

Harita Dergisi



Temmuz 2025
Sayı:174

ISSN 1300-5790
E-ISSN 2667-4084

Özler, E., Karataş, R., Yağmur Aydın., N. : **Kocaeli İlinde CO ve NO₂ Konsantrasyonlarının Zamansal ve Mekânsal Analizi** (Temporal and Spatial Analysis of CO and NO₂ Concentrations in Kocaeli Province)

Bildirici, İ. Ö., Güzeller, C., Böge, S. : **Akış Haritası Tasarımına Yönelik QGIS Eklentisi Geliştirme** (QGİS Plugin Development for Flow Map Design)

Sağlam, M., Özel, Ö., Aktuğ, B. : **Sabit GNSS İstasyonlarının IGS-REPRO3 Ürünleri, Güncel Model ve Veri Analiz Stratejileri Kullanılarak Çoklu GNSS Analizleri** (Multi-GNSS Analysis of Permanent GNSS Stations Using IGS-REPRO3 Products, Latest Models, and Data Analysis Strategies)



HARİTA DERGİSİ

Temmuz 2025

Yıl: 91 Sayı: 174

ALTI AYDA BİR YAYIMLANIR.
HAKEMLİ VE BİLİMSEL
BİR DERGİDİR.
YEREL SÜRELİ YAYINDIR.
YAZI DİLİ TÜRKÇE, İNGİLİZCE'DİR.

Sahibi

Harita Genel Müdürlüğü Adına
Tümgeneral Dr. Osman ALP

Sorumlu Müdür-Editör

Harita Yük.Tek.Ok.K.lığı Adına
Müh.Alb. Selçuk CEYLAN

Editör Yardımcısı

Müh.Ütgm. Ahmet Faruk KARAHAN

Yönetim Kurulu

Müh.Alb.Dr. Abdullah DEĞER
Müh.Alb.Dr. Yavuz Selim ŞENGÜN
Müh.Alb.Dr. Orhan FIRAT
Müh.Alb. Selçuk CEYLAN (Bşk.)
Müh.Alb.Dr. Erdinç SEZEN

Yönetim Yeri Adresi

Harita Genel Müdürlüğü
Harita Dergisi Yönetim Kurulu
Başkanlığı
06590 Cebeci / ANKARA

Tel: (312) 595 21 20-24

Faks: (312) 320 14 95

web: www.harita.gov.tr/harita-dergisi

e-posta: haritadergisi@harita.gov.tr

Basım Yeri

Harita Genel Müdürlüğü Matbaası
ANKARA

ISSN 1300 – 5790

E-ISSN 2667 – 4084

Bu dergide yayımlanan makaleler,
yazarlarının özel fikirlerini yansıtır.



TÜBİTAK
ULAKBİM
Mühendislik ve Temel
Bilimler Veri Tabanı

İ Ç İ N D E K İ L E R

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

Kocaeli İlinde CO ve NO₂ Konsantrasyonlarının Zamansal ve Mekânsal Analizi (Temporal and Spatial Analysis of CO and NO₂ Concentrations in Kocaeli Province)

Elif ÖZLER, Rümeyza KARATAŞ,
Nur YAĞMUR AYDIN

1 – 14

Akış Haritası Tasarımına Yönelik QGIS Eklentisi Geliştirme (QGIS Plugin Development for Flow Map Design)

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ, Caner GÜZELLER,
Sevgi BÖGE

15 – 21

Sabit GNSS İstasyonlarının IGS-REPRO3 Ürünleri, Güncel Model ve Veri Analiz Stratejileri Kullanılarak Çoklu GNSS Analizleri (Multi-GNSS Analysis of Permanent GNSS Stations Using IGS-REPRO3 Products, Latest Models, and Data Analysis Strategies)

Mert SAĞLAM, Özgür ÖZEL, Bahadır AKTUĞ

22 – 30

Bilim Kurulu

Tümg.Dr. Osman ALP (HGM)
Prof.Dr. Bahadır AKTUĞ (AÜ)
Prof.Dr. Ali Melih BAŞARANER (YTÜ)
Prof.Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ (KTÜN)
Prof.Dr. Çetin CÖMERT (KTÜ)
Prof.Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK (İTÜ)
Prof.Dr. Hande DEMİREL (İTÜ)
Prof.Dr. Uğur DOĞAN (YTÜ)
Prof.Dr. Semih ERGİNTAV (BÜ)
Prof.Dr. Oğuz GÜNGÖR (AÜ)
Prof.Dr. Cevat İNAL (KTÜN)
Prof.Dr. Hakan KARABÖRK (KTÜN)
Prof.Dr. Fevzi KARSLI (KTÜ)
Prof.Dr. Taşkın KAVZOĞLU (GTÜ)
Prof.Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU (BEÜ)
Prof.Dr. Hakan MARAŞ (ÇÜ)
Prof.Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ)
Prof.Dr. Haluk ÖZENER (BÜ)
Prof.Dr. Ayşe Filiz SUNAR (İTÜ)
Prof.Dr. Doğan Uğur ŞANLI (YTÜ)
Prof.Dr. Dursun Zafer ŞEKER (İTÜ)
Prof.Dr. Mustafa TÜRKER (HÜ)
Prof.Dr. Nesibe Necla ULUGTEKİN (İTÜ)
Prof.Dr. Aydın ÜSTÜN (KOÜ)
Prof.Dr. Naci YASTIKLI (YTÜ)
Prof.Dr. Ferruh YILDIZ (KTÜN)
Prof.Dr. Cemal Özer YİĞİT (GTÜ)
Prof.Dr. Orhan ALTAN
Prof.Dr. Ahmet Tuğrul BAŞOKUR
Prof.Dr. Fatmagül KILIÇ GÜL
Prof.Dr. Şerif HEKİMOĞLU
Prof.Dr. Mahmut Onur KARSLIOĞLU
Prof.Dr. Ahmet KAYA
Prof.Dr. Ali KOÇYİĞİT
Prof.Dr. Sıtkı KÜLÜR
Prof.Dr. Cankut ÖRMECİ
Prof.Dr. Fatma Gönül TOZ
Doç.Dr. Hakan AKÇIN (BEÜ)
Doç.Dr. Onur LENK (İÜ)
Doç.Dr. Mustafa Tevfik ÖZLÜDEMİR (İTÜ)
Müh.Alb.Doç.Dr. Mehmet SİMAV (MSÜ)
Dr. Mustafa KURT (OÜ)
Müh.Alb.Dr. Yavuz Selim ŞENGÜN (HGM)
Doç.Dr. Ali KILIÇOĞLU
Doç.Dr. Hasan YILDIZ
Dr. Mustafa ATA
Dr. Coşkun DEMİR
Dr. Oktay EKER
Dr. Mustafa ERDOĞAN
Dr. Altan YILMAZ

**Harita Dergisi'nin Cilt:91, Sayı:173-174, 2025
Sayılarındaki Makalelerin Değerlendirilmesinde
Hakemlik Yapan Akademisyenler**

Prof.Dr. Ali Melih BAŞARANER (YTÜ)
Prof.Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU (AKÜ)
Prof.Dr. Hüseyin Zahit SELVİ (NEÜ)
Prof.Dr. Ramazan Alpay ABBAK (KTÜN)
Prof.Dr. Hediye ERDOĞAN (ASÜ)
Doç.Dr. İlkey BUĞDAYCI (NEÜ)
Doç.Dr. Çağlar BAYIK (BEUN)
Doç.Dr. Hasan Bilgehan MAKİNECİ (KTÜN)
Dr. Nevin Betül AVŞAR (İKÇÜ)
Dr. Osman Sami KIRTILIOĞLU (İKÇÜ)
Müh.Alb.Dr. Yavuz Selim ŞENGÜN (HGM)
Müh.Alb.Dr. Osman Nuri ÇOBANKAYA (HGM)
Müh.Yb.Dr. Turgay ÇAP (HGM)
Müh.Yzb.Dr. Yunus Aytaç AKDOĞAN (HGM)
Dr. Mustafa ERDOĞAN
Dr. Veysel Okan ATAK

Kocaeli İlinde CO ve NO₂ Konsantrasyonlarının Zamansal ve Mekânsal Analizi (Temporal and Spatial Analysis of CO and NO₂ Concentrations in Kocaeli Province)

Elif ÖZLER¹ , Rümeysa KARATAŞ¹ , Nur YAĞMUR AYDIN¹ 

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği, Gebze, Kocaeli
e.ozler2020@gtu.edu.tr, r.karatas2019@gtu.edu.tr, nyagmur@gtu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 17.02.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 15.07.2025

