T.C
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK SMRGT YÖNTEMİ İLE TAŞKIN MODELLENMESİ VE KALECİK HAVZASI ÖRNEĞİ

Fatih ŞEVGİN

DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

Temmuz 2021

T.C

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Fatih ŞEVGİN tarafından yapılan "Bulanık SMRGT Yöntemi ile Taşkın Modellenmesi ve Kalecik Havzası Örneği" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mustafa GÜNAL

Üye : Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK (Danışman)

Üye : Prof. Dr.Özgür AKKOYUN

Üye : Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ

Üye : Doç. Dr. Gökçen BOMBAR

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 12/07/2021

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

…./…./2021

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle bana ışık tutan, yol gösteren, çok değerli vaktini harcamaktan çekinmeyen, sürekli olarak katkıda bulunan, tez çalışmasının başından beri planlanmasında, araştırılmasında, düzenlenmesinde her türlü destekte bulunan, bulanık mantık ve hidroloji konularına aşırı derecede ilgi duymamı sağlayan, engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, öğrencisi olmaktan büyük onur duyduğum değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Değerli fikirleri ve yapıcı eleştirileri ile çalışmayı yönlendiren tez izleme jüri üyeleri Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ'ye ve Prof. Dr. Özgür AKKOYUN'a ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile ilgili haritalarımın oluşturulmasında desteğini esirgemeyen ve yorum ve bilgileri ile beni yönlendiren Dr. Öğr. Üyesi İskender DÖLEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Bütün eğitim hayatım boyunca her an yanımda olan, maddi-manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan kıymetli abim Necmettin ŞEVGİN ve akademik yolda her türlü sıkıntıma ortak olan ve beni her daim destekleyen eşim Tuba ŞEVGİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2021

Fatih ŞEVGİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR ……. I

İÇİNDEKİLER ……. II

ABSTRACT ……. V

ÖZET ……. VII

ÇİZELGE LİSTESİ ……. IX

ŞEKİL LİSTESİ ……. X

KISALTMA VE SİMGELER ……. XII

1. GİRİŞ ……. 1

1.1. Taşkın ……. 2

1.2. Taşkınlarda Problemler Nelerdir? ……. 2

1.3. Çalışmanın Konusu, Amacı ve Kapsamı ……. 2

1.4. Çalışmada İzlenen Yol ……. 4

2. KAYNAK ÖZETLERİ ……. 5

2.1. Konunun Tarihçesi ……. 5

2.2. Ülkemizde ve Dünyada Taşkın ……. 6

2.3. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi ……. 7

2.3.1. Akış Katsayısı Üzerine Yapılan Çalışmalar ……. 7

2.3.2. İklim Değişikliğiyle İlgili Yapılan Çalışmalar ……. 13

2.3.3. Taşkın ile Alakalı Çalışmalar ……. 16

3. MATERYAL VE METOT ……. 21

3.1. Çalışma Alanı ve Konumu: Kalecik Havzası ……. 21

3.1.1. İklim Özellikleri ……. 21

3.1.2. Toprak ve Jeolojik Özellikleri ……. 22

3.1.3. Yükselti ……..…….. 23
3.1.4. Bakı …….…… 24
3.1.5. Bitki Örtüsü ……..……..…….. 25
3.1.6. Tarımsal Yapı ve Üretim ……..…… 26
3.1.7. Yağış ve Akış Gözlem İstasyonları …… 26
3.1.8. Havzanın Diğer Karakteristikleri …… 28
3.2. Akışa Etki Eden Değişkenler ……..……..…. 30
3.2.1. Meteorolojik Değişkenler ……..…..….. 30
3.2.1.1. Yağış ……..…….. 30
3.2.1.2. Buharlaşma ……..…… 31
3.2.2. Arazi Özelliklerine Bağlı Değişkenler ……..……..…….. 31
3.2.2.1. Eğim ……..……..……..……. 31
3.2.2.2. Arazi Türü ve Kullanımı ……..……. 32
3.3. Yöntem Seçimi (Metodoloji, Yöntem Bilim) ……. 33
3.3.1. Kriging Yöntemi ……..…… 34
3.3.2. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Yöntemi …… 34
3.3.2.1. Model İşlem Adımları ……..…… 36
3.3.2.2. Bulanıklaştırma ……..…….. 36
3.3.2.3. Bulanık Sonuç Çıkarma ……..……. 37
3.3.2.4. Durulaştırma ……..…….. 38
3.3.3. Bulanık SMRGT Yöntemi ……..……. 38
3.3.4. Taşkın Hesap Yöntemleri ……..…….. 44
3.3.4.1. Amprik Yöntemler ……..……. 45
3.3.4.2. Sentetik Yöntemler ……..……. 46
4. BULGULAR VE TARTIŞMA ……. 51
4.1. Bulanık SMRGT Modelinin Uygulaması …… 51

4.1.1. Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri Belirlenmesi …… 52

4.1.2. Değişkenlerin Maksimum ve Minimum Değerlerinin Belirlenmesi …… 53

4.1.3. Değişkenlerin Bulanık Kümelerinin Şeklinin Belirlenmesi …… 53

4.1.4. Değişkenlerin Üyelik Fonksiyonlarındaki Bulanık Küme Sayısının Belirlenmesi ……..……... 54

4.1.5. Değişkenlerin Üyelik Fonksiyonlarının İnşası (construction) …… 54

4.1.6. Anahtar Değerlerin Belirlenmesi ……. 55

4.1.7. Kural Tabanının Oluşturulması ……... 55

4.1.8. Bağımlı Değişkene Ait Çıktı Değerlerinin Bulunması …… 56

4.1.9. Bulanık SMRGT'nin Paket Programda Çalıştırılması …… 57

4.1.10. Model Sonuçlarının Elde Edilmesi …….. 57

4.1.11. Model Sonuçları ve Değerlendirilmesi …… 60

4.2. Model Sonuçlarının Haritalandırılması ……... 69

4.2.1. Haritalamada Kullanılan Parametreler …… 69

4.3. Havzada Yer Alan Yerleşim Birimlerinin Taşkın Riski ……. 72

4.3.1. Taşkın Debisinin Belirlenmesi …… 72

5. SONUÇ VE ÖNERİLER ……..……. 77

6. KAYNAKLAR ……..……. 81

EKLER ……..…… 89

ÖZGEÇMİŞ ……..…… 103

ÖZET

BULANIK SMRGT YÖNTEMİ İLE TAŞKIN MODELLENMESİ VE KALECİK HAVZASI ÖRNEĞİ

DOKTORA TEZİ

Fatih ŞEVGİN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2021

Taşkın geçmişten beri insanoğlu için doğal afetler içerisinde önlem alınması zor ve karmaşık hidrolik ve hidrolojik kökenli problemlerden biri olmuştur. Depremleri önceden tespit etmek günümüz teknolojisi ile çok zor ve neredeyse imkânsızdır. Lakin taşkınları tahmin etmenin depremlere nazaran daha kolay olduğu söylenebilir. Bu çalışmada Kalecik havzasının akış katsayısı ve taşkın debisi belirlenmiştir. Bu amaçla çeşitli yöntemler kullanılarak hazırlanmış oldukça gerçekçi modeller mevcuttur. Aşırı kentleşme ile betonarme yapıların ve bağlı olarak çatı örtüsünün artması, stabilize yolların yerini asfalt yolların alması, parke taşı ve türevlerinin kullanımının artması, nehir kenarlarına yapılan yerleşkelere bağlı olarak, nehir hacimlerinin daralması bir havza veya bölgenin akışa geçen yağış miktarını, başka bir ifade ile akış katsayısını artırmaktadır. Yağışın akışa geçen kısmının artması ise insan kaynaklı taşkınların nedeni olarak kabul edilebilir. Bütün bunlara ilave olarak küresel iklim değişikliğinin etkisi ile ekstrem meteoerolojik olayların (özellikle sağanak yağışların) artması ve bu extrem olayların zamansal ve konumsal değişimi de dikkate alındığında taşkın riski hemen hemen her bölge ve havza için gittikçe yükselmektedir. Taşkınlar, debi durumlarına bağlı olarak etrafındaki konut, alt yapı, üst yapı, tarım arazileri ve çevreye ciddi anlamda zarar veren doğal olayların insan kaynaklı olarak afete dönüştüğü durumlardır. İşte bu yüzden yağış-akış belirsizliği ile ilişkisini ve yağışın akışa geçen miktarını çok doğru bir şekilde hesaplamak ve analiz etmek gerekir. Nitekim akışın hidrolojik açıdan doğru bir şekilde hesaplanması hem olası taşkınların önlenmesi hem de tasarlanması düşünülen hidrolik yapıların boyutlandırılması için çok büyük fayda sağlayacaktır. Yağış-akış ilişkisi akış katsayısı ile değerlendirilmektedir. Taşkınların belirlenmesinde olmazasa olmaz derecesinde önemli olan ve fakat belirsizlik içeren bu ilişki, güncel literatürde çeşitli istatistik, stokastik, deterministik ve karakutu yöntemler ile belirlenmektedir. Belirsizlik içeren doğa olaylarında deterministik yöntemlerin kullanılması yerine karakutu veya bulanık modeller tercih edilebilir. Fakat karakutu yöntemlerin olayın fiziksel yönünü çoğu kez dikkate almamaktadır. Bu nedenle olayın fizik sebep-sonuç ilişkisini de dikkate alan yöntemlerin kullanılmasında yarar vardır. Bu çalışmada taşkın debisinin hesaplamasında kullanılan akış katsayısı olayın fizik sebep-sonuç ilişkisini de yansıttığı için bulanık mantık (fuzzy logic) tercih edilmiştir. Böylece hidrolojik olayın hem belirsizlik hem de fiziki yönü göz ardı edilmemiştir. Bulanık modellemede dikkat edilmesi gereken iki husus bulanık kümeleri ve bulanık kural tabanını doğru bir şekilde belirlemektir. Bu gaye ile ikisini birlikte belirleme imkânı olan ve henüz yeni olan SMRGT tercih edilmiştir. Havzaya ait haritalar için Kriging yöntemi ve Sayısal Yükselti Modeli (SYM) kullanılmıştır. Akış katsayısını tespit etmek için meteorolojik, jeomorfolojik ve arazi kullanımına bağlı özellikler dikkate alınmıştır. Hernekadar model Kalecik Havzası'na uygulanmış ise de değişkenlerin sınır değerleri genişletildiği taktirde tüm havzalar için de rahatlıkla kullanılabilcektir. Daha sonra ise bulunan akış katsayısı taşkın debisin hesaplanmasında

ve risk haritasının belirlenmesinde kullanılmıştır. Taşkın hesaplamalarında da Rasyonel Yöntem dikkate alınmıştır. Tez toplam olarak altı ana bölümden meydana gelmektedir. Giriş bölümünde Taşkın konusu hakkında genel bilgiler verilmiştir. Akış katsayısı, küresel iklim değişikliği ve taşkın ile alakalı ulusal ve uluslararası çalışmalar ikinci bölümde, yöntem bilim (metodoloji) üçüncü bölümde, tez kapsamında geliştirilen modeller, hesaplar ve haritalar detaylı bir şekilde dördüncü bölümde verilmiştir. Beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler sunulmuştur. Referans listesi ise son bölümde yer almıştır.

Anahtar kelimeler: Akış katsayısı, taşkın, bulanık mantık, SMRGT, Kriging yöntemi, Kalecik havzası

ABSTRACT

FLOOD MODELİNG WİTH THE FUZZY SMRGT METHOD AND AN EXAMPLE OF THE KALECİK BASIN

DOCTORAL THESIS

Fatih ŞEVGİN

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2021

Flood has been one of the too difficult and complex hydraulic and hydrological problems for human beings to take precautions among the natural disasters since the past. It is very difficult and almost impossible to detect earthquakes in advance with today's technology. However, it can be said that it is easier to predict floods than earthquakes. In this study, the flow coefficient and flood flow rate of Kalecik basin were determined. There are quite realistic models prepared using various methods for this purpose, With excessive urbanization, the increase in reinforced concrete structures and, accordingly in the roof covers, the replacement of stabilized roads with asphalt roads, the increase in the use of cobblestones and their derivatives, the narrowing of river volumes due to settlements built on the riverbanks increases the amount of precipitation that flows into a basin or region, in other words, the flow coefficient. The increase in the flowing part of the precipitation can be considered as the cause of human-induced floods. In addition to all these, considering the increase of extreme meteoerological events (especially torrential rains) with the effect of global climate change and the temporal and spatial changes of these extreme events, flood risk is increasing for almost every region and basin. Floods are situations where natural events that seriously damage the housing, infrastructure, superstructure, agricultural lands and the environment around them, depending on the flow rate, turn into disasters due to human origin. That is why it is necessary to calculate and analyze the relationship between precipitation-flow uncertainty and the amount of precipitation that passes into the flow very accurately. As a matter of fact, the hydrological calculation of the flow will be of great benefit both for the prevention of possible floods and for the dimensioning of the hydraulic structures to be designed. The rain-flow relationship is evaluated by the flow coefficient. This relationship, which is indispensable in the determination of floods but contains uncertainty, is determined by various statistical, stochastic, deterministic and black box methods in the current literature. Black box or fuzzy models may be preferred instead of using deterministic methods in natural events involving uncertainty. However, black box methods often do not take into account the physical aspect of the event. For this reason, it is useful to use methods that take into account the physical cause-effect relationship of the event. In this study, fuzzy logic was preferred because the flow coefficient used in the calculation of the flood flow rate also reflects the physical cause-effect relationship of the event. Thus, both the uncertainty and the physical aspect of the hydrological event were not ignored. Two points to be considered in fuzzy modeling are to correctly determine fuzzy sets and fuzzy rule base. Hence, SMRGT, which is new and has the opportunity to determine both together, has been preferred. Kriging method and Digital Elevation Model (DEM) were used for the maps of the basin. Meteorological, geomorphological and land use-related features were taken into account to determine the flow coefficient. Although the model has been applied to the Kalecik Basin, it can be easily used for all basins if the limit values of the variables are expanded. Then,

the flow coefficient found was used to calculate the flood flow rate and to determine the risk map. Rational Method was also taken into account in flood calculations. The dissertation consists of six main chapters in total. In the introduction, general information about the subject Flood is given. National and international studies related to flow coefficient, global climate change and flood are given in the second part, methodology is given in the third part, models, calculations and maps developed within the scope of the thesis are given in detail in the fourth part. In the fifth chapter, conclusions and recommendations are presented. The reference list is included in the last section.

Keywords: Flow coefficient, flood, fuzzy logic, SMRGT, Kriging method, Kalecik basin

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 4.1.	Model değişkenlerinin SMRGT yöntemi ile belirlenen anahtar değerleri	57
Çizelge 4.2.	Model sonuçlarına ait istatistik değerler ve hatalar	68
Çizelge 4.3.	Yerleşim yerlerine ait risk durumları	74

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 3.1.	Kalecik havzasının yer bulduru haritası	21
Şekil 3.2.	Kalecik havzasına ait sıcaklık haritası	22
Şekil 3.3.	Kalecik havzasına ait yükselti haritası	24
Şekil 3.4.	Kalecik havzasına ait bakı haritası	25
Şekil 3.5.	Kalecik havzasına ait yağış gözlem istasyonları	27
Şekil 3.6.	Kalecik havzasına ait akım gözlem istasyonları	27
Şekil 3.7.	Kalecik havzasına ait yağış haritası	30
Şekil 3.8.	Kalecik havzasına ait buharlaşma haritası	31
Şekil 3.9.	Kalecik havzasına ait eğim haritası	32
Şekil 3.10.	Kalecik havzasına arazi türü ve kullanımı haritası	33
Şekil 3.11.	Trapez ve dik üçgen üyelik fonksiyonları gösterimi	37
Şekil 3.12.	Model için anahtar değer, çekirdek değer ve birim genişliğin gösterimi	42
Şekil 4.1.	Model akış şeması	52
Şekil 4.2.	Model girdileri	53
Şekil 4.3.	Model için üretilen kurallara ait MATLAB görüntüsü	56
Şekil 4.4.	Yağış girdisine ait bulanık kümelerin görünüm	58
Şekil 4.5.	Buharlaşma girdisine ait bulanık kümelerin görünümü	58
Şekil 4.6.	Atk girdisine ait bulanık kümelerin görünümü	59
Şekil 4.7.	Eğim girdisine ait bulanık kümelerin görünümü	59
Şekil 4.8.	Akış katsayısı çıktısına ait bulanık kümelerin görünümü	60
Şekil 4.9.	Kuralların MATLAB ile grafiksel görünümü	61
Şekil 4.10.	Kuralların MATLAB ile grafiksel görünümü	62
Şekil 4.11.	Kuralların MATLAB ile grafiksel görünümü	63

Şekil 4.12.	Akış katsayısının yağış ve buharlaşmaya bağlı değişimi	64
Şekil 4.13.	Akış katsayısının yağış ve atk'ya bağlı değişimi	64
Şekil 4.14.	Akış katsayısının yağış ve eğime bağlı değişimi	65
Şekil 4.15.	Akış katsayısının buharlaşma ve atk'ya bağlı değişimi	65
Şekil 4.16.	Akış katsayısının buharlaşma ve eğime bağlı değişimi	66
Şekil 4.17.	Akış katsayısının atk ve eğime bağlı değişimi	66
Şekil 4.18.	Hesap sonucu elde edilen veriler ile model sonuçlarının saçılma diyagramı	67
Şekil 4.19.	Hesap sonucu elde edilen veriler ile model sonuçlarının seri grafiği	68
Şekil 4.20.	Akış katsayısına ait harita	71
Şekil 4.21.	Eş taşkın debisi eğrileri (kontür haritası)	73

KISALTMA VE SİMGELER

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
ArcGIS	: Ölçeklendirilebilir Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımı
BM	: Bulanık Mantık
^{o}C	: Santigrad derece
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇDR	: Çoklu Doğrusal Regresyon
ÇDOR	: Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon
DSİ	: Devlet Su İşleri
FLO-2D	: İki Boyutlu Dinamik Taşkın Öteleme Yazılımı
FRs	: Bulanık Kurallar
HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Center's River Analysis System
MLM	: Maksimum Olabilirlik Metodu
MO	: Momentler Metodu
MFs	: Üyelik Fonksiyonları
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MIKE 11 NAM	: Hidrolojik Model
MIKE FLOOD WATCH	: CBS Tabanlı Hidrolojik Program
GA	: Genetik Algoritma
PWM	: Olasılık Ağırlıklı Momentler Metodu
SCS	: Toprak Koruma Servisi
SMRGT	: Simple Membership Functions and Fuzzy Rules Generation Technique
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
YAGİ	: Yağış Gözlem İstasyonu

YSA	: Yapay Sinir Ağları
B	: Havzanın en geniş kısmının mesafesi
k	: Havza karakteristiği
m	: Havza biçim faktörü
n	: Yağış-akış sürecinin hafızasını kontrol eden bellek parametresi
R_B	: Havza çatallaşma oranı
R^2	: Determinasyon katsayısı
C	: Akış katsayısı
a	: Modele bağlı akış katsayısı
a	: Havza görünüm oranı
C_i	: Bulanık küme çekirdek değerleri
UW	: Bulanık küme birim genişliği
H_m	: Havzanın ortalama yüksekliği
H_o	: Su ayrım çizgisi üzerindeki en büyük yükseklik
H_p	: Çıkış noktasındaki yükseklik
K_i	: Bulanık küme anahtar değerleri
L	: Ana akarsu kolunun uzunluğu
N_n	: n. dereceli akarsuların sayısı
X_R	: Değişim aralığı
$X_{min,\ max}$	: En düşük ve en yüksek değişken değerleri
EUW	: Taban genişliği
O	: Çakışan komşu üyelik kümelerinin değerleri
n_u	: Dik üçgen sayısı
$\propto$	: Akış katsayısı
Q_0	: Havza büyüklüğü
P_0	: Ortalama yıllık yağış yüksekliği

1. GİRİŞ

Su kaynakları tüm canlılar için hayati bir öneme sahiptir. Ancak devamlı olarak artan aşırı ve çarpık kentleşme, sulu tarım, küresel boyuttaki iklim değişikliği ve nüfüs artışı, sanayileşme ve çevre kirliliği su kaynaklarının kirlenmesine ve yetersiz kalmasına neden olan önemli faktörlerdendir. Yeryüzünde bulunan tüm su kaynaklarının ve yağışların hem zamansal hem de konumsal açıdan heterojen dağılmasından dolayı bazı havza veya bölgelerde su kıtlığı görülmekteyken bazısında ise su fazlası görülmektedir. Aşırı yağışlar neticesinde hidrolojik yönden birçok sel ve taşkın meydana gelmektedir. İnsanlar, bilerek ya da bilmeyerek küreselleşen dünyamızda her geçen gün doğal ve bakir yerleri tahrip etmeye ve azaltmaya mecbur bırakmıştır. Doğanın kendi dengesine müdahalede bulunarak insanoğlu doğal olayları afete dönüştürmekte ve böylece bu afetlerden ötürü meydana gelen can ve mal kaybı gittikçe artmaktadır. Dağların, denge rolü oynadığı yerkürede, yolların, tünellerin, maden ocaklarının, baraj ve benzeri dev yapıların imalatı bu dengeyi bozması riskini getirmektedir.

Afete dönüşmesi potansiyeli yüksek doğal olaylar depremler, taşkınlar, heyelanlar, yangınlar, kasırgalar, fırtınalar, çığlar, yanardağ patlamaları vb. olarak sıralanabilir. Doğal olayların tetiklenmesinde ve afete dönüşmesinde ve doğal dengenin bozulmasında insanoğlunun rolü çok büyüktür. Geçmişte su kenarına yakın alanlara yerleşkeler kuran insanoğlu buradaki toprak yapısı ve zeminin geçirgenliğine çok fazla müdahalede bulunmazdı. Oysa günümüz dünyasında, gelişen metropoller, yükselen binalar, genişleyen asfalt yollar ve benzeri müdahaleler çok artmıştır. Geçmişten beri akan bir derenin kendi kendini aşındırarak elde ettiği su yolu (akarsu yatak morfolojisi), bugün insan eliyle derinlik veya genişlik olarak artırılıp azaltılmaktadır. Bu da suyun dere yatağından taşmasına ve taşkın hadisesinin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Küresel ölçekteki doğal afetlerin meydana getirdiği can ve mal kaybında birinci sırayı depremler alırken, ikinci sırada taşkınlar yerini almaktadır (Özcan ve ark. 2009).

Taşkınların kısmen veya tamamen önlenmesi veya bunlara karşı tedbir alınması için öncelikle bunların doğru bir şekilde tahmin edilmesi, risk haritalarının oluşturulması ve bu riskin zamansal değişiminin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla günümüzde genellikle salt veri esaslı olan ve yaygın bir şekilde kullanılan istatistik ve karakutu yöntemler ile yapay zekâ (Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritma vb.) teknikleri ile geliştirilen

modeller genel olarak hangi havza ya da bölge için genelleştirilmiş ise yalnız orası için geçerliliğini korur. Diğer bir ifade ile genelleştirilemezler (Toprak 2004). Lakin fizik temelli modeller hemen hemen her havza için genelleştirillebilme özelliğine sahiptirler. Bu çalışmada herhangi bir havzada akış katsayısını ve taşkın debisini tahmin eden fizik tabanlı bir model geliştirilmiştir. Model, bulanık mantık yönteminden faydalanılarak geliştirilmiştir. Mamdani yaklaşımı operatör olarak kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi (modele ait girdi ve çıktıların bulanıklaştırılması) ve bulanık kural tabanının oluşturulması için Toprak (2009) tarafından geliştirilen Simple Membership Functions and Fuzzy Rules Generation Technique (SMRGT) yöntemi kullanılmıştır. SMRGT modele fizik-sebep-sonuç ilişkisini de yansıttığı için diğer yöntemlere tercih edilmiştir.

1.1. Taşkın

''Taşkın'' kelimesi, Türkçe'de olduğu gibi kullanılmakla beraber Türkçe'deki karşılığı ''su baskını'' veya ''feyezan''dır. Bilimsel terminolojide ise toprağın akarsu, yağmur veya başka sebeplerle oluşan büyük miktardaki su baskınlarına maruz kalmasıdır. Ülkemizde ve dünya genelinde meteorolojik, jeomorfolojik ve insan kaynaklı etkenlere bağlı olarak gerçekleşen taşkınlar, her zaman ciddi anlamda önlem alınması gereken su menşeili doğal afetlerden biri olmuştur. Özellikle son yıllarda taşkın oranlarında ciddi bir artış meydana gelmiştir. Yerleşim merkezlerinin suya yakın yerlere kurulması taşkın riskini oluştururken, şehirleşmede ve su yapılarının inşasında imar planına ve geçerli mevzuata uyulmaması bu riski artırmaktadır.

1.2. Taşkınlarda Problemler Nelerdir?

Taşkın olaylarının afete dönüşmesinde en büyük rolü insanoğlu oynamaktadır. Taşkın olayında birinci problem taşkının afete dönüşmesi riskinin artması, ikincisi rastgele bir olay olması nedeniyle önceden bilinmemesi, üçüncüsü önlenmesinin teknoloji ve para gerektirmesi, dördüncüsü hasar tespitinin güç olmasıdır.

1.3. Çalışmanın Konusu, Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın konusu yukarıda belirtilen Dört problemden sadece ikincisine yönelik bir çözüm getirmektir. Başka bir ifade ile bu çalışmanın amacı taşkınların zamansal ve konumsal açıdan risk haritalarını ve grafiklerini Kalecik havzası özelinde elde etmektir. Taşkınların tahmini için akış katsayısının mümkün olduğunca doğruya en

yakın şekilde belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada Bulanık SMRGT yöntemi ile akış katsayısı örnek bir havza için belirlenmiş, daha sonra belirlenen akış katsayısı kullanılarak ve literatürdeki taşkın belirleme yöntemlerinden de yararlanılarak taşkın risk haritaları belirlenmiş ve zamansal olarak da analiz edilmiştir. Geliştirilen model, Kalecik havzası için geçerli olmakla birlikte modelde yapılabilecek çok küçük değişiklikler ile genelleştirilerek herhangi bir havza için geçerli hale getirilebilmektedir.

Taşkınlar can, mal kayıplarına neden olmakta ve çevreye büyük ölçüde zarar vermektedir. Küresel düzeyde depremlerden sonra en çok can ve mal kaybına neden olan afete dönüşen doğal olaylardır. Bunun yanısıra sosyal ve kültürel açıdan da ciddi zararları olan bir afet türüdür. Kirmencioğlu (2015) taşkınların ayrıca faydalarından şu şekilde söz etmektedir: "Çünkü taşkın diğer afetlere nazaran faydalı yönleri de azınsanmayacak derecede olan bir afettir. Taşkınları sellerden ayıran en önemli detaylardan biri seller eğimli topoğrafyayı haiz yerlerden kendisiyle beraber büyük taş yığınları ve verimsiz toprak getirirken, taşkınlar ise beraberinde yüzeysel toprağı kaldırdığı için verimli topraklar taşır. Özellikle havzada bulunan yeraltı suyunun artması, taşkının kendisiyle beraber getirdiği verimli toprak ve minerallerin tarım için gerekli olan verimi artırması, kurak ya da yarı kurak alanlarda belli aralıklarla gelen taşkının orda yaşayan canlılar için hayati olması, nehirlere ve göllere su canlıları için gerekli olan bazı besinleri taşıması, taşkının faydalarından bazılarıdır (Kirmencioğlu 2015). Akay ve Baduna Koçyiğit (2018) ise taşkınların hidrolojik ve biyokimyasal olarak akifer beslenmesi, sediment ve besin taşınması için çok yararlı bir rol üstlenmesine rağmen, yıl içinde en fazla can ve mal kaybı yaşanan doğal afetlerdir demektedir (Akay ve Baduna Koçyiğit 2018). Her nekadar Akay ve Baduna Koçyiğit (2018) taşkından "doğal afet" diye söz ediyorsa da bu ifade doğru görülmemekte ve bunun yerine "afete dönüşen doğal olay" demenin daha doğru olduğunu belirtmekte yarar vardır. Yukarıda belirtilenlerden hareketle, taşkınların önceden tahmin edilmesi, hem taşkının zararlarından koruma hemde getirdiklerinden faydalanma açısından oldukça önemlidir.

Gerek Türkiye gerekse Dünyamız açısından yerel ve küresel bir problem haline gelen taşkınlar kesin bir yöntemle önlenememekle birlikte üzerinde hala yoğun bir şekilde etkisi minimize edilecek şekilde çalışılan ve tartışılan popüler bir konu olarak önemini korumaktadır. Özellikle son yıllarda artan taşkın afetlerinden neredeyse etkilenmeyen çok az sayıda mecra vardır. Kalecik havzasındaki bu meteorolojik ve insan kaynaklı afetleri

önceden tespit etmek ve erken müdahelelerde bulunmak ya da önceden olası tedbirleri almak bu havza içerisindeki can ve mal zayiatlarını önlemek için son derece elzemdir. Havzada bir il kent merkezi, dört ilçe kent merkezi ve 245 köy veya mezra niteliğinde yerleşim birimi bulunmaktadır. Yerleşim birimlerinden 26 tanesi riskli grupta, 84'ü orta riskli grupta, 65'i az riskli grupta yer almaktadır. Bu da örnek olarak havza seçiminin önemini göstermektedir. Yapılan araştırmanın diğer havzalar için de örnek bir çalışma teşkil etmesi düşünülmektedir. Nitekim önlem alınmayan havzalardaki taşkınların zararları göz önüne alındığında olayın ciddiyeti bir kez daha önem kazanmaktadır.

1.4. Çalışmada İzlenen Yol

Geniş bir literatür çalışmasının konuya daha fazla katkı sağlayacağı düşünülerek yüze yakın çalışmaya ulaşılmış ve bu çalışmalar hakkında inceleme yapılarak konuya yakınlıklarına göre sınıflandırma yapılmıştır. Özellikle tez çalışmasına yakın olduğu düşünülen ona yakın çalışma daha da yakından incelenmiştir. Çalışmada; literatürde henüz yeni olması, çeşitli disiplinlerde kullanılması ve çok başarılı sonuçlar vermesi nedeniyle Bulanık SMRGT yöntemi tercih edilmiştir. Yapılan literatür taramasına göre bu çalışma, aynı zamanda SMRGT yönteminin bu alana ilk uygulaması olmaktadır. Yakın bir çalışma olarak daha önce Karakaya (2018) akış katsayısının belirlenmesinde aynı yöntemi kullanmıştır. Ayrıca Kriging ve Sayısal Yükselti Modeli kullanılarak havzaya ait meteorolojik, jeomorfolojik ve akış katsayısı haritaları çıkarılmıştır. Havzaya ait yağış, buharlaşma ve sıcaklık haritaları için Kriging yöntemi kullanılmış ve bu yöntem "metod" kısmında açıklanmıştır. Eğim, bakı ve yükselti haritaları için ise 1/25000 ölçekli topoğrafya haritasından Sayısal Yükselti Modeli kullanılmış ve ArcGIS programı içerisinde Arc toolbox modülünde Surface aracı kullanılarak $10 \times 10m$ hücre boyutunda haritalar üretilmiştir. Ayrıca çalışmanın kapsamı doğrultusunda havzada daha önce meydana gelen taşkınlar araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu çalışmayı yakından ilgilendiren 3 temel alt konu olduğu için, mevcut konularla ilgili literatürün birçoğu tartışılmıştır. Bunlardan bir tanesi akış katsayısı, diğeri iklim değişikliği, sonuncusu ise taşkınlarla alakalı çalışmalardır. Dolayısıyla literatür taraması 3 alt başlıkta verilmiştir.

Konunun tarihçesi verildikten sonra sırayla akış katsayısı, iklim değişikliği ve son olarak taşkın ile ilgili literatür verilmiştir.

2.1. Konunun Tarihçesi

Konunun tarihçesi en iyi şekilde Öztürk (2006)'da verilmiştir. Öztürk (2006) konunun tarihçesine dair şunu zikretmektedir: "Taşkınlar ile alakalı ilk çalışma Kuicling tarafından 1899 yılında rasyonel metot kullanılarak hesaplanmıştır 1914'te Fuller, 1924'de Foster, 1930'da Hazen'in ortaya koyduğu formül ve 1932'de Sherman'ın ilk defa ortaya attığı birim hidrograf kavramı o zamana dek yapılan çalışmalara yenilik getirmiştir". Bu dönem taşkın veya akış katsayısı konusu ile ilgili emekleme dönemi çalışmaları olarak görülebilir. Yazar devamında, "Birim hidrografın adımının ilk defa 1936'da Slade ve 1938'de Synder atmıştır. Hidrolojinin gelişmesinde 1857'de Mockus'un uygulamaları, 1941'de Gumbel ve Frechet, 1952'de Taylor ve Scwarz, 1954'de Soil Convertion Servicen'in geliştirdiği üçgen birim hidrograf önemli bir yere sahiptir. 1959'da boyutsuz birim hidrograf kavramını Keppel, Hickok ve Rafferty ortaya atmış ve aynı yıl yağış ilişkilerinde kullanılmak üzere Nash tarafından geliştirilmiştir. 1961'de küçük havzalardaki sentetik birim hidrograf metodunu Gray uygulamaya koymuş ve aynı yıl Potter yöntemi uygulama sahasında yer bulmuştur. 1962'de Chow SCS yöntemini yeniden revize etmiş ve aynı yıl küçük havzalar için Reich Pearson-III dağılımını kullanarak proje hidrografları geliştirmiştir. 1965'de Wu, Nash, Edson, Gray yöntemlerine paralel olarak Gamma dağılımını ortaya atmıştır. 1965'de Reich ve Heimstra küçük havzalarda maksimize taşkın tahmini çalışmasını yapmıştır" demektedir. Bu dönem de konunun çocukluk dönemi olarak anılabilir. Daha sonra bilgisayar dönemi başlamış ve ilk bilgisayar uygulamaları olarak Öztürk (2006), 1966'da Linsley ile Grawfort'ın Stanfort modelini ve aynı yıl Bayazıt Enstantane birim hidrograf yöntemini Spektral analiz yoluyla geliştirdiğini belirtmektedir. Yine, 1967'de Viryant ve Newton'ın bilgisayar yardımıyla karmaşık yağışlardan birim hidrograf çıkardığını, 1967'de rasyonel

metot deneysel yollarla incelendiğini ve 1968'de geliştirilmesini hedefleyen çalışmaların yapıldığını eklemektedir (Öztürk 2006). Daha sonra olgunluk dönemi Morr, Bell, Mc Sparsan, Schutze, Brazee, Merva, Schwab, Curry, Surkan, Hotan Clark, Hudlow, Fogel, Cordery, Franz, Fileming, Kubilay, Gündoğar ve Gülerman ile devam etmektedir. Daha detaylı bilgi için Öztürk (2006)'nın incelenmesi önerilmektedir.(Öztürk 2006).

2.2. Ülkemizde ve Dünyada Taşkın

Dünyanın yaratılışından beri doğa olayları tedrici veya ani olarak devam etmektedir. Bu doğal olaylarının bir kısmı afete dönüşmektedir. Tarih boyunca bilim insanları (hidrologlar, jeologlar vb.) insanlık ve dünya için taşkın üzerinde sayısız çalışmalara imza atmışlardır. Taşkın çalışmalarında geçmişte klasik (konvensiyonel) yöntemlerden kullanılırken, gümüzde ise modern yöntemler tercih edilmektedir. Osmanlı arşivlerine göre Osmanlı'nın özellikle son dönemlerinde çok sayıda insan Anadolu'da meydana gelen sel felaketlerinde yaşamını yitirmiştir (Sunkar ve Toprak 2016). Doğal afetlerle alakalı gerçekleştirilen trend analizleri, taşkın hadisesinin ve verdiği zararların son yıllarda arttığını göstermektedir (Berz 2000). Ülkemizde taşkınlardan dolayı her yıl ciddi anlamda mali kayıplar yaşanmaktadır. 1957'de Ankara ile 1995'te İzmir'de gerçekleşen sel afetleri ülkemizde en fazla hayatın kaybedildiği sel afetleri olarak tarihe geçmiştir. Özellikle 1995 yılı Kasım ayında Ege kıyılarında başlayan şiddetli yağışların oluşturduğu taşkınlar İzmir ve civarında yüzlerce yerleşim yeri ile binanın zarar görmesine ve 61 kişinin yaşamını yitirmesine sebep olmuştur. 1998 yılı Mayıs'ında Batı Karadeniz bölgesindeki 5 ilde meydana gelen taşkınlar, 2 milyon civarı insanı etkilemiş olmasıyla beraber, 30 kişinin ölmesine, 151 dere ve ırmağın yatağından taşmasına ve 478 evin tamamen suya gömülmesine sebep olmuştur (Kömüşcü 2011). Ayrıca 2002-2013 yılları arasındaki taşkın afetlerinde Türkiye toplam 867 milyon US Doları maddi zarara uğramıştır (Em-dat 2016). Dünya genelinde 1980'den sonra su bazlı doğal afetlerin frekansında bir artış ve buna bağlı olarak da sel ve taşkın üzerine bilimsel araştırmalarda da ciddi bir dikkat ve yoğunlaşma başlamıştır (Sunkar ve Toprak 2016). Avrupa'da 1998-2004 yılları arasında cereyan eden su afetleri tüm doğal afetlerin toplamda %43'üne tekabül etmektedir. Bu yıllar arasında meydana gelen 100 büyük taşkın Avrupa'da 700 kişinin ölümüne, yarım milyon insanın evlerinden olmasına ve yaklaşık 25 milyar Euro'luk ekonomik zarara yol açmıştır (Efeoğlu ve ark. 2010). 1900-2008 yılları arasında uluslararası ölçekte acil afet verilerine göre dünya genelinde 2238 taşkın meydana gelmiş,

2 milyar civarında insan etkilenmiş, yaklaşık 3 milyon insan hayatını kaybetmiş ve 200 Milyar ABD dolarının üstünde maddi zarar oluşmuştur (Altundal 2010). Dünya genelinde 2005-2015 yılları ortalaması alındığında her yıl yaklaşık 183 milyon insan doğal afetlerden (taşkın, sel, deprem vb.) etkilenmiş ve ortalama 83 bin insan hayatını kaybetmiştir (Em-dat 2016).

