

ISSN: 2146 - 4693
e-ISSN: 2458 - 9330

DÜFED

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

Cilt	[Volume]	13
Sayı	[Issue]	1
Haziran	[June]	2024

Dicle University Journal of the Institute of Natural and Applied Sciences



DÜFED

DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

DICLE UNIVERSITY JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

CİLT / VOLUME 13 SAYI / ISSUE 1 10 HAZİRAN / JUNE 2024

ISSN: 2146 - 4693

e-ISSN: 2458 - 9330

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

DİZİNLER / INDEXING, ABSTRACTING AND ENLISTING

Google Scholar, CABI: CAB Abstracts and Global Health, CAS: Chemical Abstracts Service, ROAD: Directory of Open Access Scholarly Resources, Index Copernicus International, Citefactor: Academic Scientific Journals, BASE: Bielefeld Academic Search Engine, OpenAIRE, IJIFACTOR, ASOS, Paperity: Open Science Aggregated, I2OR: International Institute of Organized Research, SJIF: Scientific Journal Impact Factor, ASI: Advanced Sciences Index, DRJI: Directory of Research Journal Indexing, SOBIAD, ACARINDEX: Akademik Araştırmalar Index, SIS: Scientific Indexing Services, Crossref, Harman Türkiye Akademik Arşivi, AccessOn, Dimensions, Wizdom, OUCI: The Open Ukrainian Citation Index, WorldCat, Scilit, ASCI: Asian Science Citation Index

**Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ceylan Enstitüler Binası
21280 - DİYARBAKIR**

Tel: +90 412 241 10 00 Dahili: 8450

e-postalar: fbedergi@dicle.edu.tr / dufed@dicle.edu.tr

DİCLE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ
DİCLE UNIVERSITY JOURNAL OF THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

CİLT / VOLUME 13 SAYI / ISSUE 1 10 HAZİRAN / JUNE 2024

ISSN: 2146 - 4693
e-ISSN: 2458 - 9330

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/dufed>

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
nesdalkilic@gmail.com / neslidal@dicle.edu.tr

Baş Editör / Editor-in-Chief

Prof. Dr. Ayhan BEKLEYEN
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
ayhan.bekleyen@gmail.com / bekleyen@dicle.edu.tr

Baş Editör Yardımcıları / Co-Editors-in-Chief

Dr. Öğr. Üyesi Mesut HÜSEYİNOĞLU
Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
mesuth@dicle.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ACAR
Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye
hacar@dicle.edu.tr

Basım Yeri / Printing

Dicle Üniversitesi Basımevi, Diyarbakır

Türkçe Dil Editörü / Turkish Language Editor

Dr. Feyza BULUT

Dicle Üniversitesi, Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, feyzaislamoglu@gmail.com

İngilizce Dil Editörleri / English Language Editors

Doç. Dr. Murat BİNGÜL

Dicle Üniversitesi, Temel Eczacılık Bilimleri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, muratbingul1983@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi F. Figen BİNBAY

Dicle Üniversitesi, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, figenbinbay@hotmail.com

Mizanpaj Editörleri / Page-Setting Editors

Araş. Gör. Sevcan ASLAN KILIÇ

Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye, sevcan.aslan@dicle.edu.tr

Araş. Gör. Ruşen ERGÜN

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, rusen.ergun@dicle.edu.tr

Yayın Sekreterliği / Secretary

Araş. Gör. Sevcan ASLAN KILIÇ

Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, Türkiye, arcsevcan@gmail.com

Yayın Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR

Beykent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, senguloymen@beykent.edu.tr

Prof. Dr. Jamal M. KHATIB

Beyrut Arap Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Beyrut, Lübnan, j.khatib@bau.edu.lb

Prof. Dr. Aysu AKALIN

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, aysuakalin@gazi.edu.tr

Prof. Dr. Nicoleta GILLICH

Babeş-Bolyai Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Bölümü, Resita, Romanya, nicoleta.gillich@ubbcluj.ro

Prof. Dr. Akın BAYSAL

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, akinb@dicle.edu.tr

Dr. Sevinj N. OSMANOVA

Khazar Üniversitesi, Kimya ve Kimya Mühendisliği Bölümü, Bakü, Azerbaycan, sevinj.osmanova@khazar.org

Prof. Dr. Yeliz PEKBEY

Ege Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, yeliz.pekbey@ege.edu.tr

Doç. Dr. Carlo CIULLA

Epoka Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tiran, Arnavutluk, cciulla@epoka.edu.al

Prof. Dr. Özlem TONÇER

Dicle Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toncer@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Muzaffer DENLİ

Dicle Üniversitesi, Zootekni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, denlim@dicle.edu.tr

Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL

Uludağ Üniversitesi, Matematik Bölümü, Bursa, Türkiye, cangul@uludag.edu.tr

Prof. Dr. Zekai ŞEN

İstanbul Medipol Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, zsen@medipol.edu.tr

Doç. Dr. Gülnare KANBAROVA

Nahçıvan Devlet Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Nahçıvan, Azerbaycan, gulnare_qenberova65@yahoo.com

Dr. Mohd Sayuti BIN AB KARIM

Malaya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kuala Lumpur, Malezya, mdsayuti@um.edu.my

Prof. Dr. Mehmet Rifat ULUSOY

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, mrulusoy@cu.edu.tr

Prof. Dr. Leyla Sezen TANSI

Çukurova Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, lsezen@cu.edu.tr

Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toprakzf@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Kadir TURAN

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kturan@dicle.edu.tr

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR

Beykent Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, senguloymen@beykent.edu.tr

Prof. Dr. İsmail Naci CANGÜL

Uludağ Üniversitesi, Matematik Bölümü, Bursa, Türkiye, cangul@uludag.edu.tr

Prof. Dr. Zekai ŞEN

İstanbul Medipol Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, zsen@medipol.edu.tr

Prof. Dr. Aysu AKALIN

Gazi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, aysuakalin@gazi.edu.tr

Prof. Dr. Ufuk Teoman AKSOY

Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, taksoy@firat.edu.tr

Prof. Dr. Abbas GÜNGÖRDÜ

İnönü Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Malatya, Türkiye, abbas.gungordu@inonu.edu.tr

Prof. Dr. Yeliz PEKBEY

Ege Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, yeliz.pekbey@ege.edu.tr

Prof. Dr. Naki ÇOLAK

Hitit Üniversitesi, Kimya Bölümü, Çorum, Türkiye, nakicolak@hitit.edu.tr

Prof. Dr. Hikmet GEÇKİL

İnönü Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Malatya, Türkiye, hikmet.geckil@inonu.edu.tr

Prof. Dr. Ali SABİR

Selçuk Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye, asabir@selcuk.edu.tr

Prof. Dr. Leyla Sezen TANSI

Çukurova Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye, lsezen@cu.edu.tr

Prof. Dr. Kamil KARUT

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, karuti@cu.edu.tr

Prof. Dr. Serdar SATAR

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, hserhat@cu.edu.tr

Prof. Dr. Şengül KARAMAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, sengulk@ksu.edu.tr

Alan Editörleri / Field Editors

Prof. Dr. Süreyya NAMLI

Dicle Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, snamli@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Hülya KARADEDE AKIN

Dicle Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, hkdede@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Nurettin PİRİNÇÇİOĞLU

Dicle Üniversitesi, Fizik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, npirinc@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Akın BAYSAL

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, akinb@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Fırat AYDIN

Dicle Üniversitesi, Kimya Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, faydin@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Ersin KILINÇ

Dicle Üniversitesi, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kilincersin@gmail.com

Prof. Dr. Bilal ŞEKER

Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, bilal.seker@dicle.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi S. Öykü YURTTAŞ

Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oykuyurttas@gmail.com

Prof. Dr. Veysel TOLAN

Dicle Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, vtolan@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Seçil YALAZ

Dicle Üniversitesi, İstatistik Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, syalaz@dicle.edu.tr

Prof. Dr. İbrahim KAYA

Dicle Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ikaya@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Bilal GÜMÜŞ

Dicle Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, bilgumus@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, fonen@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Mehmet Emin ÖNCÜ

Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oncume@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Mustafa AYHAN

Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, mayhan@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Özgür AKKOYUN

Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, oakkoyun@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Figen BALO

Fırat Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, figenbalo@gmail.com

Doç. Dr. Atilla Gencer DEVECİOĞLU

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, atillad@dicle.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Gurbet ÖRÇEN

Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, gurbetorcen@dicle.edu.tr

Dr. Mohd Sayuti BIN AB KARIM

Malaya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kuala Lumpur, Malezya, mdsayuti@um.edu.my

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet NERGİZ

Dicle Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, mnergiz@dicle.edu.tr

Dr. Abdülkadir ALBAYRAK

Dicle Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, kadir.albayrak@dicle.edu.tr

Doç. Dr. C. Tuncay AKIN

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ctakin@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Onur ERMAN

Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Adana, Türkiye, oerman@cu.edu.tr

Doç. Dr. Şefika ERGİN

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, sefika@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Canan KOÇ

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, canan.koca@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

Dicle Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, gozdemir@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Mehmet Rifat ULUSOY

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, mrulusoy@cu.edu.tr

Prof. Dr. Selime ÖLMEZ BAYHAN

Dicle Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, solmezbayhan@gmail.com

Prof. Dr. Kamil KARUT

Çukurova Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye, karuti@cu.edu.tr

Prof. Dr. Behiye Tuba BİÇER

Dicle Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, tbicer@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Özlem TONÇER

Dicle Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, toncer@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Abdullah SESSİZ

Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, asessiz@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Ahmet Konuralp ELİÇİN

Dicle Üniversitesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye,
konuralp.elicin@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Muzaffer DENLİ

Dicle Üniversitesi, Zootekni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, denlim@dicle.edu.tr

Prof. Dr. Nihat TEKEL

Dicle Üniversitesi, Zootekni Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, ntekel@dicle.edu.tr

Doç. Dr. Abdurrahman KARA

Dicle Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Diyarbakır, Türkiye, abdurrahman.kara@dicle.edu.tr

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Kolestrolü Tedavi Edici İlaç Kombinasyonlarının Eşzamanlı Spektrofotometrik Tayini <i>Simultaneous Spectrophotometric Determination of Colestrol Treatment Pharmaceutical Combinations</i> Güzide PEKCAN, Ceyhun BAKAN.....	1
Kentsel Büyüme ve İklim Değişikliğinin Yalova Örneğinde Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Urban Growth and Climate Change in the Yalova Case</i> Canan KOÇ.....	11
Tahıl Nem Ölçüm Cihazlarının Tane Mısırın Farklı Nem Ölçüm Aralıklarındaki Doğruluk ve Hassasiyetlerinin Araştırılması <i>Investigation of the Accuracy and the Precision of Grain Moisture Meters during Moisture Measurement of Corn</i> Yeliz ACUN, Songül GÜRSOY.....	45
Çelik Çerçevelerin Genetik Algoritma Yöntemiyle 2018 Türk Çelik Tasarım Yönetmeliğine Göre Optimum Tasarımı <i>Optimum Design of Steel Frames According to 2018 Turkish Steel Design Code Using Genetic Algorithm</i> Zeynep ACAR, Mehmet Sedat HAYALİOĞLU.....	55
Dicle Havzasında Yağış ve Akışların Alternatif Yöntemlerle Modellenmesi <i>Modeling of Rainfall and Flow in the Tigris Basin with Alternative Methods</i> Didem AYDIN BAYKALE, Recep ÇELİK, Hüseyin FİDAN.....	75
Kent İçi Yollarda Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Performans Analizi: Diyarbakır Örneği <i>Performance Analysis for Surface Rainwater Drainage on Urban Roads: The Case of Diyarbakir City</i> Rehber GÜNEŞ, Tamer BAĞATUR, Hüseyin FİDAN.....	93

Niğde Kiliseleri: Örnekler, Koruma Sorunları, Öneriler

Nigde Churches: Examples, Conservation Problems, Suggestions

İlkay AYZAZ TİPİ, Zehra Gediz URAK..... 111



Araştırma Makalesi / Research Article


Kolesterolü Tedavi Edici İlaç Kombinasyonlarının Eşzamanlı Spektrofotometrik Tayini

Simultaneous Spectrophotometric Determination of Colestrololy Treatment Pharmaceutical Combinations

Güzide PEKCAN ^{1,*} , Ceyhun BAKAN ² 

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, 32260, Isparta, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1298297>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 17 Mayıs 2023

Revize, 21 Kasım 2023

Kabul, 13 Aralık 2023

Online Yayınlama, 01 Nisan 2024

Anahtar Kelimeler

Kemometri, PLS, Ezetimib,

Atorvastatin, UV

Spektrofotometrisi

ARTICLE INFO

Article History

Received, 17 May 2023

Revised, 21 November 2023

Accepted, 13 December 2023

Available Online, 01 April 2024

Keywords

Chemometry, PLS, Ezetimibe,

Atorvastatine, UV

Spectrophotometry.

ÖZ

Bu çalışmada hiperlipidemi hastalığının tedavi edilmesinde kullanılan atorvasatin ve ezetimib etken maddelerinin eş zamanlı spektrofotometrik olarak tayini yapılmıştır. Çalışmada, kemometrik programlardan olan kısmi en küçük kareler metodu ile ultraviyole görünür alan spektroskopisi verileri göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Kemometrik yöntem olan PLS olarak kısaca belirtilen Kısmi En Küçük Kareler ile istatistiksel olarak ifade edilen geri kazanım değerleri ve bağıl standart sapma değerleri ise analitik açıdan uygundur. Gerçekleşen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkide regresyon katsayısının 1'e yakın olduğu görülmektedir. Yöntemin geçerliliğini sağlamak için analitik parametreler hesaplandı. Eczaneden temin edilen ilaç örneklerine geçilmeden önce yöntemin uygunluğu test edilmiştir. Bu süreç varyans analizi ile test edilmiştir. Hesaplanan F değeri, F temel değerinden veya F teorik değerinden düşük olmalıdır. Pearson korelasyon katsayısı (yani P değeri) de 0,05'ten büyük olmalıdır. Yöntemin hesaplanan değerlerle uyumlu olduğundan emin olun. Bu çalışmada uygulanan yöntem iki bileşenli kompleks ilaç karışımlarına da uygulanabilir.

ABSTRACT

In this study, simultaneous spectrophotometric determination of atorvasatin and ezetimibe active substances used in the treatment of hyperlipidaemia was performed. In the study, the partial least squares method, which is one of the chemometric programmes, was calculated by taking into account the ultra-violet visible field spectroscopy data. The recovery values and relative Standard deviation values expressed

***Sorumlu Yazar**

E-posta Adresleri: guzideertokus@sdu.edu.tr (Güzide PEKCAN), ceyhunbakan32@gmail.com (Ceyhun BAKAN)

statistically by Partial Least Squares (PLS), a chemometric method, are analytically appropriate. It is seen that the regression coefficient is close to 1 in the relationship between realized and predicted values. Analytical parameters were calculated to validate the method. The suitability of the method was tested before proceeding to the drug samples obtained from the pharmacy. This process was tested by analysis of variance. The calculated F value should be lower than the F baseline value or the F theoretical value. The Pearson correlation coefficient (i.e. P value) must also be greater than 0.05. Ensure that the method is consistent with the calculated values. The method applied in this study can also be applied to complex two-component drug mixtures.

1. GİRİŞ

Kardiyovasküler (kalp ve vasküler) hastalıklar, günümüzde yaşamımızda ölümlerde ön sıralarda yer almaktadır. Buna ek olarak, doğrudan veya dolaylı maliyetleri nedeniyle, sağlık harcamalarında önemli bir rol oynar. Son yıllarda birçok Avrupa ülkesinde kardiyovasküler hastalık ölüm oranları önemli ölçüde daha düşüktür. Kardiyovasküler (kalp ve vasküler) hastalıklarda oran, azalmış olmasına rağmen, Avrupa'da hala erken ölümlerin en önemli nedeni olmaya devam etmektedir. Kardiyovasküler hastalık ölümlerinin %80'inden fazlası, gelişmekte olan ülkelerde meydana gelmektedir [1]. Gelişmiş ülkelerde kardiyovasküler hastalığın azalmakta olan eğilimini, toplumun değişime yönelik koruma programları ve bilinçlendirme çalışmaları etkilemiştir. Araştırmalar, sağlıksız bir yaşam tarzı ve sosyal ortamın kardiyovasküler hastalıkların temeli olduğunu göstermiştir [2].

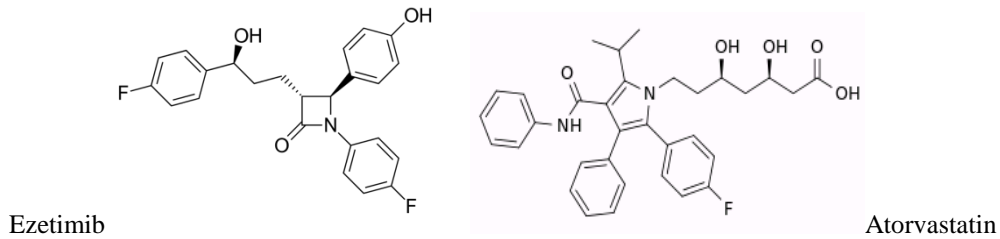
Kolesterol iki türe ayrılır: Sağlığımız, vücutta önemli olan ve yüksek seviyelere sahip olması gereken yüksek yoğunluklu lipoprotein olan kolesterolün (HDL) varlığına bağlıdır. HDL, vücudumuzdaki fazla kolesterolün karaciğere ulaşmasına yardımcı olur ve burada sindirim sistemi üzerinden işlenir ve atılır. HDL, kan dolaşımını yavaşlattığı ve vücuttan vasküler tıkanmaya neden olan kolesterolü ortadan kaldırdığı için "iyi kolesterol" olarak bilinir. Diğer yandan düşük yoğunluklu lipoprotein olan kolesterol (LDL) karaciğerde üretilen ve kan dolaşımı yoluyla taşınan bir proteindir. Antioksidan ve amino asitleri diğer hücrelere aktaran LDL [3] insan vücudunda aşırı miktarda tespit edildiğinde vücut üzerinde zararlı bir etkisi olur. Sonuç olarak, tanı ve tedavi kritik öneme sahiptir. Durumu tedavi etmek için ezetimibe ve atorvastatin gibi ilaçlar kullanılır. Bu çalışmada, kolesterol ilaçlarının spektrofotometrik verilerin değerlendirilmesi ile kemometrik tayinleri yapılmıştır. Kemometrik olarak kullanılan yöntem, Kısmi En Küçük Kareler Yöntemi (PLS), birçok tam spektrum avantajına sahip çok değişkenli kalibrasyon yöntemidir ve çok bileşenli karışımların spektrofotometrik analizine başarıyla uygulanmıştır. Kemometri ile uygulanan yöntem hassasiyet ve duyarlılık kazandırılmış ve her hangi bir ön ayırma yapmaksızın her iki etken ilaç maddesi birbiri yanında analiz edilebilmiştir.

Literatürde atorvasatin ve ezetimib etken maddenin farklı analitik yöntemlerle analizleri mevcuttur. Ezetimib etken maddesinin atorvasatin etken maddesinden farklı ilaç grupları ile ters faz yüksek basınçlı sıvı kromatografi yöntemi ile [4, 5, 6, 7], sıvı kromatografi-kütle/kütle spektrometri ile (LC-MS/MS) [8], voltametrik yöntemle [9], spektrofotometrik yöntemle [10]; atorvastatin etken maddesinin yüksek performans ince tabaka metodu ile [11], spektrofotometrik metotla [12,13] analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada hiperlipidemi hastalığının tedavi edilmesinde kullanılan atorvasatin ve ezetimib etken maddelerinin miktar tayinini spektrofotometrik verilerden yararlanarak yeni bir istatistik yöntem olan kemometri ile hesaplama hedeflenmiştir. Çalışmamızda yer alan kemometri metodu ile doğru bir deneysel tasarım üzerinden gidilerek deneme-yanılma metoduyla kaybedilen zaman ve iş kaybının önüne geçmek amaçlanmış, böylelikle hiçbir ön ayırma yapılmaksızın etken maddeler birbiri yanında analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar analitik açıdan da değerlendirilmiştir. Yöntemden elde edilen veriler, verilerin daha anlamlı ve kaliteli ifade edilebilmesi için analitik açıdan istatistik (RSD, LOD, LOQ, PRESS, SEC, RMSEC) olarak değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, kolesterol değerini düşürmek için kullanılan ilaçların (Şekil 1) analizi UV/VIS spektrofotometrik ve kemometrik açıdan değerlendirilmiştir. Sonuçları değerlendirmek için kemometrik analiz yapılmıştır. Analizde UV analizi için UV 1700 Pharmaspec Shimadzu (Shimadzu, Kyoto, Japan) cihazı kullanılmıştır. İlk basamakta maddelerin tekli spektrumları alınmış ve daha sonra belli oranlarda hazırlanan tablet numunesinde uygun hazırlanan sentetik karışım incelenmiştir. Son olarak, ticari olarak satın alınan ilaç tabletlerinin (Liptruzet) ölçümleri alınmıştır. Kemometrik hesaplamalarda, Minitab 17 programı [14] (İnova Danışmanlık) programı kullanılmıştır.



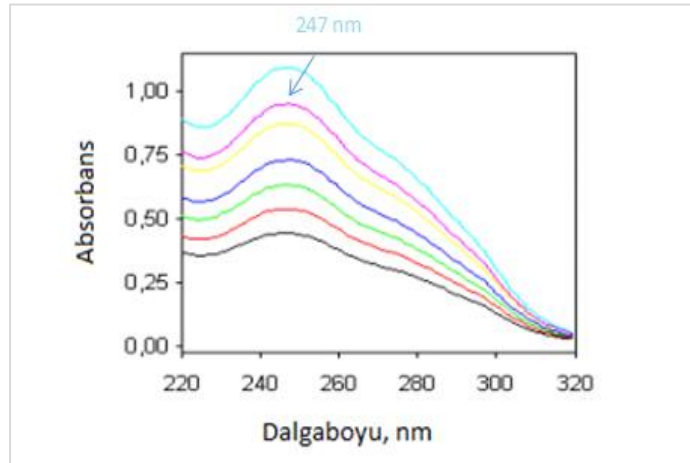
Şekil 1. İlaç etken maddelerin kimyasal yapıları

Spektrofotometrik çalışmalar için, ezetimib ve atorvastatin stok çözeltileri metanol çözücüsü ile 250 ml'sinde 25 mg ilaç etken maddesi çözülerek hazırlanmıştır. UV spektrofotometre cihazı ilk

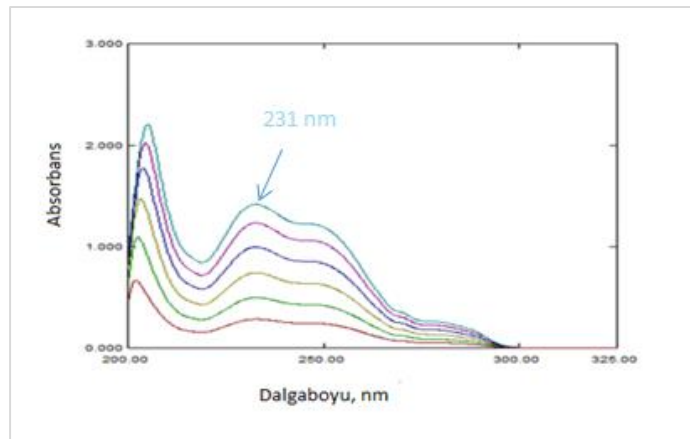
adımında kalibre edilmiştir (sıfırlanmıştır). İlaç etken maddelerinin tekli ve uygun oranlarda hazırlanan sentetik karışımlarının spektrum okumaları yapılmıştır. Ticari tablet numunesi (Liptruzet) son adımda hazırlanmıştır. Ticari tablet numunesi hazırlanırken, paket içerisinde bulunan tabletlerin hepsi agat havanda kırılarak homojenlik sağlanmıştır. Kullanım için bir tablet ağırlığında tartım yapılmış ve çözeltisi hazırlanmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Atorvastatin ve ezetimib etken maddelerinin 5-25 $\mu\text{g mL}^{-1}$ aralığında maksimum spektrumlarını verdikleri dalga boyu belirlenmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3). Atorvastatin ve ezetimib için maksimum dalga boyları sırasıyla, 247 nm ve 231 nm'dir. Absorbans ve konsantrasyon arasındaki ilişki incelendiğinde atorvastatin ve ezetimib için korelasyon katsayısı (R^2) değerleri atorvastatin için 0,9998, ezetimib için 0,9994 olarak bulunmuştur. Absorbans ve konsantrasyon arasındaki lineer ilişki [15], 1'e yakın bir regresyon katsayısı ile doğrulanmıştır [16].



Şekil 2. Atorvastatin maddesinin dalga boyu-absorpsiyon spektrumu



Şekil 3. Ezetimib maddesinin dalga boyu-absorpsiyon spektrumu

Atorvastatin ve ezetimib için şekil 2 ve 3 incelendiğinde absorpsiyon spektrumları göz önüne alındığında derişim ve absorbans arasındaki doğrusal oran gözlenmektedir.

Atorvastatin ve Ezetimib'den 4-25 $\mu\text{g mL}^{-1}$ aralığında (Tablo 1) 15 tane sentetik karışım çözeltisi hazırlanmıştır.

Tablo 1. Ezetimib ve Atorvastatin içeren kalibrasyon seti

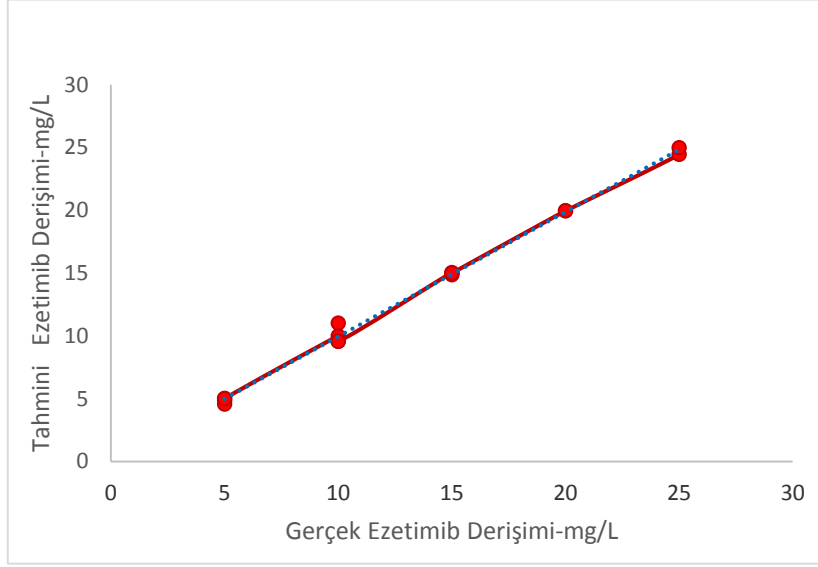
No	Ezetimib $\mu\text{g/mL}$	Atorvastatin $\mu\text{g/mL}$	No	Ezetimib $\mu\text{g/mL}$	Atorvastatin $\mu\text{g/mL}$
1	5	5	9	25	10
2	10	5	10	15	15
3	15	5	11	20	15
4	20	5	12	25	15
5	25	5	13	25	20
6	10	10	14	25	20
7	15	10	15	25	25
8	20	10			

Bu çalışmada yer verilen kemometrik yöntemler arasında kısmi en küçük kareler (PLS) yöntemi [17] yer almaktadır. Absorbans ve konsantrasyon arasındaki ilişkiden oluşturulan bir matris yardımıyla stokiyometrik bir model oluşturularak stokiyometrik hesaplamalar yapılır [18]. PLS yönteminde kalibrasyonu oluşturmak için incelenen PLS algoritmasına göre dikleştirilmiş PLS algoritması ve dikleştirilmemiş PLS algoritması kullanılmaktadır (Tablo 2). Klasik yöntemlerle elde edilen veriler daha güvenilirdir.

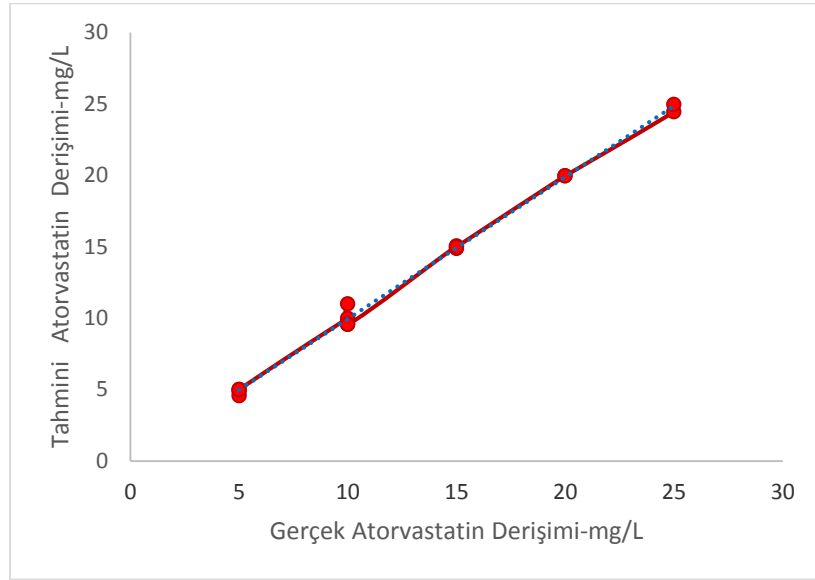
Tablo 2. Ezetimib ve Atorvastatin ilaç maddelerini ihtiva eden karışımındaki kısmi en küçük kareler ile elde edilen sonuçları

No	Eklenen	Ezetimib		Eklenen	Atorvastatin	
		Hesaplanan	% Geri Kazanım		Hesaplanan	% Geri Kazanım
1	5	4,85	97	5	5,01	100,2
2	10	9,98	99,8	5	4,85	97,00
3	15	14,56	97,07	5	4,56	91,20
4	20	19,98	99,9	5	4,99	99,80
5	25	24,85	99,4	10	9,98	99,80
6	10	9,45	94,5	10	9,56	95,60
7	15	14,96	99,73	10	11	110
8	20	19,87	99,35	10	9,55	95,50
9	25	24,58	98,32	15	15,05	100,33
10	15	14,99	99,93	15	14,87	99,13
11	20	19,87	99,35	15	14,99	99,93
12	25	24,45	97,80	20	19,97	99,85
13	25	24,63	98,52	20	19,96	99,80
14	25	24,51	98,04	25	24,45	97,80
15	25	24,87	99,48	25	24,97	99,88
		Ortalama=98,55				Ortalama=99,06
		BSS=0,015				BSS=0,04

İlaç numunelerindeki hatalar, eklenen konsantrasyonlara dayalı olarak bulunan konsantrasyonları hesaplarken çapraz doğrulama uygulanarak önlenildiği gözlenmiştir. [19,20]. Bu hesaplamalarda korelasyon katsayıları ezetimib ve atorvastatin için 0,9973 olarak elde edilmiştir (Şekil 4 ve 5). Bu değer, oldukça bire yakındır.



Şekil 4. Eklenen ve Hesaplanan Ezetimib verileri arasındaki ilişki grafiği



Şekil 5. Eklenen ve Hesaplanan Atorvastatin verileri arasındaki ilişki grafiği

Kısmi En Küçük Kareler-PLS Yönteminin F Testi değerleri hesaplanmıştır. Ezetimib ve atorvastatin için F kritik değerleri 4,19 dur. Ezetimib için F değeri 0,0098 ve atorvastatin için

0,0010'dur. Bu değerlerin her ikisi de F kritik değerinden küçüktür. Bu değerler ölçüsünde yöntemin uygunluğuna karar verilmiştir.

Kısmi En Küçük Kareler Yönteminin Geçerliliği için Atorvasatin ve Ezetimib etken maddelerini içeren karışımlarda maddelerin miktar tayini için validasyon ifadeleri hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Hesaplanan Validasyon Değerleri

PARAMETRE	EZETİMİB	ATORVASTATİN
SEC	0,080	0,075
PRESS	0,097	0,129
RMSEC	0,080	0,092
LOD	0,490	1,635
LOQ	0,630	2,099

Kısmi en küçük kareler yönteminin ticari farmasötik tabletlere uygulanmaya uygunluğu ve hesaplanan verilerin analitik kontrolü belirlendikten sonra, bu çalışmada kullanılan kemometrik yöntem son aşamada ticari farmasötik tabletlere (Tablo 4) uygulanmıştır.

Tablo 4. İlaç numunesindeki sonuçlar

NO	Ezetimib (gram)	Atorvastatin (gram)
	PLS	PLS
1	0,0092	0,0095
2	0,0082	0,0087
3	0,0095	0,0095
4	0,013	0,0086
5	0,0088	0,0094
Ortalama	0,0097	0,0091
Bağıl Standart Sapma	0,0019	0,00045

4. SONUÇLAR

Atorvasatin ve ezetimib etken maddelerini içeren karışımdaki bu maddelerin miktarları, kimyasal ölçüm programlarından biri olan kısmi en küçük kareler yöntemi kullanılarak UV spektroskopisinden elde edilen veriler değerlendirilerek belirlendi. Her iki maddeyi de içeren bir karışım hazırlandı. Bu karışımları içeren ticari tabletlere geçmeden önce her iki yöntem de test edilmiş ve verilerin güvenilirliği kontrol edilmiştir.

Kısmi En Küçük Kareler (PLS) yöntemi kullanılarak hesaplanan değerlere baktığımızda, geri kazanım değerlerinin oldukça yüksek, bağıl standart sapma değerlerinin ise oldukça düşük olduğunu görüyoruz. Gerçekleşen ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki için regresyon katsayısının 1'e yakın olduğunu gördük. Yöntemin geçerliliğini kontrol etmek için hesaplanan Press, Sec, RMsec, lod

ve loq değerlerini incelediğimizde lod değerinin loq değerinden küçük olduğunu gördük. Diğer hesaplama parametreleri sifıra yakın olmalıdır. Hesaplanan verilerimizde sifıra yakın değerler gözlemlendi. Reçetesiz tabletlere geçmeden önce de uygun kullanım kontrol edildi. Bu süreçte ANOVA testi yapıldı. Hesaplanan F değerinin F kriterinden veya teorik F değerinden küçük olması gerekmektedir. Pearsonkorelasyon katsayısı veya P değeri de 0,05'ten büyük olmalıdır. Hesaplanan değerlerin kullanıldığı yöntemin uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntem karmaşık ikili ilaç karışımlarına önerilir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü'nce desteklenmiştir (Proje Numarası: FYL-2019-7351).

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Güzide PEKCAN: Kavramsallaştırma, gözetim ve liderlik sorumluluğu (Araştırma faaliyetinin planlanması ve yürütülmesi için gözetim ve liderlik sorumluluğu), yazma-orijinal taslak hazırlama, Yazma-gözden geçirme ve düzenleme, veri toplama, verinin düzenlenmesi (Çeşitli kaynaklardan toplanan verilerin organizasyonu ve bütünleştirilmesi), görselleştirme (Veri sunumu), yazılım, doğrulama (sonuçların/deneylerin ve diğer araştırma çıktılarının genel tekrarının/tekrarlanabilirliğinin doğrulanması), analiz araçlarını sağlama, proje yönetimi, finansman edinimi (mali desteğin alınması). Ceyhun BAKAN: Görselleştirme (veri sunumu), analiz (verileri analiz etmek için istatistiksel, matematiksel, hesaplamalı ya da diğer tekniklerin kullanılması), inceleme (bir inceleme sürecini yürütme, deneyleri yapmak ya da veri/kanıt toplamak), metodoloji (metodolojinin geliştirilmesi ya da tasarımı).

KAYNAKLAR

- [1] V. Narla, M.J. Blaha, R.S. Blumenthal, E. D. Michos, “The JUPITER and AURORA clinical trials for rosuvastatin in special primary prevention populations: perspectives, outcomes, and consequences,” *Vasc. Health Risk Manag.* vol. 5, pp.1033-1042, 2009.
- [2] İ. Arıkan, S. Metintaş, C. Kalyoncu, Z. Yıldız, “The Cardiovascular Disease Risk Factors Knowledge Level (CARRF-KL) Scale: a validity and reliability study,” *Arch. Turk. Soc. Cardiol.*, vol. 37, pp. 35-40, 2009.
- [3] S. Civek, M. Akman, “Dünya ve Türkiye’de kardiyovasküler hastalıkların sıklığı ve riskin değerlendirilmesi,” *The Journal of Turkish Family Physician*, c.13, sayı 1, ss. 21-28, 2008.
- [4] N. Jain, R. Jain, H. Swami, D. K. Jain, “RP-HPLC Method for Simultaneous Estimation of Simvastatin and Ezetimibe in Bulk Drug and its Combined Dosage Form,” *Asian J. Research Chem.* vol.1, no.1, pp. 29-31, 2008.
- [5] M. Rahman, G. Parveen, N.K. Nyola, S. Khan, S.Talegaonkar, M. Shahar yar, R.K. Khar, “Simultaneous Estimation of Simvastatin and Ezetimibe in Pharmaceutical Tablet Dosage Forms by RP-HPLC: A Review,” *International Journal of Pharma Research and Development*, vol. 2, no. 9, pp. 56-62, 2010.
- [6] B. P. Kumar, S. Vidyadhara, T.E.G.K. Murthy, B.V. Rao, V. Nikhila, “A Novel Reverse Phase Liquid Chromatographic Method Development and Validation for the Simultaneous Estimation of Atorvastatin, Ezetimibe and Fenofibrate in Bulk and Tablet Dosage Form,” *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, vol. 7, no.10, pp. 4145-4151, 2016.
- [7] R. Cistla, V.S.S.K. Tata, Y.V. Kashyap, D. Chandrasekar, P.V. Diwan, “Development and validation of a reversed-phase HPLC method for the determination of ezetimibe in pharmaceutical dosage forms,” *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 39, pp. 517–522, 2005.
- [8] P. Kancharla, V. Velpuri, P. Alegete, S.S. Albaseer, M. Khagga, P. Das, “LC-MS/MS characterization of the forced degradation products of ezetimibe: Development and validation of a stability-indicating UPLC method,” *Journal of Taibah University For Science*, Vol. 10, no.1, pp.148-160, 2016.
- [9] S. Chitravathi, S. Reddy, B.E.K. Swamy, “Electrochemical determination of ezetimibe by MgO nanoflakes-modified carbon paste electrode,” *Journal of Electroanalytical Chemistry*, Vol. 764, pp.1–6, 2016.
- [10] N. Jain, R. Jain, H. Swami, S. Padey, D.K. Jain, “Spectrophotometric method for simultaneous estimation of simvastatin and ezetimibe in bulk drug and its combined dosage form,” *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, vol. 1, no.1, pp. 170-175, 2009.
- [11] U.P. Patil, S.V. Gandhi, M.R. Sengar, V.S. Rajmane, “A validated densitometric method for analysis of telmisartan and atorvastatin calcium in fixed dose combination,” *J. Chil. Chem. Soc.*, pp. 94-96, 2010.
- [12] S.S. Sonawane, A.A. Shirkhedkar, R.A. Fursule, S.J. Surana, “Simultaneous spectrophotometric estimation of atorvastatin calcium and amlodipine in tablets,” *Indian J. Pharm. Sci.* vol.69, no.5, pp. 683, 2007.

- [13] A. Shravya, R.S. Chandan, B.M. Grurupadayya, M. Sireesha, “Spectrophotometric determination of atorvastatin and amlodipin using 2,4-DNP in bulk in pharmaceutical dosage form,” vol.24, no.1, pp. 1046-1056, 2010.
- [14] A. Güven, “Hiperkolesterolemi oluşturulmuş tavşanlarda kefirin total kolesterol, trigliserit, HDL-kolesterol, LDL-kolesterol ve lipit peroksidasyonu üzerine etkisi,” *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, c. 2, sayı 11, ss. 127-131, 2005.
- [15] A Minitab 17 Statistical Programme. Erişim Tarihi: 16.05.2023. [Online]. <http://www.inovadanismanlik.com.tr>
- [16] D. Sharma, R. Singh, V. Garg “Development and validation of stability indicating UV spectro-photometric method for the estimation of benzydamine hydrochloride in bulk and in pharmaceutical dosage form: a novel analytical technique for conducting in-vitro quality control tests,” *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research*, vol. 9, no.2, pp. 678-686, 2017.
- [17] J. Miao, B. Forget, K. Smith, “Predicting Correlation Coefficients for Monte Carlo Eigen value Simulations With Multitype Branching Process,” *Annals of Nuclear Energy*, vol.11, pp. 207-321, 2018.
- [18] E. Dinç, “Kemometrik İşlem ve Yöntemlerin Analitik Kimyadaki Tipik Uygulamaları,” *Uygulamalı Kemometri Yaz Okulu Notları*, ss.13-17.
- [19] A. Porfire, D. Muntean, M. Achim, L. Vlase, I. Tomuta, “Simultaneous Quantification of Simvastatin and Excipients in Liposomes Using Near Spectroscopy and Chemometry,” *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 107, pp. 40-49, 2015.
- [20] I. Tarhan, A. A. I. H. Kara, “Quantitative Determination of Free Fatty Acids in Extra Virgin Olive Oils by Multivariate Methods and Fourier Transform Infrared Spectroscopy Considering Different Absorption Modes,” *International Journal of Food Properties*, vol.20, no.S1, pp. 790-797, 2017.



Araştırma Makalesi / Research Article

Kentsel Büyüme ve İklim Değişikliğinin Yalova Örneğinde Değerlendirilmesi

Evaluation of Urban Growth and Climate Change in the Yalova Case

Canan KOÇ

Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 21200, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1246371>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 01 Şubat 2023
Revize, 25 Aralık 2023
Kabul, 02 Ocak 2024
Online Yayınlama, 01 Nisan 2024

Anahtar Kelimeler

Yalova, İklim değişikliği, Kentsel büyüme

ARTICLE INFO

Article History

Received, 01 February 2023
Revised, 25 December 2023
Accepted, 02 January 2024
Available Online, 01 April 2024

Keywords

Yalova, Climate change, Urban growth

ÖZ

Küresel ölçekte birçok alanı ve yerleşmeyi önemli düzeyde etkileyen iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar 20. yüzyılda hız kazanmıştır. İklim değişikliği aşırı sıcaklık, kuraklık, yağışlar, seller, su kıtlığı ve deniz seviyesindeki artış gibi sorunlara bağlı olarak kentlerde çeşitli olumsuzluklara yol açmaktadır. Kentlerde nüfusun artmasına paralel olarak küresel iklim değişikliğinden etkilenecek kişi sayısı da artacaktır. Kentsel büyüme ve iklim değişikliği ilişkisini vurgulayan çalışmaların Marmara Bölgesi geneli ve Yalova özelinde sınırlı sayıda olmasından hareketle çalışma alanı olarak Marmara Bölgesi'nde bulunan, kıyı yerleşim özelliği gösteren Yalova ili seçilmiştir. Yalova'nın tarihsel süreç içinde kentsel gelişimini ve mevcut özelliklerini ele alarak iklimsel değişimini ortaya koymak ve iklim değişikliği senaryoları içinde ilin durumunu belirleyerek önerilerde bulunmak çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu bağlamda, Marmara Bölgesi ve Yalova ili iklim, kentsel büyüme ve nüfus açısından değerlendirilmiştir. Marmara Bölgesi genelinde ve Yalova'da kentsel alanlar ve nüfus giderek artmakta, son dönemde iklimsel değişimler daha yoğun hissedilmektedir. Senaryolara göre Marmara Bölgesi ve Yalova ili iklim değişikliğinin aşırı sıcaklık ve aşırı yağışlar şeklindeki yansımalarını yaşayacaktır. İlin konumu nedeniyle olan çekiciliğine bağlı olarak özellikle turizm ve sanayi sektörlerindeki gelişmeyle nüfusunun ve yapılaşmanın artacağı, dolayısıyla kentsel ısı adası etkisinin giderek yükseleceği tahmin edilmektedir. Deniz kıyısına yakınlığı ve yapılaşmanın kıyıda yoğunlaşması olası deniz seviyesindeki yükselmeden olumsuz etkileneceğini göstermektedir.

ABSTRACT

Studies on climate change, which affect many areas and settlements on a global scale, gained momentum in the 20th century. Climate change causes various negativities in cities due to problems such as extreme heat, drought, precipitation, floods, water scarcity and increase in sea level. In

parallel with the population increase in cities, the number of people will be affected by global climate change will also increase. Due to the limited number of studies emphasizing the relationship between urban growth and climate change in the Marmara Region in general and in Yalova specifically, Yalova province, which is located in the Marmara Region and has a coastal settlement feature, was chosen as the study area. The aim of the study is to reveal the climatic change in Yalova by addressing the urban development in the historical process and current characteristics and to make suggestions by determining the situation of the province in climate change scenarios. In this context, the Marmara Region and Yalova province were evaluated in terms of climate, urban growth and population. Urban areas and population are increasing throughout the Marmara Region and in Yalova, and climatic changes have been felt more intensely recently. According to the scenarios, the Marmara Region and Yalova will experience the reflections of climate change as extreme temperatures and excessive precipitation. Depending on the attractiveness of the province due to its location, it is estimated that the population and construction will increase, especially with the development in the tourism and industrial sectors, and therefore the urban heat island effect will gradually increase. Its proximity to the seaside and the concentration of construction on the coast indicate that it will be adversely affected by a possible rise in sea level.

1. GİRİŞ

Küresel bir sorun olarak görülen iklim değişikliği birçok alanı ve yerleşmeyi önemli düzeyde etkilemektedir. İklim değişikliği insanı etkilerken, insanın doğa üzerinde kurduğu egemenlikten de etkilenmektedir. İklim değişikliğinin ortaya çıkmasını sağlayan doğal ve insan kaynaklı etmenler bulunmaktadır. Doğal etmenler; enlem, atmosferin dolaşımı, topoğrafya gibi unsurlar iken, insan kaynaklı etmenler ise özellikle sanayi, enerji ve ulaşım sektörlerinden kaynaklanan sera gazları, ormansızlaşma, çevresel sorunlar gibi durumları kapsamaktadır [1,2]. Büyükşahin [3], çalışmasında “Doğal yollarla; Dünya’nın yörüngesel hareketlerinde meydana gelen kaymalar, yerküreyi oluşturan levhaların birbirlerini itmesi sonucu dağ silsilelerinin ve yükseltilerin oluşumu, güneş lekelerinde artış azalış neticesi oluşan enerji miktarı, yeryüzü hareketleri neticesi (volkan patlamaları, depremler vb.) atmosferin bileşenlerinin oranlarındaki değişimler sonucunda iklimsel değişimlerin” olduğunu belirtmektedir.

İklim değişikliği 21. yüzyılın başlarında en belirleyici sorunlardan biri olarak ön plana çıkmaktadır [4]. NASA Goddard Uzay Araştırmaları Enstitüsü araştırmalarına göre küresel yüzey ısısı 20. yy başlarına kıyasla son 10 senede 0,8° C artmış ve bu ısınmanın 2/3’ü 1975 yılı itibariyle gerçekleşmiştir [5,4]. IPCC (Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli)’nin belirlediği en iyimser senaryoya göre düşük seviyeli iklim değişikliği projeksiyonunun (bu yüzyılın sonuna kadar yaklaşık 2 °C artış) gerçekleşmesi halinde yerel ve küresel ölçekte doğal ortamlar, ekonomiler ve toplumlar üzerinde karmaşık ikincil etkiler beklenmektedir [6,7,4]. Güncel iklim değişikliği modelleri, gelecek yıllarda kentlerde maksimum sıcaklığın 2–8°C artmasıyla, özellikle Avrupa, Güney Amerika ve

Afrika'daki şehirlerde daha güçlü ve daha sık kuraklıklarla karşı karşıya kalınacağını, buna bağlı olarak su kıtlığı ve krizlerin yaşanacağını göstermektedir [8].

Kent biçiminin ve yapısının kırsal bölgelere göre büyük ölçüde farklı olması, ısının, alandan dışarı ve alana akış biçimini değiştirmektedir [9]. Yapı malzemeleri, çatı, asfalt ve beton gibi yapay yüzeyler güneşten diğer doğal yüzeylere göre daha fazla enerji emmektedir [10]. Dolayısıyla, kentlerde iklim değişikliğinin etkileri daha fazla hissedilmektedir. İklim değişikliği aşırı sıcaklık, kuraklık, yağışlar, seller, su kıtlığı, deniz seviyesindeki artış gibi değişimlerden kaynaklanan problemlere neden olmaktadır [11,12,13,14]. İklim değişikliğinin kentlerde alt yapı sistemleri, kamusal hizmetler, yapılı çevre ve ekosistem gibi birçok alanda önemli etkileri bulunmaktadır [12,14]. Ayrıca yüksek sıcaklıklar, su kıtlığı ve kuraklık, başta tarım olmak üzere, turizm ve sanayi gibi sektörleri olumsuz etkileyerek önemli gelir kayıpları oluşturmaktadır [14].

Ekstrem hava olayları, her kıtada özellikle şehirlerde giderek daha da yaygınlaşmaktadır [15,8]. İklim değişikliğinin neden olduğu orman yangınları, 2018 ve 2019 yıllarında Kaliforniya, Şili ve Avustralya'daki şehirlere ve kasabalara büyük zarar vermiştir [16,8]. Yükselen deniz seviyeleri, kıyı kentlerindeki diğer çevresel sorunlarla birleştiğinde çevresel ve sosyal değişimi tetiklemektedir [17,8].

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 2020 yılında dünya nüfusunun % 56.15'i, ülkemizde ise % 76,10'u kentlerde yaşamıştır [18]. Kentsel büyümeye bağlı olarak arazi kullanımının değişmesi ile doğal alanlar üzerinde baskının oluşması atmosfer ve yüzey arasındaki ısı dengesini değiştirmektedir. Yapılaşmadaki artış ile yüzeyin ısıyı depolama kapasitesi artmakta ve iklim değişikliğinin etkisi şiddetlenmektedir [19,14]. Dünyada kentsel nüfus oranının 2070 yılında % 70'e ulaşması beklenmektedir [8]. Kentlerde nüfusun artmasına paralel olarak küresel iklim değişikliğinden etkilenecek kişi sayısı da artacaktır. Dünyadaki kentleşme nedeniyle yapılaşmadaki artış ve topoğrafyanın etkisiyle kentsel ısı adası oluşarak yerel iklim ve dolayısıyla insan konforu olumsuz etkilenmektedir [20]. Kentleşmenin ve kentsel nüfus artışının olumsuz etkileri nedeniyle iklim değişikliği hızlanmakta ve küresel döngüler giderek bozulmaktadır [21, 22].

Bu bağlamda, kentsel büyüme ve iklim değişikliği ilişkisini, iklimsel değişimlerin önemini ve etkisini ele alan araştırmaların Marmara Bölgesi ve Yalova kenti özelinde sınırlı sayıda olması çalışmanın problemini oluşturmaktadır. Çalışma alanı olarak Marmara Bölgesi'nde bulunan, kıyı yerleşim özelliği gösteren ve ülkedeki en küçük yüzölçümüne sahip olan Yalova ili seçilmiştir. Yalova'nın İstanbul, Kocaeli ve Bursa arasındaki konumu gereği nüfusu artma eğiliminde olup, sanayi ve turizm alanındaki gelişmeler bunu destekler niteliktedir. Önemli tarım alanlarının da bulunduğu ilde zaman zaman aşırı sıcaklıklardan kaynaklı baraj doluluk oranlarında düşüş ve sulama sıkıntısına

bağlı olarak verimde azalma yaşanmaktadır. Hızlı kentsel büyümenin yaşandığı ve farklı sektörel gelişmelerin olduğu ilde iklim değişikliğinin etkilerini görmek kaçınılmaz olmaktadır. Yalova'nın tarihsel süreç içinde kentsel gelişimini ve mevcut özelliklerini ele alarak iklimsel değişimini ortaya koymak ve iklim değişikliği senaryoları içinde ilin durumunu belirleyerek önerilerde bulunmak çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

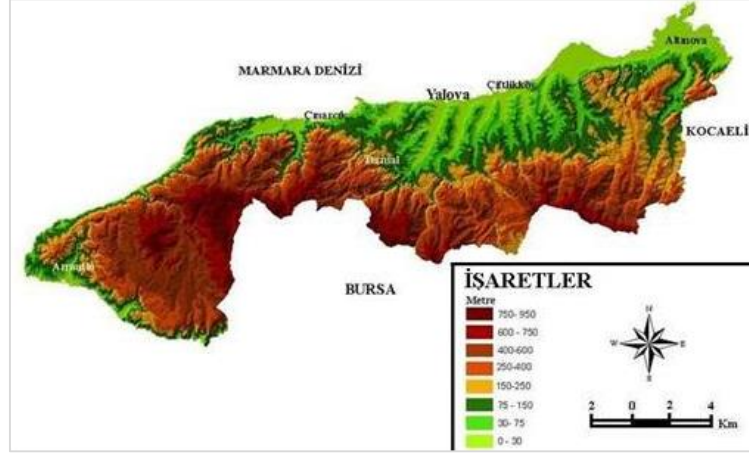
Çalışma alanı olarak belirlenen Yalova ili, Marmara Bölgesinde bulunmakta olup, kuzeyde ve batıda Marmara Denizi, doğuda Kocaeli, güneyde ise Bursa ile sınırlıdır. Yalova ili, $28^{\circ} 45'$ ve $29^{\circ} 35'$ doğu boylamları ile $40^{\circ} 28'$ ve $40^{\circ} 45'$ kuzey enlemi arasında konumlanmaktadır [23]. İstanbul, Kocaeli ve Bursa gibi üç büyükşehrin geçiş noktasında yer almaktadır. 847 m^2 yüzölçümüne sahip Yalova; Armutlu, Çınarcık, Termal, Altınova, Çiftlikköy ve Merkez ilçe olmak üzere 6 ilçeden oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu [24]

Yalova ilinin önemli bir kısmını yüksekliği 400-950 m arasında değişen dağlık alanlar ile platoluk sahalar oluşturmaktadır [25]. Yalova ilinde yükseklik kuzeyden güneye doğru artmaktadır. İlin en önemli yükseltisini doğu-batı yönünde uzanan Samanlı Dağları'dır. Samanlı Dağlarının kuzey

yamaçları çok uzun olmayan akarsularla yarılmış ve arızalı bir topoğrafya özelliği göstermektedir [25]. Yapılaşma çoğunlukla 0-75 m kotları arasında yer almaktadır (Şekil 2). “Yalova ilinin yaklaşık % 19’unu % 0-5 eğimli, % 11’ini % 15-20 eğimli ve % 18’ini ise % 20-30 eğimli alanlar oluşturmaktadır. İlin ormanlarla kaplı güney kısımları % 30 ve üstü eğime sahip alanlardan oluşmaktadır” [26].



Şekil 2. Yalova ili yükseklik haritası [23]

İlin kuzeyi ve batısı Marmara Denizi ile çevrilidir. İldeki gölet, baraj ve dereler yer üstü su kaynaklarını oluşturmaktadır. İldeki akarsular Samanlı Dağları'nın kuzey yamaçlarından Marmara Denizi'ne doğru akmaktadır. İl sınırları içinde yapay göl olarak Gökçedere Baraj Gölü, Ortaburun Göleti, Armutlu Göleti ve Sarpdere Göleti bulunmaktadır [27]. İlde, Dipsiz Göller ve Hersek Lagün Gölü gibi önemli doğal göller bulunmaktadır. Ayrıca, ilde Sellimandıra Deresi, Safran Dere, Karpuz Dere, Hamamlı Dere ve Yalak Dere bulunmaktadır. Yalak Dere 40,16 km en uzun dere olup, 2,335 m³/sn ile en yüksek debiye sahiptir. “Akarsu debilerinin en yüksek olduğu dönem yağışlı döneme (Eylül – Mart) rastlamaktadır. Buna karşılık en az yağışlı dönemde (Temmuz–Eylül) ise akarsuların debileri oldukça azalmakta ve bazıları da tamamen kurumaktadır” [28,29].