ÖZ

Hava kirliliği, toplum ve çevre sağlığını etkileyen önemli bir faktördür. Kentsel alanların yayılması ile artan insan faaliyetleri ve endüstriyel aktiviteler, hava kalitesinde etken parametrelerin de artışına sebebiyet vermektedir. Hava kalitesini oluşturan birçok parametre olsa da CO ve NO₂ parametreleri insan faaliyetlerinden en çok etkilenen parametrelerdir. Ancak yersel hava kalite izleme sistemlerinde istasyon sayıları kısıtlı olduğundan, bu parametrelerin bölgesel olarak karakterize edilmesi mümkün olamamaktadır. Geniş kapsama alanı ile uzaktan algılama sistemleri, lokal ve küresel ölçekte hava kalite parametrelerinin izlenmesine olanak sunmaktadır. Belirli periyotlarda veri alma olanaklarıyla hava kalite parametrelerinin sürekli izlenmesini sağlamaktadırlar. Bu çalışma kapsamında da sanayi ve endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu Kocaeli ilinde CO ve NO₂ parametrelerinin aylık ve mevsimsel olarak değişim analizi Sentinel-5P uydu verileri ile irdelenmiştir. Bu amaçla, her iki parametre için 2019-2024 yılları arasında aylık olarak zaman serileri oluşturulmuş ve mevsimsel görüntüler oluşturularak 2018 yılı CORINE arazi örtüsü ve kullanımı verisi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde soğuk mevsimlerde ısınma ve faaliyetlerinin artması ile CO ve NO₂ konsantrasyonları artarken, sıcak mevsimlerde bu faaliyetler azaldığından bu parametrelerin yoğunluğu da azalmaktadır. Kritik bölgelerin tespiti için mekansal istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Mevsimsel ortalamalar alınarak oluşturulan görüntülere Sıcak Nokta Analizi uygulanırken, konum-zaman ilişkisini beraber inceleyen Gelişmiş Sıcak Nokta Analizi ise 2019-2024 yılları arasında aylık periyotlarda üretilen ortalama görüntülere uygulanmıştır. Analizler sonucunda endüstriyel faaliyetlerin yüksek olduğu İzmit Körfezi'nin çevresindeki alanlar yoğunlaşan sıcak alanlar olarak belirlenirken, şehrin kuzey ve güney kesimleri de yoğunlaşan soğuk alanlar olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, hava kalite yönetim stratejilerinin belirlenmesinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımının önemini kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Sentinel-5P, Sıcak Nokta Analizi, Konum-Zaman Küpü, Kocaeli, Hava Kalitesi.

ABSTRACT

Air pollution is a significant factor affecting both public and environmental health. With the expansion of urban areas, increasing human and industrial activities contribute to rising air quality parameter levels. Although air quality is influenced by many factors, CO and NO₂ are among the most impacted by human activities. However, due to the limited number of ground-based air quality monitoring stations, it is not possible to characterize these parameters at a regional scale. Remote sensing systems with their wide coverage area enable air quality monitoring at both local and global scales. Additionally, they facilitate continuous air quality assessments through periodic data acquisition technologies. In this study, the monthly and seasonal variations of CO and NO₂ concentrations in Kocaeli Province, an area with intense industrial activity, were analyzed using Sentinel-5P satellite data. For this purpose, monthly time series were generated for both parameters from 2019 to 2024, and seasonal images were created and evaluated using the CORINE dataset from 2018. The results indicate that CO and NO₂ concentrations increase due to heating activities during the colder seasons, while their levels decline as these activities decrease in the warmer seasons. Spatial statistical analysis methods were used to identify regionally critical areas. While Hot Spot Analysis was applied to seasonal average images, Emerging Hot Spot Analysis, which examines spatial and temporal patterns, was applied to monthly average images from 2019 to 2024. The analysis revealed that areas surrounding İzmit Bay, where urbanization and industrial activities are dense, were identified as intensifying hot spots, while the northern and southern parts of the city were classified as intensifying cold spots. These findings highlight the crucial role of remote sensing and geographic information systems in shaping air quality management strategies.

Keywords: Sentinel-5P, Hot Spot Analysis, Space-Time Cube, Kocaeli, Air Quality.

1. GİRİŞ

Hava kalitesi hem çevre sağlığı hem de insan yaşamı için kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde sanayi, ulaşım ve enerji üretimi gibi insan faaliyetleri, atmosferdeki gaz dengesini bozmaktadır. Bu durum, hava kirliliğine ve beraberinde ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Karbon monoksit (CO) ve azot dioksit

(NO₂), kirlетici gazlar arasında özellikle dikkat çeken iki önemli parametredir (WHO, 2016). CO parametresi, genellikle fosil yakıtların tam olarak yanmaması sonucu oluşurken, kentsel alanlarda endüstriyel faaliyetler, taşıt yoğunluğu ve orman yangınları da temel kaynaklarındandır (HSGM, 2023). Havada kalma süresi 60 günden fazla olan CO (Menteşe ve Çotuker, 2021), insan sağlığı üzerinde doğrudan etkiler yaratabilmektedir (EPA, 2024a). NO₂ ise motorlu taşıtların egzoz gazlarından, ısıtma faaliyetlerinden ve sanayi tesislerinden kaynaklanmaktadır (Virta, Ialongo, Szeląg ve Eskes, 2023; EPA, 2024b). Bu gaz, solunum yollarını tahriş eder ve astım gibi hastalıkları tetikleyebilir. Ayrıca atmosferdeki ozon gibi diğer zararlı kirlетicilerin oluşumunda rol oynar ve hava kirliliğini daha da artırır (Bostan ve Olcay, 2022; EPA, 2024b). Bu sebeple, her iki parametre de kentsel dokunun ve endüstriyel faaliyetlerin olduğu bölgelerde yoğunlaştıkça, insan sağlığı üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

Hava kirliliğinin izlenmesi ve ölçülmesi, çevre politikalarının oluşturulması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda, kurum ve kuruluşlar tarafından yersel hava kalite ölçüm istasyonları kurulmuştur. Hava kirliliğinin noktasal veri kaynağı olan yer istasyonları ile bölgesel olarak belirlenmesinde, detaylı matematiksel modelleme ve enterpolasyon yöntemlerine başvurulmaktadır (Demirarslan ve Akıncı, 2018; Vural, 2021; Arıkan İspir ve Yıldız, 2025). Ancak, yer istasyonları ile gerçekleştirilen bu çalışmalar, bölgedeki hava kirliliğini ve olası kirlетici unsurları yeterince iyi karakterize edememektedir. Bu kapsamda, gelişen teknolojiyle birlikte uydu tabanlı sistemler hava kalitesinin izlenmesi sürecinde büyük kolaylık sağlamaktadır (Martin, 2008). Özellikle Sentinel-5P uydusu gibi hava kalitesi için geliştirilmiş uydu sistemleri, hava kalitesini etkileyen gazların dağılımını geniş bir alan içerisinde yüksek hassasiyetle izleme imkânı sunmaktadır (Sünsüli ve Kalkan, 2022).

Hava kalitesinin izlenmesinde Sentinel-5P TROPOMI uydu verilerinin kullanımı oldukça yaygındır. Sentinel-5P uydu verileri ile hem ülke (Zheng, Yang, Wu ve Marinello, 2019; Virghileanu, Săvulescu, Mihai, Nistor ve Dobre, 2020; Levelt ve diğerleri, 2022; Sünsüli ve Kalkan, 2022) hem de il bazında hava kalite parametrelerinin izlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Kaloni, Lee. ve Dev, 2021; Coşkun, Şahiner, Abujayyab. ve Canbulat, 2022; Makineci, 2022; Uyar, 2024; Morillas, Alvarez, Pires, Garcia ve Martinez, 2024). NO₂

parametresinin mevsimsel hareketliliği, pandemi ve deprem süreçlerindeki değişimi (Sünsüli ve Kalkan, 2022; Çilek, 2022; Özçelik ve Küçükönder, 2024) ile CO parametresinin mevsimsel hareketliliği ve çevresel faktörler ile değişimi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Bodah ve diğerleri, 2022; Makineci, 2022; Arıkan ve Yıldız, 2023). Bu çalışmalar neticesinde, Sentinel-5P uydu verilerinin NO₂ ve CO parametrelerinin bölgesel dağılımının ve zamansal değişiminin incelenmesinde oldukça etkili olduğu ve özellikle insan faaliyetlerinin yoğunlaştığı bölgelerde önemli bulgular sunduğu ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamında, sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu Kocaeli ilinde CO ve NO₂ parametrelerinin zamansal değişimi ve mekânsal dağılımı incelenmiştir. Bu doğrultuda, 2019-2024 yılları arasında elde edilen Sentinel-5P uydu verileri kullanılmıştır. Ancak günümüzde, hava kalite parametrelerinin yoğunlaştığı bölgelerin tespitinde mekânsal istatistiksel analizlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır (Müller, Erbertseder ve Taubenböck, 2022; Özçelik ve Küçükönder, 2024; Chi, Ren, Xu ve Zhan, 2024). Buradan hareketle, mekânsal istatistiksel analiz yöntemlerinden olan sıcak nokta analizleri ile CO ve NO₂ parametrelerinin değişimi hem mevsimsel hem de bölgesel olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, kritik düzeydeki bölgelerin tespitinde ve çevre politikalarının oluşturulmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

