble metodu bir istatistik yöntem olup genel olarak taşkın debilerinin olasılık dağılımını belirlemek için kullanılır. Bunun yanında Gumble istatistik yöntemi yağış tekerrürlerini belirlemek için de kullanılabilir. Bu analiz için en az 10 örnek veri bulunmalıdır. Öncelikle örnekteki elemanlar küçükten büyüğe doğru büyüklük sayısına göre dizilirler (Bayazıt, 2003). Düzenlenmiş örnekte m 'inci eleman x_m olduğuna göre yağış verisinin ya da taşkın örneğinde taşkın debisinin x_m 'den küçük kalması olayının olasılığı bir olasılık denklemiyle Bağıntı (6.1)' de verildiği gibi bulunur (Özdemir, 1978).

$$P = \frac{m}{N + 1} \times 100$$

(6.1)

Bu hesaplanan olasılık değerlerine göre yağış tekerrürlerini içeren Gumble olasılık kağıdı oluşturulur. Bölüm 7’de Kavaklıdere alt havzası için oluşturulmuş bir Gumble olasılık kağıdı örneği Şekil 7.3’de verilmiştir. Bu Gumble olasılık yağış tekerrürlerinden yılda günlük en büyük 100 yıllık yağış yüksekliği verisi hesaplanmıştır.

6.2 Akım İstasyonları Verileri

Yağış-akış modeliyle yapılan taşkın hesaplamalarında yağış verisinden elde edilen yıllık maksimum ve 100 yıllık akım verileri DSİ ve EİE’ye ait akım gözlem istasyonlarında (AGİ) alınan verilerle karşılaştırma yapıldı. Havzada yer alan istasyonların aynı yıla ait akım ve yağış verisi bulunması bu bakımdan önemlidir. Akım verileri aylık ortalama, yıllık maksimum ve toplam olarak kaydedilmiş bulunmaktadır. Genellikle karşılaştırma işlemleri havzanın çıkış ve toplanma noktası olarak kabul edilen Yapılar gözlem istasyonundan elde edilen akım verileriyle yapıldı. Alt havza olan Kavaklıdere Havzasında yapılan pik debi değeri karşılaştırmalarında ise Kavaklıdere akım gözlem istasyonuna ait yıllık maksimum ve 100 yıllık tahmini akım verileri kullanıldı.

DSİ ve EİE’ye ait akım gözlem istasyonlarından alınan verilere dair ölçüm yapılan ilgili su yılının gün, ay ve yıl olarak ayrıntılı tarih bilgisinin verilmesi sayesinde 5 günlük yağış verilerinden zemin nem durumu belirlenmesi mümkün oldu.

Kavaklıdere ve Yapılar akım gözlem istasyonlarına ait akış debisi verileri Tablo 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3 : Kavaklıdere ve Yapılar akım gözlem istasyonlarına ait yıllık maksimum akış debi verileri.

Yıllık Maksimum Akış Debi Değerleri (m ³ /saat)		
YILLAR	YAPILAR	KAVAKLIDERE
1967	370.00	78.70
1968	580.00	17.40
1969	500.00	179.00
1970	730.00	87.00
1971	220.00	16.40
1972	110.00	52.20
1973	280.00	14.20
1974	82.00	114.00
1975	360.00	19.50
1976	240.00	48.40
1977	440.00	26.00
1978	200.00	83.00
1979	350.00	64.80
1980	370.00	65.50
1981	320.00	56.40
1982	700.00	43.20
1983	200.00	39.00
1984	360.00	173.00
1985	220.00	51.80
1986	420.00	77.30

6.3 Havzaya Ait Nem Verileri

Zemin nemi durumunun, su potansiyeli ve havza akış değerini hesaplariken eğri numarası belirlemede önemi vardır. Buna göre zemin nemi koşulları 3'e ayrılır (AMCI, AMCII, AMCIII). Zemin nemi cinsine son 5 günlük yağış verisi gözönüne alınarak dönemsel sınırlamalara göre karar verilir. Bu sınır değerleri Tablo 6.4'de verilmiştir (Okmar, 1982).

AMC I; en düşük sızma potansiyeline sahiptir. Bu koşulda zemin kurudur buna karşın tarım arazileri mevcut olabilir.

AMC II; ortalama koşullar söz konusudur.

AMCIII; zemin ıslak ve doygunudur. Aşırı yağış ya da düşük sıcaklık/az yağış durumu söz konusudur. Akış potansiyeli çok yüksektir.

Çizelge 6.4 : Son 5 günlük yağış verilerine göre zemin nemi durumları.

Yağış öncesi nem durumu sınıfı	5 Günlük toplam yağış (mm)	
	Kasım-Mart Ayları	Nisan-Ekim Ayları
I	12.0 dan az	36.0 dan az
II	12.0-28.0	36.0-53.0
III	28.0 dan fazla	53.0 dan fazla

Eşen Çayı Havzası'nın zemin cinsi durumlarını belirlemek için günlük yağış verilerine ihtiyaç vardır. Öncelikle ölçümlerin tarihlerinin yer aldığı su yılı takvimlerine göre aynı yılın Devlet Meteoroloji Müdürlüğü (DMİ) tarafından hazırlanmış günlük yağış verileri ışığında son 5 günün yağış verileri toplamı, dönemsel sınırların arasında ya da dışında olup olmadığı kontrol edilmiştir. Buna göre zaman zaman akış eğri numaraları arasında geçişler söz konusu oldu.

Zemin nemi durumlarıyla ilgili olarak yapılan araştırmalara göre birinci koşulda daha az yüzey akışı mümkünken üçüncü koşul daha fazla yüzey akışı meydana getirmektedir (Tekeli, 2009).

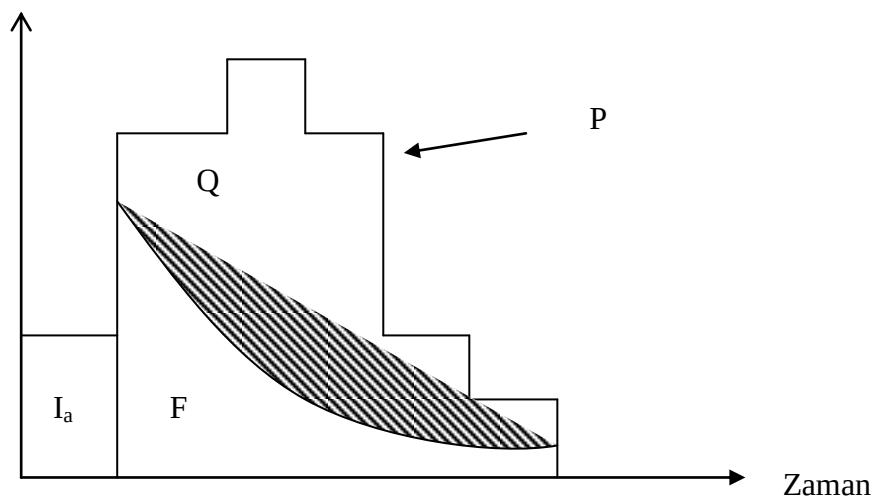
6.4 Arazi Sınıflandırmaları ve Eğri Numaralarının Hesaplanması

Akış eğri numarası metodu (Natural Resources Conservation Service,1969) zemin nemi durumu ve zemin cinsine göre yağışla sızma kaybı arasındaki ilişkiyi temel alan, ilk sızma kayıplarından (I_a) sonraki akış değerini hesaplamaya yönelik geliştirilmiştir. Bu değer (I_a) bitki örtüsü ve yerleşim birimi özelliklerine göre farklılıklar gösterir ve akış başlamadan önceki bütün kayıpları simgeler. Havzanın ilksel kayıpları 0,2 değerine eşit olduğu durum yalnızca NRCS (Natural Resources Conservation System) tarafından 1972 de yayımlanan çalışmanın orjinal metninde yer almaktadır. Daha sonra yağış-akış verileriyle 26 farklı bölge ve 114 adet tarımsal havzada yapılan çalışmada Hawkins ve Khajeini (2000) ilksel kaybın 0,2 değerinden çok daha düşük olabileceğini 0,005 değerine yaklaşık bir değer olarak hesaplamışlardır.

Eğri numarası metodu geliştirilirken yapılan varsayım Bağıntı (6.1) 'de gösterildiği üzere gerçek yağış (aktif) tutma değerinin (F) potansiyel tutma değerine oranı (S); doğrudan akışın(Q), yağıştan yükseklik değerinden (P) ilksel kayıpların çıkarılması (I_a) oranına eşittir.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (6.1)$$

Bu bağıntı arasındaki ilişki Şekil 6.1 de yer alan grafikte gösterilmiştir.



Şekil 6.1: Q, F, Ia, P arasındaki ilişkiye ait diyagram.

Aktif tutma değeri Bağntı (6.2)'de gösterildiği gibi yağış miktarından kayıp miktarı ve akışa geçen miktarın çıkarılması sonucu kalan değerdir.

$$F = (P - I_a) - Q \quad (6.2)$$

Bu iki bağıntıdan akış yüksekliği Bağntı (6.3) ile elde edilir.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (6.3)$$

Potansiyel tutma miktarı çeşitli parametrelere göre değişiklik gösterebilir. Bunlar; arazi kullanım sınıfı, sızma değeri, ilksel kayıp, zemin nemi durumu, evaporasyon ve intersepsiyondur.

Potansiyel tutmayla (S) akış eğri numarası arasında Bağntı (6.4)'de verilen $P > I_a$ koşulu için, doğrudan bir bağlantı söz konusudur.

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4 \quad (6.4)$$

Bu bağıntıdan S, mm cinsinden bulunur.

Eğri numarası (CN) göreceli su tutma oranını temsilen zemin cinsi, bitki örtüsü, zemin nemi durumu gibi arazi özelliklerinden elde edilip taşkın değerini hesaplamak için 0 ile 100 arasında değişen fiziksel niteliği olmayan boyutsuz bir parametredir.

Eğri numarasının 100 değerine eşit olması demek, yağmur suyunun söz konusu kayıplara uğramadan direk akışa geçmesi olarak tanımlanabilir. Aynı şekilde eğri numarasının 0 değerine yakın bulunması yağmur sularının neredeyse tamamının sızma oranı oldukça yüksek kabul edilen kuru zeminden akışa geçemediği ya da akışa geçebilen kısmının oldukça önemsiz bir miktarı olduğu anlamına gelir.

Eğer zemin cinsi arazi genelinde benzerlik gösteriyorsa yağışın havza boyunca düzgün yayılmış olduğu varsayılır (Mujumdar ve Kumar, 2012).

Zemin karakteristikleri havza boyunca farklılıklar gösteriyorsa alansal ağırlıklı ortalama bağı olarak Bağntı (6.5)' de verildiği gibi eğri numarası hesaplanır.

$$CN_w = \frac{\sum_{i=1}^n A_i CN_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (6.5)$$

Eğri numarası yöntemi, genellikle seyrek yerleşim özelliği gösteren havzalara uygulanır. 4000'den fazla zemin cinsi, akış potansiyellerine göre A, B, C, D olarak 4 gruba ayrılmıştır (Tekeli, 2009).

A grubu zemin cinsi; düşük yüzey akış potansiyeline sahiptir.Yüksek sızma hızına sahip, drenajlı kum ve çakıllardan oluşan zemin cinsidir. Neredeyse kuru zemin, geçirgenlik potansiyeli fazla, sızma hızı 8-12 mm/saattir.

B grubu zemin cinsi; ortalama iletim hızına sahip orta ve iyi drenajlı zemin cinsidir. Zemin sızma hızı 4-8 mm/saattir.

C grubu zemin cinsi; yavaş iletim hızına sahip, suyun aşağıya doğru hareketini sınırlandıran katıya sahip orta ince bünyeli zemin cinsidir. Zemin geçirgenlik potansiyeli düşük, iyi drenajlı zemin. Sızma hızı 1-4 mm/saattir.

D grubu zemin cinsi; yüksek yüzey akış potansiyeline sahip, yüksek şişme potansiyelli kil, yüksek taban suyu bulunan geçirimsiz material üzerine dağılmış sığ topraktan oluşan zemin cinsidir.Geçirgenlik potansiyeli çok düşük, zemin sızma hızı 0-1 mm/saattir.

Akış eğri numarasını tespitite 20'den fazla arazi kullanım sınıfı belirlenmiştir.Tarım alanları uygulama çeşitliliğinden dolayı sınıflandırmada farklılıklar gösterirler. Bütün sınıflar olmasa da genel olarak arazi kullanım sınıfları zayıf, orta ve iyi koşulları temsilen 3 gruba ayrılırlar. Bu sınıflandırma genel olarak sızdırma kapasitesi ile ilgili alakalıdır. Arazi üzerindeki bitki örtüsü yoğunluğuna göre;

Zayıf; Bitki örtüsü oranı %50 den daha az olan, çorak yangın sonrası arazi için kullanılır.