Yalova Merkez ilçe ve yakın çevresi yeraltı suyu bakımından verimli olmayıp, Taşköprü ve Hersek Ovaları yeraltı suyu bakımından daha verimlidir. Bu ovalardaki yeraltı suyu hareketi güneyden kuzeye doğru olup, denize boşalmaktadır. Ayrıca, il genelinde derinliği 250 m'ye kadar değişen yaklaşık 1.000 kadar su kuyusu bulunmaktadır [27].

Yalova kenti, kuzeyde Marmara Denizi ve güneyde ise tarım alanları ile yükseltinin ve eğimin arttığı orman alanları gibi eşikler arasında konumlanmaktadır. İlde, nüfusun artışı ile önemli doğal alanlara baskının artması beklenmektedir. Ekolojik özellikleri nedeniyle korunması gereken alanların giderek azalması iklim değişikliğinin olumsuz yönlerini artırmaktadır. Kıyı yerleşmesi olan

Yalova'nın deniz suyu seviyesindeki artıştan ya da aşırı kuraklığa bağlı olarak içme-kullanma suyu sağlayan su kaynaklarındaki azalmadan olumsuz şekilde etkilenmesi muhtemeldir.

Ulusal ve uluslararası literatürde iklim değişikliğinin etkilerini ele alan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Son dönemde ulusal literatürde kentsel açık yeşil alanlardaki iklim değişimi [30], iklim değişikliğine ilişkin stratejiler [31], iklim değişikliği politikaları [32], iklim ve şehirleşme [33], iklim değişikliğinin küresel, bölgesel ve kentsel ölçekteki etkileri [2], kentsel ısı adası [34] gibi konular üzerinde durulmuştur. Kaya [14], yaptığı çalışmada iklim değişikliğinin kentler üzerindeki etkisi ve kentsel kırılma konularını ele alarak İstanbul'u değerlendirmiştir. Uluslararası literatür ise çoğunlukla kentsel ısı adası ve iklim değişikliğine uyum [35] konuları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca, farklı kentlerin iklim değişikliği çerçevesinde ele alındığı çalışmalar da bulunmaktadır. Broto ve Bulkeley [36], çalışmalarında 100 kenti inceleyerek kentsel iklim değişikliği açısından değerlendirmiştir.

Çalışma alanını oluşturan Yalova'ya ilişkin iklim değişikliği çalışmalarının olup olmadığını, varsa hangi alanlarda yoğunlaştığını ve hangi yöntemlerin kullanıldığını belirlemek amacıyla Marmara Bölgesini kapsayacak şekilde literatür taraması yapılmıştır. DergiPark üzerinden yapılan taramaya göre ulusal literatürde bölgedeki iklim değişikliği ile ilişkili yayınların çoğunlukla 2010 yılı sonrasında yapılmaya başlandığı gözlemlenmiştir. Konular çoğunlukla iklim değişikliği farkındalığı, ekstrem sıcaklıklar ve yağışlar, iklim değişikliği senaryoları ve modellemelerle ilgili olmuştur. Alan olarak havza, kent ya da bölge ölçeğinde çalışmalar yapılmıştır.

Bu bağlamda, Ayva vd. [37] Kocaeli ilindeki Yuvacık Barajı'nın alt havzalarından Kirazdere havzası ve çevresinde iklim değişikliğinin günümüzdeki ve gelecekteki olası etkileri değerlendirmiştir. Mann Kendall trend analizi sonuçlarına göre; 1975-2020 yılları arasında sıcaklığın artış trendinde olduğu, bu artışın belirgin olarak 2000'li yıllardan sonra olduğu, yağışta anlamlı bir trend olmadığı gözlemlenmiştir. Çoruk ve Acar [38] Marmara Bölgesi'ndeki meteoroloji istasyonlarına ait sıcaklık verilerini ele alınarak ekstrem hava olaylarının alansal ve zamansal değişimini incelemiştir. Sıcaklık verilerine göre 1997-98 yılları ile 2006-2007 dönemlerinde kırılmalar gözlemlenmiştir. Aytekin ve Serengil [39] çalışmalarında, Balıkesir-Susurluk alt havzalarında kırılma analizini uygulamış ve haritalandırmıştır. Kırılma değerleri ile arazi ölçümlerinde elde edilen su kalitesi skorları arasında elde edilen yüksek korelasyon ($r^2=0.788$) sayesinde uygulanan yöntemin doğrulaması yapılmış ve yöntem başarılı ve uygulanabilir bulunmuştur. Atılınan Türkmen [40] Bilecik ilinde ikamet edenlerin iklim değişikliği konusundaki farkındalık ve bilgi düzeylerini belirlemek için rastgele seçilen 508 kişiye 11 sorudan oluşan anket uygulamıştır. Sonuçlar, iklim değişikliği konusunun yerel düzeyde kabul edildiğini, konuyla ilgili daha fazla eğitim almak istediklerini ortaya koymuştur. Ağralan ve Sadioğlu [41] İstanbul'da ikamet eden vatandaşların iklim değişikliği farkındalığının medeni durum,

yaş, cinsiyet, eğitim seviyesi ve refah düzeyine göre farklılık gösterip göstermediğinin araştırılması amacıyla anket tekniğini kullanmıştır. Yapılan analizlerle iklim değişikliği farkındalığının cinsiyet açısından istatistiki olarak farklılık gösterdiği; yaş, medeni durum, eğitim seviyesi ve gelir durumuna göre anlamlı bir farklılık göstermediği ortaya çıkmıştır.

Özdemir [42], Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (SWAT)'nı, Marmara Bölgesi'ndeki Yuvacık Baraj Gölü havzasında çalıştırarak mevcut hidrolojik durumu ortaya koymuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye için Temsili Konsantrasyon Rotaları olan RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre üretilen 20 km çözünürlüklü iklim değişikliği projeksiyon verilerini kullanarak hidrolojik modeli 2021-2099 yılları arasında uygulamıştır. Ayhan vd. [43] Bursa ilinin iklim değişikliğinden ne oranda etkilendiğini, iklim değişikliğinin güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları potansiyellerine etkilerini ortaya koymuştur. Analizler sonucunda 1960 ve 2017 yılları arasında önemli bir ısınma olduğu görülmüştür. Duvan *et al.* [44] Sakarya Havzası için meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ile HadGEM2-ES küresel iklim modelinin RCP 4.5 ve 8.5 senaryoları ile elde edilen yağış projeksiyon verilerini kullanarak, kuraklığın zamansal ve alansal özelliklerini incelemiştir. Akyüz [45] benzer demografik yapıları sahip olan Tokyo ve İstanbul'daki yerel yönetimlerin küresel ısınmayı önlemek için oluşturdukları çevre politikalarının benzerliklerini ve farklılıklarını içerik analizi yöntemi ile inceleyerek karşılaştırmıştır. Yıldırım ve Everest [46] tarımsal kooperatif yöneticilerinin iklim değişikliği ve yenilenebilir enerji bilinç düzeylerinin belirlenmesi amacıyla anket uygulamış, kooperatif yöneticilerinde iklim değişikliği ile ilgili bir bilinç ve endişenin var olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Ceyhunlu ve Aydın [47], Sakarya'ya ait 15 yıllık (2000 – 2015) aylık ortalama yağış, aylık ortalama aktüel basınç, aylık ortalama nispi nem, aylık ortalama rüzgâr hızı ve aylık ortalama sıcaklık verilerini kullanarak, hidro-meteorolojik verilerin ileriye dönük tahminlerinde Yenilikçi Şen Yöntemini uygulamıştır. Saraçoğlu [48] Gökçeada'da 2006-2015 dönemi için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen deniz suyu sıcaklıklarını aylık, mevsimsel ve yıllık olarak incelemiştir. Çalışma sonucuna göre aylık ortalama deniz suyu sıcaklıkları, yaz mevsiminde azalan ve kış mevsiminde artan eğilimdedir. Turan ve Karaer [49] Bursa'nın Osmangazi ilçesinde en çok enerji harcayan ve dolayısıyla karbon salınımı en yüksek olduğu bilinen Osmangazi Belediyesi Merkez Hizmet Binası'na ait karbon salınım miktarlarını belirlemiş ve güncel personel sayısı esas alınarak karbon ayak izi hesabı yapmıştır. Azlak ve Şaylan [50] iklim değişikliğinin su kaynaklarından gerçekleşen evapotranspirasyona olan olası etkilerini, Trakya Bölgesi'nin üç şehrinde (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) değerlendirmiştir. Maden ve Aslan [51] Marmara Bölgesi'nde bitki örtüsü değişiminin yağışla ilişkisini matematiksel modellere dayalı olarak analiz etmiştir. NASA'ya ait

MODIS uydusunun TERRA bandından alınan Marmara Bölgesi'ne ait 2011-2016 yılları arası YAI (Yaprak Alan İndeksi) verilerinin yerel ve zamansal değişimini incelemiştir.

Yıldırım Özcan [52] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İklim Değişikliği Dairesi uzmanları ile Bursa, Trabzon ve Gaziantep illerinde farklı kurum ve kuruluşlardan gelen temsilcilerle yüz yüze görüşmeler yapmış ve illerin iklim değişikliği karşısındaki durumlarını incelemiş ve öneriler geliştirmiştir. Kaya [53] kentlerin iklim değişikliğine karşı kırılganlığını belirlemede kullanılabilecek göstergeleri tespit ederek İstanbul'un iklim değişikliğine karşı kırılganlığını değerlendirmiştir. Albayrak ve Atasayan [54], İstanbul metropoliten alanı etkisinde gelişen bir sanayi yerleşimi olan Gebze (Kocaeli)'de iklim değişikliği farkındalığına ilişkin görüşleri ortaya koymak amacıyla anket uygulamıştır. Okkan ve Karakan [55] Balıkesir-İkizcetepeler Baraj havzasında, IPCC'nin AR4 kapsamında türetilen ECHAM5 sirkülasyon modeli iklim tahminlerini kullanarak, İkizcetepeler akımlarında önümüzdeki 15 yıllık süreçte, 1960-1999 referans dönem istatistiklerine göre yaklaşık %23 oranında bir azalma olacağını öngörmüştür. Altan ve Türkeş [56] Çanakkale'de çıkan orman yangınlarının uzun süreli orman yangın kayıtları ve iklim verilerinin hidroklimatolojik çözümlerinden yararlanarak, yangın klimatolojisi üzerinde durmuştur. Ilgar [57] Çanakkale'de 1929-2007 yılları arasında gözlenmiş aylık yağış verilerini kullanarak, SYİ (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi) yöntemi ile 12 aylık (yıllık) ve 3 aylık (mevsimlik) için yaptığı analiz sonuçlarına göre, yıllık kuraklık koşullarında artış olduğunu tespit etmiştir.

Uluslararası literatürde ise çoğunlukla Marmara Denizi'nde rüzgâr ve dalga ikliminin zamansal değişimi ve eğilimler [58,59,60], deniz yüzeyi sıcaklığı anomalisinin tespiti [61], İstanbul'daki meteorolojik parametrelerin LST verileri ile incelenmesi [62], iklimsel senaryolar [63] ile ilgili konular öne çıkmaktadır. İklim değişikliğini konu alan çalışmalarda farkındalığı ölçmek amacıyla anket uygulanmış, alan özelinde analizler yapılarak yorumlanmış ve çeşitli bilgisayar programlarından yararlanılmıştır. Kentsel ölçekte konuyu değerlendiren Che-Ani vd. [64], meteorolojik faktörleri sıcaklık, bulutluluk ve rüzgâr açısından değerlendirerek kentlerdeki olumlu ve olumsuz etkilerini ortaya koymuşlardır. Kentsel parametreleri ise kentin konumu, topoğrafik özellikleri, kentin büyüklüğü ve yoğunluk, kentsel form, nüfus, antropolojik ısı, su geçirmez yüzeylerin varlığı, termal özellikleri, arazi kullanım ve hava kirliliği başlıkları altında ele alarak kentlerdeki ısı değişikliğinden bahsetmişlerdir (Tablo 1).

Literatürde iklim değişikliğinin kentlere olan etkisini çeşitli yönleriyle alan bilimsel araştırmalar olmasına karşın Yalova ilinin bu bağlamda ele alındığı çalışmaların az sayıda olması örnek alan seçiminde etkili olmuştur. Kente ilişkin birçok faktör yerel iklim üzerinde etkili olmakta, çoğunlukla iklimsel değişim kentlerde ısı artışıyla sonuçlanmaktadır (Tablo 2). Kentsel büyüme yerel arazi örtüsü ve kullanımında değişime yol açmakta olup, bu durum yerel iklim parametrelerini

etkileyen önemli bir bileşen olarak vurgulanmaktadır [68, 69, 22]. Bu bağlamda, çalışmada, Tablo 1 çerçevesinde Yalova ili “İklim”, “Kentsel Büyüme ve Nüfus Değişimi” başlıkları altında değerlendirilerek bu parametreler arasındaki ilişkinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Tablo 1. Kentsel ısı adasında etkili olan meteorolojik faktörler ve kentsel parametreler [64]

Meteorolojik faktörler (Sıcaklık, Bulutluluk, Rüzgâr)	Isı adası ile ilgili mevcut meteorolojik koşullar; kentsel alanlarda yoğunlaşan kirleticilerin kaynağını oluşturan yüksek sis oluşumu ve düşük rüzgâr hızlarına neden olan şehirlerdeki yoğun kirlilik olayları, yüksek sıcaklıklar ve bulut örtüsündeki değişiklikler ile ilişkilidir.
Kentin konumu (Topoğrafya, Nehirler / diğer su yüzeyleri)	Belirli bir bölge içindeki farklı konumlar, sıcaklık, rüzgâr koşulları, nem, yağış, sis, inversiyon yaygınlığı gibi iklimsel özellikler açısından büyük farklılıklar gösterebilir. Bu tür farklılıklar denizden uzaklık, yükseklik, eğim yönü ve bölgenin genel topoğrafyasından kaynaklanabilir [65].
Kent büyüklüğü	Yüksek nüfus ve yoğunluk kentlerin büyümesine neden olur. Kentsel ısı adasına neden olan faktörlerden ikisi, nüfusun büyüklüğü ve yoğunluğu ile yaşam standardına bağlıdır (araç trafiği, kışın ısıtma yoğunluğu ve yazın iklimlendirme ve endüstriyel tesisler) [65].
Yapılı çevrede yoğunluk (Toprak örtüsü, Yapılar arası mesafe, Bina yüksekliği) [65]	Belirli bir alandaki binaların kapladığı alan kentleşmenin iklimsel etkisinin değerlendirilmesinde önemli faktördür. Binaların bazı mimari detayları ile çatılarının rengi, binaların kentsel ısı dengesi ve sıcaklığı üzerindeki etkiyi değiştirebilir. Caddeye ve bloklara olan mesafe, dış ve iç mekânlardaki havalandırma koşullarını etkiler
Kentsel geometri	Yüksek binalar düşük katlı binalara kıyasla yüzeydeki rüzgâr hızını daha çok azaltır. 1. Kaba bir kentsel yüzeyde artan sürtünme, şehirdeki yatay hava akışını azaltır; 2. Kent yüzeyinin karmaşık geometrisi kentsel radyasyon bütçesini değiştirir. Gün boyunca dikey kanyon duvarları kısa dalga radyasyonunu hapseder.
Nüfus büyüklüğü	Nüfus artışı biyolojik faaliyetlerden kaynaklı kentsel termal sıcaklıklarında her yıl enerji artışına sebep olur. Bu faaliyetlerden dolayı çok fazla enerji üretmek kentsel ısı adasına neden olur [66].
Antropolojik ısı	Isıtma, imalat, ulaşım, aydınlatma, insan ve hayvan metabolizmaları, iletim, konveksiyon ve radyasyon yoluyla kentsel atmosferi ısıtır.
Su geçirmez yüzeyler	1. Binalar ve asfalt sokaklar, kentte bir buharlaşma açığı oluşturarak yağışları hızla havzalara bırakır. 2. Kentsel yüzey örtüsü, hissedilir ısı transferini artırır [67].
Dokunun termal özellikleri	Beton ve asfalt gibi kentsel yapı malzemeleri tarafından kentsel alanlarda kısa dalga radyasyonunun günlük olarak daha fazla emilmesi.
Arazi kullanım	Farklı alan kullanımlarının (ticaret, konut, sanayi, park, havaalanı vb.) iklim değişikliği üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Kentin bir bölgesinde nüfusun artması ve antropojenik ısı, ısı üretimindeki en önemli faktörlerdendir.
Hava kirliliği	1. Kısa dalga (solar vb.) radyasyonunun gelen akışının azaltılması; 2. Uzun dalgalı (kızılötesi vb.) radyasyonu kentsel yüzeyden yere doğru yeniden yayılması; 3. Kentsel yüzeyden uzun dalgalı radyasyonu emerek ortam havasının etkili bir şekilde ısınması [67].

Çalışmada öncelikle, Marmara Bölgesi genelindeki iklim verileri incelenerek kentsel büyüme ve nüfus değişimleri değerlendirilmiştir. Sonrasında Yalova kenti özelinde son dönemdeki değişimleri irdelemek amacıyla 1979-2021 yılları arasındaki iklimsel veriler ile 1990 ve 2018 yılı arazi kullanım değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan uzun yıllara ait sıcaklık ve yağış verileri ile bölge geneli ve il bazında iklimsel açıdan ekstrem yıllar ortaya çıkarılmıştır. Yalova'nın kentleşme süreci ele

alınarak, kentsel büyüme ve arazi kullanım değişimleri 1990 ve 2018 yıllarının karşılaştırması ile ortaya konmuştur. Geçmişte ve günümüzdeki kentsel büyüme eğilimleri ile iklimsel açıdan ekstrem yıllar arasında ilişkinin olup olmadığı üzerinde durulmuştur. İklimsel değişimlerin elde edilmesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve yüksek kalitede hava durumu verileri üreten İsviçre kuruluşu olan Meteoblue [70] verileri kullanılmıştır. Yalova iline ait arazi kullanım verileri için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Corine arazi örtüsü sınıflamasından yararlanılmıştır. Bölgeye ve ile ait nüfus verilerinde Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) sayısal değerleri kullanılmıştır.

Son olarak çalışma kapsamında, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları incelenerek iklim değişikliği senaryoları içinde Marmara Bölgesi ve Yalova'nın durumu değerlendirilmiştir. Temsili konsantrasyon rotaları (RCP) yeryüzünün radyasyon dengesini bozan emisyonlara ait konsantrasyon yörüngeleri için oluşturulan senaryolardır [71]. Radyatif zorlama seviyeleri ve rotalarına göre belirlenen dört tip RCP, 2100 yılında ne kadar sera gazının yayılacağını göz önüne alarak gelecek iklimi açıklamaktadır. Söz konusu dört RCP senaryosu +2,6, +4,5, +6,0, ve + 8,5 W/m² referanslı RCP2.6, RCP4.5, RCP6 ve RCP8.5'dan oluşmaktadır [71].

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Üç alt başlık altında ele alınan çalışmanın birinci bölümünde Marmara Bölgesi geneli, ikinci bölümünde Yalova ili iklim, kentsel büyüme ve nüfus değişimi açısından değerlendirilmiştir. Son bölümde, bölge ve ilin iklim değişikliği senaryoları içindeki durumu incelenmiştir.

3.1. Marmara Bölgesi'nde İklim, Kentsel Büyüme ve Nüfus Değişimi

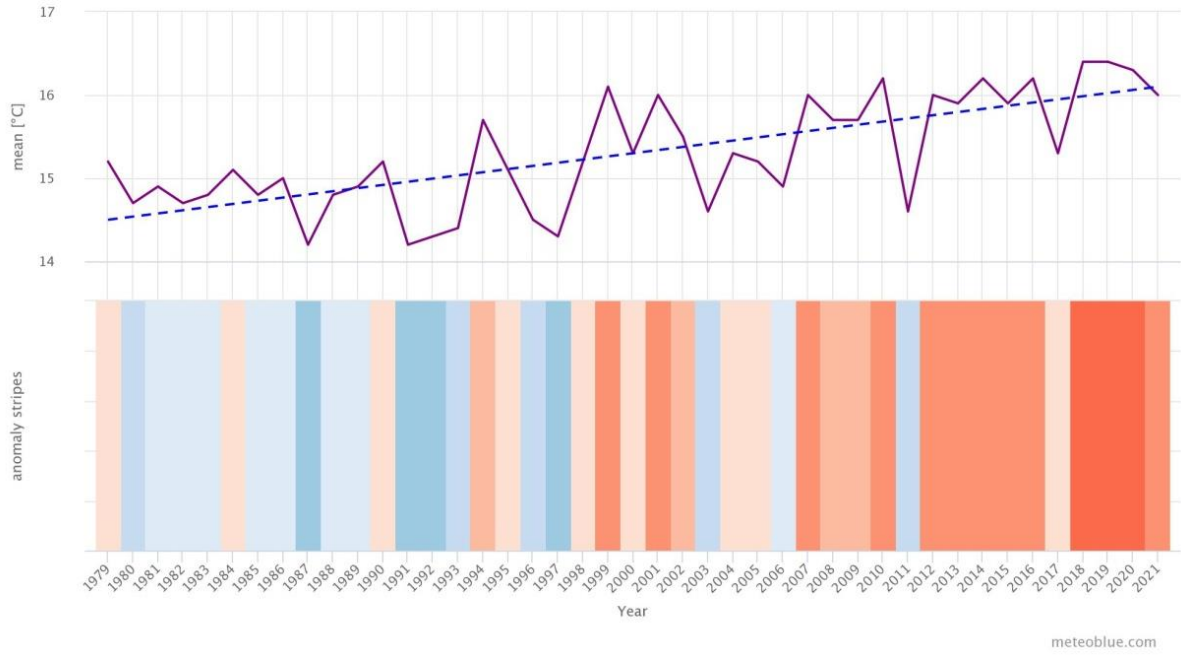
Bu bölümde Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan ve 11 ilden oluşan Marmara Bölgesi genelindeki sıcaklık ve yağış verileri değerlendirilerek, ekstrem yıllar ortaya çıkarılmış ve bölgedeki kentsel gelişme eğilimleri ile ilgili genel bilgi verilmiştir.

3.1.1. İklim

Yer şekilleri bakımından sade bir yapıya sahip Marmara Bölgesi, iklim ve bitki örtüsü bakımından bir geçiş alanıdır [72]. Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklimin etkileri görülen bölgede, yağışın mevsimlere dağılışı bakımından Akdeniz yağış rejiminin hafiflemiş biçimi yaşanmaktadır [72].

Meteoblue iklimsel verilerine göre 1979-2021 yılları arasındaki Marmara Bölgesi'ndeki sıcaklık değişimleri incelendiğinde 1998 yılı itibariyle yıl içindeki ortalama sıcaklık değerlerinin arttığı görülmekle beraber, 2003, 2006, 2011 ve 2017 yıllarında ortalama sıcaklıkta düşüşler

yaşanmıştır [70] (Şekil 3). 2018-2019 ve 2020 yıllarında ise yıllık ortalama sıcaklık değeri 16.4 °C ile diğer yıllara kıyasla daha yüksek olmuştur [70].



Şekil 3. 1979-2021 yılları arasında Marmara Bölgesi'nde yıllık sıcaklık değişimi [70]

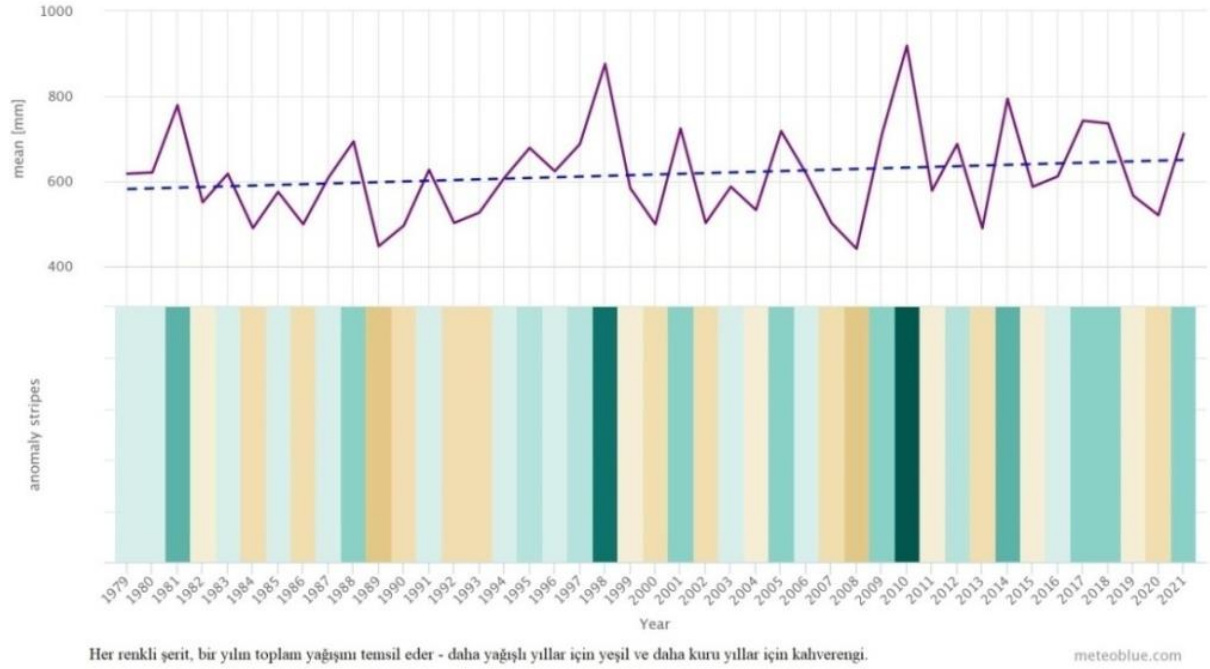
Meteoblue iklimsel verilerine göre 1979-2021 yılları arasında Marmara Bölgesi'ndeki 1981,1988, 1998 ve 2010 yıllarında yıllık toplam yağış miktarı diğer yıllara kıyasla daha yüksek yaşanmış, bölge genelindeki en yağışlı yıllar 876 mm ile 1998 ve 918.6 mm ile 2010 yılı olmuştur [70] (Şekil 4). Bu dönemde 1989 ve 2008 yılları en az yağış alan yıllar olmuştur.

Marmara Bölgesi'nde sıcaklık artışına bağlı olarak 2001 yılı Mart ayında 4,2 °C, 2010 yılı Kasım ayında 3.6 °C, 2016 yılı Şubat ayında 4 °C ve 2019 yılı Kasım ayında 4.2 °C en fazla sapma yaşanmıştır [70]. Bunun aksine sıcaklık düşüşüne bağlı olarak 1985 yılı Şubat ayında -3,5 °C, 1987 yılı Mart ayında -3.6 °C, 1988 yılı Kasım ayında -3.1 °C, 1991 yılı Aralık ayında -3.9 °C, 2001 yılı Aralık ayında -3.4 °C, 2003 yılı Şubat ayında -3.3 °C ve son yıllarda ise 2016 yılı Aralık ayında -2.8 °C anomali ile en fazla sapma yaşanmıştır [70] (Şekil 5).

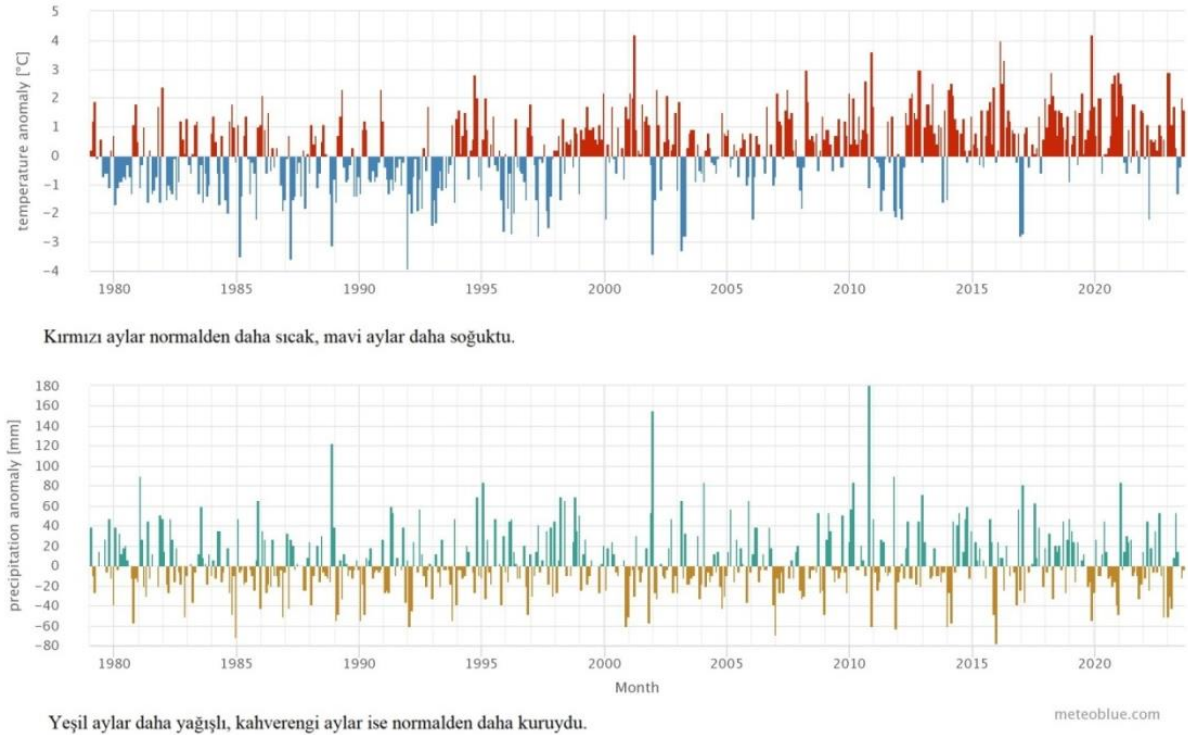
1988 yılı Kasım ayında 123 mm, 2001 yılı Aralık ayında 156 mm, 2010 yılı Ekim ayında 180 mm anomali ile en fazla yağış artışının olduğu aylar olmuştur [70]. 1984 yılı Aralık ayında -72 mm, 2006 yılı Aralık ayında -69 mm, 2010 yılı Kasım ayında -60 mm, 2011 yılı Kasım ayında -61 mm ve 2015 yılı Aralık ayında -78 mm anomali ile yağışta düşüşlerin yaşandığı aylar olmuştur [70] (Şekil 5).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Türkiye'de ortalama sıcaklık artışı 1,5 °C'yi aşmıştır [38]. Ülke genelinde görülen sıcaklık artışından Marmara Bölgesi de etkilenmektedir.

Bölgedeki uzun yıllar sıcaklık değişimleri incelendiğinde yıl bazında artış ve azalışlara karşın yıllık ortalama sıcaklık artarken, yağış miktarı düşmektedir. Bazı aylarda normalin üstünde sıcaklık yaşanırken, bazı aylarda normalin dışında yağışlar olmuştur.



Şekil 4. 1979-2021 yılları arasında Marmara Bölgesi'nde yıllık yağış değişimi [70]



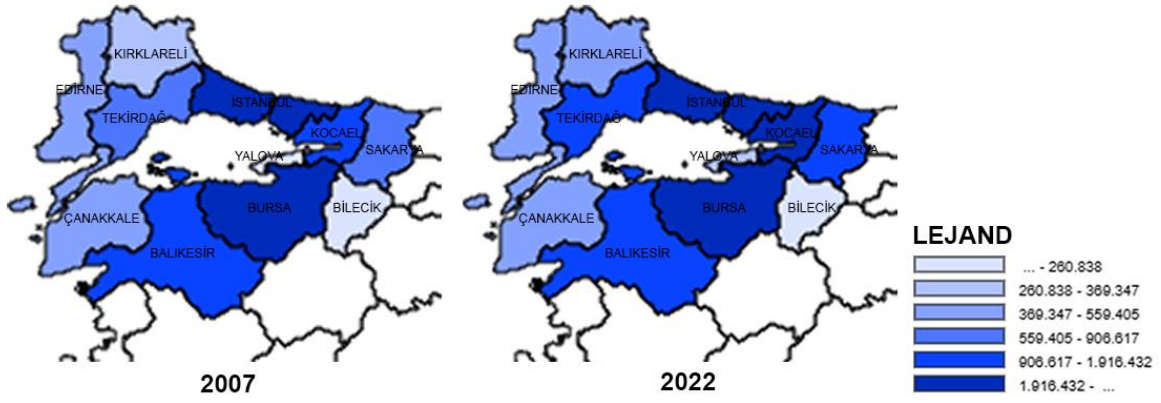
Şekil 5. 1979-2021 yılları arasında Marmara Bölgesi'nde aylık sıcaklık (üstte) ve yağış (altta) anomalileri [70]

3.1.2. Kentsel Büyüme ve Nüfus Değişimi

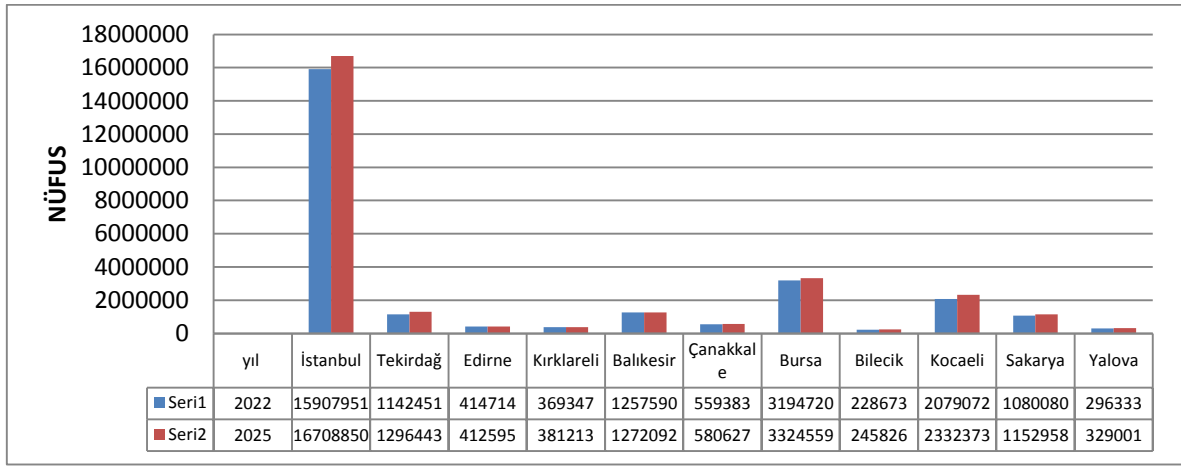
Marmara Bölgesi, ülke içinde nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu bölge konumundadır. TÜİK verilerine göre 2022 yılı nüfusu 26.530.314 kişi olan bölge [73], ülke nüfusunun % 30'unu barındırmaktadır. Yer şekillerinin elverişliliği, boğazların varlığı, özel konumu, ulaşım imkânları [72], sanayi ve hizmet sektörlerinin gelişmiş olması, eğitim, sağlık, istihdam gibi olanakların fazlalığı nüfus artışıdaki önemli etkenlerdir. Ayrıca, bölge içinde İstanbul, Bursa, Kocaeli gibi kentlerin yer alması diğer bölgelere kıyasla nüfus yoğunluğundaki artışı etkilemektedir. Nüfus artışına bağlı olarak bölgedeki kentler değişmekte ve büyümektedir.

Tarihsel süreç içinde bölge her dönem nüfus çekme özelliğini korumuştur. 1950'lerde sanayileşme ve kentleşmenin etkisiyle Marmara Bölgesi'ne olan göçler kentsel büyümede etkili olmaya başlamıştır. Bu yıllarda bölgedeki kentleşme düzeyinin ülke ortalamasından yüksek olmasının sebebi İstanbul'un varlığı ile Balkan savaşı sırasında ve sonrasında, özellikle Bulgaristan ve Yunanistan'dan gelen Türk nüfusunun büyük ölçüde Marmara Bölgesi'ne yerleştirilmesiyle açıklanmaktadır [74,75]. 1960 sonrası, Türkiye'de bölgeler arası göçün hızlandığı ve büyük merkezlerin daha da büyüdüğü bir dönem olarak belirginlik kazanmakta ve bu dönemde de Marmara Bölgesi'nin kentsel nüfus artış oranları diğer bölgelere kıyasla daha yüksek durumdadır [75]. 1975-85 döneminde sanayi yatırımları özellikle İzmit Körfezi'nin çevresinde gelişme göstermiştir. Sanayi yapılarının bir kısmı Eskişehir karayolu çevresinde doğuya doğru yayılmış, bir kısmı ise Boğaz Köprüsü'nün yapımı ve Trakya illerinin kalkınmada öncelikli yöreler olarak kabul edilmesiyle batı yönünde Tekirdağ ve çevresine doğru gelişmeye başlamıştır [75]. Bu gelişmeler, Marmara Bölgesi'ndeki nüfus artışını beraberinde getirmiştir. Son dönemde bölgedeki illerin nüfus değişimlerine bakıldığında, 2022 yılında Kırklareli, Kocaeli ve Sakarya'daki nüfus ve nüfus yoğunluğunun 2007 yılına kıyasla arttığı görülmektedir (Şekil 6).

2022 yılı nüfus verilerine göre bölge içinde en fazla nüfusa sahip kent 15.907.951 kişi ile İstanbul olup bunu Bursa, Kocaeli, Balıkesir ve Sakarya takip etmektedir (Şekil 7). 2025 yılı nüfus projeksiyonuna göre Edirne dışındaki illerde nüfusun artacağı ön görülmektedir. 2025 yılında en fazla nüfusa sahip ilin İstanbul olması ve Marmara Bölgesi toplam nüfusunun 28.036.537 kişi olması beklenmektedir (Şekil 7)



Şekil 6. Marmara Bölgesi'nin 2007-2022 yılları nüfus karşılaştırması [73]



Şekil 7. Marmara Bölgesi'nin 2022 yılı nüfusu ve 2025 yılı nüfus projeksiyonu [73]

Günümüzde bölge nüfusunun artma eğiliminde olması ve gelecekte daha da artacak olması kentsel büyümenin ve dolayısıyla arazi örtüsündeki değişimin devam edeceğini göstermektedir. Buna bağlı olarak iklimsel değişimlerin olacağı tahmin edilmektedir.

3.2. Yalova'da İklim, Kentsel Büyüme ve Nüfus İlişkisi

Bu bölümde Yalova ilinin sıcaklık, yağış ve rüzgâr gibi iklimsel özellikleri; kent büyüklüğü, nüfus verileri, yoğunluk, arazi kullanım, kentsel formdaki değişimler ele alınmaktadır. İle ait veriler kullanılarak iklim değişikliği değerlendirilmektedir.

3.2.1 İklim

Yalova ilinin iklimi, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında geçiş niteliği göstermekte olup, bazı dönemlerde karasal iklim özelliklerini yansıtmaktadır. Kentte, yazlar kurak ve sıcak, kışlar ise ılık ve bol yağışlıdır [23]. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre 1931-2021 yılları arasındaki yıllık

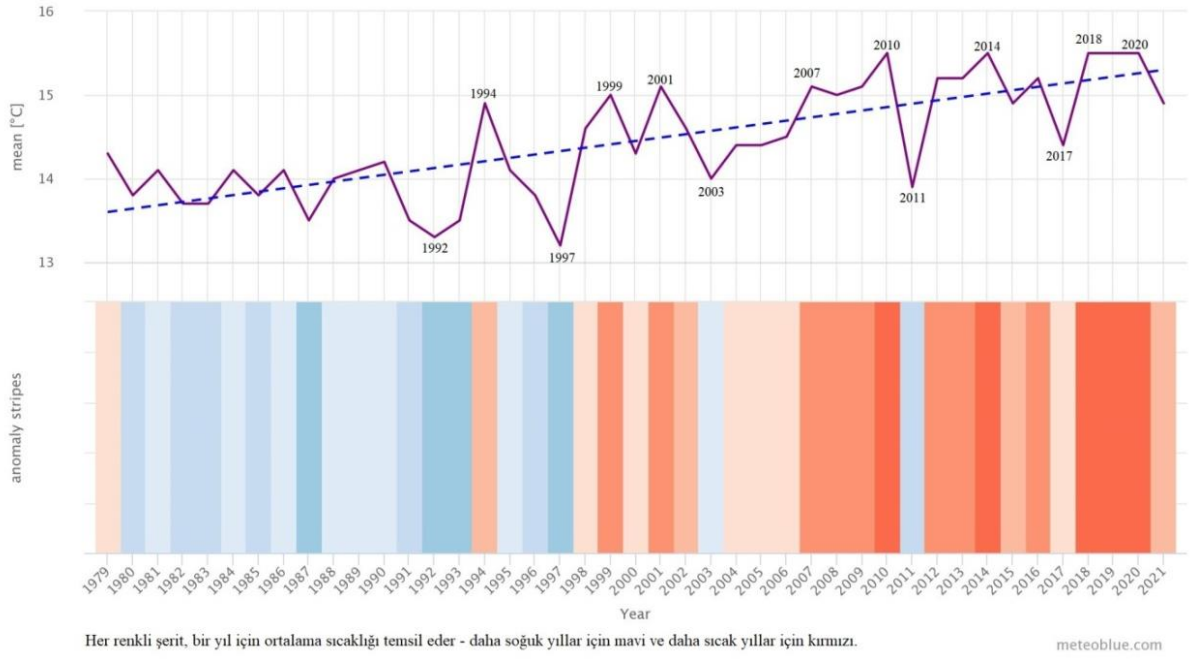
ortalama sıcaklık 14,7 °C olup, en sıcak aylar Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül'dür. Yıllık toplam yağışlı gün sayısı 124.2 olup, en çok yağış Ekim, Kasım, Aralık ve Ocak aylarında görülmektedir [76] (Tablo 2). İlde kuzey yönlü rüzgârlar ağırlıkta olup, özellikle KB sektörlü rüzgârlar fazla görülmekte ve kış döneminde sıcaklığın düşmesine neden olmaktadır [25].

Tablo 2. 1931-2021 yılları arasında Yalova iklimsel verileri [76]

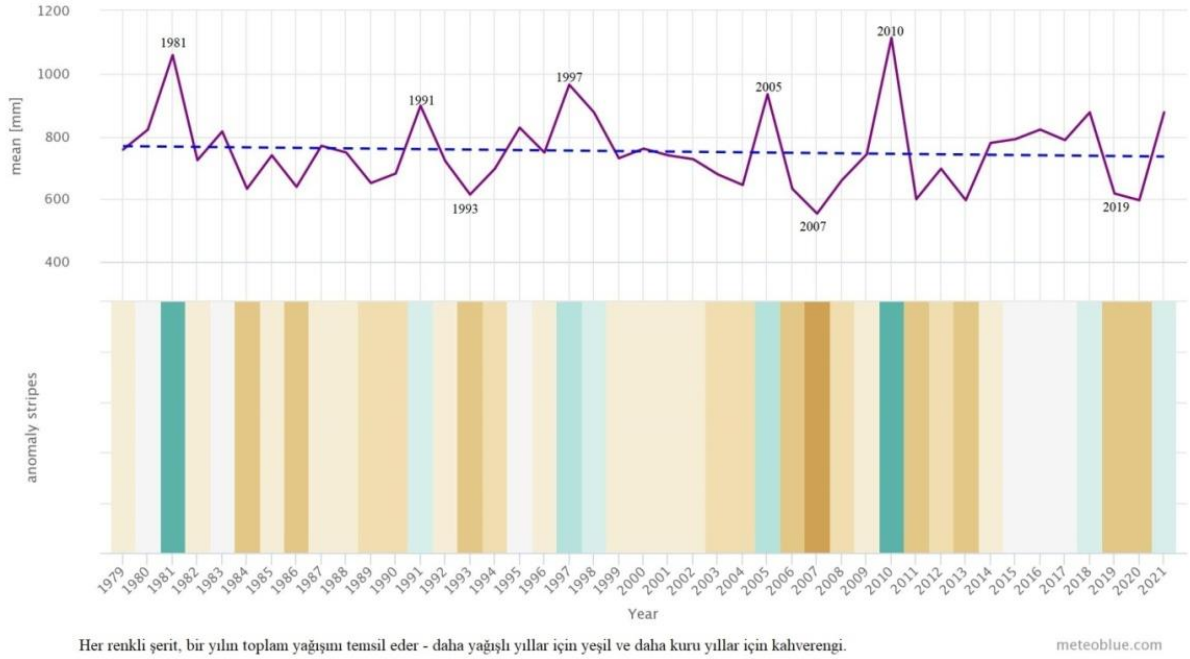
YALOVA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.5	7.0	8.4	12.2	16.8	21.1	23.4	23.5	20.1	16.1	12.1	8.7	14.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.0	10.7	12.6	16.9	21.5	25.9	28.4	28.5	25.1	20.7	16.3	12.2	19.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.3	3.5	4.6	8.0	12.2	15.9	18.1	18.3	15.2	12.0	8.3	5.4	10.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.0	3.1	4.3	5.6	7.5	8.7	9.3	8.7	7.1	4.8	2.7	1.6	5.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.06	14.76	14.24	10.12	8.88	7.35	3.29	2.94	8.53	12.59	11.76	14.71	124.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	92.9	71.9	73.0	51.5	39.1	40.8	24.6	31.0	54.5	83.3	80.0	114.3	756.9
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.9	27.2	32.0	36.5	37.0	42.1	39.2	40.2	37.5	36.6	29.7	27.4	42.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9.6	-11.0	-7.4	-1.6	1.2	7.1	10.0	10.3	6.0	1.3	-3.2	-9.2	-11.0

Meteoblue iklimsel verilerine göre 1979-2021 yılları arasındaki Yalova'daki sıcaklık değişimleri incelendiğinde 1998 yılıyla beraber yıl içindeki ortalama sıcaklık değerlerinin arttığı görülmekle beraber, 2003, 2011 ve 2017 yıllarında ortalama sıcaklıkta düşüşler yaşanmıştır [70] (Şekil 8). 2010-2018-2019 ve 2020 yıllarında ise yıllık ortalama sıcaklık değeri 15.5 °C ile diğer yıllara kıyasla daha yüksek olmuştur [70].

Meteoblue iklimsel verilerine göre 1979-2021 yılları arasında Yalova'da 1981, 1991, 1997, 2005 ve 2010 yıllarında yıllık toplam yağış miktarı diğer yıllara kıyasla daha yüksek yaşanmış, en yağışlı yıllar 1058.5 mm ile 1981 ve 1113.3 mm ile 2010 yılı olmuştur [70] (Şekil 9). Bu dönemde 2007 yılı 553.6 mm ile en az yağış alan yıl olmuştur.



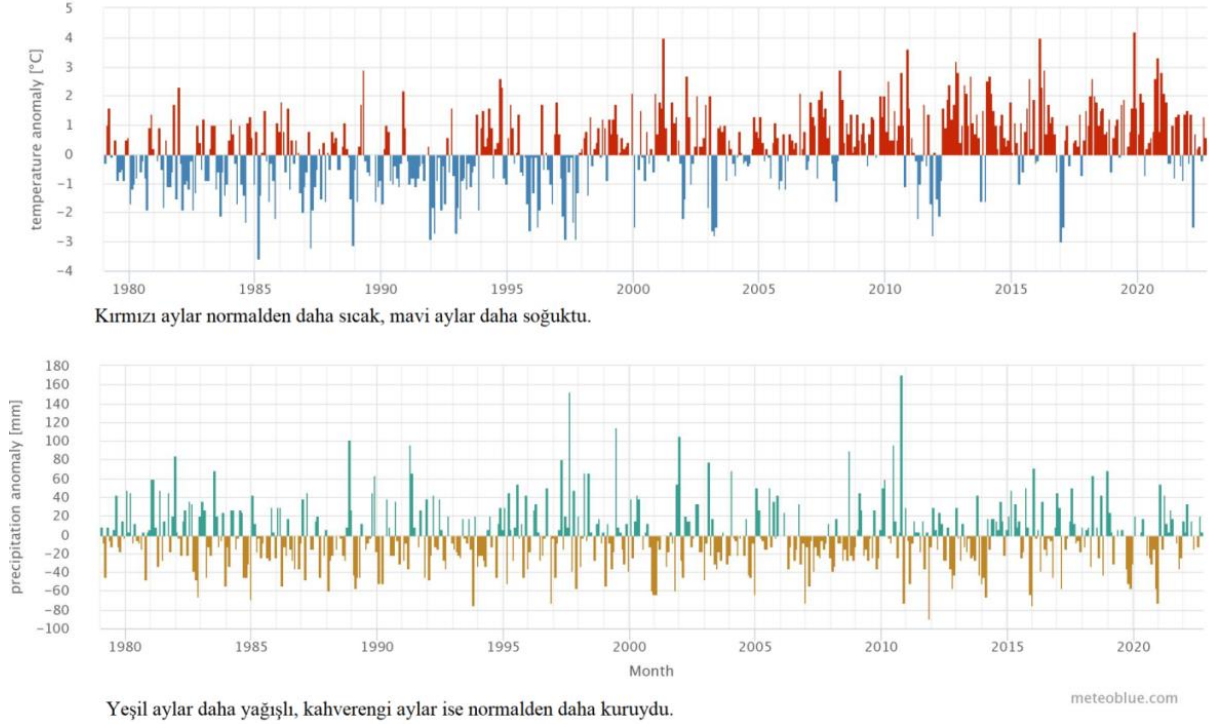
Şekil 8. 1979-2021 yılları arasında Yalova Yıllık Sıcaklık Değişimi [70]



Şekil 9. 1979-2021 yılları arasında Yalova Yıllık Yağış Değişimi [70]

Sıcaklık artışı bağlı olarak 2001 yılı Mart ayında 4 oC, 2010 yılı Kasım ayında 3,6 oC, 2016 yılı Şubat ayında 4 oC ve 2019 yılı Kasım ayında 4.2 oC en fazla sapma yaşanmıştır [70]. Sıcaklık düşüşüne bağlı olarak ise 1985 yılı Şubat ayında -3,6 oC, 1987 yılı Mart ayında -3.2 oC, 1988 yılı Kasım ayında -3.1 oC ve son yıllarda ise 2016 yılı Aralık ayında -3 oC anomali ile en fazla sapma yaşanmıştır [70] (Şekil 10).

1988 yılı Kasım ayında 102 mm, 1997 yılı Ağustos ayında 153 mm, 1999 yılı Haziran ayında 114 mm, 2010 yılı Ekim ayında 171 mm anomali ile en fazla yağış artışının olduğu aylar olmuştur [70]. 1984 yılı Aralık ayında -69 mm, 2010 yılı Kasım ayında -72 mm, 2011 yılı Kasım ayında -90 mm, 2015 yılı Aralık ayında -75 mm, 2020 yılı Aralık ayında -72 mm anomali ile yağışta düşüşlerin yaşandığı aylar olmuştur [70] (Şekil 10).



Şekil 10. 1979-2021 yılları arasında Yalova aylık sıcaklık (üstte) ve yağış (altta) anomalileri [70]

Yalova iline ait sıcaklık ve yağış verileri genellikle Marmara Bölgesi genelinde görülen veriler ile benzerlik göstermektedir.

3.2.2. Kentsel Büyüme ve Nüfus Değişimi

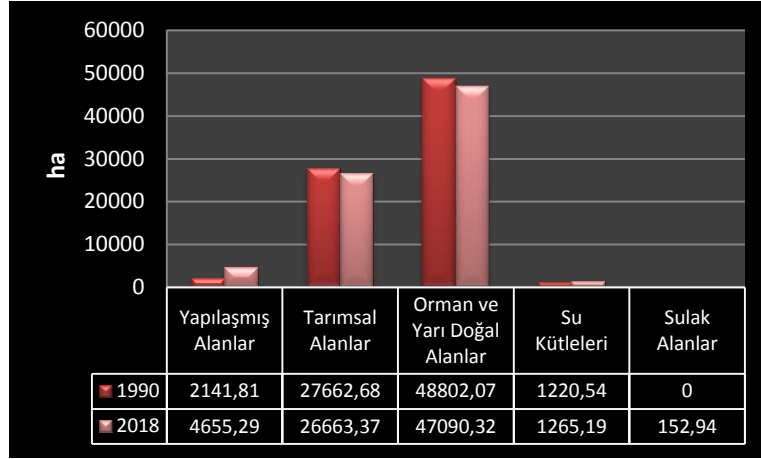
Köklü tarihi geçmişi olan Yalova, Cumhuriyet'in ilk yıllarında küçük bir kıyı kasabası durumundadır. Yalova, 2 Aralık 1929 tarihinde İstanbul'a bağlı bir ilçe merkezi haline gelmiştir [29]. 1935 nüfus sayımına göre 2.635 kişiden oluşan küçük bir yerleşim yeri olan Yalova kenti, 1939 yılında üç mahalle ve 461 evden oluşmaktadır [28, 77]. Atatürk'ün isteği üzerine 1938 yılında çizilen ilk imar planında, Yalova kent merkezi 3 ayrı bölgeye ayrılmakta ve Cumhuriyet Meydanı düzenlemesi ile sahil bandında bahçeli düşük yoğunluklu konutların olması yönünde öneriler bulunmaktadır [78,79].

Yalova kentinde “yerleşim 1950'lerin başında yaklaşık 91,5 hektarlık bir alana yayılmış, 1950'li yılların sonlarına doğru ise Safran Deresi'nin batı yakasında bahçeler içinde seyrek evlerden oluşan Bahçelievler Mahallesi'ne kadar genişlemiştir” [80,79]. Bilgin [81]'e göre “1960'lı yıllarda Safran Deresi'ni doğudan sınırlayan Yalova bayırı ile kıyı arasındaki alüvyal düzlükte yer alan Yalova'nın iç ulaşım ağını kıyıya paralel olarak uzanan bir ana caddeye dik olarak kavuşan birçok sokak ve caddeler meydana getirmektedir. Çarşı kısmında sıkışık bulunan meskenler 2-3 katlı ve kâgirdir. İç kısımlara doğru evler bahçe içinde ve seyrek bir şekilde bulunmaktadır” [29].

“1968 yılında hazırlanan Yalova İmar Planı'nda, alanın ön kısmında geleneksel kent dokusunu koruyan tek katlı yapı, merkezde ise 4 katlı yapı yapma kararı alınmıştır [83]. Ancak, uygun yerleşme alanı eksikliğinden dolayı eğimli alanlarda ve dere kıyısında 2 katlı yapıların yapımı da gerçekleşmiştir” [83,79]. İlin doğusunda büyük sanayi tesislerinin kurulmaya başlanması, Yalova-İzmit ve Yalova-Bursa karayollarının işlevinin artması, kıyılarda ikinci konutların çoğalması, seracılık faaliyetlerinin önem kazanması gibi birçok ekonomik etkene bağlı olarak Yalova, özellikle 1970 sonrasında hızlı bir gelişim sürecine girmiş ve nüfus çekmiştir [29]. “İstanbul'a olan yakınlığı, göçlerle nüfusunun artması, geniş bir bölgenin hinterlandı durumunda olması, ulaşım bakımından önemli konumu ve kaplıcalarının varlığı gibi etkenler Yalova'nın kısa sürede büyümesini sağlamıştır” [29]. “1970'lerde plan tadilatları ile çok katlı yapı inşasına izin verilmiştir. Dere kenarı ve sahil bandında çok katlı yapılar yapılmaya başlanmış, merkezdeki kat adedi ise 4'ten 6'ya çıkarılmıştır” [83,79]. 1975 yılından sonra Yalova'nın ilçe merkezindeki nüfusu, köy nüfusunu geçmeye başlamıştır [80].