2.3. Önceki Çalışmaların Değerlendirilmesi

Kalecik havzasında yapılan önceki taşkın çalışmalarında havzanın Muş ili sınırları içinde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD) verilerine göre 1963-2015 yılları arasında 32 adet sel ve taşkın olayı yaşanmıştır. Bunların 13'ü 2000 yılından önce yaşanırken, 19'u 2000 yılından sonra yaşanmıştır. 2000 yılından sonra sel ve taşkın sayısı hem burada hem de küresel ölçekte belirgin bir şekilde artış göstermiştir (Dölek 2016). Ülkemizde taşkın tehlikesine en çok maruz kalan 10 ilden biri olan ve yıllık sıklık oranı 0.132 olan Bitlis'te Güroymak ilçesinin de dâhil olduğu 1996-2005 yılları arasında meydana gelen aşırı yağışlar birçok yerleşim birimini sular altında bırakmıştır (Işık ve Özlük 2012). Havzanın batısınında bulunan Karlıova'da ise meydana gelen aşırı yağışlar 2009'da Boncukgöze köyünü ve 2014'de Dörtyol köyünün doğusunu sular altında bırakmıştır. 2013'ün Mart ayında ise ilçenin 20 km güneybatısında yer alan HES I barajında aşırı yağışlar taşkını tetiklemiş ve büyük çaplı hasarlar meydana getirmiştir (Avci ve Günek 2015).

Literatür çalışmasını 3 alt başlık altında toplamak, konunun parçadan bütüne doğru daha iyi anlaşılmasında faydalı olacaktır. Bunun yanında başlıkların akış katsayısından başlayarak sıralanması, aralarında olan aşamalı bağlantıları ve birbirleriyle olan ayrılmaz ilişkilerini de gözler önüne sermektedir. Çünkü yağış akışı, akış da taşkını etkileyen bir değişken olup iklim değişikliği de akış ve yağışı dolaylı yoldan etkilemektedir.

2.3.1. Akış Katsayısı Üzerine Yapılan Çalışmalar

Bir akarsu kesiti içerisinde belirli bir zaman zarfında ilerleyen su kütlelerinin yerçekimi doğrultusunda birden fazla kesitten geçerek, yol alması ve belli bir noktaya varması süresi zarfında vuku bulan olaya akış denir. Yağış ve akış su çevrimine yön veren iki ana unsurdur. Bir kanalın havzasına düşen yağışın tamamı sızma, buharlaşma ve yeryüzündeki tutulmadan dolayı akışa geçemez. Akışa geçen oranı olan akış katsayısı,

akış derinliğinin yağış derinliğine bölünmesiyle hesaplanır. Akış katsayısı hesabında zaman (yıllık, aylık) ve olay odaklı (hidrograf analizi) olmak üzere iki farklı yaklaşım vardır. Büyük havza ile küçük havza arasındaki akış katsayısı hesabında ciddi anlamda farklılıklar ve güçlükler vardır. Çünkü havza genişledikçe gözlem istasyonlarının sayısı azalacak bundan dolayı da az istasyon sayısının havzanın davranışı hakkında yeterli bilgiyi verememesi sıkıntısı doğacak ve model kurmakta zorlaşacaktır. Akış katsayısı, yağışın mevsimlik dağılımı, yağış alanı, yağış yoğunluğu, zemin cinsi, sızma oranı, havza parametreleri, şehirleşme, su biriktirme yapıları, yapay yer altı suyu beslemesi ve havza içi su transferleri gibi önemli içsel birçok faktöre bağlıdır (Pektaş 2013). Ancak bu çalışmada bu değişkenler gruplandırılarak sayıca azaltılmıştır. Zira değişkenlerin sayıca fazla olması her zaman modeli en iyi yapmaz. Değişkenleri modele yansıtırken değişkenlerin her birine kıymetince kıymet vermek gerekir (Toprak 2019). Toprağın nem döngüsünü tespit etmede önemli bir role sahip olan akış katsayısı, zemin neminin zamana göre olan değişimini izlemede çok önemli bir parametre olarak değerlendirilebilir ve bu katsayının artması durumunda zeminin çoraklaşması ve yeşil alanların azalması teşhisi konulabilir (Savenije 1996). Savenije (1996), akış katsayısının yüksek olması halinde sızmanın daha az olacağı gerçeğinden hareketle böyle bir tespitte bulunmaktadır. Doğru bir tespit olmakla birlikte buharlaşma ve eğim değişkenlerini dikkate almadığı görülmektedir. Taşkın debisi ile ilgili çalışmalarda akış katsayısı önemli bir parametre olarak yer almaktadır. Yağış olmazsa akış hadisesi meydana gelmez ve akış katsayısı belirlenmeden taşkın debisi belirlenemez. Dolayısıyla taşkınlar incelenirken ve taşkın debisi hesaplanırken akış katsayısının doğru hesaplanması, doğabilecek muhtemel zararların asgari düzeye indirilmesine yardımcı olacaktır. Goudie (2006), Douville ve ark., (2002)'a atıfla akışın sıcaklığa bağlı olarak artacağını çünkü sıcaklığa bağlı olarak yağışların artacağını belirtmektedir. Yine yazar Labat ve ark., (2004)'a atıfla tarihi akış kayıtlarının, her bir ^{o}C sıcaklık için akışın yaklaşık olarak %4 arttığını ilave etmektedir (Goudie 2006). Sıcaklığın artmasına bağlı olarak buzul ve kar erimeleri nedeniyle akışın artacağı söylenebilir. Sıcaklığa bağlı olarak yağış miktarında da artışın olabileceğini söylemek mümkündür. Ancak sıcaklığa bağlı olarak buharlaşmanın da olacağı dikkate alınırsa akışın, çalışmada belirtilen oranda ve sadece yağışlardaki artış nedeniyle artacağını söylemek kanaatimizca fazla iddialı bir tespittir. Anılan çalışmalarda küresel boyutta yapılan tespit kar ve buzul erimeleri neticesinde olması mümkündür. Özellikle

son yıllarda yağış-akış çalışmalarına, uzaktan algılama teknolojileri büyük kolaylıklar sağlamıştır. Akım hesaplamalarında model için gerekli olan veriler, uzaktan algılama teknolojisiyle elde edilir (Nayak ve Jaiswal 2003). Örneğin ArcGIS yöntemi kullanılarak küçük drenaj alanı olan havzalarda hidrolojik değişkenler hesaplanabilir ve dolaysız akış hidrograflarının tespiti çokda zor olmayan bir hidrolojik modelle bulunabilir (Akay ve Baduna Koçyiğit 2018).

Mimikou ve Rao (1983) akış katsayısı üzerine yaptıkları çalışmada Yunanistan'daki Aracthos Nehri Havzası üzerinde bölgesel olarak aylık yağış-akış modeli tasarlamışlardır. Model hem lineer hem de nonlineer yağış-akış özelliklerine sahip havzalara uygulanabilen bir yapıya sahiptir. Modelde havza karakteristiği modelin derecesi k ve yağış akış sürecinin hafızasını kontrol eden n olmak üzere 2 adet parametre kullanılmıştır. Modelin ana amacı ise akım verilerinin olmadığı diğer havzalarda kullanılıp bölgeselleştirilmesidir.

Tsykin (1985), basit zaman serileri ile bir model geliştirmiş ve aylık akış debilerini hesaplayabilmek için Avustralya'da uygulamıştır. Yapılan çalışmalarda R^2 katsayısı 0.90-0.96 bandında hesaplanmıştır. Yalnız bu ve buna benzer çalışmalarda zaman serilerine regrasyon analizinin uygulanabilmesi için seriye ait trendlerin zaman içinde değişime uğramaması ve verilerin normal, doğrusal ve homosedastik dağılmış olması gerektiğini göz ardı etmemek gerekir.

Kothyari (1995) Hindistan'da alanları 1515 km^2'den az olan ve kar yağışı görülmeyen 31 havzanın verilerini kullanarak aylık yağış, akış modeli geliştirmiştir. Modelde diğer modellerden farklı olarak ormanlık alan ve aylık ortalana sıcaklık verileri kullanılmıştır. Sonuç olarak veri sıkıntısı olan havzalarda muson ayları (haziran ve ekim arası) zamanında aylık akış tahminlerini bu modelle hesaplamanın tatminkâr sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada kullanılan 31 adet havza alanının hiçbirinin 1515 km^2'yi geçmemesi ve yazarın özel olarak havza alanına bir sınır vermemiş ve daha büyük havzalara uygulanması halinde yine gerçekçi sonuçları verip vermeyeceği tartışılmamıştır. Hâlbuki SMRGT yönteminin kullanıldığı bu çalışmanın uygulandığı havza alanı 5460 km^2 gibi büyük bir alan olduğu için bu ve daha büyük havzalara uygulanacağı düşünülmektedir.

Merz (2006), Avusturalya'daki 80 ile 10000 km^2'lik alanlara sahip 337 havzada 50000 adet yağış akış olayının verilerini saatlik olarak akış katsayısı hesabında kullanmıştır. 1981-2000 yıllarını kapsayan verileri kullanarak zamana ve mekâna göre yaptıkları bu çalışma ile mekâna bağlı akış katsayısının arazi kullanımı ve toprak cinsi ile zayıf lakin yıllık ortalama yağış yüksekliği ile güçlü bir korelasyon göstermektedir. Akış katsayısı hesaplamalarında zaman odaklı bir yaklaşım varsa dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da bu zamanın çok kısa (saat, gün) olmamasıdır. Nitekim en az altı ay veya yıllık hesaplamalar daha makul ve gerçekçi sonuçlar verecektir.

Parida ve ark. (2006), YSA modelini kullanarak yarı kurak havzalar için akış katsayısı tahmininde bulunmuşlardır. Su bütçesi teknik modelini Botswana Notware havzası üzerinde uygulayarak 1978-2000 yılları arasındaki akış katsayılarını hesaplamışlardır. 2020'ye kadar akış katsayısındaki artışın %1 civarında olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma özellikle yarı kurak havzalar için önemli bir emsal teşkil etmesiyle beraber, model için kullanılan yağış, buharlaşma, sıcaklık, nem kapasitesi ve kentleşmenin yanında çok önemli bir değişken olan ve hesaba katılmayan eğimin de modele dâhil edilmesi akış katsayısı için daha reel bir sonuç alınmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Cleveland ve ark. (2006), Amerika'nın Teksas eyaletinde toplamda 91 istasyondan alınan 1600 civarı fırtına verisiyle anlık birim hidrograf analizini yaparak yağış-akış modeli oluşturmuştur. Gözlemlenen veriler modelde birbirinden farklı 2 değerlendirme fonksiyonu ile uygun hale getirilmiştir. Model Teksas Hidrografı ile kıyas edilmiş ve güvenilir bir performansa sahip olduğu görülmüştür. Birim hidrograf modeli havza modellemesinde kullanılan en yaygın modeldir. Fakat havza modellenirken maruz kalınan en büyük zorluk lineer olmayan yağış akış ilişkisidir. Nonlineer olan bu sistemlerde bazı kabuller yapılıp sistem lineer hale getirilmelidir.

Özdemir (2007)'de, Havran çayı havzasının alt havzaları üzerinde uzaktan algılama teknolojilerinin kullanıldığı SCS (Soil Conservation Service) yağış-akış modelini uygulamıştır. Yapılan çalışmada alt havzalar arasında alan farkı olmasına rağmen, analizlerle bulunan maksimum akım verilerinin birbirlerine yakın değerlerde olduğu gözlenmiştir. Ayrıca alt havzalar için bulunan akım değerlerinin ana kol üzerinde oluşabilecek taşkın debilerinin hesaplanmasında önemli bir parametre olduğunu

belirtmiştir. Çalışmada sadece yağmur verilerinin yağış-akış analizlerinde hesaba katılması ve kar yağışlarının dikkate alınmaması sonuçları gerçeklikten uzaklaştırmaktadır. SCS modeli genelde küçük alt havzalarda kullanılan bir model olması nedeniyle uygulama alanı olarak sınırlı olduğu için büyük havzalara uygulanması tercih edilmez. Bundan ötürü modelin genelleştirilmesi yönünden zaafiyet gösterdiği söylenebilir.

Sedki ve ark. (2009)'da, Genetik algoritma yöntemini Fas'taki 503 km^2 alana sahip Ourika yarı kurak havzasının yağış-akış tahmininde kullanmıştır. Burada herhangi bir zaman dilimindeki akışı tahmin etmek için bir önceki zamanda gözlenmiş yağış-akış değerleri sistemin girdisi olarak alınmıştır. Sonuçlar model tahminlerinin fevkalede tatminkâr olduğunu göstermiştir. Yalnız YSA, GA gibi karakutu yöntemlerin eğitilmesi için geçmişe yönelik veri setlerinin kullanılması gereklidir, dolayısıyla veri setlerinin olmadığı havzalarda bu yöntemlerin kullanılması zordur. Ayrıca olayın fizik yönünü ele almamaları da bu yöntemlerin dezavantajlarındandır.

Alp ve Cığızoğlu (2004) YSA' nın iki farklı modelini Juniata nehrini çevreleyen ve 8687 km^2 drenaj alanına sahip havzadaki yağış akış ilişkisinde kullanmıştır. Yazarlar, İleri beslemeli geriye yayınım metodu ile bulunan değerlerin genelleştirilmiş regresyon sinir ağı metodu ile bulunan değerlere göre daha verimli olduğunu belirtmektedir. Fakat ileri beslemeli geriye yayınım metodunun daha iyi sonucu vermesi için YSA'nın bilinen bir yapısıyla çok sayıda simülasyon yapmanın gerektiğini de vurgulanmıştır. Birim hidrograf ve YSA modelleri nonlineer olmaları yönüyle benzerlik gösterirler. Lakin YSA lineer olmayan sistemlerde daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Ulukaya (2011) Doktora tezinde fiziksel tabanlı yeni bir modeli yağış-akış ilişkisinde kullanmıştır. Daha sonra yeni modelin performansını artırmak için modele ait değişkenleri, bulanık mantık ve yapay sinir ağlarında denemiştir. Ayrıca bu çalışmada akış tahmin hesaplamaları yapılırken yağışların dışında havzaya ait ıslaklık derecesinin de hesaba katılması modeli fiziksel ve teorik olarak daha özel kılarken, terleme ve buharlaşma verilerinin çalışmaya yansıtılmaması ve etkin yağış yerine toplam yağışın hesaplamalara dâhil edilmesi akım tahminlerinde negatif değerler çıkmasına sebep olmuştur.

Gümüş ve ark. (2013)'de, Orta Fırat Havzasına ait akım ve yağış gözlem istasyonu olmak üzere 2 adet istasyon arasında yağış akış ilişkisini incelemiştir. Bu çalışmada YSA'nın 3 metodu ile Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemi kıyaslanmıştır. YSA tabanlı modellerin ÇDR esaslı modele göre daha yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. YSA tabanlı karakutu modeller salt veri temelli olmaları hasebiyle genelleştirilmelerinde belli başlı güçlükler vardır. Çalışmada Kalecik havzasının 2098 km^2'lik kısmını kaplayan Karasu havzası seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında Karasu 1 ve Karasu 2 havzalarının da dâhil olduğu ve toplamda 5460 km^2' lik alana sahip Kalecik havzası çalışma sahası olarak belirlenmiştir.

Yüce ve Ercan (2015) CBS yöntemlerini kullanarak Kızılırmak havzası ile alt havzaların yağış akış ilişkisini irdelemiş ve ana havzanın akış katsayısını 0,17 bularak literatüre yakın bir değerde hesaplamıştır. Çalışmada alt havza sınırlarının oluşturulması için akım gözlem istasyonları havzanın çıkış noktaları olarak kabul edilmiştir.

Kumar ve ark. (2017) Deterministik bir yaklaşım olan MIKE 11 NAM modelini Hindistan'daki Arpasub havzası için bir akış simülasyonunda kullanmıştır. Modelin kalibresi 1681,8 km^2 alana sahip Kota istasyonunun deşarj verileri kullanılarak yapılmış ve doğrulanmıştır. Bu sonuçlara göre modelin havzaya ait yağış-akış ilişkisini iyi tanımlayabildiğini ve yüzey akışının günlük değerlerini tahmin edebildiği belirtilmiştir.

Akbaş ve Özdemir (2018) Yağış, akış ve buharlaşma arasındaki ilişkiyi MGM ve DSİ'den aldıkları verilerle Marmara Denizi havzası üzerinde araştırmışlardır. Thiessen poligonları yardımıyla yağış ve buharlaşma noktasal verilerden alansal veriye dönüştürülmüştür. Çalışma sonucunda buharlaşmanın havza üzerinde en büyük yetkiye sahip olan değişken olduğu ve su bütçesini olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca yağış ile akış arasında yüksek korelasyon olduğu hesaplanmıştır.

Palta ve ark. (2019)'da, Göksu havzasındaki 2 adet akım gözlem istasyonu ile yağış ve akış üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada Mann-Kendall trend analizi kullanılmış olup Hamam istasyonuna ait akış katsayısı %43.49, Karahacılı istasyonuna ait akış katsayısı ise %41.28 olarak bulunmuştur. Ayrıca Karahacılı istasyonu havzanın çıkış noktasına yakın olduğu için, havzanın tümü hakkında kendisine benzer bilgiler vereceği düşünülmüştür. Yani Göksu havzasının akış katsayısınıda %41.28 olarak kabul

etmişlerdir. Havzadaki yağış ve akış arasındaki büyük kayıp farkının en önemli nedeni buharlaşma olarak belirtilmiştir.

Yukarıdaki araştırmalardan da anlaşıldığı üzere akış katsayısının farklı disiplinlerde çalışma alanının olması ve geniş bir yelpazede çalışılması onu diğer hidrolojik konulardan daha farklı kılmaktadır. Mühendislik alanında kullanılan modeller genellikle GA, YSA, BM, MIKE 11 NAM, Bulanık SMRGT, Birim Hidrograf ve istatistik yöntemler olurken Coğrafya disiplininde uzaktan algılama yöntemlerinin hâkim olduğu CBS, SYS, SCS, ArcGIS modelleri kullanılmaktadır. Bu yüzden farklı disiplinler arasında yardımlaşma ve veri transferi yapılarak bulunacak akış katsayısı değerlerinin gerçeğe yakın olması ve haritalandırılması sayesinde taşkın debilerinin hesaplanması ve yer altı ile yer üstü kanallarının boyutlandırılması işlemlerinin daha da basit bir hal alması beklenmektedir. Bu tespitin yanında şu hususu da belirtmekte yarar görülmektedir: Sadece veriye dayalı Karakutu yöntemler kullanılarak geliştirilen modellerin, farklı verilere karşı farklı sonuçlar verebileceğinden hareketle genelleştirilmesi tarafımızdan doğru görülmemektedir. Bu yüzden akış katsayısının genelleştirilebilir bir yöntem ile modellenmesinin daha gerçekçi olacağı söylenebilir. Bir modelin genelleştirilebilmesi için de geliştirilmesinde olayın fiziksel olarak sebep-sonuç ilişkisini modele yansıtmaya elverişli yöntemler kullanılmalıdır. Bu amaçla bu çalışmada hem olayın rastgeleliğini hem de fizik sebep-sonuç ilişkisini modele yansıtabilme imkânını veren Bulanık SMRGT yöntemi tercih edilmiştir.

2.3.2. İklim Değişikliğiyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Günümüz koşullarında küresel iklim değişikliğinin hidrolojik çevrim ve taşkınlar üzerindeki etkisini küçümsememek ve bu afetlere etkisini gözardı etmemek gerekir. Maalesef yağışlardaki zamansal ve mekânsal değişim, yerel rejim ve yoğunluğundaki farklılıklar mevcut sağanak yağışların yoğunluğunu ve günlerini değiştirmektedir. Bir havza içerisinde yağış ve akış arasındaki bağlantı o havzaya ait hidrolojik özellikleri ve iklim değişikliğine karşı gösterdiği tavrı belirlemede etkilidir (Ardos 1995). Küresel boyuttaki iklim değişikliği, ileriye yönelik (zamansal) taşkın riski tahminlerini güçleştirmektedir. Zira yağışın hiç beklenmediği yaz aylarında meydan gelen ani ve şiddetli bir yağış bir taşkına neden olabilmektedir. Oysa elde mevcut geçmişe yönelik veriler ile yapılan bir analiz bu beklenmedik taşkını tahmin edemeyebilir.

Yerel, bölgesel ve küresel çapta iklim değişikliğinin en önemli izleri hidrolojik kaynaklar ve iklim değişkenleri üzerinde görülmektedir (Nijssen ve ark. 2001). Özellikle 90'larda bilim insanları yaptıkları araştırmalarda iklim değişikliğinin insanoğlu üzerindeki zararlarını araştırmaya başlamışlardır (Janssen ve ark. 2006). Ayrıca küreselleşen dünyamızda iklim değişikliği en büyük çevresel problem olarak önümüze çıkmaktadır (Yu ve ark. 2009).

Bilimsel araştırmalar, küresel ısınmanın bölgeden bölgeye farklı boyutlarda olacağını ve etkilerini her geçen gün daha fazla artıracağını göstermektedir (Smith ve ark. 2008). Örneğin; bazı yerlerde sıcaklıklarda artış, bazı yerlerde azalış görülebilmekte, buna ilaveten bazı yerlerde yağışlarda azalma, bazı yerlerde ise yağışlarda aşırı artış görülebilmektedir (Batan ve Toprak 2015). Dolayısıyla bu örnek üzerinden gidersek, hiç taşkın görülmeyen yerlerde taşkın olma olasılığı artarken, taşkın görülen bölgelerde yağış azalmasına bağlı olarak taşkın frekanslarında azalma görülebilmektir. Bu durumdan etkilenen Fırat havzasında ise 21. yüzyılın sonlarında yağışlarda ciddi bir azalmanın olacağı ve Fırat nehri akımlarında %30-70 civarı bir debi azalması beklenmektedir (Kitoh ve ark. 2008).

Panagoulia ve Dimou (1997)'de kesin kayıtlar olmamasıyla beraber iklim değişikliği ve tarihsel sel olayları arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle 1998 yılı son yüzyıldaki hava ve iklime bağlı doğal afetlerin zirve yaptığı yıl olarak tarihe adını yazdırmış olup, 170 civarı taşkının meydana geldiği zaman dilimidir (Türkeş ve ark. 2000).

Öte yandan son 30-50 yıllık zaman diliminde akarsu debilerindeki akış ve frekanslarda yükselmenin kaydedildiği ve bunun iklim değişikliğinden etkilenmemesinin mümkün olmadığı belirtilmektedir (Prudhomme ve ark. 2003).

Kutuplarda küresel ısınmanın etkilerinin daha net, belirgin ve korkutucu bir düzeyde olduğu görülmektedir. 1950-1990 yılları arasında toplamda 67 buzul kütlesi üzerinde yapılan araştırmalarda, her yıl buzullarda ortalama 48 cm'lik bir incelmenin meydana geldiği belirlenmiştir (Sağlam ve ark. 2008).

Çukurovayı içine alan Seyhan havzasında yapılan hidrometeorolojik çalışmalarda havzaya ait kar ve yüzey akışı hesaplanan değerler ile kıyaslanmış ve sonuç olarak

ilerleyen yıllarda bu değişkenlerin ciddi anlamda düşüş göstereceği belirlenmiştir (Fujihara ve ark. 2008).

Her yıl ortalama 250 bin insan, dünyanın farklı yerlerinde yağış düzeninin istikrarlı olmaması, küresel ısınmanın akabinde gerçekleşen iklim deformasyonu ve doğal bitki örtüsünün değişiminden dolayı meteorolojik orjinli doğal afetlerden etkilenmektedir (Akar ve ark. 2009).

Robinson ve ark. (2010) sıcaklığın artmasıyla beraber ekstrem yağışlarda ve bununla beraber sel ve taşkınlarda artış olacağını belirtmiş ve bundan sonraki süreçte iklim değişikliğine bağlı olarak sel ve taşkınlarda devamlı olarak daha fazla artış olacağını vurgulamıştır.

Bu alandaki farklı bir yaklaşım ise Türkiye'yi çevreleyen deniz sularının yüzeysel kısmındaki sıcaklık değişimlerinin Anadolu yarımadası yağışları üzerindeki etkisinin araştırılmasıdır. Buna göre normalden iki derece daha fazla olan sonbahar ve yaz deniz suyu sıcaklıklarının yağışları artıracağını ve Anadolu yarımadasının birçok bölgesinde sel ve taşkınlara sebep olacağı belirtilmiştir (Bozkurt ve Sen 2011).

Türkiye nüfusunun batıya doğru yığıldığı bilinmektedir. Projeksiyonlar özellikle bu yoğunluğun yüksek olduğu Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinde sıcaklığın az artacağını ve yağışın ise daha fazla azalacağını öngörmektedir. Bunun işareti olarak da Akdeniz ikliminin kuzeye doğru sınırlarının kayacağı belirtilmektedir. Örneğin İstanbul ikliminde Akdeniz ikliminin izleri görülebilecektir. (Şen ve ark. 2013).

Öte yandan şehirlerde gerçekleşen etkinlikler ile iklim değişikliği arasında çift yönlü bir etkileşim meydana gelmektedir. Kentlerin meydana getirdiği iklimsel değişim, sıcaklık artışı, rüzgâr hızı ve deniz seviyesinin değişmesi, taşkınların artması gibi ekstrem olaylar meydana getirmektedir. İklim değişikliği olumsuz etkilerinin kıyı bölgelerindeki deformasyonu iç bölgelere göre daha yıkıcı olacağı tahmin edilmesine rağmen, Muş ve çevre illerde kar yağışının yerini yağmurların alması beklenmektedir (Aydın 2016).

Yukarıdaki çalışmalara bağlı olarak iklim değişikliğinin bu çalışma üzerindeki önemi vurgulanmış ve akış katsayısı ile taşkın konuları kadar geniş bir yelpazede tutulmaması sağlanmıştır. Çünkü küresel iklim değişikliğinin taşkınlar üzerindeki etkisi akış katsayısı gibi doğrudan değilde dolaylı yoldan olmaktadır. Basit bir örnekle açıklanırsa; buzullardaki donmuş tatlı su kütlelerinin erimeye başlaması ile deniz ve

okyanuslardaki su seviyesi artarak yüzey alanı genişleyecek ve akabinde buharlaşma da artacaktır. Böylece buharlaşan su partikülleri bulut moduna girdikten sonra rüzgâr yardımıyla taşınarak hidrolojik çevrimin diğer bir aşaması olan yağış evresine geçecektir. Dolayısıyla artan yağışa bağlı olarak akış katsayısı ve taşkınlar da ciddi bir ivme kazanacaktır.

2.3.3. Taşkın ile Alakalı Çalışmalar

Taşkın hadisesi ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaları kronolojik bir sıraya koymak gerekir. Çünkü yıllara göre artan ve genişleyen istatistik, deterministik ve karakutu yöntem çalışmalarında sonuçlar ve modeller arasında lineer bir ilişki tespiti yapılırsa sonraki çalışmalarda daha kapsamlı, makul ve genelleştirilmesi kolay bir model kurulabilir.

Yapo ve ark. (1993) Markov zincirlerini kullanarak Oklahoma'da bulunan Bird çayının ve Arizona'ya ait Salt nehrinin taşkın debilerini belirlemişlerdir. Markov süreçleri aslında stokastik süreç olarak adlandırılır ve bu süreçler genellikle zaman ve mekâna göre değişiklik gösteren olasılık modellerdir. Böyle süreçlerde genelleştirilememe durumu yaygın görülür.

Stronska ve ark. (1999) MIKE 11 NAM paket programını kullanarak 500 km uzunluğundaki alanın hidrolojik modellemesini yapmıştır. Modellemede, Polonya'daki Wroclaw havzasında Odra nehrinin çevrelediği 92 adet istasyonda ölçülen yağış verileri kullanılmıştır. Ayrıca, aynı çalışmada, MIKE FLOOD WATCH kullanılarak 49.000 km^2 alana sahip havzanın taşkın yayılımı 2 boyutlu olarak belirlenmiştir. Ancak bu modelin uygulandığı 7 km^2 alana sahip Tokat'ın Uğrak havzasındaki akım hesaplamalarında, girdi değişkenlerinin fazla olması ve bu değişkenlerin havzayı tam olarak yansıtamaması sonucunda model istenilen başarı ve performansı gösterememiştir (İrfan ve ark. 2010).

Oliveri ve Santoro (2000) Güney İtalya'da bulunan Palermo şehrinde iki dereye ait drenaj kanalları arasında ve yoğun kent merkezinde bulunan alanların sele maruz kalan yapılarındaki hasar tespitini, sel su seviyesinin yüksekliği ve yapı tiplerini temel alan amprik bir frekans-hasar denklemi oluşturup hesaplamışlardır.

Barbero ve ark. (2001) İtalya'nın Piemonte bölgesinde 37.000 km^2 alana sahip Po nehri havzasında toplamda 70 akım ölçer ve 200 yağış ölçüm istasyonunu kullanarak MIKE FLOOD WATCH ile taşkın modellemesi yapmıştır. 50 bölgede yaklaşık 48 saat

boyunca ölçümler yapılmış ve bu değerler MIKE 11 NAM modülü ile hesaplanan değerlere entegre ettirilmiştir.

Dursun (2008)'de Murat nehrinin Elazığ'ın Palu ilçesi tarafında kalan kısmında HEC-RAS programı yardımıyla yaptığı çalışmada nehir debisinin 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık taşkın tekerrür debilerine ulaşması halinde, taşkın seviyelerine maruz kalacak nehir yatağı ve yerleşim yerlerini hesaplamaya çalışmışlardır. Çalışma sonucuna göre Murat nehrinin 25 yıl ve sonraki taşkın durumlarında su kotunun 860 metrenin üzerine çıktığı ve bundan dolayı bazı yerleşim yerleri ile tarım arazilerinin taşkın riskine maruz kalacağını belirtmişdir.

Özcan ve ark. (2009) taşkın risk analiz hesaplamaları için, çalışma alanını Sakarya alt havzası olarak seçmiş ve 28 yıllık akım verilerini analiz etmiştir. Ayrıca modelleme Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanmışlardır. Bu modellemede iki farklı yöntem (Hidrolojik Modelleme ve Çok Kriterli Karar Verme) kullanılmıştır. Yazarlar, tahmin edilen taşkın risk sonuçlarına göre Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodunda hesaplanan değerlerin alansal olarak daha yüksek çıktığı ve bunun nedenin ise kriterlerin yetersiz olması ve kriterler arasındaki sınırlamaların diğer modele göre daha az olmasıdır. Dolayısıyla taşkın risk hesaplamalarında Hidrolojik Modellemenin daha reel sonuçları yansıttığını belirtmiştir.

Seçkin ve ark. (2010)'de alan, enlem, boylam, kot ve tekerrür periyotlarına bağlı olarak yıllık maksimum akım değerlerini tahmin edecek bir model sunmuştur. Modelleme için Yapay Sinir Ağları kullanılmış ve Batı Karadeniz Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Aynı amaçla Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) ve Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon (ÇDOR) yöntemlerini de kullanan yazarlar, sonuçları birbiri ile karşılaştırmışlardır. ÇDR modelinin YSA modeline nazaran test aşamasında uzak tahminler verdiğini, YSA modelinin gelecekte taşkın debisi hesaplamadaki başarısının ÇDR ve ÇDOR'nun performansına göre daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak kanaatimizce bu yöntemler Karakutu yöntemler olması nedeniyle görece başarı veya başarısızlıkları yeterli güven verememektedir.

Amini (2010), sel riskini azaltmaya yönelik yaptığı çalışmada Sayısal Yükseklik Modelini İran'ın Khoram-Abad şehrindeki nehrin bir kısmı için uygulamış ve taşkına ait derinlik haritasını belirlemiştir.

Sunkar ve Tonbul (2010) Batman ilindeki İluh deresi havzasındaki taşkın ve sel analizleri yapmış, şehrin özellikle son yıllardaki gelişmesine bağlı olarak dere yataklarına yakın yerleri de bünyesine aldığını ve bunun sonucunda hidrolojik doğal afetlere daha fazla maruz kaldığını belirtmiştir. Yazarlar, CBS ve HEC-RAS yöntemine ilaveten diğer yöntemlerden farklı olarak hasar ve morfolojik gözlemlere bağlı üçüncü bir yöntemi taşkın risk analizlerinde kullanmış ve taşkın riski olan havzaların belirlenmesinde özellikle morfolojik gözlemlerin zorunlu olduğunu belirtmiştir. Ayrıca sel ve taşkınların en birincil sebeplerinden birisinin ise jeomorfolojik faktörler olduğunu vurgulamışlardır.

Angelidis ve ark. (2010)'da, Bulgaristan'a ait Arda nehri üzerindeki baraj taşkınlarını kotrol amaçlı birbirinden farklı senaryolar geliştirilmiştir. Özellikle taşkınları mansap kısmında engellemeye yönelik çalışmalar yapılmış ve enerji kayıplarınında minimum seviyeye düşürülmesini hedeflemişlerdir.

Burgan yüksek lisans tezinde çalışma alanı olarak Akarçay havzasını seçmiş ve taşkın debi hesaplamalarında birbirinden farklı (Regresyon, Mockus ve SCS) yöntemleri kullanmıştır. Ayrıca bilgisayar ortamında taşkın öteleme hesabını da yaparak havzanın durumunu incelemesinin yanında 3 boyutlu görsel sonuçları hazırlamıştır. Ayrıca dinamik olarak çalıştırıldığında zamana bağlı taşkın simülasyonlarının videolarını oluşturmuştur (Burgan 2013).

Dölek (2015) Muş ili Sungu beldesi ve yakın çevresi üzerine yaptığı çalışmasında taşkına duyarlı alan ve arazileri belirlemiş ve bunları belli bir yüzdelik rakamla ifade etmiştir. Taşkın duyarlılık haritalarına göre çalışma alanının yaklaşık olarak %54'lük bölümünün yüksek ve çok yüksek taşkın hassasiyetine sahip olduğunu, %14,6'lık bölümün ise yüksek ve çok yüksek sel hassasiyetine maruz kaldığını belirtmiştir. Ayrıca Dölek bu çalışmasında Sungu beldesi ve civarında ciddi anlamda sel ve taşkın felaketlerinin meydana gelmemesi için alana ait ölçeği daha büyük (1/5000) taşkın risk haritaları üzerinde çalışılması gerektiğini vurgulamıştır.

İşler ve ark. (2016)'da, D.S.İ ve Mockus sentetik yöntemlerine farklı bir bakış açısı getirmişlerdir. Yazarlar, Mockus yönteminin 5-60 km^2'lik alanlarda daha anlamlı sonuçlar verdiğini belirtmiş ve bunun sebebi olarak da bu yöntemde kullanılan ve taşkının ana kaynağı yağış süresi olan D katsayısını göstermiştir. D.S.İ sentetik yöntemi için ise,

60 km^2'den daha küçük alanlarda bulunan sonuçların beklenen değerlerden daha büyük olduğunu belirtmişlerdir.

Sönmez ve ark. (2017), D.S.İ sentetik yöntemini kullanarak taşkın tekerrür debilerini hesaplarken, akabinde birim hidrografın ana elemanlarını da hesaplamıştır. Havzanın drenaj alanının 153.3 km^2 olması ve birim hidrograf pik süresi olan T_p'nin 5.37 saat olarak hesaplanması yöntemin uygulanması için herhangi bir engelin olmadığını göstermiştir. Normalde bu değerler için getirilen sınırlamaların drenaj alanı için 1000 km^2'den küçük ve T_p süresinin ise 2 saatten büyük olması gerekmektedir. Ayrıca taşkın debisi hesaplamalarına Mockus modelini de ekleyerek diğer yöntemdeki gibi birim hidrografın ana elemanlarını da bulmuştur. Mockus modelinin uygulama kaideleri için drenaj alanının 1000 km^2'yi geçmemesi ve toplanma zamanı olan T_c'nin 30 saati aşmaması gerekir. Yazarlar kullanılan her iki metodun da bölge için uygun olduğu sonucuna varmış ve bulunan değerlerin birbirlerine yakın olduklarını belirtmiştir. Ancak iki yöntem arasında karar vermek gerektiğinde Mockus yönteminin akım gözlem istasyonlarının olmadığı bölgelerde, hesaplamalara havzanın fiziksel özelliklerini katarak havzayı daha iyi tanımlayacağını ve tercih noktasında havzanın parametrelerini daha çok değerlendireceği kanısına vararak bu yöntem ile hesaplanmış debileri seçmişlerdir.

Elçi ve ark. (2017)'de, Alibey ve Porsuk barajlarını çalışma alanı olarak seçmiş ve bu barajların mansap kısımında ani yıkılma durumunda gerçekleşecek taşkın hareketinin meydana getireceği akım hızları, maksimum akım derinlikleri ve maksimum akım derinliğine varma sürelerini birden fazla modelleme mantığı ile hesaplanmıştır. Modellemelerde ani baraj yıkılması halinde taşkın hidrografı bulunmuş, taşkın hidrografını vadi boyunca ötelemek için HEC-RAS kullanılmış ve taşkın dalgasının yerleşkelerde ve ovalarda FLO-2D ile yayılımı hesaplanmıştır.

Özcan (2017)'de ise Ayamana deresi üzerinde yapılan taşkın analizlerinde Çok Kriterli Karar Verme yöntemi ile Hidrolojik Modelleme arasındaki ortak sonuçlara değinilmiştir. Yazar, ilk yöntemin uygulanması esnasında mevcut coğrafyanın özellikle fiziki parametrelerini dikkate almanın önemini ve Hidrolojik Modelleme analizi yapılırken özellikle akarsuyun yatak geometrisinin bileşenlerini dikkate almanın gerekli olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca yazarın, bu iki yöntemin daha güvenilir ve gerçekçi

sonuçlar vermesi için kullanılacak veri sayısının daha fazla olması gerektiği kanatine vardığı görülmektedir.

Aşıkoğlu (2017), taşkınlarla alakalı frekans analizi hesaplamalarında Ege Bölgesi'ndeki toplam 23 adet istasyon arasından çalışmalar için en uygun olan 6 yağış istasyonunun 24 saatlik yıllık maksimum yağış şiddetlerini kullanmıştır. Çalışmasında yazar, toplamda 4 adet istatistik yöntemi kullandığı ve içlerinden Robust istatistikler metodunun diğer üç yöntem (MLM, MOM, PWM) ile birbirlerine yakın sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Ayrıca robust istatistikler metodunun diğer değişken inceleme metotlarına göre gerçeğe daha yakın değerler verdiğini söylemiştir. Öte yandan yöntemin performansının daha net bir şekilde değerlendirilmesi için sentetik verilerin üretilip analizlere tabi tutulmasının gerekliliğini vurgulamıştır.