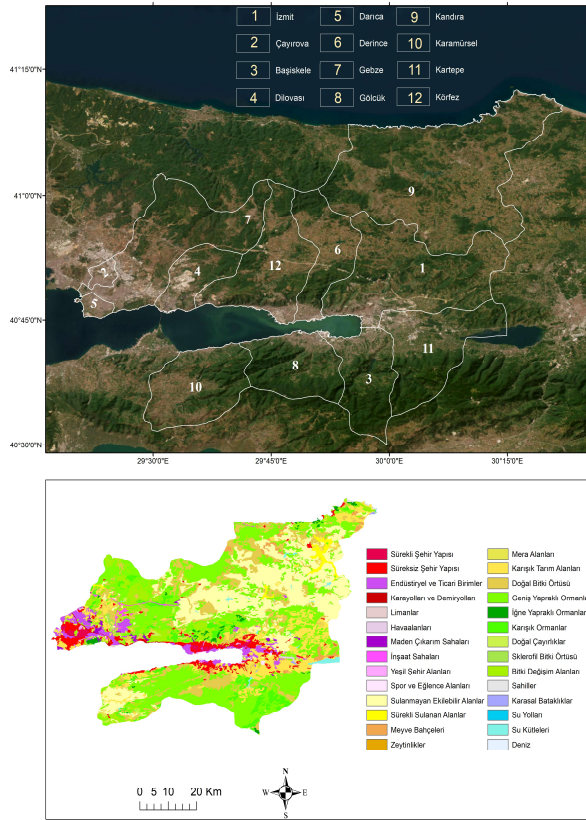
a. Çalışma Alanı

Kocaeli, Marmara Denizi'nin ve Marmara Bölgesi'nin doğusunda yer almaktadır. İlin kuzeyinde Karadeniz, doğu ve güneydoğusunda Sakarya, güneyinde Bursa, batısında ise Yalova ve İstanbul illeri bulunmaktadır. 29° 22' ve 30° 21' doğu boylamları ile 40° 30' ve 41° 13' kuzey enlemleri arasında konumlanmış olan il, çok önemli bir liman şehri olarak İzmit Körfezi çevresinde konumlanmıştır. 3.623 km² yüzölçümü ile Türkiye'nin en küçük 6. ilidir. 31 Aralık 2023 tarihi itibarıyla ilin nüfusu yaklaşık olarak 2 milyon olup kilometrekareye düşen nüfus sayısı yaklaşık 582 kişidir.

İzmit, Çayırova, Başiskele, Dilovası, Darıca, Derince, Gebze, Gölcük, Kandıra, Karamürsel, Kartepe ve Körfez olmak üzere 12 ilçeden oluşan ilde, kentsel ve endüstriyel alanlar İzmit Körfez çevresinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 1a). Şehrin

kuzey ve güney kesimlerinde ise tarım alanları ile ormanlık alanlar yer almaktadır (Şekil 1b).

Kocaeli, sanayi alanında Türkiye'nin başlıca üretim merkezlerinden biri olma özelliğini taşımaktadır. Özellikle 1990'lardan itibaren organize sanayi bölgeleriyle sanayinin planlı gelişimi desteklenmiş, ancak kent içinde kalan sanayi alanlarının ve özellikle Dilovası gibi bölgelerde görülen çevresel sorunların çözümüne yönelik belirsizlikler sürmektedir. Bölgesel kalkınma planlarında Kocaeli'nin, küresel bir sanayi ve Ar-Ge merkezi olarak konumlandırılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, yaşam kalitesinin artırılması ve sanayi alanlarının dönüşümü için çeşitli projeler yürütülmektedir. Ayrıca Ar-Ge merkezlerinin, üniversitelerin ve teknoparkların yaygınlaşmasıyla Kocaeli, geleneksel sanayi kimliğinden sıyrılarak, bilgi ve teknoloji odaklı bir üretim merkezi olma yolunda önemli adımlar atmaktadır (Albayrak, 2017).



Şekil 1. a) Çalışma alanının konumu ve b) 2018 yılı CORINE arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖ/AK) haritası.

b. Kullanılan Veriler

Çalışma kapsamında, NO₂ ve CO dağılımlarının incelenmesinde Sentinel-5P TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument) uydu verisinden yararlanılmıştır. Sentinel-5P uydusu, Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) Copernicus programı kapsamında Ekim 2017'de uzaya fırlatılmıştır. Üzerinde bulunan TROPOMI sensörü, atmosferdeki azot dioksit (NO₂), ozon (O₃), karbon monoksit (CO), metan (CH₄), formaldehit (HCHO) ve sülfür dioksit (SO₂) gibi gazların yanı sıra aerosol indeksinin ölçümünü gerçekleştirmektedir. Bu veriler, uzaktan algılama yöntemleriyle hava kalitesinin izlenmesi ve kirlilik kaynaklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Tablo 1'de Sentinel-5P uydu verisinin özellikleri verilmiştir. 3.5 x 5.5 km mekânsal çözünürlüğe sahip veriler, yaklaşık olarak 1 km mekânsal çözünürlüğe örneklenerek Google Earth Engine (GEE) bulut platformunda servis edilmektedir.

Tablo 1. Sentinel-5P Uydu Özellikleri (UV: Ultraviyole, VIS: Görünür, NIR: Yakın Kızılötesi, SWIR: Kısa Dalga Kızılötesi)

Bant	Spektrum (nm)	Mekânsal Çözünürlük (Seviye 2)**	Mekânsal Çözünürlük (Seviye 3)
UV	270-320	3.5 x 5.5 km	~ 1 km
VIS	320-500		
NIR	675-775		
SWIR	2305-2385		

** 3.5 km, uydu uçuş yönünde, 5 km ise nadir yönünde mekânsal çözünürlüğü ifade eder.

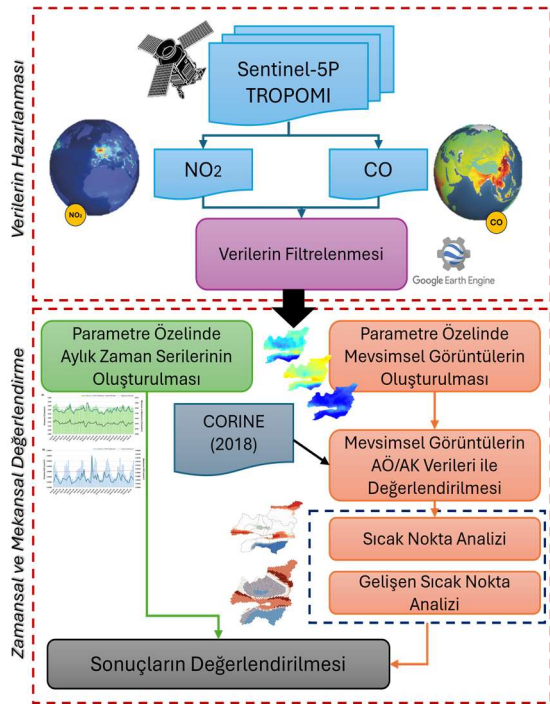
Arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖ/AK) verileri, Sentinel-5P uydu verilerinden elde edilen NO₂ ve CO parametrelerinin zamansal ve mekânsal değişim analizlerinin değerlendirilmesinde ve kirlilik kaynaklarının belirlenmesinde etkilayıcı rol oynayabilmektedir. Bu kapsamda, CORINE verilerinden faydalanılmıştır. CORINE, Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency-EEA) tarafından yürütülen, Avrupa'nın arazi örtüsü ve kullanımını haritalandırmayı hedefleyen bir uzaktan algılama projesidir. CORINE, 25 hektarlık minimum haritalama birimi ile mekânsal çözünürlük sunarken, 6-12 yıl arasında değişen zamansal çözünürlüğü ile 1990, 2000, 2006, 2012 ve 2018 yıllarında güncellemeler yapılarak kullanıma sunulmuştur. 44 sınıftan oluşan hiyerarşik bir sınıflandırma sistemi kullanılırken, yapay yüzeyler, tarım alanları, ormanlar, su kütelleri ve doğal/yarı-doğal alanlar gibi ana kategorilere odaklanılmaktadır. Mekânsal ve zamansal çözünürlük özellikleri ile sağlam bir tematik yapıya sahip olan CORINE, çevresel bilimler ve yönetim süreçlerinde karar destek

sistemleri için güvenilir bir kaynak sunmaktadır (CLMS, 2025).