1980'lerde yerleşim alanındaki büyüme, batı-doğu istikametinde olmuş, içe doğru vadi tabanlarını ve vadiler arasındaki bayırların sırtlarını izleyerek kuzey-güney doğrultusunda genişlemiştir [80,79]. 1986 yılında yapılan imar planı ile ağaçlık alan olan ve alüvyonlarla oluşmuş bir zemine sahip Hacı Mehmet Ovası yapılaşmaya açılmış ve bölge 5 katlı lüks blokların yükseldiği bir alana dönüşmüştür [84,79].

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın hazırladığı 1990 yılına ait Corine arazi örtüsü haritasına göre kıyıdan başlayıp doğu-batı ekseninde olan kentsel gelişmenin güneye doğru yayıldığı görülmektedir. Bu yıllarda kentin % 61'ini 48.802,07 ha ile orman ve yarı doğal alanlar, % 35'ini 27.662,68 ha ile tarımsal alanlar, % 3'ünü 2141,81 ha ile yapay bölgeler ve % 1'ini 1220,54 ha ile su kütleleri oluşturmaktadır (Şekil 11).

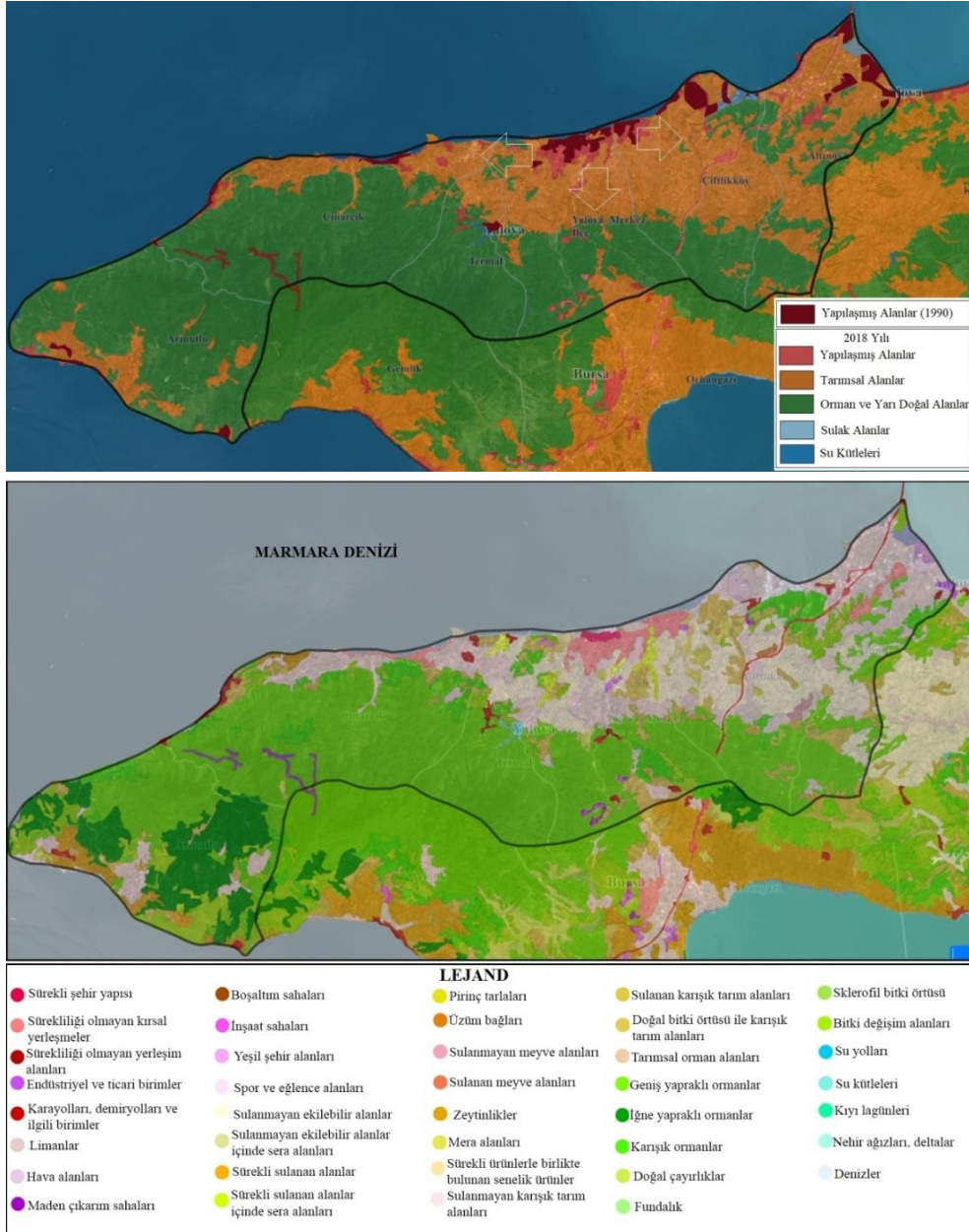


Şekil 11. Yalova ili 1990 ve 2018 yılları arazi kullanım dağılımı [85]

1991 yılında yapılan planlama çalışmaları ile yerleşim merkezindeki yamaçlar tümüyle imar planı kapsamına alınmıştır. Bağlarbaşı, Fevziçakmak, Mustafa Kemalpaşa ve İsmetpaşa Mahallelerinde 1988 yılı onaylı jeolojik etütler dikkate alınarak 2 kat ve orta yoğunluk koşulları getirilmiştir [86,79]. Yalova; hızlı nüfus artışı, İstanbul ile idari ve fonksiyonel ilişkilerde zorluklar yaşanması gibi problemler göz önüne alınarak, 6 Haziran 1995 tarihinde İstanbul, Bursa ve Kocaeli illerine bağlı bazı yerleşim yerlerinin ayrılması ile il konumuna getirilmiştir [87,77]. İl olması nüfus artışında etkili olmuş, ancak 1999 yılında yaşanan 7.4 şiddetindeki deprem sonrasında kısa süreli olsa da göç vermiştir. Sonraki yıllarda deprem korkusunun azalmasıyla kenti terk edenler geri dönmeye başlamıştır.

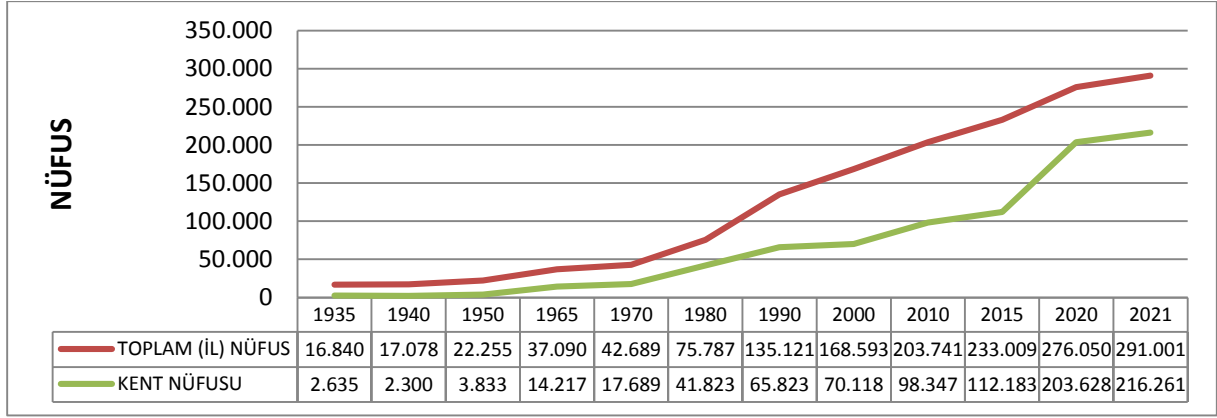
“Yalova’da deprem sonrasında bazı önlemler alınmaya çalışılsa da kuzeyde sahil kısmında yer alan yapılaşmanın güneye doğru yayılmaya devam etmesi sonucunda tarım ve orman alanlarına olan baskı daha da artmıştır. Kentsel yoğunluk, 2001 yılında yapılan Revizyon İmar Planları ile kısmen düşürülmüştür [88]. Deprem sonrasında konut alanlarında yapılaşma 2 kat ile sınırlandırılmıştır. Merkezi iş alanları ve ticaret alanlarında ise 4 kata kadar yapılaşma önerisi getirilmiştir [88]. Sonraki planlama çalışmalarında artan nüfus ve talep nedeniyle kat adedi konutlar için de 4’e çıkarılmıştır” [79].

Tarım ve Orman Bakanlığı’nın hazırladığı 2018 yılına ait Corine arazi örtüsü haritasına göre kentin güneye doğru büyümeye devam ettiği ve 1990 yılına kıyasla yapay bölgelerin yaklaşık iki kat arttığı anlaşılmaktadır. Bu yıllarda kentin % 59’unu 47.090,32 ha ile orman ve yarı doğal alanlar, %33’ünü 26.663,37 ha ile tarımsal alanlar, % 6’sını 4655,29 ha ile yapay bölgeler ve % 2’sini 1418,13 ha ile su yüzeyleri oluşturmaktadır (Şekil 12). Buna göre tarım, orman ve yarı doğal alanların azaldığı ve yapay bölgelerin arttığı gözlemlenmektedir.



Şekil 12. Yalova ili 2018 yılı arazi kullanımı [85]

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ilin nüfusu 1935 yılında 16.840 kişi iken, 1950'de 22.555, 1970'te 42.689, 1990'da 135.121, 2010'da 203.741, 2015'te 233.009 ve 2020'de 276.050 kişi olmuştur. Kent nüfusu ise 1935 yılında 2.635 kişi iken, 1950'de 3.833, 1970'te 17.689, 1990'da 65.823, 2010'da 98.347, 2015'te 112.183 ve 2020'de 203.628 kişiye ulaşmıştır (Şekil 13). 2021 yılı toplam nüfus ise artarak 291.001 kişi olmuştur.



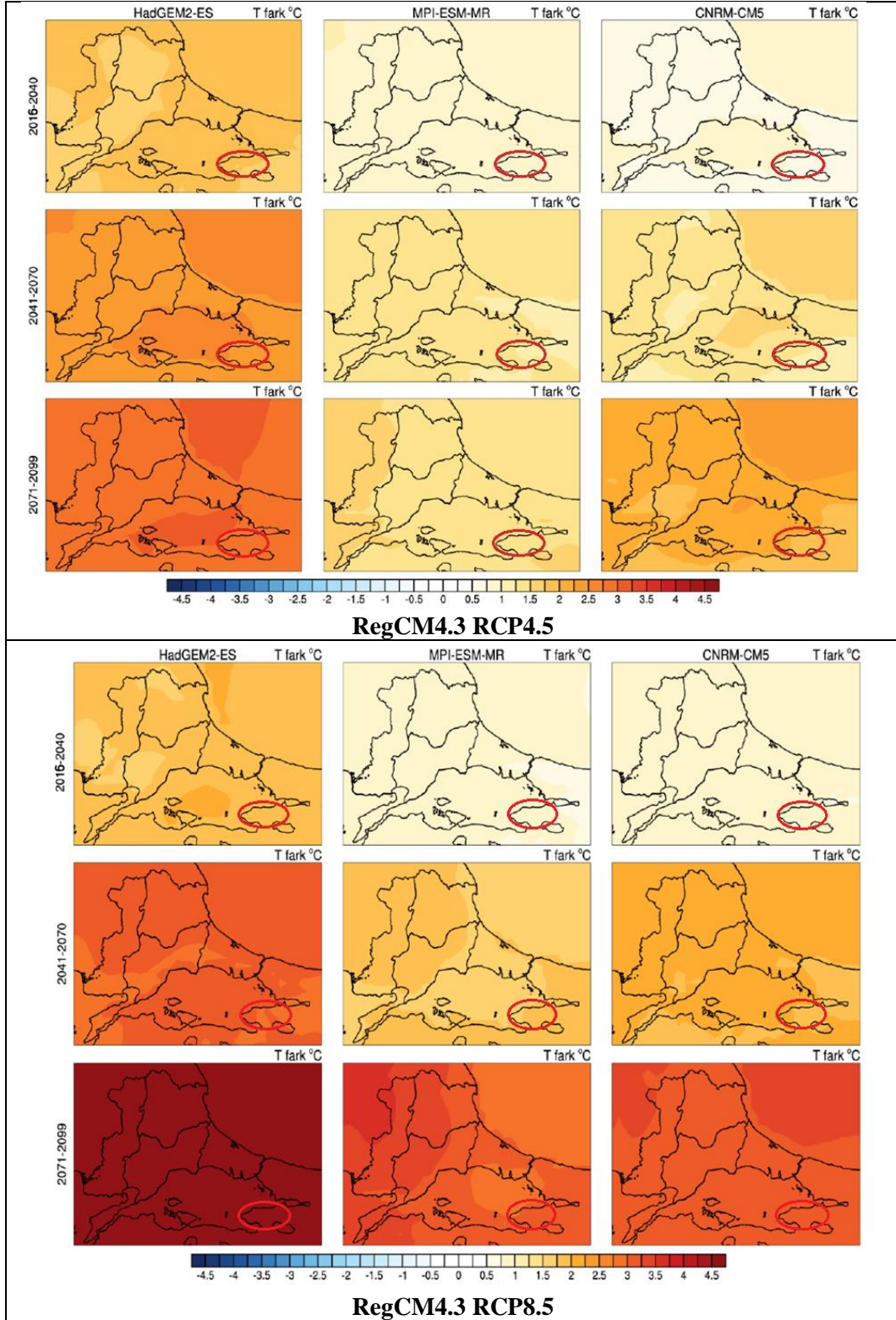
Şekil 13. Yalova il ve kent nüfusu (1935-2021) [89,73,77]

TÜİK 2020 yılı verilerine göre nüfusu 149.330 kişi olan Merkez ilçe 91,05 kişi/ha yoğunluk ile diğer ilçelere kıyasla daha kalabalık durumdadır. Bunu 38,29 kişi/ha ile Çiftlikköy ve 32,40 kişi/ha ile Altınova ilçesi takip etmektedir [90,77].

Günümüzde, Yalova il merkezi, Bahçelievler, Rüstempaşa, Süleymanbey ve Fevziçakmak mahallelerindeki mevcut yapılar genel olarak 4 katlıdır. Fatih, Cumhuriyet, İstanbul Caddeleri ve diğer ana caddelere bakan parsellerde 5-6-7 katlı yapılar, Süleymanbey mahallesinde, feribot iskelesi karşısında ise 10 katlı bloklar bulunmaktadır [91] (Şekil 14). Bu yoğunlukların ortaya çıkmasında 1995-1999 yılları arasındaki planlama çalışmaları etkili olmuştur [79]. Deprem sonrasındaki planlama kararlarında kat adedi düşürülmüştür.

İlin doğusunda tersaneler ve sanayi tesislerinin, batısında ise daha çok turizm ağırlıklı fonksiyonların yer alması yapılaşma yoğunluğunu etkilemiştir. İl merkezinde kent dokusu yoğun ve izgara plan şeklindedir. Yapılar betonarme ve çoğunlukla çok katlıdır. Taşıt yollarında asfalt, yaya yollarında ise parke taşı ya da beton yüzey kullanımı yaygındır. Kentlerde beton ve asfalt yüzeyler yüksek düzeyde güneş radyasyonunun emilimine ve ısının yüzey içinde gece-gündüz farkı olmadan tutulmasına neden olmaktadır [92,93].

Merkezden uzaklaştıkça nüfus yoğunluğu azalmaktadır. Yıllar içinde yapılaşmanın artmasına bağlı olarak yoğunluğun artması kentteki iklimsel değişimleri etkilemektedir. Yapay alanların ve geçirimsiz yüzeylerin artışı kentin ısınmasındaki önemli etkenler arasındadır. Kentleşme süreci, doğal yüzey ve atmosfer koşullarını değiştirmekte olup, kentsel alanlar, artan yağmur suyu yüzey akışı, artan sıcaklıklar ve azalan buharlaşma ile karakterize olmaktadır [94]. Günümüzde kentsel büyüme doğu, batı ve güney yönlerinde olup, Yalova-Bursa yolu güzergâhında yapılaşma giderek artmakta, özellikle sağlık tesisleri, idari yapılar gibi sosyal donatı alanları bu aks üzerinde yer seçmektedir.



Şekil 14. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2099 döneminde sıcaklık projeksiyonları [71]

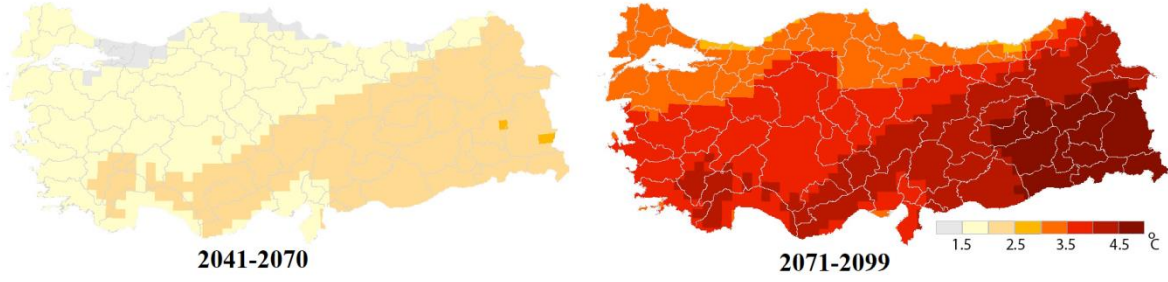
3.3. İklim Değişikliği Senaryoları İçinde Marmara Bölgesi ve Yalova'nın Durumu

Küresel ölçekte olduğu gibi ülkemizde de iklim değişikliğine ilişkin senaryolar üzerinde çalışılmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, iklim değişikliğinin gelecekte ülkemizde oluşturabileceği olası etkileri ortaya koymak amacıyla 2016-2099 dönemi için 3 farklı küresel model ile iklim projeksiyonları geliştirmiştir. Çeşitli model ve yöntemlerin kullanılmasıyla RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre 1971-2000 referans periyotlu 2016-2040, 2041-2070, 2071-2099 dönemleri için ayrı ayrı projeksiyon sonuçları elde edilmiştir [95]. Projeksiyonlara göre ülke genelinde sıcaklığın artması beklenmektedir. “Yağışlarda genel olarak azalma beklenmekle birlikte sürekli bir artış ya da azalış trendi olmadığı, yağış düzensizliklerinin artma eğiliminde olduğu görülmektedir” [95].

Projeksiyonlara göre Marmara Bölgesi'nde ortalama sıcaklıkların yaz aylarında daha fazla olmak üzere 2-3°C artması, bölgedeki yağışların daha yoğun ve kısa aralıklarda gerçekleşmesi beklenmektedir [96]. Toplam yağış miktarlarında 2016- 2040 döneminde kış ve ilkbahar mevsimlerinde %20- %30 oranında, kıyı bölümlerinde %40 oranında, yaz mevsiminde %40 oranında, sonbahar mevsiminde %20 oranında artış olacağı düşünülmektedir [96]. Yağışlardaki en fazla artışın özellikle Marmara Denizi çevresinde görülebileceği, karasal kesimlerde ise %10 oranında azalışlar olabileceği öngörülmektedir [96].

Farklı yöntemlerle elde edilen RCP4.5 senaryosuna göre Yalova ilinde ortalama sıcaklık artışının 2016-2040 yılları arasında 1-2,5 °C, 2041-2070 yılları arasında 1,5-3 °C ve 2071-2099 yılları arasında 1,5-3,5 °C olması beklenmektedir (Şekil 14). RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklık artışının daha fazla olacağı öngörülmekte olup, sıcaklığın 2016-2040 yılları arasında 1,5-2,5 °C, 2041-2070 yılları arasında 2-3,5 °C ve 2071-2099 yılları arasında 3,5-4,5 °C arasında artacağı tahmin edilmektedir.

İklimsel değişimle ilgili olarak Şen [97]'in yapmış olduğu çalışmada 21.yy ortalarında Türkiye'deki sıcaklığın 1-2,5 °C, 21. yy sonlarında ise 1-5 °C artacağını öngörmektedir. Çalışmada, 1960-1990 yılları arasındaki iklimsel veriler dikkate alınarak Almanya'daki Max Planck Enstitüsü tarafından geliştirilen Genel Dolaşım Modeli olan ECHAM5'in A2 senaryo simülasyonu kullanılmıştır. Buna göre Yalova ilinde 2041-2070 döneminde 1-1,5 °C, 2071-2099 döneminde ise 3 °C'lik artış olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 15).



Şekil 15. 2041-2099 dönemi Türkiye sıcaklık projeksiyonları [97]

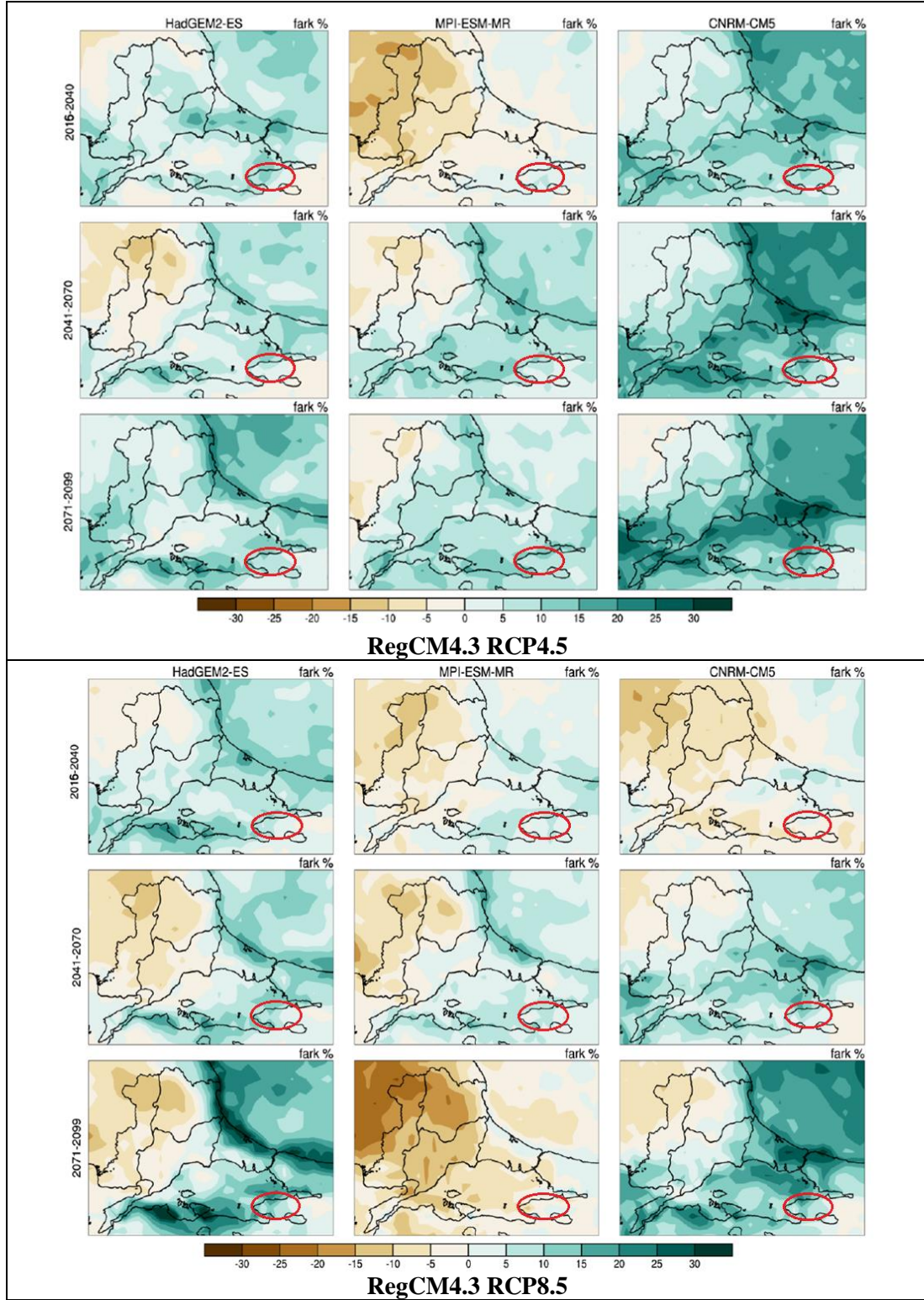
RCP4.5 senaryosuna göre Yalova ilinde yağışlarda 2016-2040 yılları arasında % 0-15, 2041-2070 ve 2071-2099 yılları arasında % 5-20 oranında artış olması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2040 ve 2041-2070 yılları arasında % 0-15, 2071-2099 yılları arasında ise %5-20 oranında artış olması beklenmektedir (Şekil 16).

Şen [97]'in çalışmasına göre ülkenin güneydoğusunda yağışlar azalma eğiliminde kuzey ve kuzeydoğusunda ise artma eğilimindedir. Akdeniz Bölgesi'nde yüzyıl ortasında yağışların % 20, yüzyıl sonunda ise %30 oranında düşmesi beklenmektedir. Yalova ilinde her iki dönem için % 0-10 oranında artış öngörülmektedir (Şekil 17).

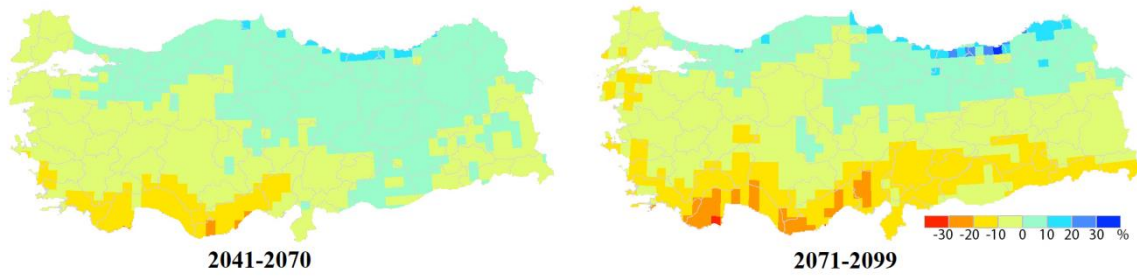
İklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkacak önemli sonuçlardan bir diğeri deniz seviyesindeki değişimlerdir. Küresel ölçekte 1986-2005 referans periyoduna göre senaryolar için yükseliş aralıkları RCP2.6 için 0,26-0,55 m, RCP4.5 için 0,32-0,63 m, RCP6.0 için 0,33-0,63 m ve RCP8.5 için 0,45-0,82 m'dir [98].

Deniz suyu seviyesindeki yükselişe bağlı olarak ülkemizdeki birçok kıyı kentinin olumsuz şekilde etkilenmesi beklenmektedir. Kuleli [99], yapmış olduğu çalışmada Türkiye kıyılarında, iklim değişikliğine bağlı olarak deniz seviyesi yükselmesi riski taşıyan 0-10 m yükselti içinde kalan alanları belirlemiştir. 5 m rakımı olan Yalova da bu kentler arasında yer almakta olup, deniz seviyesindeki olası yükseliş karşısında özellikle kıyı bandındaki yerleşmeler en çok etkilenecek yerler arasındadır.

Farklı kaynaklardan elde edilen senaryolara göre Marmara Bölgesi'nde sıcaklık ve yağışlarda artış öngörülmekte olup, Yalova'nın da konumu, kentsel dokusu ve doğal özellikleri gereği büyük oranda değişimlerden etkileneceği tahmin edilmektedir.



Şekil 16. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryosuna göre 2016-2099 döneminde yağış projeksiyonları [71]



Şekil 17. 2041-2099 dönemi için yağış projeksiyonları[97]

4. SONUÇLAR

Literatürde kentsel büyüme ve iklim değişikliği ilişkisini ortaya koyan çalışmalar giderek yaygınlaşmaktadır. Kentsel büyümeye bağlı olarak kent içinde veya çevresindeki doğal alanlar olumsuz etkilenmekte, arazi örtüsündeki değişimler iklim değişikliği için önemli bir faktör olmaktadır. Kentsel büyüme sonucunda gelişmemiş alanların (doğal alan, atıl alan vb.) kentsel alanlara dönüştürülmesi, alanın biyofiziksel özelliklerini, ekosistem servislerini ve düzenlemesini değiştirerek iklim değişikliği etkilerinin artırılmasına neden olabilmektedir [100, 101]. Yapılan çalışmalar, kentsel büyümenin göstergeleri olarak nüfus artışı, kentsel yayılma, göç, arazi kullanım kararları ile doğal alan mevcudiyetinin ekstrem hava olayları, kuraklık, kentsel ısı adası gibi iklim değişikliği unsurlarını doğrudan etkilediğini göstermektedir [101].

Marmara Bölgesi, sahip olduğu sosyo-ekonomik ve çevresel değerler nedeniyle ülke içinde nüfus çeken ve nüfus yoğunluğu fazla olan bölgedir. Her dönem önemini koruyan bölgede günümüzde de yapılaşma giderek artmakta, doğal alanlar zarar görmekte, arazi örtüsü değişmektedir. Doğu Marmara'da yer alan Yalova'nın nüfus artışı ve kentleşme karşısında iklim değişikliğinden etkilendiği ve bunun devam edeceği açıktır. İlin konumu nedeniyle olan çekiciliğine bağlı olarak özellikle turizm ve sanayi sektörlerindeki gelişmeyle nüfusunun ve yapılaşmanın artacağı, dolayısıyla kentsel ısı adası etkisinin giderek yükseleceği tahmin edilmektedir. Projeksiyonlara göre Yalova nüfusunun, 2025 yılında 329.001 [73], 2035'te 345.660'a ve 2045 yılında 409.762'ye ulaşacağı düşünülmektedir [102]. Deniz kıyısına yakınlığı ve yapılaşmanın kıyıda yoğunlaşması olası deniz seviyesindeki yükselmeden olumsuz etkileneceğini göstermektedir.

Yalova'nın kıyı kenti olması, ilin belli yerlerinde önemli su kaynaklarının bulunması, ilin % 59'unun orman ve yarı doğal alanlardan oluşması, topoğrafik özellikleri, yerleşmenin düz ve düze yakın alanlarda konumlanması, kentsel dokunun eğim ve yükseltinin fazla olduğu alanlar ile çevrenmesi, iklimsel özelliklerin değişiminde etkili olmaktadır. Son dönemdeki değişimlere

bakıldığında 2010-2018-2019 ve 2020 yıllarında yıllık ortalama sıcaklık değerinin diğer yıllara kıyasla daha yüksek olduğu, 2007 yılının ise 553.6 mm ile en az yağış aldığı görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Marmara Bölgesi ve Yalova ili iklim, kentsel büyüme ve nüfus değerlendirmesi

İklim	Kentsel Büyüme ve Nüfus
<ul style="list-style-type: none">•Marmara Bölgesi'nde 1998 yılı itibariyle yıl içindeki ortalama sıcaklık değerlerinin arttığı görülmekle beraber, 2018-2019 ve 2020 yıllarında ise yıllık ortalama sıcaklık değeri 16.4 °C ile diğer yıllara kıyasla daha yüksek olmuştur. Benzer şekilde Yalova'da 2010-2018-2019 ve 2020 yıllarında yıllık ortalama sıcaklık değeri 15.5 °C ile diğer yıllardan daha yüksek olmuştur.•Bölge genelindeki en yağışlı yıllar 876 mm ile 1998 ve 918.6 mm ile 2010, en az yağış alan yıllar ise 1989 ve 2008 olmuştur. Yalova ilinde ise en yağışlı yıllar 1058.5 mm ile 1981 ve 1113.3 mm ile 2010 yılı, en az yağış alan yıl ise 2007 olmuştur.	<ul style="list-style-type: none">•Tarihsel süreç içinde önemini koruyan Marmara Bölgesi'nde nüfus ve kentsel alanlar giderek artmaktadır.•2018 yılına ait Corine arazi örtüsü haritasına göre kentin güneye doğru büyümeye devam ettiği ve 1990 yılına kıyasla yapay bölgelerin yaklaşık iki kat arttığı anlaşılmaktadır.•Benzer şekilde 1990 yılına kıyasla 2018 yılında kentsel nüfus yaklaşık 2,5 kat artmıştır.•2015 yılında 112.183 olan kentsel nüfus 2020 yılında 203.628 kişi olmuştur.

Yalova'da 2015 yılı sonrasında nüfus ve kentsel alan hızlı şekilde artmış ve sıcaklık artışları bu yıl sonrasında daha da etkisini göstermiştir. Yapılaşmanın artmasına bağlı olarak orman ve tarım alanlarındaki azalma iklim değişikliğini etkilemektedir. Projeksiyonlar nüfus artışının devam edeceğini, senaryolar ise kentte iklimsel değişimlerin yaşanacağına işaret etmektedir. Nitekim, küresel ısınma ve oluşturduğu ekolojik yük, insanları ve çevreyi olumsuz etkileyerek uyum sağlamayı zorlaştırmaktadır [103]. İklim değişikliği ile mücadele için kentsel büyüme eğilimlerini dikkate alan bütüncül yaklaşım ile sürdürülebilirliği ilke edinen planlama anlayışı çerçevesinde çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir. Mekânsal planlama çalışmalarında, kentin kıyı kesimleri ile tarım, orman ve sulak alanlarının korunması iklim değişikliğine uyum ilkelerinin ortaya koyulmasında önem taşımaktadır [101].

Yerel ölçekte iklim değişikliği eylem planlarının hazırlanarak uygulanmasının sağlanması önemli bir adım olacaktır. İklim değişikliği konusunda bilinçlendirme ve eğitim faaliyetlerinin artırılması, sürdürülebilir mimari ve kent yaklaşımının yaygınlaştırılması, çevresel sorunların çözümüne yönelik önlemler alınması, denetim ve kontrol mekanizması geliştirilerek devamlılığının sağlanması, ulaşım sisteminin yeniden düzenlenmesi, teknolojik gelişmelerden faydalanılarak ekonomik ve etkin çözümler üretilmesi gibi çalışmaların yapılması kentin geleceği açısından önemlidir.

Sonuç olarak, iklimsel değişimlerin kaçınılmaz olduğu kentte doğal alanların korunmasının sağlanması, koruma-kullanma dengesinin önemsenmesi ve yapay alanların planlanmasında olası tehlikelerin göz önüne alınması gerekmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedir.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduğunu, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediğini taahhüt eder.

KAYNAKLAR

- [1] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2017). *Eğitici El Kitabı-İklim Değişikliği*. Erişim Tarihi: 20.02.2018. [Online]. <http://iklimicindegisin-egitim.org/iklim2017/wpcontent/uploads/2017/03/%C4%B0klim-De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9FiE%C4%9Fitici-El-Kitab%C4%B1-web.pdf>
- [2] S. Kahraman, P. Şenol, “İklim değişikliği: Küresel, bölgesel ve kentsel etkileri,” *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, ss.353-370, 2018.
- [3] F. Büyüksahin, “Antropojenik etkiler ile havanın kirletilmesi ve iklim değişikliği,” *Uluslararası İnsan Çalışmaları Dergisi*, c.1, sayı.1, ss. 14-26, 2018. DOI: 10.35235/uicd.427397.
- [4] J.G. Carter, G. Cavan, A. Connelly, S. Guy, J. Handley, A. Kazmierczak, “Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation,” *Progress in Planning*, vol.95, pp.1–66, 2015.
- [5] J. Hansen, R. Ruedy, M. Sato, K. Lo. “Global surface temperature change,” *Reviews of Geophysics*, vol. 48, no.4, pp.1-29, 2010.
- [6] IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change 2007*. AR4 synthesis report: Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [7] USGCRP, *US Global Change Research Programme*. Global climate change impacts in the United States. Cambridge: Cambridge University Press. 2009.
- [8] B. B. Lin, A. Ossola, M. Alberti, E. Andersson, X. Bai, C. Dobbs, T. Elmqvist, K.L. Evans, N. Frantzeskaki, R.A. Fuller, K.J. Gaston, D. Haase, C.Y. Jim, C. Konijnendijk, H. Nagendra, J. Niemelä, T. McPhearson, W.R. Moomaw, S. Parnell, D. Pataki, W.J. Ripple, P. Y.Tan, “Integrating solutions to adapt cities for climate change,” *The Lancet Planetary Health*, vol.5, no.7, pp.479-486, 2021.
- [9] Ç. Kuşçu Şimşek, “İstanbul’da kentsel iklim üzerine antropojenik etkiler: Kent ısı adalarının incelenmesi.” Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [10] A. Alkan, F. Adıgüzel, E. Kaya, “Batman kentinde kentsel ısınmanın azaltılmasında yeşil alanların önemi,” *Coğrafya Dergisi*, c.34, ss.62-76, 2017.

- [11] A. Revi, D. E. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R. B. R. Kiunsi, M. Pelling, D. C. Roberts, W. Solecki, *Urban areas. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, C. B. Field vd. (Der.), Cambridge: Cambridge University Press, pp. 535-612, 2014.
- [12] EC. "Adaptation Strategies for European Cities Final Report," European Commission, Directorate General for Climate Action, 2013.
- [13] O. Balaban, "Climate change and cities: A review on the impacts and policy responses," *METU JFA*, vol.29, no.1, pp.22-44, 2012.
- [14] Y. Kaya, "İklim değişikliğine karşı kentsel kırılmalılık: İstanbul için bir değerlendirme," *International Journal of Social Inquiry*, c.11, sayı.2, ss. 219-257, 2018.
- [15] V. Mishra, A. R. Ganguly, B. Nijssen, D. P. Lettenmaier, "Changes in observed climate extremes in global urban areas," *Environmental Research Letters*, vol.10, no.2, pp.024005, 2015.
- [16] H.A. Kramer, M.H. Mockrin, P.M, Alexandre, V.C. Radeloff, "High wildfire damage in interface communities in California," *Int J Wildland Fire*, vol.28, pp.641-650, 2019.
- [17] A. Newton, T.J. Carruthers, J. Icely. "The coastal syndromes and hotspots on the coast," *Estuar Coast Shelf Sci*, vol.96, pp. 39-47, 2012.
- [18] The World Bank (2021). Erişim Tarihi: 14.10.2021. [Online]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?contextual=default>.
- [19] G. Cavan, R. Kingston. "Development of a climate change risk and vulnerability assessment tool for urban areas," *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, vol.3, no.3, pp.253-269, 2012.
- [20] A. Koç, A. Caf, C. Koç, D. T. Kejanli. "Examining the temporal and spatial distribution of potential urban heat island formations," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, pp.11455-11468, 2022.
- [21] N.Grimm, S. Faeth, N. Golubiewski, C. Redman, J. Wu, X. Bai, J. Briggs. "Global change and the ecology of cities," *Science*, vol.319, pp. 756-760, 2008.
- [22] M. Moradi, N. Görer Tamer. "Bursa örneğinde kentsel büyümenin yerel iklim değişikliği üzerine etkisi," *Planlama*, c. 27, sayı.1, ss. 26-37, 2017.
- [23] Yalova Valiliği. (2021). Erişim Tarihi: 16.10.2021. [Online]. www.yalova.gov.tr/ilin-cografi-konumu-bitki-rtusu-ve-iklimi.
- [24] 3bp Blogspot. (2021). Erişim tarihi: 14.10.2021. [Online]. https://3.bp.blogspot.com/-EIIZpvYmn04/XGWREebLsI/AAAAAAAAAwu0/J-j4IBFUec4jr562a3gEtuH1b1YeJa7eQC LcBGAs/s1600/altinova_yalova.jpg.
- [25] M. A. Özdemir, M. Bahadır. "Türkiye'de önemli bir seracılık alanı: Yalova ili," *Coğrafi Bilimler Dergisi*, c.5, sayı.1, ss.17-36, 2007.
- [26] M. Bahadır. "Yalova ili arazi kullanımının uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesi," Yüksek lisans tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye, 2007.
- [27] ÇDR, "Yalova İli 2020 Yılı Çevre Durum Raporu," Yalova Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çed ve Çevre İzin Şube Müdürlüğü, Yalova. 2021.
- [28] M. A. Ceylan. *Marmara Depreminin (17 Ağustos 1999) Yalova Şehrine Etkileri*. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, 2003.
- [29] M. Altundağ. *Yalova'nın Turizm Potansiyeli*, Yalova, 2009.

- [30] E. Bayramoğlu, S. Seyhan. "Kentsel açık yeşil alanlarda iklim değişim," 4 th International Symposium on Innovative Approaches in Architecture, Planning and Design, Samsun, Nov. 22-24, 2019.
- [31] B.M. Akduman Vural. "Türkiye’de iklim değişikliğine karşı "kent ve su" arasındaki koruma kullanma dengesinin sağlanmasına yönelik stratejiler," *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, c.3, sayı.1, ss. 67-91, 2017.
- [32] T. Kartal. "Ulusalda yerele Türkiye’de iklim değişikliği politikaları ve uygulamaları: Kayseri örneği," Yüksek lisans tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Nevşehir, Türkiye, 2018.
- [33] M. Demircan, H. Arabacı, A. Akçakaya, S. Şensoy, E. Bölük, M. Coşkun. "İklim ve şehirleşme: Minimum sıcaklık trendleri," IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İstanbul TİKDEK, 5 –7 Tem 2017.
- [34] F. Canan. "Kent geometrisine bağlı olarak kentsel ısı adası etkisinin belirlenmesi: Konya örneği," *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c.32, sayı.3, ss.69-80, 2017.
- [35] C. Göpfert, C. Wamsler, W. Lang. "Enhancing structures for joint climate change mitigation and adaptation action in city administrations – Empirical insights and practical implications," *City and Environment Interactions*, vol.8, pp. 1-11,2020.
- [36] V.C. Broto, H Bulkeley. "A survey of urban climate change experiments in 100 cities," *Global Environmental Change*, vol.23, pp. 92–102, 2013.
- [37] C. Ayva, A. Atalay Dutucu, B. Ustaoglu. "İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi ve uyum önerileri: Kirazdere havzası örneği," *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, c.33, sayı.1, ss. 47-64, 2023.
- [38] B. Çoruk, Z. Acar. "Ekstrem sıcaklık analizi: Marmara bölgesi örneği," *Disaster Science and Engineering*, c. 8, ss.25-39, 2022.
- [39] M. Aytekin, Y.Serengil. "Assessment of vulnerability, resilience capacity and land use within the scope of climate change adaptation: The case of Balıkesir-Susurluk basin," *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, vol.22, no.2, pp.112-124, 2022.
- [40] B. Atılgan Türkmen. "The analysis of climate change awareness at local level in Bilecik," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol.25, pp.457-462, 2021.
- [41] E. Ağıralan, U. Sadioğlu. "İklim değişikliği farkındalığı ve toplum bilinci: İstanbul örneği," *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, c.21, sayı.2, ss.627-654, 2021.
- [42] A. Özdemir. "İklim değişikliğinin havza ölçeğinde akım ve sediman miktarına etkilerinin değerlendirilmesi: Yuvacık baraj gölü havzası," *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, c.45, sayı.1, ss.129-154, 2021.
- [43] A. Ayhan Arslan, T. Biçen, A. Vardar. "Changes in climate parameters and their effects on renewable energy resources potential: Bursa sample," *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol.35, no.1, pp.33-44, 2021.
- [44] A. Duvan, G. Aktürk, O. Yıldız. "Meteorolojik kuraklığın zamansal ve alansal özelliklerine iklim değişikliğinin etkisi, Sakarya havzası örneği," *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, c.3, sayı.2, ss.207-217, 2021.
- [45] E. Akyüz. "İstanbul ve Tokyo büyükşehir belediyeleri’nin küresel ısınmaya karşı çevre politikalarının karşılaştırılması: İçerik analizi yöntemi," *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, c.16, sayı.1, ss.66-77, 2021.

- [46] M. Yıldırım, B. Everest. "Tarımsal kooperatiflerin iklim değişikliği ve yenilenebilir enerji farkındalıkları: Çanakkale ili örneği," *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, c.8, sayı.1, ss.233-241, 2020.
- [47] A. I. Ceyhunlu, F. Aydın. "Yenilikçi şen trend yöntemi ile Sakarya'nın meteorolojik verilerinin eğilim analizi," *İklim Değişikliği ve Çevre*, c.5, sayı.2, ss.1-7, 2020.
- [48] F. A. Saracoglu. "Gökçeada sıcaklık ve deniz suyu sıcaklıklarının eğilim analizi," *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c.3, sayı.1, ss.1-17, 2020.
- [49] R. B. Turan, F. Karaer. "Bursa Osmangazi belediyesi kurumsal karbon ayak izi hesabı ve iklim değişikliği uyum çalışmaları," *İklim Değişikliği ve Çevre*, c.4, sayı.1, ss.17-24, 2019.
- [50] M. Azlak, L. Şaylan. "İklim değişikliğinin Türkiye'de, Trakya bölgesinde, referans evapotranspirasyona olan etkilerinin belirlenmesi," *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı, ss.77-85, 2019.
- [51] G. Maden, Z. Aslan. "Marmara bölgesi bitki örtüsü ve yağış ilişkisi," *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, c.2, sayı. 2, ss.19-28, 2018.
- [52] K. Yıldırım Özcan. "İklim değişikliği konusunda farkındalık geliştirme projesi kapsamında Türkiye'deki illerin değerlendirilmesi: Bursa, Trabzon ve Gaziantep örnekleri," *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, c.20, sayı. 2, ss. 245-271, 2018.
- [53] Y. Kaya. "İklim değişikliğine karşı kentsel kırılganlık: İstanbul için bir değerlendirme," *International Journal of Social Inquiry*, c.11, sayı. 2, ss. 219-257, 2018.
- [54] A. N. Albayrak, Ö. Atasayan. "Yerel düzeyde iklim değişikliği farkındalığı analizi / Gebze örneği," *TÜBAV Bilim Dergisi*, c. 10, sayı. 4, ss.1-10, 2017.
- [55] U. Okkan, E. Karakan. "İklim değişikliğinin İkizcetepeler barajı akımlarına etkilerinin modellenmesi: 2015-2030 projeksiyonu," *Teknik Dergi*, c. 27, sayı. 2, ss. 7379-7401, 2016.
- [56] G. Altan, M. Türkeş. "Çanakkale yöresinde oluşan orman yangınlarının hidroklimatolojik karakteristikleri ve iklim değişimleriyle ilişkisi," *Ege Coğrafya Dergisi*, c. 20, sayı. 2, ss.1-25, 2011.
- [57] R. Ilgar. "Çanakkale'de kuraklık durumu ve eğilimlerinin standartlaştırılmış yağış indisi ile belirlenmesi," *Marmara Coğrafya Dergisi*, c. 22, ss.183-204, 2010.
- [58] Y. Yuksel, Z.T.Yuksel, F. Islek, C. Sahin, H. A. Ari Guner. "Spatiotemporal long-term trends of wind and wave climate and extreme characteristics over the Sea of Marmara," *Ocean Engineering*, vol.228, pp. 108946, 2021.
- [59] B. Oztunali Ozbahceci. "Extreme value statistics of wind speed and wave height of the Marmara Sea based on combined radar altimeter data," *Advances in Space Research*, vol.66,no.10, pp.2302-2318, 2020.
- [60] A. Akpınar, V. Kutupoğlu, B. Bingölbali, E. Çalısır. "Spatial characteristics of wind and wave parameters over the sea of Marmara," *Ocean Engineering*, vol. 222, pp.108640, 2021.
- [61] A.Tuzcu Kokal, I. Ismailoglu, N. Musaoglu, A. Tanik. "Detection of surface temperature anomaly of the sea of Marmara," *Advances in Space Research*, vol. 71, pp. 2996-3004, 2023.
- [62] A. Dervisoglu. "Investigation of the efficiency of satellite-derived LST data for mapping the meteorological parameters in Istanbul," *Atmosphere*, vol.14, no.644, pp.1-17, 2023.
- [63] S. Ç. Bağçacı, I.Yucel, E. Duzenli, M.T. Yilmaz. "İntercomparison of the expected change in the temperature and the precipitation retrieved from CMIP6 and CMIP5 climate projections: A Mediterranean hot spot case, Turkey," *Atmospheric Research*, vol. 256, pp.105576, 2021.

- [64] A. I. Che-Ani, P. Shahmohamadi, A. Sairi, M. F. I. Mohd-Nor, M. F. M., Zain, M. Surat, "Mitigating the urban heat island effect: Some points without altering existing city planning," *European Journal of Scientific Research*, vol.35, no.2, pp.204-216, 2009.
- [65] B. Givoni, *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Canada: John Wiley & Sons, 1998.
- [66] B. Alijani, S.Y. Safavi, "Study geographical factors in Tehran air pollution", *Geographical Studies Journal*, vol.58, pp.99-112, 2007.
- [67] T.R. Oke. "Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations," *Journal of Climatology*, vol.1, pp. 237-254, 1981.
- [68] V. H. Dale. "The relationship between land-use change and climate change" *Ecological Applications*, vol.7, no.3, pp.753-769, 1997.
- [69] B. Stone, J.Vargo, D. Habeeb. "Managing climate change in cities: Will climate action plans work?" *Landscape and Urban Planning*, vol. 107, no.3, pp.263– 271, 2013.
- [70] Meteoblue, (2022). Erişim tarihi: 12.10.2022. [Online]. https://www.meteoblue.com/tr/climatechange/yalova_t%C3%BCrkiye_738025?month=8.
- [71] A. Hanedar, F. Çağlar, E. Görgün, F. Konukcu, B. Altürk, S. Albut. *TR21 Bölgesi İklim Değerlendirmesi: Mevcut Durum ve Projeksiyonlar*, TR21 Trakya Bölgesinde İklim Değişikliğinin Etkileri ve Uyum Stratejileri, Tekirdağ, 2019.
- [72] Marmara Temiz Hava Müdürlüğü (2023) Erişim tarihi: 12.09.2023. [Online]. <https://mthmm.csb.gov.tr/bolgemiz-i-85694>.
- [73] TÜİK Merkezi Dağıtım Sistemi, (2023). Erişim tarihi: 22.01.2023. [Online]. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>.
- [74] O. Arı. *Bulgaristan'lı Göçmenlerin İntibakı*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayını, 1959.
- [75] F. Özbay, S. Köksal. "İstanbul metropoliten kenti ve Marmara Bölgesi'nin kentsel gelişim örüntüsü," Birinci Ulusal Bölge Planlaması Kongresi, 31 Ağustos - 1 Eylül 1987.
- [76] Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2021). Erişim tarihi: 14.10.2021. [Online]. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=YALOVA>
- [77] H. Bostan. "Nüfus coğrafyası açısından bir inceleme: Yalova," *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi*, c. 8, sayı. 17, ss.75-105, 2018.
- [78] S. A. Oran, *Yalova İmar Planı ve Raporu*, İstanbul, 1938.
- [79] C. Koç, D. T. Kejanlı. "Land use and risks in Yalova after the earthquake," *Journal of Strategic Research in Social Science (JoSReSS)*, vol. 4, No.1, pp.17-40, 2018.
- [80] E. Kazel. "Yalova şehir coğrafyası," Yüksek lisans tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [81] T. Bilgin, *Samanlı Dağları* (Coğrafi Etüd), İstanbul: İst. Üniv. Coğrafya Enst. Yayın No:501967, 1967.
- [82] B. Tercan, "Deprem sonrası Yalova'da yeniden yerleşme süreci," Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2001.
- [83] M. İlknur, "Felakete Davetiye Çıkarıldı," Cumhuriyet Gazetesi, 27.08.2000.
- [84] T24, (2014). Erişim tarihi: 21.12.2014. [Online]. <http://t24.com.tr/haber/yalovada-2-bin-kisinin-oldugu-olum-vadisine-toki-girdi-1152-konut-yapti,208847>.
- [85] Tarım ve Orman Bakanlığı, (2021). Erişim tarihi: 19.10.2021. [Online]. <https://corinecebs.tarimorman.gov.tr/>

- [86] Yalova Belediyesi, “Yalova’da kentsel düzenleme çalışmaları ve yerel projeler”, Yalova 2020, Yalova’da Sanayileşme ve Çağdaş Kentleşme Konferansları Kitabı, MMO Yayın No. 208, Yalova, 1997.
- [87] Resmi Gazete (1995), Sekiz İlçe ve Üç İl Kurulması ve 190 Sayılı Kanun Hükmünde Kararnamenin Eki Cetvellerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname. (22305 sayılı RG). Erişim tarihi: 14.08. 2018. [Online]. www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/22305.pdf&main=http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/22305.pdf.
- [88] ÇDR, “Yalova İli 2010 Yılı Çevre Durum Raporu,” Yalova Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Yalova.
- [89] Türkiye İstatistik Kurumu. (2018). Erişim tarihi: 14.08.2018 [Online]. www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1047.
- [90] Türkiye Nüfusu, (2021). Erişim tarihi: 14.10.2021. [Online]. www.nufusune.com/yalova-nufusu.
- [91] O. Kendir, “Yalova il merkezinde alüvyon çökellerinin mühendislik özellikleri,” Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [92] I. İbrahim, A.A. Samah, R. Fauzi, “Land surface temperature and biophysical factors in urban planning,” *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, vol.6, no.8, pp. 645–650, 2012.
- [93] M.K. Özkök, E. Tok, H. M. Gündoğdu, G. Demir, “Arazi yüzey sıcaklığı farklılaşmalarının kentsel gelişim ve planlama süreçleri açısından uzaktan algılama verileri ile değerlendirilmesi: Çorlu/Çerkezköy/Ergene/Kapaklı alt bölgesi örneği,” *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, c. 5, sayı.2, ss. 69-79, 2017.
- [94] M. Zelenáková, P. Purcz, H. Hlavatá, P. Blišťan. “Climate change in urban versus rural areas,” 13th Computer Control for Water Industry Conference, CCWI 2015, *Procedia Engineering*, vol.119, pp.1171 – 1180, 2015.
- [95] Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2021). Erişim tarihi: 23.10.2021. [Online]. www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=projeksiyonlar
- [96] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları,” Ankara, 2020.
- [97] Ö. L. Şen, “A Holistic View of Climate Change and its Impacts in Turkey Final Report,” Istanbul Policy Center, Mercator IPC Fellowship Programme, 2013.
- [98] A. Akçakaya, U.M. Sümer, M. Demircan, Ö. Demir, H. Atay, O. Eskioğlu, H. Gürkan, B. Yazıcı, A. Kocatürk, S. Şensoy, E. Bölük, H. Arabacı, Y. Açar, M. Ekici, S. Yağan, F. Çukurçayır, “Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği,” Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara, 2015.
- [99] T. Kuleli, “Türkiye kıyılarında iklim değişikliğine bağlı deniz seviyesi yükselme riski olan alanların belirlenmesi,” Türkiye’nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, Trabzon, 27 Nisan - 1 Mayıs 2010.
- [100] S. P. G. Melia, H. Barton. “The paradox of intensification,” *Transport Policy*, vol. 18, no.1, pp. 46-52, 2011.
- [101] G. Kazancı Altınok. “Kentsel büyüme dinamiklerinin iklim değişikliği etkileri çerçevesinde yeniden irdelenmesi,” *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, c.1, sayı.1, ss.174-198, 2022.
- [102] R. Atasoy, M. Oğuz, “Yalova’nın 25 Yıllık Gelecek Perspektifi,” 2021.