Sönmez ve ark. (2017) ise taşkın risk analizleri ile ilgili çalışmalarını İstanbul'a bağlı Şile ilçesinin Ağva kasabasında bulunan Yeşilçay ve Göksu derelerinde uygulamışlardır. Çalışmada 1D HEC-RAS (bir boyutlu modelleme) hidrolik modeli yardımıyla bulunan sonuçlar kent bilgi sistemi ile sekronize edilerek bütün binalar için taşkın su düzeyleri hesaplanmıştır. Bulunan değerlere göre Ağva merkezindeki binaların risk düzeyinin hem düşük hem de yüksek frekansta olduğu tespit edilmiştir.

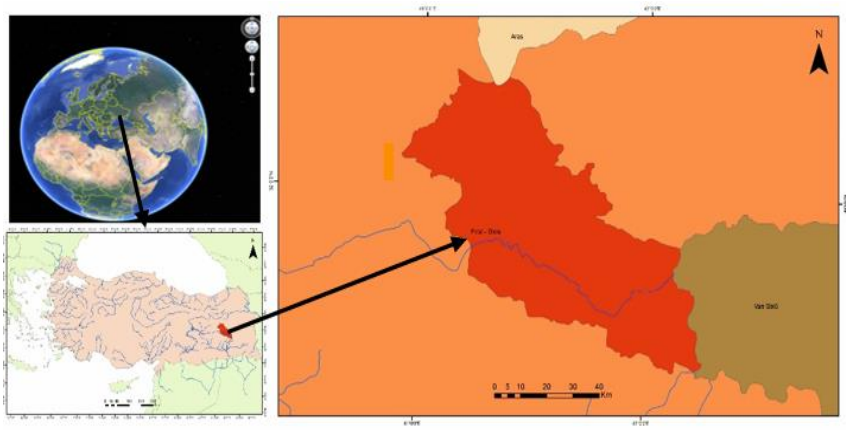
Dikici ve Kazezyılmaz-Alhan (2018) ise Alibeyköy havzası üzerinde taşkın hesabını yapmak için aynı anda istatistik, sentetik ve deterministik yöntemlerin üçünü kullanmıştır. Bu çalışmaya göre istatistik metotlardan Log-Normal III ve Log-Pearson III denemelerinin sonuçlarını 50 yıllık taşkın debileri için küçük bulmuşlardır. Sentetik yöntem olan Mockus ve SCS analizlerinde ise 50 ve 100 yıllık taşkın debilerinden özellikle Mockus yöntemindeki değerlerin son derece yüksek çıktığı belirlenmiştir. Yazarlar, deterministik metot olan MIKE 11 NAM analizlerindeki sonuçların ise istatistik yöntemlerden büyük fakat sentetik yöntemlerden ise daha küçük çıktığı sonucuna varmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı ve Konumu: Kalecik Havzası

Çalışma alanı olan Kalecik havzası, Doğu Anadolu Bölgesin'de Fırat-Dicle Havzasının Yukarı Fırat alt havzasında yer almakta ve Karlıova (Bingöl), Güroymak (Bitlis) ve Muş ili ile Yukarı Murat çevresini kapsamaktadır (Oğuz 1993). Bu çalışma kapsamında ise Kalecik havzası sınırları tarafımızdan, Oğuz (1993)'tan farklı olarak Muş merkez, Korkut (Muş) ve Varto (Muş) ilçesi, Güroymak (Bitlis) ilçesi tamamen ve Karlıova (Bingöl) ilçesinin yarısına yakınının da dâhil olacağı şekilde belirlenmiştir.

Türkiye'de toplam 25 adet havza bulunmaktadır. Fırat-Dicle havzası bu 25 adet havzadan en büyüğü olmakla beraber kendi içerisinde ayrıca alt havzalara ayrılmıştır. Araştırma havzası, Fırat-Dicle havzasına ait alt havza ve su ayrım çizgilerine göre Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından belirlenen alt havza sınırları esas alınmıştır. Şekil 3.1'de Kalecik havzasına ait yer bulduru haritası verilmiştir. Havza 5460 km^2 alana sahip olup bu çalışma kapsamında akış katsayısı ve taşkın analizlerinde bu alanın tamamı dikkate alınmıştır.

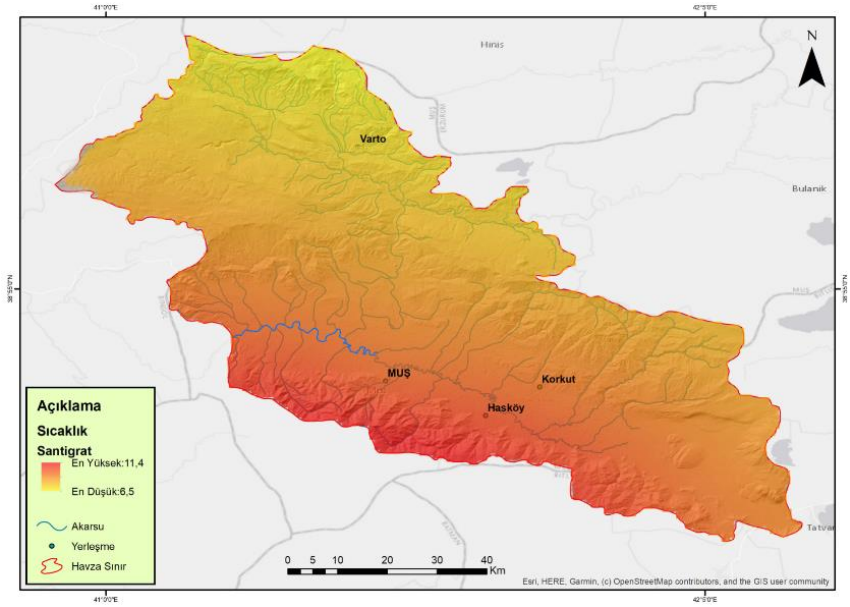


Şekil 3.1. Kalecik havzasının yer bulduru haritası

3.1.1. İklim Özellikleri

Havzanın büyük bir bölümünü kapsayan Muş Ovasında yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin en düşük olduğu dönem Ocak ayında tespit edilmiş olup -7.2 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Aralık, Ocak ve Şubat ayları sıcaklığın sıfırın altında olduğu kış aylarıdır. Mart ayından sonra ortalama aylık sıcaklık değerlerinde artış olmakla beraber yaz mevsiminde bu değer 20 ^{o}C'yi geçmektedir. Temmuz ortalama aylık sıcaklığın 25.7 ^{o}C'yi bulan en yüksek ayıdır. Ovadaki ortalama yıllık sıcaklık değeri 10.7 ^{o}C olarak

belirlenmiştir. Havzanın batısında bulunan Karlıova ilçesinde ise karasal iklim tipi egemen olup yıllık sıcaklık ortalaması 8.4 ºC iken temmuz ve ağustos aylarında 20 ºC'ye çıkmaktadır. Yükseltinin fazla olması nedeniyle sıcaklık çok düşüktür. Yıllık ortalama en düşük sıcaklık -5.5 ºC olarak ölçülmüştür. Havzanın doğu kısmını kaplayan Güroymak ilçesi ise Akdeniz kara iklimi geçiş tipine benzemekle beraber önemli farklılıklar gösterir. Yıllık ortalama sıcaklık 11.2 ºC, yıllık ortalama maksimum sıcaklık 25 ºC ve yıllık en düşük sıcaklık ise -5.14 ºC olarak ölçülmüştür (MGM 2021). Bu çalışmaya ait sıcaklık verileri Kriging yöntemi ile elde edilmiş ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Şekil 3.2'deki haritaya göre havzada Muş ve Güroymak'a doğru ilerledikçe sıcaklıkda artış görülürken Karlıova ve Varto taraflarına doğru sıcaklıklarda düşüş görülmektedir. İstikamet olarak Kuzey'den Güney'e doğru sıcaklık artmaktadır.



Şekil 3.2. Kalecik havzasına ait sıcaklık haritası

3.1.2. Toprak ve Jeolojik Özellikleri

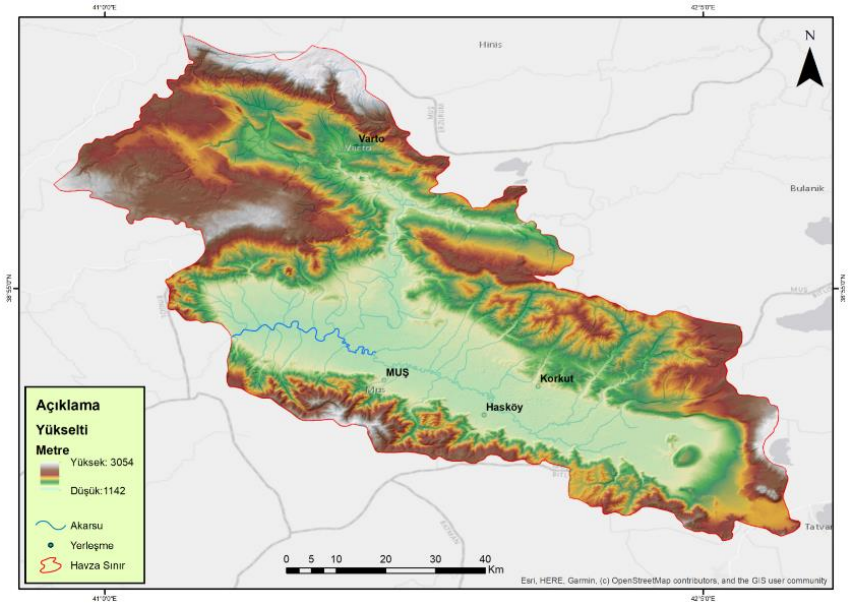
Kalecik havzasında en büyük alana sahip Muş Ovasında farklı özelliklere sahip toprak çeşitlerine rastlanmaktadır. Lakin en çok görülen 2 toprak çeşidi alüvyon ve vertisollardır. Alüvyon topraklar akarsu menderesleri boyunca ve komşu çevrelerde daha yaygın bir şekilde görülürken, dağlık yerlerin ovayla birleşen kısımlarında kolüvyal topraklar daha yoğun olmaktadır. Jeolojik olarak ise tektonik kökenli bir ova olmakla beraber kuzeyinde Tersiyer sedimenter ve güney kısımlarında Palezoik metmorfik şistleri içeren arazilere sahiptir. Volkanik dağlar genellikle ilin doğusu ve batısında bulunduğu alan olan Neojen öncesi temelin üzerinde ve üzerinde kalınlığı yüzlerce metreye sahip

göl orjinli karbonatlı birimler, marn, killi ve kumlu depolar bulunur (Atalay 1983). Alüvyal toprakların özelliği derin ve geçirgen olmalarıdır. Ayrıca Muş ovasındaki bazı yerlerde tabansuyu seviyesinin yüksek olması buradaki toprağın geçirgenliğini azaltmaktadır. Karlıova'da yer altı su seviyesi yüksek ve genel olarak alüvyal toprak bulunmaktadır. Jeolojik olarak ise Paleozoyik-Alt Miyosen ile Hınıs Meteofiyoliti'ne ait birimler en yaşlı metamorfitlerdir. Metamorfitler mermer, şist ve peridoditden meydana gelmektedir. Ayrıca andezit, bazalt ve tüf geniş bir yüzey alanına sahip kayaçları oluşturmaktadır (Avcı ve Günek 2014). Havzanın doğu kısmında kalan Güroymak ilçesinde alüvyal topraklar hâkim olmakta ve jeolojik açıdan Mazik ile Germav domları bulunmaktadır. Bu domları oluşturan ana malzeme trakittir. Germav domu Mazik domuna göre daha genç olup ilksel morfolojisini korumaktadır (Elmastaş 2008).

3.1.3. Yükselti

Yükselti, havzanın deniz yüzeyinden yüksekliği anlamına gelen coğrafi bir terimdir. Yerleşim yerlerinin, nüfus dağılımının ve iklimin üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olan yükselti, havza sınır çizgilerini de belirleyen parametredir. Ayrıca akış katsayısı ile taşkına etki eden yağışların biriken miktarları, buharlaşma, karların yüzeyde kalma süresi ve bitki örtüsü gibi faktörler de doğrudan yükseltinin birer fonksiyonudur.

Geçmişten beri insanoğlu ya suya yakın ya da rakımın fazla olduğu yere yerleşerek gerek su ihtiyacını gerekse sel, taşkın ve savaşlardan korunma açısından kendini güvence altına almaya çalışmıştır. Kalecik havzasına ait Sayısal Yüksekti Modeli (SYM) ile hazırlanan ve Şekil 3.3'de verilen haritadan da görüleceği üzere Muş merkezine doğru ilerledikçe yükseltide azalma meydana gelmektedir. Havzanın en fazla yükseltiye sahip olan yerleri genelde su ayrım çizgilerini oluşturan Karlıova, Solhan ve Varto ilçeleri arasında kalan bölgelerdir. En düşük yerlerde rakım 1142 m ve en yüksek yerlerde ise 3054 m olarak belirlenmiştir.

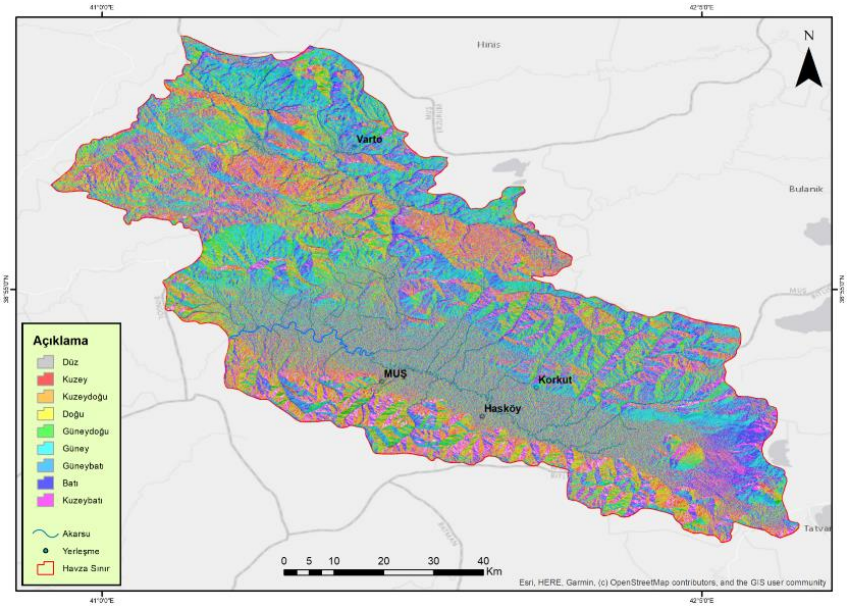


Şekil 3.3. Kalecik havzasına ait yükselti haritası

3.1.4. Bakı

Kar erimeleri ve buharlaşmadan ötürü taşkın ihtimalini dolaylı olarak artıran etkenlerden biri olan bakı, genel anlamda dağlık alanlardaki bir yamacın güneş ışınlarını alış yönü ya da güneşe bakış kısmı olarak yorumlanabilir. Türkiye'nin kuzey yarımkürede bulunmasından dolayı kuzeye bakan yamaçlar, güneye bakan yamaçlardan daha az kısa dalgalı güneş radyasyonu almaktadır. Ayrıca doğu ve batı yönünü gören yamaçlar orta derecede güneş ışığı alırken, doğuya bakan yamaçlar sabahleyin daha fazla, batıya bakanlar ise akşamları daha fazla güneş ışığı almaktadır. Bakının etkisiyle havzadaki kuzey ve güney yamaçları üzerinde buharlaşma miktarı farklı olacağından dolayı bitki örtüsü de buna paralel olarak değişime uğrayacaktır. Özellikle güneye bakan yamaçlardaki buharlaşma ve su tüketiminden dolayı toprağın su ihtiyacı artarken ve bitki örtüsü daha seyrek olurken yüzeysel akış daha fazla olmaktadır. Kuzey kesiminde ise kar erimeleri ve yağıştan sonra topraktaki nem uzun süre kalacağından dolayı bitki örtüsü daha sık ve yüzeysel akış daha az olacaktır (Özdemir 2007).

Havzanın bakı durumu Şekil 3.4' de incelendiğinde ve yönleri 4 ana yön olarak ayırdığımızda; havza içerisinde güneye dönük yamaçların fazla olduğu görülmekte ve bunu sırasıyla kuzey, batı ve doğu izlemektedir.



Şekil 3.4. Kalecik havzasına ait bakı haritası

3.1.5. Bitki Örtüsü

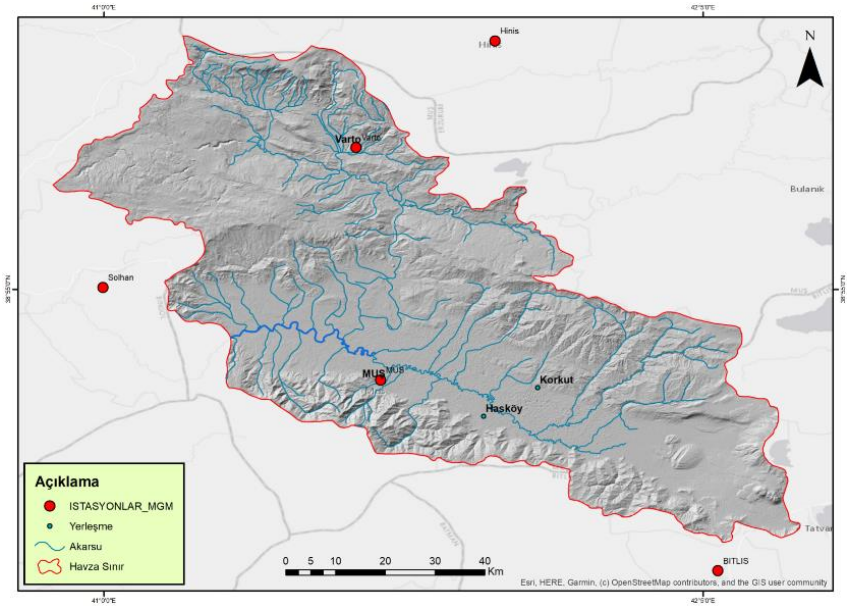
Akış katsayısının belirlenmesinde oldukça önemli olan arazi türü ve kullanımı bu çalışmada kısaca ATK değişkeni ile ifade edilmiş ve aşağıda ayrı bir alt başlık olarak verilmiştir. Burada sadece bitki örtüsüne değinilmiştir. Çalışma alanının büyük bir kısmını kaplayan Muş'ta tarım alanları, mera ve çayırlar ile ormanların kapladığı alanlar yaklaşık olarak havzanın %94'üne tekabül etmektedir. Geriye kalan %6'lık kısımları ise dağlık-kayalık, kum-alüvyon ve yerleşim merkezleri oluşturur. Bitki örtüsün taşkınların frekans ve şiddetleri üzerinde önemli bir rolü vardır. Farklı eğim ve yükseltiye sahip bitki örtüleri yüzeysel akış üzerinde azaltıcı ve yavaşlatıcı bir görev üstlenerek sel ve taşkınları büyük bir oranda önlerler. Alandaki bitki örtüsü yüzeysel akışı azaltıp, zeminin sızma kapasitesini arttırarak bu durumu sağlamaktadır (Turoğlu 2005). Karlıova'ya ait arazilerin %74'ünü çayır mera alanları kaplamaktadır. İlçede bitki örtüsünün çoğunu step formasyonları oluşturmaktadır. Korunaklı bölgelerde akarsu boyu bitkileri ve meşe toplulukları bulunmaktadır (Halil ve Sever 2011). Güroymak kısmında kalan kısmın %40'ını tarıma elverişsiz alan, %31'ini tarım alanı ve %29'unu ise ormanlık, çalılık, mera ve çayır oluşturmaktadır. Çayır ana bitki örtüsünü antropojenik bozkırlar ve ormanlar oluştururken başlıca ağaç türü meşedir (Aslan ve ark. 2020).

3.1.6. Tarımsal Yapı ve Üretim

Havza jeomorfolojisinin homojen olmaması ve ülkemizde dağlık ve engebelik alanlarda tarımın çok kısıtlı veya hiç yapılmaması, gerekli ve yeterli tarım makinalarına sahip olunmaması sebebiyle, mevcut tarım genellikle ovaların ve su kaynaklarının yoğunlaştığı yerlerde yapılmaktadır. Havza içerisinde bulunan Muş ovası sahip olduğu düşük eğimli arazilerinin geniş olması ve yeterli su kaynaklarını barındırması nedeniyle Türkiye'nin tarımsal potansiyeli fazla olan ovalarından biridir. Muş ovasının verimli topraklara sahip olması onu Fırat alt havzasının en önemli tarım sahası yapmaktadır (Erinç 1953). Lakin Muş ovasında hesaplanılan tarımsal potansiyelinin bayağı altında tarımsal üretimin yapıldığı saptanmıştır. Oysa su kaynakları bakımından daha az veya aynı şartlara sahip birçok alanda yetiştirilen ürün çeşidinin bu ovada olduğundan daha fazla olduğu görülmektedir. Örneğin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde sulama imkânlarının artması ile sulama yapılan tarım arazileri ve tarımsal üretimde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Dolayısıyla ovada tarımsal üretimde bir durağınlığın hatta gerilemenin olduğu tespit edilmiştir. Durağanlığın ana nedenleri olarak sulama sistemlerindeki altyapı yetersizliği, çiftçilerin bilinçlendirilmesindeki zaaflar ve tarımsal politikadaki eksiklikler olarak sıralanabilir (Sönmez 2014). Karlıova'da ise hayvancılığın ağır bastığı ve tarım arazilerinin sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle tahıl üzerine ekim yapılan ilçede, yıldan yıla artış gösteren tek ürün arpa olmaktadır. Ayrıca ilçede küspe kullanımı da çok düşük seviyededir (Halil ve Sever 2011). Güroymak ilçesinde ise tarım ve hayvancılık büyük ölçüde geçim kaynağıdır. Tarım potansiyelinin çoğunu tütün, hububat yem bitkileri, sebze ve şeker pancarı oluşturmaktadır (Koçak ve Avcıoğlu 2006).

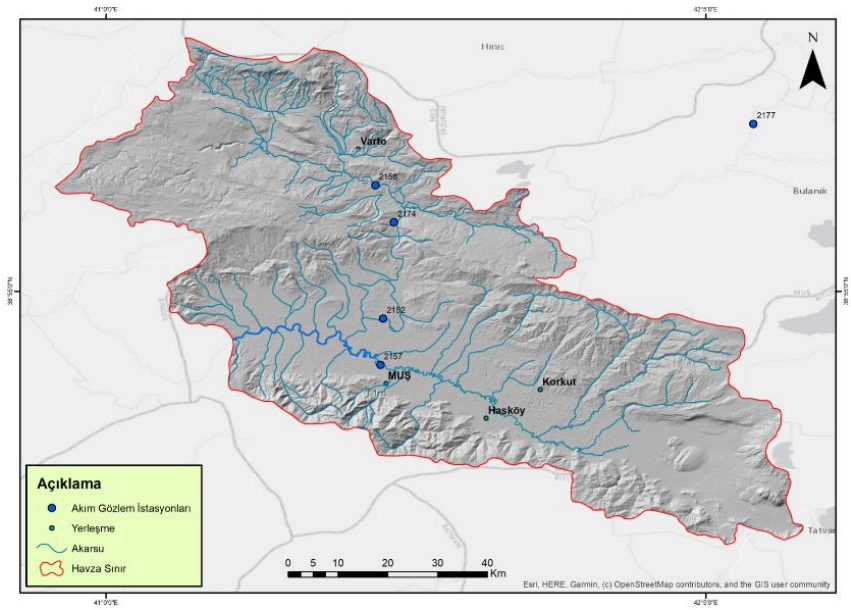
3.1.7. Yağış ve Akış Gözlem İstasyonları

Çalışma alanına ait dağların uzanışı, jeomorfolojik özellikleri, yükselti ve bakının yağışın şiddeti, süresi ve dağılışı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Özellikle ovanın etrafındaki dağlık alanlar ovaya göre daha fazla yağış almaktadır. Bunlara rağmen ova Doğu Anadolu Bölgesin'deki diğer alanlara göre daha fazla yağış almaktadır. Yağış mevsimsel dağılışa göre kış ve bahar aylarında yağışlı, yaz aylarında ise kurak geçmektedir.



Şekil 3.5. Kalecik havzasına ait yağış gözlem istasyonları

Muş ovasına düşen uzun yıllar ortalama yağış miktarının toplamı 750.6 mm ve en yağışlı ay 104.7 mm ile Nisan ayıdır ve ortalama yıllık nisbi nem %64'tür (Sönmez 2005). Bu bilgilerden yola çıkarak ovayı; Türkiye'nin makroklima çeşitlerinden, yoğun kontinental, soğuk, donlu ve oldukça uzun kışlar ile adlandırılan Doğu Anadolu iklim çeşidine benzetmek ve dâhil etmekde sakınca yoktur (Erinç ve ark. 1996).



Şekil 3.6. Kalecik havzasına ait akım gözlem istasyonları

Karlıova'da ise yağışlar mevsimlere göre istikrarlı bir dağılım göstermez ve genelde yağışların çoğu ilkbahar ve kış aylarında görülür. İlçeye düşen uzun yıllar ortalama yıllık yağış miktarı toplamı 646.3 mm olarak ölçülürken en çok yağışlı geçen ay

219.8 mm ile Ekim ayı ve en kurak ay ise Ağustos ayıdır. Ayrıca ortalama yıllık nisbi nem Muş ve Güroymak'dan daha fazla olacak şekilde %97 olarak ölçülmüştür.

Güroymak'da ise tıpkı Karlıova gibi yağışların çoğu ilkbahar ve kış aylarında görülmekle beraber uzun yıllar yıllık ortalama yağış miktarı toplamı 628.8 mm, en yağışlı ay 228 mm ile Ocak ayı ve en kurak ay ise Temmuz ayıdır. Yıllık ortalama nisbi nem ise %94'tür (MGM 2021). Şekil 3.5 ve 3.6' da havzaya ait yağış ve akım gözlem istasyonları verilmiştir.

3.1.8. Havzanın Diğer Karakteristikleri

Havzanın diğer karakteristikleri olarak burada, akarsu sınıfı, havza büyüklüğü, havzanın biçimi, drenaj yoğunluğu ve dere frekansı, çatallaşma oranı, havza eğimi, akarsu eğimi, havza ortalama yüksekliği ve havzada depolama gibi karakteristikler verilmiştir.

Eğimi 0.01'den büyük olması (Erkek ve Ağıralioğlu 2002) nedeniyle Murat nehri "dağ akarsuyu" olarak kabul edilmiştir.

Havza büyüdükçe debisi artan bir nehir olması (Erkek ve Ağıralioğlu 2002) nedeniyle Murat nehri akarsu boyunca akımın değişimine göre "sulak akarsu" sınıfına girmektedir.

Yatağında yıl boyunca su bulunan bir akarsu olması (Erkek ve Ağıralioğlu 2002) nedeniyle akımın sürekliliğine göre Murat "sürekli akışlı akarsu" sınıfında yer almaktadır.

Öncelikle kar erimesi ile beslenmesi ve hem ovalık kısımda hem de dağlık kısımda yer alması (Erkek ve Ağıralioğlu 2002) nedeniyle Murat nehri "kar rejimli akarsu" olarak kabul edilebilir.

Erkek ve Ağıralioğlu (2002)'na göre "uzunluğunu 500 km'den fazla olan ve denizlere dökülen büyük yağış havzaları, küçük eğimleri ve birçok yan kolları ile karakterize edilen akarsulara "nehir" adı verilir." Bu tanıma göre Murat nehri bazı özellikleri itibari ile "nehir" sınıfından sayılmakla birlikte "özellikle denizlere dökülmemesi" nedeniyle bu sınıftan çıkmaktadır. Ancak aynı yazarlar Dicle ve Fırat'ı nehirlere örnek vermektedir. Oysa Dicle ve Fırat birleştikten sonra denize dökülmektedir. Murat da Fırat ile birleştikten sonra denize dökülmektedir. Bu yüzden bu çalışmada Murat akarsuyu "nehir" olarak kabul edilmiştir.

Havza büyüklüğü aşağıda verilen formül ile hesaplanmıştır.

$$Q_0 = \propto P_0 A \quad (3.1)$$

Burada akış katsayısı α yine bu çalışma kapsamında Bulanık SMRGT yöntemi ile hesaplanmış ve 0.28 olarak bulunmuştur. Havza alanı yine bu tez çalışması kapsamında 5460 km^2 belirlenmiş ve ortalama yıllık yağış yüksekliği ise meteorolojik verilerden ortalama 850 mm olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre havza büyüklüğü yukarıdaki denklem ile 1299.48 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır.

Havzanın biçimi, aşağıdaki formül ile belirlenmiştir:

$$m = \frac{A}{BL} \quad (3.2)$$

Alan, 5460 km^2, havzanın en geniş kısmının mesafesi, 62.286 km ve ana akarsu kolunun uzunluğu (havza içinde kalan) 97 km olmak üzere biçim faktörü 0.904 olarak elde edilir.

Havza görünüm oranı aşağıdaki denklemle ile 0.642 olarak hesaplanmıştır.

$$a = \frac{B}{L} \quad (3.3)$$

Çatallaşma oranı aşağıdaki bağıntı ile 2.4 olarak hesaplanmıştır.

$$R_B = \frac{N_n}{N_{n+1}} \quad (3.4)$$

Havza eğimi, "Taşkın Debisi Hesaplamalarında Akışa Etki Eden Değişkenler" başlığı altında detaylı bir şekilde verilmiştir.

Akarsu eğimi ana dere uzunluğunun %10'u ile %85'i harita üzerinde işaretlenerek elde edilen iki noktayı birleştiren doğrunun eğimi olarak 3.97 olarak hesaplanmıştır.

Havzanın ortalama yüksekliği aşağıdaki formül ile 2003 m. olarak tespit edilmiştir.

$$H_m = 0.434 \frac{H_0 - H_p}{logH_0 - logH_p} \quad (3.5)$$

Havzanın sınırları içinde kalan 170 km^2 yapay (baraj) ve 12.91 km^2 de doğal göl alanı olmak üzere toplam depolama yüzey alanı 182.91 km^2 olup bu değer toplam havza alanı olan 5460 km^2'ye oranlayarak 0.335 olarak bulunmuştur.

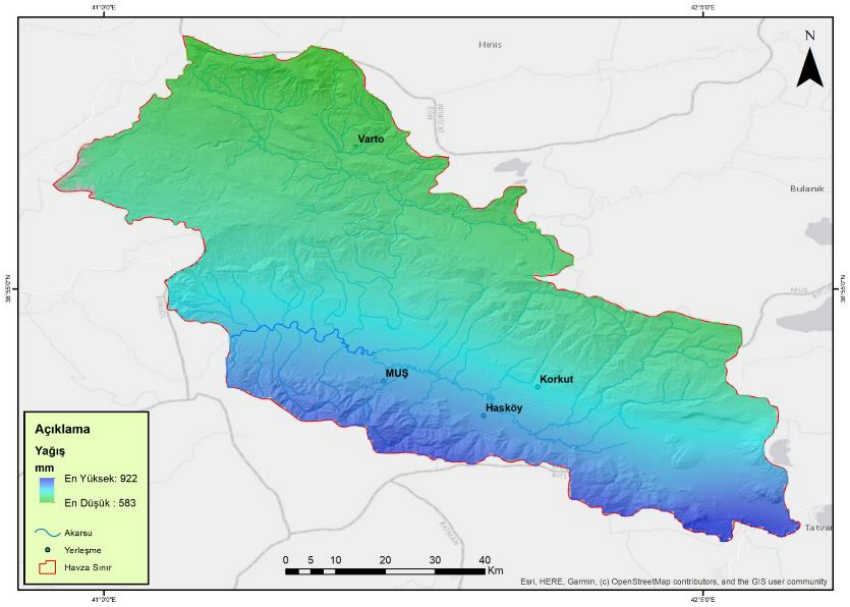
3.2. Akışa Etki Eden Değişkenler

Bu çalışmada akışa hem meteorolojik hem de arazi özelliklerine bağlı değişkenlerin etkisi yansıtılmıştır.

3.2.1. Meteorolojik Değişkenler

3.2.1.1. Yağış

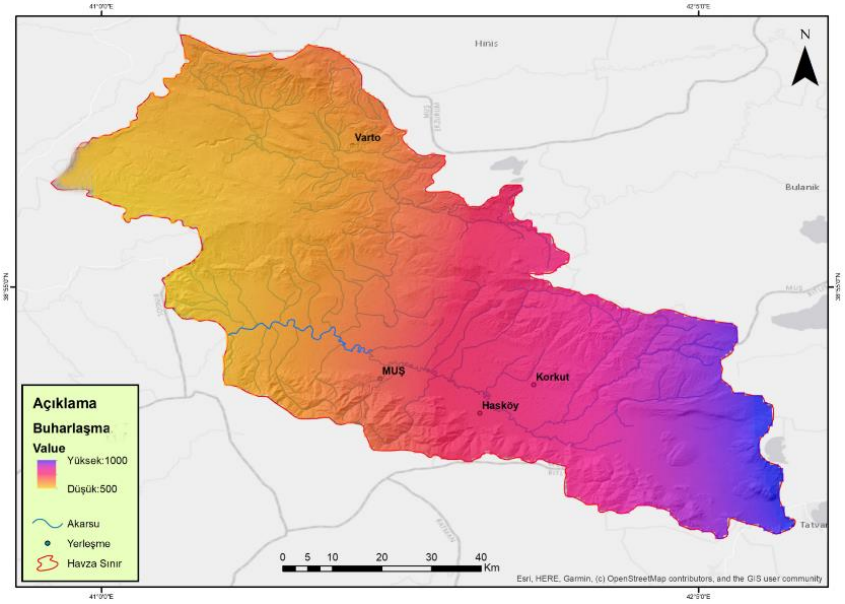
Yağış, hidrolojik çevrimin en önemli unsurlarından birini oluşturmaktadır. Havzaya düşen yağışın miktarı, şiddeti, şekli, süresi ve dağılımı gibi özellikler meteorolojik olarak en önemli etmenlerdir. Yağışın meydana gelmesi için buharlaşma ve su damlacıklarının merkezinde toplanacağı bir çekirdek gerekir ki bunun çoğunu toz zerreleri oluşturmaktadır. Yağış aynı zamanda zamansal ve mekânsal olarak değişkenlik gösteren en önemli iklim elemanıdır (Türkeş 1990). Akış, doğrudan yağışlarla alakalıdır. Havzada özellikle Güroymak ilçesine yaklaştıkça yağış miktarı artmakta iken, Varto ve Karlıova ilçelerine yaklaştıkça yağışta azalmalar meydana gelmektedir. Bu çalışmada yağış verileri Kriging yöntemi ile elde edilmiş ve Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Bulunan değer aralığı en düşük 583 mm, en yüksek 922 mm olarak hesaplanmasına rağmen bu çalışmada farklı havzalarda modelin kullanımı ve genelleştirilmesi için minimum 500 mm ve maksimum 1200 mm olacak şekilde bir aralık seçilmiştir.



Şekil 3.7. Kalecik havzasına ait yağış haritası

3.2.1.2. Buharlaşma

Buharlaşma herhangi bir sıcaklık derecesinde suyun sıvı halden gaz haline geçmesi olayıdır. Nitekim sıcaklık ve rüzgâr arttıkça artan, bağıl nem, enlem derecesi ve yükselti arttıkça azalan bir iklim elemanıdır. Yağıştan sonra meydana gelen sızma, tutulma ve buharlaşma kayıpları hesaplandıktan sonra geriye kalan miktarın akışa geçeceği düşünüldüğünden bu değişkenin etkisi özellikle modele dâhil edilmiştir. Ayrıca yağış esnasında atmosfer kısmen doygun halde ve sıcaklık ise düşük olduğu için buharlaşma minimum olur. Havzaya ait harita incelendiğinde özellikle Güroymak ilçesine yakın yerlerde buharlaşmanın en fazla olduğu, Varto ve Solhan'a yaklaştıkça buharlaşmanın da azaldığı görülmektedir. Karlıova ilçesinin yarısına yakın kısmında ise buharlaşma minimum seviyeye düşmektedir. Kriging yöntemi ile elde edilen ve Şekil 3.8'de verilen haritada havza içerisinde 6 aylık en düşük buharlaşma miktarı enterpolasyon işlemi yapıldıktan sonra 500 mm alınırken en yüksek değer 1000 mm olarak kabul edilmiştir.



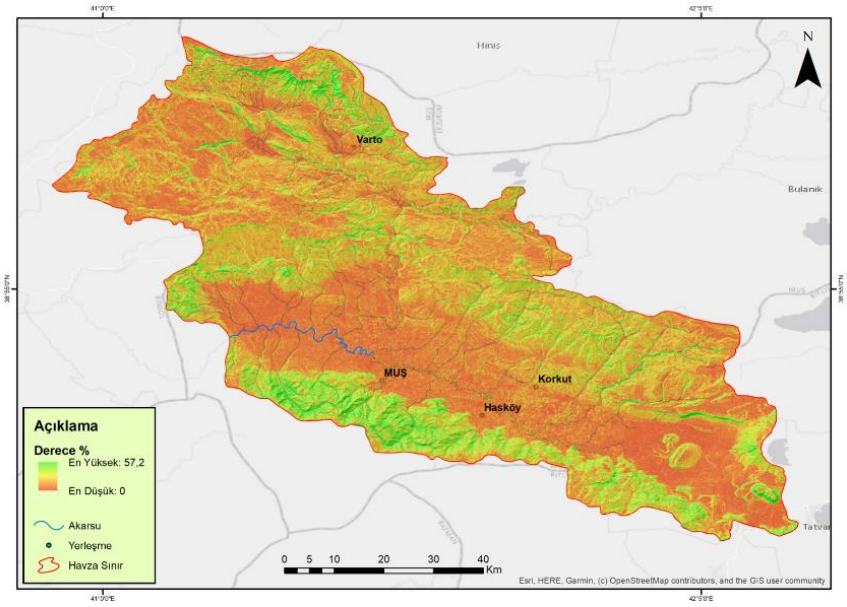
Şekil 3.8. Kalecik havzasına ait buharlaşma haritası

3.2.2. Arazi Özelliklerine Bağlı Değişkenler

3.2.2.1. Eğim

Eğim havzalarda taşkın hesabı yapılırken akış üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olmasıyla beraber model ve hesaplamalarda kullanılması gereken bir değişkendir. En basit ifadeyle eğim fazla ise akış fazla, eğim az ise akış da ona pararel olarak az

olacaktır. Ayrıca birim zamandaki akış debisini etkileyen eğimin fazla olması durumunda akış hızı yüksek olacağından buharlaşma ve sızma az olacaktır. Bu modelde en az yetki eğim girdisine verilmiştir. Türkiye'de eğim doğudan batıya doğru gittikçe azalmaktadır. Kalecik havzasına ait eğim haritasında özellikle Muş merkezine ait alanlar en düşük eğime sahip yerler olarak görülmektedir. Ayrıca havzanın su ayrım çizgilerine yaklaştıkça eğimin genel olarak arttığı görülmektedir. Şekil 3.9'da verilen haritada SYM kullanılarak üretilen eğim değerlerinde havzanın minimum eğimi 0^o, ortalama eğimi 9.2^o ve maksimum eğimi 57.2^o olarak hesaplanmıştır. Modelin genelleştirilmesi, ülkemizin ve dünyanın çoğu havzalarında kullanılabilmesine olanak vermesi amacıyla eğim değerleri genişletilerek minimum 0^o ve maksimum 90^o olarak seçilmiştir.