Orta; %50 ile % 75 arasında değişen bitki örtüsü yoğunluna sahip arazidir.

İyi; %75 den fazlası bitki örtüsüyle kaplı arazi için kullanılır.

U.S. Soil Conservation Service ‘de Amerika’nın zemin cinslerinin sınıflandırılmış haliyle ölçekli bir haritası bulunmaktadır. Bu harita gerek uydu görüntülerine gerekse havadan çekilmiş olan fotoğraflar yardımıyla yapılmıştır.

6.5 Akış Yüksekliğinin Bulunması ve Debi Hesabı

Taşkın hesaplarında yağış-akış modellerinden yararlanılarak yağış yüksekliğine bağlı olarak maksimum debi değerine ulaşmak mümkündür. Bu modellerden biri olan NRCS eğri numarası metodunda toplanma zamanına bağlı olarak havza karakteristiklerini de etken olarak alan amprik bir formülle pik debi değeri bulunur. Maksimum debi değeri hesaplanmadan önce havzanın su tutma miktarına (S) bağlı olarak bir akış yüksekliği hesabı yapılmalıdır.

Daha önce de sözünü ettiğimiz ilksel kayıpların, potansiyel tutmanın 0,2 katı olduğu kabulüne dayanarak akış yüksekliğine; P (mm) ait bağıntının son hali Bağıntı (6.6)’da verilmiştir.

$$Q = \frac{P - 0,2S}{P + 0,8S} \quad (6.6)$$

Eşen Havzası üzerinde meydana gelebilecek taşkınların anlaşılması bakımından maksimum debi değerinin hesaplanması gerekmektedir. Maksimum debi; havza alanı, akış yüksekliği ve toplanma zamanına bağlı olarak Bağıntı (6.7)’de verilen amprik bağıntıyla hesaplanabilir.

$$Q_p = \frac{2QA10^3}{t_c 3600} \quad (6.7)$$

Bu bağıntıda; akış debisi; Q_p ($m^3/saat$), akış yüksekliği; Q (mm), havza alanı; A (m^2), ve havza geçiş süresi; t_c (saat) olarak belirlenmiştir. Eşen Çayı Havzası üzerinde meydana gelebilecek taşkınların anlaşılması bakımından maksimum debi miktarının hesaplanması gerekmektedir. Bu amprik formülden elde edilen maksimum debi

değerleriyle akım gözlem istasyonlarından alınan ölçüm verileriyle karşılaştırıldı. 1967-1986 yılları arası zaman dilimine ait akım ölçümleriyle hesaplanan maksimum debi değerleri genel olarak benzer dağılımlar göstermektedir.

7. TAŞKIN HESAPLAMA UYGULAMALARI

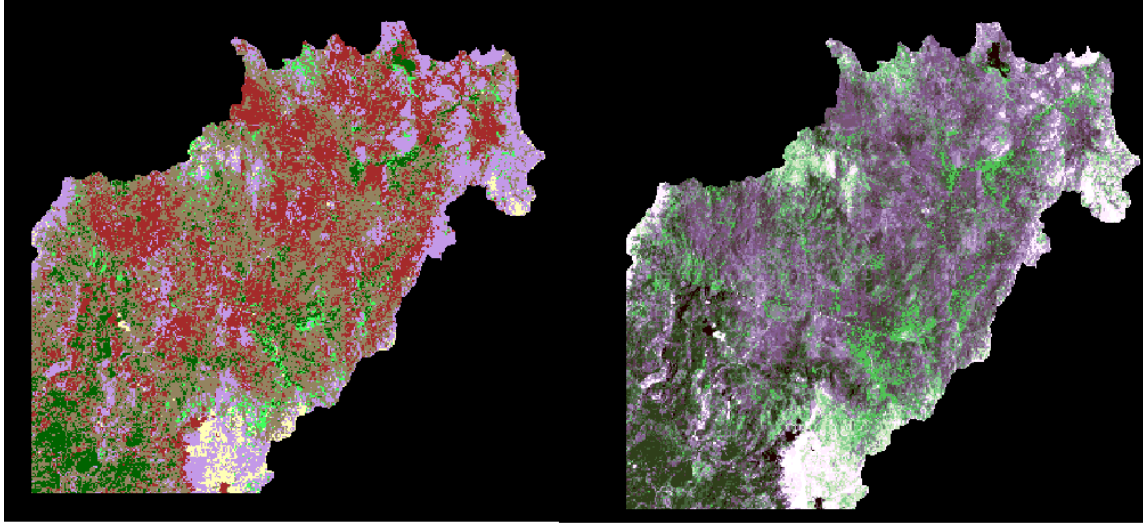
Eşen Çayı Havzası ve bu havzanın bir alt havzası olan Kavaklıdere Havzası'nda çeşitli kaynaklardan elde edilmiş olan; yağış yükseklik verisi, akım ölçüm verisi, zemin cinsi, zemin nemi durumu gibi verilerin yanında CBS ve UA teknolojileri kullanılarak hesaplanan veriler birlikte kullanılarak her iki havza için taşkın hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar yılda günlük maksimum ve yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış yükseklik verileri kullanılarak yıllık ve 100 yıllık taşkın değerleri olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalardan önce belirlenen havzaların fiziksel parametreleri sayesinde taşkın hesaplama modeli olarak seçilen “akış eğri numarası” metodu gereği havzaların akış eğri numaraları (CN) belirlenmiştir. Akış eğri numaraları belirlendikten sonra bazı amprik bağıntılar yardımıyla maksimum taşkın debisi hesaplanmıştır.

Bu bölümde öncelikle bir alt havza olan Kavaklıdere Havzası'nda NRCS-CN metodu kullanılarak çeşitli yıllara ait ve 100 yıllık maksimum taşkın debisinin akış eğri numarası belirlendikten sonraki adımlarıyla hesaplama yöntemi anlatılmıştır. Kavaklıdere Havzası için yapılan işlemler benzer şekilde Eşen Çayı Havzası için tekrarlanmış ve son olarak sonuçlar karşılaştırılarak genel bir değerlendirme yapılması yoluna gidilmiştir.

7.1 Kavaklıdere İstasyonu Havzası için Bir Yıllık Taşkın Hesabı

Kavaklıdere Havzası için yapılan taşkın hesaplamalarında Kavaklıdere yağış ve akım gözlem istasyonuna ait verilerden yararlanılmıştır. Kavaklıdere havzası konum itibarıyla Eşen Çayı Havzasının en kuzeyinde konumlanmıştır ve diğer alt havzalara göre daha yüksek kot değerine sahip bir havzadır. Havza sınırları içerisinde bir tane yağış ölçüm istasyonu bulunduğundan ortalama yağış yüksekliği hesaplama yoluna gidilmemiş, tek istasyona ait verilerle hesaplamalar yapılmıştır. Kavaklıdere Havzası bulunduğu yüksekliğin bir sonucu olarak dağlık, engebeli ve bitki örtüsü bakımından zayıf bir havza alanıdır. Bu alt havza alanı için havza parametreleri belirlendikten

sonra kontrollü sınıflandırma yöntemiyle arazi kullanım sınıflarının alanları belirlenmiş ve havzanın akış eğri numarası belirlenmiştir. Söz konusu sınıflara ait km^2 cinsinden alan değerleri ve uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırmayla elde edilen görüntüsü Şekil 7.1 ve Tablo 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1: Kavaklıdere Havzası’nın kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırılmış görüntüsü.

Çizelge 7.1: Arazi kullanım sınıflarının alansal değerleri.

Arazi Sınıfları	Alan (km^2)
Tarım Alanı	82.02 km^2
Dağlık	30.237 km^2
Orman	54.68 km^2
Yol	30.237 km^2
Toprak Alan	355.42 km^2

Havzanın arazi kullanım sınıflarlarının alan değerleri belirlendikten sonra akış eğri numarasının bağlı olduğu diğer parametreler söz konusu havza için belirlenmiştir. Akış eğri numarasını etkileyen bir diğer parametre zemin cinsidir. Havzanın dahil olduğu zemin grubu, sızma potansiyeli ve zemin cinsine

göre belirlenir. Bu parametreler 21. DSİ Aydın Bölgesi'nden daha önce yapılmış olan çalışmalarından alınmış ve Çizelge 7.2'de belirtilmiş olan parametrelerdir.

Çizelge 7.2: Kavaklıdere Havzasına ait zemin parametreleri.

İstasyon Adı	Zemin Grubu	Sızma Potansiyeli	Zemin Cinsi	Son Sızma Hızı (mm/sa)	Açıklama
Kavaklıdere İstasyonu	C	Düşük	Killi Toprak	0,4-3.8	İstasyon Sekiçayı ile alüvyon sınırında bulunur. İstasyonun yakın çevresi Sekiçayı formasyonundan oluşur. Sekiçayı formasyonu; çakıltası ve kumtaşından oluşmaktadır.

Çizelge 7.2'de verilen zemin grubu gözönüne alınarak her bir arazi kullanım örtüsü sınıfına ait akış eğri numaraları Çizelge 7.3'den belirlenir (Özdemir, 1978). Bu belirlenen akış eğri numaralarına göre daha önce yapılmış olan sınıflandırma çalışmasından elde edilen sınıflara ait alan değerleri ile birlikte ağırlıklı bir ortalama hesabı yapılarak havzanın akış eğri (CN) numarası hesaplanır.

Çizelge 7.3: Hidrolojik zemin grubu ve bitki örtüsüne göre akış eğri numaraları.

(ŞART: II-Ia =0.25) A. Çok kumlu zeminler B. Kumu çok, kili az zemin, derince bitkisel toprak C. Kumu az,kili çok zemin,sığ bitkisel toprak D. Çok ağır killi veya kayalık zemin,bitkisel toprak çok ince veya hiç yok						
Arazi Kullanım örtüsü	Muamele ve tatbikat	Sızma için hidrolojik şart	Hidrolojik Toprak Grubu			
			A	B	C	D
NADAS	SR	-	77	86	91	94
DİZİ NEBATI Pancar gibi	SR	Zayıf	72	81	88	91
	SR	İyi	67	78	85	89
	C	Zayıf	70	79	84	88
	C	Zayıf	65	75	82	86
	CT	Zayıf	66	74	80	82
	CT	İyi	62	71	78	81
UFAK DANELİ Buğday gibi	SR	Zayıf	65	76	84	88
	SR	İyi	63	75	83	87
	C	Zayıf	63	74	82	85
	C	İyi	61	73	81	84
	CT	Zayıf	61	72	79	82
	CT	İyi	59	70	78	81
SIK EKİLMİŞ BAKLİYAT VEYA OT ROTASYONU	SR	Zayıf	66	77	85	89
	SR	İyi	58	72	81	85
	C	Zayıf	64	75	83	85
	C	İyi	55	69	78	83
	CT	Zayıf	63	73	80	83
	CT	İyi	51	67	76	80
ÇAYIRLIK VEYA MEYDAN	-	Zayıf	68	79	86	89
	-	Müsait	49	69	79	84
	-	İyi	39	61	74	80
	C	Zayıf	74	67	81	88
	C	Müsait	25	59	75	83
	C	İyi	6	35	70	79
DEVAMLİ ÇAYIR	-	-	30	58	71	78
ORMAN Çiftlik ağaçları	-	Zayıf	45	66	77	83
	-	Müsait	36	60	73	79
	-	İyi	25	55	70	77
ÇİFTLİK BİNALARI	-	-	59	74	82	86
YOLLAR (Tozlu)	-	-	72	82	87	89
YOLLAR (Sert zeminde)	-	-	74	84	90	92

Çizelge 7.3’de yeralan kısaltmalar alan örtülerinin arazi boyunca dağılımlarına ilişkin olup açılımları kısaca; SR; muntazam sıralı, C; tesviyeye (eş yükselti eğrisine) paralel, T; teraslanmış, CT; tesviyeye paralel ve teraslanmış olarak tanımlanır. Çizelge 7.3’e göre arazi sınıflarına göre belirlenen akış eğri numaraları Çizelge 7.4’de verilmiştir.

Çizelge 7.4: Arazi kullanım sınıflarına ait akış eğri numaraları (CN).

Arazi Sınıfları	CN
Sera	85
Tarım Alanı	79
Toprak Alan	91
Mera	75
Dağlık	71
Yol	90
Orman	77

Çizelge 7.4’de belirtilen arazi kullanım sınıflarına ait eğri numaraları, sınıfların alan değerleriyle ağırlıklı ortalama hesabı yapılarak orta doyumluktaki zemin için havzaya ait ortak bir akış eğri sayısı;

$$CNII = \frac{355.42 \times 91 + 30.237 \times 90 + 30.237 \times 71 + 82.02 \times 79 + 54.68 \times 77}{546.8} = 88$$

hesaplanır.