- [103] E. Özhancı, A. Koç. “The effect of different area uses and topography on surface temperature and climate parameters,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, pp. 47038–47051, 2023.

Copyright © 2024 Koç. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).



Araştırma Makalesi / Research Article

Tahıl Nem Ölçüm Cihazlarının Tane Mısırın Farklı Nem Ölçüm Aralıklarındaki Doğruluk ve Hassasiyetlerinin Araştırılması

Investigation of the Accuracy and the Precision of Grain Moisture Meters during Moisture Measurement of Corn

Yeliz ACUN¹ , Songül GÜR SOY^{2,*}

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1395211>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 24 Kasım 2023

Revize, 23 Ocak 2024

Kabul, 12 Şubat 2024

Online Yayınlama, 01 Nisan 2024

Anahtar Kelimeler

Mısır, Tahıl nem ölçüm cihazı,

Doğruluk, Hassasiyet

ÖZ

Günümüzde tahılların nem içeriğini belirlemede elde taşınabilen birçok farklı tip portatif nem ölçüm cihazlarının piyasada yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu cihazların doğruluk ve hassasiyetlerinin belirlenmesi ve bu değişkenler üzerindeki etkili faktörlerin araştırılması, cihazların kalibrasyonu ve performanslarının artırılmasına önemli oranda katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada, Türkiye piyasasında yaygın olarak kullanılan bazı tahıl nem ölçüm cihazlarının, tane mısırın farklı nem ölçüm aralıklarındaki doğruluk ve hassaslık dereceleri araştırılmıştır. Bu amaçla, üç farklı ticari nem ölçüm cihazı (KETT PM-450 Dökmeli, Wile-55 Sıkmalı, Pfeuffer HE Lite Kırmalı) tane mısırın farklı nem içeriği aralıklarında (%11-12, %16-17, %19-22, %23-25, %27-29 ve %30-31 y.a.) denenmiştir. Bu ölçüm cihazlarından elde edilen verilerin doğruluk ve hassaslık dereceleri, referans fırın yöntemi kullanılarak test edilmiştir. Çalışma sonuçları, tane mısırın farklı nem içeriği seviyelerinde aletlerin doğruluk ve hassasiyet derecelerinin farklı olduğunu göstermiştir. Tane mısırın %11-31 nem içeriği aralığındaki yapılan ölçümlerde PM 450 cihazının ölçüm değerleri ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki en düşük fark, başka bir ifadeyle cihaz ölçümlerinin en doğru olduğu ürün nem içeriği aralığı % 21-23 (y.a.) olarak belirlenirken, Wile 55 ölçüm cihazının ölçümlerinin en doğru olduğu ürün nem içeriği aralığı % 14-15 (y.a.) ve Pfeuffer HE Lite Kırmalı nem ölçüm cihazında %11-12 olarak belirlenmiştir.

***Sorumlu Yazar**

E-posta Adresleri: ylzacun@gmail.com (Yeliz ACUN), songul.gursoy@dicle.edu.tr (Songül GÜR SOY)

ARTICLE INFO

Article History

Received, 24 November 2023

Revised, 23 January 2024

Accepted, 12 February 2024

Available Online, 01 April 2024

Keywords

Corn, Grain moisture meter,
Accuracy, Precision

ABSTRACT

Nowadays, many different types of portable moisture meters are widely used in the market to determine the moisture content of grains. Determining the accuracy and sensitivity of these devices and investigating the factors affecting these variables will significantly contribute to the calibration and performance of the devices. In this study, the accuracy and precision of some grain moisture meters, which are widely used in the Turkish market were investigated in different moisture measurement ranges of corn grains. For this purpose, three different commercial grain moisture meter (KETT PM-450, Wile-55 Press, Pfeuffer HE Lite Crushed) were tested to measure the moisture content of corn in different moisture content ranges (11-12%, 16-17%, 19-22%, 23-25%, 27-29% and 30-31% w.b.). The accuracy and precision of the data obtained from these grain moisture meters were tested using the reference oven method. The results obtained in the study showed that the accuracy and precision of the grain moisture meters were different at different moisture content levels of corn kernels. In the 11-31% moisture content range of corn kernels, the lowest difference between the measurement values of the PM 450 moisture meter and the reference oven, in other words, the corn moisture content range in which the moisture meter measurements are most accurate, was determined as 21-23% (w.b.), while the most accurate measurement was obtained as 14-15% (w.b.) and 11-12% (w.b.) in the Wile 55 and the Pfeuffer HE Lite moisture meter, respectively.

1. GİRİŞ

Gerek dünyada ve gerekse Türkiye’de yaygın bir şekilde üretimi gerçekleştirilen tarımsal ürünler arasında ilk sıralarda yer alan mısır bitkisinin (Zeamays L.) hem gıda hem de yem sanayi sektöründeki değerinin büyük olması son yıllarda yetiştiriciliğinde de önemli miktarda artış meydana getirmiştir [1,2]. Mısır yetiştiriciliğindeki bu artış, mısırın hasat, hasat sonrası uygulanan işlemler, depolama ve pazarlama gibi üretim aşamalarında önemli kalite ve fiyat göstergesi olarak göz önünde bulundurulmuş nem içeriğinin doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesinin önemini ortaya çıkarmıştır [3]. Tane mısırdaki nem miktarının artmasıyla fiyatında düşüşün meydana gelmesi, özellikle alım – satım esnasında mısırın nem içeriğinin göz önünde bulundurularak fiyatlandırma yapılması hem üretici hem de alıcı açısından doğru ve hızlı bir şekilde nem içeriğinin belirlenmesinin önemini artırmıştır [4, 5, 6].

Günümüze kadar tarımsal ürünlerin nem içeriğinin belirlenmesinde birçok farklı yöntemin geliştirilmiş olduğu görülmektedir. Bu yöntemler genel olarak, doğrudan ve dolaylı yöntemler olmak üzere iki şekilde sınıflandırılmaktadırlar [5, 7, 8,9]. Ürün içerisindeki suyun buharlaştırılarak veya kimyasal etkileşimle uzaklaştırma yöntemine dayanan doğrudan ölçüm yöntemleri arasında en yaygın kullanılan fırın (kurutma) yönteminde tahılın nem içeriği, örnekteki su miktarının tanımlanmış bir süre boyunca sabit bir sıcaklıkta buharlaştırılması sonucu meydana gelen ağırlık kaybı ilkesine göre belirlenmektedir [4, 5, 7, 9]. Gravimetrik nem ölçüm yöntemi olarak da ifade edilen fırın kurutma yöntemi genellikle diğer dolaylı nem ölçüm yöntemlerinin kalibrasyonunda referans nem ölçüm

yöntemi olarak kullanılmaktadır. Uluslararası Standart Örgütü (ISO) tarafından ürün çeşitlerinin nem içeriğini belirlemede kullanılan çok sayıda standardın geliştirilmiş olduğu görülmektedir [6]. Geliştirilen bu standartlar arasında ASAE S352 standardında belirtilen kurutma sıcaklığı ve sürelerinin, Karl Fischer nem belirleme yöntemiyle en iyi uyumu sağlayacak şekilde seçilmiş olduğu ifade edilmektedir [10]. Standart fırın kurutma yöntemi oldukça hassas olmasına rağmen fazla zaman alması, zahmetli olması, son ürünün tekrar kullanılamaması ve ürün neminin izlenmesine olanak vermemesi gibi birçok dezavantajlı yönleri bulunmaktadır [4, 5, 7, 9]. Bu nedenle ürünün nem içeriğini hızlı ve kolay bir şekilde ölçüm yapabilen ve ürün neminin izlenmesine olanak sağlayan birçok dolaylı nem ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. Dolaylı nem ölçüm yöntemlerinde, üründeki nem miktarına bağlı olarak ürünün belli fiziksel ve fiziko-kimyasal özelliklerinin değişimleri esas alınmaktadır. Bu fiziksel özellikler arasında optik, elektrik veya dielektrik gibi özelliklerin tahılların nem içeriğini belirlemede en yaygın olarak kullanılan özellikler olduğu görülmektedir. Günümüzde tahılın elektriksel özelliklerinden yararlanılarak nem içeriğini belirlemede kullanılan birçok cihaz bulunmaktadır. Bu cihazlar tahılların nem içeriğini hızlı bir şekilde belirleyebilmesine rağmen, çevresel koşullardan etkilendikleri için hassasiyetleri ve doğruluk dereceleri düşük olabilmektedir. Örneğin, tahıl nem içeriği seviyesi çok yüksek olması (%20-25'in üzerindeki nem içeriğinde olması), piyasada mevcut bu nemölçerler ile ölçümün bu aletlerin doğruluğu ve hassasiyetini önemli ölçüde azaltabileceği ifade edilmektedir [5]. Ayrıca, ürünlerin elektriksel özelliklerinin ürün tipi, şekli, sıcaklığı, frekansı, nem içeriği ve elektriksel iletkenlik açısından farklılık göstermesi, bu cihazların çalışma performanslarını önemli derecede etkilemektedir [3, 11]. Tahılların nem ölçümünde kullanılan cihazların tane mısırın nem içeriğinin ölçümü esnasındaki doğruluk derecelerini araştıran Hurburgh et al. [12], tahılların dielektrik özellikleriyle ilgili çalışmaların nem ölçüm cihazlarının doğruluğunu geliştirmesinde ve nem ölçerlerin kalibre edilmesinde önemli bir yere sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Hurburgh et al.[13], Oluwaranti and Ajayi [14], Hossain et al.[15], Putri et al.[16] gibi birçok araştırmacı tahılların nem içeriğini belirlemede elde taşınabilen portatif farklı tip kapasitif tip nem ölçüm cihazlarının piyasada yaygın bir şekilde kullanıldığını ifade ettikleri çalışmalarında, bu cihazların doğruluk ve hassasiyetlerinin belirlenmesi ve bu değişkenler üzerindeki etkili faktörlerin araştırılmasının, cihazların kalibrasyonu ve performanslarının artırılmasına önemli oranda katkı sağlayacağını vurgulamışlardır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye piyasasında yaygın olarak kullanılan bazı tahıl nem ölçüm cihazlarının tane mısırın farklı nem içeriği aralıklarındaki doğruluk ve hassaslık derecelerini belirlemektir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, 2023 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait laboratuvarlarda yürütülmüştür. Çalışmada deneme materyali olarak Diyarbakır'da mısır üreticilerinden temin edilen Pioneer 2105 mısır çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan tane mısır örneklerinin ilk nem içeriği, ASAE S352.2 standardına göre %11-12 arasında tespit edilmiştir [17]. Bu amaçla, tane mısır yığımından yaklaşık 15 gramlık üç örnek, 103°C'de yaklaşık 72 saat sıcak hava akışlı etüvde kurutulmuştur. Kurutma sonrası örneklerin ağırlıkları tartıldıktan sonra nem içerikleri yüzde yaş ağırlık esasına (% y.a.) göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır [18].

$$M_{ya} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1} \right) * 100 \quad (1)$$

Buradaki eşitlikte;

M_{ya} : Ürünün Nem içeriği (%y.a.),

W_1 : Ürünün ilk ağırlığı, g

W_2 : Ürünün kurutma sonrası ağırlığı, g

Tane mısırın farklı nem seviyelerinin (%11-12, %16-17, %19-22, %23-25, %27-29, %30-31 y.a.) cihazların doğruluk ve hassasiyet derecelerine etkilerini belirlemek amacıyla higroskopik olarak istenilen nem değerlerine koşullandırılmışlardır. Bu amaçla örneklerin üzerine denklem 2'deki eşitlik kullanılarak hesaplanan distile su ilavesi yapıldıktan sonra örnekler sızdırmaz plastik bir torba içerisine konulmuş ve soğuk hava deposunda +4 °C'de 15 gün bekletilmiştir[19].

$$W = \left(\frac{M_1 - M_2}{100 - M_2} \right) * W_1 \quad (2)$$

Buradaki eşitlikte;

W : İstenilen nem seviyesini elde etmek için örneğe eklenmesi gereken su miktarı, g

M_2 : İstenilen nem seviyesi, % y.a.

M_1 : Örneğin mevcut nem içeriği, %y.a.

W_1 : Örnek ağırlığı, g

İstenilen nem seviyesine ulaştırılan mısır tanelerinin boyut, hacim ağırlığı, 100 tane ağırlığı bazı özellikleri ölçülerek Tablo 1'de verilmiştir.

Denemelerde Türkiye'de piyasasında tahılların nem içeriğinin belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan KETT PM-450, Wile-55 Sıkmalı, Pfeuffer HE Lite Kırmalı tip portatif nemölçerler kullanılmıştır. Kullanılan bu nem ölçüm cihazları Şekil 1'de görülmektedir. Kapasitans (dielektrik)

prensibiyle 50 MHz'de ölçüm yapan PM 450 nem ölçüm cihazı, haznesine dökülen 28 çeşit tahılın nemini %1 ile %40 aralığında ölçebilmektedir. Wile 55 sıkmalı nem ölçüm cihazı, 15 farklı hububatın nemini %8-35 aralığında ölçebilmektedir. Cihazın ölçüm metodu; malzemenin alternatif akım direnci (kapasitans) ölçümüne dayanır. Cihaz, ölçüm değerini, ölçüm cihazının belleğine programlanmış bir dönüştürme ölçeği yardımıyla bir nem değerine dönüştürür. Bu cihazda ölçüm esnasında en iyi doğruluk ve tekrarlanabilirlik düzeyini elde etmek için tahıl numunesinin birleştirilmesi amacıyla sıkıştırma işlemi uygulanmaktadır. Pfeuffer HE lite kırmalı nem ölçer; tane mısırın nem içeriğini % 8 ile 45 aralığında ölçebilmektedir. Pfeuffer HE lite kırmalı ölçüm metodu, ezip ve parçaladığı tahıl numunesinin iletkenliğini ve sıcaklığını ölçme esasına dayanmaktadır. Cihaz, bu ölçüm değerini belleğine programlanmış eşitlik yardımıyla nem değerini hesaplamaktadır. Ölçümler, cihazların kullanım kılavuzlarında belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Tablo 1. Çalışılan nem içeriği aralıklarındaki mısır tanelerinin boyut, hacim ağırlığı, 100 tane ağırlığı

Ürün nem içeriği, % y.a.	Boyut, mm			Hacim ağırlığı, g cm ⁻³	100 tane ağırlığı, g
	Uzunluk	Genişlik	Kalınlık		
11-12	12.73±1.11	7.88±0.70	4.81±0.98	0.763±0.07	36.75±1.79
16-17	12.79±1.35	8.03±0.94	4.88±0.74	0.731±0.003	41.45±1.85
19-22	12.88±1.99	8.37±0.97	4.91±0.58	0.666±0.008	42.10±1.62
23-25	12.95±1.40	8.74±1.32	5.17±1.59	0.644±0.012	45.10±2.01
27-29	12.97±1.19	8.81±0.97	5.22±0.83	0.637±0.020	46.95±2.70
30-31	13.58±1.11	8.88±0.97	5.41±1.01	0.632±0.013	47.73±2.16



(a)



(b)



(c)

Şekil 1. Denemelerin yürütülmesinde kullanılan tahıl nem ölçüm cihazları; (a) KETT PM-450, (b) Wile-55 Sıkmalı, (c) Pfeuffer HE Lite Kırmalı

Ölçümlerin yapıldığı her nem seviyesindeki (% 11-12, % 16-17, % 19-22, % 23-25, % 27-29, % 30-31 y.a.) denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Cihazların doğruluk dereceleri, cihazın ölçüm değeri ve referans fırın ölçüm değerleri arasındaki fark

göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Cihaz ve fırın ölçüm değerleri arasındaki farkın küçük olması, cihazın doğru ölçüm yaptığı anlamına gelmektedir. Cihazların hassasiyetlikleri, her nem seviyesindeki ölçüm tekrarlamalarının standart sapması hesaplanarak belirlenmiştir. Standart sapmasının düşük olması, hassasiyetlik derecelerinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

Verilerin değerlendirilmesi ve grafiklerin çizimi için MS Office Excel programı kullanılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Fırın nem ölçüm yöntemi ve tahıl nem ölçüm cihazlarının tane mısırın farklı nem içeriği aralıklarındaki ortalama ölçüm değerleri ve standart sapmaları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2 incelendiği zaman, PM 450 cihazının ortalama ölçüm değerlerinin düşük nem içeriği aralıklarındaki referans fırın ölçüm değerlerinden daha yüksek, yüksek nem içeriği aralıklarında ise daha düşük olurken, Wile 55 sıklı ve Pfeuffer HE Lite Kırmalı cihazlarında ise yüksek nem içeriği aralığındaki ölçüm değerlerinin referans fırın ölçüm değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ürün nem içeriğinin %30’dan yüksek olması durumunda Wile 55 sıklı ölçüm cihazının hata verdiği (ölçüm yapamadığı) gözlemlenmiştir. Ölçüm cihazlarının hassasiyetlerinin (standart sapmaları) ürün nem içeriğiyle değişimi incelendiği zaman, ürün nem içeriğindeki artışla, aletlerin standart sapmalarının yükseldiği diğer bir ifadeyle hassasiyetliklerinin azaldığı Tablo 2’de görülmektedir. Aletlerin hassasiyetlikleri karşılaştırıldığında ise, Pfeuffer HE Lite Kırmalı ölçüm cihazının hassasiyetlik derecesinin en yüksek, Wile 55 sıklı ölçüm cihazının ise en düşük olduğu gözlemlenmiştir.

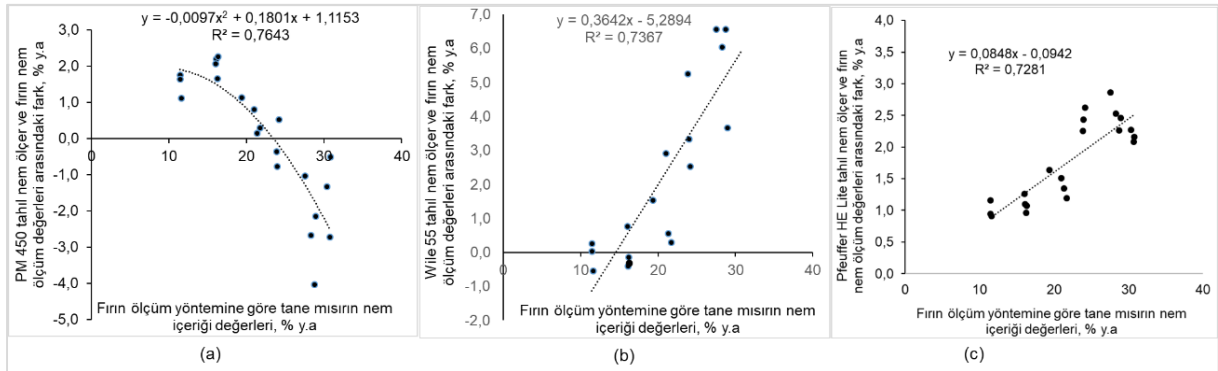
Tablo 2. Tahıl nem ölçüm cihazlarının tane mısırın farklı nem içeriği aralıklarındaki ortalama ölçüm değerleri ve standart sapmaları

Örneğin nem içerik aralığı, % (y.a)	Nem içeriği, % (y.a.)							
	Fırın		PM 450		Wile 55 sıklı		Pfeuffer HE Lite Kırmalı	
	Ortalama	SD	Ortalama	SD	Ortalama	SD	Ortalama	SD
11-12	11.50	0.08	13.20	0.22	11.42	0.33	12.50	0.10
16-17	16.18	0.13	18.60	0.30	16.15	0.46	17.28	0.10
20-21	21.35	0.19	22.00	0.65	22.18	1.26	22.28	0.37
24-25	24.00	0.16	24.70	0.65	27.70	1.25	26.44	0.42
28-29	28.37	0.45	26.80	0.95	34.43	1.33	30.90	0.45
30-31	30.80	0.17	29.05	0.95	-	-	32.79	0.79

Çalışmada kullanılan tahıl nem ölçüm cihazlarının doğruluk derecelerinin, tane mısırın nem içeriğine göre değişimi Şekil 2’de verilmiştir. Tane mısırın %11-31 nem içeriği aralığındaki yapılan ölçümlerde PM 450 cihazının ölçüm değerleri ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki fark +%1.92 ile -%2.62 (y.a) arasında değişmiştir. Nem içeriğinin %21’den düşük olduğu tane mısır örneklerinin nem içeriğinin belirlenmesi esnasında referans fırın yöntemine göre cihazın ölçüm değerlerinin daha yüksek olduğu, nem içeriği %21’den yüksek olan örneklerin ölçümünde ise cihazın ölçüm değerlerinin

referans fırın ölçüm değerlerinden daha düşük olduğu Şekil 2 (a)'da görülmektedir. Bu cihazın ölçüm değerleri ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki en düşük fark, başka bir ifadeyle cihaz ölçümlerinin en doğru olduğu ürün nem içeriği aralığı ise % 21-23 (y.a.) olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, Hurburgh *et al.* [12], ürün nem içeriğinin tahıl nem ölçüm cihazlarının ölçüm değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, ürün nem içeriğinin %15-20 (y.a.) arasında olduğu ölçümlerde cihazlar ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki farkın en az olduğunu gözlemlemişlerdir.

Wile 55 tahıl nem ölçüm cihazı ile yapılan ölçümlerde, mısırın nem içeriği yaş ağırlık esasına göre %11-12 dolaylarında olduğunda cihazın ölçüm değerleri ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki fark -%1'den düşük iken, %27-28'lik nem içeriğine sahip örneklerde ise %6 (y.a.)'dan fazla olduğu Şekil 2 (b)'de görülmektedir. Yapılan regresyon analiz sonucunda mısırın nem içeriği ile cihazın ölçüm doğruluğu arasındaki ilişki önemli bulunmuş ve ürünün nem içeriğindeki artışının cihaz ile referans fırın ölçüm değerleri arasında meydana getirdiği farktaki artış oranına ilişkin geliştirilen ilişki $R^2=0.7367$ ile $Y=0.3642X-5.2894$ olarak hesaplanmıştır. Bu cihazın ölçümlerinin en doğru olduğu ürün nem içeriği aralığı ise % 14-15 (y.a.) olarak belirlenmiştir. Hurburgh *et al.* [13] nem içeriği %25'in üzerinde olan mısırın neminin yaklaşık olarak 5 birim eksik tahmin edilmesinin depolama esnasında ciddi bir tehlike oluşturacağını ifade etmektedirler. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, Wile 55 tahıl nem ölçüm cihazının kalibrasyonun yapılmadan %20 (y.a) üzerinde nem içeriğine sahip mısırın nem içeriğinin sağlıklı bir şekilde ölçülemeyeceğini göstermektedir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan tahıl nem ölçüm cihazlarının doğruluk derecelerinin, tane mısırın nem içeriğine göre değişimi

Pfeuffer HE Lite Kırmalı tahıl nem ölçüm cihazında ise, tane mısırın %11-31 nem içeriği aralığındaki yapılan ölçümlerde cihazın ölçüm değerleri ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki fark +%0.96 ile +%2.45 (y.a) arasında değişmiştir (Şekil 2 (c)).Yapılan regresyon analiz sonucunda mısırın nem içeriği ile cihazın ölçüm doğruluğu (cihaz ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki fark) arasında doğrusal bir ilişki ($Y=0.0848X- 0.0942$)'nin olduğu görülmüştür. Ölçülen verilerin %73'ünü temsil

($R^2=0.7281$) edecek şekilde geliştirilen eşitliğe göre ürünün nem içeriğindeki 1 birimlik artışın cihaz ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki farkı 0.0848'lık bir miktarda artırdığı tahmin edilmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye piyasasında yaygın olarak kullanılan üç farklı ticari nem ölçüm cihazının (KETT PM-450, Wile-55 Sıkmalı, Pfeuffer HE Lite Kırmalı) tane mısırın farklı nem içeriği aralıklarındaki (% 11-12, % 16-17, % 19-22, % 23-25, % 27-29 ve % 30-31 y.a.) doğruluk ve hassaslık dereceleri referans fırın yöntemi kullanılarak test edilmiştir. Çalışma sonucunda, ölçüm cihazları ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki fark (cihazların doğruluk dereceleri)'in tane mısırın nem içeriğiyle değişiminin cihaz tiplerine göre farklı olduğu görülmüştür. Ayrıca, ürünün nem içeriğinin artışıyla cihazların hassasiyetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Tane mısırın %11-31 nem içeriği aralığındaki yapılan ölçümlerde PM 450 cihazının ölçüm değerleri ile referans fırın ölçüm değerleri arasındaki en düşük fark, başka bir ifadeyle cihaz ölçümlerinin en doğru olduğu ürün nem içeriği aralığı %21-23 (y.a.) olarak belirlenirken, Wile 55 ölçüm cihazının ölçümlerinin en doğru olduğu ürün nem içeriği aralığı % 14-15 (y.a.) ve Pfeuffer HE Lite Kırmalı nem ölçüm cihazında %11-12 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, tahılların nem içeriğini belirlemede kullanılan bu cihazların farklı nem düzeylerindeki ürünlerin nem içerikleri doğru ve hassas olarak ölçülebilecek şekilde kalibre edilmelerinin oldukça önemli olduğu gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü'nce Lisansüstü Tez Projeleri kapsamında desteklenmiştir (Proje Numarası: FBE.23.003).

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar“ Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Yeliz ACUN: Deneyleri yürütmek, veri toplama, verinin düzenlenmesi, analiz, yazma-orijinal taslak hazırlama. Songül GÜRSOY: Analiz araçlarını sağlama, proje yönetimi, finansman edinimi, metodoloji, analiz, yazma-gözden geçirme ve düzenleme.

KAYNAKLAR

- [1] S. Şahin. "Türkiye'de mısır ekim alanlarının dağılışı ve mısır üretimi," *G.Ü. Gazi Eğitim Fak. Dergisi*, c. 21, sayı.1,ss. 73-90, 2001.
- [2] M. Babaoğlu. *Mısır Tarımı*. (2005). Erişim Tarihi: 10.10.2023. [Online]. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=89>.
- [3] S. B. Jones. W. Shengand D. Or. "Dielectric measurement of agricultural grain moisture— theory and applications," *Sensors*,vol. 22, no. 2, 2022. Art no. 2083.
- [4] P. Tomaraei. "Tahılda nem ölçümü için Rf nem algılayıcısının geliştirilmesi," Y. L. Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [5] S. Hanli. "Analog anahtarlama tabanlı kapasitif buğday nem sensörü," Y. L. Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 2020.
- [6] S. Gao, B. Ming, L. Li, R. Xie, K. Wangand S. Li, "Maize grain moisture content correction: From nonstandard to standard system," *BiosystemsEng.*,vol. 204. no. 1. pp. 212 -222. 2021.
- [7] F. O. Obi, S. L. Ezeohaand C. O. Egwu, "Evaluation of air oven moisture determination procedures for pearl millet (*Pennisetumglaucum* L.)." *Int. J. FoodProp.*,vol. 19. no. 2. pp. 454-466. 2016.
- [8] P. R. Armstrong, S. G. McNeil, N. Manu, A. Bosomtwe, J. K. Danso, E. Osekreand G. Opit, "Development and evaluation of a low-cost probe-type instrument to measure the equilibrium moisture content of grain," *Appl. Eng. Agric.*,vol. 33. no. 5. pp. 619-627. 2017.
- [9] M. V. Zambrano, B. Dutta, D. G. Mercer, H. L. MacLeanand M. F. Touchie, "Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review," *Trends Food Sci. Technol*, vol. 88. no. pp. 484-496. 2019.
- [10] U. Ahmed, M. Kumar, Salamdin, B.V.C. Mahajanand M.S. Alam. "Grain moisture measuring techniques - a review," *Agric. Eng. Today.*,vol. 39. No. 2. pp. 13-18. 2015
- [11] S.O. Nelson, "RF sensing of grain and seed moisture content," *IEEE Sens. Journal*, vol. 1. no. 2. pp. 119-126. 2001.
- [12] C. R. Hurburgh, T. E. Hazenand C. J. Bern, "Corn moisture measurement accuracy," *Trans. ASAE.*,vol. 28. no. 3. pp. 634-640. 1985.
- [13] C. R. Hurburgh, L.N. Paynter, S. G. Schmittand C. J. Bern,"Performance of farm-type moisture meters,"*Trans. ASAE*,vol. 29. no. 4. pp. 1118-1123. 1986.
- [14] A. Oluwarantiand S. A. Ajayi, "Determination of moisture content of maize seed:comparison of two moisture meters with the oven method," *IfeJournal ofAgric.*,vol. 23. no. 1. pp. 32-39. 2008.
- [15] M. A. Hossain, M. A. Awal, M. R. Ali and M. M. Alam, "Use of moisture meter on the post-harvest loss reduction of rice," *Progressive Agric*,vol. 27. no. 4. pp. 511-516. 2016.

- [16] R. E. Putri, W. E. Pratama, Ifmalinda, “Application of capacitive sensor for measuring grain moisture content based on internet of things,” *Jurnal KeteknikanPertanian*, vol. 11. no. 1. pp. 29-40. 2023.
- [17] ASAE. “ASAE Standards S352.2. Moisture measurement – unground grain and seeds,” ASAE Standards, St. Joseph, MI: ASAE. 2002.
- [18] M. Ayık, *Ürün İşleme Tekniği ve Makinaları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1985.
- [19] S. V. Irtwangeand J. C. Igbeka, “Some physical properties of two African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) accessions and their interrelations with moisture content,” *Appl. Eng. Agric.*, vol. 18. no. 5. pp. 567-576. 2002.



Copyright © 2024 Acun and Gürsoy. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).



Araştırma Makalesi / Research Article


Çelik Çerçevelerin Genetik Algoritma Yöntemiyle 2018 Türk Çelik Tasarım Yönetmeliğine Göre Optimum Tasarımı

Optimum Design of Steel Frames According to 2018 Turkish Steel Design Code Using Genetic Algorithm

Zeynep ACAR ^{1,*}, Mehmet Sedat HAYALİOĞLU ²

¹ Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1453030>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 14 Mart 2024

Revize, 16 Nisan 2024

Kabul, 16 Nisan 2024

Online Yayınlama, 27 Mayıs 2024

Anahtar Kelimeler

Çelik çerçeveler, Genetik algoritma, Optimum tasarım, SAP 2000

ARTICLE INFO

Article History

Received, 14 March 2024

Revised, 16 April 2024

Accepted, 16 April 2024

Available Online, 27 May 2024

Keywords

Steel frames, Genetic algorithm, Optimum design, SAP 2000

ÖZ

Yapısal taşıyıcı sistemlerinin optimum tasarımı yapı mühendisliğinde önemli bir konudur. Tasarımdaki amaç yeterli güvenliği sağlayan en ekonomik yapıyı oluşturmaktır. Öte yandan, bu amaç doğrultusunda projelendirilen yapıların ise, etkiyen yükler altındaki davranışının kabul edilebilir sınırlar içinde kalması gerekmektedir. Böylece, etkiyen yüklerle emniyetle, belirli rijitlikle dayanabilen ve ağırlığı minimum olan yapının belirlenmesi, optimum tasarım problemini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, çelik bina çerçevelerinin 2018 Türk Çelik Yönetmeliği'nin yük ve tasarım koşullarıyla Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak optimum tasarımı yapılmıştır. Tasarımlarda gerekli koşulları sağlayan minimum ağırlıklı çerçevelerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle Genetik Algoritma optimizasyon yöntemini, çerçeve analizi ve Türk Çelik Tasarım Yönetmeliği koşullarıyla birleştiren bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Her aşamada programın doğruluğu test edilerek diğer aşamalara geçilip ve sonunda tüm aşamalar birleştirilmiştir. Program doğru çalıştıktan sonra geliştirilen programla farklı boyutlarda iki çerçeve örneğinin optimum tasarımı yapılarak sonuçlar SAP 2000 programının tasarımlarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca geliştirilen yöntemin üstün ve zayıf yanları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen Genetik Algoritma yönteminin çelik çerçeve tasarım örneklerinde SAP 2000 programının tasarımlarına göre daha hafif çerçeveler elde edilmiştir.

ABSTRACT

Optimum design of structural skeletal systems is an important issue in structural engineering. The purpose of the designs is to create the most

***Sorumlu Yazar**

E-posta Adresleri: zeynepacar3633@gmail.com (Zeynep ACAR), hsead@dicle.edu.tr (Mehmet Sedat

HAYALİOĞLU)

economical structures that provides adequate safety. On the other hand, the behavior of the structures designed for this purpose under the applied loads must remain within acceptable limits. Thus, determining the structure that can withstand the applied loads safely and with a certain rigidity and whose weight is minimum constitutes the optimum design problem. In this study, the optimum design of steel building frames was made using the Genetic Algorithm method with the load and design conditions of the 2018 Turkish Steel Code. Obtaining the minimum weight frames which satisfy the required conditions has been aimed. First of all, a computer program which combines Genetic Algorithm optimization method with frame analysis and specifications of the Turkish Steel Design Code has been developed. At each stage, the accuracy of the program will be tested and the next stages will be passed, and at the end, all stages are combined. Moreover, the advantages and disadvantages of the developed method were evaluated. As a result, lighter frames were obtained in the steel frame design examples of the developed Genetic Algorithm method when compared to the designs of SAP 2000 program.

1. GİRİŞ

Çelik, insanlık tarihinin en eski dönemlerinden beri kullanılan bir malzemedir. İlk olarak çeşitli alet ve silah yapımında kullanılmıştır. Mühendislik yapılarında ise yaklaşık olarak 300 yıl öncesinde çelik köprüler, portatif çelik evler ve prefabrik evlerin uygulama alanına girmesiyle kullanılmaya başlandı. Çelik, mukavemeti, sünekliği, kullanım kolaylığı ve geri dönüşebilirliği nedeniyle günümüzde tercih edilen bir malzeme oldu. Günümüzde mühendislik yapıları tasarlanırken en iyisinin kısa zamanda ve minimum maliyetle modellenmesi gerekmektedir. Modellemeler, yapı çözümlerini pratikleştirirken problemlerini de basitleştirir bu sayede mühendislik çalışmalarında önemli rol oynar. Böylece optimum tasarım problemi olarak adlandırılan yapıya etkiyen yükleri emniyetle taşıyabilen, belirli rijitliğe dayanan ve minimum ağırlığı olan yapının belirlenmesi problemidir. Yapı, belirli deplasman ve mukavemet sınırlayıcıları altında analiz ve tasarım aşamasına gereksinim duyar. Böylesine karmaşık bir işlem hacminin elle yapılması oldukça zaman alıcı ve hata payı kaçınılmazdır. Böylece çözüm işlemlerinin bilgisayar programlarıyla yapabilmek için çeşitli optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir.

Optimizasyon yöntemlerinden biri olan Genetik Algoritma (GA) bu çalışmada anlatılmıştır. Bu yöntem, üreme (reproduksiyon), çaprazlama (krosuvır) ve mutasyon operatörlerini kullanarak en sağlıklı bireylerin hayatta kalma ilkesine göre en uygun bireyleri elde etmektedir. Burada çelik çerçevelerin 2018 Türk Çelik Tasarım Yönetmeliğinde [1] hesaplanan Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarımına (YDKT) göre GA optimizasyon yöntemini, çerçeve analizi ve adı geçen yönetmeliğinin koşullarıyla birleştiren bir bilgisayar program kodları geliştirilmektedir. İki çerçeve tasarım örneği bu programla çözümlenerek sonuçları SAP 2000 programının tasarım çözümleriyle karşılaştırılmıştır. Geliştirilen yöntemin üstün ve zayıf yanları değerlendirilmiştir.

Genetik algoritmaların (GA) ilk adımları Michigan Üniversitesi'nde John Holland, tarafından ortaya atıldı [2]. Bu konudaki temel çalışmalar Goldberg tarafından sürdürülmüştür [3]. Saka, optimum kriteri yaklaşımına dayanan optimum tasarım algoritmalarını kullanmıştır [4]. Çalışmasında AISC'ye göre yer değiştirme ve gerilme sınırlayıcıları altında yapı sisteminin minimum ağırlıklı ve problemlerin çözümü için bir program kodlamıştır. Düzlem çelik çerçevelerin optimum tasarımı için TS 648 yönetmenliğine göre standart kesitlerden oluşan bir genetik algoritma geliştirilmiştir [5]. Değertekin, yarı-rijit birleşimli çelik çerçevelerin TS648 yönetmenliğine göre optimum tasarım yapan algoritma ve bilgisayar programı geliştirilmiştir [6]. Yarı-rijit birleşimli kirişlerde daha ekonomik bir kiriş tasarımı sonucuna varılmıştır. Bekiroğlu, GA ile çelik çerçeve sistemlerin minimum ağırlıklı tasarımını çaprazlama ve mutasyon operatörleri ile yapmıştır [7]. Çalışmada elde edilen sonuçlar, GA'nın çelik çerçevelerin optimizasyonunda kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Değertekin, Ülker, Hayalioğlu, uzay çelik çerçevelerin optimum tasarımı ve bunun bilgisayar programı geliştirilmiştir[8]. Çalışmada tabu arama yöntemi ve GA yöntemi kıyaslanmıştır. Sonuç olarak tabu arama yöntemiyle daha ekonomik tasarımlar elde edilmiştir. Bayar, düzlem çelik çerçevelerin, AISC-ASD (1989) ve AISC-LFRD (2001) yönetmenliğine göre genetik algoritma yöntemiyle optimum tasarım yapan algoritma ve program geliştirilmiştir [9]. Çalışma sonucunda ASD ve LFRD ile yapılan çözümler karşılaştırılmıştır. Şeker, düzlemsel çelik çerçevelerin GA ile ağırlık optimizasyonunu yapmıştır[10]. TS 648 yapı gerilme, stabilite ve izin verilen deplasman ile ilgili koşullar kısıtlama olarak alınmıştır. GA'nın problemleri çözebilecek kapasitede olduğu uygun görülmüştür. Değertekin, Hayalioğlu, Görgün, geometrik bakımından lineer olmayan çelik çerçevelerin gelişmiş armoni arama (GAA) yöntemi ile optimum tasarım için algoritma sunmuşlardır [11]. GAA yönteminin optimum tasarımında kullanılacak bir yöntem olduğunu göstermişlerdir. Efe, çelik çerçeve sistemlerin, bilgisayar programı yardımıyla memetik algoritma modifiye edilmiştir [12]. Memetik algoritma ile yapılan tasarımların daha hafif olduğu sonucuna varılmıştır. Özalp, çelik taşıyıcı sistemli çerçeve tipi yapının ÇYTHYDE 2016, AISC 360-10 ve EUROCODE 3 yönetmenliğine göre analiz ve tasarımını yapmıştır[13]. Tezde ÇYTHYDE 2016 yönetmenliğinin, dünya çapında güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Genetik algoritma, genetik evrim mekanizmasını bilgisayar programlama dillerine uyarlanmasıyla oluşturulan bir optimizasyon yöntemidir. Yöntem doğal genetik kanunlardan yararlanılmıştır. En sağlıklı bireylerin hayatta kalması ilkesine dayanır. En sağlıklı bireyin seçilimi, algoritmayı oluşturan adımlar ve adımların işleyişi bu kısımda açıklanmaya çalışılmıştır. Genetik algoritmada her bireyin ikili sayı sistemine göre 0 ve/veya 1 sayısından oluşan bir kodlaması vardır. Bu sayılara gen, genlerin oluşturduğu diziye de kromozom denir. Bu dizi alt dizilerden oluşur ve her alt dizi

onluk sayı sistemine çevrilerek bir tam sayı kodu elde edilir. Bir çerçeve yapıyı düşünürsek bu tamsayı çerçeveyi oluşturan eleman gruplarının, seçilen bir kesit listesindeki sıra numarası olmaktadır.

Genetik algoritmayı farklı operatörler bulunmaktadır. Program yapısına bakıldığında üreme (reproduction), çaprazlama (crossover) ve mutasyon (mutation) operatörleri kullanılmıştır. Üreme operatöründe, ilk olarak üremenin olacağı topluluk (popülasyon) belirlenir. Popülasyondaki uygun bireyler eşleşme havuzuna kopya verir. Uygun olmayan ise popülasyondan atılır. Uygun olduğu belirlenen bireyler tekrar üreme olasılığı olduğundan eşleşme havuzuna gönderilir ve rastgele eşleştirilir. Çaprazlama esnasında eşleştirilen bireyler (ebeveyn) arasında belirli bir bölgede gen alışverişi olmakta, her ebeveynden farklı koda sahip iki çocuk olmaktadır. Tek noktalı, çift noktalı, üniform çaprazlama gibi çeşitli çaprazlama operatörleri bulunmaktadır. Mutasyon ise üçüncü operatördür. Çaprazlama operatöründen oluşan yeni bireylerden daha iyi birey olup olmadığını araştırmaktadır. Çaprazlamadan elde edilen her bir karakter için bilgisayar tarafından rastgele sayı üretilip mutasyon olasılığı ile karşılaştırılır. Rastgele üretilen sayı mutasyon olasılığından küçükse genin değeri değiştirilerek yeni birey elde edilir. Yani '0' ise '1' olur, '1' ise '0' olur.

Optimizasyonda amaç fonksiyonu minimum ağırlıklı yapıyı elde etmek için kullanılan fonksiyon aşağıda tanımlanmıştır.

$$W(x) = \sum_{k=1}^{ng} A_k \sum_{i=1}^{mk} \rho_i L_i \quad (1)$$

(1) Denkleminde; 'W(x)' çerçeve sisteminin toplam ağırlığını gösterir. 'Ak' k' ıncı eleman grubundaki elemanların kesit alanını, 'mk' k' ıncı gruptaki toplam eleman sayısını 'ρi' ve 'Li' i' inci elemanın özgül ağırlığı ve uzunluğunu gösterir[14].

Problemin çözümünde asıl amaç yapının minimum ağırlığı olsa da yapının uygunluğunu belirlememizdeki en önemli faktör sınırlayıcı koşullarının sağlanmasıdır. Yapının davranışına bağlı kısıtlamalar, deplasman ve gerilme sınırlayıcılarıdır.

Deplasman sınırlayıcıları;

$$g_j(x) = \frac{\delta_j}{\delta_{ju}} - 1 \leq 0, j=1, \dots, p \quad (2)$$

'δjVeδju': j'inci düğüm noktasının yer değiştirmesi ve onun üst sınırı, p sınırlanmış yer değiştirme sayısıdır.

Çift simetri eksenli elemanlarda eksenel basınç/eksenel çekme ve eğilme momenti etkileşimi Kaynak [1] Denk. (11.1a) ve Denk. (11.1b)' deki formüller esas alınarak oluşturulmuştur.

$$(a) \frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ için}$$

$$g_j(x) = \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) - 1 < 0 \quad i=1, \dots, m \quad (3)$$

$$(b) \frac{P_r}{P_c} \leq 0.2 \text{ için}$$

$$g_j(x) = \frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_r}{M_c} \right) - 1 < 0 \quad i=1, \dots, m \quad (4)$$

Denklemlerindeki P_r , P_c , M_r ve M_c değerlerini elde etmek için Yönetmelikteki 6.,7.,8. ve 9. bölümler esas alınarak oluşturulmuştur [1].

' P_c ': Bölüm 7' e ve 8'e göre mevcut eksenel çekme ve basınç kuvveti dayanımıdır.

' P_n ': Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı. Bölüm 8 denk. (8.1) esas alınmıştır.

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (5)$$

$$P_c = \phi_c \times P_n \quad \phi_c = 0.90 \quad (6)$$

' M_n ': Eğilme etkisindeki elemanın karakteristik eğilme momenti dayanımı. Bölüm 9 denk. (9.2.2) esas alınmıştır.

$$M_c = \phi_b \times M_n \quad \phi_b = 0.90 \quad (7)$$

Yanal yer değiştirmesi önlenmemiş çerçeveler için burkulma boyu katsayısı, K , kolonun üst ve alt uçlarında yönetmenlik denklem 6.4 ile belirlenen G_A ve G_B büyüklüklerine bağlı olarak, denklem 6.6'dan yararlanarak hesaplanmıştır.

$$K = \sqrt{\frac{G_A (1.6G_B + 4.0) + (4G_B + 7.5)}{G_A + G_B + 7.5}} \quad (8)$$

Topluluktaki i'inci birey için uygunluk ifadesi:

$$F_i = [\phi(x)_{\max} + \phi(x)_{\min}] - \phi_i(x) \quad (9)$$

Şeklindedir. Burada $\phi_i(x)$ ve F_i i-no.lu bireyin değiştirilmiş amaç fonksiyonu ve uygunluğu $\phi(x)_{\max}$ ve $\phi(x)_{\min}$ topluluktaki en büyük ve en küçük değiştirilmiş amaç fonksiyon değeridir.

i-nolu bireyin değiştirilmiş amaç fonksiyonu:

$$\phi_i(x) = W(x)_i (1 + PC) \quad (10)$$

Burada 'P' seçilmesi gereken bir parametredir. Örneklerde 10 alınmıştır. C ise sınırlayıcı zorlama katsayısıdır.

$$C = \sum_{j=1}^r C_j \quad (11)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Eğer $g_j(x) > 0$ ise $C_j = g_j(x)$ veya $g_j(x) < 0$ ise $C_j = 0$ şeklindedir: Burada 'r' çerçevedeki toplam sınırlayıcı sayısıdır.

Eğer tüm sınırlar sağlanmışsa C sifira eşit olacağından fonksiyonun değeri yapı ağırlığına eşit olmaktadır. Dolayısıyla yapı ağırlığının minimum olduğu ve tüm sınırlayıcıların sağlandığı durumlar optimum çözümü vermektedir.

Bu formüller doğrultusunda genetik algoritma FORTRAN programlama dilinde yazılmıştır.

Çelik çerçeve sistemlerin GA yöntemiyle optimum boyutlandırma adımları verilmiştir:

1. Giriş verisi olarak, çerçeve geometrik, malzeme ve yük özellikleri verilir. GA'nın parametreleri verilir.
2. Başlangıç popülasyonu rastgele oluşturulur. Popülasyondaki her birey (çerçeve) ikili koda sahiptir. Bu kodlar onluk sayı sistemine çevrilerek, çerçeve eleman gruplarının önceden oluşturulmuş bir kesit listesindeki sıra numarası belirlenir.
3. Belirlenen bu kesitlerle YDKT yük birleşimlerini dikkate alarak, her çerçevenin analizi yapılır. Analiz sonucu çerçevenin deplasmanları ve iç kuvvetleri hesaplanır.
4. (1)-(13) Denklemleri kullanılarak, her bireyin (çerçevenin) uygunluğu hesaplanır.
5. Her birey uygunluk değerleriyle orantılı olarak eşleşme havuzuna kopyalarını verir. Bu arada uygunluğu kötü olan bireyler popülasyondan atılır. Sonuçta popülasyon büyüklüğü

(popülasyondaki toplam birey sayısı) değişmeyecek şekilde ayarlanır.

6. Eşleşme havuzunda bireyler rastgele eşleştirilir. Her çiftte belirlenen çaprazlama yöntemine göre, çaprazlama operatörü uygulanır (karşılıklı genler değiştirilir) ve böylece iki yeni evlat üretilir.
7. Yeni üretilen her bireye belirli bir olasılıkla mutasyon operatörü uygulanır. Böylece yeni bir nesil üretilmiş olur.
8. Üretilen her yeni nesile 3-7 arası adımlar, en son neslin popülasyonundaki bireylerin en az %80'ninin aynı olmasına kadar, tekrar uygulanır. Bu kriter sağlandığı zaman birbirinin aynı olan bireylerden bir tanesi optimum birey (çerçeve) olarak seçilir ve program durdurulur.

Veri yapısı sayısal ve açıklamalı olarak bir sonraki bölümde verilen tek açıklıklı dört katlı çerçeve için verilmektedir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

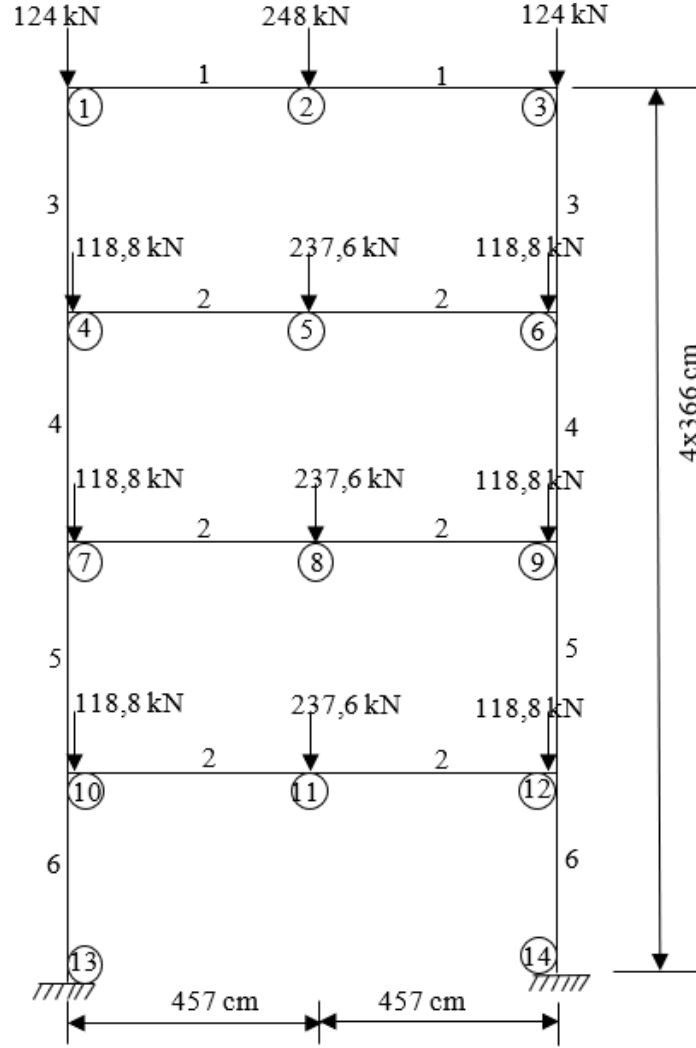
3.1 Sayısal Örnekler

Bu bölümde çelik çerçeve sistemlerin genetik algoritma ile optimum tasarımı için geliştirilen bilgisayar programının uygulaması olarak çeşitli örnekler çözülmüştür. Bütün örneklerde malzeme çelik olup elastisite modülü $E=20000 \text{ kN/cm}^2$, özgül ağırlığı $\rho=0,000076982 \text{ kN/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Tasarım değişkenlerini oluşturan çelik profillerin, kesit özellikleri Avrupa HE kesit profil listesinden A, B, M tipleri kullanılarak veri listesine girilmiştir. Bireylerdeki her bir kesit grubu 6 genden oluşmuştur. Dolayısıyla listedeki kesit sayısı 64 olarak belirlenir. Maksimum iterasyon sayısı 250 olarak belirlenmiştir. Popülasyon büyüklüğü ise 30 olarak seçilmiştir.

3.1.1 Tek Açıklıklı Dört Katlı Çerçeve

İlk tasarım örneği olan tek açıklıklı, dört katlı çelik çerçeveye ait eleman numaralandırılması, eleman gruplandırılması, yükleme durumu ve sistem geometrisi Şekil 1'de verilmiştir. Sistemin elemanları en üst kat kirişleri, sonraki kat kirişleri, her katın kolonları ayrı grup olacak şekilde 6 farklı eleman grubuna ayrılmıştır. Çerçevenin maruz kaldığı yükler, düşey doğrultuda her katta etki eden sabit yük $(G)=30 \text{ kN/m}$ ve hareketli yük $(Q)=10 \text{ kN/m}$ ve sadece çatı katına etki eden kar yükü $(S)=4,5 \text{ kN/m}$ etki etmektedir. Yatay doğrultuda ilk katta etki eden rüzgâr yükü $(W_1)=6 \text{ kN}$, $W_2=3 \text{ kN}$, ikinci kata etki eden $W_3=12 \text{ kN}$, $W_4=6 \text{ kN}$ ve diğer katlarda da $W_3=12 \text{ kN}$, $W_4=6 \text{ kN}$ etki etmektedir. Bu yükler TS 498-2021 Yönetmeliği [15] ve 2018 TBDY Deprem Yönetmeliğine [16] göre hesaplanmıştır. Kiriş yayılı yükleri düğüm noktalarına etkiyen tekil yüklere çevrilmiştir. Yük birleşimleri YDKT yönteminin yük birleşimlerine göre alınmıştır. Çeliğin yapı malzemesi S275 alınmıştır. Çeliğin karakteristik akma gerilmesi $F_y=27,5 \text{ kN/cm}^2$, çekme dayanımı $F_u=43 \text{ kN/cm}^2$ olarak alınmıştır.

1-3 numaralı düğüm noktalarının yatay deplasmanların sınır değerleri düşey yük birleşimlerinde 0,01 cm gibi küçük bir değer, deprem ve rüzgâr yüklerinin olduğu yük birleşimlerinde yapı yüksekliğinin üç yüzde biri, 4,88 cm, alınmıştır. 2, 5, 8, 11 numaralı düğüm noktalarının düşey deplasman sınır değerleri açıklığının üç yüzde biri; 3,047 cm alınmıştır. Kesit profil listesi HE 100A'dan başlayarak A, B, M tipleri olarak HE 700M'e kadar olan 64 kesitten oluşmaktadır.



Şekil 1. Tek Açıklıklı-Dört Katlı Çelik Çerçeve (1.2G+1.6Q+0.5S)

Problemin veri dosyası içeriği aşağıda açıklamasıyla sunulmuştur:

DÖRT KATLI TEK AÇIKLIKLI LINEER-ELASTİK DÜZLEM ÇERÇEVENİN GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMİZASYONU , KESİTLER : HE							
4	6	7	6	30	64	250	
16	14	6	2	20000.	27.5	43.	.000076982
1	0.	1464.					
2	457.	1464.					
3	914.	1464.					
4	0.	1098.					
5	457.	1098.					
6	914.	1098.					
7	0.	732.					
8	457.	732.					
9	914.	732.					
10	0.	366.					
11	457.	366.					
12	914.	366.					
13	0.	0.					
14	914.	0.					
2	1	2					
6	3	4	5	6	7	8	
2	9	10					
2	11	12					
2	13	14					
2	15	16					

Şekil 2. Veri Dosyası İlk Kısmı

Şekil 2'deki kısımda sistemin genel özellikleri girilmiştir. İlk satırda kat sayısı, grup sayısı, sınırlanmış deplasman sayısı, her grup için gen kodundaki bit sayısı, toplam popülasyon sayısı, listedeki kesit sayısı ve maksimum iterasyon sayısıdır. Daha sonra sistemin koordinat bilgileri ve elemanların grup bilgileri verilmektedir.

1	1	2	1	0			
2	2	3	1	0			
3	4	5	2	0			
4	5	6	2	0			
5	7	8	2	0			
6	8	9	2	0			
7	10	11	2	0			
8	11	12	2	0			
9	1	4	3	4			
10	3	6	3	4			
11	4	7	4	3			
12	6	9	4	3			
13	7	10	5	2			
14	9	12	5	2			
15	10	13	6	1			
16	12	14	6	1			
0	9	9	11	0	1	0	3
0	10	10	12	2	0	4	0
9	11	11	13	0	3	0	5
10	12	12	14	4	0	6	0
11	13	13	15	0	5	0	7
12	14	14	16	6	0	8	0
13	15	15	0	0	7	0	0
14	16	16	0	8	0	0	0
13	1	1	1				
14	1	1	1				
1	1						
12							

Şekil 3. Veri Dosyası İkinci Kısım

Şekil 3'te, sistemi oluşturan elemanların başlangıç ve bitiş düğüm noktaları, hangi gruba ait oldukları ve kolon, kiriş ise kat numaraları girilmektedir. Daha sonra, kolonların A ve B ucuna birleşen sırasıyla üst-alt kolon ve sol-sağ kiriş numaraları verilmektedir. Son olarak, mesnet bilgileri ve yüklü düğüm sayısı verilmektedir.