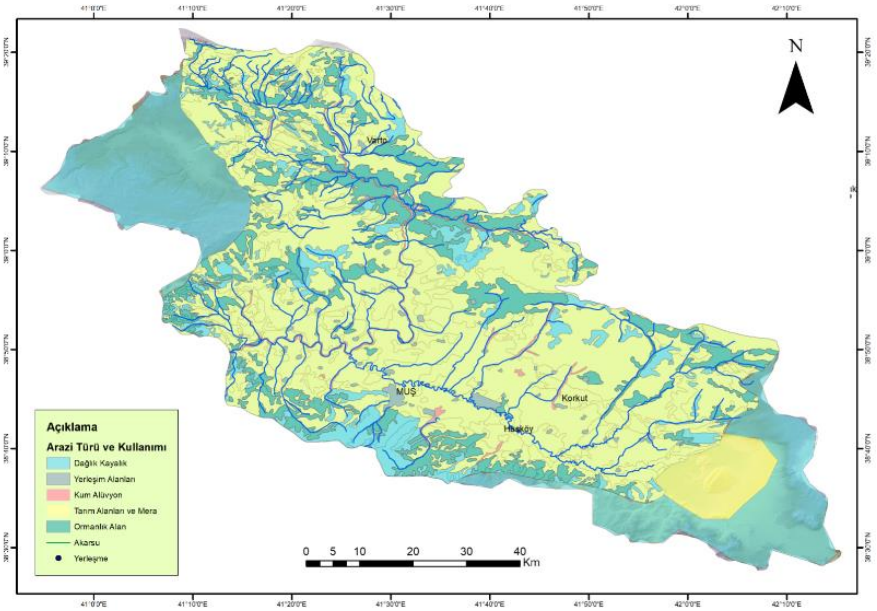


Şekil 3.9. Kalecik havzasına ait eğim haritası

3.2.2.2. Arazi Türü ve Kullanımı

Havzalarda yağış akış ilişkisi oldukça karmaşık bir durumdur. Bu nedenle bazı kabuller yapılıp aralarındaki ilişki basitleştirilerek modeller kurulur. Yağış, buharlaşma ve diğer kayıplardan sonra geriye kalan artık yağış arazi türü ve geçirimliliğine göre zeminde ilerler. Burada yağışın akışa geçmesi açısından arazi türü ve kullanımı (ATK) 5 sınıfa ayrılmıştır. En az geçirimliden başlayarak bu sınıflar sırasıyla "dağlık-kayalık", "yerleşim alanları", "kum alüvyon", "tarım ve mera alanları" ve "ormanlık alan" olarak kabul edilmiştir. Kısacası yerleşim alanlarındaki zeminlerde asfalt, parke, beton gibi geçirimsiz malzemelerin kullanımı, akışa geçen yağışın artmasını sağlar. Böylece sel ve taşkınlar ormanlık alanlarda daha az olurken, yerleşkelerde bu durum daha fazladır.

Taşkın debi hesaplamalarında, arazi türü ve kullanımı akış katsayısının hesaplanabilmesi için çok önemli bir değişkendir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen Bulanık SMRGT modelinin her türlü arazi türü kullanımı için geçerli olacak şekilde genelleştirilebilmesi amacıyla ATK yüzde cinsinden 0 ile 100 arasında alınmıştır. Bu oran, yağıştan buharlaşmaya geçtikten sonra kalan yağışın sızma veya akışa geçme oranını göstermektedir. Havzaya ait atk haritası Şekil 3.10'da verilmiştir. Haritaya göre havzayı büyük ölçüde tarım alanları kaplarken sonrasında sırayla ormanlık alan, dağlık kayalık, kum alüvyon ve yerleşim alanları kaplamaktadır.



Şekil 3.10. Kalecik havzasına arazi türü ve kullanımı haritası

3.3. Yöntem Seçimi (Metodoloji, Yöntem Bilim)

Mühendislik biliminde deneysel, gözlemsel ve teorik olmak üzere üç türlü araştırma yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı bilim insanları çalışmalarındaki hazır salt verileri birbirinden farklı yöntemlerle modelleyerek en yaklaşık sonuca ulaşmaya çalışırken, diğerleri ise deney ve/veya gözlem düzeneklerinden elde ettikleri verileri ya direkt olarak çalışmanın sonuç kısmına eklerler ya da belli bir analiz sürecinden geçirip gerekli değerlendirmeyi yaparlar. Evrenin yaratılışından beri süregelen tabiat olaylarında cerayan eden belirsizlikler günümüze kadar devam etmektedir. Bu belirsizlikleri belirlilik içeren (deterministik) metotlarla modellemek çoğu zaman güç bazen imkansızdır. Bundan dolayı araştırmacılar problemleri yaklaşık çözüm veren başka yöntemler geliştirerek ve sonucu kesinlikten ziyade yaklaşık olarak modellemeye çalışmaktadırlar. Yakın sonuçlar elde edilebilmesi için ya mevcut problem

idealleştirilmeli ya da değişken sayısı artırılmalıdır. Öte yandan idealleştirilen problemlerde yapılan ihmal veya kabuller bağıntı veya modelin hatasını büyütebilir. Ayrıca değişken sayısında artışa gitme tercihi de ister istemez hata miktarını artıracaktır. Araştırmacıların ve bilim camiasının çoğu hesaba katılacak parametre sayılarını artırıp kabul ve ihmallerin sayısını azaltmaya çalışmaktadır. Oysa değişken sayısını artırmak modelin iyi sonuç vermesini her zaman sağlamamaktadır (Toprak 2003). Özellikle son yıllarda artan ve çalışmalara yön veren istatistik ve karakutu (Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritma gibi) yöntemlerin, olayın fizik temelinden yoksun oldukları için sonuç olarak tam güven verici ve tatmin edici olmadıkları söylenebilir. Kara kutu yöntemleri esas alan modeller yeni verilere yeniden kalibre edilmelidir.

3.3.1. Kriging Yöntemi

Bilim insanları enterpolasyon yöntemini kullanarak bir değişkenin mekânsal olarak nasıl dağılım gösterdiğini harita üzerine dökerler. Birbirlerine mesafesi yakın olan gözlem noktalarında benzer değerler bulunurken birbirlerinden uzakta bulunan noktalarda değerler farklılaşır (Bostan 2017). Kriging yöntemi, ölçümü yapılmış olan yerlerden, ölçümü yapılmamış olan yerlerdeki değişkenlerin değerini hesaplamak için kullanılan tekniklerin genel adıdır. İlk olarak 1950'li yıllarda maden mühendisi D.G. Krige tarafından cevher rezervi olan alanlarda daha doğru tahmin için geliştirilmiş olan bir yöntemdir (Bailey ve Gatrell 1995). Kalecik havzasına ait yağış, buharlaşma ve sıcaklık haritaları için bu yöntem tercih edilmiştir.

$$Z(x) = \Sigma_{i=1}^{N} W_i Z(x_i) \quad (3.6)$$

Burada;

N: Kestirimde bulunan nokta sayısını

$Z(x)$: Kestirim değerini

W_i: Ağırlık değerini

$Z(x_i)$: Değişkenin gözlenen değerlerini belirtmektedir (Güllü ve ark. 2016).

3.3.2. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Yöntemi

Akıl yürütme, akla uygun düşünme yetisi anlamlarına gelen "mantık" kelimesi insanoğlunun kendisiyle beraber var olan bir olgudur. Temellerinin atılması ve bilime

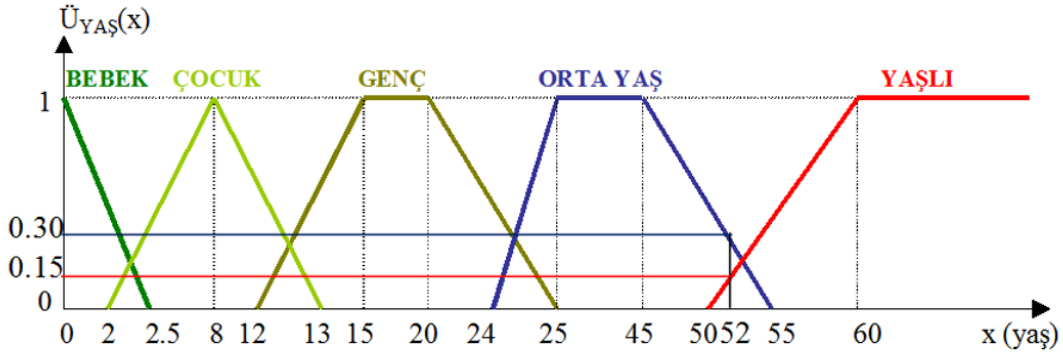
enjekte edilmesi Yunan filozof ve biliminsanı olan Aristo ile başlamıştır. Aristo'yu diğer düşünürlerden farklı kılan en önemli özelliği mantığı başlı başına bir araştırma sahası olarak görmüş olmasıdır. İşin ilginç yanı kendisi mantık kelimesi yerine analitik terimini kullanırken, bu kelimeyi ilk defa kullanan Afrodisyas'lı Aleksandros'tur. Aristo mantığı, bulanık mantığın doğmasına ve bilimin salt, sıkıştırılmış dar kalıplardan çıkıp daha geniş, genellenebilir ve zenginleştirilebilir bir zeminde yeniden insanlığa faydalı olmasına sebep olmuştur. Klasik mantığa göre renkler ya siyah ya beyaz iken, bulanık mantık aradaki sonsuz sayıdaki gri tonları dadikkate alarak netlik ve kesinlikten ziyade belirsizliği de bünyesinde barındırmaktadır. Bulanık mantığın temelini atan ve membası olan Lütfi Asker zade (Zadeh), daha sonradan bulanık küme teorisini geliştirip 1965 yılında yayınlayarak, belirsizlik ihtiva eden sistemlerin incelenmesi için yeni bir sayfa açmıştır (Zadeh 1965). Zadeh varlık ve nesnelerin özelliklerini iki değer (0;1) ile sınırlandırmanın yetersiz olduğunu, gerçek dünyamızın görünümünü ise 0 ile 1 arasında bulunan binlerce benzerlik, aralık ve zıtlıktan meydana geldiğini belirtmiştir (Karataş 2018). Bu felsefe özellikle çözülmesi zor ve karmaşık problemlerin çözümüne getirdiği kolay ve modern çözüm sayesinde çok geniş uygulama ve disiplin (fen, matematik, mühendislik gibi) alanı bulmuştur. Freksa bulanık mantık kuramı için, olguların bulanık olduğunu fakat kurallarından mahrum bırakılamayacağından bahsetmiştir (Freksa ve ark. 2001). Bulanık mantık kavramının ilk uygulamasını 1975 yılında Mamdani ve Assilian bir buhar makinasının kontrol sisteminde bütünleştirerek başlatmıştır (Bih 2006). Japonya 1970 yıllarından sonra bulanık mantıkla ilgili ciddi çalışmalara ve teknolojik gelişmelere imza atarak dünya genelinde bu yöntemin duyulmasını, ilerlemesini ve gelişmesini sağlamıştır (Keskenler ve Keskenler 2017). En geniş uygulama alanı zengin ve disipline sahip olan bu yöntem gelecekte insanoğlu için sayısız yardım ve kolaylık sağlayarak teknoloji ve işgücünde ciddi faydalar sağlayacaktır. Aslında bulanık mantığı bir ağaç olarak tasvir edersek, bu ağacın köklerini Zadeh oluştururken, gövdesi ise Japon bilim insanlarından meydana gelir. Ya da dünyamızı ele alırsak, ilk yaratılışında ülkeler ve insanlar arasında çok ciddi ve keskin sınırlar yoktu bu haliyle dünyamızı bulanık olarak ele alabiliriz. Sonrasında insan sayısının, ırkının ve ülke sayısının artıp sınırların daha keskin hale gelmesi "Aristo mantığı", "ikili mantık", "düz mantık" şeklinde nitelenerek günümüzde bazı çevreler tarafından eleştirilmektedir.

3.3.2.1. Model İşlem Adımları

Girdi bölümü kurulacak modele ait bağımlı ve bağımsız değişkenleri ve bunlara ait bütün bilgileri kapsamaktadır. BM işlem gidişatı mevcut veri kümesinin bulanıklaştırılması, bulanık sonuç çıkarma işlemi, sonuçların durulaştırılması ve çıktı aşamalarından meydana gelmektedir. Bulanık Mantık, kara kutu çalışma becerisini haiz olmasının yanı sıra bulanık kural tabanı sayesinde olayın fizik sebep/sonuç ilişkisini de dikkate almaktadır.

3.3.2.2. Bulanıklaştırma

Bulanık modellemelerde bulanıklaştırma bulanık kümeler ile sağlanmaktadır. Bulanıklaştırma işlemi iki şekilde bir arada yapılmaktadır: Birincisi, herhangi bir elemanın bir kümeye aitlik derecesini gösteren üyelik fonksiyonu, diğeri ise üyelik fonksiyonlarının (bulanık kümelerin) sınırlı bir bindirme payı ile birbirini kesmesi. Şekil 3.11'de yaş uzayı için üçgen ve trapez bulanık kümeler verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere her bir elemanın aidiyetlik (üyelik) derecesi birer fonksiyon ile ifade edilmiş (şekilde doğrusal bir fonksiyon ile ifade edilmekle birlikte doğrusal olmak zorunda değildir). Şekilden görülebilecek diğer bir husus ise bu fonksiyonların (bulanık kümelerin) birbirini kesmesidir. Böylece tam bir bulanıklaştırma sağlanmış olmaktadır. Bir elemanın bir bulanık kümeye aitlik derecesi (üyelik derecesi) 0 ile 1 arasında değişen değerler ile ifade edilmektedir. Oysa Klasik mantıkta üyelik derecesi ya 0 ya da 1 ile ifade edilmektedir. Başka bir ifade ile Klasik mantıkta bir eleman bir kümeye ya aittir (üyelik derecesi 1) ya da değildir (üyelik derecesi 0). Bulanık mantıkta ise bir eleman bir kümeye 0 ile 1 arasında değişen değerler ile bir veya birden fazla kümeye aynı anda ait olabilmektedir. Örneğin Şekil 3.11'de 50 ve 55 yaş arasındaki bir 52 yaş 0.15 üyelik derecesi ile "yaşlı", 0.30 üyelik derecesi ile "orta yaş" bulanık kümelerine aittir. 52.5 yaşı ise aynı üyelik derecesi ile belirtilen iki kümeye aynı anda aittir.



Şekil 3.11. Trapez ve dik üçgen üyelik fonksiyonları gösterimi (Toprak 2019)

3.3.2.3. Bulanık Sonuç Çıkarma

Bulanıklaştırma işlemi yapıldıktan sonra bulanık kural tabanı oluşturulur. Bulanık kural tabanı, "EĞER", "İSE" "SONUÇ" gibi uygun fiziksel koşullar dikkate alınacak şeklinde belirlenir. Konumuz ile ilgili aşağıda birkaç kural örnek olarak verilmiştir. Böylece örneklerde verilen ve büyük harfler ile yazılan sonuç kısmı elde edilmektedir. Örneklerden anlaşılacağı üzere fizik sebep-sonuç ilişkisi bulanık kural tabanı ile modele yansıtılmaktadır.

KURAL 1: EĞER yağış yüksek İSE akış YÜKSEK OLACAKTIR

KURAL 2: EĞER yağış orta İSE akış ORTA OLACAKTIR

KURAL 3: EĞER yağış düşük İSE akış DÜŞÜK OLACAKTIR

KURAL 4: EĞER buharlaşma düşük İSE akış YÜKSEK OLACAKTIR

KURAL 5: EĞER buharlaşma orta İSE akış ORTA OLACAKTIR

KURAL 6: EĞER buharlaşma yüksek İSE akış DÜŞÜK OLACAKTIR

Bulanık kurallar "VE" veya "VEYA" bağlaçları ile birbirine bağlanan birden fazla koşul da içerebilmektedir. Özellikle 1'den fazla girdi olması halinde bu zorunlu hale gelmektedir. Örneğin Bulanık SMRGT modelimizde 4 değişken vardır. Buna göre örnek kural şu şekilde verilebilir:

KURAL 7: EĞER yağış yüksek VE buharlaşma düşük VE sızma düşük VE eğim yüksek İSE akış ÇOK ÇOK YÜKSEK OLACAKTIR

İyice anlaşılması için "VEYA" bağlacı ile de aykırı bir örnek verelim:

KURAL 8: EĞER Ali VEYA Veli derse gelir İSE DERS YAPILACAKTIR

Bulanık sonuç çıkarımında iki ana yaklaşım bulunmaktadır: Bunlardan biri Mamdani yaklaşımı diğeri ise Sugeno veya Takagi-Sugeno yaklaşımlarıdır. Ancak Mamdani yaklaşımı bulanık küme felsefesi ile daha çok bağdaştığı yaygın bir kanaatir. Sugeno yaklaşımı ise bulanık mantığı çıkarım açısından karakutu yöntemlere benzettiği için fazla tasvip edilmemektedir. Ösna (2013)'de bunu teyiden şöyle demektedir: "Bu model ilk olarak 1972 yılında Ebrahim Mamdani tarafından buhar makinesi ve kazan bileşimini kontrol etmek amacıyla önerilmiştir. Diğer yöntemlere (Takagi-Sugeno, Sugeno) göre daha fazla tercih edilen ve uygulanan bulanık mantık sistemidir. İnsan davranış ve duyularına uygunluğu, sezgisel oluşu ve basit oluşturulması avantajları olarak sayılabilir" demektedir (Ösna 2013). Yılmaz (2015)'de, "Mamdani yöntemindeki BM işlem adımları sırasıyla mevcut girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması, kural ağırlıklarının belirlenmesi, BM mantıksal (ve, veya) araçlarının uygulanması, elde edilen bütün bulanık kümelerin birleştirilmesiyle sonuçların toplanması ve durulaştırma işlemlerinden oluşmaktadır" demektedir (Yılmaz 2015).

3.3.2.4. Durulaştırma

Özellikle mimari ve mühendisliğin plan, proje, tasarım ve boyutlandırmaları için kesin sayısal değerlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bulanık işlemciye ait son eleman olan durulaştırıcı bulanık olarak verilmiş veya elde edilmiş bilgilerden yararlanarak bu bilgileri durulaştırır. İnsanlar için var olan yapay zekâ çalışmalarında küme, bulanık değişken, mantık ve sistemlerin önemli bir yere sahip olmasının yanında bunların bulanık çıkarımlarının işlem açısından kesin sayılara dönüştürülmesi gerekir. Yani bulanık haldeki bilgilerin kesin sonuçlar elde etmek için tabi tutuldukları işlemlerin hepsine birden durulaştırma adı verilir (Sıramkaya 2006). Çok sayıda durulaştırma yönteminin mevcut literatürde kullanıldığı görülmektedir. Bulanık SMRGT yöntemi ile daha uyumlu olması nedeniyle bu çalışmada ağırlık merkezi (centroid method) tercih edilmiştir. Bu yöntemin amacı çıktıya ait ağırlık merkezinin bulunması ve bu ağırlık merkezine denk gelen değerin alınmasıdır (Şen 2001).

3.3.3. Bulanık SMRGT Yöntemi

Bu çalışmada, Kalecik havzasının akış katsayısı ve muhtemel azami feyezan debisi (olası en büyük taşkın debisi) ve tekerrürünün tahmini için Bulanık SMRGT (Simple Membership Functions and Fuzzy Rules Generation Technique) yöntemi ile bir

model geliştirilmiştir. Yöntem ilk olarak Toprak (2009) tarafından geliştirilmiş ve önerilmiştir (Toprak 2009). Bu amaçla geliştirilen çok sayıda model, bu modellere esas teşkil eden modelleme teknikleri ve paket programları gerek güncel literatürde gerek ticari alanda bulmak mümkündür. Bunların bir kısmı karakutu yöntemlere dayanmaktadır. Bu tür modeller genelleştirilememeleri nedeniyle kullanımlarında dikkatli olunması gerekir. Bunların içinde geleneksel olasılık ve istatistiksel yaklaşımlar olduğu gibi yapay zekâ teknikleri de mevcuttur. Bu tekniklerin yanında sadece fizik esaslı amprik yaklaşımlar da mevcuttur. Ancak, olayın fiziki yönünü göz ardı etmeyen yapay zekâ teknikleri çok azdır. Bulanık SMRGT yöntemi bu açıdan önem kazanmaktadır. Zira bu teknik, olayı yapay zekâ teknikleri ile modellerken olayın fizik sebep-sonuç ilişkisini göz ardı etmemektedir. Bu çalışmada bu yaklaşımın tercih edilmesinin nedenlerinden biri budur. Diğer bir neden ise yöntemin oldukça yeni ve Karakaya (2018) dışında bu alanda kullanılmamış olmasıdır. Sonrasında birden fazla bilimsel makale ve tezlerde bilime katkı sunmuştur. Bulanık modelleme mantığındaki en önemli iki özellik, bulanık kümelerin ve bulanık kural tabanının gerçekçi ve olayın fiziğini dikkate alarak optimizasyonudur. Konu ile ilgili literatüre bakıldığında SMRGT'nin oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Toprak (2009), Toprak et al. (2013a), Toprak et al. (2013b), Yalaz et al. (2015), Hamidi et al. (2013), Coşkun (2014), Toprak et al. (2012), Altaş (2017), Çakır Aydın (2017), Bayrı (2018), Karakaya (2018) bunlardan bazısıdır. Operatör olarak Mamdani yaklaşımı seçilmiş, model girdi ve çıktılarının bulanıklaştırılması, başka bir ifade ile üyelik fonksiyonlarının ve bulanık kural tabanının belirlenmesinde SMRGT yöntemi kullanılmıştır. Durulaştırmada ağırlık merkezi (centroid) yöntemi SMRGT tekniğinin başarısı için tercih edilecektir.

Yöntem, ilk olarak açık kanalların en kesitinin belirlenmesinde kullanılmış ve yöntemin iki örnek uygulaması Toprak (2009)'da verilmiştir. Yöntemin tüm detayları bu çalışmada yer almaktadır. Literatüre girdikten sonra kolayca uygulanabilirliği ve oldukça gerçekçi sonuçlar vermesi nedeniyle kısa sürede benimsenmiş ve çok sayıda farklı enstitüler tarafından yapılan lisansüstü tez konusu olmuştur (Altaş, 2017; Bayrı, 2018; Karakaya, 2018; Çakır Aydın, 2018). Bunun yanında çok sayıda araştırma makalesi (yukarıda verilen ana makale dışında, Toprak ve diğ., 2012; Altaş ve diğ., 2018; Toprak ve diğ., 2017; Yalaz ve diğ., 2015; Yalaz ve Atay 2016) ve bilimsel toplantılarda bildiri

olarak sunulan çalışmalar mevcuttur (Toprak, 2018; Toprak, 2017; Toprak ve diğ., 2012; Altaş ve diğ, 2017; Hamidi ve diğ., 2013; Toprak ve diğ., 2013a; Toprak ve diğ., 2013b).

Yukarıda anılan çalışmalarda yöntem olarak SMRGT kullanılmakla birlikte her birinin uygulama alanları farklıdır. Örneğin Altaş ve diğ. (2018) SMRGT yöntemini açık kanal akımlarındaki su yüzü profillerinin modellenmesinde yani hidrolik alanında kullanmıştır (Altaş ve ark. 2018). Bayrı (2018) zeminlerin sismik yönden sınıflandırılıp incelenmesinde yani geoteknik alanında kullanmıştır (Bayri 2018). Akış katsayısının tespit edilmesinde yani hidroloji disiplininde ise Karakaya (2018) aynı yöntemi uygulamıştır (Karakaya 2018). Öte yandan Çakır Aydın (2017) ise mimari alanda gerçekleştirdiği doktora tezinde yöntemi peyzaj açısından ortama ait gürültü kirliliğinin sınıflandırılmasında kullanmıştır (Çakır Aydın 2017). Çevre bilimindeki ilk uygulamasını kuraklık indisinin tespit edilmesi ile ilgili çalışmasıyla Hamidi ve diğ. (2013) vermiştir (Hamidi ve ark. 2013). Bunların dışında hidrolik alanındaki ilk çalışma olarak açık kanalların boyutlandırılmasını konu alan Toprak (2009) örnek olarak gösterilebilir. Toprak ve diğ. (2013) içmesuyu şebeke hatlarındaki kayıp ve kaçakların hesaplanmasında yani çevre bilimlerinde kullanmıştır (Toprak ve ark. 2013). Yalaz ve diğ. (2013a), Yalaz ve diğ. (2013b) bulanık doğrusal regresyonu bulanıklaştırılmış zamana bağlı verilerin analizinde yani matematik alanında kullanmıştır (Yalaz ve ark. 2013). Yalaz ve Arife (2016) bulanık doğrusal regresyon analizinde yine matematik alanında kullanmıştır (Yalaz ve Arife 2016). Toprak ve diğ. (2017) ise yöntemin hem avantaj hem de dezavantajlarından ve pratik uygulamalarından bahsetmiştir (Toprak ve ark. 2017). Başka bir ifade ile bu çalışma ile SMRGT yöntemi yöntembilim alanında kullanılmış olmaktadır. Yöntemin en önemli avantajı modelin bulanık kural (FRs) tabanı ve üyelik fonksiyonlarının (MFs) her ikisini aynı anda gayet basit bir teknikle saptıyor olmasıdır (Toprak 2009).

Bulanık SMRGT yöntemine göre;

1. İlk başta mevcut hadiseyi etkileyen bağımlı ve bağımsız değişkenler için karar verilir. Girdi olarak bağımlı değişkenler, çıktı olarak bağımsız değişkenler alınır.

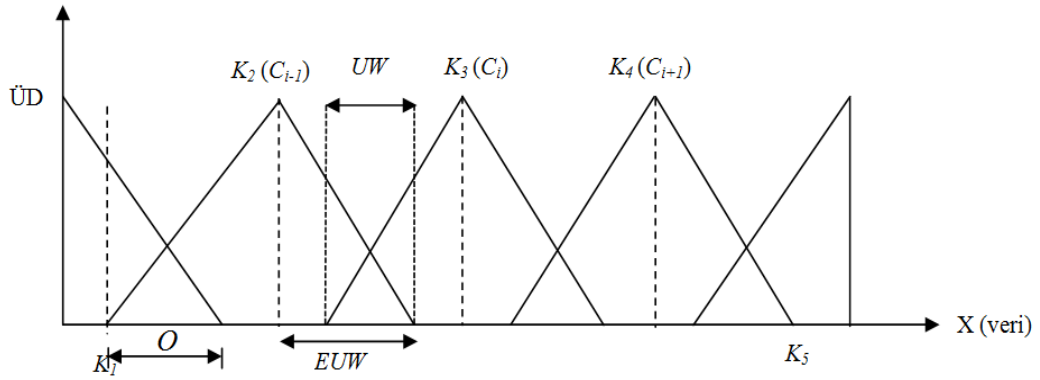
BAĞIMSIZ DEĞİŞKEN (GİRDİ)	BAĞIMLI DEĞİŞKEN (ÇIKTI)
X Y	Z

2. Değişkenlerin tümünün belirli bir sınır aralığı olmalı ve minimum, maksimum değerleri bilinmelidir. X_{min}, X_{mak} değerleri deneyimi olan bir uzman görüşüne bağlı olarak seçilmeli ve problemin durumu göz önünde bulundurularak istenildiği kadar genişletilmelidir. X_R değişim aralığı bağıntı 3.7' de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$X_R = (X_{mak}) - (X_{min}) \tag{3.7}$$

3. Üyelik fonksiyonlarının şekli için karar verilir. Yöntem üçgen ve trapez şeklindeki üyelik fonksiyonları üzerinde daha olumlu sonuçlar verdiğinden dolayı bu fonksiyonların seçilmesine üçgen bulanık kümelere karar verilmiştir. Üyelik foksiyonlarının tanımlanması aşamasında, birinci ve sonuncu üyelik fonksiyonlarının dik üçgen ya da dik trapez seçilmesi ve orta kısımdaki üyelik fonksiyonlarının trapez veya ikizkenar üçgen seçilmesi model için daha verimli olacaktır.

Çalışmada bulanık kümeler, daha basit olduğu ve kolaylıklar sağladığı için üçgen şeklinde tercih edilmiştir. Her bir değişken için anahtar değerleri (K_1, K_2, K_3, ..K_n) ile üyelik fonksiyonlarının çekirdek değeri (C_i), birim genişliği (UW), her üyelik fonksiyonu için simetrik olarak genişletilmiş taban genişlikleri (EUW) ve iki komşu üyelik fonksiyonun iç içe geçme (birbirinin üzerine binme, overlape) değeri (O) belirlenir. Ayrıca üçgen bulanık kümelerdeki dik üçgen sayısı (n_u) bilinmelidir (Şekil 3.12). Aşağıda verilen formüller kullanılarak bulanık SMRGT modeli için hem bağımlı hem de bağımsız değişkenlere ait bu büyüklükler denklem 3.7-3.15 ile hesaplanmaktadır. Örneğin Şekil 3.12'de verilen ve 5 bulanık alt kümeye sahip bir üyelik fonksiyonu için K_1 ve K_5 birinci ve sonuncu dik üçgenlerin ağırlık merkezindeki değerler olup geri kalan orta anahtar değerler (K_2-K_4) ise aradaki üçgenlerin ağırlık merkezine (C_{i-1}, C_i, C_{i+1}) tekabül etmektedir.



Şekil 3.12. Model için anahtar değer, çekirdek değer ve birim genişliğin gösterimi

$$C_{i-1} = K_i = \frac{C_i - X_{min}}{2} + X_{min} \tag{3.8}$$

$$C_i = \frac{X_R}{2} + X_{min} \tag{3.9}$$

$$C_{i+1} = X_{mak} - \left(\frac{X_{mak} - K_i}{2}\right) \tag{3.10}$$

$$UW = \frac{X_R}{n_u} \tag{3.11}$$

$$O = \frac{UW}{2} \tag{3.12}$$

$$EUW = \frac{X_R}{n_u} + O \tag{3.13}$$

$$K_1 = X_{min} + \frac{EUW}{3} \tag{3.14}$$

$$K_5 = X_{max} - \frac{EUW}{3} \tag{3.15}$$

4. SMRGT'ye göre tüm bağımsız değişkenlerin üyelik fonksiyonları en az üç bulanık kümeden meydana gelmelidir. Daha fazla sayıda küme seçilmesi halinde bunun tek sayı olması gerekir. Üyelik fonksiyonlarındaki bulanık küme sayısı artıkça modelin hatası azalırken işlem hacmi artmaktadır.

5. Üyelik fonksiyonlarında bulanık kümelerin dik üçgen parçalarının ağırlık merkezine (1/3 ve 2/3) kadar birbirinin üzerinde bindirilmesi hatayı azaltmaktadır.

6. Her bir bağımsız değişkene ait üyelik fonksiyonunda birinci ve sonuncu bulanık kümelerin anahtar değerleri bulanık modelin geçerlilik aralığını belirlemektedir. Başka bir ifade ile model o değişken veya değişkenlerin ilk ve son anahtar değerleri arası için geçerli olacaktır. Bundan dolayı daima bağımsız değişkenlerin sınır aralıklarının

genişletilmesinde fayda vardır. Bu durumda ağırlık merkezi (centroid method) durulaştırma işleminde kullanıldığında hata yüzdesi otomatik olarak düşecektir.

7. K_1, K_2, K_3 gibi anahtar değerler bulanık modelin girdileridir (inputs). Bunların önceden tespit edilmesi deneme yanılma yoluyla ulaşılacak sonuca peşinen büyük oranda varılmasını sağlamaktadır.

8. Yapılan bu çalışma ve işlemlerden sonra her bir değişkenin seçilmiş bu değerlerine karşılık olarak bağımlı değişken diğer bir deyişle çıktının alacağı değerler belirlenecektir. Girdilerin hesaplanan bu değerlerine karşılık çıktı değerleri ya deneysel yollarla ya da deneyimli bir uzman yardımıyla elde edilir. Yeri gelince bu amaçla literatürde yer alan güvenli bir formül de kullanılabilir. Bu şekilde elde edilen değerler çıktının bulanık kümelerininin anahtar değerleri olacaktır. Böylece çıktının üyelik fonksiyonu ortaya çıkmış olmaktadır. Çıktının üyelik fonksiyonu ise bulanık kural tabanını bize verecektir. Yani çıktının her bir anahtar değeri bir kuralı verecektir. O halde çıktının üyelik fonksiyonundaki bulanık küme sayısı bulanık kural sayısına eşit olacak ve hiçbir kombinezon atlanmamış olacaktır.

9. Böylelikle hem üyelik fonksiyonları hem de kurallar belirlendikten sonraki işleme sıra gelmektedir. Bu işlem de bulanık SMRGT modelinin isteye bağlı olarak bir paket programda çalıştırılmasıdır. Bu iş için en uygun paket programın MATLAB olduğu söylenebilir.

10. Bu programda hazırlanan girdi ve çıktı dosyaları .dat uzantısı ile programa yüklenir. Gerekirse test ve kalibrasyon aşamaların her biri için hem girdi hem çıktı olacak şekilde dört adet veri dosyası hazırlanıp programa yüklenebilir. Programın kendisi de .fis uzantılı olarak programa yüklenir. Daha sonra programı çalıştırmak için .m uzantılı bir dosya hazırlanır. .m uzantılı bu dosya çalıştırılarak (run edilerek) model sonuçları elde edilir.

11. Programın bu yöntemle hazırlanması onu deneme yanılma sürecinden kurtaracaktır. Kurtarmasa bile işlem hacmi az ve süreci kısa olacaktır. Eğer çıktıya ait üyelik fonksiyonları olduğundan fazla iç içe geçmişse, iç içe geçmiş iki ya da daha fazla üyelik fonksiyonunun teke düşürülerek azaltılması gerekir (Toprak 2009; Toprak ve ark. 2017).

3.3.4. Taşkın Hesap Yöntemleri

Taşkınların ekonomik ve sosyal yönden zararlarının minimize edilmesi için taşkın büyüklüğünün doğru bir şekilde tespit edilmesi oldukça önemli bir konudur. Taşkın hesaplarının hangi amaçla yapılacağı, tasarlanması düşünülen hidrolik yapıların boyutlarının belirlenmesi açısından önemlidir. Bir sedde veya kanal inşası için tasarımı yapılan projede taşkın pik debilerine ait değerlerin bilinmesi yeterli olurken, dolu savak ya da sel kapanı projelendirmelerinde hacmin bilinmesi de önemlidir (Ertürk 2014). Bu konuyu tek bir disiplinle çözmek yani sadece taşkın debisini bulmak yerine disiplinler arası bir yaklaşım sergileyip taşkınların etkileyeceği alanları da harita ile belirlemek daha sağlıklı, belirgin ve güvenilir sonuçlar verecektir. Taşkın debi hesaplamalarında genel olarak amprik, sentetik, istatistik ve deterministik yöntemler kullanılmaktadır. Burada yaygın olarak kullanılan ve doğrudan veri tabanlı olmayan ikisi amprik yöntem ve dördü sentetik yöntem olmak üzere toplam 6 tane yöntem kısaca açıklanmıştır. İstatistik yöntemler, salt veri esaslı olduğu düşünüldüğü için burada verilmemiştir. Zira yağış-akış verilerinin eksik olması veya olmaması durumunda amprik veya sentetik birim hidrograf yöntemlerinin kullanılması tercih edilir.

Akış katsayısının (C) literatürde 0 ile 1 arasında değiştiği ve birçok bölge veya havza için önceden hesaplanarak belirlenmiş ve tablolar halinde literatürde veya ilgili kurumların veri tabanında yer almıştır. Bu tablolara göre akış katsayısı, yerleşim durumu, kaplama cinsi ve araziye bağlı değişkenler gibi birbirinden farklı değişkenler ile belirlendiği görülmektedir. Tablolara geçmiş olan akış katsayısı değerleri uygulayıcılar tarafından çoğu kez sorgulamadan kullanılmaktadır. Teknolojinin ve konuya ilişkin yeni ve daha hassas yöntemlerin gelişmesine bağlı olarak bu katsayıların güncellenmesinde yarar görülmektedir. Bu nedenle değerlerin tablolardan doğrudan alınarak kullanılması sağlıklı sonuçlar vermeyebilir. Nitekim akış katsayısı her havzanın konumu, jeomorfolojik durumu, iklim şartları ve drenaj ağı gibi birçok faktöre bağlıdır.

Bu çalışmada akış katsayısı bulanık SMRGT yöntemi kullanılarak modellenmiş ve bağımsız değişken yelpazesi geniş tutulmuştur. Ancak her bir bağımsız değişkenin modelde akış katsayısı üzerindeki ağırlık katsayısı aynı alınmamıştır. Böylece havzaya ait C dikkatli ve hassas bir şekilde hesaplanmaya çalışılmıştır. Bulanık SMRGT modelinin sonuçları "BULGULAR VE TARTIŞMA" ana başlığı altında ayrıca

detaylandırılmıştır. Burada, "Taşkın Hesap Yöntemleri" alt başlığı altında literatürde mevcut olan yöntemlere karşılaştırma yapabilmek için ayrıca özetle yer verilmiştir.

3.3.4.1. Amprik Yöntemler

Rasyonel Yöntem

Bu yöntem gözlem verilerinin bulunmadığı havzalarda, küçük derelerden gelebilecek pik debilerin hesaplanmasında, şehirlerdeki yağmur ve kanalizasyon debilerinin tahmininde, hendek köprü ve menfez gibi su aktarım tesislerinin boyutlandırılmasında kullanılır. Yöntemde akış katsayısının zamanla değişmediği ve yağışın tüm havzaya üniform olarak dağıldığı kabul edilir. Yöntemin kullanım kriteri olarak havza büyüklüğü esas alınmaktadır. DSİ çalışmalarında yöntemin kullanıldığı alan aralığı 0.5 ile 5 km^2 arasında değişmektedir (Salman 2010).