Bağıntı (7.1) ile bulunan bu akış eğri sayısı değeri henüz zemin nemi durumu belirlenmeden hesaplanmış olup bu değer orta doyumluktaki zemin durumu için geçerlidir. Zemin nemi durumunu belirlemek için kullanılan söz konusu yıllara ait maksimum yağışların ölçüldüğü tarihten 5 gün öncesine ait ölçümü yapılmış günlük yağış verileri toplamına göre hareket edilir. Bu verilere göre zemin; “kuru”, “orta doyum” ve “doyum” olarak sınıflandırılır. Kavaklıdere alt havzasına ait 1966-1972 yıllarını içeren yılda günlük maksimum yağış ve 5 günlük yağış verileri Çizelge 7.5 ile verilmiştir.

Çizelge 7.5: Yıllık maksimum ve tarihlerine göre 5 günlük yağış verileri.

GÜNLER			1.GÜN		2.GÜN		3.GÜN		4.GÜN		5.GÜN	
YIL	Y.eb	GÜN/AY	GÜN/AY	P (mm)	GÜN/AY	P (mm)	GÜN/AY	P (mm)	GÜN/AY	P (mm)	GÜN/AY	P (mm)
1972	39,00	11/04	06/04	-	07/04	-	08/04	-	09/04	0,70	10/04	8,00
1971	53,90	17/03	12/03	1,10	13/03	5,00	14/03	-	15/03	-	16/03	-
1970	46,00	17/12	12/12	-	13/12	-	14/12	-	15/12	-	16/12	-
1969	68,60	19/04	14/04	-	15/04	2,30	16/04	16,70	17/04	4,20	18/04	-
1968	69,70	12/03	07/03	1,10	08/03	-	09/03	14,80	10/03	0,60	11/03	-
1967	52,40	23/02	18/02	-	19/02	-	20/02	1,50	21/02	-	22/02	-
1966	59,80	24/01	19/01	17,8	20/01	4,30	21/01	40,00	22/01	19,1	23/01	5,80

5 günlük yağış verilerine göre belirlenen yağış öncesi zemin durumu limitleri ise Çizelge 7.6 ile verilmiştir.

Çizelge 7.6: Yağış öncesi nem durumu tahmin için yağış limitleri
(Özdemir,1978)

Yağış öncesi nem durumu sınıfı	5 Günlük toplam yağış (mm)	
	Kasım-Mart Ayları	Nisan-Ekim Ayları
I	12.0 dan az	36.0 dan az
II	12.0-28.0	36.0-53.0
III	28.0 dan fazla	53.0 dan fazla

Çizelge 7.5 ve 7.6’da verilmiş olan verilere göre o yıllardaki Kavaklıdere Havzasının yağış öncesi nem durumu mevcut 3 sınıftan birine dahil edilmiştir. Yağış öncesi zemin durumlarına göre farklı nem durumundaki zeminler arası akış eğri numaralarının dönüşüm tablosu Çizelge 7.7’de verilmiştir.

Çizelge 7.7: Akış eğri numarası dönüşüm tablosu (Özdemir, 1978).

Orta derecede Doygun zemin	KURU ZEMİN	DOYGUN ZEMİN
	DSİ Sent. Metoda göre	DSİ Sent. Metoda göre
Şart-II	Şart-I	Şart-III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26

Zemin nemi durumu sınıflarına göre yeniden hesaplamaları yapılan 1966-1972 yılları arası havza akış eğri numarası değerleri Çizelge 7.8’de verildiği gibidir.

Çizelge 7.8: Kavaklıdere Havzası yıllara bağlı CN değerleri.

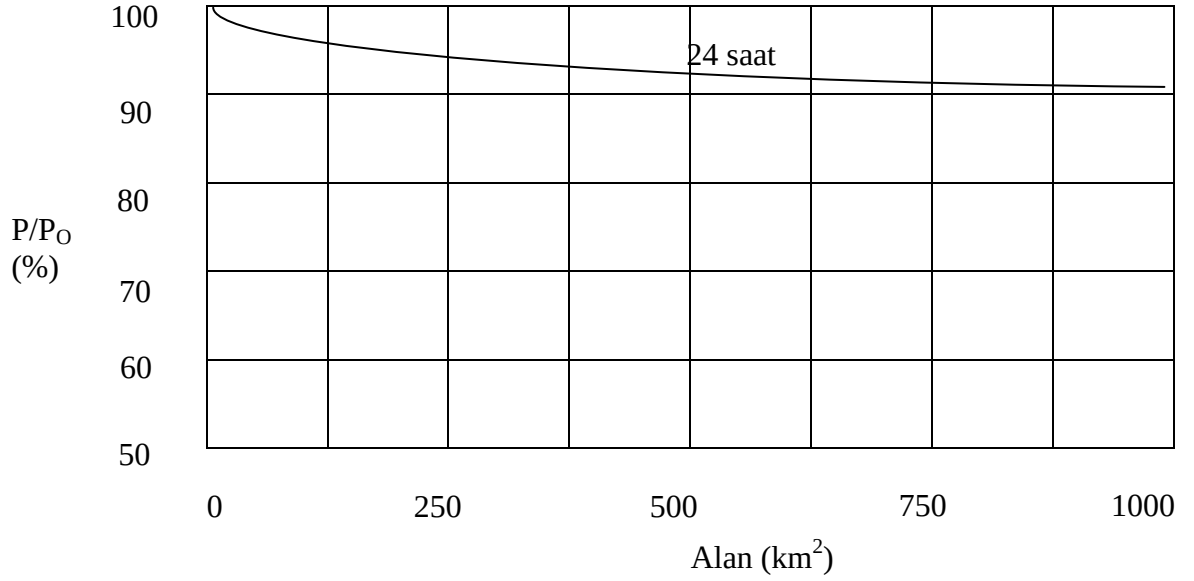
Yıl	Ptoplam (mm)	Zemin Durumu	CN
1972	8,70	KURU	75
1971	6,10	KURU	75
1970	0,00	KURU	75
1969	22,20	KURU	75
1968	16,50	KURU	75
1967	1,50	KURU	75
1966	87,00	DOYGUN	98

Kavaklıdere Havzası için belirlenen 1966 yılına ait akış eğri numarası ve yine bu yıl için ölçümü yapılmış yılda günlük maksimum yağış verisinden akış eğri numarası yöntemi kullanılarak maksimum taşkın debisi değeri hesaplanmıştır.

Kavaklıdere Havzası bir alt havza olduğundan ve bir adet yağış ölçüm istasyonu içerdiğinden dolayı yağış yükseklik değerinin havza geneline yayılmış değerini hesaplamak için yerel bir yağış yükseklik değeri (P_{yerel}) hesaplanmıştır. Yerel yağış değeri hesaplamadaki amaç, bu taşkın debisi hesaplamaları yapılırken noktasal bir yağış değerinden havzanın yağış değerine geçerken yağış yüksekliği değerinin alana bağlı olarak değişimini dikkate almamız gerektiği içindir (Bayazit, 2003). Noktasal yağışın alana bağlı değişimi Şekil 7.2'deki grafikte görüldüğü gibidir. Bu grafik 24 saatlik yağışlar düşünülerek hazırlanmıştır. Benzer havzalarda yerel yağış değeri bulmak için 24 saatten az veya çok süreli yağışlar için söz konusu grafiğin farklı yorumları bulunmaktadır. 1966 yılına ait yılda günlük maksimum yağış yüksekliği değeri 59.80 mm olarak ölçülmüştür. Yağış yerel dağılım grafiğinden yararlanılarak havzanın ortalama yağış değeri;

$$P_{yerel} = 59,8 \times \frac{91}{100} = 54,42 \text{ mm}$$

bulunur.



Şekil 7.2: 1 günlük yağış süreleri için yağışın yerel dağılımı.

Havzanın su tutma değeri CN değerine bağlı olarak hesaplanır. Bu bağıntıda CN değeri daha önce hesaplandığı gibi CN=98 olarak alınır.

Havzanın su tutma değeri;

$$S = \left[\frac{2540}{98} - 25,4 \right] = 0,52 \text{ cm}$$

olarak hesaplanır. Buna göre akış yüksekliği değeri;

$$Q = \frac{(54,42 - 0,2 \times 5,2)^2}{(54,42 + 0,8 \times 5,2)} = 48,64 \text{ mm}$$

bulunur. Havzanın toplanma süresi “Kirpich Denklemi” ile hesaplanmıştır. Bu hespalama 3 basamaktan oluşur. Sırasıyla öncelikle geçiş süresi, pik süre ve en son taban akış süresi hesaplanır. Kirpich Denklemiyle geçiş süresi;

$$t_c = \frac{0,0195 \times L^{0,7}}{S^{0,385}} = \frac{0,0195 \times 39610^{0,77}}{0,009164^{0,385}} = 412,04 \text{ dk} = 6,867 \text{ saat}$$

olarak hesaplanır. Pik süre;

$$t_p = \frac{24}{2} + 0,6 \times 6,87 = 16,122 \text{ saat}$$

ve taban süresi;

$$t_b = 2,67 \times 16,122 = 43,05 \text{ saat}$$

bulunur. Taşkın debisini hesaplamak için öncelikle havzanın eğimi hesaplanmalıdır.

Buna göre havza eğimi;

$$Eğim = \frac{1478 - 1115}{39610} = 0,009164 \text{ m/m}$$

olarak hesaplanır. Eğim ve diğer hesaplanan parametrelere bağlı olarak taşkın debisi değeri;

$$Q_P = \frac{\frac{48.64}{1000} \times 546800 \times 10^3 \times 2}{43,05 \times 3600} = 343,223 > 74,50 \text{ m}^3/\text{saat}$$

bulunur.

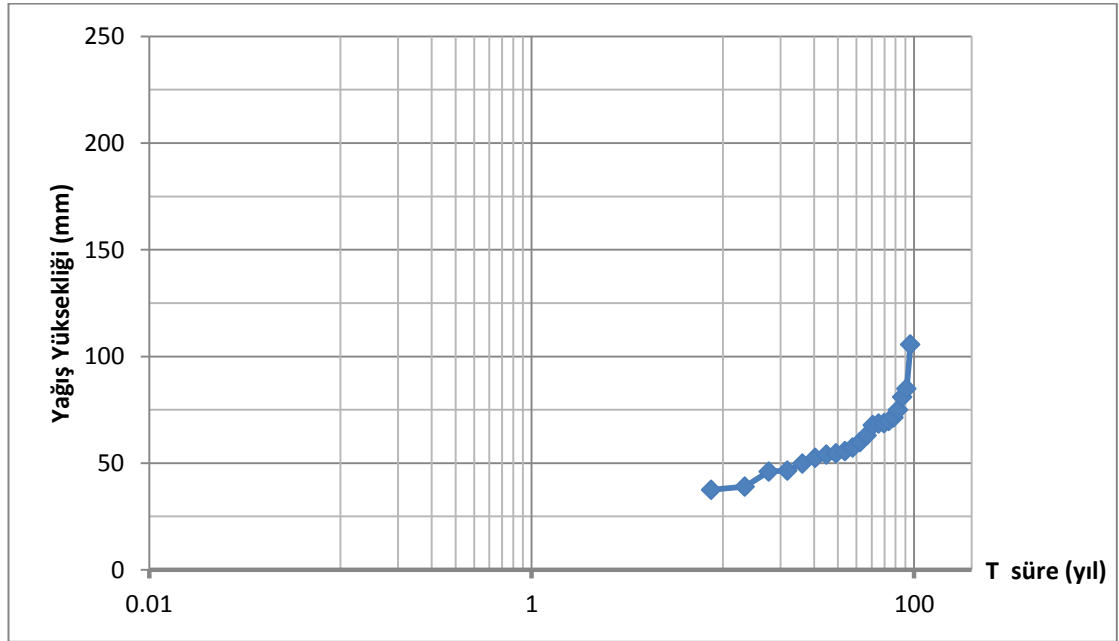
Aynı yöntem ve hesaplamalarla 1966-1972 yılları arası taşkın debisi değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Çizelge 7.9 ile verilmiştir.

Çizelge 7.9: 1966-1972 yılları hesaplanan (Q_P) ve ölçülmüş ($Q_ö$) taşkın debi değerleri.