1	0.	-124.00	0.
2	0.	-248.00	0.
3	0.	-124.00	0.
4	0.	-118.80	0.
5	0.	-237.60	0.
6	0.	-118.80	0.
7	0.	-118.80	0.
8	0.	-237.60	0.
9	0.	-118.80	0.
10	0.	-118.80	0.
11	0.	-237.60	0.
12	0.	-118.80	0.
1	0.	-124.00	0.
2	0.	-248.00	0.
3	0.	-124.00	0.
4	0.	-118.80	0.
5	0.	-237.60	0.
6	0.	-118.80	0.
7	0.	-118.80	0.
8	0.	-237.60	0.
9	0.	-118.80	0.
10	0.	-118.80	0.
11	0.	-237.60	0.
12	0.	-118.80	0.
1	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.
3	0.	0.	0.
4	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.
8	0.	0.	0.

Şekil 4. Veri Dosyası Üçüncü Kısım

Şekil 4'de, yüklü düğüm noktasının önce düşey ve yatay toplam yük değeri, sonra sadece düşey yükler, daha sonra sadece yatay yük değerleri verilmektedir.

8	0.	0.	0.
9	0.	0.	0.
10	0.	0.	0.
11	0.	0.	0.
12	0.	0.	0.
1	1	1	0.01
1	2	1	0.01
2	2	1	0.01
1	2	2	3.047
3	2	2	3.047
5	2	2	3.047
7	2	2	3.047

Şekil 5. Veri Dosyası Dördüncü Kısım

Şekil 5'te, sınırlanmış deplasmanlar ve üst sınır değerleri verilmektedir.

21.24	349.2	72.76	83.01	2.51	5.24	100.	8.	96.	56.	5.
26.04	449.5	89.91	104.2	2.53	9.25	100.	10.	100.	56.	6.
53.24	1143.	190.4	235.8	2.74	68.21	106.	20.	120.	56.	12.
25.34	606.2	106.3	119.5	3.02	5.99	120.	8.	114.	74.	5.
34.01	864.4	144.1	165.2	3.06	13.84	120.	11.	120.	74.	6.5
66.41	2018.	288.2	350.6	3.25	91.66	126.	21.	140.	74.	12.5
31.42	1033.	155.4	173.5	3.52	8.13	140.	8.5	133.	92.	5.5
42.96	1509.	215.6	245.4	3.58	20.06	140.	12.	140.	92.	7.
80.56	3291.	411.4	493.8	3.77	120.	146.	22.	160.	92.	13.
38.77	1673.	220.1	245.1	3.98	12.19	160.	9.	152.	104.	6.
54.25	2492.	311.5	354.	4.05	31.24	160.	13.	160.	104.	8.
97.05	5098.	566.5	674.6	4.26	162.4	166.	23.	180.	104.	14.
45.25	2510.	293.6	324.9	4.52	14.8	180.	9.5	171.	122.	6.
65.25	3831.	425.7	481.4	4.57	42.16	180.	14.	180.	122.	8.5
113.3	7483.	748.3	883.4	4.77	203.3	186.	24.	200.	122.	14.5
53.83	3692.	388.6	429.5	4.98	20.98	200.	10.	190.	134.	6.5
78.08	5696.	569.6	642.5	5.07	59.28	200.	15.	200.	134.	9.
131.3	10640.	967.4	1135.	5.27	259.4	206.	25.	220.	134.	15.
64.34	5410.	515.2	568.5	5.51	28.46	220.	11.	210.	152.	7.
91.04	8091.	735.5	827.	5.59	76.57	220.	16.	220.	152.	9.5
149.4	14600.	1217.	1419.	5.79	315.3	226.	26.	240.	152.	15.5
76.84	7763.	675.1	744.6	6.	41.55	240.	12.	230.	164.	7.5
106.	11260.	938.3	1053.	6.08	102.7	240.	17.	240.	164.	10.
199.6	24290.	1799.	2117.	6.39	627.9	248.	32.	270.	164.	18.
86.82	10450.	836.4	919.8	6.5	52.37	260.	12.5	250.	177.	7.5
118.4	14920.	1148.	1283.	6.58	123.8	260.	17.5	260.	177.	10.0
219.6	31310.	2159.	2524.	6.9	719.	268.	32.5	290.	177.	18.0
97.26	13670.	1013.	1112.	7.0	62.1	280.	13.	270.	196.	8.0
131.4	19270.	1376.	1534.	7.09	143.7	280.	18.	280.	196.	10.5
240.2	39550.	2551.	2966.	7.4	807.3	288.	33.	310.	196.	18.5

Şekil 6. Veri Dosyası Beşinci Kısım

Şekil 6'da profillerin kesit özellikleri tanımlanmaktadır.

112.5	18260.	1260.	1383.	7.49	85.17	300.	14.	290.	208.	8.5
149.1	25170.	1678.	1869.	7.58	185.	300.	19.	300.	208.	11.0
225.1	40950.	2559.	2927.	7.81	598.3	305.	29.	320.	208.	16.0
303.1	59200.	3482.	4078.	8.0	1408.	310.	39.	340.	208.	21.0
124.4	22930.	1479.	1628.	7.49	108.	300.	15.5	310.	225.	9.0
161.3	30820.	1926.	2149.	7.57	225.1	300.	20.5	320.	225.	11.5
312.	68130.	3796.	4435.	7.95	1501.	309.	40.	359.	225.	21.0
133.5	27690.	1678.	1850.	7.46	127.2	300.	16.5	330.	243.	9.5
170.9	36660.	2156.	2408.	7.53	257.2	300.	21.5	340.	243.	12.0
315.8	76370.	4052.	4718.	7.9	1506.	309.	40.	377.	243.	21.0
142.8	33090.	1891.	2088.	7.43	148.8	300.	17.5	350.	261.	10.0
180.6	43190.	2400.	2683.	7.49	292.5	300.	22.5	360.	261.	12.5
318.8	84870.	4297.	4989.	7.83	1507.	308.	40.	395.	261.	21.0
159.	45070.	2311.	2562.	7.34	189.	300.	19.	390.	298.	11.0
197.8	57680.	2884.	3232.	7.4	355.7	300.	24.	400.	298.	13.5
325.8	104100.	4820.	5571.	7.7	1515.	307.	40.	432.	298.	21.0
178.0	63720.	2896.	3216.	7.29	243.8	300.	21.	440.	344.	11.5
218.0	79890.	3551.	3982.	7.33	440.5	300.	26.	450.	344.	14.0
335.4	131500.	5501.	6331.	7.59	1529.	307.	40.	478.	344.	21.0
197.5	86970.	3550.	3949.	7.24	309.3	300.	23.	490.	390.	12.0
238.6	107200.	4287.	4815.	7.27	538.4	300.	28.	500.	390.	14.5
344.3	161900.	6180.	7094.	7.46	1539.	306.	40.	524.	390.	21.0
211.8	111900.	4146.	4622.	7.15	351.5	300.	24.	540.	438.	12.5
254.1	136700.	4971.	5591.	7.17	600.3	300.	29.	550.	438.	15.0
354.4	198000.	6923.	7933.	7.35	1554.	306.	40.	572.	438.	21.0
226.5	141200.	4787.	5350.	7.05	397.8	300.	25.	590.	486.	13.0
270.	171000.	5701.	6425.	7.08	667.2	300.	30.	600.	486.	15.5
363.7	237400.	7660.	8772.	7.22	1564.	305.	40.	620.	486.	21.0
241.6	175200.	5474.	6136.	6.97	448.3	300.	26.	640.	534.	13.5
286.3	210600.	6480.	7320.	6.99	739.2	300.	31.	650.	534.	16.0

Şekil 7. Veri Dosyası Altıncı Kısım

373.7	281700.	8433.	9657.	7.13	1579.	305.	40.	668.	534.	21.0
260.5	215300.	6241.	7032.	6.84	513.9	300.	27.	690.	582.	14.5
306.4	256900.	7340.	8327.	6.87	830.9	300.	32.	700.	582.	17.0
383.	329300.	9198.	10540.	7.01	1589.	304.	40.	716.	582.	21.0
HE 100A	HE 100B	HE 100M	HE 120A	HE 120B	HE 120M	HE 140A	HE 140B	HE 140M	HE 160A	HE 160B
HE 160M	HE 180A	HE 180B	HE 180M	HE 200A	HE 200B	HE 200M	HE 220A	HE 220B	HE 220M	HE 240A
HE 240B	HE 240M	HE 260A	HE 260B	HE 260M	HE 280A	HE 280B	HE 280M	HE 300A	HE 300B	HE 300C
HE 300M	HE 320A	HE 320B	HE 320M	HE 340A	HE 340B	HE 340M	HE 360A	HE 360B	HE 360M	HE 400A
HE 400B	HE 400M	HE 450A	HE 450B	HE 450M	HE 500A	HE 500B	HE 500M	HE 550A	HE 550B	HE 550M
HE 600A	HE 600B	HE 600M	HE 650A	HE 650B	HE 650M	HE 700A	HE 700B	HE 700M		

Şekil 8. Veri Dosyası Yedinci Kısım

Şekil 7 ve Şekil 8’de, profil kesit özelliklerinin devamı ve tanımlanan profillerin isimleri girilmektedir.

Programın çalıştırılmasından sonra çıkış dosyası yazdırılır. Çıkış dosyasında ilk kısımda veri dosyasından alınan yapıya ait genel bilgiler yer almaktadır. Verilen bilgiler doğrultusunda bireylerin analizi yapılarak ağırlık ve deplasman değerleri belirlenir.

```
-----
30 NOLU BİREYİN AĞIRLIĞI= .66278D+02
.66278E+02 .10687E+03 .94124E+02

MUTASYONLARIN SAYISI = 1
RT= .83333D+00
IPM= 30
SINIRLANMIŞ DEPLASMANLAR :
.737589315D-03 -.113427649D-14 -.737589315D-03 -.184502799D+01 -.300497160D+01
-.224023751D+01 -.233397650D+01
ÇUBUKLARIN MUKAVEMET KISIT FONKSİYON DEĞERLERİ :
-.51859D+00 -.51859D+00 -.27782D+00 -.27782D+00 -.37018D+00 -.37018D+00 -.34698D+00 -.34698D+00 -.50564D-02 -.50564D-02
-.37644D+00 -.37644D+00 -.42530D+00 -.42530D+00 -.40407D+00 -.40407D+00
132 NESİL SONRA OPTİMUM AĞIRLIK .66278D+02
53 38 7 29 35 35
HE 550A HE 340A HE 140A HE 280B HE 320A HE 320A
20:20:52:12
```

Şekil 9. Çıkış Dosyası Gösterimi

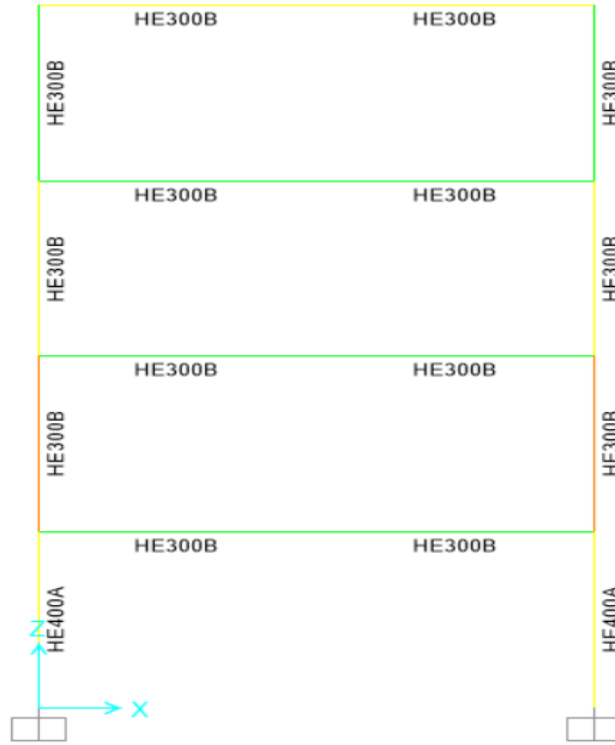
Programın çalıştırılması ile sistemin Genetik Algoritma ile optimum tasarım sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Genetik Algoritma ile Tek Açıklıklı- Dört Katlı Çerçeve Sistemin Tasarımı

Optimum Ağırlık(kN)	Kesitler						İterasyon Sayısı
	1.Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup	5.Grup	6.Grup	
66,278	53	38	7	29	35	35	132
	HE 550A	HE340A	HE 140A	HE 280B	HE 320A	HE 320A	

Burada GA ile elde edilen çerçeve 1.2G+1.6Q+0.5S yük birleşiminden elde edilmiş ve diğer yük birleşimlerinden elde edilen çerçevelere göre en ağır olanıdır. Bu tasarımda deplasman ve elemanların mukavemet sınırlayıcıları sağlanmıştır.

Aynı çerçevenin GA'da kullanılan kesit listesiyle SAP 2000'e göre tasarım sonuçları Şekil 10'da verilmiştir. Burada tasarım, 2018 Türk Çelik Yönetmeliği YDKT yöntemiyle aynı olan AISC 360-10 LFRD yöntemiyle yapılmıştır[17].



Şekil 10. SAP 2000 Tasarım Sonucu

Çizelge 2. SAP 2000 ile Tek Açıklıklı- Dört Katlı Çerçeve Sistemin Tasarımı

Optimum Ağırlık(kN)	Kesitler					
	1.Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup	5.Grup	6.Grup
77,6184	HE 300B	HE 300B	HE 300B	HE 300B	HE 300B	HE 400A

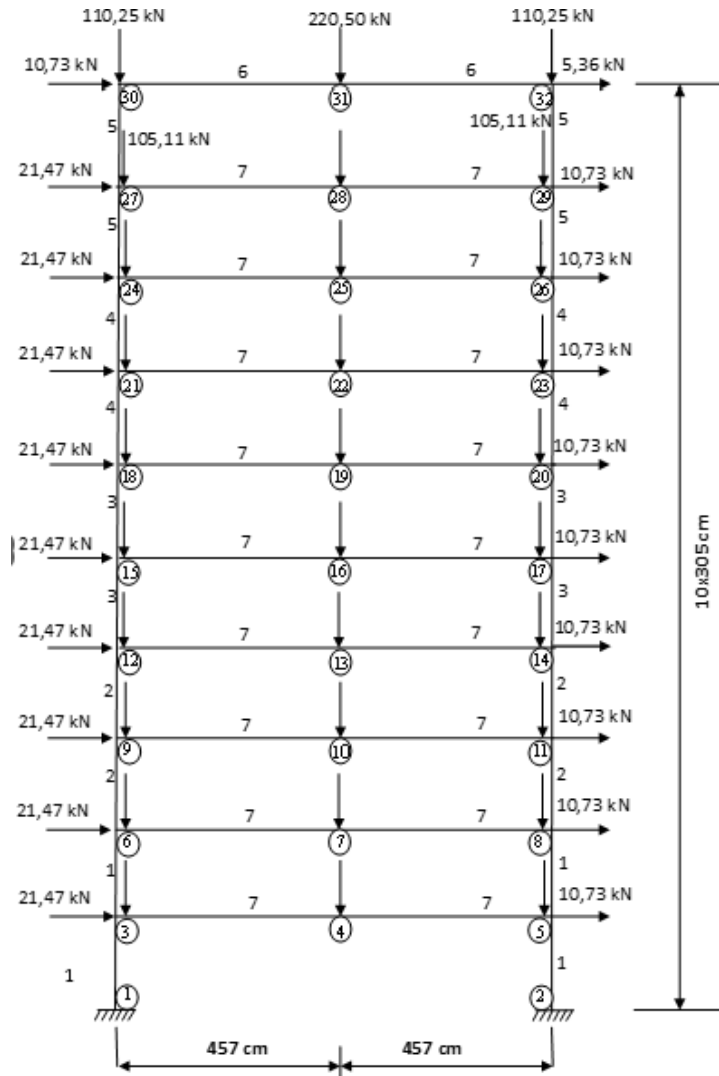
Problemin sonuçları karşılaştırıldığında Genetik algoritma ile tasarlanan optimum çerçevenin SAP 2000 ile elde edilen tasarıma oranla %14,6 daha hafif olduğu görülmektedir.

3.1.2 Tek Açıklıklı On Katlı Çerçeve

İkinci tasarım örneği olan tek açıklıklı, on katlı çelik çerçeveye ait eleman numaralandırılması, eleman gruplandırılması, yükleme durumu ve sistem geometrisi Şekil 11'de verilmiştir. Sistemin elemanları en üst kat kirişleri, sonraki kat kirişleri, her iki katın kolonları ayrı grup olacak şekilde 7 farklı eleman grubuna ayrılmıştır. Çerçevenin maruz kaldığı yükler, düşey doğrultuda her katta etki eden sabit yük (G)=30 kN/m ve hareketli yük(Q)=10 kN/m ve sadece çatı katına etki eden kar yükü (S)=4,5

kN/m etki etmektedir. Yatay doğrultuda ilk katta etki eden rüzgâr yükü (W_1) =6 kN, W_2 =3 kN, ikinci kata etki eden W_3 =12 kN, W_4 =6 kN ve diğer katlarda da W_3 =12 kN, W_4 =6 kN etki etmektedir. Bu yükler TS 498-2021 Yönetmeliği ve 2018 TBDY Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanmıştır. Kiriş yayılı yükleri düğüm noktalarına etkileyen tekil yüklere çevrilmiştir. Yük birleşimleri YDKT yönteminin yük birleşimlerine göre alınmıştır. Çeliğin yapı malzemesi S235 alınmıştır. Çeliğin karakteristik akma gerilmesi F_y =23,5 kN/cm², çekme dayanımı F_u =36 kN/cm² olarak alınmıştır.

En üst katın 31 ve 28'inci düğüm noktalarının en büyük deplasmanların sınır değeri yapı yüksekliğinin üç yüzde biri, 10,17cm, alınmıştır. 28 no.lu düğüm noktasının düşey deplasman sınır değeri açıklığının üç yüzde biri; 3,047 cm, alınmıştır. Kesit profil listesi HE 100A' dan başlayarak A, B, M tipleri olarak HE 700M'e kadar olan 64 kesitten oluşmaktadır.



Şekil 11. Tek Açıklıklı-On Katlı Çelik Çerçeve (1.2G+1.Q+0.5S+1.6WSOL)

Programın çalıştırılmasından sonra çıkış dosyası yazdırılır. Verilen bilgiler doğrultusunda bireylerin analizi yapılarak ağırlık ve deplasman değerleri belirlenir. Program durdurma kriteri sağlanıncaya kadar optimum yapının ağırlığı ve grupların kesit bilgileri verilir. Şekil 12’de verildiği gibi çıkış dosyası sonuç gösterimi verilmiştir.

```
-----
30 NOLU BİREYİN AĞIRLIğI= .20917D+03
.20917E+03 .21942E+03 .20982E+03

MUTASYONLARIN SAYISI = 1
RT= .86667D+00
IPM= 30
SINIRLANMIŞ DEPLASMANLAR :
.968202128D+01 .966686796D+01 .965171464D+01 -.282758345D+01 -.174482136D+01
ÇUBUKLARIN MUKAVEMET KISIT FONKSİYON DEĞERLERİ :
-.15544D-01 -.16738D-01 -.20504D+00 -.20440D+00 -.19844D-01 -.19932D-01 -.85253D-01 -.85253D-01 -.11510D+00 -.11510D+00
-.22631D+00 -.22631D+00 -.23370D+00 -.23371D+00 -.35982D+00 -.35980D+00 -.51404D+00 -.51418D+00 -.31648D+00 -.31638D+00
-.39024D+00 -.39024D+00 -.60639D+00 -.60009D+00 -.60133D+00 -.60133D+00 -.61469D+00 -.61469D+00 -.60746D+00 -.60746D+00
-.59616D+00 -.59616D+00 -.61583D+00 -.61583D+00 -.62572D+00 -.62572D+00 -.63062D+00 -.63062D+00 -.63129D+00 -.63129D+00
118 NESİL SONRA OPTİMUM AĞIRLIK .20917D+03
54 47 24 41 35 39 47
HE 550B HE 450A HE 240M HE 360A HE 320A HE 340B HE 450A
20:49:06:43
```

Şekil 12. 2. Örnek Çıkış Dosyası Gösterimi

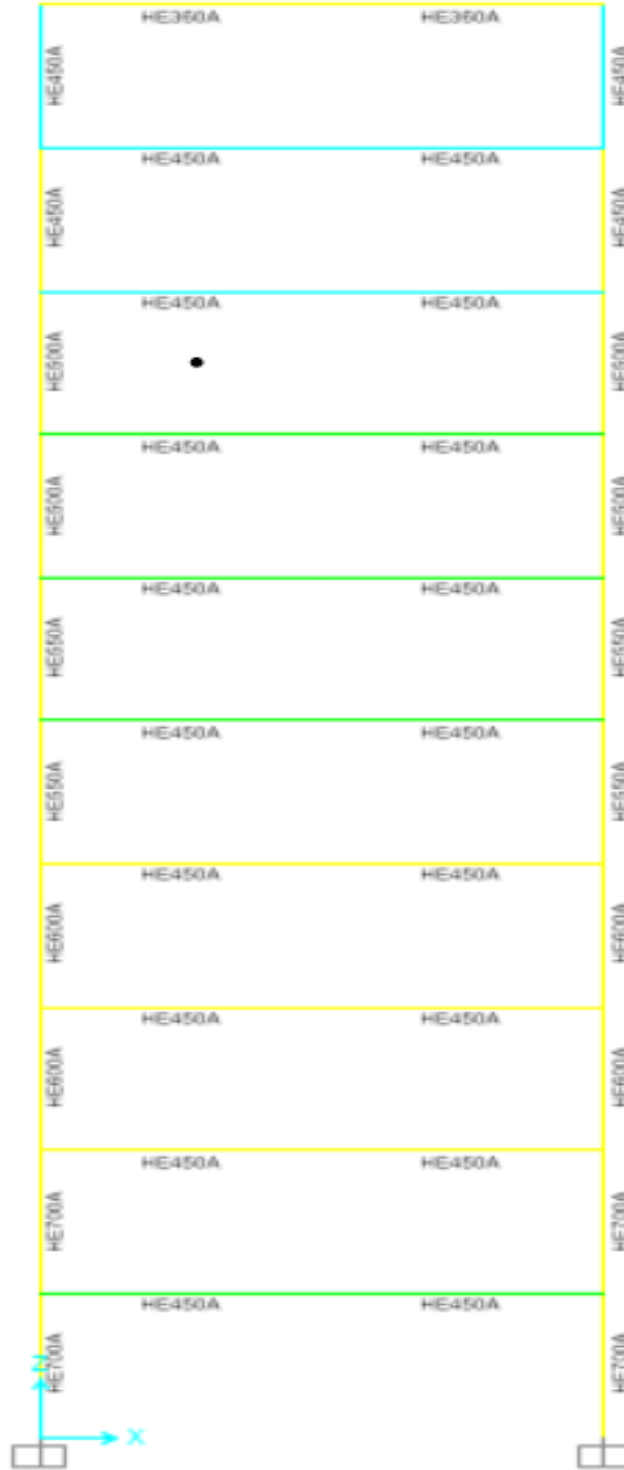
Programın çalıştırılması ile sistemin Genetik Algoritma ile optimum tasarım sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Genetik Algoritma ile Tek Açıklıklı- On Katlı Çerçeve Sistemin Tasarımı

Optimum Ağırlık(kN)	Kesitler						
	1.Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup	5.Grup	6.Grup	7.Grup
209,17	54	47	24	41	35	39	47
	HE 550B	HE450A	HE240M	HE 360A	HE 320A	HE 340B	HE 450A

Burada GA ile elde edilen çerçeve 1.2G+1.Q+0.5S+1.6WSOL yük birleşiminden elde edilmiş ve diğer yük birleşimlerinden elde edilen çerçevelere göre en ağır olanıdır. Bu tasarımda deplasman ve elemanların mukavemet sınırlayıcıları sağlanmıştır.

Problemin SAP 2000'e göre tasarımı Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 13. SAP 2000 Tasarım Sonucu

Çizelge 4. SAP 2000 ile Tek Açıklıklı- On Katlı Çerçeve Sistemin Sonucu

Optimum Ağırlık(kN)	Kesitler						
	1.Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup	5.Grup	6.Grup	7.Grup
223,910	HE 700A	HE 600A	HE 550A	HE 600A	HE 450A	HE 360A	HE450A

Problemin sonuçları karşılaştırıldığında genetik algoritma ile elde edilen tasarımının SAP 2000 ile elde edilen tasarıma oranla %6,6 daha hafif olduğu görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, çelik çerçeve sistemlerinin GA optimizasyon yöntemiyle 2018 Türk Çelik Yönetmeliği [1] YDKT yönteminin yük birleşimleri ve tasarım denklemlerine göre optimum tasarım yapılmıştır. İlk olarak ilgili yönetmeliklere göre yapıya etkiyen yükler belirlenmiştir. Bu yükler altında adı geçen yönetmeliğinin koşulları altında minimum ağırlık tasarımı (optimum tasarım) yapılmıştır. GA ile tasarımda program farklı başlangıç popülasyonlarıyla 5-10 kere çalıştırılmış ve bu çözümlerden en uygun olanı alınmıştır. Bazı uygun olmayan çözümler: örneğin alt kat kolon kesitlerinin üst kat kolon kesitlerinden küçük çıkması durumunda bu tasarımlar elenmişlerdir. Bu GA tasarımında HE ayrık kesitlerinin sadece A, B, M tiplerinin kullanılmasından ve ara değerlerdeki kesitlerin kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. Profil listesinde HE kesitlerin sadece A, B, M tipleri bulunmasından dolayı SAP 2000 çözümlerinde de aynı kesit listesi kullanılmıştır. GA tasarımında çeşitli yük birleşimlerinden elde edilen en ağır çerçeve göz önüne alınmıştır. SAP 2000 programı ise her eleman grubuna mümkün olan en küçük kesiti veren farklı yük birleşimlerinden seçmiştir. Buna rağmen, sayısal örneklerden aynı koşullar altında GA tasarımlarının SAP 2000 tasarımlarına göre %6,6- 14,6 daha hafif olduğu görülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedir.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uydıklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Zeynep ACAR: Veri toplama, verilerin düzenlenmesi, yazma, test ve kontrol. Mehmet Sedat HAYALİÖĞLU: Gözetim, analiz, veri düzenleme, inceleme, liderlik sorumluluğu ve sonuçların yorumlanması.

KAYNAKLAR

- [1] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik*. (2018). Erişim Tarihi: 10.02.2024. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://csb.gov.tr/>.
- [2] J. H. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Michigan: The university of Michigan Press, 1975.
- [3] D. E. Goldberg, *Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning*. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [4] M. P. Saka, "Optimum Design of Steel Frames with Stability Constraints," *Computer and structures*, c. 41, sayı. 6, ss. 1365-1377, 1991.
- [5] A. Daloğlu ve M. Armutçu, "Genetik Algoritma ile Düzlem Çelik Çerçeveselerin Optimum Tasarımı", *Teknik Dergi*, c. 9, sayı. 42, ss. 483-487, 1998.
- [6] S. Ö. Değertekin, "Yarı-rijit Birleşimli Çelik Çerçeve Sistemlerin Genetik Algoritma Yöntemiyle Optimum Tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2001.
- [7] S. Bekiroğlu, "Genetik Algoritma ile Çelik Çerçeveselerin Optimum Boyutlandırılması," Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2003.
- [8] S. Ö. Değertekin, M. Ülker ve M. S. Hayalioğlu, "Uzay Çelik Çerçeveselerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleri ile Optimum Tasarımı", *İMO Teknik Dergi*, c. 17, sayı. 83, ss. 3917-3934, 2006.
- [9] G. Y. Bayar, "Çerçeve Taşıyıcı Sistemlerin Optimum Tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2008.
- [10] T. Şeker, "Düzlemsel Çelik Çerçeveselerin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu," Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.
- [11] S. Ö. Değertekin, M. S. Hayalioğlu ve H. Görgün, "Geometrik Bakımından Lineer Olmayan Yarı-rijit Birleşimli Çelik Çerçeveselerin Gelişmiş Armoni Arama Yöntemi ile Optimum Tasarımı," *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, c. 2, sayı. 1, ss. 45-56, 2011.
- [12] Y. Efe, "Çelik Çerçeveselerin Memetik Algoritma ile Optimum Tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2015
- [13] Y. Özalp, "Çelik Taşıyıcı Sistemli Çerçeve Tipi Yapının ÇYTHYDE 2016, AISC 360-10 ve EUROCODE 3 Yönetmenliğine Göre Analiz ve Tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Ankara, 2020.

- [14] M. S. Hayalioğlu ve S. Ö. Değertekin, “Design of Non-linear Steel Frames for Stress and Displacement Constraints with Semi-Rigid Connections Via Genetic Optimization. Structural and Multidisciplinary Optimization”, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, c. 27, ss. 259-271, 2004.
- [15] T. 498, *Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*. (2021). Erişim Tarihi: 16.03.2024. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <http://www.betoncelik.com>.
- [16] T. B. D. Yönetmenliği, *Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar*. (2018). Erişim Tarihi: 12.02.2024. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr>.
- [17] A. 360-10, *Specification for Structural Steel Buildings*. (2010). Erişim Tarihi: 13.02.2024 [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://docs.google.com>.

Copyright © 2024 Acar ve Hayalioğlu. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).



Araştırma Makalesi / Research Article

Dicle Havzasında Yağış ve Akışların Alternatif Yöntemlerle Modellenmesi

Modeling of Rainfall and Flow in the Tigris Basin with Alternative Methods

Didem AYDIN BAYKALE ^{1,*}, Recep ÇELİK ², Hüseyin FİDAN ³

^{1,3} Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1451849>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 12 Mart 2024

Revize, 17 Nisan 2024

Kabul, 26 Nisan 2024

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2024

Anahtar Kelimeler

Dicle Havzası, Yağış-akış ilişkisi, HEC-HMS, Dönüşüm metodu

ARTICLE INFO

Article History

Received, 12 March 2024

Revised, 17 April 2024

Accepted, 26 April 2024

Available Online, 29 May 2024

Keywords

Tigris Basin, Precipitation-Runoff relationship, HEC-HMS, Transform method

ÖZ

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan Dicle Havzası sınırları içerisinde yer alan Dankıran Deresi, Batman Çayı ve Başnik Çayı akım gözlem istasyonu verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan yağış verileri kullanılarak drenaj ağı oluşturulmuştur. Dicle Havzası alt havzalara bölünerek HEC-HMS hidrolojik modeli ile Dicle Havzası'nın yağış-akış ilişkisi incelenmiştir. Bu çalışmada Intial and Loss Methodu (Başlangıç ve Kayıp Yöntemi) seçilmiştir. Başlangıç ve Kayıp Metodu simülasyon sürecinin başlangıcında toprak tabakasının ihtiyaç duyduğu su hacmini karşılamaktadır. Daha sonra Transform (Dönüşüm) Metodu olarak alt havza transformunda SCS Unit Hydrograph (Birim Hidrograf) kullanılmıştır. Bir sonraki aşamada ise; alt havza yağışı için, Specified Hyetograph (Belirlenen Heyetograf) seçeneği HEC-HMS hidrolojik modelinde aktif hale getirilmiştir. SCS Eğri Sayısı Yöntemi, toplam yağıştan toplam akışı ve zamanla sızma kaybını hesaplamak ve akış hidrografını oluşturmak için kullanılmıştır. Dönüşüm metodu, toplanma ve gecikme süreleri, yağış verileri gibi parametreler baz alınarak hesaplanmıştır. Yapılan simülasyon neticesinde modelin performansını, istatistiksel endeksler – belirleme katsayısı (R^2), Nash-Sutcliffe verimliliği (NSE), sapma yüzdesi (PBIAS) ve kök ortalama karekök hatası (RMSE) standart sapma oranı (RSR) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma neticesinde elde edilmiş bulgular uygulamalı hidroloji alanında örnek bir uygulama ve Dicle Havzası için bir görüş teşkil etmektedir.

ABSTRACT

In this study, a drainage network was created using the flow observation station data of Dankıran Stream, Batman Stream and Başnik Stream, located within the borders of the Tigris Basin in the Southeastern Anatolia Region, and the precipitation data received from the General Directorate

**Sorumlu Yazar*

E-posta Adresleri: didemaydin55@gmail.com (Didem AYDIN BAYKALE), recep.celik@dicle.edu.tr (Recep

ÇELİK), tem023@hotmail.com (Hüseyin FİDAN)

of Meteorology. The Tigris Basin was divided into sub-basins and the rainfall-flow relationship of the Tigris Basin was examined with the HEC-HMS hydrological model. In this study, Initial and Loss Method was chosen. The Start and Loss Method meets the water volume needed by the soil layer at the beginning of the simulation process. Later, SCS Unit Hydrograph was used as the Transform Method in the sub-basin transformation. In the next stage; For sub-basin precipitation, the Specified Hyetograph option has been activated in the HEC-HMS hydrological model. The SCS Curve Number Method was used to calculate total runoff from total rainfall and infiltration loss over time and generate the runoff hydrograph. The transformation method was calculated based on parameters such as collection and delay times and precipitation data. As a result of the simulation, the performance of the model was evaluated using statistical indices - coefficient of determination (R^2), Nash-Sutcliffe efficiency (NSE), percentage deviation (PBIAS) and root mean square error (RMSE) was evaluated using the standard deviation ratio (RSR). The findings obtained as a result of this study constitute an exemplary application in the field of applied hydrology and an opinion for the Tigris Basin.

1. GİRİŞ

İnsanın tüm yaşam evrelerinde beslenme, solunum, dolaşım, boşaltım gibi tüm yaşamsal etkenlerin devam edebilmesi için su, en temel ihtiyaç kaynağıdır. Dünyanın %70'i sudan meydana gelmektedir. Öte yandan insan organizmasının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Dünyamızın %70'i su ile kaplı olmasına rağmen ancak yeryüzünde ki mevcut su kaynaklarının yaklaşık olarak %0,3'ü içme ve kullanıma uygundur [1]. Canlıların varlığını sürdürebilmek için en önemli kaynakların başından gelen su, kaynakların her geçen gün kirletilmesi içilebilir ve kullanım suyunun gittikçe azalması sonucu, su sorunlarıyla karşı karşıya kalınması kaçınılmazdır. Bu doğrultuda mevcut su kaynaklarında etkili bir şekilde faydalanabilmesi ve çevresel problemlerin en aza indirgenebilmesi açısından havza odaklı su kaynaklarının yönetimi tüm dünyada önem arz etmektedir. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde çoğalmasına paralel olarak su kaynaklarının yetersiz oluşu nedeniyle tüm canlıların yaşamını sürdürebilmesi için suya olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu doğrultuda su kaynaklarını koruma ve suyu yönetme göz önüne alınarak detaylı bir bakış açısıyla mevcut su durumu ortaya konularak bu sorunlara çözüm aranmaktadır. Azalan su miktarına yönelik analizler yapılması ve bu sorunlara çözüm arayışı içerisinde olması teknolojik ilerlemelere dayalı olarak günümüzde yağış-akış ilişkisi baz alınarak hidrolojik modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Yağış-akış ilişkisi hidrolojik çevrimin en önemli etkenlerinden biridir. Yağışın bir havza boyunca akışa geçtiği sürecin doğrusal olmaması zamansal ve boyutsal açıdan değişiklikler göstermesi fiziksel modellerin yağış-akış süreci üzerinde uygulanmasını güçleştirmektedir. Geçerli bir hidrolojik modellemede yağış-akış ilişkisinin tahmin edilebilmesi, su kaynaklarının verimli bir biçimde kullanılması, olası taşkın kontrolü önlemlerinin alınması, baraj haznelerinin beklenmedik durumlara karşı önlemlerinin alınması ve barajların su alma kapasitelerinin doğru bir şekilde hesaplanması açısından büyük bir önem taşımaktadır. Akarsu havzası, havzaya düşen

yağışı toplayarak yüzeysel bir doğal kanal ile çıkış noktasına kadar ileten yüzey ya da drenaj havzası olarak tanımlanmaktadır [2]. Su toplama havzası, drenaj havzası ya da yüzeysel akarsu havzaları farklı özelliklere sahiptir. Havzanın en önemli özellikleri şunlardır; havza genişliği, havza şekli, havza eğimi ve havzanın çıkış noktasına olan mesafesidir. Drenaj havzası yağışı akışa dönüştüren bir sistem olarak bilinmektedir. Herhangi bir kesitten geçen toplam akış miktarı farklı kısımlardan oluşmaktadır. Bu kısımlar; yüzeysel akış, yeraltı akışı ve yüzey altı akışlarından oluşmaktadır. Yağışın değiştiği ilk anda bir miktar yağış toprağın nem ihtiyacını karşılamak için toprağın boşluklarına sızmaktadır [3]. Sızmanın doygunluğa ulaştığı anda havzanın yüzeyinde su birikmeleri oluşur ve yerçekimi etkisiyle yüzeysel akışa geçmektedir. Yüzeysel akış hızına etki eden faktörler, toprağın geçirirliiliği, toprağın nem oranı ve yağışın şiddetidir. Sızma etkisiyle toprağın içerisinde biriken su toprağın yüzeyinin en üst kısmına kadar ulaşmaktadır. Akabinde ya zeminin üst kısmından yatay bir şekilde hareket etmektedir ya da düşey olarak hareket etmektedir. Toprağın içerisine sızan su yerçekimi yardımıyla yeraltı sularına karışıp yeraltı akışını oluşturmaktadır. Şekil 1’de gösterildiği gibidir. Akış bölümleri arasında adlandırılan yüzey altı akışı toplam akış içerisinde ki oranını tahmin etmek oldukça zordur. Bu yüzden akarsudaki toplam akışın dolaysız akış ve taban akışı oluşmasına sebep olmaktadır. Yeraltı akışı ve yüzey altı akışın gecikmesiz kısmı dolaysız akışı meydana getirmektedir. Yağış şiddetinin sızma kapasitesini geçtiği anda dolaysız akış oluşmaktadır. Dolaysız akış hız bakımından düşüktür. Kuraklığın olduğu dönemlerde dolaylı akış hızı düşük olmakla birlikte akarsuyu besleyen en önemli faktördür.



Şekil 1. Hidrolojik çevrim [4].

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı

Dicle Havzası; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin orta kesiminde, Karacadağ'ın doğusunda yer almaktadır. Dicle Havzası'nın konumu Şekil 2'de verilmiştir [5]. Havzanın ana kollarından olan Dicle

Nehri Hazar Gölü civarında yer alan Karaoğlan dağlarından doğmaktadır. Dicle Nehrinin ortalama debisi $360 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik bir debiye sahiptir. Diyarbakır kentinin güneyine yönelen Dicle Nehri ana koluna kuzey yönünden Amber, Pamukçay, Salat, Batman, Garzan çayları batı yönünde, Devegeçiti güneyde ise; Dankıran, Pamukluk, Göksu, Kusi Deresi ve Savur Çayı ile birleşmektedir. Daha sonra Dicle Nehrinin bir kolu olan Botan Çayı ile birleşerek Irak topraklarına dökülmektedir. Şekil 3'de verilmiştir. Bu çalışmada Dicle Havzası'nın Diyarbakır ile Batman arasında kalan alt havzalarda bulunan Batman Çayı, Dankıran Deresi ve Başnik Çayının oluşturduğu havzalar ele alınmıştır. Bu alt havzalar sırasıyla Malabadi Köprüsü AĞİ, Dankıran Deresi Selimi AĞİ ve Başnik Çayı Salat Akım Gözlem İstasyonlarına ait veriler kullanılmıştır. Batman Çayı yağış alanı 4105 km^2 , Dankıran Deresi yağış alanı 524 km^2 ve Başnik Çayı yağış alanı 1060 km^2 'lik bir alana sahiptir.



Şekil 2. Dicle Alt Havza'sının Türkiye Haritası'ndaki konumu [6].



Şekil 3. Dicle Alt Havza'sının konumu ve sınırları [6].

2.2 Havzanın Coğrafi Özellikleri

Dicle Havzası'nın kuzey kesimini oluşturan en eski arazilerden meydana gelmektedir. Bu arazilerden olan "Bitlis Masifi" Birinci Zaman'dan beri yükselerek aşınmaya uğramıştır. "Bitlis Masifi"nin güney kısmında yer alan Diyarbakır-Cizre havzası Birinci Zaman'dan Pliosen'e kadar

sürekli biriktirme sahası olmuştur. Dicle Havzası'nda Birinci Zaman'da faal olan tektonik yer hareketleri havzada bulunan akarsuların kaide seviyelerini düşürmüştür. Bundan dolayı akarsuların aşındırma kapasitelerini artırarak derin boğazlar açmış ve küçük çaplı akarsuları bünyelerine almışlardır. Dicle Nehri etrafındaki verimli ovalar, taraçalar ve halen devam etmekte olan Dicle Nehri'nin aşındırma ve biriktirme karakteristiğine bağlı olarak oluşmuşlardır [7]. Havzanın büyük bir bölümünde yağışlar, 400 mm ile 1250 mm arasında değişmektedir. Güneydoğu Toroslara yakın kısımlarda yağışlar artarken, orta kesimlerde yağışlar en az seviyede görülmektedir. Güney kesimlere doğru gidildikçe tekrardan bir artış meydana gelmektedir. Havzada en yaygın olarak görülen toprak türü, Diyarbakır, Siirt, Gercüş ve Savur dolaylarında rastlanan kahve renkli orman topraklarıdır. Diyarbakır'ın batı kesiminde bazaltlar ve Dicle Nehri'nin aşınım ve biriktirme sonucu oluşan alüvyal topraklar mevcuttur. Güneydoğu Toroslarda bulunan bitki örtüsü meşe ağaçlarından oluşan kuru ormanlardan ibarettir. Diyarbakır ve Batman dolaylarında ise; step bitki türüne rastlanmaktadır [8].

2.3 HEC-HMS Simülasyon İçin Kullanılan Veriler

2.3.1 Yağış Verileri

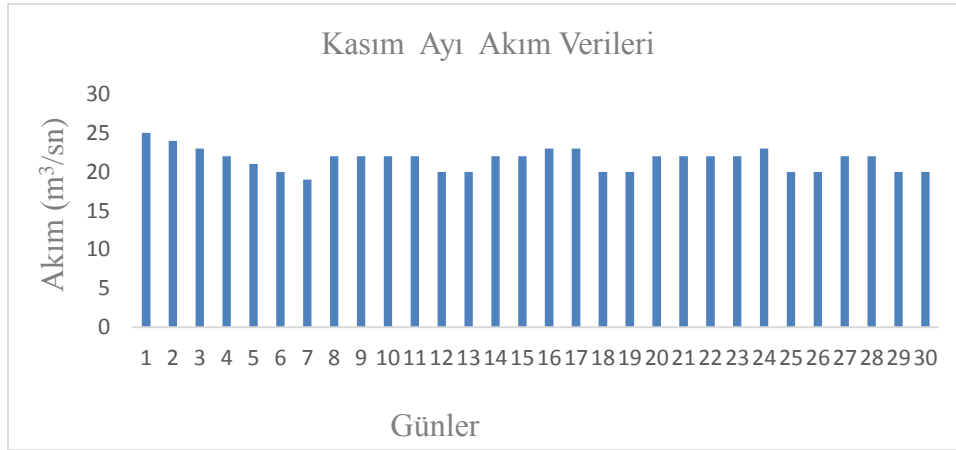
2023 Yılına ait Kasım ayı yağış verileri Diyarbakır 15.Metereoloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. 2023 yılı Kasım ayına ait yağış verileri şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. 2023 Yılı Kasım ayı yağış verisi

2.3.2 Akım Verileri

Dicle Havzası'nın çıkış noktası olarak belirlenmiş olan Batman Çayı akım gözlem istasyonunun 2023 yılı akım (debi) değerleri Diyarbakır DSİ 10.Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır. 2023 yılı Kasım ayına ait akım verileri şekil 5'te verilmiştir [9].



Şekil 5. 2023 Yılı kasım ayı akım verileri

2.4 Metodoloji

Bir hidrolojik modelin oluşturulması için girdi verileri olarak yağış, kar erimesi vb. hidrolojik etmenler girdi olarak kullanılır. Ayrıca çıktı olarak da buharlaşma, terleme, sızma ve akış çıkış verileri kullanarak girdi ve çıktılar arasında bir ilişki oluşturulur. Bu ilişkiyi doğru bir biçimde sağlamak için birçok parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Oluşturulan modelin doğruluğu, girilen parametrelere bağlıdır. Belirli bir havza için seçilen model ayrıca değişken zaman verileri ve veri sayısına bağlıdır.

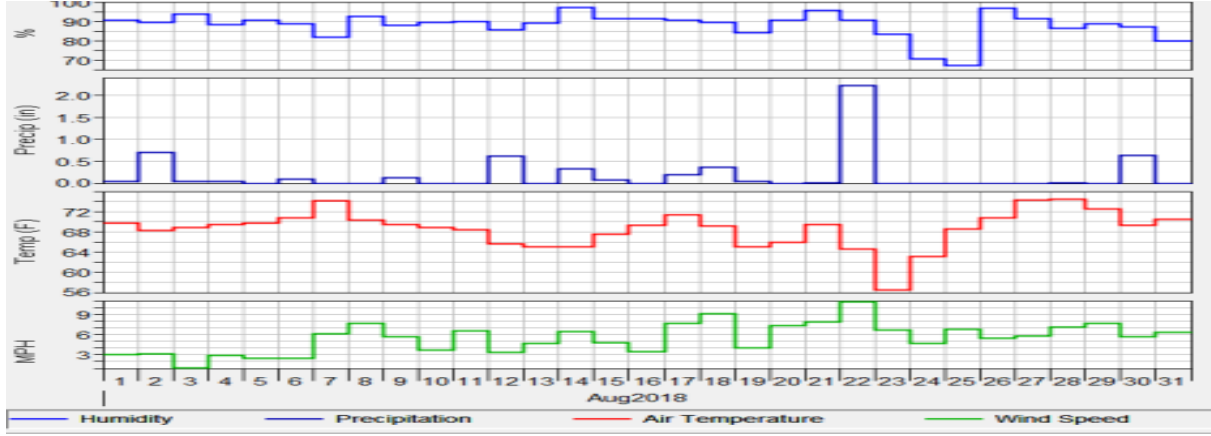
2.4.1 Kayıp Metodu (Loss Method)

Başlangıç ve Sabit Kayıp (Initial and Constant) Yöntemi, topraktaki değişiklikleri hesaba katmak için varsayımsal tek bir nem içeren toprak katmanını kullanır. Bu yöntem çok basit olmasına rağmen, yeraltı detayına sahip olmayan veya bilgileri eksikleri olan havzaları modellemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sızan suyun çıkarılmasına yönelik herhangi bir araç dâhil edilmediğinden, bu yöntem yalnızca olay simülasyonu için kullanılmalıdır. Başlangıç kavramının altında yatan kavram ve sabit kayıp yöntemi, maksimum potansiyel yağış kaybı oranı f_c , sabittir ve simülasyon sırasında değişmez. Bu nedenle, eğer yağış oranı, p_t 'nin f_c 'den küçük olması durumunda akım olayı meydana gelmez. Birikmiş yağış hacmi p_i , f_c 'yi aşarsa, akış meydana gelmeyecektir. Ancak p_t , f_c 'yi aştığı anda akış meydana gelmektedir. HEC-HMS bu yöntemi kullanmak için gerekli olan parametreler arasında Başlangıç Kayıp [inç veya milimetre] ve Sabit Hız [inç/saat veya mm/saat] gibi parametreler mevcuttur. Doğrudan bağlı geçirimsiz alan [yüzde] isteğe bağlı bir parametredir ve kullanıcı tarafından belirtilebilir.

2.4.1.1 Başlangıç Kayıp Metodu (Initial Loss Method)

Başlangıç Kaybı, simülasyon sürecinin başlangıcında toprak katmanını doldurmak için gereken su hacmini tanımlar. Bu parametre tipik olarak toprak nem durumunun çarpımı kullanılarak tanımlanır.

Simülasyonun başlangıcı ve varsayılan aktif katman derinliği, ancak gözlemlenen veriler kullanılarak kalibre edilmelidir. Uygun bir Başlangıç Kaybını tahmin etmek için, başlangıçtaki önceki koşullar belirlenmelidir. Örneğin günlük ortalama nem, günlük yağış birikimi, günlük ortalama sıcaklık ve günlük ortalama rüzgâr hızı gibi parametreler Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Başlangıç kayıp metodu parametreleri [10].

2.4.1.2 Sabit Kayıp Metodu (Constant Loss Method)

Sabit Hız, başlangıçtaki kayıp hacmi karşılandıktan sonra yağışın toprak katmanına sızma hızını tanımlamaktadır. Tipik olarak bu parametre, suyun birim hidrolik eğim altında birim zamanda doymuş toprağın birim alanı boyunca hareket etme hızı olarak tanımlanan toprağın doymuş hidrolik iletkenliğine eşittir.

2.4.2 Curve Number

USDA Toprak Koruma Servisi (SCS) tarafından önerilen SCS Eğri Sayısı (CN) Yöntemi, basitliği ve geçmişi nedeniyle sızma kaybı ve akış hesaplaması için yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. SCS Eğri Sayısı yöntemi, bir dizi ampirik denklem içerir ve temel parametresi, maksimum toprak suyu tutma/depolamayı inç veya mm cinsinden derinlik tanımlamak için kullanılan eğri numarası veya CN'dir.

$$S = (1000/CN) - 10 \quad (1)$$

Yukarıdaki formülde “S” maksimum toprak suyu tutma/depolama derinliğidir. Birimi ise inç veya mm cinsindedir. Ayrıca “CN” eğri numarası olarak adlandırılmaktadır.

Başlangıçta, SCS Eğri Sayısı Yöntemi, toplam yağıştan toplam akışı hesaplamak için geliştirilmiştir ve zamanla sızma kaybını ve hatta akış hidrografını hesaplamak için uyarlanmıştır. İlk

soyutlama esas olarak durdurma, fırtınanın erken kısımlarında sızma ve yüzey çöküntüsü depolamasından oluşur. Diğer infiltrasyon yönteminin ilk kayıp veya çöküntü depolamasından farklı olarak, SCS Eğrisi Sayısı Yönteminin ilk soyutlaması, bir simülasyon boyunca infiltrasyon ve akış hızı hesaplaması üzerinde sürekli bir etkiye sahiptir. Mümkün olduğunda, SCS Eğrisi Numarası Yöntemi için ilk kayıp veya çöküntü depolamasını sıfıra ayarlanır ve bunun yerine ilk soyutlama kullanılır. Aksi takdirde, hem ayrı bir depresyon deposu hem de ilk soyutlama kullanmak, ilk kaybı iki katına çıkaracaktır. Bu nedenle, resmi EPASWMM5'te, ilk soyutlama sıfır (0.0) olarak kodlanmıştır ve bu nedenle depresyon depolaması kullanılmalıdır.

$$Q = (p - I_a)^2 / (p - I_a + s) \text{ SCS tahmini, } I_a = 0,2S \text{ sonra, } Q = (p - 0,2S)^2 / (p + 0,8S) \quad (2)$$

Yukarıdaki formülde “Q” kümülatif yağış fazlalıkları veya yüzey akışı, “P” kümülatif yağışı, “S” maksimum toprak suyu tutma/depolamayı ve “I_a” başlangıç yağış şiddetini mm cinsinden ifade etmektedirler. Eğri numarası sızma kaybı, (P-I_a)-Q formüllü ile ifade edilmektedir.

2.4.3 Transform Method

Bir alt havza elemanı kavramsal olarak birlikte etkileşen sızma, yüzey akışı ve yeraltı süreçlerini temsil ederken, gerçek yüzey akışı hesaplamaları, alt havza içinde yer alan bir dönüşüm yöntemi ile gerçekleştirilir. Toplam dokuz farklı dönüştürme yöntemi sağlanır. Seçenekler arasında çeşitli birim hidrograf yöntemleri, kinematik dalga uygulaması, doğrusal yarı dağıtılmış yöntem ve iki boyutlu (2D) difüzyon dalgası yöntemi bulunur. Bir alt havza için dönüştürme yöntemi, Şekil 7'de gösterildiği gibi alt havza elemanı için bileşen düzenleyicisinde seçilir. Watershed Explorer'ın "Bileşenler" sekmesindeki alt havza ögesi simgesine tıklayarak bileşen düzenleyicisine erişilir. Harita o anda açıksa, havza haritasındaki öge simgesine tıklayarak da bileşen düzenleyicisine erişebilmektedir. Kullanılabilir yedi seçenek listesinden bir dönüştürme yöntemi seçilebilir. Yok yöntemi seçildiği takdirde, alt havza her zaman adımının sonunda tüm fazla yağışı akış olarak dönüştürecektir. Kullanmak istenilen yöntemi seçmek için seçim listesini kullanılmaktadır. Her alt havza farklı bir yöntem kullanabilir veya birkaç alt havza aynı yöntemi kullanabilmektedir şekil 7'de olduğu gibidir.

Basin Name: Alt Post Dam	
Element Name:	Deer Cr
Description:	Deer Creek catchment entering West Branch
Downstream:	Spring Run
*Area (KM2):	25.8
Latitude Degrees:	
Longitude Degrees:	
Canopy Method:	Simple Canopy
Surface Method:	Simple Surface
Loss Method:	Layered Green and Ampt
Transform Method:	Clark Unit Hydrograph
Baseflow Method:	Linear Reservoir

Şekil 7. Alt havza bileşeni editörü

2.4.4 SCS Birimi Hidrograf Modeli

SCS (Toprak Koruma Hizmeti) birim yönlendirme modeli, alt havzadaki net yağıştan kaynaklanan akışı hesaplamak için eğrisel bir birim hidrografı kullanır. SCS yöntemi ise, kapsamlı ölçülen verilerin analizinden elde edilen boyutsuz birim hidrografı kullanır.

2.4.4.1 Temel Kavramlar ve Denklemler

SCS birim hidrograf yöntemi, fazla yağışı alt havza çıkışına yönlendirmek için boyutsuz, eğrisel bir birim hidrograf kullanır. Bu boyutsuz, eğrisel birim hidrografı, deşarjı, q' 'yu, tepe deşarjının bir oranı olarak, q_p , herhangi bir t zamanı için, yükselme zamanının bir kesri olarak, T_p 'yi ifade eder. Aşırı yağış süresi için pik deşarj ve gecikme süresi göz önüne alındığında, birim hidrografın tüm ordinatları tahmin edilebilir. "Standart" SCS eğrisel birim hidrografı, T_p 'den önceki toplam akışın yüzde 37,5'ini içerir [12]. T_p , aşırı yağış süresi ile şu şekilde ilişkilendirilebilir: n hangi $t_r =$ aşırı yağış süresi (veya hesaplamalı zaman adımı) ve $t_p =$ aşırı yağışın kütle merkezi ile birim hidrografın zirvesi arasındaki zaman farkı olarak tanımlanan havza gecikmesidir.

$$T_p = t_r/2 + t_p \quad (3)$$

Ayrıca, birim hidrografın tepe deşarjı, Q_p [fit küp / saniye], aşağıdaki ilişki kullanılarak havza alanı, A [mil kare] ve T_p [saat] ile ilişkilendirilebilir.

$$Q_p = (PRF + A) / T_p \quad (4)$$

Yukarıdaki formülde "PRF" genellikle "tepe hız faktörü" olarak adlandırılan bir sabittir. T_p verildiğinde, T_p 'yi belirlemek için Denklem (4) çözülebilir. Daha sonra, bir PRF verildiğinde, Q_p 'yi bulmak için Denklem (3) çözülebilir. Tüm birim hidrograf daha sonra çarpma kullanılarak boyutsuz

eğrisel formdan bulunabilir. Standart boyutsuz SCS eğrisel birim hidrografi, PRF'nin yaklaşık 484'e eşit olarak ayarlanmasıyla oluşturulur. Bununla birlikte, PRF sabitinin dik arazide yaklaşık 600'den düz alanlarda 100 veya daha azına kadar değiştiği gösterilmiştir. Tepe hızı faktöründeki bir değişiklik, Tp'den önce meydana gelen akış yüzdesinde bir değişikliğe neden olur, bu da akış uzunluğuna, zemin eğimine ve havzanın diğer özelliklerine bağlı olduğu için tipik olaraktüm havzalarda tek tip değildir. PRF'yi değiştirerek, değişen topografyaya ve akışı etkileyen diğer koşullara sahip havzalar için alternatif birim hidrograflar hesaplanabilir.