Çalışma kapsamında, en son güncellemelerin gerçekleştirildiği 2018 yılına ait CORINE AÖ/AK verisinden yararlanılmıştır. Sentinel-5P uydu verileri ise 2019 ve 2024 yılları arasında değerlendirilmiştir. Sentinel-5P uydu verisinin mekânsal çözünürlüğü dikkate alındığında, yıllar içerisinde meydana gelebilecek AÖ/AK değişimleri göz ardı edilmiştir. Temel amaç kentsel ve kırsal dokular üzerinde hava kalite parametrelerinin yoğunluğunun değerlendirilmesi olduğundan, CORINE verisi bu amaca etkili bir araç olarak hizmet edebilmektedir.

c. Metodoloji

Çalışma kapsamında uygulanan metodoloji iki ana başlıkta uygulanmıştır: verilerin hazırlanması ve zamansal – mekânsal değerlendirmelerin yapılması. Uygulanan akış şeması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın akış şeması.

Verilerin hazırlanması aşamasında; Sentinel-5P uydu verileri kullanılarak CO ve NO₂ parametrelerinin 2019-2024 yılları arasında alınan verileri Kocaeli ili özelinde filtrelenmiştir. İl bazında aylık zaman serileri oluşturulurken, CO ve NO₂ parametrelerine ait ortalama, maksimum ve minimum değerleri elde edilerek grafiklendirilmiştir. Bu grafikler kirlenici gazlardaki

kısa vadeli dalgalanmaları, ani artış ve düşüşleri belirlemede yardımcı olmuştur. Aylık analiz, emisyon kaynaklarının değişkenliğini daha hassas bir şekilde ortaya koyarak, sanayi faaliyetleri, tarımsal uygulamalar, ulaşım yoğunluğu gibi faktörlerin etkisini ayrıntılı bir biçimde inceleme fırsatı sunmuştur.

Aylık zaman serilerinin yanı sıra, parametrelerin mevsimsel değerlendirmeleri görüntüler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Mevsimsel değerlendirmede, mevsimler içerisinde yer alan farklı tarihli görüntülerdeki piksel değerlerinin ortalaması alınarak mevsimsel ortalama görselleri oluşturulmuştur. Böylelikle emisyon kaynaklarının mevsime bağlı değişimi incelenebilmiştir. Ayrıca kirlenici parametrelerinin AÖ/AK verileri ile değerlendirilmesi, hava kirlenici parametrelerinin mekânsal dağılımı ile olası kirlenici kaynakları arasındaki ilişkilerin daha detaylı analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu noktada, 2018 yılı CORINE AÖ/AK verisi ile sanayi bölgeleri, tarımsal alanlar ve yerleşim yerleri gibi farklı arazi kullanımlarının CO ve NO₂ seviyeleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Sentinel-5P uydu verilerinin temini ve analizinde GEE platformundan yararlanılmıştır. GEE, dünya çapında coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama alanlarında verilerin toplanması, analiz ve görselleştirme amacıyla geliştirilmiş bulut tabanlı bir platformdur. GEE, Google'nin bulut tabanlı altyapısıyla çalışır ve dünya çapındaki uydu gözlemleri ile harita verilerinin bir merkezde toplanıp, analiz edilmesiyle kullanıcıların erişimine sunar. Uzaktan algılama verilerinin analizi için çok çeşitli araç ve veri kümeleri sağlayan GEE'nin en önemli özelliklerinden biri, büyük veri setlerini işleme gücüdür. GEE, kullanıcılara web tabanlı bir çalışma ortamı sunarken, JavaScript ve Python programlama dilleri ile verilerin işlenmesine olanak sağlamaktadır.

Mevsimsel olarak CO ve NO₂ kirlenici parametrelerinin yoğunlaştığı bölgeleri tespit etmek amacıyla, mevsimsel ortalama görüntülere Sıcak Nokta Analizi uygulanmıştır. Sıcak Nokta Analizi, örnekler arasındaki mesafeye göre gizli mekânsal kümeleri ortaya çıkarabilen ve belirli bir coğrafi alanda istatistiksel olarak anlamlı yüksek ve düşük değerlere sahip yerleri belirleyebilen mekânsal bir istatistiksel analiz yöntemidir. Getis-Ord Gi* istatistiği, yerel ölçeklerde mekânsal otokorelasyonun bir ölçüsüdür ve lokal ölçekte yüksek (sıcak noktalar) ve düşük değerlerin (soğuk noktalar) istatistiksel olarak anlamlı

mekânsal kümelerini tanımlamak için kullanılan bir yöntemdir (Ord ve Getis, 1995). Lokal G_i^* istatistiği, her bir özelliği ve komşularını hesaplayarak veri kümelerindeki tüm özellikler için z testini uygular, z puanlarını ve p değerlerini döndürür. İstatistiksel olarak anlamlı sıcak nokta, yüksek z ve düşük p değerleriyle ifade edilirken, yüksek negatif z ve düşük p değerleri anlamlı soğuk noktaları ifade eder. Getis-Ord G_i^* istatistiğinin Eşitlik 1'de verilen denklem aracılığıyla hesaplanır (Getis ve Ord, 1992):

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{s \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de x, değişkenin j konumundaki değerini ifade ederken, $w_{i,j}$ ise i ve j konumları arasındaki mekânsal ağırlıktır. n ise toplam birim sayısını ifade etmektedir. $\bar{x}$ ve s ise sırasıyla ortalama ve varyans değerlerini ifade etmektedir ve Eşitlik 2 ve 3'te denklemleri verilmiştir.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad (3)$$

Bölgenin hem zamansal hem de mekânsal analizlerinin değerlendirilebilmesi için Gelişen Sıcak Nokta Analizi uygulanmıştır. Klasik sıcak nokta analizi yönteminde verilerin zamandan bağımsız olarak mekânsal analizi gerçekleştirilerek sadece sıcak ve soğuk noktaların belirlenmesi hedeflenmektedir. Gelişen Sıcak Nokta Analizi'nde ise hem zamansal hem de konumsal ilişkiler birlikte incelenmektedir. Bu yöntemde, veriler bir konum-zaman küpüne entegre edilir ve konumsal ilişkileri Getis-Ord G_i^* incelenirken, zamana bağlı eğilimleri ise Mann-Kendall istatistiksel analiz yöntemi ile belirlenir. Gelişen Sıcak Nokta Analizi sonucunda 17 sınıf elde edilir (ESRI, 2024). Sınıflar ve açıklamaları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Gelişen Sıcak Nokta Analizi sonucu elde edilen sınıflar ve detayları

Sınıf Adı	Açıklama
Yeni Sıcak/Soğuk Nokta	Daha önce sıcak/soğuk nokta olmayıp, son zaman adımıyla sıcak/soğuk nokta olan konumdur.
Ardışık Sıcak/Soğuk Nokta	Bir konum, son zaman adımı aralıklarında en az iki ardışık istatistiksel olarak anlamlı sıcak/soğuk nokta içeriyorsa bu şekilde tanımlanır. Bu konum, daha önce hiç istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk nokta olmayıp, tüm zaman dilimlerindeki sıcak/soğuk noktaların oranı %90'ın altındadır.
Yoğunlaşan Sıcak/Soğuk Nokta	Son zaman adımı da dahil olmak üzere zaman adımı aralıklarının %90'ında istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk nokta olan ve her zaman adımıyla yüksek değerlerin kümelenme yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı artış gösteren konumu ifade etmektedir.
Sürekli Sıcak/Soğuk Nokta	Bir konum, zaman adımı aralıklarının %90'ında istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk nokta olmuşsa ve kümelenme yoğunluğunda zaman içinde belirgin bir eğilim yoksa bu şekilde tanımlanır.
Azalan Sıcak/Soğuk Nokta	Bir konum, tüm zaman adımı aralıklarının %90'ında istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk nokta ise ve kümelenme yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalıyorsa bu şekilde tanımlanır.
Aralıklı Sıcak/Soğuk Nokta	Bir konum, son zaman adımı aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak/soğuk nokta olup geçmişte de zaman zaman sıcak/soğuk nokta olarak ortaya çıkmışsa bu şekilde tanımlanır.
Salınımlı Sıcak/Soğuk Nokta	Bir konum, son zaman adımı aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir sıcak nokta olup, önceki zaman adımlarında istatistiksel olarak anlamlı bir soğuk nokta olarak da ortaya çıkmışsa veya son zaman adımı aralığında soğuk nokta olup zaman zaman sıcak nokta olarak da ortaya çıkmışsa bu şekilde tanımlanır.
Tarihi Sıcak/Soğuk Nokta	En son zaman dilimi sıcak/soğuk nokta olmasa da zaman adımı aralıklarının en az %90'ında istatistiksel olarak anlamlı sıcak/soğuk nokta olarak görüldüyse bu şekilde tanımlanır.
Anlamsız	Sıcak veya soğuk nokta olmayan, istatistiksel olarak anlamsız noktalar bu şekilde tanımlanır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında, CO ve NO₂ parametrelerinin 2019-2024 yılları özelinde zamansal ve mekânsal değişimi ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Sıcak nokta analizleri ile parametrelerin mekânsal değerlendirmesi ise her iki parametre için beraber sunulmuştur.