YIL	Yılda Günlük Mak.(mm)	Pyerel (mm)	S (cm)	Q (mm)	Q_P (m ³ /s)	$Q_ö$ (m ³ /s)	Fark (m ³ /s)	Fark (%Fark/ $Q_ö$)	Fark (%Fark/ Q_P)
1972	39,00	35,49	8,47	3.33	23.52	8.75	-14.77	168.76	62.79
1971	53,90	49,05	8,47	8,83	62.28	48.00	-14.28	29.76	22.93
1970	46,00	41,86	8,47	5,67	39.98	67.70	27.72	40.95	69.36
1969	68,60	62,43	8,47	15.9	112.16	50.60	-61.56	121.66	54.89
1968	69,70	63,43	8,47	16.48	116.25	128.00	11.75	9.18	10.11
1967	52,40	47,68	8,47	8,19	57.76	36.20	-21.56	59.56	37.33
1966	59,80	54,42	0,52	48,64	343.23	74.50	-268.7	360.72	78.29

7.2 Kavaklıdere Havzası 100 Yıllık Taşkın Debisi Hesabı

Kavaklıdere Havzasında çeşitli yıllara ait taşkın debileri hesaplandıktan sonra havzada bulunan Kavaklıdere yağış istasyonuna ait yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış yükseklik verisinden 100 yıllık taşkın debi değeri hesaplanmıştır. Yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış yüksekliği değeri hem DSİ ve DMİ'ye ait tablolardan alınmış hem de Gumble Yöntemi ile logaritmik olarak hesaplanmıştır (Özdemir,1978). Gumble Yöntemine göre ölçümü yapılmış en eski tarihten günümüze kadar olan yıllara ait yılda günlük maksimum yağış yükseklik verilerinden yararlanarak logaritmik Şekil 7.3 ile verilen bir grafik elde edilir ve bu grafik yardımıyla 100 yıllık yağış yükseklik verisi hesaplanabilir.



Şekil 7.3: Kavaklıdere Havzası için hazırlanan yağış tekerrürleri Gumble olasılık grafiği (T=100)

Kavaklıdere yağış ölçüm istasyonu için DSİ'ye ait tablodan yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış yükseklik değeri 107.04 mm olarak okunmuştur, Gumble Yöntemi ile hesaplanan 100 yıllık yağış yükseklik değeri ise 107.50 mm olarak bulunmuştur.

Bir yıllık taşkın debisi değeri hesaplanırken kullanılan formül ve yöntemler, 100 yıllık taşkın debisi hesaplanırken de aynı şekilde geçerliliğini korumaktadır. Yapılan işlemler sonucu elde edilen değerler ve 100 yıllık taşkın debi değeri Çizelge 7.10'da

verilmiştir. 100 yıllık taşkın değeri hesaplanırken zemin nemi durumu “kuru” olarak kabul edilmiş ve bu duruma bağlı olarak $CN_{III} = 75$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7.10: Kavaklıdere Havzası için yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış verisi ile hesaplanan değerler.

P_{100} (mm)	P_{yerel} (mm)	S (cm)	Q (mm)	t_b (saat)	Q_p ($m^3/saat$)	$Q_ö$ ($m^3/saat$)
107.04	97.40	8.47	39,2	43.05	276,61	192.89

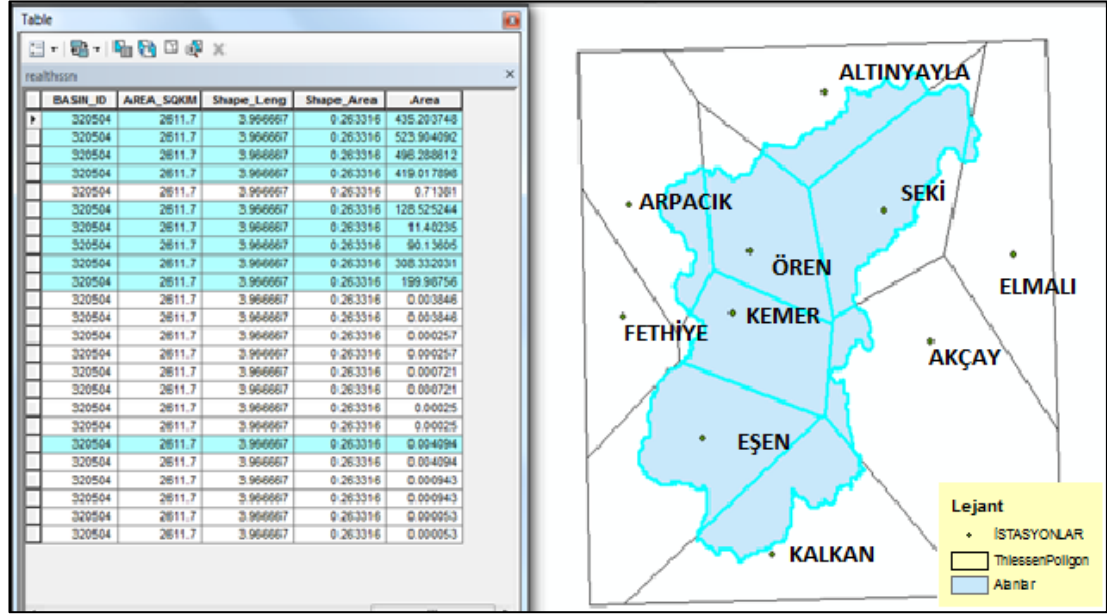
Çizelgede görüldüğü gibi hesaplanan 100 yıllık taşkın değeri $276.61 m^3/saat$ olarak hesaplanmış ve Kavaklıdere akım gözlem istasyonunu verilerine göre 100 yıllık taşkın debi değeri ise bulunan değerden daha küçük bir değer olan $192,89 mm$ olarak verilmiştir.

7.3 Eşen Havzası’nın Bir Yıllık Taşkın Debisi Hesabı

Eşen Havzası toplamda $2613,5 km^2$ ’lik yüzölçümüyle geniş bir alanı kapsamaktadır. Eşen Havzası içinde 4 adet yağış ölçüm istasyonuna ait verilerle “U.S. NRCS-CN Yağış-Akış Metodu” kullanılarak çeşitli yılları kapsayan ve 100 yıllık taşkın debisi hesaplanmıştır. Söz konusu yıla ait taşkın debi değeri hesaplanırken ortalama yağış yükseklik değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ortalama yağış yükseklik değerini hesaplamak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Thiessen Poligonu yöntemi de bu yöntemlerden biridir ve daha basit bir yöntem olma özelliği gösteren Aritmetik Ortalama yöntemine kıyasla daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Thiessen Poligonu yönteminde havza içinde yer alan yağış ölçüm istasyonlarını içine alacak şekilde poligon alanları oluşturulur ve bu poligonlara ait alan değerleriyle birlikte istasyon verileri bir çeşit ağırlı ortalama hesabı yöntemiyle havzanın geneli için tek bir ortalama yağış yükseklik değeri elde edilir.

Eşen Havzası’nda ortalama yağış yüksekliği değerini hesaplamak için havza içinde ve dışında konumlanmış çeşitli yağış istasyonlarına ait verilerden yararlanıldı. Eşen Havzası etrafında konumlanan istasyonlardan Altınyayla yağış ölçüm istasyonu havzanın kuzeyinde, Üzümlü, Akçay, Elmalı, Fethiye istasyonları havzanın doğusunda ve batısında, Kalkan istasyonu ise güneyinde konumlanmışlardır. Havzayı Thiessen Poligonları ile parçalamak için bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı olan ArcGIS programından yararlanıldı. Programda hesaplamalar için kullanılmak

üzere, istasyonlara ait koordinat bilgileri ve yağış ölçüm değerleri DSİ ve DMİ'ye ait verilerden alınmıştır. Şekil 7.4'de görüldüğü gibi dikmeler yardımıyla oluşturulan poligonlara ait alan değerleri program tarafından hesaplanabilmektedir. Ortalama yağış yükseklik değeri hesaplandıktan sonra yine çeşitli yıllara ait verilere ve havza genelinin arazi kullanım örtüsü sınıflarına göre akış eğri numaraları hesaplanmış ve bu değerden yola çıkılarak taşkın debisi değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 7.4: ArcGIS yazılımı ile Eşen Çayı Havzası'nın Thiessen Poligonlarına ayrılması.

ArcGIS yazılımı yardımıyla oluşturulan poligonlara ait yüzey alanı verileri ve örnek bir hesaplama yapmak amacıyla 1971 yılına ait yılda günlük maksimum yağış yükseklik verileri ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ortalama yağış yüksekliği değerleri Çizelge 7.11'de verilmiştir.

Çizelge 7.11: 1971 Yılı istasyonlara ait yılda günlük maksimum yağış değerinin ortalamasının bulunması.

Yağış İstasyonları	Boylam	Enlem	Poligon Alanları (km ²)	Yağış Yükseklik Değerleri (mm)	Ai/At	Pi*(Ai/At)
ÖREN	29.385191	36.749391	477.28	87.20	0.18	15.92
SEKİ	29.658548	36.808733	523.90	48.00	0.20	9.62
EŞEN	29.281572	36.454417	496.29	103.10	0.19	19.58
KEMER	29.347082	36.652232	451.07	140.00	0.17	24.16
FETHİYE	29.124864	36.650576	1.66	65.00	0.00	0.04
ARPACIK	29.144121	36.827839	53.46	102.40	0.02	2.10
ELMALI	29.919032	36.732292	11.40	64.00	0.00	0.28
AKÇAY	29.746849	36.598852	90.14	90.30	0.03	3.12
KALKAN	29.414935	36.267452	308.33	65.30	0.12	7.71
ALTINYAYLA	29.546114	36.998618	199.98	25.00	0.08	1.91
Toplam Alan =2613.51 km ²				Σ=1.00	Σ= 84.45 mm	

Thiessen Poligonu yönteminden elde edilen Eşen Havzası'nın 1971 yılına ait yılda günlük maksimum yağışlardan hesaplanan yağış yükseklik değeri ortalaması 84.45 mm olarak hesaplanmıştır.

Thiessen Poligonu yöntemiyle Eşen Havzası'nın 1970-1966 yıllarına ait yılda günlük maksimum yağış yükseklik değerlerinin ortalaması aynı şekilde hesaplanarak Çizelge 7.12'de ilgili değerler verilmiştir.

Çizelge 7.12: Eşen Çayı Havzası 1971-1966 yılları arası yılda günlük en büyük yağış yükseklik değerleri (mm).

İSTASYON	Ai/At	P 1971 (mm)	Pi*(Ai/ At) (mm)	P 1970 (mm)	Pi*(Ai /At) (mm)	P 1969 (mm)	Pi*(Ai /At) (mm)	P 1968 (mm)	Pi*(Ai /At) (mm)	P 1967 (mm)	Pi*(Ai/A t) (mm)
ÖREN	0.18	87.20	15.9 2	42.80	7.82	67.50	12.33	52.40	9.57	36.70	6.70
SEKİ	0.2005	48.00	9.62	28.70	5.75	58.10	11.65	49.00	9.82	58.7	11.7 7
EŞEN	0.1899	103.1 0	19.5 8	81.30	15.44	82.50	15.67	103.4	19.64	111.4	21.1 5
KEMER	0.1726	140.0 0	24.1 6	68.5	11.82	76.00	13.12	133.30	23.01	43.4	7.49
FETHİYE	0.00064	65.00	0.04 2	65.00	0.04	71.60	0.05	81.70	0.05	107.0 0	0.07
ARPACIK	0.0205	102.4 0	0.95 9	123.5	2.53	116.5	2.39	118.2	2.42	76.4	1.57
ELMALI	0.0044	64.00	0.28 2	53.00	0.23	60.70	0.27	44.00	0.19	58.20	0.26
AKÇAY	0.0345	90.30	3.12	42.70	1.47	60.40	2.08	64.40	2.22	58.70	2.03
KALKAN	0.1180	65.30	7.71	78.90	9.31	116.2	13.71	64.00	7.55	64.70	7.63
ALTINYAYLA	0.0765	25.00	1.91	25.20	1.93	26.70	2.04	32.40	2.48	18.50	1.42
Ptoplam (mm)	1.00	84.45 mm		56.35 mm		73.30 mm		76.96 mm		60.09 mm	

Eşen Çayı havzasının alt havzaları, havza alanının büyüklüğü itibariyle birbirinden farklı karakteristik özellikler sergilemektedir.