Bu yöntemde maksimum debi değeri;

$$Q = C \times i \times A \tag{3.16}$$

Burada;

Q: Taşkın debisi $(m^3 \ / \ s)$

C: Havzaya ait akış katsayısı (boyutsuz)

i: Yağış şiddeti (m/s)

A: Havza alanı (m^2)

Bu yöntemin bir dezavantajı havza alanının 0.5 ile 5 km^2 ile sınırlı, ikincisi ise yağış süresinin havza geçiş süresinden büyük olması gerektiğidir. Ancak burada yöntemin pratikteki farklı uygulamalarının olduğunu da belirtmekte yarar vardır.

Mc. Math Yöntemi

Bu yöntem hemen hemen her büyüklükteki düz arazilerde, özellikle de yüzeysel drenaj kanal boyutlandırmalarında iyi sonuçlar vermektedir. Dik eğimli yamaçlardan beslenen derelere uygulanmamalıdır (Ertürk 2014).

$$Q = 0.0023 \times C \times I \times S^{\frac{1}{5}} \times A^{\frac{4}{5}} \tag{3.17}$$

Burada;

Q: Taşkın debisi $(m^3 \ / \ s)$

C: Topoğrafya, bitki örtüsü ve toprak cinsine bağlı bir katsayı

I: Yağış şiddeti $(mm \ / \ sa)$

S: Yatak eğimi x 1000

A: Havza drenaj alanı (m^2)

3.3.4.2. Sentetik Yöntemler

Mockus Yöntemi

Bu yöntem bir çeşit birim hidrograf olmakla beraber hesaplanmasındaki pratikliği ve üçgen hidrografının çizim yönünden kolaylığı hasebiyle tercih edilmektedir. Yöntemin uygulanabilmesi için toplanma zamanı olan Tc'nin 30 saatten az olması ve havza alanının 1000 km^2 den küçük olması gerekmektedir (Te Chow ve ark. 1962).

Havzanın birim alanına ait pik debisi;

$$Q_p = K \times A \times \frac{h_a}{T_p} \tag{3.18}$$

Burada;

Q_p: Birim hidrograf debisi $(m^3 \ / \ s/mm)$

K: Havzaya ait katsayı

A: Havza alanı (km^2)

h_a: Birim hidrograf derinliği (mm)

T_p: Pike erişme süresi $(saat)$

S.C.S Yöntemi

Türkiye'de DSİ tarafından kullanılan yöntem akış eğri numarası olarak da isimlendirilir. Amerika Birleşik Devletleri Toprak Muhafazası Servisi (SCS) bu yöntemi geliştirmiştir. Yöntemde sentetik birim hidrografın çiziminde boyutsuz birim hidrograftan yararlanılır. (Linsley Jr ve ark. 1975). Genellikle 30 km^2'den küçük havzalardaki baraj ve gölet gibi su depolama yapılarındaki dolusavakların boyutlandırılmasında tercih edilmektedir. Dolusavaklar, gölet veya barajların dolması halinde meydana gelmesi muhtemel taşkınların herhangi bir tehlikeye mahal vermeksizin

mansaba aktarılmasını sağlayan yapılardır. Taşkın pik debisi hesaplanırken iki saat süreli yağış fazlası dikkate alınır (Şentürk 1988).

Yönteme göre;

$$Q_p = A \times h_a \times q_p \times 10^{-3} \quad (3.19)$$

Burada;

Q_p: İki saat süreli yağış fazlasına ait taşkın pik debisi ($m^3 \ / \ s/mm$)

A: Havza alanı (km^2)

h_a: Havzadaki yüzey akış yüksekliği (mm)

q_p: Taşkın debisinin pik değerine ulaştığı zamanda havzanın her bir kilometre karesinden gelecek olan debi ($L \ / \ sn/km^2 \ / \ mm$).

DSİ Sentetik Yöntemi

Sentetik birim hidrograflar, güvenli akım gözlem istasyonlarının mevcut olmadığı havzalarda oluşabilecek taşkın debilerinin hesaplanmasında kullanılır. Bu yöntem 1000 km^2'ye kadar olan havza alanları için kullanılmaktadır. Daha büyük havza alanları ile karşılaşıldığı zaman alanlar, 1000 km^2'den daha küçük parçalara bölünerek birim hidrograflar elde edilir. Yöntemde Tp'nin yani birim hidrograf pik süresinin 2 saatten küçük olması halinde yöntemin uygulanması sağlıklı olmaz (Sönmez ve ark. 2017).

Yönteme göre;

$$Q_p = q_p \times A \quad (3.20)$$

Burada;

Q_p: Toplam debi ($m^3 \ / \ s$)

q_p: Birim alanda 1 mm'lik akış yüksekliğine ait debi ($m^3 \ / \ s/mm$)

A: Havza alanı (km^2)

$$q_p = 414(A^{0.225} \times E^{0.16}) \quad (3.21)$$

E bir parametre olup aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E = L \times \frac{Lc}{\sqrt{S}} \quad (3.22)$$

Burada;

L: Ana su yolu uzunluğu (km)

L_c: Havza ağırlık merkezinin ana suyolu üzerindeki izdüşümü ile havza çıkış noktası arasındaki suyolu mesafesi (km)

S: Havzaya ait harmonik eğim (%)

Synder Yötemi

Yağış akış kayıtlarının mevcut olmadığı drenaj alanlarında birim hidrografı hesaplamak için havzaya ait çeşitli fiziksel özelliklerden faydalanılmaktadır. Bundan dolayı önerilen yöntemlerden en çok kullanılanıdır. 1000 km^2'den büyük alanlarda kullanılan bu yöntem birim hidrograf süresi, birim hidrograf gecikme süresi, pik sarfiyatı ve taşkın pikinin %50 ve % 75'indeki hidrograf genişliği kullanılarak havzaya ait birim hidrografın elde edilmesi prensibine dayanmaktadır (Çavdar 1996). Birim hidrografın yükselme zamanı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$t_p = 0.75 \times C_t \times (L \times L_c) \quad (3.23)$$

Burada;

t_p: Birim hidrografın yükselme zamanı ($saat$)

C_t : Arazi koşullarına bağlı katsayı

L: Havza uzunluğu (km)

L_c: Şekilsel olarak havzanın ağırlık merkezinin havzanın giriş ya da çıkış noktasına olan en uzak mesafesi

C_t; vadilerde 0.35, düzlük yerlerde 0.72 ve dağlık arazilerde 1.2 alınabilir. Seçilen C_t değeri pik değer için amprik olarak 0.89 ile çarpılarak C_p değeri;

$$C_p = 0.89 \times C_t \quad (3.24)$$

Birim hidrografa ait sağanak süresi t_r aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$t_r = \frac{tp}{5.5} \quad (3.25)$$

Burada;

t_r: Birim hidrografa ait sağanak süresi ($saat$)

Taşkın hidrografının tepe noktasındaki birim feyezan debisi (q_p) değeri aşağıdaki formülle (lt/sn/km^2/cm) hesaplanır.

$$q_p = 2760 \times \frac{Cp}{tp} \tag{3.26}$$

Buradan taşkın tepe noktasındaki debi (Q_p) değeri;

$$Q_p = q_p \times A \times 10^{-3} \tag{3.27}$$

Burada;

A: Havza alanı (km^2)

Daha sonrasında hesaplanan bu değer, 100 yıllık olarak alınan (ha) yağış yüksekliği ile çarpılarak 100 yıllık taşkın debisi elde edilmektedir.

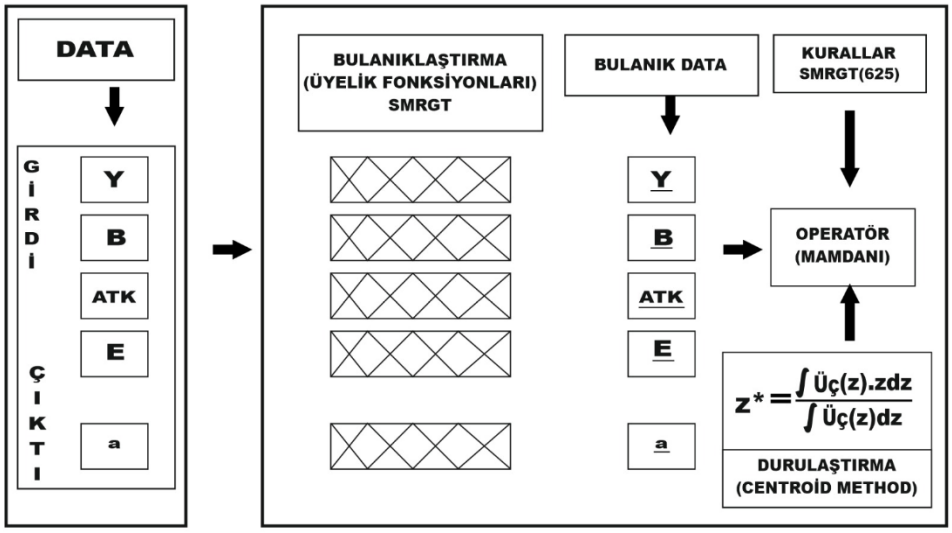
Yukarıda Rasyonel Yöntem için belirtildiği gibi, yöntemlerin her birinin kendi özel havza, meteorolojik veya hidrolojik koşulları mevcuttur. Bulanık SMRGT modelinin ise sınır koşullarına ihtiyacı yoktur. Modelleyici, istediği gibi modelinin değişkenlerinin minimum ve maksimum aralığını seçebilir. Bu aralık aynı zamanda modelin geçerli olduğu değer aralığıdır ve özgürce modelleyici tarafından belirlenmektedir. Bu durum, Bulanık SMRGT yöntemini daha kolay ve güvenilir şekilde kullanımını sağlamakta ve literatürdeki mevcut yöntemlere göre tercih edilme nedeni olmaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulanık SMRGT Modelinin Uygulaması

Bu çalışmada kurulan modelin tasarımı için Toprak (2009) tarafından önerilen akış şeması Şekil 4.1'de verilmiştir. Karakaya (2018) çalışmasında 3 ayrı katsayı belirlemiş ve bu katsayıların ağırlıklı ortalaması yerine aritmetik ortalamasını almıştır. Ayrıca alan itibari ile Şırnak üniversitesi kampüs yerleşkesi seçilmiştir. Model olarak ise toplamda 3 adet model kurulmuş ve bu modellerde meteorolojik girdiler sıcaklık, rüzgâr, arazi koşullarına bağlı girdiler eğim ve arazi kullanımı, son modelde ise sızdırmazlık ve doygunluk derecesine bağlı olarak akış katsayısını SMRGT yöntemiyle belirlemiştir. Tezin bu çalışmadan farkı, Kalecik havzasının Şırnak kampüs yerleşkesinden oldukça büyük olması ve diğer havzalar içinde örnek bir çalışmayı temsil etmesi, diğer bir farkı ise modelin girdisi olarak havzanın 3 ayrı özelliğini temsil eden 4 bağımsız değişken üzerinde çalışılmış ve tek katsayı belirlenmiştir. Ayrıca Karakaya birinci ve ikinci modelde 25, üçüncü modelde ise 35 adet bulanık kural oluşturmuş iken, bu çalışmada ise toplamda 625 bulanık kural oluşturulmuştur. Kalecik havza alanı daha büyük olduğu için geçiş süresi (konsantrasyon süresi) yani havzanın en uzak noktasındaki akışın çıkış noktasına ulaşması için geçen süresi daha fazla olacaktır. Küçük havzaların debileri büyük havzalara nazaran daha düzensiz olduğu için havza büyüdükçe debideki istikrar da artacaktır.

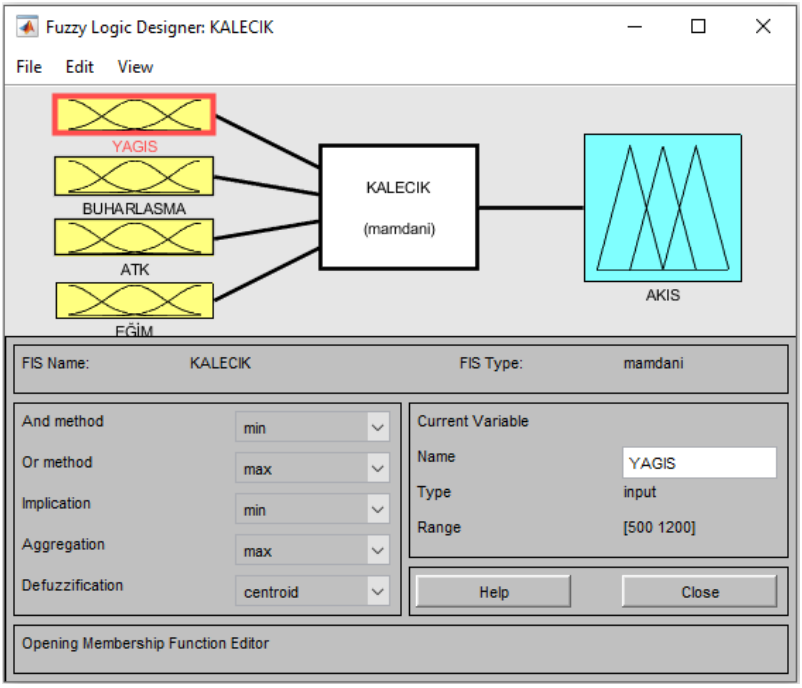
Çalışmanın "Materyal ve Metot" başlığı altında Bulanık SMRGT yöntemi ile bir modelin geliştirilmesi için gerekli iş ve işlemler 11 adımda verilmiştir. Şimdi bu çalışma kapsamında geliştirilen Bulanık SMRGT yönteminin kurulum aşamaları belirtilen 11 adım ile aşağıda verilmiştir:



Şekil 4.1. Model akış şeması (Toprak 2009)

4.1.1. Bağımlı ve Bağımsız Değişkenleri Belirlenmesi

İlk başta mevcut hadiseyi etkileyen bağımlı ve bağımsız değişkenler için karar verilir. Girdi olarak bağımlı değişkenler, çıktı olarak bağımsız değişkenler alınır. Bulanık SMRGT modelinde bağımsız değişkenler olarak yağış (Y, mm), buharlaşma (B, mm/6 ay), arazi türü ve kullanımı (ATK, %) ve eğim (E, %) kullanılmıştır. Bu değişkenler aynı zamanda modelin girdileridir. Eğim, arazi türü ve kullanımı havzaya ait en önemli sabit değişkenler olduğu için tercih edilmiştir. Bunun yanında yağış ve buharlaşma da meteorolojik olarak su döngüsüyle doğrudan etkili değişkenler oldukları hasebiyle modele yansıtılmıştır. Ayrıca Kalecik havzasına ait alan faktörü sabit değer olarak alındığından bu model sadece bu havzaya ait olacaktır. Modelin genelleştirilebilmesi için alan etkisini modele değişken olarak yansıtmak gerekmektedir. Bağımlı değişken ise akış katsayısıdır (C). Bağımsız değişken ise modelin çıktısıdır. Şekil 4.2'de Bulanık SMRGT modelinin Matlab arayüzü verilmiştir.



Şekil 4.2. Model girdileri

4.1.2. Değişkenlerin Maksimum ve Minimum Değerlerinin Belirlenmesi

Hem bulanık mantığa hem de bulanık SMRGT yöntemine göre değişkenlerin tümünün belirli bir sınır aralığı olmalı ve minimum, maksimum değerleri bilinmelidir. Yağış girdisi örnek olarak verilirse havzanın, yakın istasyonlar dikkate alınarak yıllık ortalama yağış yüksekliğinin en düşüğü ve en yükseği mm cinsinden sırasıyla 500 ve 1200 olarak alınmıştır. Bunların belirlenmesi havzanın meteorolojik, hidrolojik ve diğer özellikleri dikkate alınarak sağlanmıştır. Bu titizlikle ile tüm değişkenler için belirlenen uç değerler (en küçük ve en büyük değerler) Çizelge 4.1'de verilmiştir.

4.1.3. Değişkenlerin Bulanık Kümelerinin Şeklinin Belirlenmesi

Yöntem üçgen ve trapez şeklindeki üyelik fonksiyonları üzerinde daha olumlu sonuçlar verdiğinden bu çalışmada bulanık kümelerin üçgen olmasına karar verilmiştir. Birinci ve sonuncu bulanık kümeler dik üçgen, orta kısımdaki kümeler ise ikizkenar üçgen seçilmiştir. İşlem hacmi açısından büyük kolaylık sağlaması ve yeterli derecede doğrulukla tahminlerde bulunması nedeniyle bulanık kümelerin şekli daha sonra değiştirilmemiş, en başta karar verildiği gibi kalmıştır.

4.1.4. Değişkenlerin Üyelik Fonksiyonlarındaki Bulanık Küme Sayısının Belirlenmesi

SMRGT'ye göre tüm bağımsız değişkenlerin üyelik fonksiyonları en az üç bulanık kümeden meydana gelmelidir. Daha fazla sayıda küme seçilmesi halinde bunun tek sayı olması gerekir. Üyelik fonksiyonlarındaki bulanık küme sayısı artıkça modelin hatası azalırken işlem hacmi artmaktadır. Bu nedenle burada optimum olanı seçilerek, modelde yağış, buharlaşma, arazi türü ve kullanımı ve eğim değişkenlerinin her biri için çok düşük (VL), düşük (L), orta (M), yüksek (H), ve çok yüksek (VH) olacak şekilde sözel terimlerle isimlendirilen beşer tane bulanık kümeden meydana gelen üyelik fonksiyonu ile bulanıklaştırma işlemi yapılmıştır. Bağımsız değişkenin (akış katsayısının) üyelik fonksiyonu ise 625 bulanık kümeden oluşmaktadır.

4.1.5. Değişkenlerin Üyelik Fonksiyonlarının İnşası (construction)

Yukarıda belirtildiği üzere her bir üyelik fonksiyonunda bulanık küme sayısının 5 olmasına karar verilmişti. Bulanık kümelerin ilki ve sonuncusu dik, aradaki 3 bulanık kümenin ise ikizkenar ve simetrik normal üçgen olması fizik saiklerle uygun görülmüştür. Örneğin bağımsız değişkenlerimizden biri olan buharlaşma 500 ile 1000 mm arasında değişmektedir. Bu durumda 500 değeri yüzde yüz en küçük değerdir ve 500 değerinin "en küçük" olarak tanımlanan bulanık kümeye üyelik (aitlik) derecesinin 1 olması gerekiyor. Bunun sağlanması için ilk bulanık kümenin zorunlu olarak dik üçgen olması gerekir. Benzer şekilde en yüksek değer olan 1000 değeri de yüzde yüz "en yüksek" kümenin elemanı olacaktır ve bu değerin de "en yüksek" bulanık kümeye aidiyet derecesinin bir olması gerekir. Dolayısıyla bunun da zorunlu olarak dik üçgen olması gerekir. Aradaki bulanık kümelerde bu zorunluluk olmadığı için normal ikizkenar ve simetrik olan üçgen bulanık kümelerin olması tercih edilmiştir. Bilindiği üzere bulanık kümelerin kendisi veriyi zaten bulanıklaştırmaktadır. Bulanıklaştırma aynı zamanda bulanık kümelerin iç içe geçmesi ile de sağlanmaktadır. Bu durumda, "acaba kümeler ne kadar birbirinin üzerine bindirilmelidir?" sorusu karşımıza çıkmaktadır. Bunun için de SMRGT bu bindirme payının 3.12 denklemi ile birim genişliğin (UW) yarısı olmasını önermektedir. Seçilen durulaştırma yönteminin "ağırlık merkezi (centroid)" yöntemi olması nedeniyle bindirme payının 3.12 denklemi ile UW/2 olarak belirlenmesi model

hatasını minimize etmektedir. Bunların sayısal değerleri üyelik fonksiyonlarının verildiği Şekil 4.4 – Şekil 4.7'den okunabilmektedir.

4.1.6. Anahtar Değerlerin Belirlenmesi

SMRGT anlayışına göre ilk ve son anahtar değerler dik üçgen olan ilk ve son bulanık kümelerin ağırlık merkezidir. Yine SMRGT anlayışına göre model, ilk ve son anahtar değerlerin arasındaki değerler için geçerli olacaktır. Dolayısıyla gerçek minimum ve maksimum değerlerin ilk ve son anahtar değerlere eşit olmasını sağlamak için modelin geçerlilik aralığını artırmak, başka bir ifade ile değişkenlerin maksimum ve minimum değer aralığını biraz geniş tutmak gerekir. Bu aynı zamanda modelin geçerlilik kabiliyetini de artırmaktadır.

Aradaki anahtar değerler ise simetrik ve ikizkenar olan üçgenlerin ağırlık merkezi olup bu da o bulanık kümelerin üyelik derecesi 1 olan değerine yani öz (core)'e eşittir.

Değişkenlere ait anahtar değerleri önceden belirlemek deneme yanılma sorununu ortadan kaldırmaktadır. Çalışmada her bir değişken için beş adet bulanık küme seçildiğinden her beş kümeye ait beş anahtar değer (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5) önceden tespit edilmiştir. Ayrıca bu anahtar değerler bulanık modelin girdileridir. Değişkenlere ait tüm anahtar değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

4.1.7. Kural Tabanının Oluşturulması

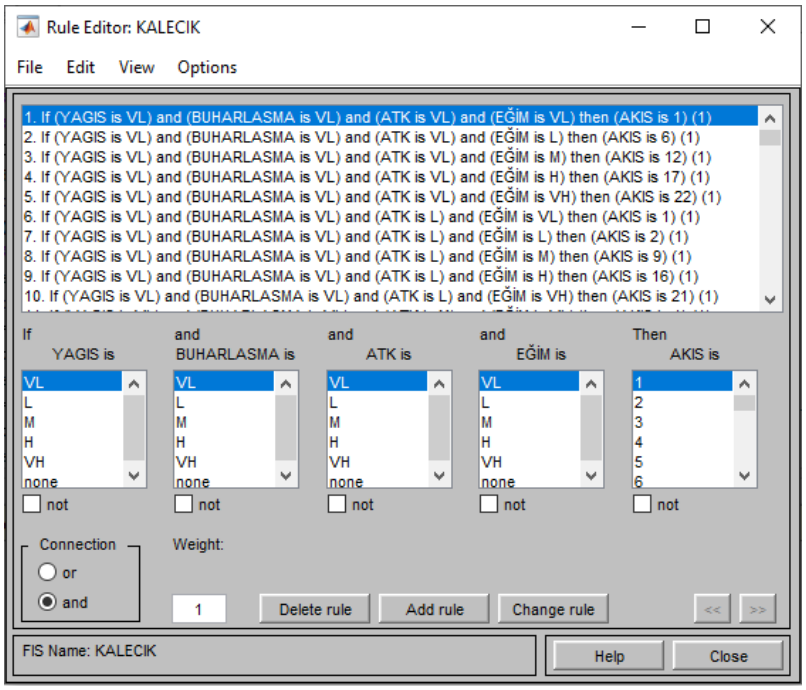
Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tanımlanması, üyelik fonksiyonlarının ve anahtar değerlerinin belirlenmesi işlemlerinden sonra sıra bulanık kural tabanının belirlenmesine gelmektedir. Literatürde bulanık kural tabanı oluşturulması ile alakalı sezgisel, bulanık istatistik ve deneyimler gibi birden fazla yaklaşım mevcuttur. Bu çalışmada bulanık SMRGT yöntemi tercih edilmiştir. Bulanık kural sayısı, bağımsız değişkenlerin ve bağımsız değişkenlere ait üyelik fonksiyonundaki bulanık küme sayısına bağlıdır. Bu bağlılık hiçbir alternatifi göz ardı etmemek için aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir (Denk. 4.1)

$$N = n^m \tag{4.1}$$

Burada N mümkün olan tüm kuralların sayısı, n her bir bağımsız değişkenin üyelik fonksiyonunda yer alan bulanık küme sayısı, m ise bağımsız değişken sayısıdır.

Bu çalışma kapsamında 4.1 denklemi ile bulanık kural sayısı $N = 5^4 = 625$ olarak hesaplanmıştır. Böylece SMRGT yöntemi kullanılarak tüm olası fiziksel koşullar dikkate alınmıştır. Bu şekilde oluşturulan bulanık kural tabanı EK 1'de verilmiştir. Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sütunlarda sırasıyla yağış, buharlaşma ATK ve eğim girdilerine ait anahtar değerler verilmiştir. Sonraki üç kolonda ise sırasıyla çıktının (akış katsayısının, C) 4.2 denklemi ile belirlenen anahtar değerleri (C_{hesap}), Bulanık SMRGT modelinin sonucu ve ortalama mutlak rölatif hata verilmiştir. (EK 1).

Ayrıca Şekil 4.3'de bulanık kural tabanına ait MATLAB ara yüzü verilmiştir. Kurallar meydana getirilirken tüm girdilerin modeldeki ağırlık değerleri 1 alınmıştır.



Şekil 4.3. Model için üretilen kurallara ait MATLAB görüntüsü

4.1.8. Bağımlı Değişkene Ait Çıktı Değerlerinin Bulunması

Çıktının anahtar değerlerini belirlemek için önce girdiler ile çıktının arasındaki fiziksel ve istatistik ilişkinin uzman tarafından bilinmesi gerekir. Bu uzman bilgisi, 1) mevcut literatürden, 2) bazen deney ve gözlem sonuçlarından, 3) bu ilişkinin fizik ve matematik olarak ifade edildiği bir formülden desteğini almaktadır. Burada 3. Maddede belirtilen yapılmış ve uzman görüşü neticesinde mevcut literatürden bağımsız olarak 4.2 bağıntısı geliştirilmiş ve bu ilişki bu formül ile ifade edilmiştir. Girdilerin hesaplanan bu değerlerine karşı uzman eşliğinde denklem (4.2) oluşturulmuş ve çıktıya ait tüm değerler her bir kombinezon hesaplamaya dahil edilerek bulunmuştur. Mevcut bağımsız

değişkenlerin model çıktısı üzerindeki etkisi her değişken için farklı alınmıştır. Modele ait çıktının (akış katsayısının) SMRGT yöntemi gereğince üyelik fonksiyonunda bulanık küme sayısı kural sayısına eşit ve 625 olarak belirlenmiştir. Ayrıca bulunan bu değerler çıktıya ait bulanık kümelerin anahtar değerleri ve üyelik fonksiyonlarıdır.

4.1.9. Bulanık SMRGT'nin Paket Programda Çalıştırılması

Hem üyelik fonksiyonları hem de kurallar belirlendikten sonra SMRGT modeli bir paket program yardımıyla çalıştırılabilmektedir. Burada bu amaç ile MATLAB kullanılmıştır.

4.1.10. Model Sonuçlarının Elde Edilmesi

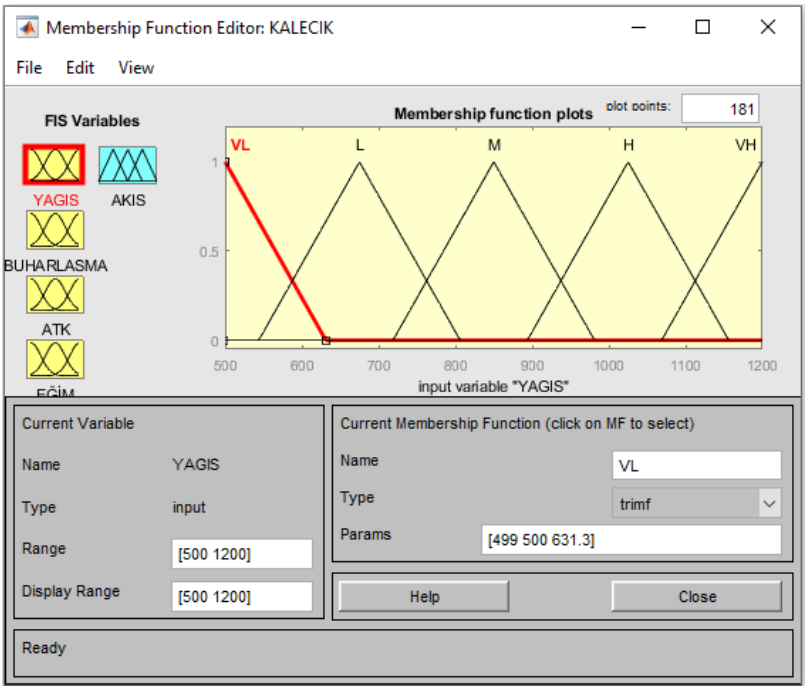
Model sonuçlarını elde etmek için paket programa girdi ve çıktı dosyaları .dat uzantısı ile (KALECIKI.dat ve KALECIKO.dat şeklinde), ana programın kendisi de .fis uzantılı olarak yüklenir (KALECIK.fis). Daha sonra programı çalıştırmak için .m uzantılı bir dosya hazırlandı (KALECIK.m) ve .m uzantılı bu dosya çalıştırılarak (run edilerek) model sonuçları elde edilir.

Programın bu yöntemle hazırlanması sebebiyle deneme yanılma sorunu ortadan kaldırılmış ve işlem hacmi az ve süreci kısa olmuştur.

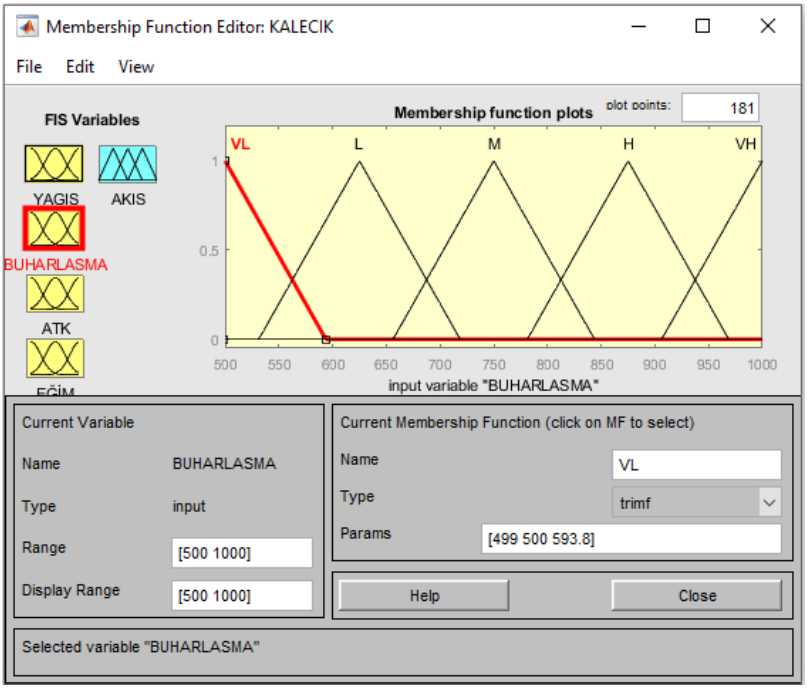
Çizelge 4.1. Model değişkenlerinin SMRGT yöntemi ile belirlenen anahtar değerleri

Girdiler	X_{min}	X_{mak}	X_R	**UW**	**EUW**	**O**	K_1	$K_2=C_{i-1}$	$K_3=C_i$	$K_4=C_{i+1}$	K_5
Y	500	1200	700.00	87.50	131.25	43.75	543.75	675.00	850.00	1025.00	1156.25
B	500	1000	500.00	62.50	93.75	31.25	531.25	625.00	750.00	875.00	968.75
ATK	0	100	100.00	12.50	18.75	6.25	6.25	25.00	50.00	75.00	93.75
E	0	90	90.00	11.25	16.875	5.625	5.625	22.50	45.00	67.50	84.375
a	0	1	1.00	0.0102	0.0229	0.0051	0.0051	0.0204	0.500	0.5255	0.9949[1]
Kullanılan bağıntı			(3.7)	(3.11)	(3.12)	(3.13)	(3.14)	(3.8)	(3.9)	(3.10)	(3.15)

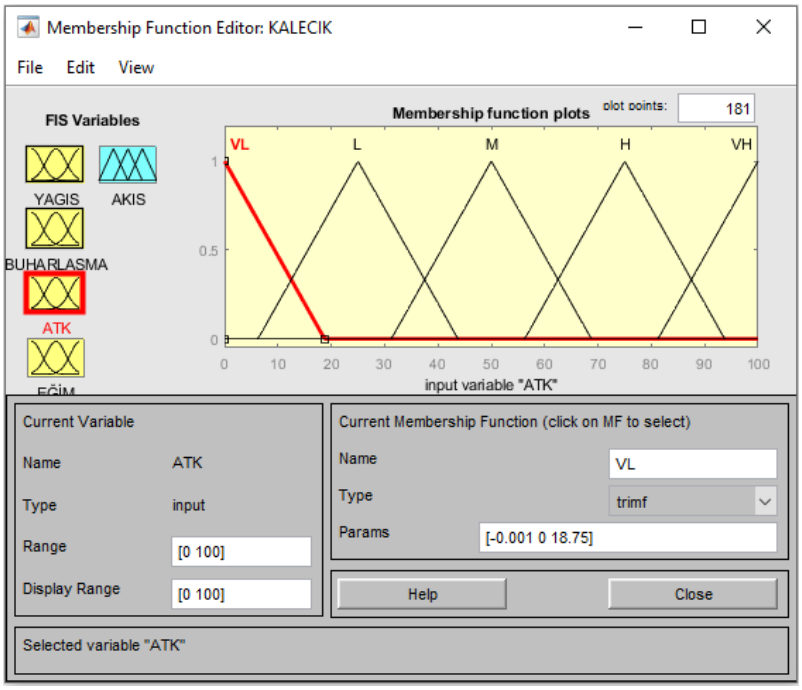
[1] Çizelge 4.1'de verilen a (akış katsayısı) için son anahtar değer K_{50}'dir.



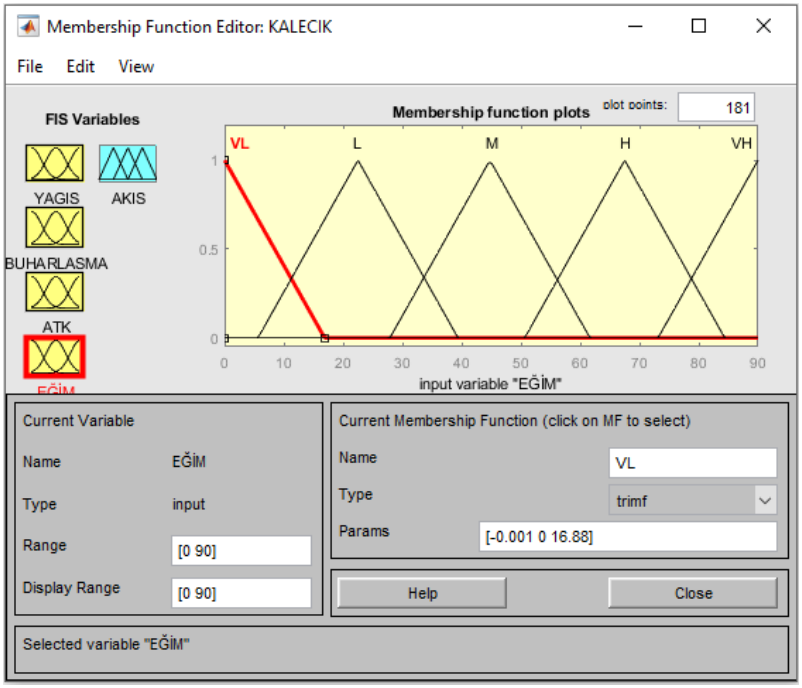
Şekil 4.4. Yağış girdisine ait bulanık kümelerin görünümü



Şekil 4.5. Buharlaşma girdisine ait bulanık kümelerin görünümü



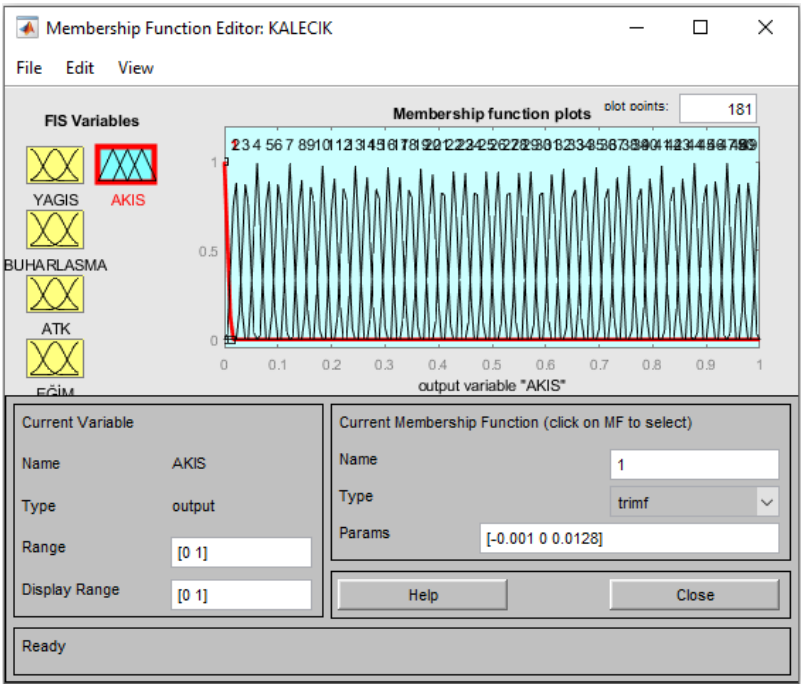
Şekil 4.6. Atk girdisine ait bulanık kümelerin görünümü



Şekil 4.7. Eğim girdisine ait bulanık kümelerin görünümü

Burada bağımlı değişken olan a akış katsayısı modelin çıktısı olarak tanımlanmıştır. Mevcut bağımsız değişkenlerin model çıktısı üzerindeki etkisi her değişken için farklı alınmıştır. Bu oranlar uzman görüş ve deneyimleri dikkate alınarak seçilmiştir. Model çıktısının (akış katsayısının) SMRGT yöntemi gereğince üyelik fonksiyonunda olması gereken bulanık küme sayısı kural sayısına eşit ve 625 olarak belirlenmiştir. Akış katsayısının en küçük ve en büyük değer aralığı sırası ile yağışın hiç

akışa geçmemesi halinde 0 ve yağışın tamamının akışa geçmesi halinde 1 alınmıştır. Böylelikle modelin genelleştirilebilmesi için yağış olayının akışa geçmesinin bütün ihtimalleri göz önünde bulundurulmuştur. Bağımsız değişkene ait sayısal verilerin elde edilmesi için kullanılan hesaplama yöntemleri bağımlı değişkene ait bulanık kümelerin hesabında da kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonlarına ait anahtar ve birim genişlik değerleri 3.7-3.15 denklemleri yardımıyla hesaplanmış ve Şekil 4.8'de akış katsayısına ait model kurulmuştur.