Gerekli Parametreler

Gerekli parametrelere bağlantı HEC-HMS içinde SCS Yöntemini kullanmak için gereken parametreler arasında bir PRF ve bir gecikme süresi [dakika] bulunur. Araştırmalar, tp'nin havza yoğunlaşma zamanı, Tc ile ilişkili olabileceğini göstermiştir [13].

$$tp=0.6*Tc \quad (5)$$

Parametreleri Tahmin Etme

Parametreleri tahmin etme bağlantısı SCS Birim Hidrograf gecikmesi, ölçülü kaynak suyu alt havzaları için kalibrasyon yoluyla tahmin edilebilir. Konsantrasyon süresi, şu şekilde tahmin edilebilen yarı fiziksel temelli bir parametredir.

$$tc=ttabaka+tsığ+tkanal \quad (6)$$

Yukarıdaki formülde “ttabaka” havza kara yüzeyi üzerindeki tabaka akış segmentlerindeki seyahat sürelerinin toplamını, “tsığ” sığ akış bölümlerinde, sokaklarda, oluklarda veya sığ derelerde ve derelerde seyahat süresinin toplamını ve “tkanal” kanal segmentlerindeki seyahat süresinin toplamıdır. Kesit bilgilerinin mevcut olduğu açık kanalları belirlenir. Saha araştırmalarından, haritalardan veya hava fotoğraflarından kesitler elde edilir. Bu kanallar için, Manning denklemi ile aşağıdaki denklemde hız tahmin edilebilir.

$$V= (CR^{2/3}S^{1/2})/n \quad (7)$$

Yukarıdaki formülde “V” ortalama hızı, “R” hidrolik yarıçapı, “S” enerji sınıfı çizgisinin eğimi ve “C” dönüşüm sabitini tanımlamaktadır. “C” SI birim sistemi için 1.00 ve ayak-pound sistemi için 1.49'dur. Yaygın olarak Manning'in pürüzlülük katsayısı olarak bilinen n değerleri, sınıflandırmalara göre seçilebilmektedir. Hız tahmini yapıldıktan sonra, kanal seyahat süresi şu şekilde hesaplanır:

$$t_{\text{kanal}} = L/V \quad (8)$$

Yukarıdaki formülde “L” kanal uzunluğunu tanımlamaktadır. Tabaka akışı, su bir kanala ulaşmadan önce havza kara yüzeyi üzerinden akar. Mesafeler kısadır 10 ila 100 metre (30-300 fit) civarındadır. SCS, tabaka akışı seyahat süresinin şu şekilde tahmin edilebileceğini öne sürmektedir:

$$t_{\text{tabaka}} = (0,7NL^{0,8})/(P_2^{0,5}S^{0,4}) \quad (9)$$

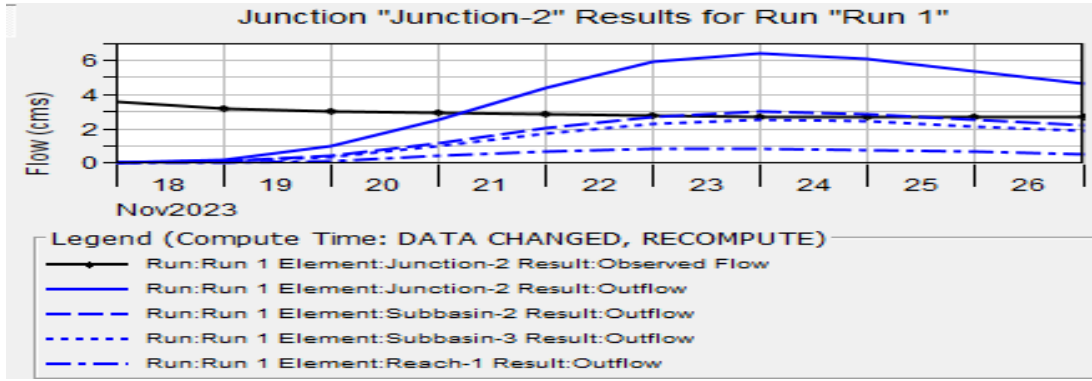
Yukarıdaki formülde “N” kara akışı pürüzlülük katsayısını, “L” akış uzunluğunu, “P₂” iki yıllık inç veya mm cinsinden 24 saatlik yağış derinliğini ve “S” ise arazi eğimiyle yaklaşık olarak tahmin edilebilen hidrolik çizgisinin eğimidir. Bu tahmin, kinematik dalga denklemlerinin yaklaşık bir çözümüne dayanmaktadır. Aşağıdaki tablo, çeşitli yüzeyler için N değerlerini göstermektedir. Tabaka akışı genellikle 100 metreden sonra sığ konsantre akışa dönüşmektedir. Sığ konsantre akış için ortalama hız şu şekilde tahmin edilebilir:

$$V = 16,1345S^{1/2} \quad \text{Asfaltsız yüzeyler için} \quad (10)$$

$$V = 20,3282S^{1/2} \quad \text{Asfalt yüzeyler için} \quad (11)$$

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, yaklaşık 1320 km²'lik bir su toplama havzası kurulmuş olup ve havza çıkış kısmında Dicle Havzası akım gözlem istasyonları mevcut olan alt havzalar için HEC-HMS programı kullanılarak bir hidrolojik model oluşturulmuştur. Oluşturulan model için Dankıran Deresi, Batman Çayı ve Başnik Çayı alt havzaları programa tanıtılmıştır. Model verimlilik katsayıları değerleri için NSE eksi sonsuz ile 1'e kadar herhangi bir değer alabilmektedir. R² değeri ise 0 ile 1 arasında değer alabilmektedir. R² değeri için farklı görüşler mevcuttur. Çalışmalarında genel olarak 0,50- 0,65 bir değere sahip olan NSE değerini kabul etmiş olup 0,65- 0,75 arasındaki sonuçlarında iyi bir değer olduğunu beyan etmişlerdir [14]. Ayrıca R² değerini 0,6'dan büyük sonuçların kabul görülebildiğini dille getirmişlerdir [15]. 24 Kasım 2023'te hesaplanan pik debi aşağıda verilen Dicle Havzası'nın çıkış noktasına ait hidrograf şekil 8'de gösterilmiştir. Havza elemanlarına ait pik debi ve tarihleri Tablo 1'de verilmiştir. Havzanın çıkış noktasına ait zaman serisi tablosu Tablo 2'de verilmiştir. Dicle Nehrine ait eksta oluşan akım yükü şekil 9'da verilmiştir. Üç adet alt havza iki adet kavşak (döğüm noktası) ve bir adet akış ötelemesi yapan nehrin çıkış akımları hidrografları sırasıyla şekil 10, 11, 12, 13, 14 ve 15'de verilmiştir ve havzanın çıkış heyetografi şekil 16'da verilmiştir.



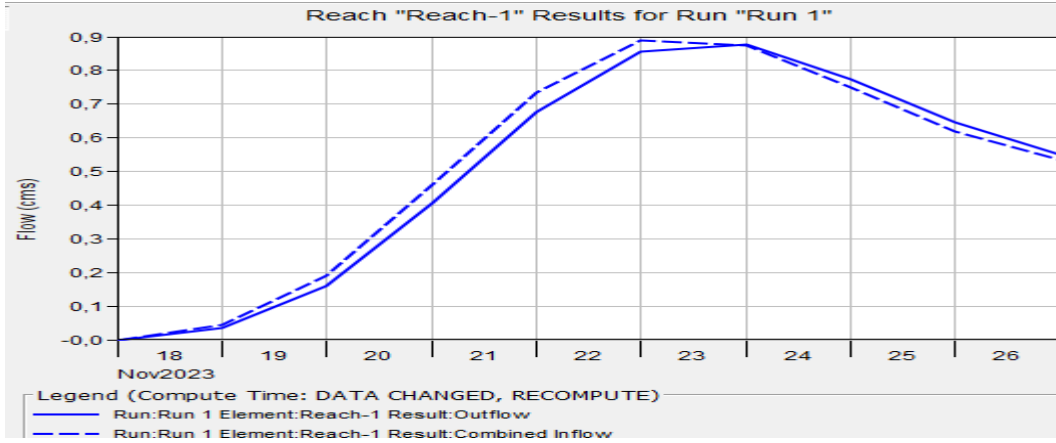
Şekil 8. Dicle Havzası çıkış noktasına ait hidrograf

Tablo 1. Havza elemanlarına ait genel özet tablosu

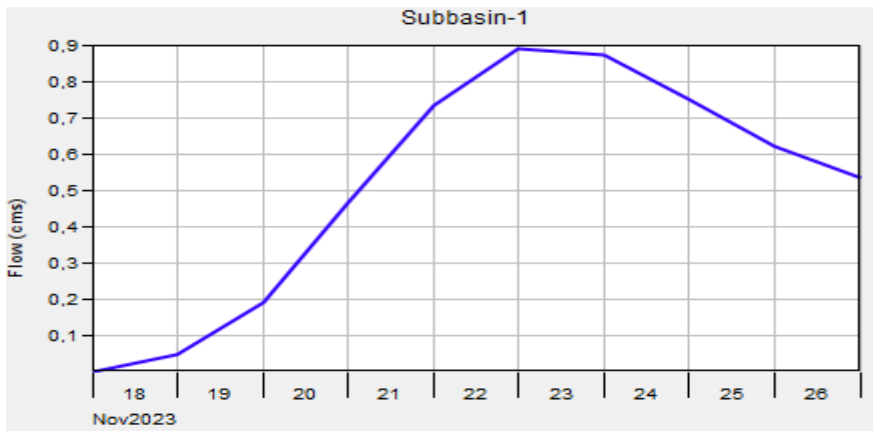
Project: Dicle Havzası Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 18Kas2023, 00:00		Basin Model: Dicle Havzası		
End of Run: 27Kas2023, 00:00		Meteorologic Model: Met 1		
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1		
Show Elements: All Elements Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3 Sorting: Watershed Explorer				
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	400.0	0.9	22 November 202...	1.04
Junction-1	400.0	0.9	22 November 202...	1.04
Subbasin-2	500.0	3.0	23 November 202...	2.77
Subbasin-3	420.0	2.5	23 November 202...	2.77
Reach-1	400.0	0.9	23 November 202...	1.02
Junction-2	1320.0	6.4	23 November 202...	2.24

Tablo 2. Havzanın çıkış noktasına ait zaman serisi tablosu

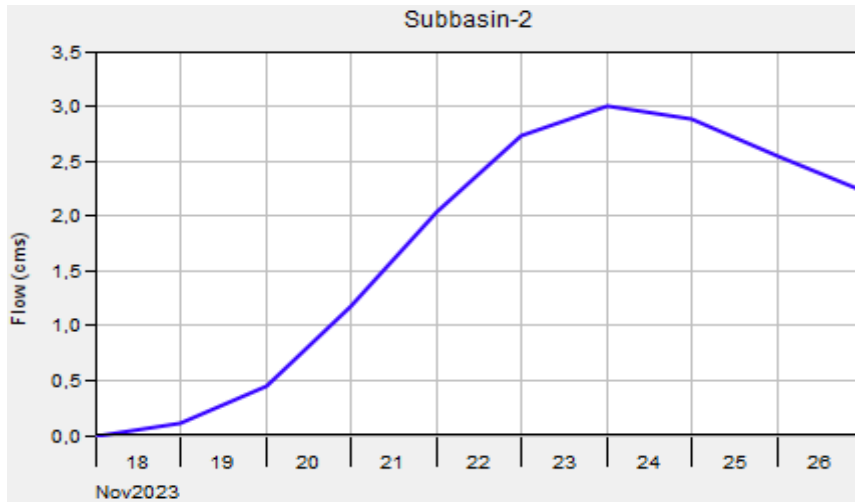
Project: Dicle Havzası Simulation Run: Run 1 Junction: Junction-2						
Start of Run: 18Kas2023, 00:00		Basin Model: Dicle Havzası			End of Run: 27Kas2023, 00:00	
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Meteorologic Model: Met 1			Control Specifications: Control 1	
Date	Time	Inflow from Subbasin-2 (M3/S)	Inflow from Subbasin-3 (M3/S)	Inflow from Reach-1 (M3/S)	Outflow (M3/S)	Obs Flow (M3/S)
18Kas2023	00:00	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
19Kas2023	00:00	0.1	0.1	0.0	0.2	3.2
20Kas2023	00:00	0.5	0.4	0.2	1.0	3.0
21Kas2023	00:00	1.2	1.0	0.4	2.6	2.9
22Kas2023	00:00	2.0	1.7	0.7	4.4	2.8
23Kas2023	00:00	2.7	2.3	0.9	5.9	2.8
24Kas2023	00:00	3.0	2.5	0.9	6.4	2.7
25Kas2023	00:00	2.9	2.4	0.8	6.1	2.7
26Kas2023	00:00	2.5	2.1	0.6	5.3	2.7
27Kas2023	00:00	2.2	1.9	0.5	4.6	2.7



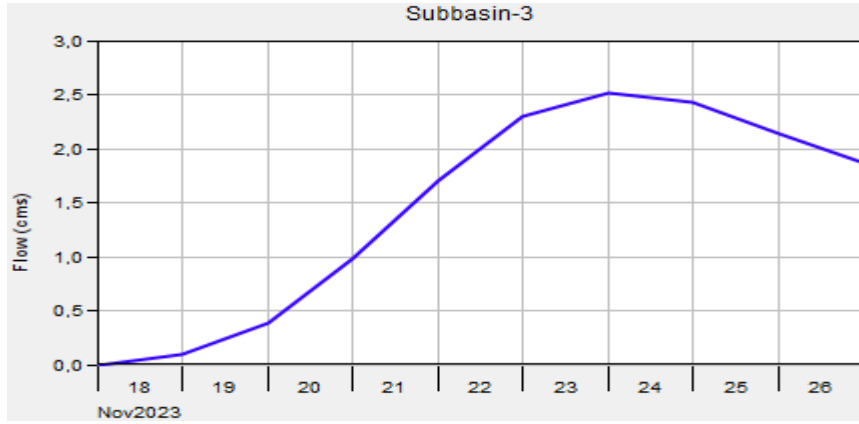
Şekil 9. Dicle Nehrine ait hidrograf



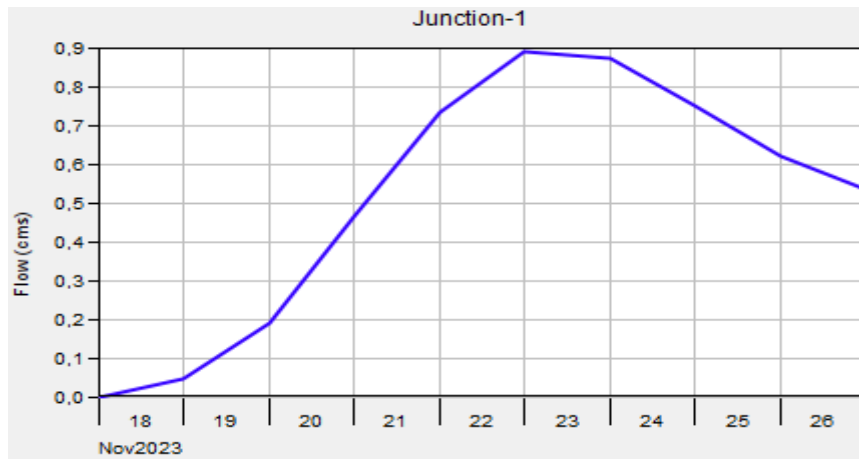
Şekil 10. Dankıran Deresi alt havzasına ait çıkış hidrografi



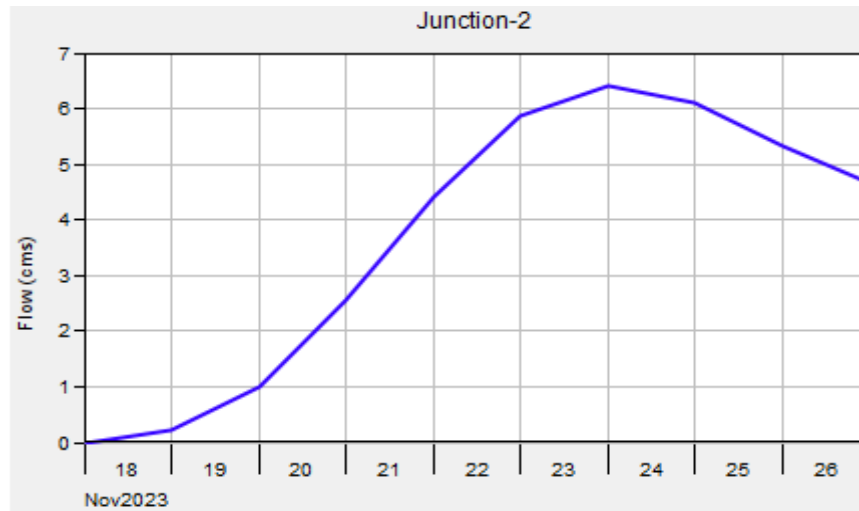
Şekil 11. Batman Çayı alt havzasına ait çıkış hidrografi



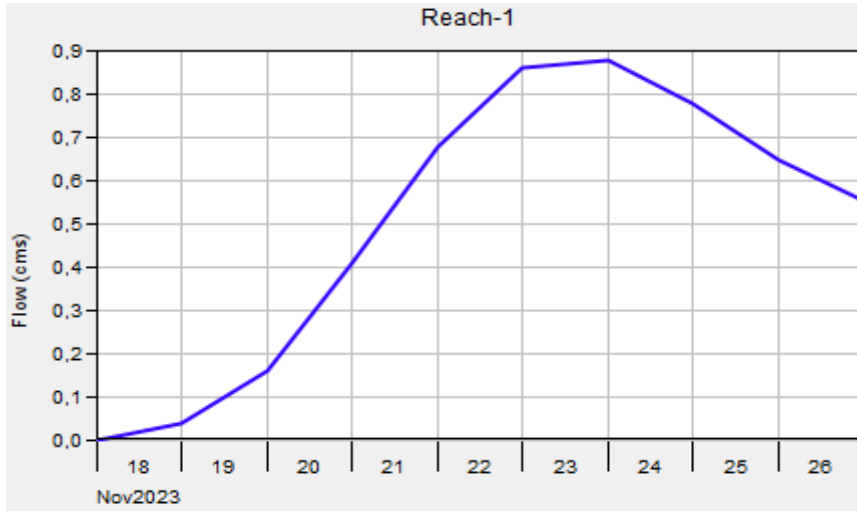
Şekil 12. Başnik Çayı alt havzasına ait çıkış hidrografi



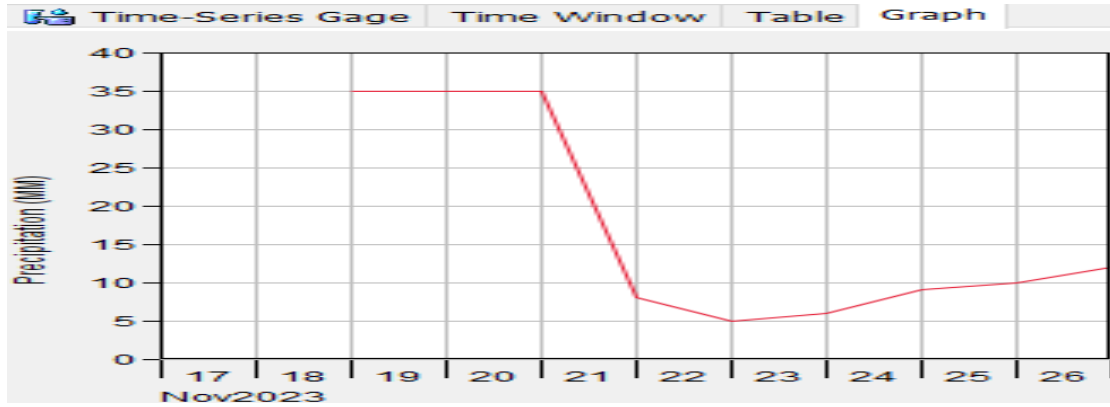
Şekil 13. Döğüm noktası 1'e ait çıkış hidrografi



Şekil 14. Döğüm noktası 2'e ait çıkış hidrografi

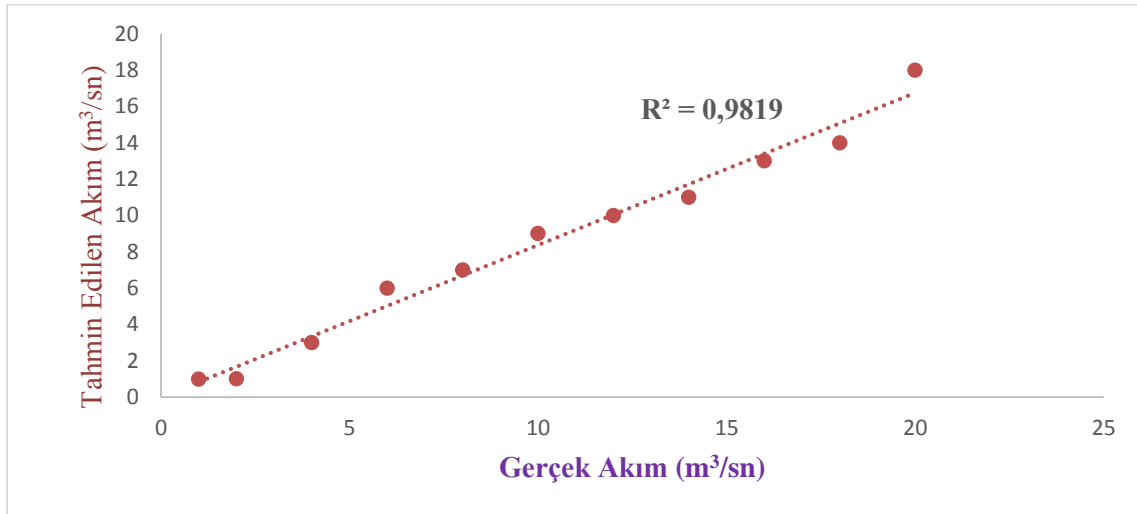


Şekil 15. Dicle Nehrine ait çıkış hidrografi



Şekil 16. Dicle Nehrine ait çıkış heyetografi

Şekil 17’de Dicle Havzasının Batman Çayı alt havzasına ait çıkış noktası akım değerleri regrasyon grafiği verilmiştir.



Şekil 17. Çıkış noktasına ait akım verilerinin regrasyon grafiği

Tablo 3'te kalibre edilmiş model performans değerleri Dicle Havzası'nın Batman Çayı alt havzası çıkış noktasına aittir.

Tablo 3. Kalibre edilmiş model performans değerleri

Computation Point	RMSE Stdv	Nash Sutcliffe	Percent Bias	R ²
Junction 2	0,006	0,99	1,179	0,981

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Dicle Havzası'nın günlük yağış verileri kullanılarak HEC-HMS 4.11 Beta versiyonu ile havzanın yağış-akış modellenmesi yapılmıştır. Güncel olan veriler 2023 yılına ait olmasından dolayı akış tahmin çalışmaları bu yıl verileri doğrultusunda yapılmıştır. Bu çalışmada, alt havzaların çeşitli şekillerini ve coğrafi konum çeşitliliğindeki değişkenlikler ele alınmıştır. Bu nedenden ötürü Dicle Havzası üç alt havzaya bölünmüştür. Bu çalışmada Intial and Loss Methodu (Başlangıç ve Kayıp Yöntemi) seçilmiştir. Başlangıç ve Kayıp Metotu simülasyon sürecinin başlangıcında toprak tabakasının ihtiyaç duyduğu su hacmini karşılamaktadır. Daha sonra Transform (Dönüşüm) Metodu olarak alt havza transformunda SCS Unit Hydrograph (Birim Hidrograf) kullanılmıştır. Bir sonraki aşamada ise; alt havza yağışı için, Specified Hyetograph (Belirlenen Heyetograf) seçeneği HEC-HMS hidrolojik modelinde aktif hale getirilmiştir. SCS Eğri Sayısı Yöntemi, toplam yağıştan toplam akışı ve zamanla sızma kaybını hesaplamak ve akış hidrografını oluşturmak için kullanılmıştır. Dönüşüm metodu, toplanma ve gecikme süreleri, yağış verileri gibi parametreler baz alınarak hesaplanmıştır. Yapılan araştırmada oluşturulan model sonucu ile gözlemlenen sonuç arasındaki benzerlikler ve farklılıkları ayrıca modelin kabul edilebilir sonuçlar üretip üretmediğini göstermek için birkaç farklı istatistiksel terimleri kullanarak hesaplamalar yapılmaktadır. Model performans analizi iki önemli istatistiksel performans indeksleri olan Nash-Sutcliffe Model Verimliliği (NSE) ve bir diğeri olan Korelasyon Katsayısı (R²) kullanılmaktadır. Elde edilen sonuçlar kalibrasyon anında, en yüksek NSE değeri 0,99 ve R² değeri ise; 0,981 olarak bulunmuştur. $0,75 < NSE \leq 1,00$ Çok iyi, $0,6 < NSE \leq 0,75$ iyi, $0,50 < NSE \leq 0,65$ tatmin edici, $NSE < 0,50$ kötü sonuç olduğunu ifade etmektedir. R² değeri 1' yakın olması modelin iyi olduğunu göstermektedir. RMSE stdv değerinin '0' sıfır olması en iyi sonuçtur. Tablo 3'te verilen sonuçlar analiz edildiğinde yağış verileri baz alınarak, model tarafından havzanın kayde değer bir şekilde modellendiği gösterilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Yazar 1: Kavramsallaştırma, gözetim ve liderlik sorumluluğu, metodoloji, analiz, kurgulama, taslak hazırlama, veri toplama, verinin düzenlenmesi, görselleştirme, yazma-gözden geçirme ve düzenleme. Yazar 2: Analiz araçlarını sağlama, analiz, inceleme, kavramsallaştırma, metodoloji, doğrulama, yazma-gözden geçirme ve düzenleme. Yazar 3: Veri toplama, verinin düzenlenmesi, inceleme.

KAYNAKLAR

- [1] S. Özsoy, “Su ve yaşam: suyun toplumsal önemi,” Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2009.
- [2] H. Zaifoğlu, “Fırat akarsu havzası için topoğrafik ve hidrometeorolojik veriye dayanan taban akışı ayırma modeli,” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
- [3] N. Hamidi, “İki boyutlu birim hidrograf belirlenmesinde lineer programlama,” İstanbul: İTÜ, 1984.
- [4] “Hidrolojik Çevrim,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.mgm.gov.tr/>. [Erişildi: 04 03 2024].
- [5] “Dicle Alt Havzası’nın Türkiye Haritasındaki Konumu,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler>. [Erişildi: 21 02 2024].
- [6] “Dicle Havzası Konumu,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.dsi.gov.tr/>. [Erişildi: 10 01 2024].
- [7] S. Karadoğan ve C. Kuzucuoğlu, “Diyarbakır Hevsel Bahçeleri ve Dicle Nehri: Arazi değişimlerinin jeomorfolojik kayıtları,” Türkiye Jeoloji Bülteni, cilt 60, no. 1, pp. 63-76, 2017.
- [8] N. Elmastaş, “Su Potansiyeli Açısından Bir Araştırma: Dicle Havzası,” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2000.
- [9] “DSİ 10.Bölge Müdürlüğü-Diyarbakır, Yıllık Debi Verileri,” [Çevrimiçi]. Available: <https://bolge10.dsi.gov.tr/>. [Erişildi: 21 02 2024].
- [10] “Program Description,” [Çevrimiçi]. Available: www.hec.usace.army.mil. [Erişildi: 01 03 2024].
- [11] US Department of Agriculture, “Curve Number,” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.usda.gov/>. [Erişildi: 07 03 2024].

- [12] “HEC-HMS Tutorials and Guides,” [Çevrimiçi]. Available: www.hec.usace.army.mil. [Erişildi: 11 01 2024].
- [13] “Türkiye'de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri,” [Çevrimiçi]. Available: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/35429/xfiles/turkiye_de_afetler.pdf. [Erişildi: 27 02 2024].
- [14] D. Moriasi, J. Arnold, M. W. Liew, R. L. Bingner ve R. D. Hamel, “Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations,” American Society of Agricultural and Biological Engineers, cilt 500, no. 3, pp. 885-900, 2007.
- [15] C. Santhi, J. G. Arnold, J. R. Williams, W. A. Duga, R. Srinivasan ve L. M. Srivasan, “Validation of the SWAT model on a larve river basin with point and nonpoint sources,” Journal of American Water Resources Association, cilt 37, no. 5, pp. 1169-1188, 2001.

Copyright © 2024 Aydın Baykale, Çelik and Fidan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).



Araştırma Makalesi / Research Article

Kent İçi Yollarda Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Performans Analizi: Diyarbakır Örneği

Performance Analysis for Surface Rainwater Drainage on Urban Roads: The Case of Diyarbakir City

Rehber GÜNEŞ^{1,*}, Tamer BAĞATUR², Hüseyin FİDAN³

^{1,3} Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır, Türkiye

<https://doi.org/10.55007/dufed.1455558>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 19 Mart 2024

Revize, 01 Mayıs 2024

Kabul, 03 Mayıs 2024

Online Yayınlama, 29 Mayıs 2024

Anahtar Kelimeler

Drenaj, Kent içi yol, Yağmursuyu girişleri, Yüzeysel drenaj

ARTICLE INFO

Article History

Received, 19 March 2024

Revised, 01 May 2024

Accepted, 03 May 2024

Available Online, 29 May 2024

Keywords

Drainage, Urban road, Stormwater inlets, Surface drainage

ÖZ

Bu çalışmada, Diyarbakır şehrinin en işlek kent içi yollarından biri olan Şanlıurfa yolu yağmursuyu drenaj oluklarının sayısı ve kapasite açısından yeterliliği irdelenerek yüzeysel drenaj bakımından performans analizinin yapılması amaçlanmıştır. Uygulama alanı olarak seçilen Nazım Hikmet Caddesi-Mahabad Bulvarı arası yol kesitinin yağmur suyu giriş yerleri ve Yeni Hal Köprülü Kavşağı alt geçit girişi – Kantar Köprülü Kavşağı alt geçit girişi arası yol kesitinin yağmursuyu giriş yerlerinin belirlenmesi için seçilen iki uygulama alanı sırasıyla 7 ve 5 adet yol kesitine bölünerek, Manning ve Rasyonel Metot ile yağmur suyu oluklarının sutaşıma kapasitesi hesabı yapılmış olup yoldaki mevcut düzen için karayolları yönetmeliğinin belirtmiş olduğu ızgara tipli olukların ebatlarına göre yağmur suyu girişleri arası mesafe hesaplanarak, mevcutta bulunan olukların sayısı ve kapasiteleri karşılaştırılarak uygulama alanı olarak seçilen yol kesitinin yağmur suyu oluklarının kapasiteleri ve sayısının yeterli olup olmadığı, hidrolik analizlerle değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme neticesinde, uygulama alanı olarak seçilen yolun mevcut yağmursuyu giriş yerlerinin kapasitesi ve sayısı bakımından yetersiz olduğu ve ayrıca yerleşim düzenlerinin yanlış olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this study, it was aimed to analyze the adequacy of stormwater drainage gutters on Şanlıurfa road, one of the busiest urban roads of Diyarbakir city, in terms of number and capacity and to analyze their performance in terms of surface drainage. In order to determine the stormwater inlet locations of the road section between Nazım Hikmet Street and Mahabad Boulevard

*Sorumlu Yazar

E-posta Adresleri: 2rehbergunes1@gmail.com (Rehber GÜNEŞ), tbagatur@dicle.edu.tr (Tamer BAĞATUR),

tem023@hotmail.com (Hüseyin FİDAN),

and the stormwater inlet locations of the road section between Yeni Hal Interchange underpass entrance and Kantar Interchange underpass entrance, the two application areas were divided into 7 and 5 road sections respectively, Manning and Rational Method were used to calculate the water carrying capacity of the rainwater gutters, and the distance between the rainwater inlets was calculated according to the dimensions of the grid type gutters specified by the highway regulations for the existing layout on the road, and the number and capacities of the existing gutters were compared, and it was evaluated by hydraulic analysis whether the capacity and number of rainwater gutters of the road section selected as the application area were sufficient. As a result of the evaluation, it was determined that the existing stormwater inlets of the road selected as the application area were inadequate in terms of capacity and number of stormwater inlets and also their layout was incorrect.

1. GİRİŞ

Kent içi karayolu hem yapım aşamasında hem de hizmet süresi boyunca yağmur suyunun aşındırıcı etkisinden dolayı istenilmeyen sonuçların meydana gelmesine neden olabilmektedir. Yolun ana gövdesi ve yüzeyinde yağmur suyunun birikmesi yol platformunun ana gövdesinde ve üst yapısında çeşitli deformasyonlara ve hasarlara neden olabilmektedir. Bundan dolayı, bir yol proje tasarımında, yol platformunun yüzey suyu ve zemin bünyesindeki sudan uzak tutulması yolun yapım aşamasından kaplama düzenine kadar yolun imalatındaki tüm safhalar boyunca yüzeysel yağmur sularından korunması önem arz eden bir konudur [1]. Kısacası yolun yüzeysel yağmursuyu drenajı yetersiz olması halinde, yol platformuna ciddi zararlar oluşabilmekte ve bunun neticesinde yol bakım, onarım maliyetleri artmakta ve yol güvenliği trafik açısından azalmaktadır. Kent içi karayolunda; yolun kullanım süresinin artması ve onarım masraflarının en aza indirgenmesi için yüzeysel yağmur sularının yolun ana platformundan uzaklaştırılması gerekmektedir. Son zamanlarda yol konforunun artmasıyla birlikte, yağmur suyu giriş yerleri sayıca azaltılmış ve yağmur suyu giriş yerleri arasındaki olması gereken mesafe artırılmıştır [2]. Bu sebeplerden ötürü donanımı yüksek bir drenaj ağına ihtiyaç duyulmaktadır. Suyun zararlı etkileri karayolları, demiryolları, havaalanları vb. ulaşım yapılarında belirli bir seviyede tutulmazsa önemli sorunlara sebep olabilmektedir [3]. Yol platformu taban ve gövde zemini suya doygunluk açısından kısmi veya tamamen doygunluk seviyesine gelindiğinden ve trafiğin verdiği hareketli yükler ve sabit yüklere maruz kalındığında gözenek suyu basıncı oluşmaktadır. Bunun neticesinde karayolu taşıma gücü azalmaktadır. Taşıma gücünün azalmasıyla birlikte yol platformunda kısmi çökmelere neden olmaktadır şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Drenaj yetersizliğinden kaynaklı oluşan oturmalar

Yolun ana gövdesini oluşturan zeminin bünyesinde bulunan serbest ve kapiler suyun, donması sebebiyle zemin hacminin artmasına yol açmakta ve yolun üst seviyesinde tahribata neden olmaktadır. Hava sıcaklığının artmasıyla donmuş olan zemin suyu çözünmeye başlar ve bundan ötürü zeminin sıvılaşmasına neden olmaktadır [4]. Sıvılaşan zemin trafik yüklerinin oluşması neticesinde yolun üst kısmına doğru ilerler ve bu sebepten yolun temel tabakasını daneli malzemesine girerek daneler arasındaki aderansın azalmasına neden olmakta ve bu yüzden temel zeminin taşıma kapasitesinde düşüşe neden olmaktadır [5]. Yolun yarma kesitlerinde, yolun ana gövdesine gelen su akımları yol platformu zemininde kayma yüzeyleri meydana getirerek stabilize yol yapısını tahrip etmekte ve zeminde kaymalara sebep teşkil etmektedir. Yağışlı havalarda, yolun üst kısmında göllenme durumunda su, araç lastiği ile yol yüzeyi arasında ince bir katman oluşturmakta bundan ötürü sürtünme kat sayısı düşmektedir. Şekil 2’de olduğu gibi sürtünmenin azalmasıyla birlikte araç lastiği ile yol arasındaki teması kısmen veya tamamen engellediğinde araçların kontrolden çıkmasına ve bunun sonucunda trafik kazaları meydana gelmesine neden olmaktadır.



Şekil 2. Yağıştan sonra yol yüzeyi ile araç lastiği arasında oluşan manzara [6].

Bu çalışmada, kent içi yolların yüzeysel yağmursuyu drenajı ile ilgili genel bilgiler verilmiş olup, Diyarbakır şehrinin en işlek kent içi yollarından biri olan Urfa yolu yağmursuyu drenaj oluklarının sayı ve kapasite açısından yeterliliği irdelenerek yüzeysel drenaj bakımından performans analizinin yapılması amaçlanmıştır. Konu ile ilgili yapılan literatür taramaları aşağıda verilmiştir.

Kentsel yol yüzey drenajının etkisinin değerlendirilmesini ele almış olup, genel olarak, yol yüzeyi drenajının çalışma alanı yetersiz bulunmuştur. Yetersiz drenaj yapıları sağlanması, uygun olmayan bakım ve aralarında uygun ara bağlantı eksikliği yol ve drenaj altyapıları gibi nedenler yol kaplama malzemesine zarar verileceğini analiz etmişlerdir [7].

Fırtına olayları nedeniyle yollardaki fazla yüzey suyu, trafik için tehlikeli senaryolara neden olabilmektedir. Ayrıca verimli yol ve ulaşım tesisi drenaj sistemlerinin tasarımı büyük bir zorluktur. Fazla yüzey suyunu sınırlamak için farklı yaklaşımlar, farklı ülkelerin drenaj tasarım standartlarında bulunabilmektedir. Bu belge, hidrolik sayısal simülasyona ve Iber modeli kullanılarak ızgara giriş verimliliğinin değerlendirilmesine dayalı bir yöntem sunmaktadır. Yöntem, farklı ülkelerin yönetmeliklerine göre tasarım kriterlerine uygulama için uygundur. Sunulan yöntem, her senaryoda dikkate alınan ızgara girişlerinin her birinin hidrolik davranışının tam kontrolü yoluyla farklı yıkayıcı eğilimlerinin performansının duyarlılık analizlerini kolaylaştırmaktadır. Ayrıntılı hidrolik bilgiler, daha iyi kararlar almak ve verimliliği en üst düzeye çıkaran çözümler elde etmek için farklı çözüm karşılaştırmalarının temeli olabilir sonucuna varmışlardır [8].

Kaplama sistemindeki nem, nem hasarına, modülün azalmasına ve mukavemet kaybına neden olabileceğini, kaplama sistemlerinin tamamen doygunluğu, yalnızca pozitif toplam yüklerin mevcut olması ve pürüzlülüğün doygunluğu sağlanacak şekilde dağıtılması durumunda gerçekleşebileceğini, suyu zararlı etkileri ancak suyun kaldırım sistemine girmesinin engellenmesiyle azaltılabileceğini, sızan suyun gecikmeden boşaltılması durumunda kaplamanın hizmet ömrü 1,5 kat daha fazla olabileceğini vurgulamışlar. Ayrıca iyi drenaja sahip kaplama sistemlerinin, drenajsız kaplama sistemlerine göre 2 ila 3 kat daha fazla tasarım ömrüne sahip olduğunu belirtmişlerdir [9].

Ulaşım altyapısını tehdit eden doğal afetler arasında yer alan su baskını, karayollarının tasarımını, işletimini, verimliliğini ve güvenliğini zora soktuğu için karayolları için büyük bir tehlike oluşturduğunu, aşırı durumlarda, trafiğin büyük ölçüde engellenmesine ve yol yapılarının doğrudan zarar görmesine ve bölgenin ekonomik faaliyetlerine ve kalkınmasına dolaylı zarar vermesine yol açabildiğini, bu tür sonuçların önlenmesini ve mevcut altyapı için uyarlanabilir önlemlerin önerilmesini sağlamak amacıyla, bir otoyol boyunca su baskınlarına karşı en hassas noktaların belirlenmesine yönelik entegre bir çerçeve sunmuşlardır [10].

Karayolu kazalarına neden olan olumsuz karayolu unsurları arasında; standartların altında yol hizalaması veya geometrisi, banket ve banket kusurlarının olması, yaya tesislerinin olmaması veya uygunsuz olması, dar ve kusurlu şeritler ve köprü/köprü yaklaşımları yer almaktadır. Yol kenarındaki tehlikeler, tanımlanmamış kaldırım merkezi ve kenar çizgileri, zayıf görüş mesafeleri, işaretlenmemiş ve uygunsuz kavşak tasarımı, güzergâh boyunca ciddi tahsis eksiklikleri, geliş güzel otobüs durakları ve diğer etmenler suyun birikmesinin nedenleri olarak saptamış ve otoyol yüzey drenaj sistemi ve yol kesiminde su birikimi sorunlarına çözüm aramıştır [11].

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Bu çalışmada, kent içi yolların yüzeysel yağmursuyu drenajı ile ilgili genel bilgiler verilmiş olup, Diyarbakır şehrinin en işlek kent içi yollarından biri olan Şanlıurfa yolu yağmursuyu drenaj oluklarının sayısı ve kapasite açısından yeterliliği irdelenerek yüzeysel drenaj bakımından performans analizinin yapılması amaçlanmıştır. Manning ve Rasyonel Metot olmak üzere iki farklı metot bulunmaktadır. Bu iki metodun yağmur suyu oluklarının hesaplanmasında kullanılması tavsiye edilmektedir. Yağmur suyu oluklarının su iletme kapasitesi hesabı yapılmış olup yoldaki mevcut düzen için karayolları yönetmeliğinin belirtmiş olduğu ızgara tipli olukların ebatlarına göre yağmur suyu girişleri arası mesafe hesaplanmıştır. Mevcutta bulunan olukların sayısı ve kapasiteleri karşılaştırılarak uygulama alanı olarak seçilen yol kesitinin yağmur suyu oluklarının kapasiteleri ve sayısının yeterli olup olmadığı, hidrolik analizlerle değerlendirilecektir.

2.2 Yüzeysel Akış Miktarı

Yüzeysel akış aynı zamanda karasal akış olarak da bilinir, kanal akışının aksine, suyun yer yüzeyindeki akışıdır. Bu akış türü, toprağın maksimum kapasitesinin suya doymuş hale gelmesi ve yağmurun toprağa sızabilecek olan su miktarından fazla olması durumunda meydana gelebilmektedir. Yol, kaldırım, beton kaplama gibi geçirimsiz örtülerden gelen yüzeysel akışın, zemine sızmasına izin vermemesi nedeni ile oluşmaktadır. Öte yandan, akış doğal veya suni yollarla meydana gelebilmektedir. Akış miktarının hesaplanmasında en popüler metot olan Rasyonel Metot kullanılmaktadır.

$$Q = (1/3600) \cdot (C \cdot I \cdot A) \quad (1)$$

Burada; Q=Akış miktarı debi (lt/sn)

C=Akış katsayısı (Boyutsuz)

I=Yağış şiddeti (mm/saat)

A=Drenaj havzası alanı (km²)

Denklem (1)'de ki akış katsayısı (C) kaplama ve zemin türlerine göre, değişiklik göstermektedir. Akış katsayıları hem beton hem de asfalt kaplama için 0,80-0,95'dir Tablo 1'de verilmiştir [12].

Tablo 1. *Kaplama ve zemin türlerine göre yüzeysel akış katsayısı (C)*

Kaplama ve Zemin Özellikleri	Akış Katsayısı (C)
Beton veya Asfalt Kaplama	0,80-0,95
Çakıl Yollar	0,35-0,75
Parklar ve Yeşil Alanlar	0,10-0,35
Hafif Çayırıklar	0,20-0,40
Çok Dik Çıplak Yamaçlar	0,80-0,90
Yaprak Döken Ağaçlı Ormanlar	0,35-0,60
Çam Ormanları	0,25-0,50
Dalgalı Çıplak Yüzeyler	0,60-0,80
Vadi İçi Ekili Araziler	0,10-0,30

Yağış şiddeti (I); yerel yağış yoğunluğu-süresi ile tanımlanmaktadır. T_c dakika cinsinden konsantrasyon süresi aşağıdaki bağıntıda verilmiştir.

$$T_c = 0,0078 \cdot [(L_1^{3/2} \cdot 3,2808) / H^{1/2}]^{0,77} \quad (2)$$

Burada;

T_c = Konsantrasyon süresi (dk)

L = Akışın havza girişi ile çıkışı arasında katettiği en uzak akış uzunluğu (m)

H = Kot farkı (m).

Hesaplanan konsantrasyon süresi, yağış şiddeti-süre-tekerrür eğrilerini oluşturmada kullanılmaktadır.

Rasyonel metot ile hendeklerin maksimum iletebileceği debi hesaplanır. Manning yöntemi ile hesaplanan debiyi arazi yapısına göre belirli hız limitlerini aşmayacak bir biçimde en uygun ve en ekonomik hendek kesiti bulunur. Ark ve cadde cinsine göre Manning 'n' pürüzlülük katsayısı asfalt kaplama için 0,012 Tablo 2'den alınmıştır [13].

Tablo 2. *Manning 'n' pürüzlülük katsayısı*

Ark ve Cadde cinsi	Manning 'n'
Beton giriş yeri	0,012
Asfalt kaplama	0,012
Yumuşak tip	0,013
Sert tip	0,016
Asfalt kaplanmış giriş yeri	0,016

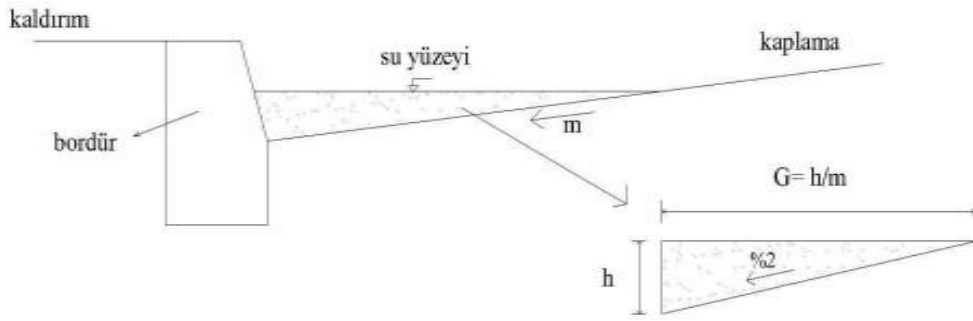
Yumuşak	0,013
Sert	0,015
Beton kaplama	0,015
Mala ile düzeltilmiş	0,014
Tırmık ile düzeltilmiş	0,016

$$Q = (1/n).R^{2/3}.S^{1/2}.A \quad (3)$$

Burada;

S=Kanalın eğimi (m/m)

n=pürüzlülük katsayısı



Şekil 3. Bordür su oluğu kesiti [14].

Şekil 3'te verilen bordür oluğu kapasite hesabı genellikle Manning formüllü aşağıdaki forma dönüştürülerek hesap yapılmaktadır.

$$Q_{b2} = 0,00175.(1/m.n).S^{1/2}.h^{8/3} \quad (4)$$

Burada;

Q_{b2}=Su iletme kapasitesi (lot /sn)

m=Yolun enine eğimi

h=Su derinliği (cm)

G=Bordür oluğu için yayılma mesafesi

Su derinliği (h) aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [15].

G=h/m

2.3 Yağmursuyu Girişlerinin Kapasite Hesabı

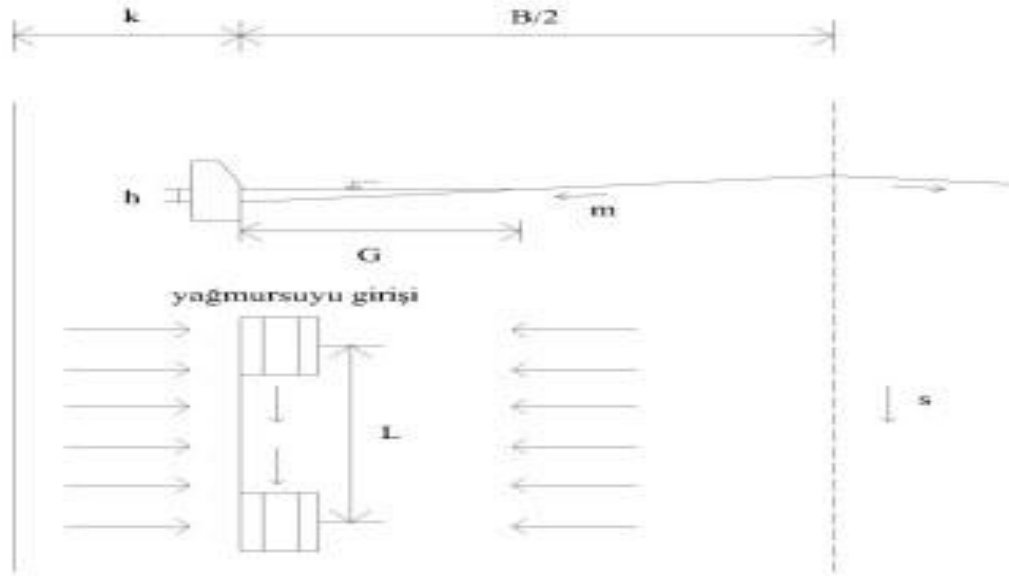
Trafik güvenliğini sağlamak ve yağmur sularının daha fazla yayılarak yolun yapısına zarar vermemek için bordür oluklarına yağmur suyu girişleri yerleştirilir. Yağmur suyu girişine gelen suyun miktarının hesaplamak için Rasyonel Metot kullanılmaktadır [16].

Burada;

$$Q_b = (1/3600).(C.I.A) \quad (5)$$

Yağış havzası, su toplama genişliği ile kaldırım genişliğinin toplamının yağmur suyu girişleri arasındaki mesafe (L) ile çarpımıdır.

Yağış şiddeti (I), konsantrasyon süresi (T_c) ve tasarım frekans eğrisinden alınır. Yolun eğim değerleri için suyun konsantrasyon süresi 5 ila 15 dakikadır [17]. Konsantrasyon süresi T_c 2 ve 2'den küçük eğim yüzdeleri için 15 dk'dır [18]. Yağış şiddetinin belirlenmesinde başka bir etken olan tekerrür süresi düşey kurb için 50 yıldır [18]. Yağmur girişlerinin ara hesabı Şekil 4'te ki verilen değerlerin bulunması ile sonuçlanır.



Şekil 4. Yağmur oluklarının ara mesafesi [14].

Yol için yağış alanı;

$$A = (B/2 + k).L \quad (6)$$

Burada;

K=Kaldırım genişliği (m)

B=Yol gövdesi genişliğinin 1/2' si (m)

L=İki oluk arası mesafe (m)

Rasyonel Metot uygulanarak;

$$Q_{b1}=(1/3600).C.I.(B/2+k).L \quad (7)$$

Yağmur suyu girişlerinin su iletme kapasitesi (m, n ve S)'e bağlı olacak şekilde;

$$Q_{b2}=0,00175.(1/m.n).S^{1/2}.h^{8/3} \quad (8)$$

$Q_{b1} = Q_{b2}$ eşitlenerek oluklar arası mesafe (L) varsayımsal olarak bulunur. Hesaplanan yağmur suyu girişi ebatları, suyun yağmur suyu üzerinden geçmeyeceği yanıl alanlardan gelen suyun tamamen girişlere girdiği ve oluk kapasitesinin tüm gelen yağış sularını alabileceği kabulü yapılır.

2.4 Uygulama Alanı Olarak Seçilen Yol Kesitinin Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, Nazım Hikmet Caddesi-Mahabad Bulvarı istikameti gidiş sağ şerit 1 numaralı yolun yağmur suyu giriş yerlerinin belirlenmesi çalışmanın örnek bir kesiti olarak sunulmuş ayrıca diğer yol kesitleri hesaplamaları yapılmış olup araştırma bulguları başlığı altında Şekil 11'de yağmur suyu girişleri sayısı mavi renk ile gösterilmiştir. Yeni Hal Köprülü Kavşağı alt geçit girişi – Kantar Köprülü Kavşağı alt geçit girişi arasında ızgaralı yağmur suyu girişlerinin sayısı ise aynı metot ile hesaplanarak Şekil 12'de siyah renk ile gösterilmiştir.

Izgara girişleri kapasite hesabı;

L=514 m

B=10 m

k=3 m

S=0,02

m=0,02 n=0,015 Tablo 2'den bulunur.