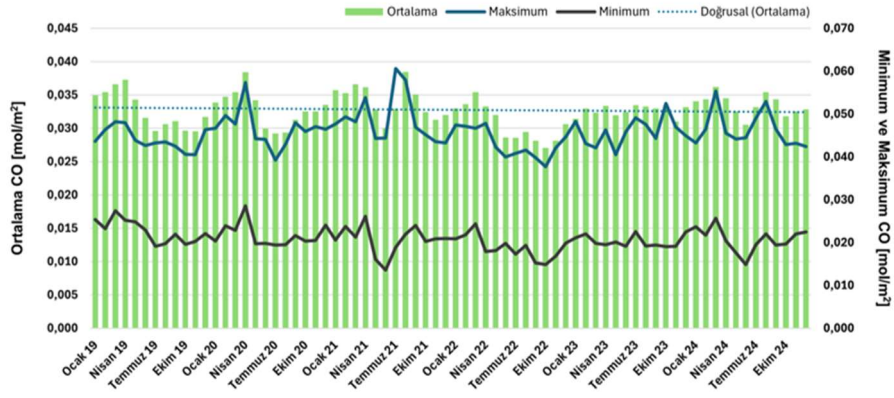
a. CO Parametresinin Zamansal ve Mekânsal Değişim Analizi

Aylık olarak elde edilen CO gazının zaman serisi Şekil 3'te verilmiştir. Grafik üzerinde verilen yeşil kolonlar aylık ortalamaları ifade ederken, siyah çizgi aylık minimum değeri, mavi çizgi aylık maksimum değeri ve kesikli çizgi ise aylık ortalamanın doğrusal trendini ifade etmektedir. Elde edilen sonuçlar, ortalama CO konsantrasyonunun nispeten azalan bir trend gösterdiğini ortaya koyarken, maksimum değerlerin 0,025-0,040 mol/m² aralığında, minimum değerlerin ise 0,010-0,018 mol/m² bandında seyrettiği gözlenmiştir. Çalışma periyodu içerisinde en yüksek CO konsantrasyonu 2021 yılının temmuz ayında yaklaşık 0,039 mol/m² olarak kaydedilmiş olup, özellikle ilkbahar aylarında maksimum değerlerde görülen hafif yükselişlerin meteorolojik koşullar ve antropojenik aktivitelerin etkileşiminden kaynaklandığı değerlendirilmektedir (Ünal ve Özel, 2022; Yakut, 2023). İncelenen altı yıllık periyotta CO seviyesi 2022 yılı yaz aylarında en düşük seviyelere ulaşırken, sonrasında daha stabil bir hareket gösterdiği gözlenmiştir. Genel olarak mevsimsel bir hareket gösteren parametrenin kış aylarında yoğunluğu artarken, yaz aylarında düştüğü görülmüştür. Li, Wang, Xu ve Cao (2021) CO parametresinin hava sıcaklığı ile ters ilişkili olduğunu belirlemişlerdir ve bu durum elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

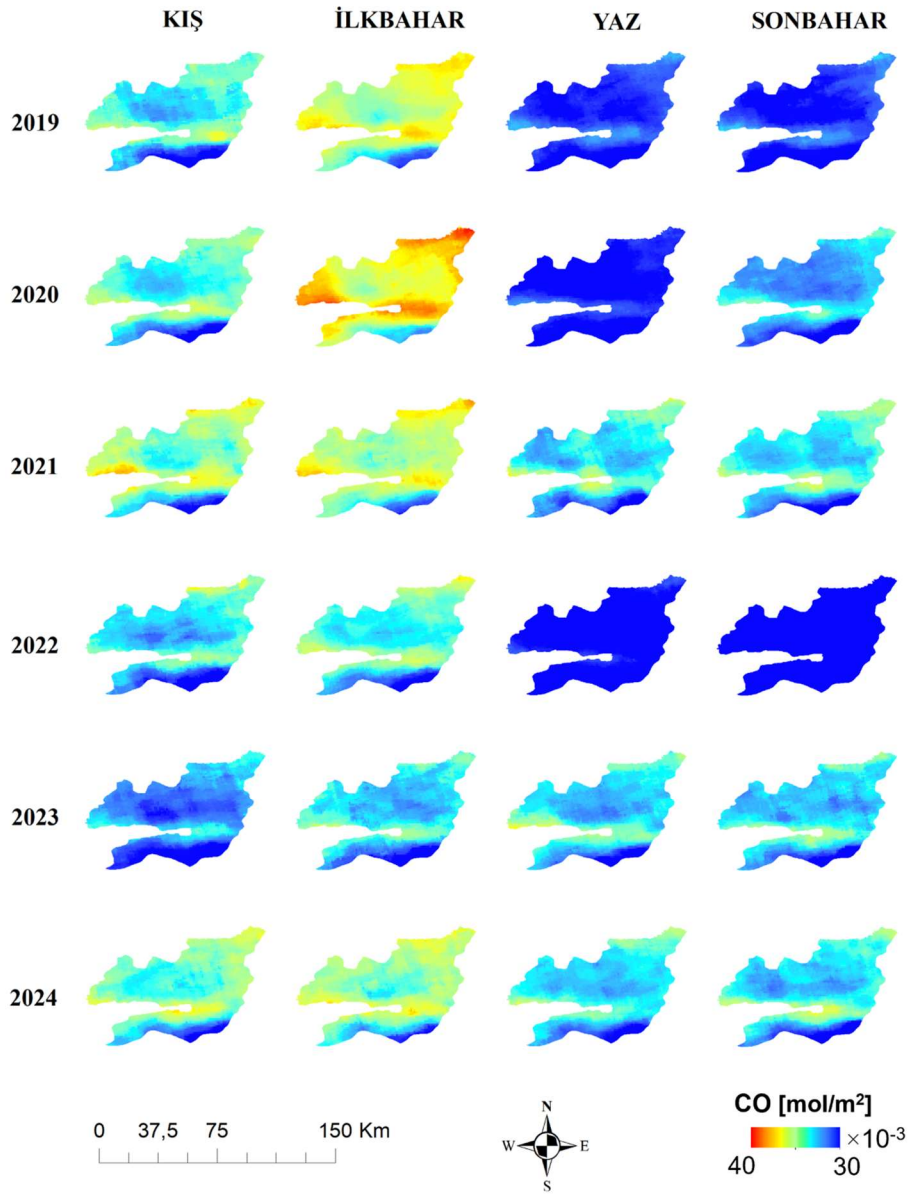
2019-2024 yılları arasında mevsimsel olarak oluşturulan haritalar ile CO parametresinin mekânsal dağılımı görselleştirilmiştir. CO gazı için oluşturulan 6 yıllık mevsimsel görüntüler Şekil 4'te verilmiştir. Oluşturulan görüntüler, bütün mevsimler için aynı değer aralığı ile renklendirilmiş ve hava kalite parametrelerinin mevsimsel değişimi ortaya konmuştur. Kırmızı ve mavi alanlar sırasıyla CO değerinin yüksek ve düşük olduğu bölgeleri ifade etmektedir. Elde edilen bulgular ışığında, CO konsantrasyonunun zaman serileriyle paralel olarak özellikle yaz ve sonbahar aylarında düşük seviyelerde seyrettiği, buna karşın kış ve ilkbahar aylarında nispeten daha yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir.

Özellikle 2020 yılının ilkbahar mevsiminde CO yoğunluğunun maksimum seviyelere ulaştığı, 2023 ve 2024 yıllarında ise mevsimsel farklılıkların azaldığı tespit edilmiştir. Çalışma alanının kuzey kesimlerinde, CO konsantrasyonunun yüksek olduğu, güney kesimlerinde ise tüm mevsimlerde düşük konsantrasyon değerlerinin hâkim olduğu belirlenmiştir. Ayrıca İzmit Körfezi'nin kıyı kesimlerinde yoğunluğun fazla olduğu görülmektedir. Bu mekânsal ve zamansal farklılıkların, bölgenin topografik yapısı, kentsel yerleşim alanlarının dağılımı, sanayi tesislerinin konumları ve mevsimsel meteorolojik koşullarla ilişkili olduğu değerlendirilmektedir (Garipağaoğlu ve Duman, 2017). Bu bağlamda, Şekil 1b'de verilen CORINE AÖ/AK haritası ile irdelendiğinde, CO parametresinin yüksek olduğu bölgelerde endüstriyel birimler, kentsel alanlar, karayolları, limanlar ve inşaat sahaları olduğu görülmektedir. Parametrenin düşük olduğu bölgelerde ise doğal bitki örtüsü, geniş yapraklı, iğne yapraklı ve karışık ormanların çoğunlukta olması, insan faaliyetlerinin CO parametresi üzerindeki etkisini kanıtlar niteliktedir. Ulaşım faaliyetlerinin de CO yoğunluğunu arttırdığı bilindiğinden, okulların tatil olduğu yaz aylarında da ulaşım faaliyetleri azaldığı için CO parametresi üzerinde iyileştirici etkilerinin görüldüğü söylenebilmektedir (Yakut, 2023).