Yerleşim birimlerinin bu bölgedeki yoğunluğu ve beraberinde burada yaşayan halkın geçim kaynağının önemli bir kısmını oluşturan tarımcılığın gereği olarak bu alt havzalarda sera ve tarım alanları geniş yer kaplamaktadır. Daha yüksek rakımlara doğru fiziksel şartlar zorlaşmakta ülkemizin genel fiziksel özelliğine paralel olarak iç kesimlerde nüfus yoğunluğu azalmaktadır. Buna bağlı olarak tarım ve sera alanlarında önemli bir azalma gözlemlenmektedir. Bu yüksek rakımlardaki alt havzalarda Akdeniz Bölgesi'ne özgü bitki örtüsü diye tanımlayabileceğimiz maki bitki örtüsüne rastlanmaktadır. Tüm bu sebeplerden; genel olarak havzanın yağış öncesi toprak nem durumu, arazi kullanım alanları, eğim gibi karakteristiklerini belirlenirken havzanın olabildikçe çok fazla noktasından alınan verileri göz önünde bulundurmak ve birden çok alt havzada bu karakteristikleri incelemek ihtiyacı duyulmuştur. Havzanın arazi sınıflandırılması bir Uzaktan Algılama yazılımı olan Erdas Imagine programıyla havzaya ait uydu görüntüsü üzerinden yapılmıştır. Bu söz konusu sınıflar ve saip oldukları alan değerleri Çizelge 7.13 ile verilmiştir.

Çizelge 7.13: Eşen Çayı Havzası'nın arazi kullanım sınıfları alan değerleri.

Arazi SINIFLARI	ALAN (km²)
Sera	28.56
Tarım Alanı	89.61
Dağlık	136.70
Mera	700.14
Toprak Alan	499.43
Yol	635.816
Orman	453.469
Nehir	6.73
Göl	4.20
Bataklık	45.90
Diğer	13.31
TOPLAM	2613.51 km²

Havzanın arazi kullanım sınıfları belirlendikten sonra Çizelge 7.3 ile verilen akış eğri numarası tablosundan sınıfların eğri belirlenmiştir. Belirlenen eğri numaraları Çizelge 7.12’de verilmiştir.

Çizelge 7.14: Eşen Çayı Havzası’nın arazi kullanım sınıflarına göre eğri numaraları.

Arazi Sınıfları	CN
Sera	85
Tarım Alanı	79
Toprak Alan	91
Mera	75
Dağlık	71
Yol	90
Orman	77

Kavaklıdere Havzası’nda hesaplandığı gibi eğri numarası arazi kullanım sınıflarının alan değerleri ile birlikte ğırlı ortalaması hesaplanark bulunmuştur. Bu hesaplama sonucunda eğri numarası;

$$\begin{aligned}
 CN_{II} &= \\
 &= \frac{85 \times 28.56 + 79 \times 89.61 + 91 \times 499.43 + 75 \times 700.14 + 71 \times 136.70 + 90 \times 635.816 + 77 \times 453.469}{2543.325} \\
 &= 82
 \end{aligned}$$

olarak bulunur.

Eşen Havzası’na ait eğri numarası orta doygunluktaki Zemin için $CN_{II}=82$ olarak hesaplanmıştır. Fakat yağış öncesi zemin durumu yıllara ve havzanın bölgesel özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiğinden havzaya ait eğri numarası “kuru”, “orta doygun”, “doygun” zemin nem durumlarına eğri numarası dönüşüm tablosu Çizelge 7.7 ‘ye göre yıllara ait yılda günlük maksimum yağış verileri göz önüne alınarak hesaplanacaktır.

Havzanın zemin nemi durumu hakkında fikir sahibi olabilmek için seçilen iki yağış ölçüm istasyonuna ait verilere göre havzanın zemin nemi durumu kabulleri yapılmıştır. Bu istasyonlardan ilki olan Kemer yağış ölçüm istasyonunun günlük

yağış yükseklik verilerinden yararlanıldı. Kemer istasyonu konum olarak Fethiye ilçesine bağlı Kemer bucağı sınırlarında 125 m kotunda 29°21' 42'' doğu, 36°98'50'' kuzey enlem ve boylamlarında yer almaktadır ve 1194.4 km² lik bir yağış alanına sahiptir. Kemer istasyonuna ait 1966-1971 yılları arası günlük yağış verileri DMI ölçümlerinden alınmıştır. 5 günlük toplam yağış verilerine belirlenen zemin nemi durumundan akış eğri numaraları belirlenmiştir Kemer istasyonuna ait 5 günlük yağış verileri Çizelge 7.14 ile verilmiştir. Bu 5 günlük toplam yağışa göre belirlenen eğri numaraları Çizelge 7.15'de yer almaktadır.

Çizelge 7.15: Kemer istasyonu 1966-1971 yılları 5 günlük yağış verileri.

GÜNLER				1.GÜN		2.GÜN		3.GÜN		4.GÜN		5.GÜN	
YIL	Y.eb	GÜN/AY	P (mm)	GÜN/A Y	P (mm)	GÜN/A Y	P (mm)	GÜN/A Y	P (mm)	GÜN/AY	P (mm)	GÜN/AY	P (mm)
1971	109.00	17/03	37.3	12/03	1.1	13/03	-	14/03	-	15/03	-	16/03	-
1970	298.00	17/12	10.8	12/12	-	13/12	-	14/12	-	15/12	-	16/12	-
1969	193.00	12/01	55.3	07/01	-	08/01	-	09/01	-	10/01	-	11/01	3.0
1968	364.00	12/03	22.7	07/03	2.3	08/03	-	09/03	47	10/03	-	11/03	-
1967	142.00	23/12	-	18/02	3.4	19/02	-	20/02	32.7	21/02	1.7	22/02	24.0
1966	426.00	26/12	0	21/12	1.7	22/12	-	23/12	0.8	24/12	74.6	25/12	12.8

Çizelge 7.16: Yağış öncesi toprak nem durumuna göre akış eğri numaraları.

Yıl	Ptoplam (mm)	Zemin Durumu	CN
1971	38.4	DOYGUN	92
1970	10.8	KURU	92
1969	58.3	DOYGUN	92
1968	72	DOYGUN	92
1967	61.8	DOYGUN	92
1966	89.9	DOYGUN	92

Günlük yağış verilerine göre zemin nemi durumu hesaplanan bir diğer istasyon Seki yağış ölçüm istasyonudur. Seki istasyonu istasyonu 205 m kotunda 27°57' boylam ve 37°03'enlemleri arasında konumlanmıştır, 26.6 km² lik bir yağış alanına sahiptir.

Seki istasyonu yağış alanı için 5 günlük yağış yüksekliği verileri ve yağış öncesi toprak nemi durumuna bağlı olarak belirlenen CN değerleri Çizelge 7.17 ve 7.18'de verilmiştir.

Çizelge 7.17: Seki istasyonu 1966-1969 yılları 5 günlük yağış verileri.

GÜNLER				1.GÜN		2.GÜN		3.GÜN		4.GÜN		5.GÜN	
YIL	Y.eb	GÜN/ AY	P (mm)	GÜN/ AY	P (mm)	GÜN/ AY	P (mm)	GÜN/ AY	P (mm)	GÜN/ AY	P (mm)	GÜN/ AY	P (mm)
1969	14.00	09/01	-	04/01	29.6	05/01	7.1	06/01	-	07/01	-	08/01	-
1968	24.00	09/12	-	04/03	39.3	05/03	-	06/03	-	07/03	-	08/03	-
1967	24.00	14/01	0.5	09/01	-	10/01	8.3	11/01	2.1	12/01	-	13/01	-
1966	21.90	03/02	0	30/01	-	31/01	-	01/02	-	02/02	-	03/02	-

Çizelge 7.18: Yağış öncesi toprak nem durumuna göre eğri numaraları (CN).

Yıl	Ptoplam (mm)	Zemin Durumu	CN
1969	36.7	DOYGUN	92
1968	39.3	DOYGUN	92
1967	10.9	KURU	66
1966	0	KURU	66

Eşen Çayı Havzası'nın akış eğri numarası belirlendikten sonra 1971 yılına ait yağış yükseklik verileriyle bir taşkın debisi hesabı yapılmıştır.

Havzanın ortalama yağış değerleri hesaplandıktan sonra belirlenen eğri numaralarıyla (CN) taşkın debisi hesaplamaları yapılır. Bu hesaplamalar havza genelini kapsayacağından havzanın; yağış alanı, eğimi, toplanma süresi parametreleri

alt havza parametrelerine göre değişiklik gösterecektir. Değişen parametrelere ait hesaplama sonuçları Çizelge 7.19’de verilmiştir.

Çizelge 7.19: Eşen Çayı Havzasına ait havza parametre değerleri.

Eğim	Toplanma Süresi (saat)			Pik Debi m ³ /saat
S (m/m)	$t_c = \frac{0,0195 \times L^{0,77}}{S^{0,385}}$	$t_p = (24/2) + 0.6t_c$	$t_b = 2.67 \times t_p$	$Q_P = \frac{42,725}{1000} \times 2613510 \times 10^3 \times 2$ 54.87x3600
0.0123 m/m	14.25 saat	20.55 saat	54.87saat	1130.57 m ³ /saat

Akış eğri numarası yöntemi (U.S. NRCS-CN) kullanılarak 1967 ve 1986 yılları arası yılda günlük maksimum yağış verileri ve havzaya ait parametrelerle hesaplanan doymun zemin cinsine göre taşkın debisi değerleri ve sonuçlarla karşılaştırılmak üzere DSI ve DMI ölçümlerinden alınan yıllık maksimum akım verileri Çizelge 7.20’de verildiği şekildedir.

Çizelge 7.20: Eşen Çayı Havzası 1967-1986 yılları “doymun” zemin cinsine göre taşkın debi değerleri.

YIL	Port (mm)	S (cm)	Q (mm)	Q _P (m ³ /s)	Q _ö (m ³ /s)	Fark	% Fark/Qö	% Fark/Qp
1967	84.45	2.21	62.72	1659.67	370.00	1289.67	348.56	77.71
1968	56.35	2.21	36.44	964.26	580.00	384.26	66.25	39.85
1969	73.30	2.21	52.16	1380.24	500.00	880.24	176.05	63.77
1970	76.96	2.21	55.61	1471.53	750.00	721.53	96.20	49.03
1971	60.08	2.21	39.85	1054.50	210.00	844.50	402.14	80.09
1972	42.61	2.21	24.20	640.37	110.00	530.37	482.16	82.82

1973	51.85	2.21	32.37	856.56	280.00	576.56	205.92	67.31
1974	58.08	2.21	38.01	1005.81	82.00	923.81	1126.59	91.85
1975	56.72	2.21	36.78	973.26	360.00	613.26	170.35	63.01
1976	52.98	2.21	33.38	883.29	140.00	743.29	530.92	84.15
1977	55.01	2.21	35.22	931.98	440.00	491.98	111.81	52.79
1978	65.32	2.21	44.69	1182.57	200.00	982.57	491.29	83.09
1979	91.70	2.21	69.65	1843.05	250.00	1593.05	637.22	86.44
1980	51.50	2.21	32.05	848.10	370.00	478.10	129.21	56.37
1981	68.79	2.21	47.93	1268.31	320.00	948.31	296.35	74.77
1982	41.79	2.21	23.49	621.58	700.00	-78.42	11.20	12.62
1983	55.20	2.21	35.39	936.48	200.00	736.48	368.24	78.64
1984	51.94	2.21	32.45	858.68	360.00	498.68	138.52	58.08
1985	60.40	2.21	40.14	1062.17	220.00	842.17	382.80	79.29
1986	44.62	2.21	25.95	686.68	420.00	266.68	63.50	38.84

Yağış öncesi zemin durumu “orta doygun” kabul edilerek hesaplanan eğri numarasına göre elde edilen 1967-1986 yıllarına ait taşkın debisi ve ölçülmüş maksimum akış debi değerleri Çizelge 7.21 ile verilmiştir.

Çizelge 7.21: Eşen Çayı Havzası 1967-1986 yılları orta doygun zemin durumuna göre taşkın debi değerleri.

YIL	Port (mm)	S (cm)	Q (mm)	Q _p (m ³ /s)	Q _ö (m ³ /s)	Fark	% Fark/Q _ö	% Fark/Q _p
1967	84.45	5.58	41.63	1101.60	370.00	731.60	197.73	66.41
1968	56.35	5.58	20.24	535.58	580.00	-44.42	7.66	8.29
1969	73.30	5.58	32.76	866.88	500.00	366.88	73.38	42.32

1970	76.96	5.58	35.62	942.56	750.00	192.56	25.68	20.43
1971	60.08	5.58	22.87	605.18	210.00	395.18	188.18	65.30
1972	42.61	5.58	11.35	300.34	110.00	190.34	173.04	63.37
1973	51.85	5.58	17.18	454.61	280.00	174.61	62.36	38.41
1974	58.08	5.58	21.44	567.34	82.00	485.34	591.87	85.55
1975	56.72	5.58	20.50	542.46	360.00	182.46	50.68	33.64
1976	52.98	5.58	17.93	474.46	140.00	334.46	238.90	70.49
1977	55.01	5.58	19.31	510.97	440.00	70.97	16.13	13.89
1978	65.32	5.58	26.69	706.26	200.00	506.26	253.13	71.68
1979	91.70	5.58	47.60	1259.57	250.00	1009.57	403.83	80.15
1980	51.50	5.58	16.94	448.26	370.00	78.26	21.15	17.46
1981	68.79	5.58	29.30	775.33	320.00	455.33	142.29	58.73
1982	41.79	5.58	10.87	287.64	700.00	-412.36	58.91	143.36
1983	55.20	5.58	19.44	514.41	200.00	314.41	157.21	61.12
1984	51.94	5.58	17.24	456.20	360.00	96.20	26.72	21.09
1985	60.40	5.58	23.10	611.26	220.00	391.26	177.85	64.01
1986	44.62	5.58	12.56	332.36	420.00	-87.64	20.87	26.37

Yağış öncesi zemin durumu “kuru” olarak kabul edildiğinde hesaplanan akış eğri numarasına göre 1967-1986 yıllarına ait taşkın debi değerleri ve ölçülen maksimum akış debi değerleri Çizelge 7.22’de verilmiştir.