Şekil 4.8. Akış katsayısı çıktısına ait bulanık kümelerin görünümü

4.1.11. Model Sonuçları ve Değerlendirilmesi

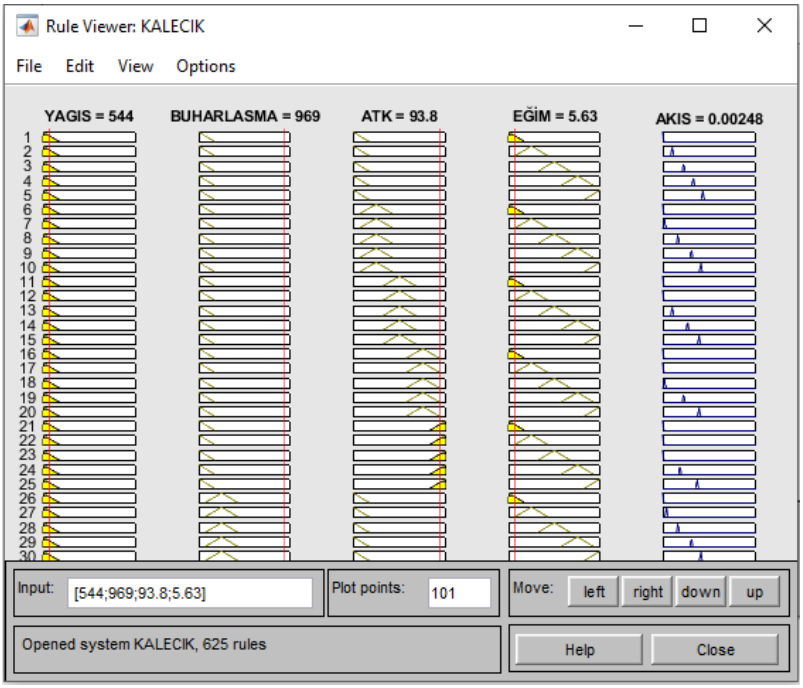
Bağımlı ve bağımsız değişkenlerden meydana gelen sistem girdileri ve çıktısı arasındaki fiziksel ilişki 4.2 denklemi ile, bulanık ilişki ise bulanıklaştırma ve bulanık kural tabanı ile ve durulaştırma işlemi ise ağırlık merkezi (centroid) yöntemi ile belirlenmiş ve sistem çıktısı elde edilmiştir. Bulanıklaştırmada ve bulanık kural tabanının belirlenmesinde SMRGT kullanılmıştır. Model sonuçları; tüm girdi ve çıktıları, bulanık kural tabanı ve modelin hatasıyla birlikte EKLER kısmında tablo halinde verilmiştir.

Kurulan modelde yağış, buharlaşma, ATK ve eğimin akış katsayısı üzerindeki etkisi aynı alınmamış aksine aşağıdaki bağıntı ile her bir bağımsız değişkenin katkısı farklı alınmıştır.

$$a = Y - B \times (1 - \frac{E}{100}) - (B \times \frac{ATK}{100}) \times (1 - \frac{E}{100}) \quad (4.2)$$

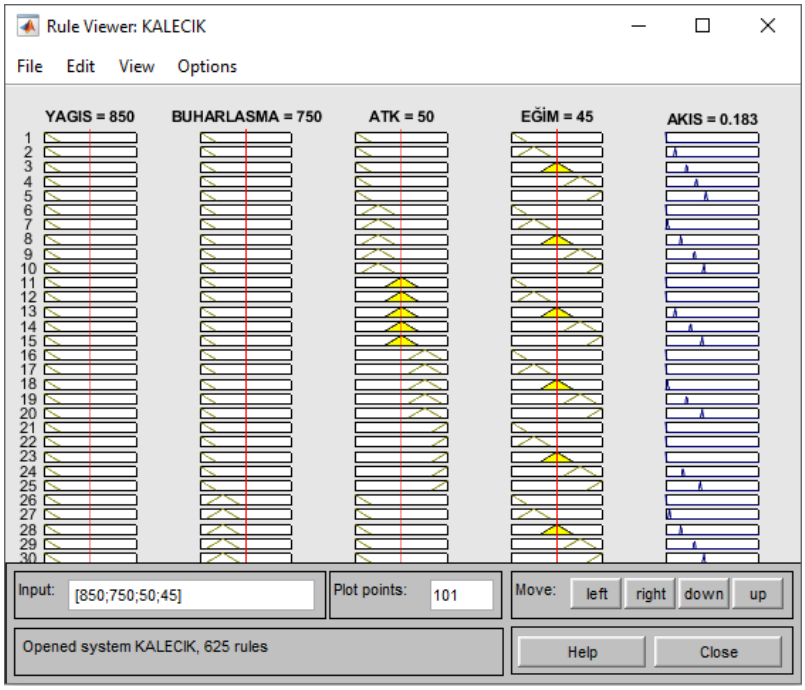
Denklem 4.2'de a akış katsayısını, Y yağışı, B buharlaşmayı, ATK arazi türü ve kullanımını ve E ise eğimi ifade etmektedir.

Akış katsayısının yağış, buharlaşma, *ATK* ve eğime bağlı olarak minimum, ortalama ve maksimum değerleri kurulan modele göre Şekil 4.9-4.11 arasında verilmiştir. Örneğin, yağış 544 mm, buharlaşma 969 mm, *ATK* %93.8 ve eğim 5.63º iken akış katsayısı minimum değerde yani 0.00248 olmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Kuralların MATLAB ile grafiksel görünümü

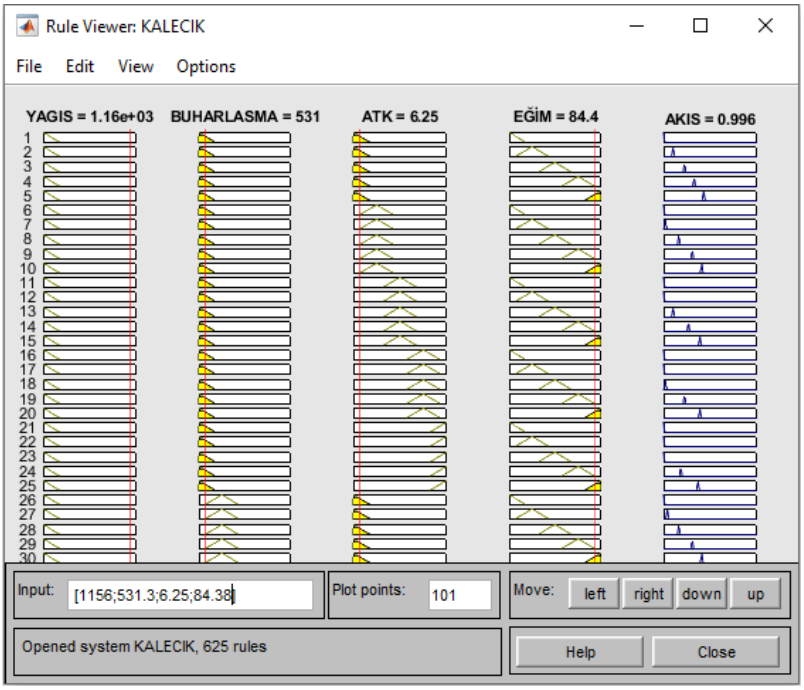
Orta değerler için örnek olsun diye Şekil 4.10'da yağışın 850 mm, buharlaşmanın 750 mm, *ATK*'nın %50 ve eğimin 45º olduğu durum için model akış katsayısını 0.183 olarak vermektedir.



Şekil 4.10. Kuralların MATLAB ile grafiksel görünümü

Yüksek değerler için de örnek Şekil 4.11'de verilmiştir. Buna göre, yağış 1156.25 mm, buharlaşma 531.25 mm, *ATK* % 6.25 ve eğim 84.4^{o} iken akış katsayısı maksimum değeri yani 0.996 olacak şekilde en büyük değeri almaktadır.

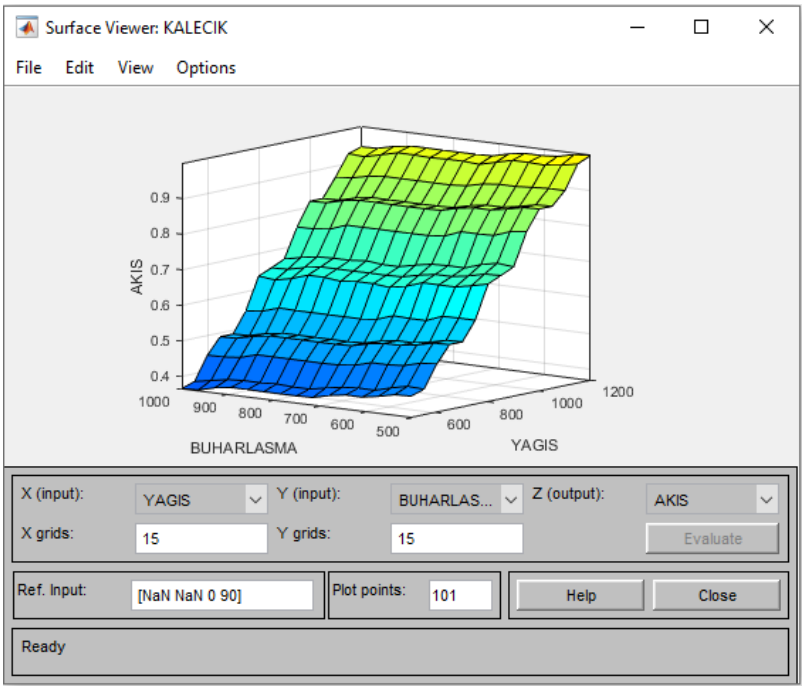
Bu örnekler modelin sadece matematik olarak değil aynı zamanda fiziksel olarakda doğru çalıştığını göstermektedir. Nitekim fiziksel olarak yağış yüksek, eğim yüksek, buharlaşma az, sızma az ise akış maksimum olacaktır.



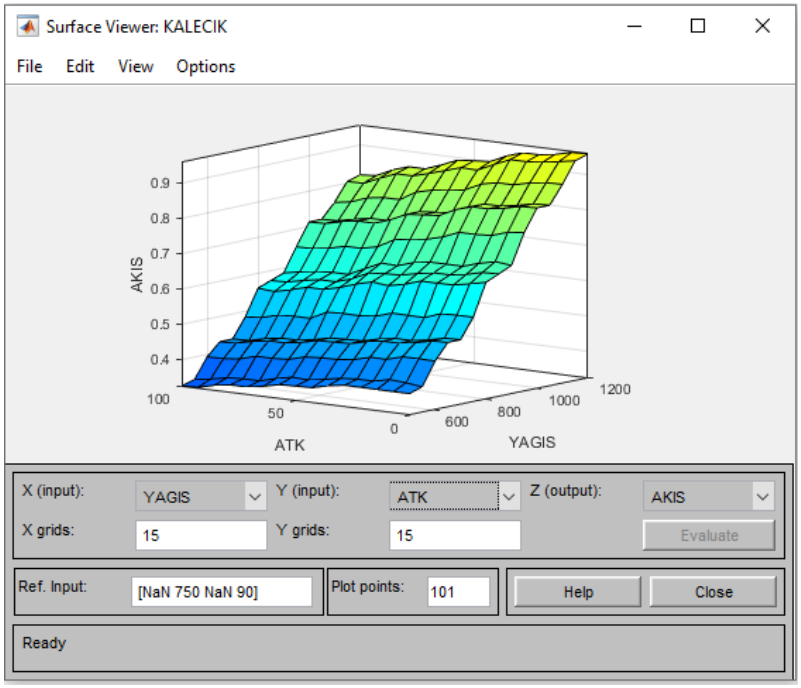
Şekil 4.11. Kuralların MATLAB ile grafiksel görünümü

4.2 denkleminde temel mantık süreklilik denklemidir. Yani yağış ve eğim minimum iken buharlaşma ve atk maksimum alınırsa akış katsayısı en küçük değer olan 0.00248 değerini alacak fakat yağış ve eğim maksimum iken buharlaşma ve atk minimum olursa akış katsayısı en büyük değeri olan 0.996 değerini alacaktır. Buna göre akış katsayısının yağış ve eğim değişkenleri ile pozitif, buharlaşma ve atk değişkenleri ile negatif bir istatiksel ilişkisi bulunmaktadır. Diğer bir ifade ile bağımsız değişken kendisini etkileyen iki değişkenin artmasıyla artarken, diğer ikisinin artmasıyla azalmaktadır.

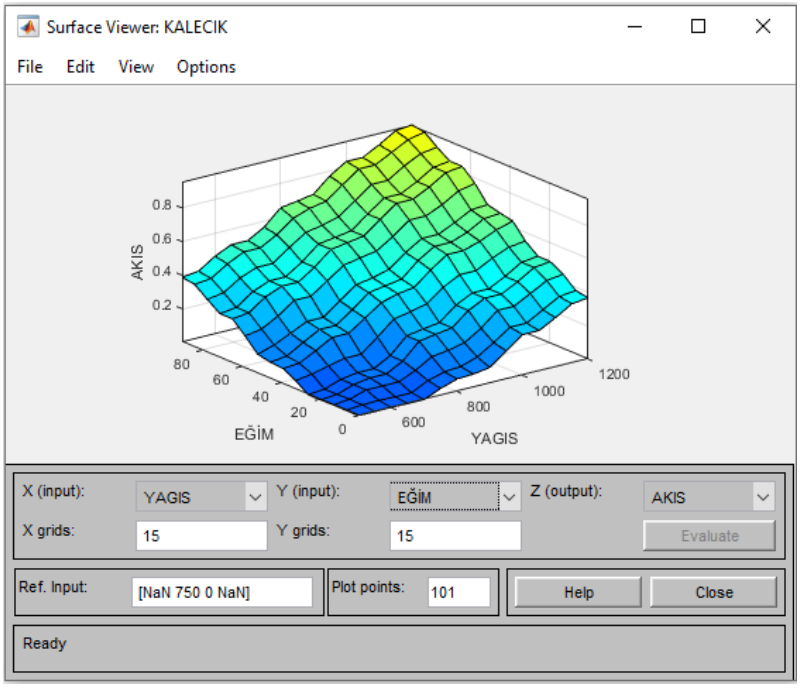
Şekil 4.12 – 4.17'de model sonucunun (bağımlı değişkenin, akış katsayısının) bağımsız değişkenlere (yağış, buharlaşma, *ATK* ve eğim) bağlı üç boyutlu olarak nasıl değiştiğini gösterilmektedir.



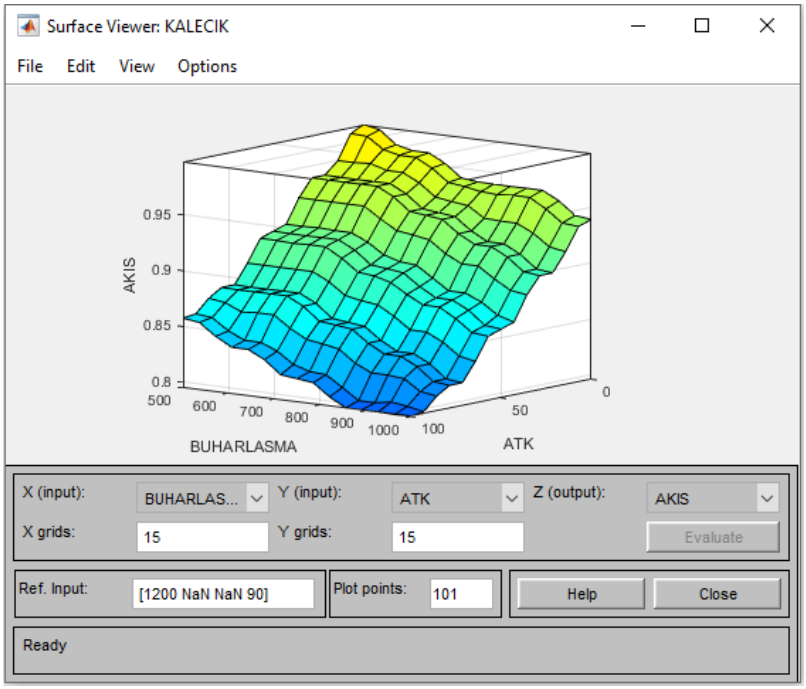
Şekil 4.12. Akış katsayısının yağış ve buharlaşmaya bağlı değişimi



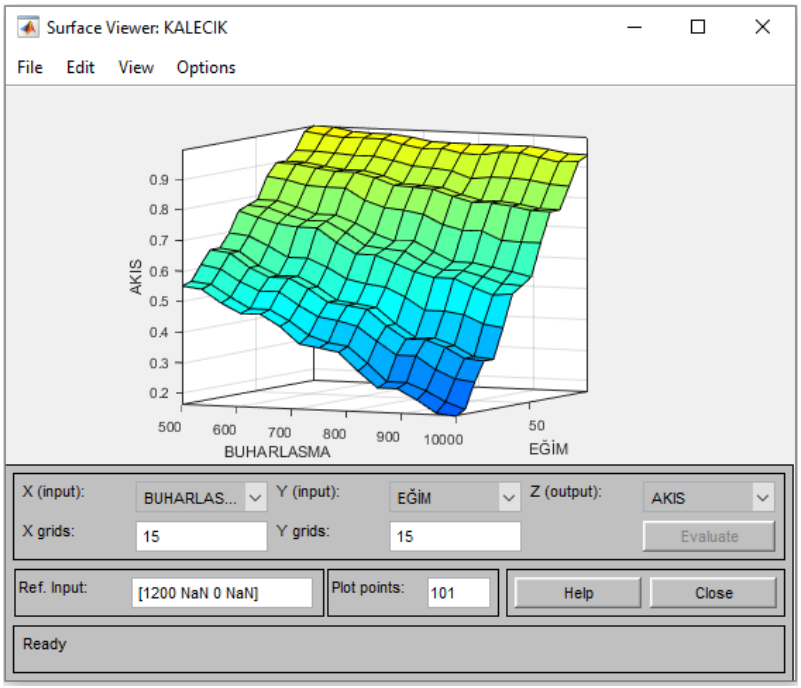
Şekil 4.13. Akış katsayısının yağış ve atk'ya bağlı değişimi



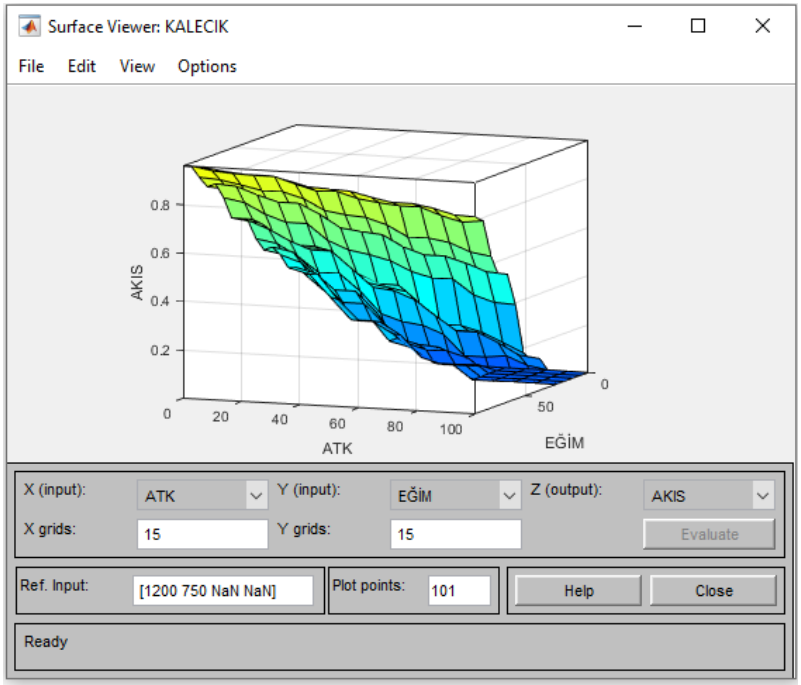
Şekil 4.14. Akış katsayısının yağış ve eğime bağlı değişimi



Şekil 4.15. Akış katsayısının buharlaşma ve atk'ya bağlı değişimi



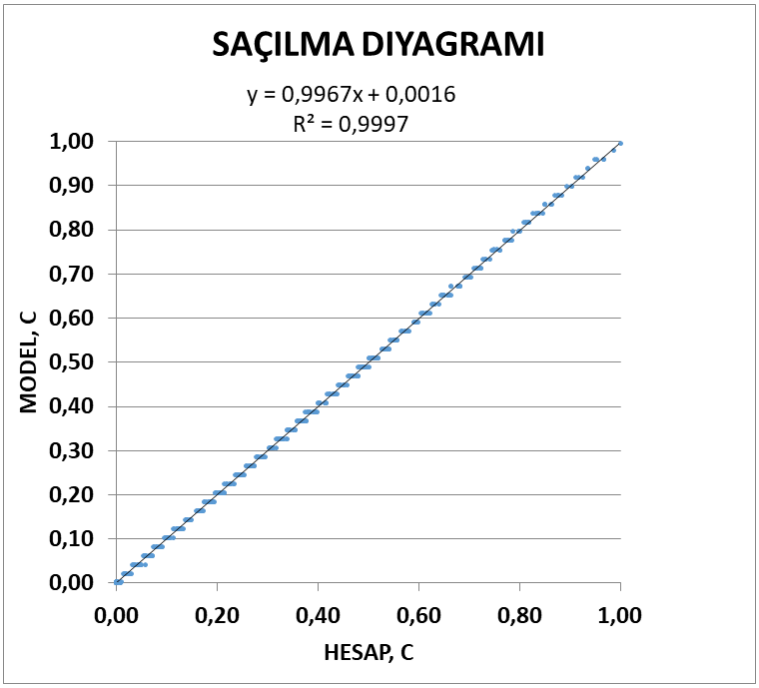
Şekil 4.16. Akış katsayısının buharlaşma ve eğime bağlı değişimi



Şekil 4.17. Akış katsayısının atk ve eğime bağlı değişimi

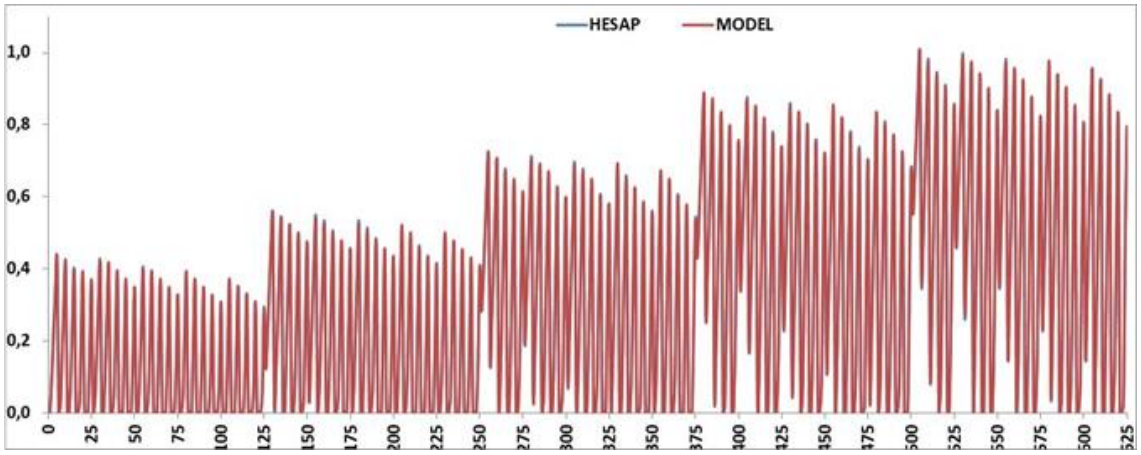
Bu çalışmada fis uzantılı model dosyalarını çalıştırmak için küçük bir alt program (kod) hazırlanmıştır. Bu kodlama ‘’fis’’ uzantılı bütün Matlab dosyalarını çalıştırmakta ve yüklenen dosyalar ile programın otomatik bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Böylece kullanıcının manuel olarak çalıştırmasının önüne geçmekte ve programın çalıştırılmasında kullanıcıya büyük kolaylık sağlamış olmaktadır. Yukarıda bahsedilen küçük alt program çalıştırıldıktan sonra model sonuçları elde edilmiş mevcut eldeki

verilerle kıyaslanmıştır. Modelin veriler ile karşılaştırılmasında istatistik büyüklükler kullanılmıştır. Bu istatistik büyüklükler minimum (X_{min}), ortalama (X_m), maksimum (X_{max}), standart sapma (S_x), değişim katsayısı (C_vx), çarpıklık katsayısı (C_sx) ve korelasyon katsayısı (R); hata çeşidi olarak ise ortalama mutlak rölatif hata (OMRH) seçilmiştir. İstatistiksel karşılaştırma sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir. Ayrıca karşılaştırma grafiksel olarak da saçılma diyagramı ve bir seri grafik ile yapılmıştır (Şekil 4.18, Şekil 4.19)



Şekil 4.18. Hesap sonucu elde edilen veriler ile model sonuçlarının saçılma diyagramı

Şekil 4.18'de verilen saçılma diyagramından görüleceği üzere veriler ile model sonuçları doğrusala çok yakın dağılmakta ve regresyon doğrusu yatayla 45°'lik açı yapmaktadır. Saçılma diyagramının doğrusala yakın bir eğilim çizgisini göstermesi modelin tahmin gücünün çok yüksek olduğunu ve eğilim çizgisinin (regresyon doğrusunun) yatayla yaptığı açının 45° olması ise modelin tarafsız davrandığını göstermektedir. Modelde esas alınan ve denklem 4.2 ile hesaplanan veri kümeleri ve model sonuçları OMRH ile birlikte EKLER bölümünde ayrıca verilmiştir.



Şekil 4.19. Hesap sonucu elde edilen veriler ile model sonuçlarının seri grafiği

Veriler ile sonuçlar arasındaki seri grafiğinde hesap ile model arasında mükemmel bir uyumun olduğu ve çizgilerin tamamen üst üste çakıştığı Şekil 4.19'da görülmektedir. Bu da tıpkı saçılma diyagramı gibi modelin çok iyi tahminde bulunduğunu göstermesi bakımından önemli görülmektedir.

Çizelge 4.1. Model sonuçlarına ait istatistik değerler ve hatalar

	İSTATİSTİK BÜYÜKLÜKLER							HATA
	X_{min}	X_m	X_{max}	S_x	C_{vX}	C_{sX}	r	OMRH(%)
Hesap	0.0000	0.2819	1.0000	0.2828	1.0033	0.6503		2.2799
Model	0.0018	0.2825	0.9965	0.2819	0.9878	0.6545	0.992	

Model için Çizelge 4.2'de karşılaştırmada kullanılan büyüklüklerin hesaplanan değerleri gösterilmiştir. Pearson korelasyon katsayısı ile aralarındaki istatiksel ilişki ölçülmüş ve bu değer 0.992 olarak hesaplanmıştır. Bu değerin 1'e oldukça yakın olması eldeki veriler ile modelin uyum sağladığını göstermektedir. Akış katsayısının denklem 4.2 ile hesaplanması sırasında negatif değerler çıkmaktadır. Negatif akış fiziksel olarak mümkün olmadığından bu değerler sıfır alınmıştır. Buna bağlı olarak ortalama mutlak rölatif hata hesaplanırken sıfıra bölünmesi neticesinde sonsuz değerler çıkmaktadır. Bu sebeple negatif akışın söz konusu olduğu durumlar ortalama mutlak rölatif hata hesaplanırken dikkate alınmamıştır. Negatif değerlerin işleme tabi tutulmadığı durumda yapılan hesap sonucunda OMRH %2.2799 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.2'de model sonuçlarının ve verilerin istatistik büyüklükleri verilmiştir. Çizelge 4.2'den, model sonuçlarına ait istatistik büyüklükler (maksimum, minimum, ortalama, s. sapma, değişim ve çarpıklık katsyıları) ile 4.2 denklemi ile üretilen verilere ait istatistik büyüklüklerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ortalama mutlak rölatif hata düşük,

istatistik büyüklüklerin birbirlerine oldukça yakın ve korelasyon katsayısının oldukça yüksek olması modelin başarısını göstermektedir. Başka bir ifade ile yapılan istatistik karşılaştırma da görsel karşılaştırmaları olumlu yönde desteklemektedir. Bundan dolayı Bulanık SMRGT modelinin oldukça başarılı olduğu ve diğer bir deyişle gerçekçi sonuçlar verdiğini söylemek gerekir.

4.2. Model Sonuçlarının Haritalandırılması

4.2.1. Haritalamada Kullanılan Parametreler

Akış katsayısı için harita hazırlanırken her bir girdiye ait ağırlık katsayıları aşağıdaki denklemlerle hazırlanmıştır.

$$b_1 = r_1 \times \frac{1}{\sum_{i=0}^{n}|r|} = 0.2672 \tag{4.3}$$

$$b_2 = r_2 \times \frac{1}{\sum_{i=0}^{n}|r|} = -0.0928 \tag{4.4}$$

$$b_3 = r_3 \times \frac{1}{\sum_{i=0}^{n}|r|} = -0.1673 \tag{4.5}$$

$$b_4 = r_4 \times \frac{1}{\sum_{i=0}^{n}|r|} = 0.4727 \tag{4.6}$$

Burada;

r_1= Yağış ile akış katsayısı arasındaki korelasyon

r_2= Buharlaşma ile akış katsayısı arasındaki korelasyon

r_3= ATK ile akış katsayısı arasındaki korelasyon

r_4= Eğim ile akış katsayısı arasındaki korelasyon

b_1, b_2, b_3 ve b_4 ise normalize edilmiş korelasyonlar (normalize edilmiş r_1, r_2, r_3 ve r_4)

$$c = 2 \times |b_2 + b_3| \tag{4.7}$$

$$c = 2 \times |-0.0928 - 0.1673| = 0.5202$$

$$d_1 = \frac{b_1}{b_1 + b_4} \tag{4.8}$$

$$d_1 = \frac{0.2672}{0.2672 + 0.4727} = 0.3612$$

$$d_4 = \frac{b_4}{b_1+b_4} \quad (4.9)$$

$$d_4 = \frac{0.4727}{0.2672+0.4727} = 0.6388$$

$$e_1 = b_1 + c \times d_1 \quad (4.10)$$

$$e_1 = 0.2672 + 0.5202 \times 0.3612 = 0.4551$$

$$e_4 = b_4 + c \times d_4 \quad (4.11)$$

$$e_4 = 0.4727 + 0.5202 \times 0.6388 = 0.8050$$

Burada;

$c =$ Normalize edilmiş negatif korelasyonların mutlak değerinin iki katı

$d_1 = b_1$'in pozitif korelasyonlarının kendi arasında normalize edilmiş durumu

$d_4 = b_4$'ün pozitif korelasyonlarının kendi arasında normalize edilmiş durumu

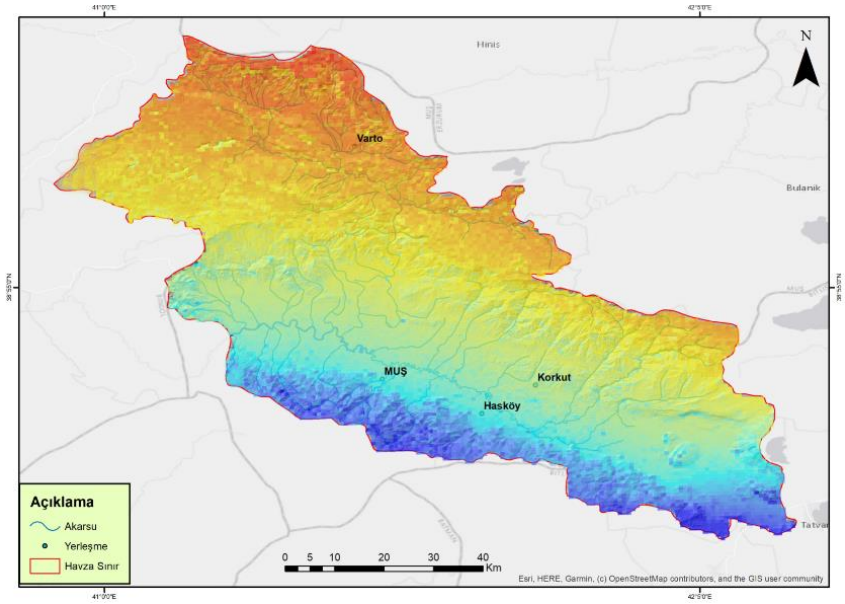
$e_1 =$ Yağışın harita ağırlık katsayısı

$e_2 =$ Buharlaşmanın harita ağırlık katsayısı $= b_2$

$e_3 =$ *ATK*'nın harita ağırlık katsayısı $= b_3$

$e_4 =$ Eğimin harita ağırlık katsayısı

Böylece bulanık SMRGT modeliyle elde edilmiş olan ortalama akış katsayısı haritaya işlenirken değerinin %45.51'ini yağıştan, mutlak değer olarak %9.28'ini buharlaşmadan, mutlak değer olarak %16.73'ünü *ATK*'dan ve %80.50'sini ise eğimden almaktadır. Burada buharlaşma ve *ATK*'nın negatif değerler alması sebebiyle azaltıcı yönde etkisi olmaktadır. Negatif etki hesaba katıldığında toplam %100 olmaktadır.



Şekil 4.20. Akış katsayısına ait harita

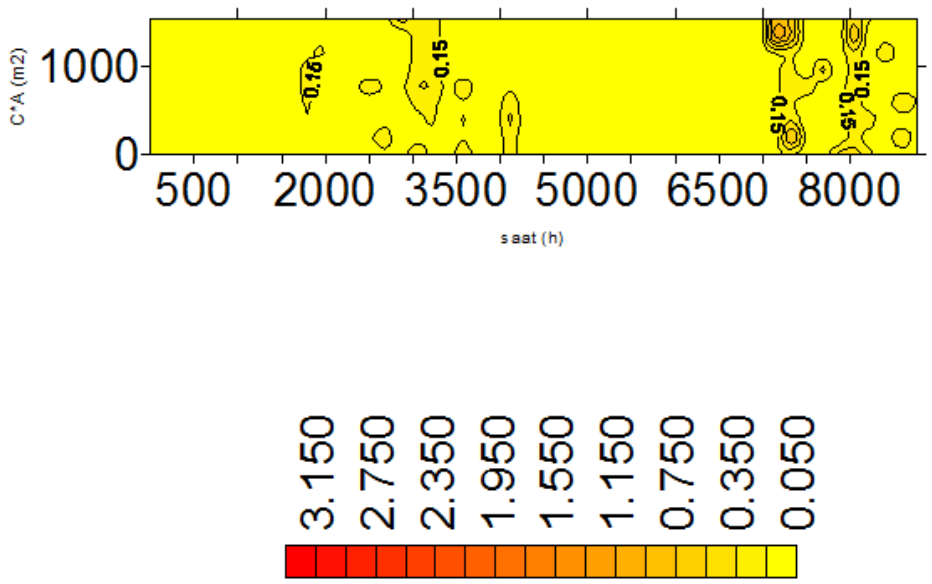
Şekil 4.20'deki akış katsayısı haritasına göre Muş ilinin dağlık kısımlarında akışın çok yüksek olduğu, Hasköy ve Korkut ilçelerinde yer yer akışın fazlalaştığı görülmektedir. Ayrıca Şekil 3.3 ve 3.9'daki yükselti ve eğim haritasından görüleceği üzere Hasköy'ün Bitlis güney dağlarının hemen etek kısımlarında yeralmasıyla beraber dağların ovayla birleştiği bu alanlarda yükselti ve eğimin kısa mesafeler içerisinde artmasınında akış üzerinde önemli bir artırıcı etkisi olmaktadır. Ayrıca Şekil 3.'deki yağış haritasına bakıldığında havzanın güneyinde yeralan bu alanlar havzanın kuzeyine göre yağışın daha fazla olduğu yerlerdir ve bu durum yağışın hızla akışa geçmesine neden olmaktadır. En düşük akışın Varto'da olduğu görülmekte ve yüksek düzlük bir saha olmasıyla beraber havzanın kuzeyine doğru yağış miktarının azalması akışın az olmasını sağlamaktadır. Karlıova ile Solhan arasında ise akışta ciddi anlamda azalmaların meydana geldiği görülmektedir. Kalecik havzası tektonik kökenli bir dağ arası havzadır. Doğuya doğru havzanın kuzey-güney yönünde daralması eğim ve yükseltinin artması dağlık alanlardan kaynağını alan akarsuların daha kısa boylu olmasına ve yağış suyunun hızla bu alanlara taşınmasına neden olmaktadır. Kalecik havzasının güneydoğusuna doğru taban suyu yüzeye daha yakındır. İron sazlığının burada yeralması bu durumun göstergelerinden biridir. Havzanında bir bölümünün yeraldığı senklinalinin bu bölümde yükselmesi taban suyunun da yüzeye yakın olmasına neden olmaktadır.

4.3. Havzada Yer Alan Yerleşim Birimlerinin Taşkın Riski

4.3.1. Taşkın Debisinin Belirlenmesi

Modelin sonuçlarına göre Kalecik havzası için bulunan ortalama akış katsayısı 0.28'dir. Bulanık SMRGT ile belirlenen akış katsayısı pratik'te sıkça kullanılan Rasyonel yöntemde kullanılarak taşkın debisi hesaplanabilir. Ancak bu yöntemin alansal açıdan kullanım aralığı 0-5 km^2 olduğu bilinmektedir (Salman 2010). Çalışılan havza alanı ise 5460 km^2'dir. Burada bir itiraz yapılabilir. Böyle bir itirazın önüne geçmek için taşkın haritası çıkarılırken alan bir bütün olarak alınmamış, havza alanın artmasına bağlı olarak (birim alana düşen) eş taşkın debisi eğrileri çizilmiştir. Dolayısıyla Rasyonel yöntem için öngörülen alan sınırlaması kontür haritanın (eş taşkın debisi eğrilerinin) çizimine engel teşkil etmemektedir.