CO parametresinin soğuk havalarda yüksek olmasının bir diğer sebebi ise enverziyon olarak gösterilmektedir. Sıcaklık terselmesi olarak adlandırılan enverziyon durumu, sıcak havanın yükseldikçe azalmak yerine artması durumunda meydana gelir ve havanın düşey olarak birbirine karışmasına engel olarak kirletici parametrelerin havada birikmesine ve dolayısıyla hava kirliliğine neden olur (KÇŞİD, 2023). Karataş, Özler ve Yağmur Aydın (2025) tarafından Kocaeli özelinde ERA5-Land ve Sentinel-5P verileriyle gerçekleştirilen çalışmada, sıcaklığın CO parametresi üzerindeki etkisinin de istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. CO parametresinin 2019-2024 yılları arasındaki aylık zamansal değişim grafiği



Şekil 4. CO parametresinin 2019-2024 yılları arasında mevsimsel tematik haritaları

b. NO₂ Parametresinin Zamansal ve Mekânsal Değişim Analizi

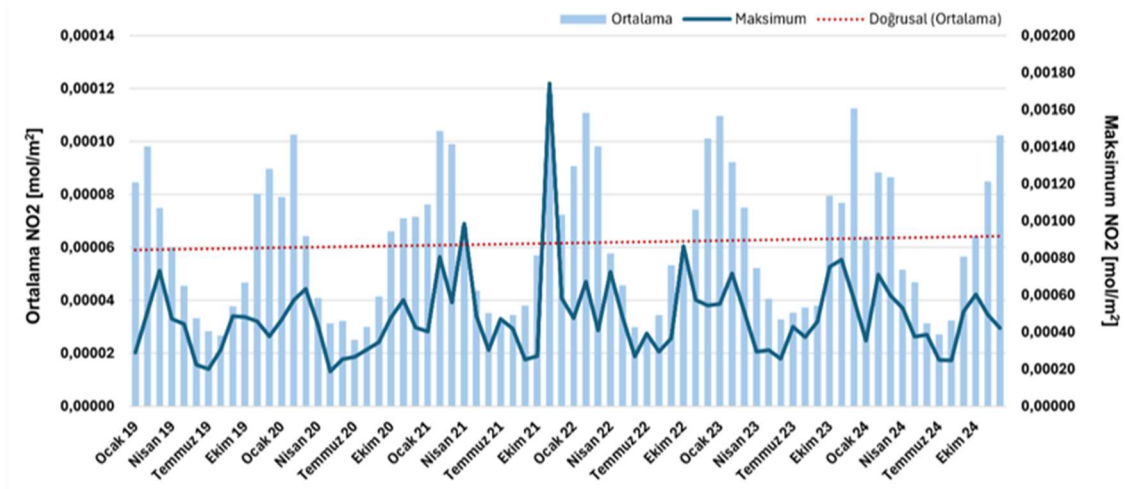
Aylık olarak elde edilen NO₂ parametresinin zaman serisi Şekil 5'te verilmiştir. NO₂ konsantrasyonlarının zamansal değişimi incelendiğinde, ortalama değerlerde hafif bir artış trendi olduğu gözlemlenmiştir. Maksimum değerler 0,0002-0,0008 mol/m² aralığında dalgalanma gösterirken, en yüksek NO₂ konsantrasyonu 2021 yılının Ekim ayında yaklaşık 0,00012 mol/m² olarak kaydedilmiştir. Bu parametre için minimum değerler incelendiğinde, zaman serisi boyunca oldukça stabil değerler elde edildiğinden grafiğe dahil edilmemiştir.

Şekil 5'te dikkat çeken bir diğer önemli bulgu ise NO₂ konsantrasyonlarının özellikle kış aylarında daha yüksek değerler gösterme eğiliminde olmasıdır ki bu durum ısınma kaynaklı emisyonların artışı ve kış mevsiminde görülen atmosferik inversiyon olayları ile ilişkilendirilebilmektedir (Ünal ve Özel, 2022). Bu veriler, şehir atmosferindeki NO₂ kirliliğinin mevsimsel değişimini ve uzun vadeli eğilimini belirlemek açısından önemli bilgiler sağlamakta olup, hava kalitesi yönetim stratejilerinin geliştirilmesinde kullanılabilecek değerli bir veri seti oluşturmaktadır.

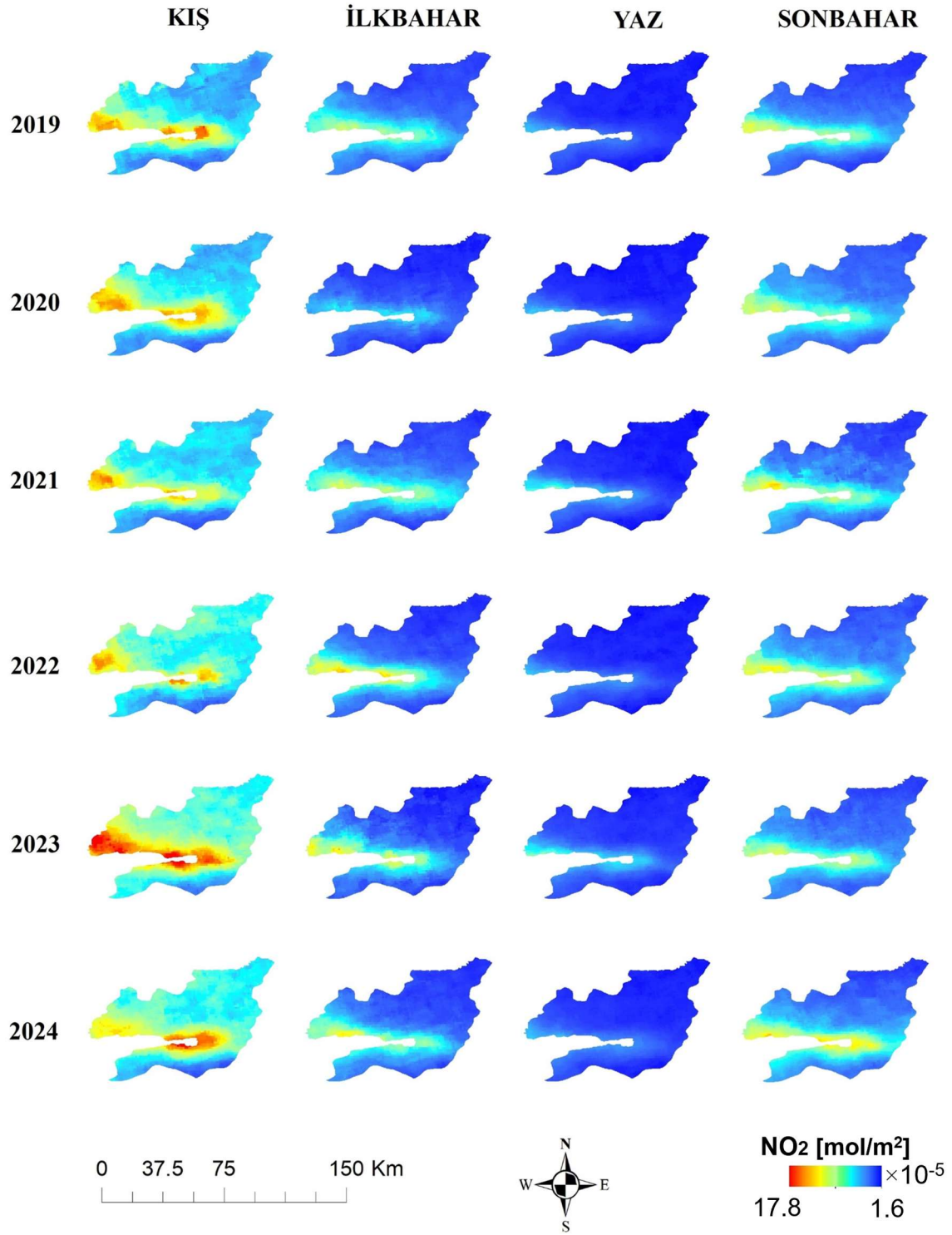
NO₂ zaman serisi grafiğinde dikkat çeken bir diğer unsur ise 2020 yılında NO₂ değerlerinin diğer yıllara nispeten düşük değerlerde seyretmesidir. Dünya'yı saran COVID-19 pandemi süreci bu durumun temel sebebi olarak gösterilebilmektedir. Pandemi sürecinde azalan endüstriyel faaliyetler ve trafik yükü, NO₂ parametresinin azalması ile

sonuçlanmıştır. Ancak pandemi süreci sona erdiğinde üretim faaliyetleri artış göstermiş ve dolayısıyla 2021 yılı Ekim ayında en yüksek değerlere ulaşmıştır.