Çizelge 7.22: Eşen Çayı Havzası 1967-1986 yılları “kuru” zemin durumuna göre taşkın debi değerleri.

YIL	Port (mm)	S (cm)	Q (mm)	Q _P (m ³ /s)	Q _Ö (m ³ /s)	Fark	% Fark/Q _Ö	% Fark/Q _P
1967	84.45	13.09	17.96	475.25	370.00	105.25	28.45	22.15
1968	56.35	13.09	5.66	149.77	580.00	-430.23	74.18	287.25

1969	73.30	13.09	12.48	330.24	500.00	-169.76	33.95	51.40
1970	76.96	13.09	14.20	375.76	750.00	-374.24	49.90	99.60
1971	60.08	13.09	6.98	184.70	210.00	-25.30	12.05	13.70
1972	42.61	13.09	1.84	48.69	110.00	-61.31	55.74	125.92
1973	51.85	13.09	4.21	111.40	280.00	-168.60	60.21	151.34
1974	58.08	13.09	6.26	165.65	82.00	83.65	102.01	50.50
1975	56.72	13.09	5.78	152.95	360.00	-207.05	57.51	135.37
1976	52.98	13.09	4.56	120.67	140.00	-19.33	13.81	16.02
1977	55.01	13.09	5.21	137.87	440.00	-302.13	68.67	219.15
1978	65.32	13.09	9.02	238.68	200.00	38.68	19.34	16.21
1979	91.70	13.09	21.87	578.72	250.00	328.72	131.49	56.80
1980	51.50	13.09	4.11	108.76	370.00	-261.24	70.61	240.21
1981	68.79	13.09	10.47	277.05	320.00	-42.95	13.42	15.50
1982	41.79	13.09	1.67	44.19	700.00	-655.81	93.69	1484.04
1983	55.20	13.09	5.27	139.45	200.00	-60.55	30.27	43.42
1984	51.94	13.09	4.24	112.20	360.00	-247.80	68.83	220.86
1985	60.40	13.09	7.10	187.88	220.00	-32.12	14.60	17.10
1986	44.62	13.09	2.28	60.33	420.00	-359.67	85.64	596.14

7.4 Eşen Çayı Havzası için 100 Yıllık Taşkın Debisi Hesabı

Eşen Havzası için daha önce yapılan hesaplamalarda tek bir yıla ait yağış verilerinin Thiessen Poligonu yöntemiyle ortalama yağış değeri bulunmuş ve bu verilerle taşkın debi değerleri hesaplanmıştır. 100 yıllık taşkın debi değeri hesaplanırken DSI ve DMİ'ye ait verilerden alınan yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış yüksekliği değeri kullanılmıştır. Eşen Çayı Havzası için çıkış noktası olarak kabul ettiğimiz deniz seviyesinden 9 m yükseklikte konumlanmış Yapılar Akım Gözlem İstasyonu

(AGİ) 'na ait 100 yıllık akış debi değerleriyle hesaplamalardan elde edilen 100 yıllık taşkın debi değeri karşılaştırılmıştır.

Eşen Çayı Havzası yağış ölçüm istasyonlarından alınan yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış yükseklik değerleri ve bu değerlerle Thiessen Poligonu Yöntemi kullanılarak hesaplanan ortalama yağış yüksekliği değeri Çizelge 7.23'de verilmiştir.

Çizelge 7.23: Eşen Çayı Havzası 100 yıllık ortalama yağış yüksekliği değerleri.

Yağış İstasyonları	Boylam	Enlem	Poligon Alanları (km ²)	Yağış Yükseklik Değerleri (mm)	Ai/At	Pi*(Ai/At)
ÖREN	29.385191	36.749391	477.28	88.18	0.18	16.10
SEKİ	29.658548	36.808733	523.90	135.41	0.20	27.15
EŞEN	29.281572	36.454417	496.29	146.60	0.19	27.84
KEMER	29.347082	36.652232	451.07	152.32	0.17	26.29
FETHİYE	29.124864	36.650576	1.66	182.87	0.00	0.12
ARPACIK	29.144121	36.827839	53.46	262.56	0.02	5.38
ELMALI	29.919032	36.732292	11.40	89.97	0.00	0.40
AKÇAY	29.746849	36.598852	90.14	90.40	0.035	3.12
KALKAN	29.414935	36.267452	308.33	169.77	0.12	20.03
ALTINYAYLA	29.546114	36.998618	199.98	54.68	0.077	4.18
Toplam Alan =2613.51 km ²			Σ=1.00	Σ= 130.61 mm		

Çizelge 7.23'de verilen hesaplamalarda 100 yıllık ortalama yağış yüksekliği değeri $P_{ORT} = 130.61$ olarak hesaplanmıştır. 100 yıllık taşkın debisi hesaplamasında eğri numaralarını belirleyebilmek için havzanın bu ortalama yağış yüksekliği değerine göre eğri numarasının belirlenmesi gerekmektedir. Söz konusu veriler Çizelge 7.24'de verilmiştir.

Çizelge 7.24: Eşen Çayı Havzasına ait yağış öncesi nem durumu ve akış eğri numarası değeri.

P _{toplam} (mm)	Zemin Durumu	CN
130.6088	Orta Doygun	82

Akış eğri numarası denklemleriyle yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen 100 yıllık taşkın debisi değeri ve istasyon verilerinden alınan 100 yıllık akış debi değeri Çizelge 7.25'de verildiği gibidir.

Çizelge 7.25: Eşen Çayı Havzası 100 yıllık taşkın debisi değerleri.

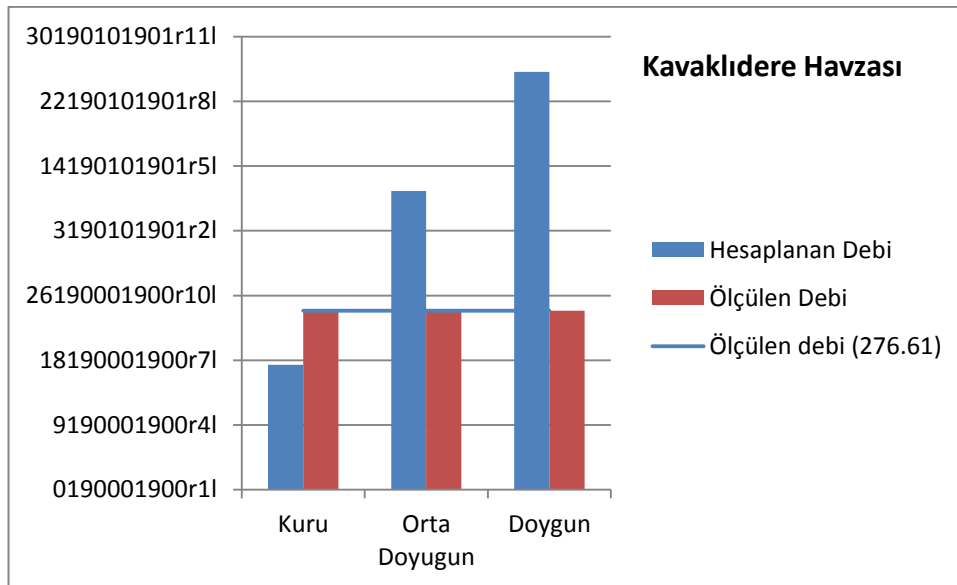
Port(mm)	S (cm)	Q (mm)	Q _P (m ³ /s)	Q _Ö (m ³ /s)
130.6088	5.76	80.26	1662.95	1055.34

Bu çizelgede, Q_P, hesaplamalar sonucu elde edilen taşkın debi değerini, Q_Ö ise istasyon ölçümlerinden alınan debi değerlerini belirtmektedir. Hesaplanan bu taşkın debisi değeri yağış öncesi zemin nemi durumunun “orta doygun” olarak kabul edilmesine bağlı olarak bulunmuştur. Diğer zemin nemi durumuna göre hesaplanan taşkın debisi değerleri Çizelge 7.26’da verilmiştir.

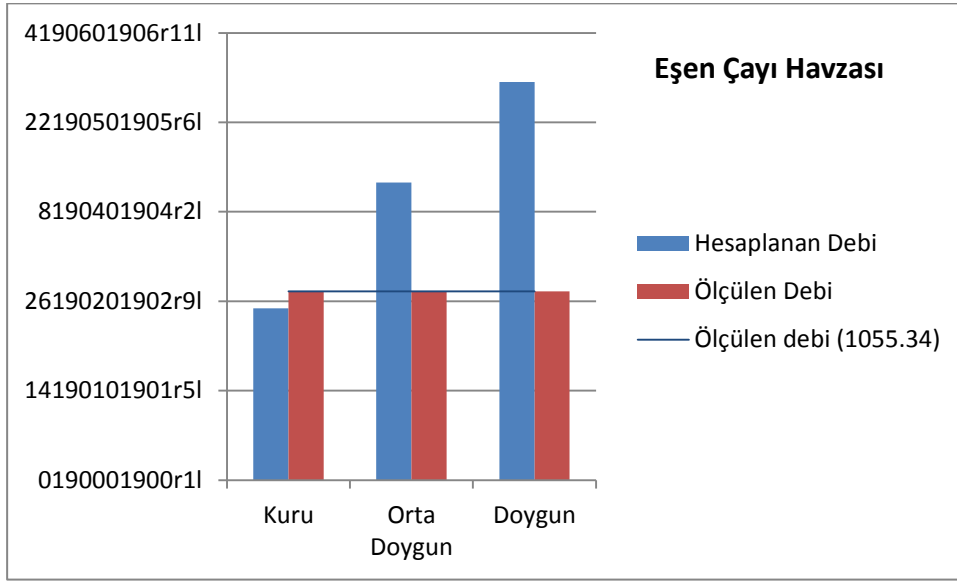
Çizelge 7.26: Eşen Çayı Havzası “doygun” ve “kuru” zemin nemi durumuna göre taşkın debi değerleri.

Port(mm)	Zemin	CN	S (cm)	Q (mm)	Q _P (m ³ /s)	Q _Ö (m ³ /s)
130.6088	Doygun	92	2.2087	107.39	2224.98	1055.34
	Kuru	66	13.085	46.3578	960.434	1055.34

Bu verilere dayanarak Eşen Çayı Havzası bütün zemin nemi durumları için hesaplanmış ve ölçülmüş 100 yıllık taşkın debi değerlerinin karşılaştırılmasının yapıldığı grafikte, bir alt havza olan Kavaklıdere Havzası için 100 yıllık taşkın debi değerlerinin karşılaştırıldığı grafik Şekil 7.5 ve Şekil 7.6 ile verilmiştir.



Şekil 7.5: Kavaklıdere Havzası için 100 yıllık taşkın debi değerleri grafikleri.



Şekil 7.6: Eşen Çayı Havzası için 100 yıllık taşkın debi değerleri grafikleri

Grafiklerden yol çıkarak 100 yıllık taşkın hesabında Eşen Çayı ve Kavaklıdere Havzaları için yapılabilecek ortak değerlendirmelerden biri yağış öncesi zemin nemi durumunu “kuru” olarak kabul etmenin hesaplamaların sonucunda elde edilen taşkın değerinin, akım gözlem istasyonundan ölçülen değerle arasındaki farkın minimum olduğudur. Bu sonuca göre taşkın hesaplamalarında zemin nemi durumunu kuru kabul ederek daha güvenilir sonuçlar elde edebiliriz.

8. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Eşen Havzası'nın taşkın debisi değerini hesaplanırken kullanılan yöntem olan akış eğri numarası belirleme yöntemi, arazi sınıfları ve zemin özelliklerini esas alan bir yöntemdir. Bu yöntemle bulunan pik debi değerlerini havzanın çıkış noktası olarak kabul edilen Yapılar akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait; ölçümleri DSİ ve EİE tarafından gerçekleştirilen akım değerleriyle, karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuçta zeminin doygunluk derecesine göre ölçülen ve hesaplanan değerlerin birbirine göre farkları arasında bir ilişkinin var olduğu görülmüştür. Eşen Havzası geneli için yapılan yılda günlük maksimum yağış yükseklik değerleriyle yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen pik debi değerleri zemin nemi durumu “doygun” olarak kabul edildiğinde hesaplanan değerler, ölçülen değerlerden çok daha büyük miktarlarda olduğu görülmüştür. Aynı sabit koşullar altında zemin nemi durumunu “orta doygun” olarak yapılan kabuller sonucunda elde edilen pik debi değerinin akım gözlem istasyonu ölçüm sonuçlarına yakın çıkması ve en son olarak zemin nemi durumunu “kuru” olarak kabul edilen koşulda hesaplama sonuçlarının ölçüm değerlerinden daha küçük miktarlar olması; havza parametreleri sabit kabul edildiğinde zemin nemi koşullarının doğrudan hesaplamaları yüksek derecede etkilediğini ortaya koymuştur.

Eğri numarası yöntemi gereği hesaplamalarda kullanılan eğri numarası; zemin nemi durumuna göre değişim göstermektedir. Zemin nemi durumu değiştiğinde arazi sınıfları, havza karakteristikleri ve yağış yüksekliği gibi parametreler değişmez olduğundan zemin nemi durumunun yüzey sızma oranını, havza geçiş süresini ve akış yüksekliğini ne şekilde etkilediğine dair bir fikir verebilmektedir.

Doygun zemin koşullarında diğer parametreler sabit olarak kabul edildiğinde hesaplanan pik debi değerinin istasyonlar yardımıyla ölçülen değerlerden daha büyük çıkmasının sebebi yüzey sızma oranının azalmasına ve geçiş süresinin artmasına

bağlı olarak akış yüksekliğini arttıracak biçimde etkilemesidir. Aynı sebepten zemin nemi koşulları doygundan kuruya doğru seyrettiğinde sızma oranının artmasına ve geçiş süresinin azalmasına bağlı olarak akış yüksekliği değerinde gözle görülür miktarda bir azalma söz konusudur. Eşen Çayı Havzası'na ait “doygun” zemin koşuluna göre hesaplanan değerler ve Yapılar akım gözlem istasyonundan alınan maksimum akış debisi değerleriyle yapılan karşılaştırılmaları ilgili Çizelge 8.1’de verilmiştir.

Çizelge 8.1: Eşen Çayı Havzası “doygun” zemin nemi durumuna göre taşkın debi değerleri

YIL	Q_p (m ³ /s)	Q_0 (m ³ /s)	Fark	%Fark/ Q_0	%Fark/ Q_p
1967	1659.67	370.00	1289.67	348.56	77.71
1968	964.26	580.00	384.26	66.25	39.85
1969	1380.24	500.00	880.24	176.05	63.77
1970	1471.53	750.00	721.53	96.20	49.03
1971	1054.50	210.00	844.50	402.14	80.09
1972	640.37	110.00	530.37	482.16	82.82
1973	856.56	280.00	576.56	205.92	67.31
1974	1005.81	82.00	923.81	1126.59	91.85
1975	973.26	360.00	613.26	170.35	63.01
1976	883.29	140.00	743.29	530.92	84.15
1977	931.98	440.00	491.98	111.81	52.79
1978	1182.57	200.00	982.57	491.29	83.09
1979	1843.05	250.00	1593.05	637.22	86.44
1980	848.10	370.00	478.10	129.21	56.37

1981	1268.31	320.00	948.31	296.35	74.77
1982	621.58	700.00	-78.42	11.20	12.62
1983	936.48	200.00	736.48	368.24	78.64
1984	858.68	360.00	498.68	138.52	58.08
1985	1062.17	220.00	842.17	382.80	79.29
1986	686.68	420.00	266.68	63.50	38.84

Eşen Çayı Havzası için yapılan taşkın hesaplamalarında “kuru” zemin nemi koşulu kabul edildiğinde hesaplanan ve akım gözlem istasyonundan alınan çeşitli yıllara ait taşkın debisi değerlerinin fark ve yüzde değerleri yıllara göre birbirleri ile çelişkili bir ilişki içerisinde olup sabit bir eğriden bahsedilemez. Kuru zemin koşullarına göre yapılan hesaplamaların sonucundaki bu düzensizlik, yıldan yıla birbiri ile benzeşmeyen değerler elde edilmesi “kuru” zemin koşulu için bir genelleme yapılmasına uygun olmadığını gösterir. Eşen Çayı Havzası’nda “kuru” zemin durumu için yapılan taşkın debisi hesaplamalarının sonuçları ve akım gözlem istasyonları değerleri fark ve yüzde fark değerleri Çizelge 8.2’de verilmiştir.

Çizelge 8.2: Eşen Çayı Havzası “kuru” zemin nemi durumuna göre taşkın debisi değerleri.

YIL	Q _p (m ³ /s)	Q _ö (m ³ /s)	Fark	%Fark/Q ö	%Fark/Q p
1967	475.25	370.00	105.25	28.45	22.15
1968	149.77	580.00	-430.23	74.18	287.25
1969	330.24	500.00	-169.76	33.95	51.40
1970	375.76	750.00	-374.24	49.90	99.60
1971	184.70	210.00	-25.30	12.05	13.70
1972	48.69	110.00	-61.31	55.74	125.92
1973	111.40	280.00	-168.60	60.21	151.34

1974	165.65	82.00	83.65	102.01	50.50
1975	152.95	360.00	-207.05	57.51	135.37
1976	120.67	140.00	-19.33	13.81	16.02
1977	137.87	440.00	-302.13	68.67	219.15
1978	238.68	200.00	38.68	19.34	16.21
1979	578.72	250.00	328.72	131.49	56.80
1980	108.76	370.00	-261.24	70.61	240.21
1981	277.05	320.00	-42.95	13.42	15.50
1982	44.19	700.00	-655.81	93.69	1484.04
1983	139.45	200.00	-60.55	30.27	43.42
1984	112.20	360.00	-247.80	68.83	220.86
1985	187.88	220.00	-32.12	14.60	17.10
1986	60.33	420.00	-359.67	85.64	596.14

Orta doymun zemin nemi koşulu hariç diğer zemin nemi koşullarında hesaplanan ve ölçülen yıllık pik debi değerleri arasındaki neredeyse iki katına ulaşan fark değeri bize zemin nemi koşulu hakkında bir fikir vermektedir. DMİ'nin günlük yağış değeri ölçüm tabloları sayesinde 5 günlük yağış verileri toplamından yola çıkarak kararlaştırılan zemin nemi durumları aynı yıllara ait hesaplanan ve ölçülen değerlerin bazı yıllar için tutarlı bazı yıllar için ise tutarsız olduğu gözlemlenmiştir. Bu gözleme dayanarak uzun yılları kapsayan yıllık pik debi değerleri hesaplanırken bu aralıktaki birkaç yıla ait zemin nemi durumunun sonuçlara herhangi bir etkisi olmadığını zemin nemi durumu hakkında yapılacak bir genellemenin daha geçerli olabileceği sonucuna varılmıştır. Yine de bu durum çeşitli parametrelere bağlı olarak saptanan eğri numarasının doğruluğunu sorgulamaya yönlendirmiş ve buna bağlı olarak Aydın DSİ 21. Bölge Müdürlüğü tarafından 1997 yılında gerçekleştirilmiş Eşen Havzasının bir alt havzası olan Seki alt havzası için hazırlanan “Yukarı Eşen Projesi Seki Barajı ve

Seki Ovası Sulaması Planlama Raporu’nda havzaya ait eğri numarası orta doymun zemin koşulu için $CN_{II} = 81$ ve doymun zemin nemi koşullar için $CN_{III} = 91.5$ olarak hesaplandığı dolayısıyla bu projede hesaplanan eğri numarası değeriyle tutarlılık gösterdiği belirlenmiştir. Havzanın “doymun” zemin koşuluna göre yapılan taşkın debisi hesaplamaları sonucunda elde edilen değerler ve akım gözlem istasyonu değerleri Çizelge 9.3’de verilmiştir.

Çizelge 8.3: Eşen Çayı Havzası “doymun” zemin nemi durumuna göre taşkın debi değerleri

YIL	Q_p (m ³ /s)	$Q_ö$ (m ³ /s)	Fark	%Fark/ $Q_ö$	%Fark/ Q_p
1967	1659.67	370.00	1289.67	348.56	77.71
1968	964.26	580.00	384.26	66.25	39.85
1969	1380.24	500.00	880.24	176.05	63.77
1970	1471.53	750.00	721.53	96.20	49.03
1971	1054.50	210.00	844.50	402.14	80.09
1972	640.37	110.00	530.37	482.16	82.82
1973	856.56	280.00	576.56	205.92	67.31
1974	1005.81	82.00	923.81	1126.59	91.85
1975	973.26	360.00	613.26	170.35	63.01
1976	883.29	140.00	743.29	530.92	84.15
1977	931.98	440.00	491.98	111.81	52.79
1978	1182.57	200.00	982.57	491.29	83.09
1979	1843.05	250.00	1593.05	637.22	86.44
1980	848.10	370.00	478.10	129.21	56.37
1981	1268.31	320.00	948.31	296.35	74.77

1982	621.58	700.00	-78.42	11.20	12.62
1983	936.48	200.00	736.48	368.24	78.64
1984	858.68	360.00	498.68	138.52	58.08
1985	1062.17	220.00	842.17	382.80	79.29
1986	686.68	420.00	266.68	63.50	38.84

Bütün bu karşılaştırmalar sonucunda uzun yılları içeren taşkın hesaplamalarında zemin nemi durumu için yapılacak orta doygun koşulu kabulünün sonuçları olumlu yönde etkileyeceği ve hesaplananla ölçülen değerler arası farkı azaltacağı açıktır. Çünkü yalnızca 5 günlük yağış durumuna göre saptanan zemin nemi durumunun yönlendirdiği zemin nemi koşuluyla yıllık maksimum yağışları referans alarak yapılan hesaplamaların su yılı takviminin örtüşmeme ihtimalinden kaynaklanan tutarsızlığı mümkün olabilmektedir.

Bu duruma ek olarak Eşen Havzasının yaklaşık 2614 km² lik bir yağış alanına sahip olduğu göz önüne alındığında sınırlı sayıdaki istasyon ve sınırlı sayıdaki ölçüm verilerinden yola çıkılarak yapılan 5 günlük yağışlara bağlı zemin nemi durumu kabulünün doğruluğu tartışılabilir. Bu saptamayı doğrulayacak şekilde aynı taşkın hesaplamaları bir alt havza olan Kavaklıdere Havzasında çeşitli yılları kapsayacak biçimde yapıldığında 5 günlük yağışlara bağlı olarak yapılan zemin durumu kabulü ve bu kabulün sonucunda elde edilen eğri numaralarıyla yapılan işlemlerin sonucunda hesaplanan pik debi değeri, Kavaklıdere akım gözlem istasyonu ile ölçülmüş akım değerleriyle birbirine yakın değerler çıkması bu yöntemin alt veya daha küçük yağış alanına sahip havzalarda geçerliliğini ortaya koymuştur.

Kavaklıdere alt havzasında yılda günlük maksimum yağış değerleriyle ve çeşitli zemin nemi koşullarına göre yapılan hesaplamalar göstermiştir ki; küçük yağış alanına sahip havzalarda akış eğri numarasını modeli çok daha tutarlı sonuçlar vermekte ve modelin işleyişi tahmin edilebilir bir şekilde gerçekleşmektedir. Kavaklıdere Havzasına ait bütün zemin nemi koşulları için yapılan hesaplamalar ve Kavaklıdere akım gözlem istasyonundan alınan veriler Çizelge 8.4 ile verilmiştir.

Çizelge 8.4: Kavaklıdere Havzası bütün zemin nemi durumlarına göre taşkın debi değerleri.