Kontür harita (eş taşkın debisi eğrileri haritası) aslında üç değişkenli fakat iki boyutlu bir grafiktir. X değişkeni yıl içerisinde saat olarak zamanı, Y değişkeni, akış katsayısı ile alanın çarpımını ($C*A$, m^2) ve Z değişkeni ise debiyi (Q, m^3/saat) temsil etmektedir. Şekil 4.21'de Surfer programı kullanılarak elde edilen eş taşkın debisi haritası verilmiştir. Ancak bu harita sadece taşkın debisinin, zamana ve alan ile ortalama akış katsayısının çarpımına bağlı olarak değişimini göstermektedir. Havzanın merkezinde yer alan Korkut ilçesindeki istasyondan alınan yağış verileri saatlik kg/m^2/saat formatında olup 2015 – 2020 yıllarını kapsamaktadır. 365 günün 24 saati her yıl için alt alta getirilmiş ve 5 yıllık ortalaması alınmıştır. Dolayısıyla toplamda 8760 veri kullanılmıştır. Daha sonra havza alanı 8760'a bölünerek eşit sayıda alan verisi elde edilmiştir. Ancak alan verileri eklenik olup 0 – 5460 km^2 arasında bir alana sahip tüm havzalar için geçerli kılınmıştır. Değişken sayısı burada dört tane olup (alan, yağış şiddeti, akış katsayısı ve taşkın debisi) kontür harita ise sadece üç değişken ile çizilmektedir. Bu yüzden değişkenlerden iki tanesinin (alan ve akış katsayısı) çarpımı alınarak değişken sayısı üçe indirilmiştir. Taşkın debisi ise her üç değişkenin çarpımı olarak eş eğriler şeklinde belirlenen X (zaman) ve Y ($C*A$) değişkenlerine bağlı olarak çizilmiştir.



Şekil 4.21. Eş taşkın debisi eğrileri (kontür haritası)

Şekil 4.21'den bahar ve kış aylarına tekabül eden değerlerin yüksek olduğu ve geri kalan kurak sezonlarda taşkın riskinin olmadığı rahatlıkla görülmektedir.

Haritanın oluşturulması için gerekli yağış şiddeti verileri her nekadar Kalecik Havzasına en yakın Korkut istasyonundan alınmış ise de Şekil 4.21'de verilen harita Kalecik'e özel değildir. Genel olarak eş taşkın debisinin anılan bağımsız iki değişkene bağlı olarak değişimini vermektedir. Kalecik Havzasına özel üretmek için Şekil 4.20'de verilen akış katsayısı haritası altlık olarak alınıp üzerine taşkın debisinin işlenmesi gerekiyor. Bu çalışmada mevcut durumla yetinilmiş, ileriye yönelik ayrı bir çalışma olarak Kalecik Havzası'na özel bir haritanın elde edilmesi ayrıca düşünülmektedir. Bununla birlikte havzada yer alan yerleşim birimlerinin taşkın risk değerlendirilmesi yapılmış olup değerlendirme Şekil 4.20'de verilen akış katsayısı haritası ve model çıktısı olarak alınan akış katsayısı değerleri esas alınarak yapılmıştır. Buna göre risk, önemsiz (1), az riskli (2), orta riskli (3), riskli (4) ve çok riskli (5) olmak üzere 5 gruba ayrılmıştır. Havzada Muş merkez, ilçe ve köylerle beraber toplamda 250 adet yerleşim yeri bulunmaktadır. Yerleşim birimlerinin tamamının taşkın riskine göre değerlendirilme sonuçları risk derecelerine göre Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Yerleşim yerlerine ait risk durumları

Sıra No	Önemsiz (1)	Az riskli (2)	Orta riskli (3)	Riskli (4)	Çok riskli (5)
1	Demirci	Gedikpınar	Oduncular	Yazıkonak	Örenlik
2	Elçiler	Çıtak	Güroymak Merkez köy	Tahtalı	Kuştaşı
3	Üçsırt	Yolgözler	Güroymak	Arpacık	
4	Keçidere	Sarmaşık	Yamaçköy	Yukarı Kolbaşı	
5	Alagün	Yünören	Günkırı	Çallı	
6	Mescitli	İçboğaz	Büvetli	Kekliktepe	
7	Aligedik	Bahçe	Değirmenköy	Aşağı Kolbaşı	
8	Kumlukıyı	Değirmitaş	Sütderesi	Kavunlu	
9	Sanlıca	Durucak	Ortanca	Kaleli	
10	Değerli	Tanköy	Otaç	Saklı	
11	Kayalıdere	Çalaplı	Gökyazı	Küllüce	
12	Ulusırt	Balkır	Budaklı	Üzümveren	
13	Karapınar	Çınarardı	Koçköy	Kapaklı	
14	Kayalık	Güven	Gölbaşı	Koğuktaş	
15	Tepeköy	Taşlıca	Düzova	Böğürdelen	
16	Kuşluk	Karakale	Yukarı Üçdam	Karakütük	
17	Bağiçi	Yazla	Güzelli	Azıklı	
18	Aşağı Hacıbey	Kırköy	Sarıbahçe	Yarkaya	
19	Dönertaş	Boyuncuk	Umurca	Dağdibi	
20	Özenç	Aşağı Sızma	Özkavak	Derecik	
21	Karameşe	Kayaışık	Elmabulak	Karaağaçlı	
22	Baltaş	Mollababa	Aşağı Üçdam	Kepenek	
23	Hüseyinoğlu	Taşoluk	Taşüstü	Sağlık	
24	Gelintaşı	Gümüşali	Sazlıkbaşı	Muş Merke ilçe	
25	Yedikavak	Şenoba	Eşmepınar	Muş Merkez köy	
26	Göltepe	Dereyurt	Güneyik	Karlıdere	
27	Buzlugöze	Konukbekler	Altınova		
28	Taşdibek	Yaygın Merkez köy	Konakdüzü		
29	Boylu	Karameşe	Kapılı		
30	Aşağı Alagöz	Erencik	Hasköy Merkez köy		
31	Ölçekli	Sürügüden	Hasköy		
32	İlbey	Çiçekli	Alazlı		
33	Varto Merkez köy	Yukarı Sızma	Kocatarla		
34	Çatak	Karabey	Düzkışla		
35	Kaynarca	Yağcılar	Tekyol		
36	Çayçatı	Serinova	Akyıldız		
37	Sazlıca	Mercimekkale	Oğulbalı		
38	Leylek	Sarıdal	Donatım		
39	Acarkent	Beşparmak	Korkut Merkez köy		
40	Yorgançayır	Aşağı Yongalı	Soğucak		
41	Ağaçaltı	Savaşçılar	Korkut		

Çizelge 4.3. Yerleşim yerlerine ait risk durumları (devamı)

Sıra No	Önemsiz (1)	Az riskli (2)	Orta riskli (3)	Riskli (4)	Çok riskli (5)
42	Kolan	Yücetepe	Tandoğan		
43	Taşcı	Bahçeköy	Muş		
44	Yılanlı	Kalecik	Pınarüstü		
45	Oğlakçı	Ağartı	Ağaçlık		
46	Çobandağı	Kıyıbaşı	Yarpuzlu		
47	Armutkaşı	Dilimli	Sungu		
48	Seki	Bilek	Çöğürlü		
49	Yayıklı	Dumlusu	Yürekli		
50	Güzelkent	Tüten	Tabanlı		
51	Özkonak	Akpınar	Yeşilce		
52	Sağlıcak	Sudurağı	Sütlüce		
53	Diktepeler	Kutlugün	Suluca		
54	Yeşildal	Kaygıntaş	Üçdere		
55	Doğanca	Kayalıkale	Suboyu		
56	Küçüktepe	Ocaklı	Bağlar		
57	İçmeler	Yukarı Hacıbey	Çukurbağ		
58	Yarlısu	Yayla	Suvaran		
59	Teknedüzü	Haksever	Toprakkale		
60	Çaylar	Zorabat	Güzeltepe		
61	Çalıdere	Dutözü	Harman		
62	Üçbulak	Bağlıisa	Güdümlü		
63	Köprücük	Kalecik	Kızılağaç		
64	Tuzlu	Dallıöz	Durugöze		
65	Onpınar	Hasanova	Karaköprü		
66	Taşlıyayla		Kumluca		
67	Beşikkaya		Arpayazı		
68	Eryurdu		Yedipınar		
69	Dağcılar		Çatbaşı		
70	Kartaldere		Özdilek		
71	Güzeldere		Ortakent		
72	Alabalık		Alican		
73	Gölyayla		Eğirmeç		
74			Eralanı		
75			Kıyık		
76			Muratgören		
77			Köşk		
78			Bozbulut		
79			Gölköy		
80			Yoncalıöz		
81			Yelalan		
82			Nadaslık		
83			Ziyaret		
84			Yukarı Yongalı		

Çizelge 4.3'e göre taşkın riski en yüksek olan yerler Örenlik ve Kuştaşı köyleridir. Ayrıca 26 adet yerleşim yeri riskli grupta, 84 adet yerleşim yeri orta riskli grupta, 65 adet yerleşim yeri az riskli grupta ve geriye kalan 73 adet yerleşim yeri ise önemsiz olan grupta yer almaktadır. Genel olarak çizelge incelendiğinde havzada çok riskli grubun en az, orta riskli grubun ise en fazla olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda sayısı ve etkisi artan taşkın afetleri beraberinde birçok can ve mal kaybını meydana getirmektedir. Afet bölgesinde yapılacak hidrolik tasarımlar için taşkın debi hesaplamaları çok önemli bir konudur. Tespit edilmesi noktasında zor, karmaşık ve bir o kadar belirsizlik içeren taşkın debileri, literatürde esas alınan bağımsız değişkenlere göre farklılık arz etmektedir. Fakat hangi değişkenler ile çalışılırsa çalışılsın bu değişkenlerin gerçeğe bağımlı değişken (taşkın debisi) üzerindeki etkisi gerçekçi olmadığı takdirde bulunacak debilerde hata payını artıracaktır. Debi tahminleri için en önemli değişken olan akış katsayısının doğru hesaplanması oldukça elzemdir. Fakat genellikle akış katsayısı yeni ve daha güvenilir yöntemler ile yeniden ve havzaya özgü hesaplanması yerine demode klasik yöntemler ile hesaplanmış ve havza veya bölgelere göre tablolara aktarılmış güncel olmayan akış katsayıları kullanılmaktadır. Bundan dolayı akış katsayısının hesaplanmasında havzadan havzaya değişen sabit (havza alanı, *ATK* gibi) ve dinamik (meteorolojik, hidrolojik gibi) özelliklerinin esas alınması gerekir. Oysa bu özellikler ve dolayısıyla bu özellikleri temsil eden veriler belirsizlik içermektedir. Belirsizlik içeren verilerin kullanılarak deterministik yöntemler ile akış katsayısının belirlenmesi gerçekçi olamamaktadır. Benzer şekilde belirsizlik içeren bu sorunun çözülmesinde belirsizlik içeren ve fakat Karakutu yöntem olarak çalışan yöntemlerin kullanılması gerçekçilikten uzak olacağı açıktır. Bu yüzden akış katsayısının belirsizlik içeren ve fakat fizik sebep-sonuç ilişkisini de barındıran yöntemler ile hesaplanması veya modellenmesi en doğru ve gerçekçi yol olmaktadır. Bu çalışmada bu olanağı veren Bulanık SMRGT yöntemi kullanılmıştır. SMRGT yöntemi girdi ve çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları ve bulanık kural tabanının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Havzaya ait yağış, sıcaklık ve buharlaşma haritaları için Kriging yöntemi kullanılırken, eğim, bakı, yükselti haritaları için de Sayısal Yükselti Modeli kullanılmıştır.

Taşkın debi hesaplamaları için gerekli olan akış katsayısının belirlenmesinde dört girdili ve tek çıktılı olan bir bulanık model hazırlanmıştır. Modelde meteorolojik olarak yağış ve buharlaşma, arazi özelliklerine bağlı olarak arazi türü ve kullanımı ve jeomorfolojik olarak ise eğim değişkenleri kullanılarak akış katsayısı hesaplanmıştır.

Havzaya ait taşkın haritası ve modele ait her bir değişkenin ağırlık katsayısı hesaplanarak akış katsayısı haritası hazırlanmıştır.

Veri sonuçları model sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada, maksimum, minimum, ortalama, standart sapma, değişim ve çarpıklık katsayısı olmak üzere 6 istatistik büyüklük, Pearson korelasyon katsayısı, ortalama mutlak rölatif hata (OMRH) esas alınmıştır. Ayrıca karşılaştırma sonuçları saçılma diyagramı ve farklı grafiklerle görsel hale getirilmiştir. Karşılaştırmada esas alınan tüm kriterler modelin gerçekçi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Çalışmada ayrıca elde edilen diğer sonuçlar ve yapılması uygun görülen öneriler aşağıda verilmiştir:

1. Taşkın debileri için kullanılan akış katsayısının modellenmesinde afetin hassasiyeti ve belirsizliği dikkate alınarak bulanık SMRGT ve benzeri fizik temelli yöntemlerin daha yaygın kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

2. Akış katsayısı hesaplamalarında salt veri setleriyle eğitilen modellerin sadece o havza ve bölge için geçerli olacağı başka bir havza ve bölge için gerçeği tam olarak yansıtmayacağı, dolayısıyla genelleştirilemeyeceği söylenebilir.

3. Akış katsayısının daha gerçekçi bir şekilde belirlenebilmesi için gelişen teknolojiye paralel olarak basılı çalışmalara daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

4. Salt veri esaslı modelleme teknikleri ile geliştirilen modellerin sorgulanmadan kullanılması beraberinde hatalı sonuçları elde etme riskini getirmektedir.

5. Bulanık SMRGT yöntemi, uzman görüşünü daha sağlıklı bir şekilde modele yansıtma imkânını verdiği için tercihen kullanılması uygun görülmektedir.

6. Kalecik havzasına özel geliştirilmiş bulanık SMRGT modeli çok küçük müdahaleler ile diğer havzalar için de kullanılabilmektedir.

7. Örnek uygulama olarak seçilen Kalecik havzası için taşkın debi hesaplamalarında ve yapılması düşünülen hidrolik tasarımların boyutlandırılmasında kullanılmak üzere akış katsayısı 0.28 olarak belirlenmiştir.

8. DSİ verilerine göre Türkiye'de bulunan havzaların ortalama akış katsayısı 0.37'dir. 0.28 değerine sahip Kalecik havzası Türkiye ortalamasıyla karşılaştırıldığında havzanın su tutma kapasitesinin görece daha yüksek, taşkın ihtimalinin düşük olduğu sonucuna varılabilir.

9. Altyapı çalışmalarında bu çalışma kapsamında elde edilen akış katsayısı güvenle kullanılabileceğini söylemek mümkündür.

10. Havza içerisindeki yerel yönetimlerin imar planlarını bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara, ortalama akış katsayısına, taşkın risk derecelerine göre revize etmesinin ve riskli alanlarda yapılaşmaya onay vermemesinin taşkınları önlemede faydalı olacağı düşünülmektedir.

11. Sorumlu kurumların dere yataklarına kurulacak yerleşim birimleri ve tesislere, çarpık kentleşmeye, taşkınlar için risk oluşturan birinci dereceki alanlara inşa edilecek yapılara mutlak surette imar iznini vermemesi gerekir.

12. Tüm havza ve bölgelerin sel ve taşkın altında kalabilecek alanlarının haritasının detaylı bir şekilde çıkarılmasında bu çalışmanın naçizane bir katkıda bulunacağı umulmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Akar, I., Kalkan, K., Maktav, D., Ozdemir, Y., 2009, Determination of land use effects on flood risk by using integration of GIS and remote sensing. 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, IEEE, 23-26.

Akay, H., Baduna Koçyiğit, M. 2018. Ölçüm alınmayan bir havzada yağış akış ilişkisinin bir hidrolojik model yardımıyla belirlenmesi: Akçay Havzası örneği. Proceedings 3th Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi'nin içinde (Emek M., Alimgereyev Z., Ed.), Gaziantep, Türkiye: 2154-2159.

Akbaş, A., Özdemir, H. 2018. Marmara Denizi havzasının hidroklimatolojik dinamiklerinin belirlenmesi, ***Türk Coğrafya Dergisi*** (70): 123-131.

Alp, M., Cığızoğlu, H.K. 2004. Farklı yapay sinir ağı metodları ile yağış-akış ilişkisinin modellenmesi, ***İtü Dergisi***, 3 (1): 80-88.

Altaş, E., Aydın, M.C., Toprak, Z.F. 2018. Açık kanal akımlarında su yüzü profilinin bulanık SMRGT yöntemiyle modellenmesi, ***Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi***, 9 (2): 975-981.

Altundal, M. 2010. Taskinlarin Ekonomik Boyutu. 2, Ulusal Taşkin Sempozyumu Panel Sunulari ve Tebliğler Kitabi (22-24 Mart 2010).

Amini, J. 2010. A method for generating floodplain maps using IKONOS images and DEMs, ***International Journal of Remote Sensing***, 31 (9): 2441-2456.

Angelidis, P., Kotsikas, M., Kotsovinos, N. 2010. Management of upstream dams and flood protection of the transboundary river Evros/Maritza, Water resources management, 24 (11): 2467-2484.

Ardos, M. 1995. Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi, Cilt: 1, 2, Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul.

Aslan, A., Aptroot, A., Etayo, J., Karahan, D., Sipman, H. 2020. Lichens and lichenicolous fungi from Bitlis province in Turkey, Lindbergia, 2020 (1).

Aşıkoğlu, Ö.L. 2017. Frekans analizinde alternatif bir parametre tahmin metodu, ***Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi***, 5 (4): 445-459.

Atalay, İ. 1983. Muş Ovası ve Çevresinin Jeomorfolojisi ve Toprak Coğrafyası. Ege Üniv, Edebiyat Fakültesi Yay (24).

Avci, V., Günek, H. 2015. Karlıova Havzası'nda (Bingöl) Doğal Ortam Özelliklerinden Kaynaklanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri ***International Journal of Social Science***, 31: 211-233.

Avcı, V., Günek, H. 2014. Karlıova Havzası ve Çevresindeki (Bingöl) Aktif Heyelanların Litoloji, Yükselti, Eğim, Bakı ve Ndvı Sınıflarına Göre Dağılımı, ***The Journal of Academic Social Science Studies***, 28: 445-464.

Aydın, H. 2016. Hidrolojik Kuraklık Analizi: Muş İli Örneği. Dölek, İ., Muş İli İçin Doğal Tehlike Kaynakları. Ankara, 159, Türkiye: 3-25.

Bailey, T., Gatrell, A. 1995. Interactive Spatial Data Analysis, Edinburgh: Harlow, Essex: Addison Wesley Longman Limited.

Barbero, S., Rabuffetti, D., Wilson, G., Buffo, M., 2001, Development of a Physically-Based Flood Forecasting System:"MIKE FloodWatch" in the Piemonte Region, Italy, Proc. 4th DHI Software Conference, Helsingør, Denmark.

Batan, M., Toprak, Z.F. 2015. Küresel iklim değişikliğinin olumlu etkileri ve bu etkilerin iklim değişikliğine uyum kapsamında değerlendirilmesi, ***Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi***, 6 (2): 93-102.

Bayri, G. 2018. Zeminlerin Basit Üyeli Fonksiyonlar ve Bulanik Kurallar Üretim Tekniği (SMRGT) ile Siniflandirilmasi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis Eren Üniversitesi.

Berz, G., 2000, Flood disasters: lessons from the past—worries for the future, Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water and Maritime Engineering, Thomas Telford Ltd, 3-8.

Bih, J. 2006. Paradigm shift-an introduction to fuzzy logic, IEEE potentials, 25 (1): 6-21.

Bostan, P. 2017. Jeo-İstatistik'te Kullanılan Temel Kriging Yöntemleri, ***Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi***, 27 (1): 10-20.

Bozkurt, D., Sen, O.L. 2011. Precipitation in the Anatolian Peninsula: sensitivity to increased SSTs in the surrounding seas, Climate dynamics, 36 (3-4): 711-726.

Burgan, H. 2013. Akarçay Havzası Taşkın Modellemesi, Yüksek Lisan Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Cleveland, T.G., He, X., Asquith, W.H., Fang, X., Thompson, D.B. 2006. Instantaneous unit hydrograph evaluation for rainfall-runoff modeling of small watersheds in north and south central Texas, ***Journal of irrigation and drainage engineering***, 132 (5): 479-485.

Çakır Aydın, D. 2017. İşitsel Peyzajda Ses Çevresi Memnuniyet Düzeyinin Bulanık Mantık ile Tahmin Edilmesi: Diyarbakır Suriçi Uygulaması, Yayımlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çavdar, S. 1996. K.," İstanbul Dereleri İçin Taşkın Debilerinin Araştırılması", İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Dikici, M., Kazezyılmaz-Alhan, C.M. 2018. Alibeyköy havzası için farklı hidrolojik modelleme yöntemleri ile taşkın debilerinin belirlenmesi, ***DÜMF Mühendislik Dergisi***, 9 (2): 919-928.

Dölek, İ. 2016. Muş ilinde Doğal Tehlike Kaynağı Olarak Sel ve Taşkınlar, Sel ve Taşkına Duyarlı Alanların Analizi, Muş İli İçin Doğal Tehlike Kaynakları. Edt. İskender Dölek, Ankara: 85-134.

Dölek, İ. 2015. Sungu beldesi ve yakın çevresinde (muş) sel ve taşkına duyarlı alanların belirlenmesi, ***Marmara Coğrafya Dergisi*** (31): 258-280.

Dursun, f. 2008. Murat nehrinin Elazığ ili Palu ilçesi civarındaki taşkın seviyesinin belirlenmesi, ***Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi***, 7 (1): 130-133.

Efeoğlu, A., Yeşil, N., Kimençe, T. 2010. Avrupa Birliği Taşkın Risklerinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Direktifi ve Ülkemizdeki Çalışmalar, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu: 21-31.

Elçi, Ş., Tayfur, G., Haltas, İ., Kocaman, B. 2017. Baraj yıkılması sonrası iki boyutlu taşkın yayılımının yerleşim bölgeleri için modellenmesi, ***Teknik Dergi***, 28 (3): 7955-7975.

Elmastaş, N. 2008. Bitlis İli Jeotermal Su Kaynakları, ***Doğu Coğrafya Dergisi***, 13 (19): 89-104.

Em-dat, c. 2016. The Ofda/cred-International Disaster Database Université catholique de Louvain Brussels, Belgium.

Erinç, S. 1953. Doğu Anadolu Coğrafyası, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fak, Coğrafya Enstitüsü Yay (15).

Erinç, S., Ordu–Giresun, K.A.K.D., Şeritleri, K.L., Coğr, T. 1996. Klimatoloji ve Metodları, Genişletilmiş 4, Baskı, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.

Erkek, C., Ağıralioğlu, N. 2002. Akarsu Morfolojisi, (Eds.) C. Erkek, N. Ağıralioğlu. Su Kaynakları Mühendisliği. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş, 360, İstanbul.

Ertürk, A. 2014. Kocaeli Karamürsel Projesi Kapsamındaki Barajların Havza Taşkın Koruma Tesislerine Etkilerinin Araştırılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.

Freksa, C., Kruse, R., Mantaras, R.L.d. 2001. Interview with Prof. Lotfi A. Zadeh, KI, 15 (3): 40-43.

Fujihara, Y., Tanaka, K., Watanabe, T., Nagano, T., Kojiri, T. 2008. Assessing the impacts of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin in Turkey: Use of dynamically downscaled data for hydrologic simulations, ***Journal of Hydrology***, 353 (1-2): 33-48.

Goudie, A.S. 2006. Global warming and fluvial geomorphology, Geomorphology, 79 (3-4): 384-394.

Güllü, M., Turgut, B., Baybura, T. 2016. Jeoid Yüksekliklerinin Belirlenmesinde Yapay Sinir Ağları ve Kriging Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, ***Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi***, 16 (3): 674-678.

Gümüş, V., Soydan, N.G., Simsek, O., Aköz, M.S., Kırkgöz, M.S. 2013. Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesinde Farklı Yapay Sinir Ağı Yöntemlerinin Karşılaştırılması, ***Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi***, 28 (1): 37-50.

Halil, K., Sever, R. 2011. Karlıova'da (Yukarı Göynuk Çayı Havzası) Büyük ve Küçükbaş Hayvancılık, ***Doğu Coğrafya Dergisi***, 11 (16): 165-192.

Hamidi, N., Toprak, Z., Gülsever, H., Sungur, M. 2013. Kuraklık İndisinin SMRGT Yöntemi ile Modellenmesi. III, Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Tikdek: 3-5.

İrfan, O., Yürekli, K., Öztürk, F. 2010. Tokat Uğrak Havzası Günlük Akımlarının Modellenmesi, ***International Journal of Agricultural and Natural Sciences***, 3 (1): 7-11.

Işık, E., Özlük, M.H. 2012. Bitlis İli'nin Doğal Afetler Açısından İncelenmesi ve Öneriler Natural Disasters Analysis of Bitlis Province and Suggestions, ISTEC, Dubai 1-9.

İşler, S., Oğuz, E., Durmuş, O. 2016. Antalya kemer ilçesi için sentetik yöntemlerle taşkın analizi, Ulusal Taşkın Sempozyumu, Antalya: 1-10.

Janssen, M.A., Schoon, M.L., Ke, W., Börner, K. 2006. Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change, Global environmental change, 16 (3): 240-252.

Karakaya, D. (2018), "Akış katsayısının bulanık SMGRT yöntemi ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi", Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Diyarbakır, 101.

Karataş, İ. 2018. Bulanık Mantık ile Klasik ve Sembolik Mantık İlişkisi (Karşılaştırılması), ***European Journal of Educational and Social Sciences***, 3 (2): 144-163.

Keskenler, M.F., Keskenler, E.F. 2017. Bulanık mantığın tarihi gelişimi, Takvim-i Vekayi, 5 (1): 1-10.

Kirmencioğlu, B. 2015. Türkiye'de dere yataklarına müdahalelerin taşkınlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Kitoh, A., Yatagai, A., Alpert, P. 2008. First super-high-resolution model projection that the ancient "Fertile Crescent" will disappear in this century, Hydrological Research Letters, 2: 1-4.

Koçak, M.Y., Avcıoğlu, A.O.T.D. (2006), "Bitlis ilinin tarımsal mekanizasyon durumu, sorunları ve çözüm önerileri", Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı.

Kothyari, U.C. 1995. Estimation of monthly runoff from small catchments in India, ***Hydrological sciences journal***, 40 (4): 533-542.

Kömüşcü, A.Ü. 2011. 8-12 Eylül 2009 Tarihlerinde Marmara Bölgesi'nde Meydana Gelen Sel Olayının Yağış Analizi (Rainfall Analysis of the Flood Event that Occurred in Marmara Region on 8-12 September 2009), ***Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal of Geographical Sciences***, 9 (2): 209-220.

Kumar, P., Lohani, A., Nema, A. 2017. Rainfall Runoff Modeling Using MIKE 11 NAM Model, Current World Environment, 14 (1): 27.

Linsley Jr, R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L. 1975. Hydrology for engineers. trid.trb.org, 13-07-1976.

Merz, R., Blöschl, G., Parajka, J. 2006. Spatio-temporal variability of event runoff coefficients, ***Journal of Hydrology***, 331 (3-4): 591-604.

MGM. 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Klimatoloji Şube Müdürlüğü Kalaba, Ankara, Türkiye.

Mimikou, M., Rao, A.R. 1983. Regional monthly rainfall-runoff model . ***Journal of Water Resources Planning and Management***, 109 (1): 75-93.

Nayak, T., Jaiswal, R. 2003. Rainfall-runoff modelling using satellite data and GIS for Bebas river in Madhya Pradesh, ***Journal of the Institution of Engineers. India. Civil Engineering Division***, 84 (mai): 47-50.

Nijssen, B., O'Donnell, G.M., Hamlet, A.F., Lettenmaier, D.P. 2001. Hydrologic sensitivity of global rivers to climate change, Climatic change, 50 (1-2): 143-175.

Oğuz, E. 1993. Türkiye'nin doğal yöre ve çevreleri, ***Ege Coğrafya Dergisi***, 7 (1): 13-41.

Oliveri, E., Santoro, M. 2000. Estimation of urban structural flood damages: the case study of Palermo, Urban Water, 2 (3): 223-234.

Ösna, T. (2013), "Gıs Tabanlı Bir Mamdani Bulanık Çıkarsama Aracının Geliştirimi ve Heyelan Duyarlılık Haritası Üretimine Uygulanması ", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, 77.

Özcan, O. 2017. Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi örneği, ***Doğal Afetler ve Çevre Dergisi***, 3 (1): 9-27.

Özcan, O., Musaoğlu, N. 2009. Taşkın Risk Analizinde Hidrolojik Modelleme ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi, TUFUAB V, Teknik Sempozyumu: 4-6.

Özcan, O., Musaoğlu, N., Şeker, D.Z. 2009. Taşkın alanlarının CBS ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi: Sakarya Havzası örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12: 11-15.

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.

Öztürk, M. (2006), "İstanbul derelerinin taşkın debilerinin tahmini", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, 96.

Palta, Ş., Yurtseven, İ., Aksay, H. 2019. Göksu Nehri Havzasının Yağış-Akış İlişkileri, ***Bartın Orman Fakültesi Dergisi***, 21 (3): 860-872.

Panagoulia, D., Dimou, G. 1997. Sensitivity of flood events to global climate change, ***Journal of hydrology***, 191 (1-4): 208-222.

Parida, B., Moalafhi, D., Kenabatho, P. 2006. Forecasting runoff coefficients using ANN for water resources management: The case of Notwane catchment in Eastern Botswana, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 31 (15-16): 928-934.

Pektaş, A.O. (2013), "Büyük Havzalarda Akış Katsayısının Hesaplanması. Doktora Tezi", Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, 192.

Prudhomme, C., Jakob, D., Svensson, C. 2003. Uncertainty and climate change impact on the flood regime of small UK catchments, ***Journal of hydrology***, 277 (1-2): 1-23.

Robinson, M., Scholz, M., Bastien, N., Carfrae, J. 2010. Classification of different sustainable flood retention basin types, ***Journal of Environmental Sciences***, 22 (6): 898-903.

Sağlam, N.E., Düzgüneş, E., Balık, İ. 2008. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, ***Su Ürünleri Dergisi***, 25 (1): 89-94.

Salman, C. 2010. Munzur Projesi Kapsamında Yapılacak Barajların Bölgedeki Taşkın Koruma Yapılarına Etkisi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

Savenije, H.H. 1996. The runoff coefficient as the key to moisture recycling, ***Journal of Hydrology***, 176 (1-4): 219-225.

Seçkin, N., Güven, A., Yurtal, R. 2010. Taşkın Debilerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi: Örneksel Bölge Çalışması-Batı Karadeniz Havzası, ***Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi***, 25 (1): 45-56.

Sedki, A., Ouazar, D., El Mazoudi, E. 2009. Evolving neural network using real coded genetic algorithm for daily rainfall–runoff forecasting, Expert Systems with Applications, 36 (3): 4523-4527.

Sıramkaya, E. (2006), "Veri madenciliğinde bulanık mantık uygulaması. Yüksek Lisans Tezi", Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 89.

Smith, T.M., Reynolds, R.W., Peterson, T.C., Lawrimore, J. 2008. Improvements to NOAA's historical merged land–ocean surface temperature analysis (1880–2006), ***Journal of Climate***, 21 (10): 2283-2296.

Sönmez, M. (2005), "Muş Ovası ve Çevresinin Arazi Kullanımı", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 148.

Sönmez, M. 2014. Muş Ovası'nın Tarımsal Potansiyeli ve Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler Makalelerle Muş Kitabı, Muş Alparslan Üniversitesi Yayınları, Muş: 1-29.

Sönmez, O., Demir, F. 2017. Ağva ilçe merkezine ait taşkın yayılım haritalarının ve mevcut binaların taşkın su seviyelerinin tespiti, ***Sakarya University Journal of Science***, 21 (2): 105-112.

Sönmez, O., Hırca, T., Demir, F., 2017, Akım Ölçümü Olmayan Nehirlerde Farklı Yağış Akış Modelleri ile Tekerrürlü Taşkın Debisi Hesabı: Mudurnu Çayı Örneği, 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku-Azerbaijan), 1-10.

Stronska, K., Borowicz, A., Kitowski, K., Michalik, G., Jørgensen, G., Van Kalken, T., Butts, M., 1999, Mike 11 as Flood Management and Flood Forecasting Tool for the Odra River, *Poland, Proceeding of the 3rd DHI Software Conference Helsingør, Denmark.*

Sunkar, M., Tonbul, S. 2010. İluh deresi havzasına (Batman) yönelik sel ve taşkın riski analizleri, Nature Sciences, 5 (4): 255-273.

Sunkar, M., Toprak, A. 2016. Sel ve Taşkın Çalışmalarında Tarihi Veri Kaynaklarının Önemi, TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ankara, 1-10.

Şen, Ö.L., Bozkurt, D., Göktürk, O.M., Dündar, B., Altürk, B. 2013. Türkiye'de iklim değişikliği ve olası etkileri, Taşkın Sempozyumu, İstanbul Haliç Kongre Merkezi: 29-30.

Şen, Z., 2001, Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri, Bilge Kültür Sanat,176, İstanbul,

Şentürk, F., 1988, Barajların projelendirilmesinde hidrolik esaslar, *DSİ, 628,* Ankara,

Te Chow, V., Maidment, D., Mays, L. 1962. Applied hydrology, ***Journal of Engineering Education***, 308: 1959.

Toprak, Z., 2004, Comparison of the dispersion model results using contour map method, Proceeding of 6th International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE2004), Bogazici University, Istanbul, Turkey, 1407-1417.

Toprak, Z.F. (2003), "Akarsularda boyuna dispersiyon katsayısının bulanık mantık yöntemi ile belirlenmesi. Doktora Tezi", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 153.

Toprak, Z.F., 2019, Bilimsel Araştirmalarda Yöntem Seçimi, 2. Uluslararası Mühendislik Ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, Mardin, 164-177.

Toprak, Z.F. 2009. Flow discharge modeling in open canals using a new fuzzy modeling technique (SMRGT), CLEAN–Soil, Air, Water, 37 (9): 742-752.

Toprak, Z.F., Songur, M., Hamidi, N., Gulsever, H. 2013. Determination of Losses in Water-Networks Using a New Fuzzy Technique (SMRGT), ***Global Journal on Technology***, 3: 833-840.

Toprak, Z.F., Toprak, A., Aykaç, Z. 2017. Bulanık SMRGT yönteminin pratik uygulamaları, ***Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi***, 8 (1): 123-132.

Tsykin, E. 1985. Multiple nonlinear statistical models for runoff simulation and prediction, ***Journal of Hydrology***, 77 (1-4): 209-226.

Turoğlu, H., 2005, Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, Çantay Kitabevi, 202, Ankara,

Türkeş, M. (1990), "Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul, 202.

Türkeş, M., Sümer, U.M., Çetiner, G. 2000. Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, İstanbul Sanayi Odası: 7-24.

Ulukaya, O. (2011), "Yağış-akış Bağıntıları Ve Yapay Zeka Teknikleri İle Modellenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 117.

Yalaz, S., Arife, A. 2016. Fuzzy Linear Regression for the Time Series Data which is Fuzzified with SMRGT Method, ***Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi***, 20 (3): 405-413.

Yalaz, S., Atay, A., Toprak, Z.F., 2013, SMRGT Yöntemi ile Bulanıklaştırılmış Zamana Bağlı Veriler İçin Bulanık Doğrusal Regresyon, Matematik Sempozyumu, Diyarbakır, 1-7.

Yapo, P., Sorooshian, S., Gupta, V. 1993. A Markov chain flow model for flood forecasting, Water resources research, 29 (7): 2427-2436.

Yılmaz, A. 2015. Sinirsel bulanık mantık modeliyle kanser risk analizi, Doktora, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya,257.

Yu, G., Schwartz, Z., Walsh, J.E. 2009. A weather-resolving index for assessing the impact of climate change on tourism related climate resources, Climatic Change, 95 (3-4): 551-573.

Yüce, M.İ., Ercan, B., 2015, Kızılırmak Havzası Yağış-Akış İlişkisinin Belirlenmesi, Su Yapıları Sempozyumu, Antalya, 19-21.

Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets, Information and control, 8 (3): 338-353.