NO₂ gazının altı yıllık periyotta oluşturulan mevsimsel görüntüleri Şekil 6'da verilmiştir. Oluşturulan görüntüler, bütün mevsimler için aynı değer aralığı ile renklendirilmiş ve hava kalite parametrelerinin mevsimsel değişimi ortaya konmuştur. Kırmızı ve mavi alanlar sırasıyla NO₂ değerinin yüksek ve düşük olduğu bölgeleri ifade etmektedir. Şekil 6 incelendiğinde, NO₂ konsantrasyonunun özellikle yaz aylarında düşük değerler gösterdiği, kış mevsiminde ise belirgin şekilde yükseldiği tespit edilmiştir. Çalışma alanının batı kesiminde, özellikle kış aylarında NO₂ yoğunluğunun maksimum seviyelere ulaştığı ve 2023 yılı kış mevsiminde en yüksek konsantrasyon değerlerine ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Doğu kesimlerinde ise tüm mevsimlerde göreceli olarak düşük konsantrasyon değerleri hakimdir. Bu mekânsal ve zamansal değişkenliğin temel nedenleri arasında kentsel yerleşimlerin dağılımı, kış aylarında artan fosil yakıt kullanımı, endüstriyel faaliyetlerin yoğunluğu ve mevsimsel atmosferik koşulların etkisi olduğu değerlendirilmektedir (Taşdemir ve Erbaşlar, 2007). Ayrıca, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde orta düzeyde seyreden NO₂ konsantrasyonlarının geçiş mevsimlerindeki meteorolojik koşullarla ilişkili olduğu belirtilirken (Taşdemir ve Erbaşlar 2007), NO₂ konsantrasyonunun hava sıcaklığı ile ters ilişkili olduğu belirtilmiştir (Cichowicz, Wielgosiński ve Fetter, 2017; Li ve diğerleri, 2021).



Şekil 5. NO₂ parametresinin 2019-2024 yılları arasındaki aylık zamansal değişim grafiği



Şekil 6. NO₂ parametresinin 2019-2024 yılları arasında mevsimsel tematik haritaları

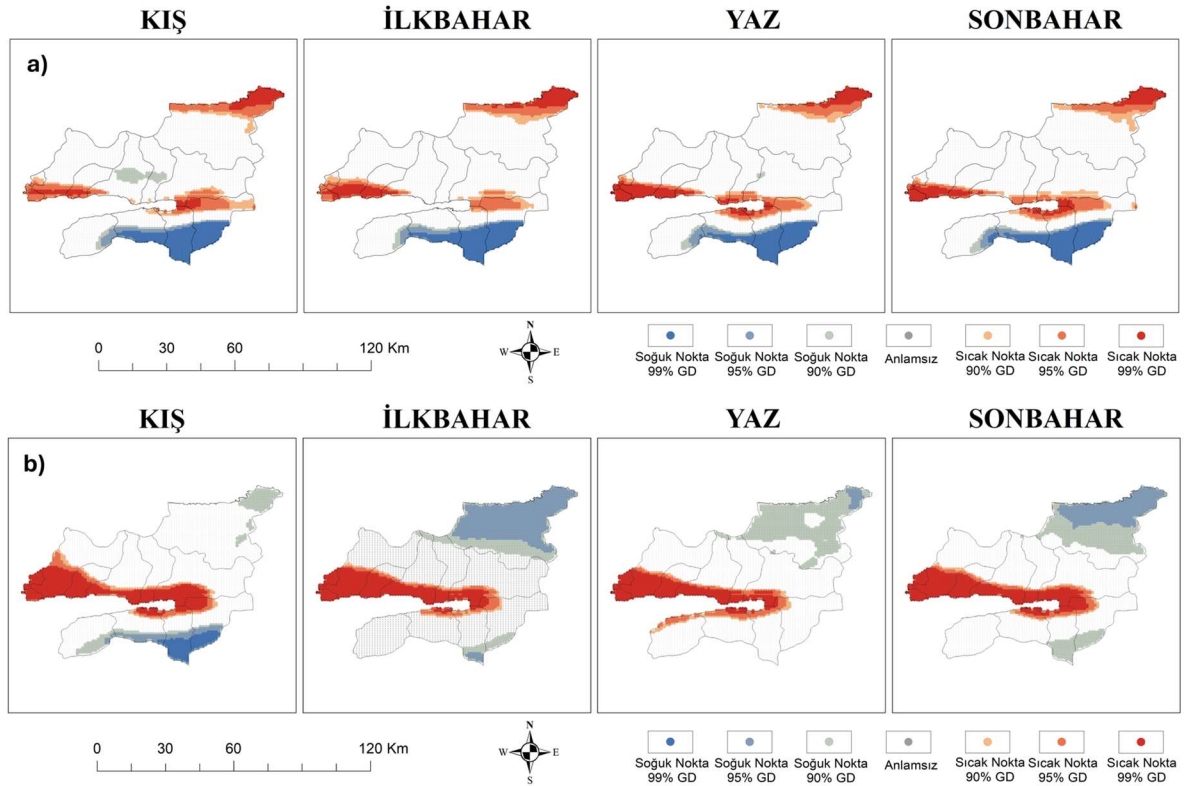
c. CO ve NO₂ Parametrelerinin Mekânsal İstatistiksel Yöntemler ile Analizi

CO ve NO₂ parametrelerinin mevsimler özelinde yoğun olduğu bölgelerin tespiti için parametrelerin 2019-2024 yılları arasında mevsimsel ortalama görüntüleri oluşturulmuş ve Sıcak Nokta Analizi uygulanmıştır. Sıcak Nokta Analizi uygulanırken, 1 km'lik grid ağı oluşturularak görüntülerden piksel değerleri elde edilmiştir. Elde edilen piksel değerleri ile analizler gerçekleştirilmiş ve mekansal ağırlıklar, öklid mesafesi baz alınarak sabit olarak belirlenmiştir. Sonuçlar Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7a'da verilen CO konsantrasyonlarının dağılımı incelendiğinde, ilin kuzey ve orta kesimlerinde sıcak noktaların baskın olduğu, güney kesimlerinde ise soğuk noktaların istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde kümeleniği gözlemlenmiştir. Bu dağılım örüntüsü tüm mevsimlerde yer yer azalsa da benzer bir karakteristik sergilemektedir. İzmit Körfezi kıyı kesimlerindeki sıcak noktaların olduğu bölgelerde endüstriyel tesislerin, kentleşmenin ve limanların yoğun olduğunu, güney kesimdeki soğuk noktalara sahip olan kısımların ise genellikle

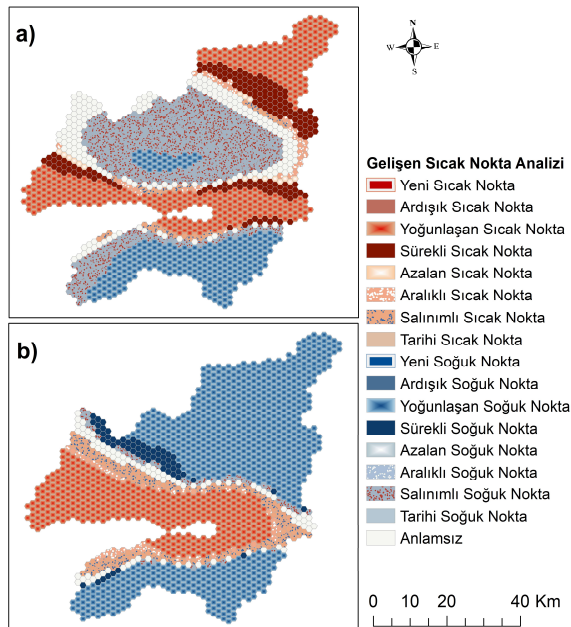
orman türlerine sahip olduğu Şekil 1b'de verilen AÖ/AK haritası ile tespit edilmiştir. Yüksek değerlerin görüldüğü ilçeler İzmit, Çayırova, Dilovası, Darıca, Gebze, Kandıra, Kartepe ve Körfez iken; düşük değerlerin görüldüğü ilçeler ise Başiskele, Derince, Gölcük ve Karamürsel'dir. Yüksek olan ilçelerde toplam 14 organize sanayi bölgesi (OSB) bulunurken bu OSB'lerin ikisi İzmit ilçesinde, üçü Dilovası ilçesinde, yedisi Gebze ilçesinde ve kalanı Kartepe ve Kandıra ilçelerinde bulunmaktadır.