G=2 m

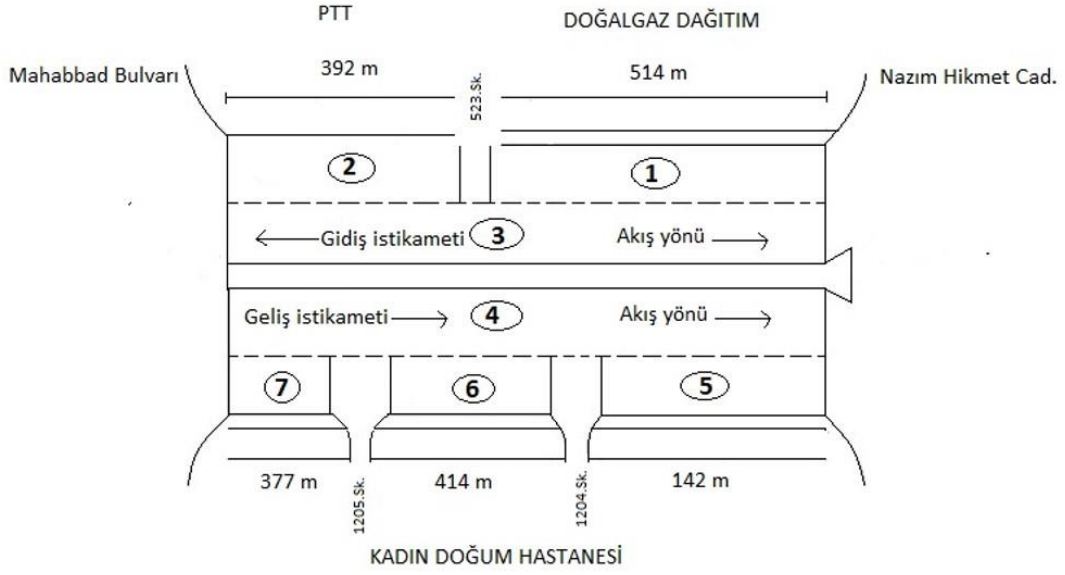
$G=h/m \longrightarrow h=G.m$

H=2.0,02=4 cm

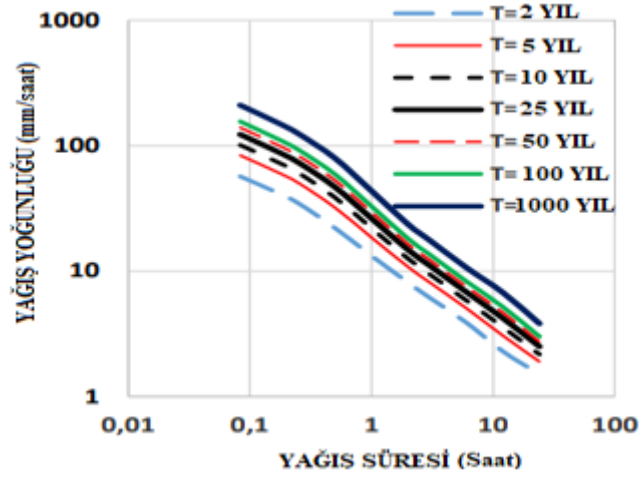
$Q_{b2}=0,00175.(1/m.n).s^{1/2}.h^{8/3}$ lt/sn

$Q_{b2}=0,00175.(1/0,02.0,015).0,02^{1/2}.4^{8/3}$

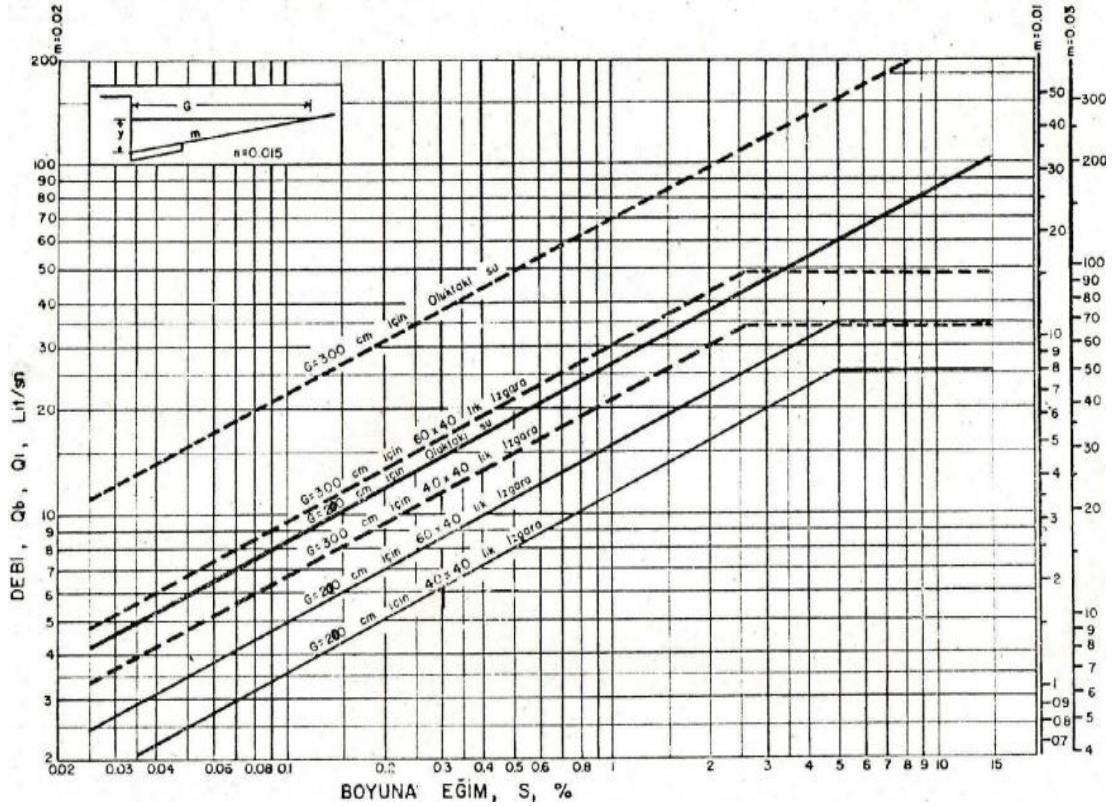
$Q_{b2}=33$ lt/sn Izgara girişi kapasitesi



Şekil 5. Nazım Hikmet Caddesi-Mahabad Bulvarı arası yol genel görünümü



Şekil 6. Diyarbakır ili Bağlar ilçesi yağunluk-süre-frekans eğrisi



Şekil 7. $G=200$ cm ve $G=300$ cm'ye göre bordür oluğu su kapasitesi ve 60×40 ile 40×40 T.C.K'nın tip ızgaralarının su alma kapasiteleri [18].

Izgaralar arası mesafe hesabı;

$$Q_{b1} = (1/360) \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$C = 0,90 \text{ (Tablo 2)}$$

$$T_c = 15 \text{ dk}$$

Frekans 25 Yıl

$$I = 110 \text{ mm/saat (Şekil 6)}$$

$$A = (B/2 + k) \cdot L \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A = (10/2 + 3) \cdot L$$

$$A = 8 \cdot L$$

$$Q_{b1} = (1/3600) \cdot 0,90 \cdot 110 \cdot 8 \cdot L$$

$$A = 0,22 \cdot L$$

Teorik olarak ızgaralar arası mesafe;

$$Q_{b1} = Q_{b2} \text{ debileri eşitlenerek } 0,22 \cdot L = 33$$

$$L = 150 \text{ m}$$

Seçilen ızgaralara göre; ızgaralar arası gerçek mesafe hesabı;

$$60 \times 40 \text{ Izgaralı yağmur suyu girişi (Şekil 7) } Q_{b3} = 23 \text{ lt/sn}$$

$$Q_{b1} = 0,22 \cdot L \text{ lt/sn}$$

$$Q_{b1} = Q_{b3}$$

$$23 = 0,22.L$$

$$L \cong 105 \text{ m}$$

40x40 Izgaralı yağmur suyu girişi grafikten $Q_{b3} = 17 \text{ lt/sn}$

$$Q_{b1} = 0,22.L \text{ lt/sn}$$

$$Q_{b1} = Q_{b3}$$

$$17 = 0,22.L$$

$$L \cong 77 \text{ m}$$

Yolun tamamına gelen yağmur suyu debisi

$$Q_b = 0,22.514 \cong 113 \text{ lt/sn}$$

Izgaraların yerleştirilmesi; yolun başlangıç noktasına yerleştirilen 1 adet 60x40'lık ızgara, 105 metrede bir yerleştirilmelidir. Her bir ızgara kapasitesi 23 lt/sn olduğuna göre; $4.23 \text{ lt/sn} = 92 \text{ lt/sn}$ almaktadır. 514 metrelik yola gelen toplam yağmur suyu debisi (Q_b) 113 lt/sn'dir. Geriye kalan taşınması gereken yağmursuyu debisi ise $113 - 92 = 21 \text{ lt/sn}$ 'dir. 40x40'lık ızgaralar 17 lt/sn debilik yağmursuyu aldığından, yolun sonuna 2 adet 40x40'lık ızgara yerleştirilmelidir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

İnceleme alanı olarak seçilen yol güzergâhlarının yüzeysel drenaj bakımından yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Yüzeysel drenajın yetersiz olması, yağışlı günlerde yolun bir kısmına yağmur suyunun birikmesini sağlamaktadır. Oluşan su birikintileri yağmur suyu girişlerinin gerisinde yayılmalara neden olmaktadır. Bu durum, trafik akışını olumsuz etkilemekte ve yol platformuna zarar vermektedir. Şekil 8'de görüldüğü gibi Nazım Hikmet Caddesi- Mahabad Bulvarı arasındaki yol kesitinde, izin verilen 2 metre yayılma genişliği sınırını aştığı görülmektedir. Yayılma genişliğinin izin verilen genişlikten bir hayli büyük olması, olası trafik kazalarına ve yol platformunun hasar görmesine neden olmaktadır.



Şekil 8. Nazım Hikmet Caddesi- Mahabad Bulvarı arası yolun yayılma genişliğinin aşılmasından kaynaklı oluşan manzara [15].

Şekil 9’da yağmur suyu giriş kapasitesinin yetersizliği, yağmur suyu giriş noktalarının gerisinde su birikmesine, biriken suyun tahliye edilmemesi nedeniyle asfalt kaplamanın yağmur suyuna maruz kalmasına, kaplamanın ziftten sıyrılabilmesine ve bunun sonucunda çukurların, çatlakların, kılcal çizgilerin ve dalgaların oluşmasına neden olmaktadır. Yetersiz drenaj, her yıl yol bakımının yapılmasına ya da yolların tümünden yenilenmesine neden olmaktadır. Bu da yolun bakım ve onarım maliyetini oldukça artırmaktadır.



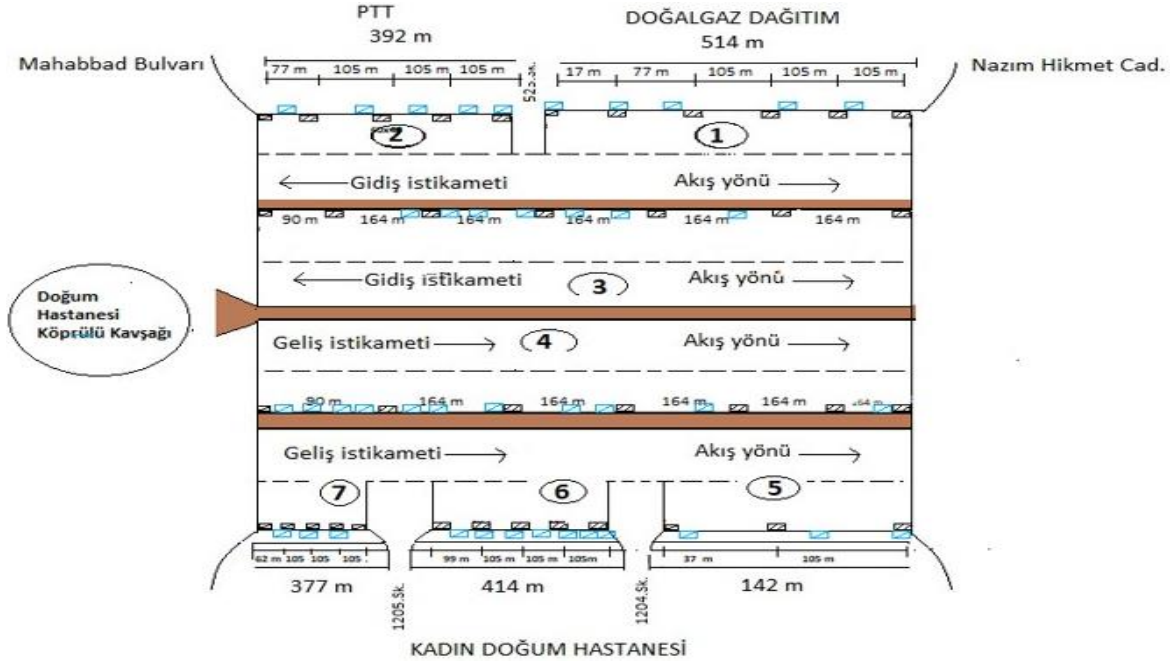
Şekil 9. Su tahliyesi yapılmaması sonucu oluşan tahribat

Şekil 10’da görülmekte olan ızgara boyutunun 60x40 ile 40x40 T.C.K’nın tip ızgaralarının su alma kapasitelerine göre oldukça küçük ve yerleştirme aralığı oldukça büyük olması su yayılma genişlik sınırının 3 metreden fazla olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla trafik emniyetini tehlikeye sokarak trafik akışı açısından olumsuzluklar meydana getirebilmektedir.



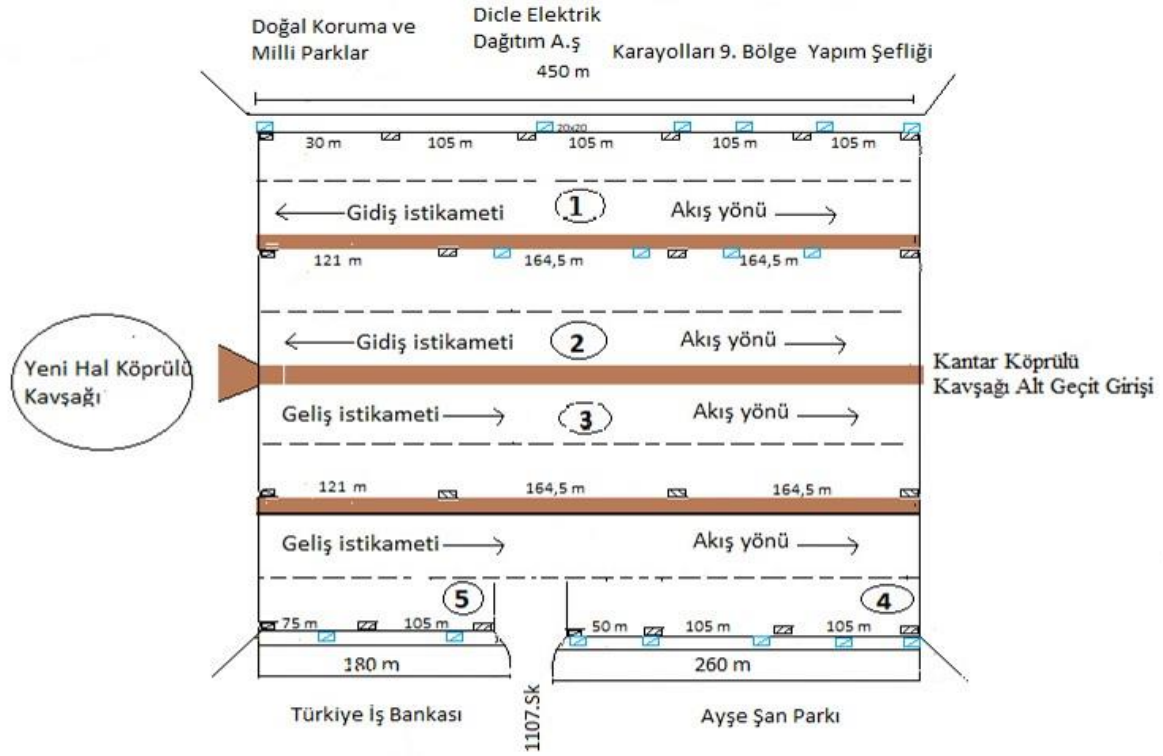
Şekil 10. Mevcut yolda yetersiz yağmur suyu giriş ızgarası

Şekil 11’de görülmekte olan Nazım Hikmet- Mahabab Bulvarı arası yolda; siyah renk ile belirtilen ve yol kenarına konumlandırılan ızgaraların mevcut durumu görülmektedir. Hesaplamalar sonucu bulunmuş ve yerleştirilmesi gereken yağmur suyu girişleri mavi renk ile gösterilmiştir. Şekil 11’de gösterilen düzende mevcut ızgara sayısı ve ebadı bakımından gidiş istikametinin orta ve sağ şeritlerinde yetersizdir. Ayrıca kavşakların giriş ve çıkışlarına kısmen yağmur suyu girişleri yerleştirilmiştir.



Şekil 11. Nazım Hikmet Caddesi- Mahabab Bulvarı arasında ızgaralı yağmursuyu girişlerinin karşılaştırılması

Şekil 12’de görülmekte olan Yeni Hal Köprüsü Kavşağı alt geçit girişi – Kantar Köprüsü Kavşağı alt geçit girişi arası yolda; mavi renk ile gösterilen ızgaralar mevcut durumu göstermektedir. Hesaplamalar sonucu bulunmuş ve yerleştirilmesi lazım gelen yağmur suyu girişleri siyah renk ile gösterilmiştir. Şekil 12’de gösterilen düzende mevcut ızgara sayısı ve ebatı bakımından yetersiz olarak yerleştirilmiştir. Özellikle mevcut olan düzende gidiş-geliş istikametinde orta şeritte hiç ızgara yerleştirilmemiştir. Ayrıca kavşakların giriş ve çıkışlarında kısmen yağmur suyu girişleri yerleştirilmiş olup ebatları oldukça küçüktür.



Şekil 12. Yeni Hal Köprülü Kavşağı alt geçit girişi – Kantar Köprülü Kavşağı alt geçit girişi arasında ızgaralı yağmur suyu girişlerinin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Kent içi karayolunda; yolun kullanım süresinin artması, bakım ve onarım gibi masrafların en aza indirgenmesi ayrıca trafik açısından konforlu ve güvenli olması için yağmur suyunun yol ana platformundan nitelikli bir drenaj ağı ile tahliye edilmesi gerekmektedir. Diyarbakır ili şehir merkezindeki Kantar Köprülü Kavşağı alt geçit girişi ile Yeni Hal Köprülü Kavşağı alt geçit girişi arasında kalan yol kesitinde ve Nazım Hikmet Caddesi- Mahabad Bulvarı arasında kalan yol kesitinde KGM tip ızgaralı girişler arası mesafe ölçüm hesabı yapılarak yol kesitindeki mevcut düzene göre yerleştirilmiştir. Mevcutta var olan yağmur suyu girişleri ile hesaplamalar sonucu bulunan yağmur suyu ızgaralı girişler arasında kıyaslama ve gözlem yapılmış olup, seçilen yol kesitlerinin yağmur suyu girişlerinin sayısı ve kapasitelerinin yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Seçilen yol kesitlerinin yağmur suyu giriş kapasite ve sayılarının yetersiz olmasından ötürü yağmur suları yolun ana gövdesinde yayılarak araç tekerleğinin yola olan temasını azaltarak tekerleğin dönme yerine öteleme hareketi yapmasına sebep olmaktadır. Araç tekerleğinin sürtünmesi azalması sonucu trafik akış emniyetini olumsuz yönde etkilemektedir. Sonuç açısından değerlendirildiğinde kent içi yollarda bakım maliyetlerinin artması ve yol ömrünün uzatılması için yağmur suyu girişleri drenaj hesabı yapılarak olması gereken aralıklarla yerlerine mutlaka yerleştirilmelidir. Yağmur suyu giriş yerleri drenajı için şu önerilerde bulunulabilir:

1. Yolun ana gövdesinde yağmur sularının birikmemesi için yan yolların drenaj hesabı kendi içinde yapılarak yağmur suyu girişleri mutlaka konulmalıdır.
2. Türkiye genelinde ızgaralı yağmur suyu girişleri kullanımı oldukça yaygındır. Uygulamada bordür kenarına paralel yerleştirilmelidir bu sayede hem tıkanma problemi aşılacak hem de su alma kapasitesi artacaktır.
3. Caddeler için drenaj uygulaması olarak ayrık bir yağmur suyu giriş dizaynı için %50 tıkanmayı tasarlarken, bordür girişi olan yağmur suyu girişleri için %10 tıkanma payı düşünülmektedir.
4. Yağmur suyu giriş konumları kavşaklar baz alınarak hesaplanmalı ve ayrıca hesaplama sonucuna göre yerleştirilmelidir.
5. Yolun eğimi fazla olan kısımlarında yağmur suyu girişleri kısa bir zaman diliminde tıkanabilmektedir. Bundan dolayı bu eğimli yerlerde kapasite hesabı yapıldığı zaman bordür giriş yerleri %10, çoklu girişlerde %20 ve cadde girişlerinde ise %30 tıkanma payı olacak şekilde hesap yapılmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uydıklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediğini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Yazar 1: Kavramsallaştırma, gözetim ve liderlik sorumluluğu, metodoloji, analiz, kurgulama, taslak hazırlama ve veri toplama. Yazar 2: Analiz araçlarını sağlama, analiz, inceleme, kavramsallaştırma, metodoloji ve doğrulama. Yazar 3: Veri toplama, verinin düzenlenmesi, inceleme ve yazma.

KAYNAKLAR

- [1] B. Çağlarer, “Karayollarında Drenaj İşleri,” Ankara: Bayındırlık Bakanlığı Yayını, 1972, s. 172.
- [2] N. Yayala, “Karayolu Mühendisliği,” İstanbul: Birsen Yayın Evi, 2004.

- [3] A. Tunç, “Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları,” İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım, 2002.
- [4] Z. Aytaş, “Zemin sıvılaşmasına zemin ve deprem parametrelerinin etkisinin değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman, 2019.”
- [5] H. B. Gençdal, S. A. Berilgen ve H. Kılıç, “Sıkıştırılmış yüksek plastisiteli kil bir zeminde hacim değişimi davranışının farklı başlangıç koşulları için incelenmesi,” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 35, no. 3, ss. 1421-1436, 2020.”
- [6] “Hergün Medya,” [Çevrimiçi]. Available: https://hergunmedya.com/haber/antalya_yagmura_teslim_oldu-66177.html. [Erişildi: 21 12 2023].
- [7] G. K. Warati ve T. A. Demissie, “Assessment of the effect of urban road surface drainage: a case study at Ginjo Guduru Kebele of Jimma town,” International Journal of Science, Technology and Society (IJSTS), cilt 3, no. 4, ss. 164-173, 2015.
- [8] J. A. Aranda, C. Beneyto, M. Sanchez-Juny ve E. Blade, “Efficient design of road drainage systems,” Water, cilt 12, no. 13, ss. 16-61, 2021.
- [9] Z. A. A. Farukh ve V. P. Ravekar, “Study on Drainage Related Performance of Flexible Highway Pavements,” International Journal on Recent and Innovative Trend in Technology, cilt 2, no. 9, ss. 79-89, 2016.
- [10] A. Pedrozo-Acuna, G. Moreno, P. Mejia-Estrada, P. Paredes-Victoria, J. A. Brena-Naranjo ve C. Meza, “Integrated approach to determine highway flooding and critical points of drainage,” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, no. 50, ss. 182-191, 2017.
- [11] D. Mukherjee, “Highway surface drainage system & problems of water logging in road section.,” *Int.J.Eng.Sci.*, cilt 3, ss. 44-51, 2014.
- [12] H. Fidan ve T. Bağatur, “Kent İçi Karayolu Alt Geçitlerde Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Hibrit Sistem Analizi: Diyarbakır Örneği,” Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 12, no. 2, ss. 269-283, 2023, doi: 10.55007/dufed.1276718.
- [13] FHWA, “Federal Highway Administration,” 1996. [Çevrimiçi]. Available: fhwa.dot.gov. [Erişildi: 03 03 2024].
- [14] V. Gezder, “Kentiçi Yolların Yüzeysel Drenajı ve Erzurum Örneği,” Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2009.
- [15] FHWA, “Federal Highway Administration,” 1996. [Çevrimiçi]. Available: fhwa.dot.gov. [Erişildi: 03 03 2024].
- [16] H. Fidan, “Kent İçi Karayolu Alt Geçitlerde Yüzeysel Yağmur Suyu Drenajı İçin Hibrit Sistem Analizi: Diyarbakır Örneği,” Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 2023.
- [17] “Karayolu Teknik Şartnamesi,” [Çevrimiçi]. Available: <http://www.tamyol.com.tr>. [Erişildi: 04 03 2024].
- [18] “KGM, Karayolları Genel Müdürlüğü” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/default.aspx>. [Erişildi: 02 03 2024].



Araştırma Makalesi / Research Article


Niğde Kiliseleri: Örnekler, Koruma Sorunları, Öneriler

Nigde Churches: Examples, Conservation Problems, Suggestions

İlkay AYZAZ TİPİ^{1,*} , Zehra Gediz URAK² 

¹ Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, 06500, Ankara, Türkiye

² Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, 06790, Ankara, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1448508>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 07 Mart 2024

Revize, 17 Mayıs 2024

Kabul, 27 Mayıs 2024

Online Yayınlama, 09 Haziran 2024

Anahtar Kelimeler

*Niğde, Koruma, Kilise,
Restorasyon, Kültürel miras*

ÖZ

Niğde’de mübadelenin ardından demografik yapının değişmesi toplumsal, sosyal ve kültürel değişimlere sebep olmuştur. Rumların kendi din, sosyal, kültür ve ihtiyaçlarına göre oluşturdukları ve uzun yıllar yaşadıkları yerleşimlerde izleri kalmıştır. Anılan değişim ile Niğde Kiliselerinin bir kısmı Müslümanların ibadet ihtiyaçlarına göre Camiye çevrilmiş, bir kısmı depo vb. olarak kullanılmış, bir bölümü de kaderine terk edilmiştir. İnşa edildikleri dönemden bu yana da maruz kaldıkları doğal etkiler yıpranmayı da beraberinde getirmiştir. Niğde kent merkezi ve çevresindeki kiliselerin tespit edilmesi ile bugünkü durumlarının belirlenmesi, geleceğe güvenle bırakılmaları için nasıl korunmaları gerektiği konusunda bir yöntem araştırması yapılmaktadır. Niğde kiliselerinin korunması, sağlamaştırılması için öncelikle mevcut korunma durumu incelenerek yapılarda ya da kalıntılarda meydana gelen bozulmalar ve nedenleri tespit edilmiştir. Çözümleme tablolarında mimari özelliklerin incelenmesi, yapı malzemelerinin ve mevcut korunma sorunlarının tespit edilmesi, bozulmaya neden olan etkenler ve öneriler ele alınmıştır. Analiz çalışmalarının tamamlanmasının ardından konum, mekân, eleman ve cephe bazında tipolojik çözümler oluşturulmasının ardından çözümlere bağlı olarak, kiliselerin; mimari değerlerinin korunması ile sorunlarının çözülmesi bağlamında bütüncül ve kapsamlı bir koruma politikası sağlayacak, koruma ölçütleri oluşturulmuştur.

ARTICLE INFO

Article History

Received, 07 March 2024

Revised, 17 May 2024

Accepted, 27 May 2024

Available Online, 09 June 2024

Keywords

*Nigde, Conservation, Church,
Restoration, Cultural heritage*

ABSTRACT

The change in the demographic structure in Niğde following the exchange has caused communal, social and cultural changes. The Greeks left their traces in the settlements they created according to their own religion, social, culture and needs and in which they lived for many years. With the change mentioned above, some of the churches of Niğde were converted into mosques according to the worship needs of Muslims, some were used as warehouses, etc., and some were left to their fate. Since the period when they were built, the natural effects they have been exposed to have brought wear and tear. A methodological research is being carried out to identify

**Sorumlu Yazar*

E-posta Adresleri: ilkayaz@gmail.com (İlkay AYZAZ TİPİ), gedizu@gazi.edu.tr (Zehra Gediz URAK)

churches in Niğde city centre and related settlements, to determine their current condition, and how they should be protected in order to be left to the future with confidence. In order to protect and consolidate the churches of Niğde, first of all, the current state of preservation was examined and the deterioration of the buildings or ruins and their causes were determined. In the analysis tables, architectural features, building materials and current conservation problems, factors causing deterioration and suggestions are discussed. After the completion of the analyses, typological analyses were made on the basis of location, space, element and facade, and depending on the analyses, conservation criteria were created that will provide a holistic and comprehensive conservation policy in the context of protecting the architectural values of the churches and solving their problems.

1. GİRİŞ

Kapadokya, dünyadaki doğal oluşumların en iyi örneklerinin yer aldığı yörelerden biri olup ülkenin turizmi açısından oldukça önemli bir bölgedir. Sınırları yüzyıllar içinde birçok kez değişmiş olmasına rağmen, günümüzün Nevşehir, Niğde, Kayseri, Aksaray; kısmen Sivas, Malatya, Kırşehir illerini kapsayan coğrafya olarak tanımlanabilir. Kapadokya yöresinde ve İç Anadolu Bölgesi'nin güneydoğusunda bulunan Niğde, ipek yolu ve Kral yolu geçiş güzergahında, 800 bin yıllık tarihi geçmişin izlerine sahip ve 10 bin yıllık kesintisiz bir hayatın sürdürüldüğü şehir olup tüm dönemlerin ve kültürlerin izlerine sahiptir. Ancak bu alanda yer alan Niğde'nin yeterli tanıtımı ve turizme katkısı sağlanamamıştır [1, 2].

2019 yılında Kapadokya Alan Başkanlığı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi (38 Nolu) doğrultusunda 01.06.2019 tarihli ve 30791 sayılı Resmî Gazetede 7174 nolu Kapadokya alanı Hakkında Kanun yayınlanmıştır [3]. Söz konusu kanun ile, Kapadokya Alanının önem ve değerine uygun olarak korunması, yaşatılması ve gelecek nesillere aktarılması amaçlanmıştır. Alanda arkeolojik, doğal, kentsel sit alanları ile orman ve tarım arazilerinin, bir arada yer alması ve alanda yetki sahibi çok sayıda idare bulunması sebebiyle alanın bütüncül bir anlayışla korunması, planlanması hususunda Başkanlığa yetkiler verilmiştir [3]. Ancak Niğde ili ve ilçelerinin alan sınırları dışında olduğu anlaşılmıştır.

Niğde kiliseleri ile ilgili literatür araştırması yapıldığında çalışmaların daha çok sanat tarihi alanında yapıldığı, mimari alanda tipoloji çalışması yapılarak detaylı analizler ile koruma sorunlarına yönelik genel bir değerlendirme yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmanın, bu alandaki eksikliği gidereceği düşünülmektedir. Niğde kent merkezi ve bağlı yerleşim birimlerindeki kiliseler günümüzde çoğunlukla işlevlerini sürdürmedikleri için terkedilerek tahribata açık kalmışlardır. Çalışmada, Niğde kent merkezinde ve bağlı yerleşim birimlerinde özellikle Islahat Fermanı sonrasında inşa edilmiş olan kiliselerin bugünkü durumu analiz edilerek koruma sorunları ve hasarları; nedenleriyle birlikte araştırılmıştır. Sonucunda belirlenen hasar ve koruma sorunları doğrultusunda koruma önerileri

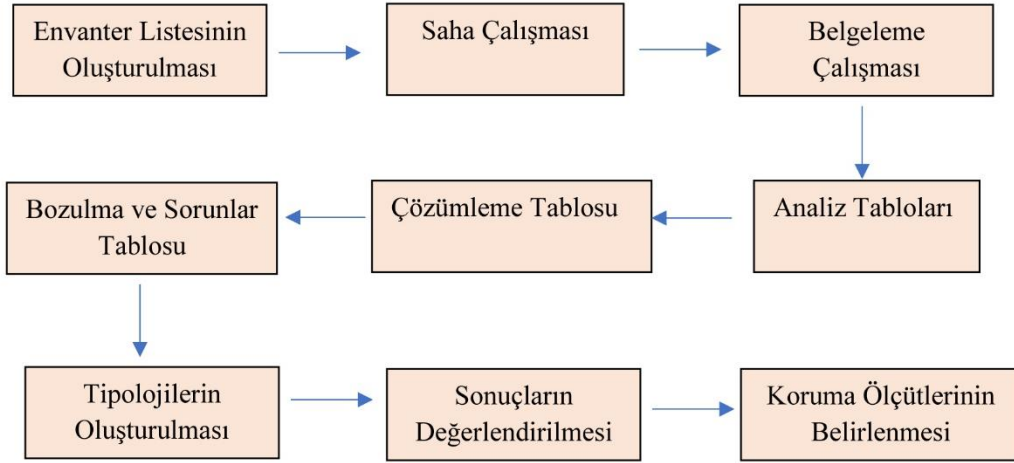
geliştirilmiş ve korunmalarına yönelik bir yöntem araştırması yapılmıştır. Koruma önerileri geliştirilerek ve Niğde kiliselerinin korunmalarına yönelik bir yöntem araştırması yapılması planlanmaktadır.

Korunması gerekli kültür varlıklarının taşıdıkları değerler kuramsal olarak ayrılır. Bu değerler ve koruma ölçütleri; belgesel değer, tarihsel değer, estetik/mimari değer (sanat değeri, izlenim değeri, pitoresklik değeri), ekonomik değer (kullanım değeri) olarak sayılabilir [2]. Belgesel değer, varlığın en önemli değeri olmakla birlikte o varlığı inşa eden ve kullanan toplumun sosyal, kültürel, politik, ekonomik niteliklerini ve estetik yaklaşımlarını, yaşam biçimlerini yansıtmaktadır [2]. Tarihsel değer, toplumun geçmişinin somut belgeleri olup estetik/mimari değer, mimarlık, planlama, mimarlık tarihi ve sanat tarihi gibi bilim alanları ile değerlendirilmelidir [2]. Ait olduğu kültürün özgün bir örneği olup estetik ve mimari bir değer taşıyorsa korunması gerekli bir değerdir. Ekonomik /Kullanım değeri, kültür varlıkları açık veya kapalı bir mekân olarak kullanıma katılıp ve çevresi ile birlikte kentin bütününe bir parçası olarak yer almaktadır [2]. Bu değerler doğrultusunda Niğde kiliseleri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma yönteminde ilk olarak envanter çalışması arşiv araştırması yapılmıştır. Kiliselere yönelik envanter listeleri Kültür ve Turizm Bakanlığında elde edilmiştir. Ardından saha çalışması yapılarak belirlenen kiliselerden 21 adedi iç ve dıştan incelenmiştir. 2019-2022 yılları arasından rölöve çizimleri hazırlanmıştır. Analiz, çözümleme ve bozulma ve sorunlar tabloları hazırlanmıştır. Tipolojiler oluşturularak sonuçlar değerlendirilmiş, koruma ölçütleri oluşturulmuştur. Araştırmanın metoduna yönelik süreç diyagramı Şekil 1 aşağıda sunulmaktadır.

Çalışma kapsamında, Niğde kent merkezi ve bağlı yerleşim birimlerindeki Niğde kiliselerinin korunması, sağlamlaştırılması için öncelikle mevcut korunma durumu incelenerek yapılarda ya da kalıntılarda oluşan bozulmalar ve nedenleri tespit edilmiştir. Çözümleme tablolarında mimari özelliklerin incelenmesi, yapı malzemelerinin belirlenmesi, mevcut korunma sorunlarının tespit edilmesi, bozulmaya neden olan etkenler ve öneriler ele alınmıştır. Katalog bilgilerinin değerlendirilmesi suretiyle yapıların sorunlarına yönelik müdahale önerileri getirilmiştir. Analiz çalışmalarının tamamlanmasından sonra, yapıların değer ve sorunlarına yönelik konum, mekân, eleman ve cephe bazında tipolojik çalışmalar yapılmasının ardından çözümlemelere bağlı olarak, kiliselerin; mimari değerlerinin korunmasının sağlanması ve sorunlarının çözülmesi bağlamında bütüncül ve kapsamlı bir koruma politikası sağlayacak, koruma ölçütleri önerilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Yöntemi

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Niğde Kiliseleri

Niğde şehri hakkında Sarışır'ın [4] yaptığı bibliyografya araştırmasında Niğde ve çevresinin Antik dönemden Selçuklu, Beylikler ve Osmanlıya uzanan sürecin tüm izlerini taşıyan bir Orta Anadolu şehri olduğundan bahsedilmiştir. Tanzimattan önce Osmanlı Devleti'nin şehirleri fethinde, halkın can ve mal güvenliğini sağlayacağına ve kendi dinlerini serbestçe icra hakları tanınmasına ilişkin emanname denilen güvenceler ile birçok şehir idare altına alınmıştır. Bu şehirlerde Hristiyan nüfusun ve kiliselerin varlığı devam ederek Müslüman-Hristiyan nüfus karışımını oluşturmuştur [5]. Osmanlı Dönemi'nde Ortodoks cemaatin Türkçe'den başka dil bilmeyen halkına Karamanlı, konuştukları dil de Karamanlca olarak tanımlanır [6]. Eyice [7], Orta Anadolu'nun Karaman yöresinde yaşayan dilleri Türkçe olan Ortodokslara Karamanlı Rumlar adı verildiğini, Niğde Kumluca ve Hamamlı köylerindeki kiliselerin kitabelerinin Karamanlca olduğunu belirtir.

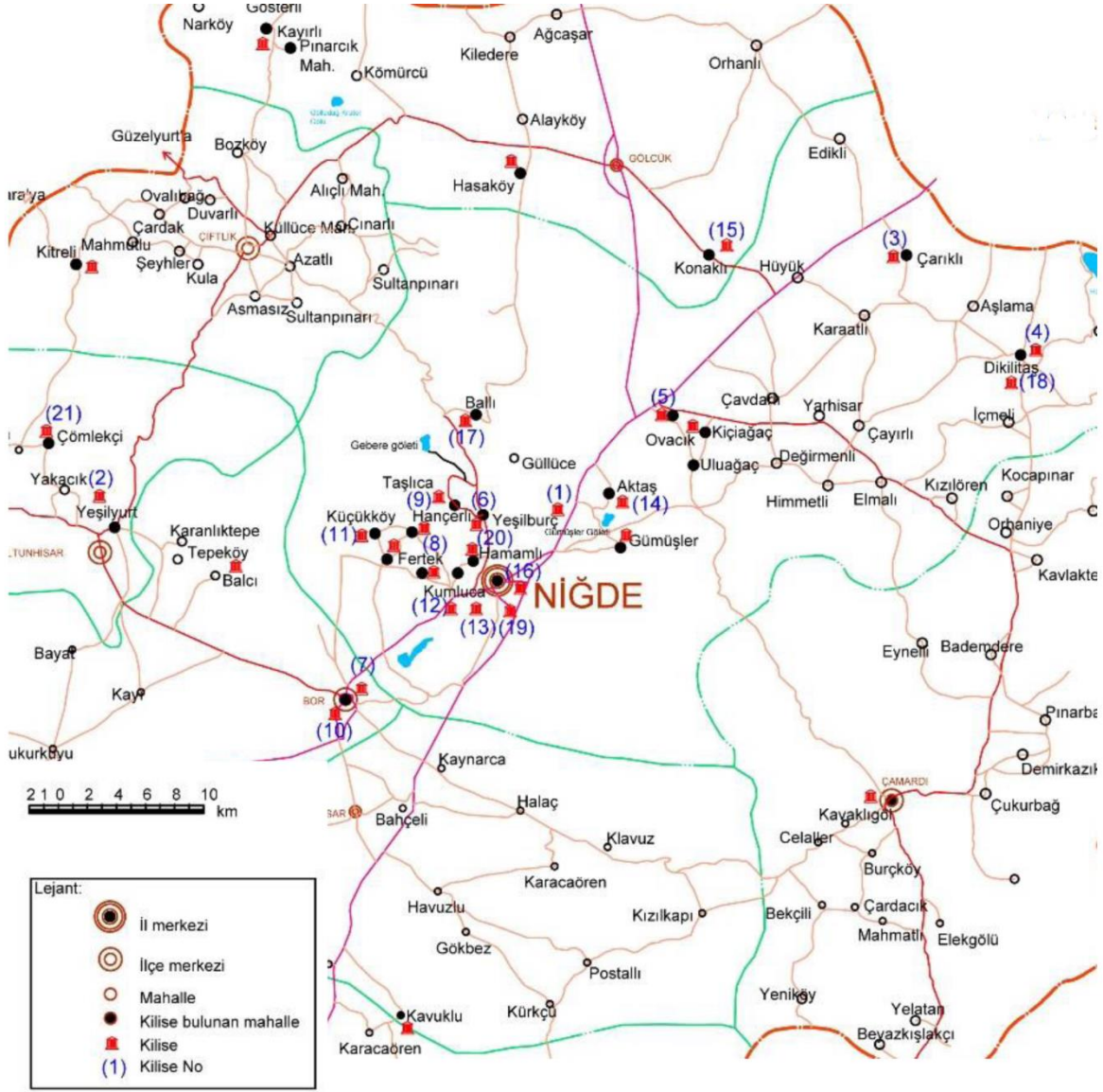
Çelebioğlu [8], Niğde'nin de içinde yer aldığı Kapadokya bölgesindeki kiliselere ilişkin çalışmasında plan tipolojilerini inceleyerek bunları dört maddede sınıflandırmıştır. Bunlar; tek nefli kiliseler, üç nefli bazilikalar, serbest haç planlı kiliseler, kapalı Yunan haçı planlı kiliselerdir. Ülkemizde var olan Hristiyanlık cemaatlerine ait kiliseler; Rum Ortodoks, Ermeni Gregoryen, Ermeni Katolik, Ermeni-Protestan, Süryani Ortodoks, Süryani Katolik, Kaldani eski Kilisesi ve Kaldani Katolik, Nasturi Kilisesi, Roma Katolik, Anglikan ve Protestan Kiliseleridir [9].

Ekin [6] çalışmasında Kayseri, Niğde ve Nevşehir'de, bir kısmı da Konya, Isparta, İstanbul ve Antalya'da Karamanlca kitabeli 22 Kilise, 3 hamam, 3 çeşme, çok sayıda konut ve mezar taşına ulaştığını belirtmiştir. Karamanlılara ait mimari eserler şimdiye kadar yapılan yayın ve çalışmalarda Rum yapıları olarak değerlendirilmektedir. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler

Genel Müdürlüğünden alınan envanter bilgileri ve Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğünden alınan belgeler doğrultusunda Niğde il ve ilçelerindeki 36 adet kilise bulunduğu tespit edilmiştir. Niğde merkez ve ilçelerinde belirlenen rota üzerinde bulunan, belgelemeleri yapılabilen aşağıda yapım yılları verilen 21 kilise üzerinde analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır (Tablo 1) (Şekil 2).

Tablo 1. Çalışma Kapsamında İncelenen Niğde Kiliseleri

NO	YAPIM YILI	YAPI ADI	KATALOG NO
1	5.-6.yy	Andaval (Konstantin Helena) Kilisesi	2
2	6.-7. yy? 8-12 yy?	Bor Yeşilyurt Kilisesi	6
3	12-13.yy- ve 1924	Çarıklı Kilise	7
4	13.-15. yy (Geç Bizans)	Dikilitaş (Eski) Yukarı Kilise	10
5	1771	Ovacık Kilisesi	5
6	1805	Yeşilburç Kilisesi	21
7	1830	Bor Ermeni Kilisesi	4
8	1831	Fertek Kilise	11
9	1832	Hançerli Kilise (II. Aziz Nikolaos)	13
10	1834	Bor Rum Kilisesi	5
11	1834	Küçükköy Hagios Nikolaos Kilisesi	15
12	1835	Kumluca (Rum) Kilise	16
13	1835	Niğde Merkez'de Meryem Ana Kilisesi (Aşağı Kayabaşı/ Begüm Camii)	19
14	1842	Aktaş Kilisesi (Rum)	1
15	1844	Konaklı Kasabası Misli Kilisesi	14
16	1861	Niğde Merkez Rum Kilisesi (H. Prodomos Manastırı) (Aziz IoannesProdomos Kilisesi?)	17
17	19. yy	Ballı Kilise	3
18	19.yy	Dikilitaş Aşağı Kilise	9
19	19. yy	Niğde Merkez, Eskisaray Mahallesi Ermeni Kilisesi (II. Theodoros Manastırı)	18
20	19.yy	Hamamlı Köyü Kilisesi	12
21	?	Çömlekçi Köyü Kilisesi	21



Şekil 2. Niğde İli ve İlçeleri Haritası [10]

3.2 Niğde Kiliselerinin Koruma Durumunun Analizi

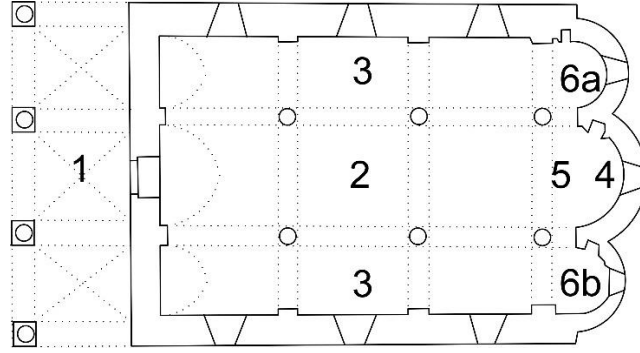
Anadolu topraklarında uygarlık izleri miras kalan, farklı kültürlerden aktarılan birçok eser, kültürel miras olarak günümüze aktarılmıştır. Söz konusu mirasımızı gelecek nesillere bırakabilmek için onlara ait bilgileri belgelemek, korumak ve yaşatmak gerekmektedir. Taşınmaz kültür varlıkları; tek yapılar, yapı grupları, çevre ölçeğinde olmak üzere farklı ölçeklerde dir. Bunlar içerisinde; Anıtsal yapılar genellikle Bizans, Beylikler, Selçuklu, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemi gibi merkezi otoritenin özellikleri ve ihtiyaçları doğrultusunda inşa edilmiş konut harici işlevleri olan yapılardır. Anıtsal yapılar daha çok bir dönemin mimari tarzını, yapım tekniğini, estetik anlayışını, ait oldukları toplumun sosyo-kültürel, ekonomik ve politik özelliklerini aktaran kültürel miras olarak tanımlanabilir. Bunlar arasında; dini yapılar da Anadolu topraklarında geçmişten bu yana farklı kültürler bir arada hoşgörü

içinde yaşamlarını sürdürdükleri, farklı dinsel ve etnik kökene sahip bireylerin birlikte oluşturdukları toplum bireylerinin kullanımındaki kiliseler, camiler, mescitler, havralar ülkemizde var olmuştur. Bu sebeple artık çoğunlukla kullanımını kaybeden kiliselerin belgesel niteliğe sahip olduğu kanıtlanmış ve korunmaya değer kültür varlığı tanımı içinde yer almıştır [2]. Bu varlıklar, zaman içerisinde yıpranmış, doğal afetlere maruz kalmış, yapısal sorunlar ortaya çıkarak yıkılma ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Bu yapısal sorunların giderilmesi için, kiliselerin taşıyıcı elemanlarını olan duvar, sütun, payanda, kemer tonoz ve kubbelerdeki bozulmalar tespit edilerek bozulma nedenleri araştırılmalıdır.

Lozan Barış Antlaşması'na ekli olarak, Yunan ve Türk Halkının Mübadelesine İlişkin Sözleşme ve Protokol 30 Ocak 1923 tarihinde imzalanmıştır. Sözleşmenin 1. Maddesinde Türk topraklarında yaşayan rum Ortodoks dininden Türk uyruklu olanlar ile Yunan topraklarında yaşayan Müslüman ve Yunan uyruklu olan halkın 1 Mayıs 1923 tarihinden sonra zorunlu mübadelesine girişileceği belirtilmiştir [11, 12]. Dolayısıyla bu tarihten itibaren uygulanan nüfus hareketliliğinin Niğde'ye yansıdığı, 1914 nüfus verilerine göre %30'u Rum %2'si Ermeni olmak üzere toplam %32'lik gayrimüslim nüfusun yaşadığı Niğde'de mübadeleden sonra hiç gayrimüslim kalmadığı, halkın tamamının Müslüman olduğu görülmüştür. Niğde ve çevresinde mübadeleden ardından demografik değişimin etkileri görülmüş olup Niğde Kiliselerinin bir kısmı Müslümanların ibadet ihtiyaçlarına göre camiye çevrilmiş, bir kısmı depo, olarak kullanılmış, bir bölümü de kaderine terkedilmiştir. İnşa edildikleri dönemden bu yana da maruz kaldıkları doğal etkiler yıpranmayı da beraberinde getirmiştir.

3.3 Niğde Kiliselerinin Mimari Özellikleri

Hasol [13], sözlüğünde kilisenin kelime anlamını Hristiyan tapınağı olarak tanımlamıştır. Kiliselerde genellikle tanrının heykelinin yer aldığı, çevresi sütunla çevrili ana hacime ve halka açık ibadet mekanına naos denir. Kiliselerde ana giriş kapısından koroya kadar uzanan alana nef denir ve bazilikal planlı kiliseler neflerden oluşur. Kilise içinde öncelikle cemaatin ibadeti için ayrılmış olan “naos” bazilikal planlı yapılarda neflerle düzenlenmiştir. Orta nef yan neflerden daha geniş ve yüksektir [13, 14; 15]. Kiliselerde ruhban sınıfı için ayrılmış yüksekçe bölüme bema adı verilir. Bizans kiliselerinde sunağı içeren, kilisenin en kutsal bölümüdür. Apsis; kiliselerde koronun arkasında yer alan ve camilerin mihrap bölümünün benzeri, yarım daire ya da yarım çokgen şeklinde genellikle tonoz ile örtülü bölümdür [11]. Özellikle doğu kiliselerinde, apsisin iki yanında veya üzerinde postoforion odacıkları vardır (Şekil 3).



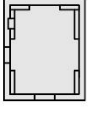
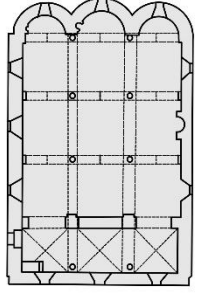
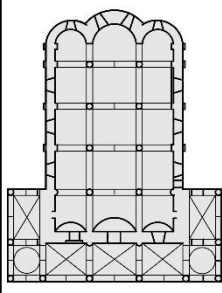
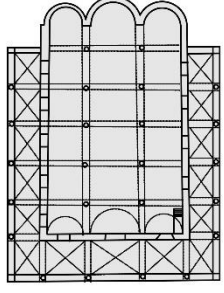
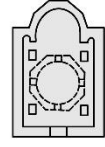
Şekil 3. Bazilika Planı, 1. Narteks, 2. Naos/Orta Nef, 3. Yan Nef, 4. Apsis, 5. Bema, 6. Pastoforion, 6a. Protesis, 6b. Diakonikon¹

Kilisenin mimarisi ve plan şekli ibadet şekillerine ve ihtiyaçlara göre gelişim göstermiştir. İlk dönemlerde yerin altında oluşturulan daha basit ibadet mekanları kullanılmış olup ilerleyen dönemlerde, Hristiyanlığın gelişimine bağlı daha büyük, yüksek ve görkemli mimarlık yapıtlarına geçiş yapılmıştır. Bu görkemli kiliselerden 36 adeti Niğde kentinde bulunmaktadır. Çalışma kapsamında Niğde merkez ve ilçelerinde belirlenen rota üzerinde bulunan, belgelemeleri yapılabilen 21 adet kilise seçilmiştir. Çalışma kapsamındaki kiliselerde; plan, cephe ve mimari elemanlar ile ilgili tipolojik çözümlene, değişim ve bozulmalar bağlamında yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen bulgulara dayanarak koruma önerilerinde bulunulmuştur.

Bu çalışmada incelenen 21 adet kilisede ise tek nefli, üç nefli bazilikal, kapalı Yunan haç planlı kiliseler bulunduğu, üç nefli bazilikal plan tipinin de nartekse göre 3 farklı tipte olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2). Çoğunlukla bazilikal plan tipinde olduğu anlaşılan kiliselerde bazilikal plan tipi, doğu batı yönündedir. Doğuya bakan kısa kenarda apsis yer alır. Ana hacim sütunlarla nef denilen bölümlere ayrılır. Orta nef diğerlerine göre genellikle daha geniştir [15]. Üç nefli bazilikal plan tipindeki narteks plan tipleri narteksi dikdörtgen veya U plan tipinde olduğu, U plan tipinin kısa veya uzun olduğu görülmüştür. 19 adet üç nefli bazilikal plan, 1 adet Kapalı Yunan Haçı, 1 adet tek nefli plan tipi bulunduğu görülmüştür (Tablo 3). Aktaş Kilisesi üç nefli bazilikal planlı kilisenin zemin katı ve galeri katı Şekil 4'te verilmiştir.

¹ Çizim 2024 yılında yazar tarafından bilgisayar ortamında hazırlanmıştır.

Tablo 2. Niğde Kiliselerinde Plan Tipi ve Narteks Tipleri²

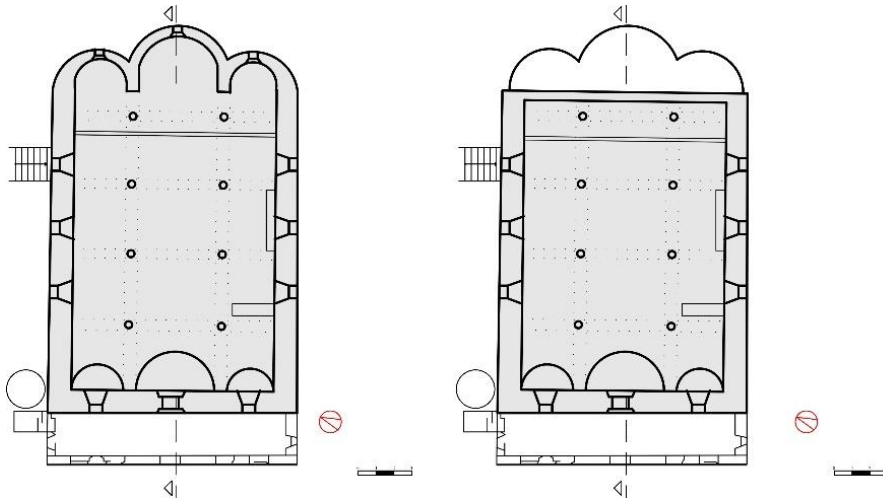
NİĞDE KİLİSELERİ				
PLAN TİPİ				
TEK NEFLİ	ÜÇ NEFLİ BAZİLİKAL			KAPALI YUNAN HAÇI
	ÜÇ NEFLİ BAZİLİKAL	NARTEKSİ KISA U	NARTEKSİ UZUN U	
				

Tablo 3. Çalışma Kapsamındaki Niğde Kiliseleri ve Plan Tipleri

NİĞDE KİLİSELERİ					
NO	YAPIM YILI	YAPI ADI	DİKDÖRTGEN-TEK NEFLİ	ÜÇ NEFLİ BAZİLİKAL	KAPALI YUNAN HAÇI
1	5.-6.yy	Andaval (Konstantin Helena) Kilisesi		X	
2	6.-7. yy? 8-12 yy?	Bor Yeşilyurt Kilisesi			X
3	12-13.yy- ve 1924	Çarıklı Kilise		X	
4	13.-15. yy (Geç Bizans)	Dikilitaş (Eski) Yukarı Kilise	X		
5	1771	Ovacık Kilisesi		X	
6	1805	Yeşilburç Kilisesi		X	
7	1830	Bor Ermeni Kilisesi		X	
8	1831	Fertek Kilise		X	
9	1832	Haçerli Kilise (II. Aziz Nikolaos)		X	
10	1834	Bor Rum Kilisesi		X	
11	1834	Küçükköy Hagios Nikolaos Kilisesi		X	
12	1835	Kumluca (Rum) Kilise		X	
13	1835	Niğde Merkez'de Meryem Ana Kilisesi (Aşağı Kayabaşı/ Begüm Camii)		X	
14	1842	Aktaş Kilisesi (Rum)		X	

² Bütün çizimler 2019- 2022 yılları arasında bilgisayar ortamında yazar tarafından hazırlanmıştır. Kapalı Yunan haçı plan tipi [16] kaynak yazar tarafından güncellenerek çizime aktarılmıştır.

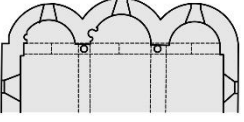
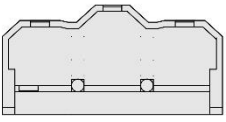
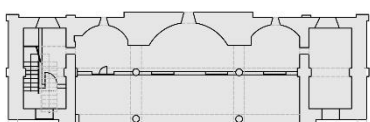
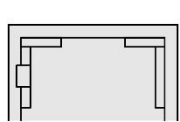
NİĞDE KİLİSELERİ					
NO	YAPIM YILI	YAPI ADI	DİKDÖRTGEN- TEK NEFLİ	ÜÇ NEFLİ BAZİLİKAL	KAPALI YUNAN HAÇI
15	1844	Konaklı Kasabası Misli Kilisesi		X	
16	1861	Niğde Merkez Rum Kilisesi (H. Prodromos Manastırı) (Aziz Ioannes Prodromos Kilisesi?)		X	
17	19. yy	Ballı Kilise		X	
18	19.yy	Dikilitaş Aşağı Kilise		X	
19	19. yy	Niğde Merkez, Eskisaray Mahallesi Ermeni Kilisesi (II. Theodoros Manastırı)		X	
20	19.yy	Hamamlı Köyü Kilisesi		X	
21	?	Çömlekçi Köyü Kilisesi		X	



Şekil 4. Üç Nefli Bazilikal Plan Tipi Örneği Zemin kat ve 1. Kat planı, Aktaş Kilisesi³

³ Çizimler 2019- 2022 yılları arasından yazar tarafından bilgisayar ortamında hazırlanmıştır.