DOYGUN ZEMİN					
YIL	Q_p (m³/s)	Q_ö (m³/s)	FARK	%Fark/Q_ö	%Fark/Q_p
1972	23.52	8.75	-14.77	168.77	62.79
1971	62.28	48.00	-14.29	29.76	22.93
1970	39.98	67.70	27.72	40.95	69.36
1969	112.16	50.60	-61.56	121.66	54.89
1968	116.25	128.00	11.75	9.18	10.11
1967	57.76	36.20	-21.56	59.56	37.33
1966	81.13	74.50	-6.63	8.90	8.17
ORTA DOYGUN ZEMİN					
1972	91.18	8.75	-82.43	942.04	90.40
1971	163.23	48.00	-115.23	240.06	70.59
1970	123.88	67.70	-56.18	82.98	45.35
1969	241.30	50.60	-190.70	376.87	79.03
1968	247.32	128.00	-119.33	93.22	48.25
1967	155.56	36.20	-119.36	329.74	76.73
1966	193.92	74.50	-119.42	160.30	61.58
KURU ZEMİN					
1972	211.21	8.75	-202.46	2313.85	95.86
1971	305.67	48.00	-257.67	536.81	84.30
1970	255.49	67.70	-187.80	277.39	73.50
1969	399.36	50.60	-348.76	689.26	87.33
1968	406.38	128.00	-278.38	217.48	68.50
1967	296.10	36.20	-259.90	717.95	87.77
1966	343.23	74.50	-268.73	360.72	78.29

Literatürde bahsi geçen akış eğri metoduna dair saptamalar bu görüşe paralellik göstermektedir (Özdemir, 2007). Akış eğri numarası metodu ve diğer yağış-akış modelleri büyük yağış alanına sahip havzalarda özellikle alt havza drenaj sistemlerinde çalışmayı uygun görmüşlerdir. Büyük yağış alanına sahip havzalar akış eğri metoduyla modellenebilir fakat alt havzalarda modellerin işleyişindeki tutarlılık yapılan kabuller ve esas alınan koşullar göz önüne alındığında modelin yapısının gerektirdiği sonuçlardır.

Son olarak Eşen Havzası'nda 100 yıl frekanslı yağışlar esas alınarak yapılan taşkın hesaplamalarından elde edilen sonuçlara göre zemin nem durumunu doymuş kabul edilen durumda hesaplanan değerle akım gözlem istasyonu aracılığıyla ölçülen değer arasında çok fazla fark olduğu saptanmıştır. Kuru zemin koşullarında ise birbirine yakın değerler ortaya çıkmış, fakat hesaplanan değer ölçülen değerden daha küçük bir değer olması ileriye yönelik bir hidrolik modelleme çalışmasında referans alınması yanlış planlamaya ve bir takım problemlere sebep olabileceğinden en uygun değer orta doymuş zemin koşulları esas alınarak yapılan hesaplamalardan elde edilen değer olduğu kabul edilmiştir. Bu sonuçlar Çizelge 8.4 ile verilmiştir.

Kavaklıdere alt havzasında yapılan 100 yıllık taşkın debi değerini bulmaya yönelik hesaplardan da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Hesaplardan elde edilen sonuçlara göre “kuru” zemin nemi koşuluna göre yapılan 100 yıllık taşkın hesapları akım gözlem istasyonu verisine yakın değerde olup diğer zemin koşullarında ise özellikle “doymuş” zemin nemi durumunda birbirinden çok farklı sonuçlar elde edilmektedir.

Eşen Havzasının taşkın değerini hesaplamaya yönelik bu çalışmada yağış ölçüm ve akım gözlem istasyonlarına ait verilerin süreksizliği, yalnızca belli yıllar arasında düzenli ölçümlerin yapılmış olması, ileriki yıllarda çoğu istasyonun kapatılması ve havza yağış alanına oranla havzada konumlanmış istasyon sayısının azlığı sonucu çok daha eski yılların verileriyle çalışılmak durumunda kalınmış ve proje çalışması boyunca bazı zorluklar yaşanmasına sebep olmuştur. Yine benzer şekilde yağış istasyonlarıyla akım gözlem istasyonlarının paralellik göstermemesi zemin nemi belirleme safhasında havza çıkış noktası olarak kabul edilen Yapılar istasyonuna ait yağış verilerinden yararlanılamamıştır. Havzaya ait ortalama bir yağış yüksekliği hesaplamak için Thiessen Poligonu yönteminin yanında bir başka yöntem olan Eş Yağış Eğrileri ile hesaplama yoluna gidilmek istenildiğinde söz konusu bölgeye ait eş yağış haritası ile ilgili güncel bir çalışma yapılmamış olması nedeniyle bu

yöntemle hesaplama yapılamamıştır. Bu proje kapsamında hidrolik modelleme tabanlı yazılımlar kullanılırken ihtiyaç duyulan zemin cinsi, arazi kullanım sınıfı haritaları mevcut olmadığından yazılım tarafından hesaplanan taşkın değeriyle karşılaştırma yapılamamıştır.

Bütün bu koşullar göz önüne alındığında Türkiye geneli için mevcut havzalara yönelik bir veritabanı sisteminin gerekliliği göze çarpmaktadır. Bu yönde son yıllarda DSİ tarafından henüz yeni başlatılmış projeler olduğu bilinmekte ve birkaç yıl içerisinde zengin bir veritabanı sistemi oluşturulmasıyla havza modelleme çalışmalarının çok daha pratik bir hale gelip taşkın önleme projelerinin de ivme kazanacağı öngörülmektedir. Devlet kaynaklı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojilerinin esas alındığı projeler sayesinde ülkemizde ileriye yönelik hidrolik planlamaların getirisi ve geri dönüşünün büyük önem taşıyacağı aşikardır. Bu projeler sayesinde uzun vadeli ve büyük maliyetli projelerin, oluşturulan havza veritabanının yardımıyla da daha kısa süreli, pratik ve ekonomik bir şekilde çözümlenmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Algancı, U.**, (2008). Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyel Parametrelerinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri, İstanbul.
- Bağdathı, C.**, (2013). Tekirdağ ili Marmara Kıyı Havza Karakteristikleri ve Taşkın Risk Faktörlerinin Belirlenerek CBS Veri Tabanının Oluşturulması, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bakış, R. ve diğ.**, (2011). Uzaktan Algılama ve CBS ile Porsuk Havzasında Uygun Baraj Yeri Tespiti ve bu Barajların Hidroelektrik Enerjisi Üretimi Yönünden İncelenmesi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi /TABAD, 75-96.
- Batur, E. ve Maktav, D.**, (2012). Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri Örneği, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 5 Sayı 3, 1-12.
- Beven, Keith J.**, (2014). Rainfall-Runoff Modelling: The Primer 2nd Edition, 51-82, Wiley Blackwell, January 2012.
- Brooks, N. K., Ffolrott, F. Peter ve Mayner A. J.**, (2013). Hydrology and the Management of Watersheds, 49-65, 4th Edition, Wiley Blackwell.
- Chow, T.V., Maidment, R.D. ve Mays, W. L.**, (1988). Applied Hydrology, 127-171, 492-536, 1st Edition, Tata McGraw-Hill Education.
- Coşkun, H. Gonca.**, (1992). Uydu Verileri ile İstanbul Boğazı ve Haliç’de Su Kirliliğinin Makro Düzeyde Belirlenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri, İstanbul.
- Coşkun, H. Gonca ve Alparslan, E.**, (2008). Enviromental Modelling of Omerli Catchment Area in İstanbul, Turkey Using Remote Sensing and GIS Techniques, Springer Science, Enviroment Monitoring Assessment.
- Coşkun, G., Ağralıoğlu, N. ve diğ.**, (2010). Innovation with Hydrologic Modelling for Hydroelectric Power Plant in Poorly Gauged Basins, Springer Science, Water Resources Management.
- Davie, T.**, (2007). Fundamentals of Hydrology, 15-35, 79-124, 2nd Edition, Taylor Francis, Newyork.
- DeBARRY, A. Paul**, (2004). Watersheds Process Assessment and Management, 217-226, 315-357, 2nd Edition, Wiley&Sons, New Jersey.
- Dingman, S. L.**, (2002). Physical Hydrology, 443-455, 2nd Edition, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall.

- Gupta, K. S.,** (2010). Modern Hydrology and Sustainable Water Development, 20-69, 269-296, 1st Edition, Wiley Blackwell.
- Güler, E.,** (2008). Hidroelektrik Potansiyel Belirlemeye Yönelik Uzaktan Algılama ve CBS Tabanlı Hidrolik Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri, İstanbul.
- Gribbin, E. John,** (2013). Introduction to Hydraulics and Hydrology: with applications for Storm Management, 4th Edition, 176-255.
- Guo, C.Y. James ve Huo, E.S.C.,** (2006). Hydrologic Modelling Consistency and Sensitivity to Watershed Size, Journal of P.B. Network for Water Engineering and Management, Vol.21, No 3, Issue No.64.
- Hawkins, H. Richard, Werd, J. Timothy ve diğ.,** (2009). Curve Number Hydrology State of the Practice, ASCE/ EWRI, Curve Number Task Committee, Virginia, U.S.
- İsmail, P.,** (2013). Determining the Hydrological Characteristics of the Greater Zab River Basin by GIS, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Karayusufoğlu, S.,** (2010). Solaklı Havzasının Uzaktan Algılama ve CBS Kullanılarak Hidrolik Modelinin Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri, İstanbul.
- Keskiner, Ali D.,** (2008). Farklı Olasılıklı Yağış ve Sıcaklıkların CBS ortamında Haritalanmasında Uygun Yöntem Belirlenmesi ve M-Turc Yüzey Akış Haritasının Geliştirilmesi Seyhan Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri, Adana.
- Mays, W. Larry,** (2001). Water Resources Engineering, 247-282, 1st Edition, John Wiley& Sons, NY.
- McCuen, H. Richard,** (2004). Hydrologic Analysis and Design, 113-405, 3rd Edition, Prentice Hall.
- Mujumbar, P. P. ve Kumar, N. D.,** (2012). Floodsin a Changing Climate Hydrologic Modelling, 20-170, Cambrigde, U.S.
- Okman, C.,** (1982). Hidroloji, 87, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Özdemir, H.,** (2007). SCS CN Yağış-Akış Modelinin CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Havzası Örneği (Balıkesir), Coğrafi Bilimler Dergisi, 5 (2), 1-12.
- Özcan, O.,** (2009). Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi Skarya Havzası Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisliği Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Patra, K. C.,** (2008). Hydrology and Water Resources Engineering, 94-145, 324-386, 392-430, Alpha Science International, United Kingdom.
- Pektaş, Ali O.,** (2012). Büyük Havzalarda Akış Katsayısının Hesaplanması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ramesh, H. ve Prasad M. S.,** (2011). Assessment of Hydropower Potential using Remote Sensing and GIS- A Case Study in Nethravathi River Basin, India, Journal of Hydrologic Engineering, Heeng-1639.
- Schwab G.O., Frevert R.K., Edminster T.W. and Barnes K.K.,** (1981). Soil and Water Conservation Engineering, 3rd Edition, John Wiley, New York.
- Şendeniz, İ.,** (1999). GIS Application for Monthly Precipitation Data in Turkey, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri, Ankara.
- Taşkın, İ.,** (2014). Eşen Çayı Havzası Hidrolojik Zemin Grupları ve Cinsleri, Jeoloji Mühendisi, JMO Sicil No: 2028.
- Tekeli, Yaşar İ.,** (2009). Su Toplama Havzalarının Yağış-Akım İlişkilerinde Yüzey Akışa Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi ve Farklı Yöntemlerin Örnek Havzalarda Kullanılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- USDA NRCS,** (2002). National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, Land Use and Treatment Classes, Chapter 8, U.S. Washington, D.C.
- USDA NRCS,** (2004). National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, Hydrologic Soil Cover Complexes, Chapter 9, U.S. Washington, D.C.
- USDA NRCS,** (2009). National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, Hydrologic Soil Groups, Chapter 7, U.S. Washington, D.C.
- USDA NRCS,** (2010). National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, Time of Concentration, Chapter 15, U.S. Washington, D.C.
- Viessman Jr. W. ve Lewis, L. Gary,** (2003). Introduction to Hydrology, 264-297.
- Varol, E.,**(2012). CBS ile Havza Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Havza Sediment Verimi Tahmininde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, M.K. Üniversitesi, Fen Bilimleri, Antakya.
- Wurbs, A. R. ve James, P.Wesley,** (2002). Water Resources Engineering, 463-500, Prentice Hall, New Jersey.
- Aydın 21. Bölge D.S.İ Müdürlüğü,** (1997) Yukarı Eşen Projesi Seki Barajı ve Seki Ovası Sulaması Planlama Raporu, Aydın.
- EİE ve DSİ,** Batı Akdeniz Havzası Yıllık Maksimum Akım Tabloları, 1934-1990.
- DSİ ve DMİ,** 21. Aydın Bölgesi Müdürlüğü Yıllık En Büyük Yağış Değerleri Tabloları, 1929-1988.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Eda ERAYDIN

Doğum Yeri ve Tarihi: 1987 / Antalya

Adres: Nispetiye cad. No:9 /Sarıyer İstanbul

E-Posta: eraydineda@itu.edu.tr

Lisans: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

**Yüksek Lisans: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği
Anabilim Dalı**