EKLER

EK 1 Bulanık Kural Tabanı

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
543.7500	531.2500	6.2500	5.6250	0.0097	0.0025	74.25
543.7500	531.2500	6.2500	22.5000	0.0995	0.1019	2.38
543.7500	531.2500	6.2500	45.0000	0.2193	0.2243	2.29
543.7500	531.2500	6.2500	67.5000	0.3390	0.3266	3.67
543.7500	531.2500	6.2500	84.3750	0.4289	0.4286	0.06
543.7500	531.2500	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	25.0000	22.5000	0.0251	0.0204	18.80
543.7500	531.2500	25.0000	45.0000	0.1665	0.1631	2.03
543.7500	531.2500	25.0000	67.5000	0.3078	0.3062	0.53
543.7500	531.2500	25.0000	84.3750	0.4139	0.4082	1.37
543.7500	531.2500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	50.0000	45.0000	0.0961	0.1019	6.06
543.7500	531.2500	50.0000	67.5000	0.2662	0.2655	0.28
543.7500	531.2500	50.0000	84.3750	0.3939	0.3878	1.54
543.7500	531.2500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	75.0000	45.0000	0.0257	0.0204	20.55
543.7500	531.2500	75.0000	67.5000	0.2246	0.2243	0.15
543.7500	531.2500	75.0000	84.3750	0.3739	0.3878	3.73
543.7500	531.2500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	531.2500	93.7500	67.5000	0.1934	0.1836	5.09
543.7500	531.2500	93.7500	84.3750	0.3589	0.3673	2.35
543.7500	625.0000	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	6.2500	22.5000	0.0311	0.0408	31.15
543.7500	625.0000	6.2500	45.0000	0.1707	0.1631	4.47
543.7500	625.0000	6.2500	67.5000	0.3104	0.3062	1.34
543.7500	625.0000	6.2500	84.3750	0.4151	0.4082	1.66
543.7500	625.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	25.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	25.0000	45.0000	0.1179	0.1223	3.71
543.7500	625.0000	25.0000	67.5000	0.2792	0.2859	2.42
543.7500	625.0000	25.0000	84.3750	0.4001	0.4082	2.03
543.7500	625.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	50.0000	45.0000	0.0475	0.0408	14.15
543.7500	625.0000	50.0000	67.5000	0.2375	0.2449	3.09
543.7500	625.0000	50.0000	84.3750	0.3801	0.3877	2.01
543.7500	625.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	75.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
543.7500	625.0000	75.0000	67.5000	0.1959	0.2039	4.06
543.7500	625.0000	75.0000	84.3750	0.3601	0.3673	2.01
543.7500	625.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	625.0000	93.7500	67.5000	0.1647	0.1631	1.00
543.7500	625.0000	93.7500	84.3750	0.3451	0.3469	0.53
543.7500	750.0000	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	6.2500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	6.2500	45.0000	0.1060	0.1019	3.86
543.7500	750.0000	6.2500	67.5000	0.2721	0.2655	2.43
543.7500	750.0000	6.2500	84.3750	0.3967	0.3878	2.24
543.7500	750.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	25.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	25.0000	45.0000	0.0532	0.0612	15.06
543.7500	750.0000	25.0000	67.5000	0.2409	0.2449	1.66
543.7500	750.0000	25.0000	84.3750	0.3817	0.3877	1.58
543.7500	750.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	50.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	50.0000	67.5000	0.1993	0.2039	2.31
543.7500	750.0000	50.0000	84.3750	0.3617	0.3673	1.55
543.7500	750.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	75.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	75.0000	67.5000	0.1577	0.1631	3.43
543.7500	750.0000	75.0000	84.3750	0.3417	0.3469	1.53
543.7500	750.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	750.0000	93.7500	67.5000	0.1265	0.1223	3.31
543.7500	750.0000	93.7500	84.3750	0.3267	0.3265	0.05
543.7500	875.0000	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	6.2500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	6.2500	45.0000	0.0413	0.0408	1.10
543.7500	875.0000	6.2500	67.5000	0.2338	0.2243	4.08
543.7500	875.0000	6.2500	84.3750	0.3783	0.3878	2.51
543.7500	875.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	25.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	25.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	25.0000	67.5000	0.2026	0.2039	0.62
543.7500	875.0000	25.0000	84.3750	0.3633	0.3673	1.11
543.7500	875.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	50.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	50.0000	67.5000	0.1610	0.1631	1.28

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
543.7500	875.0000	50.0000	84.3750	0.3433	0.3469	1.05
543.7500	875.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	75.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	75.0000	67.5000	0.1194	0.1223	2.40
543.7500	875.0000	75.0000	84.3750	0.3233	0.3265	1.00
543.7500	875.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	875.0000	93.7500	67.5000	0.0882	0.0815	7.63
543.7500	875.0000	93.7500	84.3750	0.3083	0.3061	0.71
543.7500	968.7500	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	6.2500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	6.2500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	6.2500	67.5000	0.2052	0.2039	0.61
543.7500	968.7500	6.2500	84.3750	0.3645	0.3673	0.77
543.7500	968.7500	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	25.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	25.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	25.0000	67.5000	0.1740	0.1836	5.55
543.7500	968.7500	25.0000	84.3750	0.3495	0.3469	0.74
543.7500	968.7500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	50.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	50.0000	67.5000	0.1323	0.1223	7.59
543.7500	968.7500	50.0000	84.3750	0.3295	0.3265	0.91
543.7500	968.7500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	75.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	75.0000	67.5000	0.0907	0.0815	10.19
543.7500	968.7500	75.0000	84.3750	0.3095	0.3061	1.10
543.7500	968.7500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
543.7500	968.7500	93.7500	67.5000	0.0595	0.0612	2.78
543.7500	968.7500	93.7500	84.3750	0.2945	0.2857	2.98
675.0000	531.2500	6.2500	5.6250	0.1260	0.1223	2.95
675.0000	531.2500	6.2500	22.5000	0.2171	0.2243	3.30
675.0000	531.2500	6.2500	45.0000	0.3386	0.347	2.47
675.0000	531.2500	6.2500	67.5000	0.4601	0.4694	2.02
675.0000	531.2500	6.2500	84.3750	0.5513	0.5509	0.06
675.0000	531.2500	25.0000	5.6250	0.0135	0.0204	50.70
675.0000	531.2500	25.0000	22.5000	0.1248	0.1223	1.98
675.0000	531.2500	25.0000	45.0000	0.2731	0.2655	2.78
675.0000	531.2500	25.0000	67.5000	0.4214	0.4287	1.73

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
675.0000	531.2500	25.0000	84.3750	0.5326	0.5305	0.40
675.0000	531.2500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	531.2500	50.0000	22.5000	0.0016	0.0025	54.47
675.0000	531.2500	50.0000	45.0000	0.1857	0.1836	1.12
675.0000	531.2500	50.0000	67.5000	0.3697	0.3674	0.64
675.0000	531.2500	50.0000	84.3750	0.5078	0.5101	0.45
675.0000	531.2500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	531.2500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	531.2500	75.0000	45.0000	0.0983	0.1019	3.68
675.0000	531.2500	75.0000	67.5000	0.3181	0.3266	2.67
675.0000	531.2500	75.0000	84.3750	0.4830	0.4897	1.39
675.0000	531.2500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	531.2500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	531.2500	93.7500	45.0000	0.0327	0.0408	24.63
675.0000	531.2500	93.7500	67.5000	0.2794	0.2859	2.34
675.0000	531.2500	93.7500	84.3750	0.4643	0.4693	1.07
675.0000	625.0000	6.2500	5.6250	0.0427	0.0408	4.44
675.0000	625.0000	6.2500	22.5000	0.1487	0.1427	4.05
675.0000	625.0000	6.2500	45.0000	0.2901	0.2859	1.44
675.0000	625.0000	6.2500	67.5000	0.4314	0.4287	0.63
675.0000	625.0000	6.2500	84.3750	0.5375	0.5305	1.29
675.0000	625.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	625.0000	25.0000	22.5000	0.0564	0.061	8.25
675.0000	625.0000	25.0000	45.0000	0.2245	0.2242	0.15
675.0000	625.0000	25.0000	67.5000	0.3927	0.3881	1.17
675.0000	625.0000	25.0000	84.3750	0.5188	0.5101	1.68
675.0000	625.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	625.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	625.0000	50.0000	45.0000	0.1371	0.1424	3.84
675.0000	625.0000	50.0000	67.5000	0.3411	0.3473	1.83
675.0000	625.0000	50.0000	84.3750	0.4940	0.4897	0.87
675.0000	625.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	625.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	625.0000	75.0000	45.0000	0.0497	0.0406	18.36
675.0000	625.0000	75.0000	67.5000	0.2894	0.286	1.18
675.0000	625.0000	75.0000	84.3750	0.4692	0.4693	0.03
675.0000	625.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	625.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	625.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	625.0000	93.7500	67.5000	0.2507	0.2449	2.31
675.0000	625.0000	93.7500	84.3750	0.4506	0.4489	0.37
675.0000	750.0000	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	750.0000	6.2500	22.5000	0.0575	0.0612	6.45
675.0000	750.0000	6.2500	45.0000	0.2253	0.2243	0.46
675.0000	750.0000	6.2500	67.5000	0.3932	0.3879	1.34

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
675.0000	750.0000	6.2500	84.3750	0.5191	0.5101	1.73
675.0000	750.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	750.0000	25.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	750.0000	25.0000	45.0000	0.1598	0.1629	1.95
675.0000	750.0000	25.0000	67.5000	0.3544	0.3473	2.02
675.0000	750.0000	25.0000	84.3750	0.5004	0.4897	2.15
675.0000	750.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	750.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	750.0000	50.0000	45.0000	0.0724	0.0813	12.31
675.0000	750.0000	50.0000	67.5000	0.3028	0.3065	1.22
675.0000	750.0000	50.0000	84.3750	0.4756	0.4693	1.33
675.0000	750.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	750.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	750.0000	75.0000	45.0000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	750.0000	75.0000	67.5000	0.2512	0.2448	2.53
675.0000	750.0000	75.0000	84.3750	0.4508	0.4489	0.42
675.0000	750.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	750.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	750.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	750.0000	93.7500	67.5000	0.2124	0.2039	4.01
675.0000	750.0000	93.7500	84.3750	0.4322	0.4285	0.85
675.0000	875.0000	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	6.2500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	6.2500	45.0000	0.1606	0.1631	1.56
675.0000	875.0000	6.2500	67.5000	0.3549	0.347	2.23
675.0000	875.0000	6.2500	84.3750	0.5007	0.5101	1.88
675.0000	875.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	25.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	875.0000	25.0000	45.0000	0.0950	0.1017	7.00
675.0000	875.0000	25.0000	67.5000	0.3162	0.3269	3.39
675.0000	875.0000	25.0000	84.3750	0.4821	0.4897	1.59
675.0000	875.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	875.0000	50.0000	45.0000	0.0077	0.0018	76.47
675.0000	875.0000	50.0000	67.5000	0.2645	0.2656	0.40
675.0000	875.0000	50.0000	84.3750	0.4572	0.4489	1.82
675.0000	875.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	875.0000	75.0000	45.0000	0.0000	0.0018	0.00
675.0000	875.0000	75.0000	67.5000	0.2129	0.2038	4.28
675.0000	875.0000	75.0000	84.3750	0.4324	0.4285	0.90
675.0000	875.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	875.0000	93.7500	67.5000	0.1742	0.1836	5.41

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
675.0000	875.0000	93.7500	84.3750	0.4138	0.4081	1.37
675.0000	968.7500	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	6.2500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	6.2500	45.0000	0.1120	0.1019	9.05
675.0000	968.7500	6.2500	67.5000	0.3262	0.3266	0.11
675.0000	968.7500	6.2500	84.3750	0.4869	0.4897	0.58
675.0000	968.7500	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	25.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	25.0000	45.0000	0.0465	0.0408	12.25
675.0000	968.7500	25.0000	67.5000	0.2875	0.2859	0.56
675.0000	968.7500	25.0000	84.3750	0.4683	0.4693	0.22
675.0000	968.7500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	50.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	50.0000	67.5000	0.2359	0.2449	3.83
675.0000	968.7500	50.0000	84.3750	0.4434	0.4489	1.23
675.0000	968.7500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	75.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	75.0000	67.5000	0.1842	0.1836	0.33
675.0000	968.7500	75.0000	84.3750	0.4186	0.4285	2.37
675.0000	968.7500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
675.0000	968.7500	93.7500	67.5000	0.1455	0.1427	1.91
675.0000	968.7500	93.7500	84.3750	0.4000	0.4081	2.03
850.0000	531.2500	6.2500	5.6250	0.2811	0.2859	1.71
850.0000	531.2500	6.2500	22.5000	0.3739	0.3674	1.75
850.0000	531.2500	6.2500	45.0000	0.4978	0.4898	1.60
850.0000	531.2500	6.2500	67.5000	0.6216	0.6121	1.52
850.0000	531.2500	6.2500	84.3750	0.7144	0.7141	0.05
850.0000	531.2500	25.0000	5.6250	0.1394	0.1427	2.33
850.0000	531.2500	25.0000	22.5000	0.2576	0.2655	3.05
850.0000	531.2500	25.0000	45.0000	0.4152	0.4083	1.67
850.0000	531.2500	25.0000	67.5000	0.5728	0.5713	0.26
850.0000	531.2500	25.0000	84.3750	0.6910	0.6937	0.39
850.0000	531.2500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	531.2500	50.0000	22.5000	0.1026	0.1019	0.64
850.0000	531.2500	50.0000	45.0000	0.3052	0.3062	0.34
850.0000	531.2500	50.0000	67.5000	0.5078	0.5102	0.48
850.0000	531.2500	50.0000	84.3750	0.6597	0.6529	1.03
850.0000	531.2500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	531.2500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	531.2500	75.0000	45.0000	0.1951	0.2039	4.51
850.0000	531.2500	75.0000	67.5000	0.4427	0.449	1.42

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
850.0000	531.2500	75.0000	84.3750	0.6284	0.6324	0.63
850.0000	531.2500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	531.2500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	531.2500	93.7500	45.0000	0.1126	0.1223	8.65
850.0000	531.2500	93.7500	67.5000	0.3940	0.3879	1.54
850.0000	531.2500	93.7500	84.3750	0.6050	0.612	1.16
850.0000	625.0000	6.2500	5.6250	0.1978	0.2039	3.10
850.0000	625.0000	6.2500	22.5000	0.3055	0.3063	0.25
850.0000	625.0000	6.2500	45.0000	0.4492	0.449	0.05
850.0000	625.0000	6.2500	67.5000	0.5929	0.5917	0.20
850.0000	625.0000	6.2500	84.3750	0.7006	0.6937	0.99
850.0000	625.0000	25.0000	5.6250	0.0561	0.0408	27.31
850.0000	625.0000	25.0000	22.5000	0.1892	0.1833	3.13
850.0000	625.0000	25.0000	45.0000	0.3667	0.3677	0.28
850.0000	625.0000	25.0000	67.5000	0.5441	0.5508	1.23
850.0000	625.0000	25.0000	84.3750	0.6772	0.6733	0.57
850.0000	625.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	625.0000	50.0000	22.5000	0.0341	0.0406	18.94
850.0000	625.0000	50.0000	45.0000	0.2566	0.2656	3.51
850.0000	625.0000	50.0000	67.5000	0.4791	0.4695	2.00
850.0000	625.0000	50.0000	84.3750	0.6459	0.6529	1.08
850.0000	625.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	625.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
850.0000	625.0000	75.0000	45.0000	0.1465	0.1424	2.83
850.0000	625.0000	75.0000	67.5000	0.4140	0.4085	1.34
850.0000	625.0000	75.0000	84.3750	0.6147	0.612	0.43
850.0000	625.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	625.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	625.0000	93.7500	45.0000	0.0640	0.0612	4.38
850.0000	625.0000	93.7500	67.5000	0.3653	0.3674	0.59
850.0000	625.0000	93.7500	84.3750	0.5912	0.5916	0.07
850.0000	750.0000	6.2500	5.6250	0.0867	0.0815	5.98
850.0000	750.0000	6.2500	22.5000	0.2143	0.2243	4.67
850.0000	750.0000	6.2500	45.0000	0.3845	0.3879	0.89
850.0000	750.0000	6.2500	67.5000	0.5546	0.551	0.65
850.0000	750.0000	6.2500	84.3750	0.6822	0.6733	1.31
850.0000	750.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	750.0000	25.0000	22.5000	0.0980	0.1017	3.78
850.0000	750.0000	25.0000	45.0000	0.3019	0.3065	1.52
850.0000	750.0000	25.0000	67.5000	0.5058	0.5102	0.86
850.0000	750.0000	25.0000	84.3750	0.6588	0.6529	0.90
850.0000	750.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	750.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
850.0000	750.0000	50.0000	45.0000	0.1919	0.1833	4.46
850.0000	750.0000	50.0000	67.5000	0.4408	0.4492	1.90

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
850.0000	750.0000	50.0000	84.3750	0.6275	0.6324	0.78
850.0000	750.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	750.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
850.0000	750.0000	75.0000	45.0000	0.0818	0.0813	0.62
850.0000	750.0000	75.0000	67.5000	0.3758	0.3677	2.15
850.0000	750.0000	75.0000	84.3750	0.5963	0.5916	0.78
850.0000	750.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	750.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	750.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	750.0000	93.7500	67.5000	0.3270	0.3266	0.12
850.0000	750.0000	93.7500	84.3750	0.5728	0.5712	0.28
850.0000	875.0000	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	875.0000	6.2500	22.5000	0.1231	0.1223	0.63
850.0000	875.0000	6.2500	45.0000	0.3197	0.3266	2.15
850.0000	875.0000	6.2500	67.5000	0.5164	0.5102	1.19
850.0000	875.0000	6.2500	84.3750	0.6639	0.6733	1.42
850.0000	875.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	875.0000	25.0000	22.5000	0.0068	0.0018	73.41
850.0000	875.0000	25.0000	45.0000	0.2372	0.2448	3.21
850.0000	875.0000	25.0000	67.5000	0.4676	0.4695	0.41
850.0000	875.0000	25.0000	84.3750	0.6404	0.6324	1.25
850.0000	875.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	875.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
850.0000	875.0000	50.0000	45.0000	0.1271	0.122	4.03
850.0000	875.0000	50.0000	67.5000	0.4026	0.4085	1.48
850.0000	875.0000	50.0000	84.3750	0.6091	0.612	0.47
850.0000	875.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	875.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
850.0000	875.0000	75.0000	45.0000	0.0171	0.0203	18.94
850.0000	875.0000	75.0000	67.5000	0.3375	0.3473	2.90
850.0000	875.0000	75.0000	84.3750	0.5779	0.5712	1.15
850.0000	875.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	875.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	875.0000	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	875.0000	93.7500	67.5000	0.2888	0.2859	0.99
850.0000	875.0000	93.7500	84.3750	0.5544	0.5508	0.65
850.0000	968.7500	6.2500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	6.2500	22.5000	0.0547	0.0612	11.96
850.0000	968.7500	6.2500	45.0000	0.2712	0.2655	2.09
850.0000	968.7500	6.2500	67.5000	0.4877	0.4898	0.43
850.0000	968.7500	6.2500	84.3750	0.6501	0.6529	0.44
850.0000	968.7500	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	25.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	25.0000	45.0000	0.1886	0.1836	2.67
850.0000	968.7500	25.0000	67.5000	0.4389	0.449	2.30

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
850.0000	968.7500	25.0000	84.3750	0.6266	0.6324	0.92
850.0000	968.7500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	50.0000	45.0000	0.0786	0.0815	3.73
850.0000	968.7500	50.0000	67.5000	0.3739	0.3674	1.73
850.0000	968.7500	50.0000	84.3750	0.5953	0.5916	0.63
850.0000	968.7500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	75.0000	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	75.0000	67.5000	0.3088	0.3062	0.85
850.0000	968.7500	75.0000	84.3750	0.5641	0.5712	1.26
850.0000	968.7500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
850.0000	968.7500	93.7500	67.5000	0.2601	0.2655	2.09
850.0000	968.7500	93.7500	84.3750	0.5406	0.5304	1.89
1025.0000	531.2500	6.2500	5.6250	0.4362	0.4287	1.71
1025.0000	531.2500	6.2500	22.5000	0.5308	0.5306	0.03
1025.0000	531.2500	6.2500	45.0000	0.6569	0.653	0.59
1025.0000	531.2500	6.2500	67.5000	0.7830	0.7757	0.93
1025.0000	531.2500	6.2500	84.3750	0.8776	0.8776	0.00
1025.0000	531.2500	25.0000	5.6250	0.2654	0.2655	0.05
1025.0000	531.2500	25.0000	22.5000	0.3905	0.3879	0.66
1025.0000	531.2500	25.0000	45.0000	0.5573	0.551	1.14
1025.0000	531.2500	25.0000	67.5000	0.7242	0.7141	1.39
1025.0000	531.2500	25.0000	84.3750	0.8493	0.8571	0.91
1025.0000	531.2500	50.0000	5.6250	0.0376	0.0408	8.42
1025.0000	531.2500	50.0000	22.5000	0.2035	0.2039	0.20
1025.0000	531.2500	50.0000	45.0000	0.4246	0.4287	0.96
1025.0000	531.2500	50.0000	67.5000	0.6458	0.653	1.12
1025.0000	531.2500	50.0000	84.3750	0.8116	0.8163	0.58
1025.0000	531.2500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	531.2500	75.0000	22.5000	0.0165	0.0204	23.79
1025.0000	531.2500	75.0000	45.0000	0.2919	0.2859	2.06
1025.0000	531.2500	75.0000	67.5000	0.5674	0.5713	0.70
1025.0000	531.2500	75.0000	84.3750	0.7739	0.7755	0.20
1025.0000	531.2500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	531.2500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	531.2500	93.7500	45.0000	0.1924	0.1836	4.56
1025.0000	531.2500	93.7500	67.5000	0.5085	0.5102	0.33
1025.0000	531.2500	93.7500	84.3750	0.7457	0.755	1.25
1025.0000	625.0000	6.2500	5.6250	0.3528	0.347	1.65
1025.0000	625.0000	6.2500	22.5000	0.4623	0.4694	1.53
1025.0000	625.0000	6.2500	45.0000	0.6083	0.6121	0.62
1025.0000	625.0000	6.2500	67.5000	0.7543	0.7551	0.10

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
1025.0000	625.0000	6.2500	84.3750	0.8638	0.8571	0.78
1025.0000	625.0000	25.0000	5.6250	0.1820	0.1836	0.86
1025.0000	625.0000	25.0000	22.5000	0.3221	0.3269	1.50
1025.0000	625.0000	25.0000	45.0000	0.5088	0.5102	0.28
1025.0000	625.0000	25.0000	67.5000	0.6955	0.6935	0.29
1025.0000	625.0000	25.0000	84.3750	0.8355	0.8367	0.14
1025.0000	625.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	625.0000	50.0000	22.5000	0.1351	0.1424	5.43
1025.0000	625.0000	50.0000	45.0000	0.3761	0.3677	2.23
1025.0000	625.0000	50.0000	67.5000	0.6171	0.6119	0.84
1025.0000	625.0000	50.0000	84.3750	0.7978	0.7959	0.24
1025.0000	625.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	625.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
1025.0000	625.0000	75.0000	45.0000	0.2434	0.2448	0.59
1025.0000	625.0000	75.0000	67.5000	0.5387	0.5305	1.52
1025.0000	625.0000	75.0000	84.3750	0.7601	0.755	0.68
1025.0000	625.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	625.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	625.0000	93.7500	45.0000	0.1438	0.1427	0.78
1025.0000	625.0000	93.7500	67.5000	0.4798	0.4898	2.07
1025.0000	625.0000	93.7500	84.3750	0.7319	0.7344	0.35
1025.0000	750.0000	6.2500	5.6250	0.2418	0.2449	1.30
1025.0000	750.0000	6.2500	22.5000	0.3711	0.3674	1.00
1025.0000	750.0000	6.2500	45.0000	0.5436	0.551	1.36
1025.0000	750.0000	6.2500	67.5000	0.7161	0.7141	0.27
1025.0000	750.0000	6.2500	84.3750	0.8454	0.8367	1.03
1025.0000	750.0000	25.0000	5.6250	0.0710	0.0612	13.75
1025.0000	750.0000	25.0000	22.5000	0.2309	0.2242	2.88
1025.0000	750.0000	25.0000	45.0000	0.4441	0.4492	1.16
1025.0000	750.0000	25.0000	67.5000	0.6573	0.6527	0.69
1025.0000	750.0000	25.0000	84.3750	0.8172	0.8163	0.10
1025.0000	750.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	750.0000	50.0000	22.5000	0.0438	0.0406	7.40
1025.0000	750.0000	50.0000	45.0000	0.3113	0.3065	1.55
1025.0000	750.0000	50.0000	67.5000	0.5788	0.5711	1.34
1025.0000	750.0000	50.0000	84.3750	0.7794	0.7755	0.51
1025.0000	750.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	750.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
1025.0000	750.0000	75.0000	45.0000	0.1786	0.1833	2.62
1025.0000	750.0000	75.0000	67.5000	0.5004	0.5102	1.96
1025.0000	750.0000	75.0000	84.3750	0.7417	0.7344	0.99
1025.0000	750.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	750.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	750.0000	93.7500	45.0000	0.0791	0.0815	3.05
1025.0000	750.0000	93.7500	67.5000	0.4416	0.449	1.68

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
1025.0000	750.0000	93.7500	84.3750	0.7135	0.714	0.07
1025.0000	875.0000	6.2500	5.6250	0.1307	0.1223	6.40
1025.0000	875.0000	6.2500	22.5000	0.2799	0.2859	2.15
1025.0000	875.0000	6.2500	45.0000	0.4789	0.4694	1.97
1025.0000	875.0000	6.2500	67.5000	0.6778	0.6734	0.65
1025.0000	875.0000	6.2500	84.3750	0.8270	0.8367	1.17
1025.0000	875.0000	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	875.0000	25.0000	22.5000	0.1396	0.1424	1.98
1025.0000	875.0000	25.0000	45.0000	0.3793	0.3881	2.32
1025.0000	875.0000	25.0000	67.5000	0.6190	0.6119	1.15
1025.0000	875.0000	25.0000	84.3750	0.7988	0.7959	0.36
1025.0000	875.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	875.0000	50.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
1025.0000	875.0000	50.0000	45.0000	0.2466	0.2448	0.73
1025.0000	875.0000	50.0000	67.5000	0.5406	0.5305	1.86
1025.0000	875.0000	50.0000	84.3750	0.7611	0.755	0.80
1025.0000	875.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	875.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0018	0.00
1025.0000	875.0000	75.0000	45.0000	0.1139	0.122	7.13
1025.0000	875.0000	75.0000	67.5000	0.4622	0.4695	1.59
1025.0000	875.0000	75.0000	84.3750	0.7234	0.714	1.29
1025.0000	875.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	875.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	875.0000	93.7500	45.0000	0.0143	0.0204	42.20
1025.0000	875.0000	93.7500	67.5000	0.4033	0.4083	1.23
1025.0000	875.0000	93.7500	84.3750	0.6951	0.6936	0.21
1025.0000	968.7500	6.2500	5.6250	0.0473	0.0408	13.83
1025.0000	968.7500	6.2500	22.5000	0.2115	0.2039	3.58
1025.0000	968.7500	6.2500	45.0000	0.4303	0.4287	0.37
1025.0000	968.7500	6.2500	67.5000	0.6491	0.653	0.60
1025.0000	968.7500	6.2500	84.3750	0.8132	0.8163	0.38
1025.0000	968.7500	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	25.0000	22.5000	0.0712	0.0612	14.06
1025.0000	968.7500	25.0000	45.0000	0.3308	0.3266	1.26
1025.0000	968.7500	25.0000	67.5000	0.5903	0.5917	0.24
1025.0000	968.7500	25.0000	84.3750	0.7850	0.7756	1.19
1025.0000	968.7500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	50.0000	45.0000	0.1980	0.2039	2.96
1025.0000	968.7500	50.0000	67.5000	0.5119	0.5102	0.33
1025.0000	968.7500	50.0000	84.3750	0.7473	0.755	1.04
1025.0000	968.7500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	75.0000	45.0000	0.0653	0.0612	6.32
1025.0000	968.7500	75.0000	67.5000	0.4335	0.4287	1.10

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
1025.0000	968.7500	75.0000	84.3750	0.7096	0.7139	0.61
1025.0000	968.7500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	93.7500	45.0000	0.0000	0.0025	0.00
1025.0000	968.7500	93.7500	67.5000	0.3746	0.3674	1.93
1025.0000	968.7500	93.7500	84.3750	0.6813	0.6732	1.19
1156.2500	531.2500	6.2500	5.6250	0.5525	0.551	0.26
1156.2500	531.2500	6.2500	22.5000	0.6484	0.653	0.72
1156.2500	531.2500	6.2500	45.0000	0.7762	0.7757	0.07
1156.2500	531.2500	6.2500	67.5000	0.9041	0.8981	0.66
1156.2500	531.2500	6.2500	84.3750	1.0000	0.9965	0.35
1156.2500	531.2500	25.0000	5.6250	0.3598	0.3674	2.11
1156.2500	531.2500	25.0000	22.5000	0.4901	0.4898	0.07
1156.2500	531.2500	25.0000	45.0000	0.6639	0.6734	1.42
1156.2500	531.2500	25.0000	67.5000	0.8377	0.8368	0.11
1156.2500	531.2500	25.0000	84.3750	0.9681	0.9592	0.92
1156.2500	531.2500	50.0000	5.6250	0.1029	0.1019	0.97
1156.2500	531.2500	50.0000	22.5000	0.2792	0.2859	2.40
1156.2500	531.2500	50.0000	45.0000	0.5142	0.5102	0.78
1156.2500	531.2500	50.0000	67.5000	0.7493	0.7551	0.78
1156.2500	531.2500	50.0000	84.3750	0.9256	0.9183	0.79
1156.2500	531.2500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	531.2500	75.0000	22.5000	0.0682	0.0612	10.31
1156.2500	531.2500	75.0000	45.0000	0.3645	0.3674	0.79
1156.2500	531.2500	75.0000	67.5000	0.6608	0.653	1.18
1156.2500	531.2500	75.0000	84.3750	0.8830	0.8775	0.63
1156.2500	531.2500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	531.2500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	531.2500	93.7500	45.0000	0.2522	0.2449	2.91
1156.2500	531.2500	93.7500	67.5000	0.5945	0.5917	0.47
1156.2500	531.2500	93.7500	84.3750	0.8511	0.857	0.69
1156.2500	625.0000	6.2500	5.6250	0.4691	0.4694	0.06
1156.2500	625.0000	6.2500	22.5000	0.5799	0.5713	1.49
1156.2500	625.0000	6.2500	45.0000	0.7277	0.7345	0.94
1156.2500	625.0000	6.2500	67.5000	0.8754	0.8777	0.26
1156.2500	625.0000	6.2500	84.3750	0.9862	0.9796	0.67
1156.2500	625.0000	25.0000	5.6250	0.2765	0.2859	3.41
1156.2500	625.0000	25.0000	22.5000	0.4217	0.4287	1.65
1156.2500	625.0000	25.0000	45.0000	0.6154	0.6121	0.53
1156.2500	625.0000	25.0000	67.5000	0.8091	0.8164	0.91
1156.2500	625.0000	25.0000	84.3750	0.9543	0.9591	0.50
1156.2500	625.0000	50.0000	5.6250	0.0196	0.0204	4.15
1156.2500	625.0000	50.0000	22.5000	0.2108	0.2039	3.26
1156.2500	625.0000	50.0000	45.0000	0.4657	0.4694	0.80
1156.2500	625.0000	50.0000	67.5000	0.7206	0.7141	0.90

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
1156.2500	625.0000	50.0000	84.3750	0.9118	0.9183	0.72
1156.2500	625.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	625.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	625.0000	75.0000	45.0000	0.3160	0.3062	3.09
1156.2500	625.0000	75.0000	67.5000	0.6321	0.6325	0.06
1156.2500	625.0000	75.0000	84.3750	0.8692	0.8775	0.95
1156.2500	625.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	625.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	625.0000	93.7500	45.0000	0.2037	0.2039	0.10
1156.2500	625.0000	93.7500	67.5000	0.5658	0.5713	0.98
1156.2500	625.0000	93.7500	84.3750	0.8373	0.8367	0.08
1156.2500	750.0000	6.2500	5.6250	0.3581	0.3674	2.61
1156.2500	750.0000	6.2500	22.5000	0.4887	0.4898	0.22
1156.2500	750.0000	6.2500	45.0000	0.6629	0.653	1.50
1156.2500	750.0000	6.2500	67.5000	0.8372	0.8368	0.04
1156.2500	750.0000	6.2500	84.3750	0.9678	0.9592	0.89
1156.2500	750.0000	25.0000	5.6250	0.1654	0.1631	1.38
1156.2500	750.0000	25.0000	22.5000	0.3305	0.3266	1.18
1156.2500	750.0000	25.0000	45.0000	0.5507	0.551	0.06
1156.2500	750.0000	25.0000	67.5000	0.7708	0.7757	0.64
1156.2500	750.0000	25.0000	84.3750	0.9359	0.9387	0.30
1156.2500	750.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	750.0000	50.0000	22.5000	0.1195	0.1223	2.30
1156.2500	750.0000	50.0000	45.0000	0.4009	0.4083	1.84
1156.2500	750.0000	50.0000	67.5000	0.6823	0.6734	1.31
1156.2500	750.0000	50.0000	84.3750	0.8934	0.8979	0.51
1156.2500	750.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	750.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	750.0000	75.0000	45.0000	0.2512	0.2449	2.52
1156.2500	750.0000	75.0000	67.5000	0.5939	0.5917	0.37
1156.2500	750.0000	75.0000	84.3750	0.8509	0.857	0.72
1156.2500	750.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	750.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	750.0000	93.7500	45.0000	0.1390	0.1427	2.70
1156.2500	750.0000	93.7500	67.5000	0.5275	0.5306	0.58
1156.2500	750.0000	93.7500	84.3750	0.8190	0.8163	0.32
1156.2500	875.0000	6.2500	5.6250	0.2470	0.2449	0.84
1156.2500	875.0000	6.2500	22.5000	0.3975	0.3879	2.41
1156.2500	875.0000	6.2500	45.0000	0.5982	0.5917	1.09
1156.2500	875.0000	6.2500	67.5000	0.7989	0.7961	0.35
1156.2500	875.0000	6.2500	84.3750	0.9494	0.9591	1.02
1156.2500	875.0000	25.0000	5.6250	0.0543	0.0612	12.70
1156.2500	875.0000	25.0000	22.5000	0.2393	0.2449	2.35
1156.2500	875.0000	25.0000	45.0000	0.4859	0.4898	0.80
1156.2500	875.0000	25.0000	67.5000	0.7325	0.7345	0.27

EK 1 Bulanık Kural Tabanı (Devamı)

YAĞIŞ	BUHARLAŞMA	ATK*	EĞİM	C_{HESAP}	C_{MODEL}	OMRH
1156.2500	875.0000	25.0000	84.3750	0.9175	0.9183	0.08
1156.2500	875.0000	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	875.0000	50.0000	22.5000	0.0283	0.0204	27.97
1156.2500	875.0000	50.0000	45.0000	0.3362	0.3266	2.86
1156.2500	875.0000	50.0000	67.5000	0.6441	0.653	1.38
1156.2500	875.0000	50.0000	84.3750	0.8750	0.8775	0.29
1156.2500	875.0000	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	875.0000	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	875.0000	75.0000	45.0000	0.1865	0.1836	1.55
1156.2500	875.0000	75.0000	67.5000	0.5556	0.551	0.83
1156.2500	875.0000	75.0000	84.3750	0.8325	0.8366	0.50
1156.2500	875.0000	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	875.0000	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	875.0000	93.7500	45.0000	0.0742	0.0815	9.82
1156.2500	875.0000	93.7500	67.5000	0.4893	0.4898	0.11
1156.2500	875.0000	93.7500	84.3750	0.8006	0.7959	0.58
1156.2500	968.7500	6.2500	5.6250	0.1637	0.1631	0.34
1156.2500	968.7500	6.2500	22.5000	0.3291	0.3266	0.75
1156.2500	968.7500	6.2500	45.0000	0.5496	0.551	0.25
1156.2500	968.7500	6.2500	67.5000	0.7702	0.7757	0.71
1156.2500	968.7500	6.2500	84.3750	0.9356	0.9387	0.33
1156.2500	968.7500	25.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	968.7500	25.0000	22.5000	0.1709	0.1631	4.54
1156.2500	968.7500	25.0000	45.0000	0.4374	0.4287	1.98
1156.2500	968.7500	25.0000	67.5000	0.7039	0.6938	1.43
1156.2500	968.7500	25.0000	84.3750	0.9037	0.8979	0.65
1156.2500	968.7500	50.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	968.7500	50.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	968.7500	50.0000	45.0000	0.2876	0.2859	0.61
1156.2500	968.7500	50.0000	67.5000	0.6154	0.6121	0.53
1156.2500	968.7500	50.0000	84.3750	0.8612	0.857	0.49
1156.2500	968.7500	75.0000	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	968.7500	75.0000	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	968.7500	75.0000	45.0000	0.1379	0.1427	3.45
1156.2500	968.7500	75.0000	67.5000	0.5269	0.5306	0.70
1156.2500	968.7500	75.0000	84.3750	0.8187	0.8163	0.29
1156.2500	968.7500	93.7500	5.6250	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	968.7500	93.7500	22.5000	0.0000	0.0025	0.00
1156.2500	968.7500	93.7500	45.0000	0.0257	0.0204	20.49
1156.2500	968.7500	93.7500	67.5000	0.4606	0.4694	1.92
1156.2500	968.7500	93.7500	84.3750	0.7868	0.7958	1.15
ORTALAMA MUTLAK RÖLATİF HATA (OMRH. %)						2.2799

* **A**razi **T**ürü ve **K**ullanımı

ÖZGEÇMİŞ

Yazar ilkokulu Van Cumhuriyet ilkokulunda okudu. Ortaokulu ve liseyi Van Kazım Karabekir lisesinde okudu. 2001 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazanıp 2005 yılında mezun oldu. 2005-2008 yılları arasında Van İl Özel İdaresinde kontrol mühendisliği, özel şirkette şantiye şefliği ve kendi şirketini kurup özel sektörde çalışmalarına devam etti. 2008 yılında Muş Alparslan Üniversitesi'nde öğretim görevlisi olarak göreve başladı. 2009 yılında yüksek lisansa başladığı Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünün Hidrolik anabilim dalında 2012 yılında mezun oldu. 2017 tarihinde başladığı Dicle Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde İnşaat Mühendisliği Hidrolik anabilim dalında doktora öğrenimine devam etmektedir.

Şevgin, F., Z. Aykaç., Toprak, Z. F. (2018). Nem, Sıcaklık ve Basınç Değişkenlerinin Muş İli Yağışları Üzerindeki Etkisinin Farklı Yöntemlerle Araştırılması. INTERNATIONAL CONFERENCE ON STEM AND EDUCATIONAL SCIENCES (2018) 3-5 Mayıs Muş. (Özet Bildiri/ Sözlü Sunum)

Şevgin, F., Toprak, Z. F. (2019). Murat Havzası Akış Katsayısının Bulanık SMRGT Yaklaşımı ile Belirlenmesi. 10 ULUSAL HİDROLOJİ KONGRESİ 9-12 Ekim 2019 Muğla. (Tam Metin Bildiri/ Sözlü Sunum)

Şevgin, F., Toprak, Z. F. (2021). Meteorolojik Akış Katsayısının Bulanık SMRGT Yöntemi ile Belirlenmesi: Murat Havzası Örneği. ***Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi,*** *12*(2), 401-409.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	FATİH ŞEVGİN
ÖĞRENCİ NO	17806505
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2020-2021
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
PROGRAM	Doktora
TEZ KONUSU	BULANIK SMRGT YÖNTEMİ İLE TAŞKIN MODELLENMESİ VE KALECİK HAVZASI ÖRNEĞİ
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	105
BENZERLİK ORANI	%14
RAPORLAMA TARİHİ	13/07/2021

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 105 sayfalık kısmına ilişkin, 13/07/2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %14 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐Kaynakça hariç
☐Alıntılar hariç/dâhil
☐Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve bu Uygulama Esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı ve Soyadı: Fatih ŞEVGİN
Tarih: 13.07.2021
İmza:

…….	…….
Tez Danışmanı	**Anabilim Dalı Başkanı**
Adı ve Soyadı: Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK	Adı ve Soyadı: Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK
Tarih: 13.07.2021	Tarih: 13.07.2021
İmza:	İmza:

Formdaki bilgiler, bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersizdir.

KGK-FRM-340/01