Tablo 4. Niğde Kiliselerinde Apsis Tipleri⁴

APSİS PLAN TİPİ			
DAİRESEL PLAN	CEPHEDE ÇOKGEN PLAN	CEPHEDE DÜZ DUVAR İÇTE DAİRESEL PLAN	DÜZ
			

Bazilikal planlı kiliselerin 2 adetinde yan nefler ve orta neften meydana gelen naosa giriş direk ana kapıdan yapılmaktadır. Nasosu ayıran nefler sütunlar ile ayrılmaktadır. Kiliselerde apsis tipleri, dairesel plan, cephede çokgen plan, cepheden düz duvar içte dairesel plan ve düz duvar şeklinde görülmüştür (Tablo 4). 21 adet kilisenin 12 adedinde dairesel planlı apsis, 4 adedinde cephede çokgen planlı, 3 adedinde cepheden düz duvar içte dairesel planlı ve 1 adedinde düz duvar tipinde apsis bulunmaktadır. 1 adedinde apsis bölümü değişmiş olduğundan tespit yapılamamıştır.






Çalışma kapsamında değerlendirilen kiliselerden 15 adet kilisenin köyde, 3 adet kilisenin ilçe merkezinde, 3 adet kilise il merkezinde yer almaktadır. Kiliseler genellikle yerleşim içerisinde yer almaktadır. Ancak Andaval, Ballı köy, Küçükköy kiliselerinin yakın çevresinde yapılaşma ve yerleşim bulunmamaktadır. Değişim ve bozulmalar bağlamında, kiliselerin vaziyet planları (konum ve çevre) değerlendirildiğinde yerleşime uzak olan kiliselerin daha çok bozulmaya maruz kaldığı, vandalizm etkileri görüldüğü tespit edilmiştir. Cephe tipolojisi çalışmasında, plan tipleri ile bağlantılı olan cephe tipleri ile yol kotuna göre konumundan etkilenen cephe tipleri bulunmaktadır. Yol kotu ile kilise zemini arasında kot farkı bulunanlar ile yol kotu ile aynı kotta bulunan kiliseler bulunduğu görülmüştür.

Plan tipleri ile üst örtünün bağlantısı batı cephe yani giriş cephenin tipolojisini çıkarmaktadır. İncelenen kiliselerin katalog numaraları Tablo 1’de verilmiş olup Tablo 5’te batı cephe tipolojileri görseller ile verilmiştir. Üst örtüde dış cephede görünen şekli kubbe, teras çatı, üç mahyalı beşik çatı ya da iki kademeli beşik çatı, tek mahyalı beşik çatı ve değişenler plan tipleri ile çakıştırılmıştır. 11 adet kilisenin tek mahyalı beşik çatılı olduğu tespit edilmiştir. Üstü örtüsünde kubbeli olan kilise Konaklı

⁴ Apsis tiplerinde cephede düz apsis tipi [17] kaynak yazar tarafından güncellenerek çizime aktarılmıştır.

Kilisesi' dir. 3 adet yapının üst örtüsü ve planında değişimler olduğundan mevcut hali değerlendirmede yok-değişmiş şeklinde belirtilmiştir.

Tablo 5. Niğde Kiliselerinde Batı Cephe Tipleri⁵

	BATI CEPHESİ TIPLERİ				
	TEK NEFLİ PLAN	ÜÇ NEFLİ BAZİLİKAL PLAN			KAPALI YUNAN HAÇI PLAN
		NARTEKSİ DİKDÖRTGEN	NARTEKSİ KISA U	NARTEKSİ UZUN U	
ÜST ÖRTÜ	 KATALOG NO	 KATALOG NO	 KATALOG NO	 KATALOG NO	 KATALOG NO
Teras Çatı					6
Kubbe		14			
Üç Mahyalı Beşik Çatı- İki Kademeli Beşik Çatı			12	11	
Beşik Çatı	10	1,3, 5, 7, 9, 13, 15, 16, 18, 20, 21	19	17	
Yok -Değişmiş		2, 4, 8			

Kiliselerde bulunan plan elemanları, atrium, narteks, ana mekânı ayıran nefler, bema, apsis, naos, prothesis, diakonikon, vaftizhane, ambon, hazine dairesi, çan kulesi, papaz evi olarak belirlenmiştir. Niğde kiliselerinin plan elemanları çözümlene tablolarında verilen mekanlar üzerinden çalışılmıştır. Çalışma kapsamında çalışılan 21 kilisenin 19'unda ana mekâna açılan giriş bölümü olan narteks bulunmaktadır. Genellikle batı yönünde yer almaktadır. Ana mekândan genellikle duvar ile ayrılmaktadır. Dış mekânda genellikle sütunlar ile çevrelenen nartekse, müdahaleler yapıldığı duvarlar eklenerek kapalı bir mekân elde edildiği kiliseler bulunmaktadır.

Niğde Bor Rum, Hamamlı, Konaklı, Küçükköy, Kumluca, Eskisaray Mahallesi Ermeni (II. Theodoros) ve Merkez Meryem Ana kiliselerinde apsisin önünde bir basamak olan bemanın günümüzde var olduğu görülmüştür. İncelenen Niğde kiliselerinde ambon, hazine dairesi, bölümlerinin bulunmadığı, sadece Niğde Merkez, Eskisaray Mahallesi Rum kilisesinde papazevinin günümüze ulaştığı görülmüştür.

⁵ Fotoğraflar 2019 yılı yazar arşivinden alınmıştır.

Ballı köy kilisesinde çan kulesinin bulunduğu ancak tahrip olduğu, yaklaşık 3,50 m'lik bölümünün mevcut olduğu, üst kısmının yıkıldığı tespit edilmiştir. Ovacık köyü kilisesinin çan kulesinin günümüze bütüncül olarak ulaştığı ve korunma durumunun iyi olduğu görülmüştür. Pencere Tipleri; kemerli pencere, süslemeli pencere, kapı üstü pencere, basit pencere olarak belirlenmiştir (Tablo 6). Pencere bazı yapılarda içeriden kemerli dışarıdan düz dikdörtgen bazı yapılarda ise içeriden dikdörtgen, dışarıdan kemerli olmaktadır. Kemerler yuvarlak veya sivri olarak görülmektedir. Bazen aynı yapıda birkaç tip pencere görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Hamamlı Kilise Kemerli ve Süslemeli Pencere Tipleri [18]

Tablo 6. Niğde Kiliselerinde Pencere Tipolojisi⁶

NİĞDE KİLİSELERİNDE PENCERE TİPLOJİSİ					
KEMERLİ PENCERE		SÜSLEMELİ PENCERE		DAİRESEL PENCERE	BASİT PENCERE
İÇ	DİŞ				
 Fetnek Kilisesi	 Akıncı Kilisesi Niğde Eski İnan Kilisesi	 Dor İnan Kilisesi	 Fetnek Kilisesi	 Fetnek Kilisesi	 Fetnek Kilisesi
 Fetnek Kilisesi	 Meryem Ana Kilisesi	 Hamamlı Kilisesi	 Kılıçkılıç Kilisesi	 Çarlık Kilisesi	 Kılıçkılıç Kilisesi
 Fetnek Kilisesi	 Eskiçiftlik Kilisesi	 Konaçlı Kilisesi	 Dikilitaş Yalvarı Kilisesi	 Çarlık Kilisesi	 Ovacık Kilisesi
 Dor Yeşilpınar Kilisesi	 Dor Yeşilpınar Kilisesi	 Anderal Kilisesi	 Kılıçkılıç Kilisesi	 Çarlık Kilisesi	 Ovacık Kilisesi
		 Fetnek Kilisesi	 Fetnek Kilisesi		
		 Fetnek Kilisesi	 Fetnek Kilisesi		

⁶ Çizimler 2019- 2022 yılları arasından yazar tarafından bilgisayar ortamında hazırlanmıştır.

Kapı Tipleri; kemerli, süslemeli (alınlıklı), basit tiplerde görülmektedir (Tablo 7). Kiliselerde genellikle giriş kapıları ve ahşap pencere doğramaları yenilenmiştir. Bazılarında da pencere doğramaları tamamen yok olmuş veya ahşap kasaları kalmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Hamamlı Kilisesi ve Dikilitaş Yukarı Kilisesi Süslemeli Kapı Örnekleri [18]

Tablo 7. Niğde Kiliselerinde Dış Kapı Tipleri⁷

BAŞLIK	SANITARI	SAĞLIKLI	SOLUKLU	YERİ
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				

⁷ Çizimler 2019- 2022 yılları arasından yazar tarafından bilgisayar ortamında hazırlanmıştır.

Niğde kiliselerinde pencere ve kapı söveleri, silmeler, nişlerin yanı sıra bulunan süsleme, bezeme öğeleri duvar resimleri, kabartmalar ve özellikle farklı bezemeli sütun başlıkları dikkat çekmektedir. Niğde kiliselerinde sade sütun başlıklarının yanı sıra bitkisel, hayvansal motifler, geometrik formlarda, dini (haç motifli) ve figürlü bezemeleri olan sütun başlıkları görülmektedir. Hamamlı ve Küçükköy kiliselerinde sütun başlıklarında ejder formunda süslemeler görülmektedir.

Niğde kiliselerinde kapı ve pencereleri çevreleyen mimari olarak estetik katan dekoratif profili, dışa veya içe doğru çıkıntılı taş söveler bulunmaktadır. Söveler bitkisel ve dini motifler ile birleştirilerek pencereleri süslemektedir. Niğde kiliselerinde beşik çatılı kiliseler saçak silmesi ile çevrelenmektedir. Yeşilyurt Sivri Kilise’de teras parapetinin altında taştan kat silmesi cepheyi sarmaktadır. Hamamlı kilisesinde çatıdan yağmur suyunu aktarmak için çörtlen kullanılmıştır. Dikilitaş Aşağı Kilisede ön cephede üst kat pencerelere çıkan merdivenler sadece bu kilisede görülmektedir. Dikilitaş Yukarı Kilisede de ön cephede üst katta küçük balkon şeklinde bir çıkıntı bulunmaktadır. İncelenen kiliselere göre cephe öğelerinin dağılımı Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Niğde Kiliselerinde Cephe Öğeleri

NİĞDE KİLİSELERİNDE CEPHE ÖGELERİ									
KATAL OG NO	Yapı Adı	Silme	Giriş Kapı Söveleri	Süslmeli Pencere	Motifler	Sütun başlıkları	Kubbe	Çıkma (Kat, merdiven vb)	Çan Kulesi
1	Aktaş Kilisesi (Rum)	X							
2	Andaval Kilisesi (Konstantin Helena Kilisesi)			X					
3	Balı Kilise	X				X			X
4	Bor Ermeni Kilisesi	X							
5	Bor Rum Kilisesi	X	X	X		X			
6	Bor, Yeşilyurt, Kilise	X							
7	Çarıklı Kilise	X							
8	Çömlekçi Köyü Kilisesi								
9	Dikilitaş Aşağı Kilise (183 Ada,4 Parsel)	X	X		X	X		X	
10	Dikilitaş (Eski) Yukarı Kilise		X	X				X	
11	Fertek Kilise	X	X	X	X	X		X	
12	Hamamlı Köyü Kilisesi	X	X	X	X	X			
13	Hançerli Kilise (II. Aziz Nikolaos)	X	X	X	X	X			
14	Konaklı Kasabası Misli Kilisesi	X	X	X	X	X	X		
15	Küçükköy Hagios Nikolaos Kilisesi	X	X	X	X				
16	Kumluca (Rum) Kilise	X			X				
17	Niğde Merkez 30 Parseldeki Rum Kilisesi (H. Prodromos Manastırı) (Aziz Ioannes Prodromos Kilisesi?)	X	X					X	
18	Niğde Merkez, Eskisaray Mahallesi Ermeni Kilisesi (II. Theodoros Manastırı)	X	X					X	
19	Niğde Merkez'de Meryem Ana Kilisesi (Aşağı Kayabaşı/ Begüm Camii)	X	X	X				X	
20	Ovacık Kilisesi	X							X
21	Yeşilburç Kilise	X	X						X

3.4 Yapım sistemi

Niğde ve çevresindeki kiliseler genellikle düzgün kesme taşlarla inşa edilmiştir. Yapıların dış duvarları düzgün kesme trakit taşlarla, iç duvarlar ve üst örtü ise moloz taş ve harçla yığma tekniğinde inşa edilmiştir [19]. Duvar, tonoz, kemer, söve, lento gibi tüm yapı elemanlarında taş malzeme kullanılmıştır (Şekil 7, Şekil 8).

Taşlar gri, siyah ve sarı renklerde olup derz kalınlığı oldukça azdır [19]. Bazı yapılar dış duvarları düzgün kesme trakit taşlarla, iç duvarlar ve üst örtü ise moloz taş ve harçla yığma tekniğinde inşa edilmiştir. Gri renkli bazalt ve yöresel trakit taşlar da kullanılmıştır. Genellikle onarım yapıldığı düşünülen bazı bölümlerde kaba yonu taşların kullanıldığı görülmüştür. Kubbe kasnakları ve silmelerde kesme sarı trakit taşlar, zemin döşemesinde ve üst örtüsünde ince yonu taş bloklar kullanılan kiliseler de mevcuttur [20]. Duvar, tonoz, kemer, söve, lento gibi tüm yapı elemanlarında taş malzeme kullanılmıştır [19]. Taş sütunlar üzerine kubbe veya tonoz ile geçilerek genellikle kaba yonu taş ile üst örtü yapıldığı görülmüştür.



Şekil 7. Niğde Bor Rum Kilisesi [18]



Şekil 8. Niğde Hançerli Köyü Kilisesi [18]


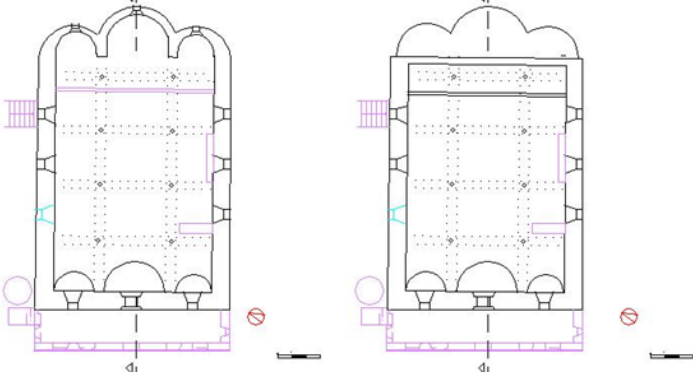
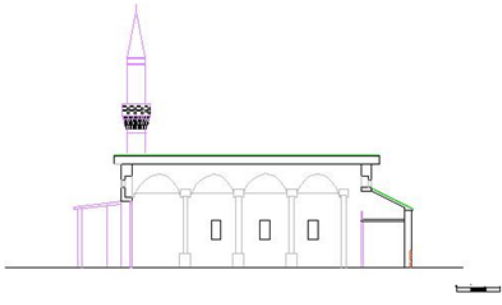
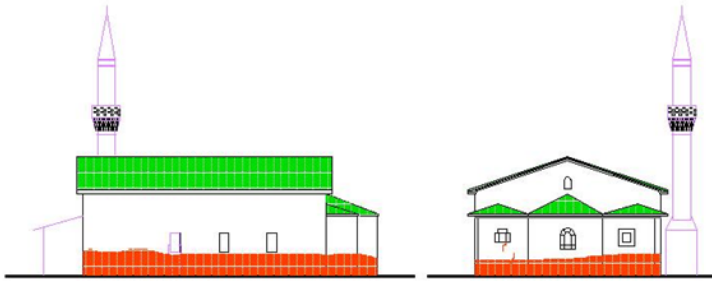
Niğde kiliselerinden camiye çevrilenler dışındaki yapıların cephelerinde sıva yoktur. Kesme taş duvarlarda yanaşık derz tekniği kullanılmıştır. Derz genişliği 1-5 mm arasında değişmektedir. Kaba yonu ve moloz taş duvarlarda derz genişlikleri 3 – 8 cm arasında değişmektedir. Cephelerde yer yer derz boşalmaları oluşmuştur. Kiliselerin iç duvarlarında kırıktı, kireç harçlı sıva yaygın olarak kullanılmıştır [20]. İşlev verilmeyen ve kullanılmayan kiliselerin iç mekanlarındaki sıvalar genellikle doğal veya doğal olmayan etkenlerden dökülmüştür.

3.5 Niğde Kiliselerinde Bozulmalar ve Sorunlar

Çalışma kapsamında incelenen Niğde kiliselerinin, 1923-1930 yılları arasında Türk ve Rum nüfusun karşılıklı mübadelesinin ardından kaderine terk edilmesi ile işlevsel, fiziksel değişim ve bozulmalara maruz kaldıkları tespit edilmiştir. Kiliselerin mimari özellikleri, yapısal sorunları, yapıdaki müdahalelere bağlı sorunları, malzeme sorunları ve diğer sorunları “Çözümleme Tabloları” ile “Bozulma ve Sorunlar Tabloları” ile verilmiştir (Bu tablolar, “Emine Dağtekin’in doktora tezindeki katalog çalışmalarından yararlanılarak geliştirilmiştir) [21].

Yapısal sorunlar; mimari kütle kaybı (yapının bir bölümünün kısmen ya da tamamamen kaybı), taşıyıcı elemanlarda kırılma, ayrılma, derin çatlak, duvar örgüsünde ayrılma, derin çatlak, yarık oluşumu, kılcal çatlaklar, özgün yapıya eklenmiş yapısal sistem ekleri (betonarme, çelik vb. kolon, giriş, ahşap çatı) olarak belirlenmiştir. Yapıdaki müdahalelere bağlı sorunlar; harç ve sıva müdahaleleri, çimento bağlayıcılı sıva müdahalesi, çimento bağlayıcılı harç müdahalesi, kireç müdahalesi, beton şap müdahalesi ve muhdes-niteliksiz ekler; eklenti mekanlar veya kısımlar, mimari eleman ekleri (muhdes kapı, parmaklık, tente), elektrik, mekanik tesisatına ait ekler, niteliksiz uyumsuz döşeme kaplaması ve diğer olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kapatılmış açıklıklar, açılmış niteliksiz açıklıklar, mimari eleman kayıpları diğer sorunlar olarak incelenmiştir. Malzeme sorunlarından olan kargir birim malzeme sorunları; kargir birim kayıpları, kargir birim elemanlarda kırılma, kargir birim elemanlarda yüzey bozulması şeklinde tespit edilmiştir. Derzlerde harç (derz malzemesi) boşalmaları/kayıpları görülmüştür. Yüzey kirlilikleri; lekelenme (derz malzemesi) akması, çiçeklenme- tuz birikimi, renk değişimi- kirlenme, boya, duvar yazıları sorunlarıdır. Birikimler ise is birikimi, toprak birikimi, moloz taş birikimi, bitkisel-mikrobiyolojik oluşumu, metal elemanlarda korozyon olarak belirlenmiştir. Katalog çalışmasının bir örneği Niğde Aktaş Kilisesi Kataloğu, analiz, çözümleme çalışmaları ve bozulma ve sorunların tespitleri Tablo 9-Tablo 10Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 9. Analiz Tablosu, Aktaş Kilisesi Örneği⁸

<p>KİLİSENİN ADI: NİĞDE AKTAŞ KİLİSE</p> <p>Niğde ili, Aktaş Köyü 288 Ada, 3 parselde bulunan kilise bir dönem köyün eski camisi olarak kullanılmış olup yeni cami yapılması sebebiyle bugün boş durumdadır. Cami olarak kullanıldığı dönemde yapının kuzeybatı tarafına minare inşa edilmiş giriş bölümüne revak bölümü eklendiği görülmüştür. İç mekân da apsis bölümünün önüne camcanlı bir bölme yapılmıştır. Mihrap ve minber eklenmiştir.</p> <p>Kitabesi bulunmayan kilise edinilen bilgilere göre 1842 tarihinde inşa edilmiş olup 1950'lerde batısındaki narteks yıkılarak bugünkü son cemaat yeri yapıldığı düşünülmektedir. Avlusundaki şadırvanda oturma birimleri olarak kullanılan küçük boyutlu başlıklar olasılıkla gynecaion, avluda zeminde duran büyük boyutlu başlık ve sütunlar orijinalde nartekste kullanılmış olmalıdır. Üç nefli tonoz örtülü, bazilikal planlı kilisenin içi sıvalıdır. Orijinal yerinde duran ikonostasis ve prothesis içinde saklanan, üzerleri haç boyalı cam aydınlatma elemanları büyük önem taşımaktadır." (Pekak, 1998)</p>	<p>KATALOG NO:1/1</p> <p>KONUMU:</p> 
<p>PLAN:</p> 	<p>PLAN TİPİ: ÜÇ NEFLİ BAZİLİKAL</p> <p>DURUM ANALİZİ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ BOZULMA ■ YIKILMA ■ YOKOLMA ■ EKLEME ■ DEĞİŞME ■ YENİDEN YAPIM ■ BİRİKİMLER
<p>KESİT:</p> 	<p>MEVCUT KULLANIM DURUMU:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> CAMİ <input type="checkbox"/> MÜZE-ÖREN YERİ <input type="checkbox"/> SERGİ SALONU <input type="checkbox"/> DEPO <input checked="" type="checkbox"/> BOŞ
<p>GÖRÜNÜŞ:</p> 	<p>İNCELEME TARİHİ: Ekim 2019</p> <p>ÇİZİM: KAYNAK: Güncelleme S.Pekak İlkay AYAZ TİPİ</p>

⁸ Çizimler 2019- 2022 yılları arasından yazar tarafından bilgisayar ortamında hazırlanmıştır.

Tablo 11. Bozulma ve Sorunlar Tablosu, Aktaş Kilisesi Örneği

YAPININ ADI: AKTAŞ KİLİSESİ		KATALOG NO: 1/5	
BOZULMA VE SORUNLAR			
YAPISAL SORUNLAR	MİMARİ KAYBI (Yapının bir bölümünün kısmen ya da tamamen kaybı)	KARGİR BİRİM MALZEME SORUNLARI	DERZLER
Mimari Kitle Kaybı (Yapının bir bölümünün kısmen ya da tamamen kaybı)	Tagıyıcı elemanlarda kırılma, ayrılma, derin çatlak	Kargir Birim Kayıpları	Kargir Birim Kayıpları
Kireç Çatlaklar	Düvar örgüsünde ayrılma, derin çatlak, yarık oluşumu	Kargir Birim Elemanlarda Kırılma	Kargir Birim Elemanlarda Yüzey Bozulması
Özgül Yapıya Ekleme Yapılan Sistem Eklenti (Betonarme, çelik vb. kolon, kiriş, ahşap çatı)			
YAPIDAKİ MÜDAHALELERE BAĞLI SORUNLAR			
MÜHDES-NİTELİKSİZ EKLER	HARÇ VE SIVA MÜDAHALELERİ	YÜZEY KIRILIKLARI	
		Birikimler	Yüzey Kırılıkları
	Çimento Bağlayıcılı Siva Müdahalesi	Düvar Yazıları	Herç (Derz Malzemesi) Boşlukları/Kayıpları
	Çimento Bağlayıcılı Harç Müdahalesi	Is Birikimi	Lekeleme (Derz Malzemesi) Akması
	Beton Şap Müdahalesi	Toprak Birikimi	Çiçeklenme- Tuz Birikimi
	Eklenti Mekanlar veya Kısımlar	Moloz Taş Birikimi	Renk Değişimi- Kirlenme
	Mimari Eleman Eklenti (Mühdes Kapı, Parmaklık, Teme)	Birikimsel-Mikrobiyolojik Oluşumu	Boya
	Elektrik, Mekanik Tesisatına Ait Eklenti	Mezaj Elemanlarda Korozyon	
	Niteliksiz Uyumuz Döşeme Kaplaması		
	Diğer		
BOZULMALARA NEDEN OLAN ETKENLER			
DIĞER	Kaplanın Açıklıkları	KORUMA ÖNERİSİ	
	Açılımsız Niteliksiz Açıklıklar	Onarım Gereksinim Yok	
	Mimari Eleman Kayıpları	Basit Onarım Gerekli	
		Kapsamlı Onarım Gerekli	X
		İşlev verilmesi	
		Çevre Düzenlenmesi Gerekli	
		Örüntü Esaslı Onarım Gerekli	
		Rekonstrüksiyon gerekli	
		Restorasyonu tamamlanmamış	
KORUMA DURUMU			
KORUMA DURUMU		RESTORASYONU VEYA ÇEVRE DÜZENLEMESİ TAMAMLANAN YAPIDAKİ MÜDAHALELER	
Basit Onarım Yapılmış Yapı	X	Yapısal Sağlanmıştır	Koruyucu Üst Örtü Yapılması
Restorasyonu Tamamlanmamış Yapı		Kargir Birim Malzeme Sağlanmıştır	Önertirilen Çevre Düzenlenmesi Yapılması
Koruma Projeleri Tamamlanmamış Yapı		Kargir Birim Malzeme Tamamlanmamış	Güvenlik Kamera Sistemi
Çevre Düzenlenmesi Tamamlanmamış Yapı		Harç ve Siva Kalınlarının Sağlanmıştır	Yüzey Temizliği
Restorasyonu Devam eden Yapı		Mimari Elemanlarda Yenileme	Elektrik Tesisatı Yenilemesi
Koruma Projeleri Devam eden Yapı			İşlev verilmesi

3.6 Yapısal Sorunlar

Yapının bir bölümünün kısmen ya da tamamamen kaybı görülen kiliseler bulunmaktadır (Şekil 9). Ancak Niğde kiliselerinin genel olarak yapı bütünlüğünün korunduğu tespit edilmiş olup az sayıda kilisede mimari kütle kaybı görülmektedir [22]. Yapılış dönemi daha eski tarihlendirilen kiliselerde daha çok çatıda bazen duvar ve döşemelerde; malzemin zaman içinde hasar görerek fiziksel ve yapısal özelliklerini kaybetmesinin de etkisiyle oluşan bölgesel kayıplar olduğu tespit edilmiştir [23].



Şekil 9. Niğde Aktaş Köyü Konstantin ve Helena Kilisesi, Mimari Kütle kaybı [18].

Taşıyıcı elemanlarda kırılma, ayrılma, derin çatlak oluşumu, yapıların veya yapı kalıntılarının taşıyıcı elemanlarında çatlaklar, yarıklar ya da açılmalar oluşması ile görülen çatlak deprem ve benzeri hareketlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Niğde kiliselerinin bozulma durumlarının çalışıldığı katalogta 4 cm'den büyük çatlaklar derin çatlak olarak adlandırılmıştır. Duvar örgüsünde ayrılma, derin çatlak, yarıklık oluşumu, yapıların ya da yapı kalıntılarının duvar örgülerinde açılmalar ve örgüde çatlaklar, yarıklar oluşması ile görülen çatlaklar deprem ve benzeri hareketlere bağlı olarak örgü yük dengesindeki değişimler ve örgü düzeninin bozulmasından dolayı gerçekleşmektedir [23]. Çalışmada, duvar örgüsünde 4 cm'den büyük çatlaklar derin çatlak olarak adlandırılmıştır (Şekil 10). Niğde kiliselerinin bozulma durumlarının çalışıldığı katalogta (0.5-1cm arasında tespit edilebilen ve süreklilik arz eden çatlaklar kılcal çatlak olarak adlandırılmıştır.



Şekil 10. Niğde Ballı Köyü Kilisesi, Derin Çatlak [18]

Özgün Yapıya eklenmiş yapısal sistem ekleri (Betonarme, çelik vb. kolon, kiriş, ahşap çatı), incelenen Niğde kiliselerinin bazılarında özgün yapının zaman içerisinde kullanıcı isteği doğrultusunda eklenmiş yapısal sistem ekleri ile değişim geçirdiği gözlemlenmiştir. Kilise işlevi tamamen kaybedilerek konuta çevrilen yapılarda kolon kiriş, çatı vb. yapısal ekler yapıldığı görülmüştür. Çömlekçi köyünde bulunan kilisenin duvarlarının ve çatısının yenilenerek eklenti ahır yapıldığı görülmüştür (Şekil 11). Kilisenin dışarıdan algılanması mümkün olmamaktadır. İçeride nefler ve apsisin varlığı anlaşılmaktadır.



Şekil 11. Niğde Çömlekçi Köyü Kilisesi, Çatı, bitişiğinde konut inşa edilmiş, Sol nef kaybı [18]

Yapılardaki müdahalelere bağlı sorunlar görülmüştür. Niğde kiliselerinde çatlaklara, boşalan bazı derzlerde de çimento harç ile müdahale yapılmıştır. Bazı bölümlerde çimento bağlayıcılı sıva veya kireç müdahalesi yapıldığı zeminde beton şap müdahaleleri yapıldığı görülmüştür (Şekil 12, Şekil 13). Kiliselerdeki taş bozulmalarının çimento kullanılarak yapılan müdahalelerden olduğu görülmüştür. Çimento ile onarımda, tuz problemi ve nem sorunu ortaya çıkmaktadır [24].



Şekil 12. Küçükköy Kilisesi Çimeto siva [18]



Şekil 13. Yeşilburç Kilisesi Kireç Müdahalesi [18]

Kiliselerde zaman içinde hem fiziksel değişiklikler hem de işlev değişiklikleri olduğu görülmüştür. Bu işlev değişiklikleri sebebiyle eklenti mekanlar, eklentiler yapılmıştır. Cami kullanımı verilen kiliselerde özgüne uygun olmayan malzeme ile revak bölümü yapıldığı ayrıca minare inşa edildiği görülmüştür. Genellikle apsis bölümünün kapatmak üzere duvar veya camekan kullanıldığı belirlenmiştir. Aktaş köyünde bulunan kilisede giriş bölümüne ahşap sundurma çatı ve tuğla duvar ile revak bölümü yapıldığı görülmektedir (Şekil 14). Ovacık Kilisesinde de kilise cami işlevi ile kullanılmaktadır. Girişin önüne camekan ile rüzgarlık ve ayakkabılık yapıldığı tespit edilmiştir (Şekil 15). Dikilitaş köyündeki Aşağı Kilisede apsisin bulunduğu Doğu Cephesine bitişik eklenti yapı bulunmaktadır. Dikilitaş Yukarı Kilisesinin de bir dönem atölye olarak kullanıldığından içeride ağır metal elemanlar bulunmaktadır.



Şekil 14. Aktaş Kilisesinin Cami olarak kullanıldığı dönemde eklenen revak [18]



Şekil 15. Niğde Ovacık Kilisesi [18]

Yapılarda kapı, pencere, parmaklık vb. gibi mimari eleman ekleri görülmektedir. Özgününde olmayan kapı ve pencere açıklıklarının yapıldığı görülmüştür (Şekil 16). Ayrıca kapı ve pencerelerin doğramanın zaman içinde malzeme, biçim ve boyutlarında değişimler olmuştur.



Şekil 16. Niğde Yeşilburç Kilisesi Değişen Kapı [18]



Şekil 17. Niğde Yeşilburç Kilisesi, Tesisat Ekleri [18]

Kiliselerde özgün mimaride bulunmayan ancak sonradan ısınma vb. teknik donatı ihtiyacı sebebiyle niteliksiz elektrik ve mekanik tesisatı ekleri yapıldığı tespit edilmiştir (Şekil 17). Açıklıkların kapatılması; narteksteki açıklıkların ya da pencere açıklıklarının moloz taş, briket vb. malzemeler ile kapatılmış olduğu görülmektedir. Bu şekilde muhdes mekânlar elde edilmiştir. Kapatılmış açıklıkların yanısıra açılmış niteliksiz açıklıklar da yapılarak yapıların mimari bütünlüğünde bozulmalara sebep olduğu tespit edilmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Kapatılmış Açıklıklar, Küçükköy Hagios Nikolaos Kilisesi, Niğde Merkez Rum Kilisesi, Güney Cephesi, Niğde Yeşilburç Kilisesi [18]

3.7 Kargir Birim Malzeme Sorunları

Yapının bileşenlerini oluşturan beden duvarlarında, kemerlerde taş malzeme gibi kargir birim kayıpları olduğu görülmüştür. Bazı yapılarda zemin döşemesi sökülerek tahrip edilmiştir. Zaman içinde kayıplar olduğu, değişimler yapıldığı görülmüştür. Çatı örtülerinde kaplamaların bazı bölümlerinin bozulduğu, kaybolduğu, tavan kaplamalarında malzeme kayıpları ve çürümeler olduğu, yapı içerisindeki sıva yüzeylerinde kopmalar, ayrılmalar olduğu, taş süslemelerde malzeme kayıpları ve

deformasyonlar olduğu görülmüştür. Cephelerde, ahşap hatıllarda da çürüme ve malzeme kayıpları oluşmuştur [20].

Kargir Birim Elemanlarda kırılma, yüzeyde bozulma, harç (derz malzemesi) boşalmaları, kayıpları, lekelenme gibi sorunlar tespit edilmiştir. Cephe, iç mekânda yüzeylerinde deformasyon ve neme bağlı olarak tuz birikimi- çiçeklenme ve erime gözlemlenmiştir (Şekil 19). Üst örtüden kaynaklanan çiçeklenmeler iç Derzlerde kullanılan çimentolu harcın içindeki tuzların erimesi ile taş yüzeylerde renk değişimlerine, bitki oluşuma neden olmuştur. Zeminden gelen nemin etkisi ile cephe renk değişimleri, olduğu, zaman içerisinde yine yüzeylerde kirlenme olduğu görülmüştür (Şekil 20). Genellikle cami olarak işlev verilen yapılarda duvar, sütun yüzeylerinin boyanması yapılan müdahalelerden olduğu tespit edilmiştir. İç mekânda sıvalı olan bölümlerde yer yer dökülmeler, kopmalar ya da kabarmalar olmuştur.



Şekil 19. Niğde Hamamlı Köyü Kilisesi, Çiçeklenme Tuz Birikimi [18]

Vandalizm eylemi nedeniyle duvar yazıları veya kaçak kazılarda zeminde kazı yapılarak yapılara zarar verilmesi hususları tahribatlardan bazılarıdır (Şekil 20). Özellikle mevcut durumunda kullanılmayan kiliselerde zeminde ve yapının çevresinde toprak birikimi ve moloz taş birikimleri olduğu görülmüştür. Zaman içerisinde veya vandalizm sonucunda yüzeylerde is birikimleri oluşmuştur. Bitkisel-mikrobiyolojik oluşumu sorunları da önemli sorunlardan biri olarak görülmektedir (Şekil 21) Metal Elemanlarda özellikle pencere demir parmaklıklarında form bozukluğu, malzeme kaybı ve korozyonlar olmuştur.



Şekil 20. Niğde Bor Ermeni Kilisesi Duvar Yazıları [18]



Şekil 21. Niğde Bor Rum Kilisesi, Bitkisel oluşumlar [18]

3.8 Niğde Kiliselerinde Bozulmalara Neden Olan Etkenler

Madran [1] anıtların onarım ihtiyaçlarının, tarihi kültür varlığını gelecek nesillere devretme görevi, varlığın kendi tarihi, mimari önemi ve değeri, toplumun kültürel ekonojik ve sosyal gelişmelerinin ortaya koyduğu gereklilik, envanter sonucu yapının onarım ihtiyacının tespiti gibi kriterler ile belirlenebileceğini belirtmiştir. Bu kapsamda Niğde kiliselerinin anıtsal yapı olduğu ve tarihi, mimari önemi ve değerinin yanı sıra kentin kültürel zenginliğine katkısının göz ardı edilemeyeceği bir gerçektir. Çalışma kapsamında incelenen kiliselere yönelik envanter çalışması yapılarak hasar durumları tespit edilmiş ve zaman içerisinde bozulmalarına neden olan etkenler belirlenmiştir.

Niğde Kiliselerinin genel olarak bozulmalarına neden olan etkenler, doğal etkenler ve insan müdahalesi ile değişimlere bağlanabilir. Zaman içerisinde rüzgâr, yağmur vb. hava olayları ile savrulan tohumlar yüzeylerde bitkilenme, zemin ve çatıda yağmur suyu çivelenme, lekelenme gibi bozulmalara sebep olmaktadır. Bitkisel oluşumların temizlenmesi, çeşitli nedenlerden yok olan taşların, elemanların tipolojik çözümleme sonucu elde edilecek koruma ölçütleri çerçevesinde tamamlanması, nem

sorununun çözülmesine yönelik drenaj yapılması, uygun malzeme ile çatı örtüsünde yalıtım yapılması gerekmektedir. Yapının terk edilmesi, mübadele sonrası cemaatin kalmaması ile ortaya çıkmıştır. Yapının terk edilmesi de bakımsız kalmasına sebep olmuştur. Bakımsızlık; malzemenin yıpranmasını, zaman içerisinde kayıpların oluşmasını, yıkılmaları tetiklemiştir.

Niğde kiliselerinde vandalizm bozulmalara neden olan büyük etkenlerdendir. Kaçak kazı yapılan zemin kaplamalarında büyük hasara sebep olduğu, cephelerde duvar yazıları yazıldığı görülmüştür. Uygun olmayan imar planı ile az da olsa bazı anıtlar çevresindeki artan yapılaşmadan zarar görmüştür. Kilisenin üzerinde konut inşaatı yapıldığı, özgün mimari şemanın tamamen değişikliğe uğradığı kiliseler bulunmaktadır. Yanlış restorasyon uygulamaları yapıldığı, uygun olmayan harç, taş malzeme ile onarımlar yapıldığı, muhdes, niteliksiz mekanların eklendiği, bazı bölümlerin kaldırıldığı, özellikle apsis bölümlerinin kapatıldığı belirlenmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Bozulmalara Neden Olan Etkenlere Örnekler, Bakımsızlık, Kapatılmış Açıklıklar, Yanlış Restorasyon, Muhdes-Niteliksiz Ekler [27]

Genellikle işlev değişikliği yapılarak cami kullanımı verilen yapılarda eklenti mekân yapılması ve apsisin kapatılması, fresklerin sıva veya boya ile kapatılması sorunları oluşmuştur. Cami işlevi verilen kiliselere minare, mihrap eklendiği görülmüştür. Ancak işlev verilmeyen yapılara göre de yapı bütünlüğünün korunduğu yapıların cami kullanımı verilen anıtlar olduğu görülmüştür. Ayrıca kültür merkezi veya sergi salonu olarak kullanılan kiliselerde yapının özgün hali ile korunduğu görülmüştür.

4. SONUÇLAR

“Karamanlı” adı, Anadolu’da Türkçe konuşan ve başka dil bilmeyen Ortodoks’lara verilmiştir. Niğde de geçmişte menşeleri konusunda farklı fikirler bulunan Karamanlıların yaşadığı bir ildir. Karamanlıların daha sonra din değiştirerek Hıristiyanlığın Ortodoksluk mezhebini kabul ettiği, Grek harfleri ile Türkçe yazdığı kaynaklarda belirtilmektedir [25].

Osmanlı İmparatorluğu’nun erken dönemlerinde, gayrimüslimlere haklar tanınmıştır ancak yeni kilise yapmaları konusunda ise yasaklar getirilmiştir. 18. yüzyılın sonu ve 19. Yüzyıldaki yeni dünya düzeni ile birlikte gayrimüslimlere daha geniş haklar tanınarak dinlerini daha iyi ifade etme fırsatı sağlanmıştır. Bu yüzyıllarda Rum Ortodokslar Anadolu’nun birçok yerinde çok fazla dini yapılar inşa etmişlerdir [26].

Niğde ilinde 21 kilise kapsamında yapılan çalışma sonucunda Niğde’deki bazı kiliselerin 6.-7. yy, 13-15. yy’larda inşa edildiği, ancak çoğunluğunun 19. yy.’da inşa edildiği tespit edilmiştir. Yapılan analiz ve değerlendirme çalışmaları neticesinde, bu kiliselerin genellikle taş malzemedeki, tek veya iki katlı, üç nefli bazilikal plan tipinde olduğu, konumlarının yerleşim içinde olduğu, cephelerinin sade, tek veya iki kat düzeninde olduğu, pencere, kapı, örtü, çatının iyi durumda bulunduğu, çan kulelerinin yok olduğu veya bulunmadığı belirlenmiştir. Doğu cepheleri, apsilerin formuna ve dışardan görünümüne bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Kuzey ve güney cephelerinin genellikle simetrik olduğu görülmüştür. Niğde kiliselerinin korunma durumlarının özgün durumda ancak onarım gerekli olduğu, plan, plan elemanları, malzeme ve şekil bakımından okunabilir durumda olduğu ve esaslı onarım projeleri kapsamında uygun işlevler verilerek yeniden kullanıma adaptasyonlarının sağlanabileceği durumda oldukları değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında Niğde kent merkezi ve yerleşimlerinde bulunan Niğde kiliselerinin korunması ve sağlamlaştırılması amacıyla öncelikle mevcut koruma durumu incelenmiş, yapılarda veya kalıntılarda meydana gelen bozulmalar ve bunların nedenleri tespit edilmiştir. Kentsel dokunun okunabilirliği, dokuyu oluşturan biçimsel ve imgesel bileşenlerle ilişkilidir. Okunabilirlik çevreyi kullanıcıların ya da ziyaretçilerin rahatlıkla kavrayabilmesi ile ilgili olup niğde kiliseleri de okunabilirlikleri ile kentsel mekândaki ayırt edici bileşenlerden biri olarak önemli odak noktaları olmuştur.

Ülkemizdeki inanç turizmi, kültürel zenginliklerden yararlanılarak yüksek bir potansiyele sahip olabilir. Bu bağlamda oluşturulacak inanç rotalarında konaklama, tanıtım, ulaşılabilirlik ve kültür varlıklarının korunması ön plana çıkar. Niğde kiliselerinde kendi çabalarımız ile bir rota oluşturularak inceleme yapılmıştır. Şehir merkezinde bile yeterli yönlendirme tabelası bulunmadığından konumu

tespit edilmesi güç kiliseler bulunmaktadır. Kiliseler genellikle yerleşim içerisinde yer almakta olup yakın çevresinde yapılaşma veya yerleşim yeri bulunmayan kiliselerin ulaşılabilirliği daha zor olmuştur. Değişim ve bozulmalar bağlamında, kiliselerin vaziyet planı (konum ve çevre) açısından değerlendirildiğinde yerleşime uzak olan kiliselerin daha çok bozulmaya maruz kaldığı tespit edilmiştir. Yerleşimden uzak kiliselerde vandalizm bozulmalara neden olan büyük etkenlerdendir. Kaçak kazı yapılan kiliselerde yapısal sorunlar oluşması kaçınılmaz olmuştur.

Tescilli kiliselerin mülkiyetleri genellikle Maliye Hazinesi olup tahsisi Kültür ve Turizm Bakanlığına aittir. Tahsisi olmasa da 23/07/1983 tarih ve 18113 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış bulunan 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun "Yetki ve Yöntem" başlığındaki 10. Madde'de yer alan; "Her kimin mülkiyetinde veya idaresinde olursa olsun, taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarının korunmasını sağlamak için gerekli tedbirleri almak, aldırarak ve bunların her türlü denetimini yapmak veya kamu kurum ve kuruluşları ile belediyeler ve valiliklere yaptırmak, Kültür ve Turizm Bakanlığına aittir." ifadesi doğrultusunda esas sorumluluk Kültür ve Turizm Bakanlığı'na aittir. Bakanlığa tahsisi bulunmadığında kiliselerin korunması ile ilgili kararlar alınmasında ve uygulanmasında Bakanlıkça finansman sağlanması anlamında sorun yaşanmaktadır. Bu doğrultuda Bakanlığın onarım ve bakım konularında alandaki kiliselerde söz sahibi olmak adına tahsisleri alarak alanın bütünüyle ele alınmasının sağlanması gereklidir. Finansal konuda yerel idarenin desteğinin göz ardı edilmemesi gerekir. Niğde Merkez Ermeni Kilisesi'nin Sanat Galerisi işlevi ile kullanılmasına yönelik özgün hali ile restorasyonunun Niğde Belediyesi tarafından yapıldığı tespit edilmiştir. Uygulamanın örnek alınarak diğer kiliselerde çevre ve ihtiyaç analizleri doğrultusunda, gerekli işlevler verilerek yapılmasında kente büyük katkısı olacağı düşünülmektedir.

Niğde kiliselerinin korunması için gerekli müdahaleler yapı bazında ele alınarak ayrıntılı rölöve, restitüsyon ve restorasyon projelerinin hazırlanması ile tespit edilebilir. Söz konusu projelerin mimar, sanat tarihi uzmanı, inşaat mühendisi, restoratör, konservatör vb. koruma konusunda uzman disiplinlerden oluşan bir grup ile bilimsel yöntemler ışığında hazırlanması, projelerin ilgili Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kuruluna sunulmasının ardından Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın denetiminde uygulanmasının yapılması gereklidir. Gerekli ise Müze Müdürlükleri denetiminde kazı çalışmaları yapılmalıdır. Restorasyon Projelerinde Müdahale yöntemlerini belirlemek üzere uygulamada kullanılacak malzemelerin özellikle taş ve harç malzemenin özgün fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun olması için laboratuvar analizleri yapılmalıdır. Bu konuda yine Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın Restorasyon ve Konservasyon Laboratuvar Müdürlüklerinden destek alınmasında fayda vardır.

Doğal güzellikleri ve kültürel mirası ile evrensel bir değere sahip olan Kapadokya bölgesinde yer alan Niğde ili ve ilçeleri, anıtlar ve sivil mimarlık örnekleri ile mimari ve arkeolojik yönden zengin

bir mirasa sahiptir. Mimari özellikleri ve turizm potansiyeli değerlendirilerek ülkemizin kabul ettiği uluslararası sözleşmeler çerçevesinde koruma ölçütleri belirlenmelidir.

Çalışma kapsamında Niğde’de incelenen kiliselerin,

- Anıtsal kültür miras olma özelliği ile kültürel bir gereksinimi karşılamak için inşa edilmiş olmalarının unutulmaması ve seçkin kültürel değeri ile özen gösterilerek korunması,
- En az müdahale ile “kültür varlığının” sorunlarının çözülmesi ve varlığını sürdürmesinin koşullarının sağlanması,
- Öncelikle acil sorunlar çözülmesi ve araştırma/inceleme/deneme süreçlerini de kapsayan bir program doğrultusunda diğer sorunların çözümü ele alınması,
- Planlı, programlı, sürekli araştırma ve izleme süreçlerini de içeren bir onarım sürecinin planlanması,
- Onarımlarında “radikal” ya da “esaslı müdahalelerden” zorunlu olmadıkça kaçınılması,
- Koruma çalışmalarının Kültür ve Turizm Bakanlığı, Valilikler, Belediyeler, Üniversiteler, köy tüzel kişileri, dernekler ve yerel halk iş birliği ile oluşturulacak organizasyonlar aracılığı ile yapılması,
- Fiziksel taşıma kapasitesine ve belgesel değer, tarihsel değer, estetik/mimari değer uygun işlevler verilmesi,
- İnşa eden ve kullanan toplumun inançlarını yansıtan yapılar olması ile anıtsal değerlerinin ayrıştırılması, korunması konusunda politik yaklaşılması, hususları temel koruma ölçütleri olmalıdır.

Korunması gerekli kültür varlıklarının alan ölçeğinde veya tek yapı ölçeğinde korunması ve geleceğe aktarılması gereklidir. Taşınmaz kültür Varlıklarının bir yönetim planı çerçevesinde; tanımlanması, kültürel değer ve öneminin belirlenmesi, değerlendirilmesi; korunması ve yaşatılmasına yönelik bir eylem planı oluşturulmalıdır. Eylem Planı ile projelerin geliştirilmesi, uygulanması ile varlıkların evrensel değerini, özgünlük ve bütünselliğini koruyabilmesi sağlanmalıdır [27]. Acil ve kısa vadeli önlemler kapsamında; kiliselerin tespit edilen sorunları doğrultusunda korumaya yönelik çalışmalarının başlatılması önem arz etmektedir. Yasal ve finansal sorumlu idarelerin koruma uzmanları ve farklı disiplinlerin katılımı ile koruma çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Uzun vadeli çalışmaların planlanması ve bu plan çerçevesinde çalışmalara başlanması, öncelikli olarak acil müdahale gerektiren yapılara yönelik müdahalelerin yapılması gereklidir.

Uzun vadeli çalışmalar kapsamında Niğde kiliselerinin koruma amaçlı tespitlerinin yapılarak planlama çalışması yapılması gerekmektedir. Bir ulaşım planı ile kiliselerin turizme katkısının

sağlanması gerektiği, alternatif bir turizm rotası olabileceği, esasen Kapadokya bölgesinde bulunan ilin yeni bir turizm destinasyonu olma potansiyelinin değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Araştırmanın yürütülmesi ve/veya makalenin hazırlanması için çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Kültür ve Turizm Bakanlığı'nda görevli personele, eski Nevşehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü çalışanlarına, değerli hocalarıma ve tez danışmanıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu makale "Niğde Kiliselerinin Koruma Sorunlarının Çözümüne Yönelik Bir Yöntem Araştırması" başlıklı doktora tezi kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen verilerle hazırlanmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamındaki tüm kurallara uydıklarını, ilgili yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Zehra Gediz URAK: Doğrulama, inceleme ve düzenleme, gözetim ve liderlik sorumluluğu.
İlkay AYZAZ TİPİ: Yazma-orijinal taslak hazırlama, analiz, verilerin ve kaynakların düzenlenmesi, görselleştirme, kavramsallaştırma, metodoloji.

KAYNAKLAR

- [1] E. Madran ve N. Özgönül, *Kültürel ve Doğal Değerlerin Korunması*, Ankara: TMMOB Mimarlar Odası, 2005.
- [2] N. G. Asatekin, *Kültür ve Doğa Varlıklarımız Neyi, Niçin, Nasıl Korumalıyız*, Ankara: T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, DÖSİMM Basımevi, 2004.

- [3] 01 Haziran 2019 Tarihli ve 30791 Sayılı Resmî Gazete (2019). Erişim tarihi: 06.03.2024 [Online]. <https://www.resmigazete.gov.tr/fihrist?tarikh=2019-06-01>
- [4] S. Sarışır, “Şehir Tarihi Çalışmaları Kapsamında Niğde Bibliyografyası Denemesi,” *Türklük Bilimi Araştırmaları Dergisi*, c. 0, sayı. 20, ss.185-205, 2006.
- [5] H. İnalçık ve B. Arı, “Türk-İslam-Osmanlı Şehirciliği ve Halil İnalçık’ın Çalışmaları,” *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, sayı. 6, ss. 27-56, 2005.
- [6] C. Ekin, “Karamanlıların Soy Kütükleri: Karamanlıca (Grek Harfli Türkçe) Kitabeli Mezar Taşları,” *Sanat Tarihi Dergisi*, c. 26, sayı. 2, ss. 221-241, 2017.
- [7] S. Eyice, “Anadolu’da ‘Karamanlıca’ Kitabeler (Grek harfleriyle Türkçe kitabeler)”, *TTK Belleten*, c. 44, sayı. 176, ss. 683-696, 1980.
- [8] B. Çelebioğlu, “VI-XI. yüzyıllar arasında Kapadokya’da hıristiyan dini mimarisi ve koruma metodolojisi,” Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
- [9] İ. Ortaylı, “Ortodoks Kilisesi,” *Mülkiye Dergisi*, c. 24, sayı. 223, ss. 97-115, 2014.
- [10] Niğde İl haritası (2024). Erişim tarihi: 15.05.2024 [Online]. <https://nigde.ktb.gov.tr/Eklenti/9898,nigde-il-haritasipdf.pdf?0>
- [11] Wikisource, *1923 Türkiye-Yunanistan Nüfus Mübadelesi Anlaşması*. (2022). Erişim tarihi: 8 Şubat 2024 [Online]. https://tr.wikipedia.org/wiki/1923_T%C3%BCrkiye-Yunanistan_N%C3%BCfus_M%C3%BCbadelesi_Anla%C5%9Fması
- [12] S. Özkan, “1923 Tarihli Türk-Rum Nüfus Mübadelesinin Niğde’nin Demografik Yapısına Etkisi,” *Türklük Bilimi Araştırmaları*, sayı. 21, ss. 169-178, 2007.
- [13] D. Hasol, *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, 2002.
- [14] Ş. Açıkgöz Güngör, “Kayseri ve Çevresindeki 19. Yüzyıl Kiliseleri ve Korunmaları İçin Öneriler,” Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2007.
- [15] T. Batar, “İstanbul Ermeni Kiliseleri Üzerine Bir Araştırma ve Narlıkapı Surp Hovhannes Ermeni Kilisesi (Eski Narlıkapı Ermeni Hastanesi),” Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [16] S. M. Pekak, “Kappadokia’da Bizans Dönemine Ait Haç Planlı İki Kilise,” *Sanat Tarihi Dergisi*, c. 27, sayı. 2, ss. 85-113, 2008.
- [17] E. Parman, “Niğde Çevresi Araştırmaları,” *Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, c. 5, sayı. 2, ss. 123-148. 1988.
- [18] İ. Ayaz Tipi, “Niğde Kiliseleri Fotoğrafları,” Arşiv, Ankara (2019).
- [19] S. M. Pekak, “Kappadokia Bölgesi Osmanlı Dönemi Kiliseleri: Örnekler, Sorunlar, Öneriler”, *Metu Journal of The Faculty of Architecture*, c. 26, sayı 2, ss. 249-277, 2009.
- [20] B. Pekol (Editör), “Niğde -Mimari Kültürel Mirası Değerlendirme Raporu,” KMKD-Anadolu Kültür, İstanbul, 2018.
- [21] E. Dağtekin, “Güneydoğu Anadolu Bölgesi Geleneksel Hamam Tipolojisi ve Buna Bağlı Koruma Ölçütlerinin Oluşturulması,” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
- [22] Y. S. Şener, “Ani Şehir Surları, Korunma Sorunları ve Çözüme Yönelik Öneriler,” *Turkish Studies*, c. 9, sayı. 10, ss. 977-990, 2014.
- [23] M. Yılmaz, B. Eskici, M. Eliüşük, M. S. Akgönül, Y. S. Şener, “Hasankeyf Mardinike Külliyesi Kalıntılarının Sağlamlştırılması ve Su Altında Korunmasına Yönelik Uygulama Çalışmaları,” *MASROP E-Dergi*, c.13, sayı. 1, ss. 30-51, 2019.
- [24] E. N. Caner Saltık, “Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası Koruma Projesi,” *Kâgir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri*, sayı. 12, ss. 32-38, 2009.

- [25] E. Yassıbaş, “Niğde’de Ortodokslar,” Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde, 2010.
- [26] S. Pekak, “Osmanlı İmparatorluğu Döneminde Gayrimüslim Vatandaşların İmar Faaliyetleri ve Mustafapaşa (Sinanos) ,” *Bilig Türk Dünyası Sosyal Bilimler Dergisi*, sayı. 51, ss. 171-204, 2009.
- [27] D. Binan, “Bütünsel Koruma Bağlamında Anıtsal Kültür Mirasının Koruma ve Yaşatılması Üzerine Değerlendirme,” Kargir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri IV. İstanbul: Şan Matbaası, 2012, ss. 08-24. [Online]. <https://tls.tc/ChStU>

Copyright © 2024 Ayaz Tipi and Uruk. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).