Şekil 7b'de verilen NO₂ gazının sıcak ve soğuk nokta dağılımı incelendiğinde özellikle ilin orta kesimlerinde sıcak noktaların baskın olduğu gözlemlenmiştir. Yoğunlaşmanın belirginleştiği merkezi bölgede, yoğun sanayi tesislerinin, kentleşme alanlarının ve şehir içi trafiğin yoğun olduğu bilinmektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde şehrin kuzey kesimlerinde soğuk noktaların arttığı ancak yaz ve özellikle kış mevsimlerinde azaldığı dikkat çekmektedir. Bu bölgelerde, doğal bitki örtüsü, iğne yapraklı, geniş yapraklı ve karışık orman örtüsünün yoğunlukta olduğu (Şekil 1b) bilinmektedir.



Şekil 7. a) CO ve b) NO₂ parametrelerinin mevsimsel olarak elde edilen Sıcak Nokta Analizi sonuçları (GD: güven değeri)

CO ve NO₂ parametrelerinin konumsal olarak yoğun olduğu bölgeler Sıcak Nokta Analizi ile belirlenirken hem konuma hem de zamana bağlı değişimlerinin birlikte değerlendirilebilmesi için her iki parametre özelinde 2019-2024 yılları arasında her bir ay için üretilen aylık ortalama görüntüler GEE platformu aracılığıyla oluşturularak (72 görüntü) 1 km'lik gridler ile her görüntüden piksel değerleri elde edilmiştir. Gelişen Sıcak Nokta Analizi uygulanırken aylık ortalama görüntüler kullanıldığından zaman adımı 1 ay, zaman aralığı ise 54 ay olarak alınmıştır. Süreç içerisinde hava kalite parametreleri üzerinde COVID-19 pandemi sürecinin etkileri izlendiğinden zaman aralığı geniş tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. a) CO ve b) NO₂ parametrelerine uygulanan Gelişen Sıcak Nokta Analizi sonuçları.

Şekil 8'de verilen sonuçların Sıcak Nokta Analizi ile tutarlı olduğu görülmektedir. CO parametresinde şehrin kuzey kesimlerinde ve İzmit Körfezi kıyılarında yoğunlaşan ve sürekli sıcak nokta sınıflarının çoğunlukta olduğu görülmektedir. Şehrin güney kesimlerinde ise yoğunlaşan soğuk nokta sınıfının hâkim olduğu görülmektedir. Bu kesimler arasındaki geçiş bölgelerinde ise salınımlı soğuk noktalar yer almaktadır. NO₂ parametresinin analiz sonuçları incelendiğinde, kentsel ve endüstriyel alanlar ile ulaşım altyapılarının yoğunlukta olduğu İzmit Körfezi çevresinde yoğunlaşan sıcak noktaların baskın olduğu görülmektedir. Şehrin kuzey ve güney kesimlerinde ise yoğunlaşan soğuk noktaların hakimiyeti dikkat çekmektedir. Elde

edilen bulgular neticesinde, CO ve NO₂ parametrelerinin, insan faaliyetleri ve AÖ/AK ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Hava kalitesi, insan sağlığı, ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve genel çevresel koşullar açısından kritik bir faktördür. Sanayi faaliyetleri, ulaşım ve diğer insan kaynaklı emisyonlar, atmosferdeki kirlenici gaz seviyelerini doğrudan etkilemekte ve bu durum, solunum hastalıkları başta olmak üzere birçok sağlık sorununa yol açmaktadır. Kocaeli, sanayi yoğunluğu ve stratejik konumu nedeniyle hava kalitesinin sürekli izlenmesi gereken iller arasında yer almaktadır. Ancak, geleneksel hava kalitesi izleme yöntemleri, yeterli sayıda yer izleme istasyonu bulunmaması ve bölgesel ölçekte mekânsal çözünürlüğün düşük olması gibi kısıtlamalar nedeniyle belirli sınırlılıklara sahiptir. Uzaktan algılama sistemleri ise geniş kapsama alanı ve tekrarlı geçiş sistemleri ile sürekli veri alımı sayesinde il ve hatta ülke ölçeğinde hava kalite parametrelerinin izlenmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada kapsamında, Kocaeli ilinde hava kalitesini etkileyen CO ve NO₂ gazlarının mekânsal ve zamansal değişimleri GEE platformu kullanılarak analiz edilmiş ve mekânsal istatistiksel analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uydu verilerinin hava kirliliğinin izlenmesinde önemli bir veri kaynağı olduğunu ve geleneksel yer gözlem istasyonlarına tamamlayıcı bir rol üstlenebileceğini göstermektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, ayrıca CORINE AÖ/AK verisi ile irdelenmiş ve farklı arazi kullanımlarının hava kirliliği ile ilişkisi değerlendirilmiştir. Özellikle sanayi ve yerleşim alanlarında NO₂ seviyelerinin yüksek olduğu, ormanlık ve su kütleleri gibi doğal alanlarda ise daha düşük seviyelerde seyrettiği, CO parametresinin ise ilkbahar mevsiminde genel olarak daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen mekânsal ve istatistiksel analizler ile sıcak ve soğuk noktaların yanı sıra konum-zaman ilişkisi de ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde, özellikle sanayi tesisleri ve ulaşım ağlarının yoğun olduğu bölgelerde hava kirliliğinin daha yüksek olduğu ve zaman içerisinde de yoğunlaştığı görülmüştür. Bu durum, sanayi bölgelerinin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik stratejik düzenlemelerin gerekliliğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Uydu tabanlı izleme sistemleri, geniş alanlarda sürekli ve homojen bir veri sağlama kapasitesine sahiptir. Yer istasyonlarının düzensiz dağılımı ve sınırlı ölçüm kabiliyetleri nedeniyle, özellikle sanayi bölgeleri gibi yüksek kirlenici emisyonlarının bulunduğu alanlarda Sentinel-5P verilerinin kullanımı, hava kalitesinin izlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, GEE platformu sayesinde elde edilen aylık ve mevsimsel veriler ile gerçekleştirilen analizler, kirlilik seviyelerindeki dalgalanmaların meteorolojik koşullar, sanayi faaliyetleri ve ulaşım yoğunluğu gibi faktörlerle ilişkilendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, hava kalitesinin izlenmesinde uzaktan algılama tekniklerinin ve mekânsal analiz yöntemlerinin entegrasyonunun sağladığı avantajları ortaya koymaktadır. Uydu tabanlı gözlemler, karar vericilere geniş ölçekli ve güncel veri sağlayarak, hava kirliliği takibinde ve yönetiminde geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkin bir yaklaşım sunmaktadır. Bu bağlamda, hava kalitesinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, sanayi kaynaklı kirliliğin azaltılması ve halk sağlığının korunması için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri destekli çalışmaların yaygınlaştırılması ve yönetim sistemlerine entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır.

ORCID

Elif ÖZLER 
<https://orcid.org/0009-0000-0519-9897>

Rümeysa KARATAŞ 
<https://orcid.org/0009-0009-5046-6208>

Nur YAĞMUR AYDIN 
<https://orcid.org/0000-0002-5915-6929>

KAYNAKLAR

- Albayrak, A.N (2017). *Kocaeli'de Sanayinin Gelişimi ve Sanayide Mekânsal Değişim*. Erişim Adresi: <https://www.arkitera.com/gorus/kocaelide-sanayinin-gelisimi-ve-sanayide-mekansal-degisim>
- Arıkan, D. ve Yıldız, F. (2023). Investigation of urban heat island and carbon monoxide change using Google Earth engine in Konya. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1185-1193. doi: 10.28948/ngumuh.1279129

Arikan İspir, D. ve Yıldız, F. (2025). Air Quality of Bursa: Temporal and Spatial Evaluation of PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ and SO₂ Pollutants Using IDW Geostatistical Technique. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 11(1), 181-193. doi: 10.21324/dacd.1562860

Bodah, B. W., Neckel, A., Maculan, L. S., Milanes, C. B., Korcelski, C., Ramirez, O., ... ve Oliveira, M. L. (2022). Sentinel-5P TROPOMI satellite application for NO₂ and CO studies aiming at environmental valuation. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131960. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131960

Bostan, P. ve Olcay, S. S. (2022). Düünden bugüne ülkemizde yapılan dış ortam hava kirliliği sağlık etkileri araştırmaları. *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 22-29.

Chi, Y., Ren, Y., Xu, C. ve Zhan, Y. (2024). The spatial distribution mechanism of PM_{2.5} and NO₂ on the eastern coast of China. *Environmental Pollution*, 342, 123122.

Cichowicz, R., Wielgosiński, G. ve Fetter, W. (2017). Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environmental monitoring and assessment*, 189, 605. doi: 10.1007/s10661-017-6319-2

CLMS (Copernicus Land Monitoring Service), (2025). *CORINE land cover*. European Environment Agency. Retrieved January 29, 2025, <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>

Coşkun, M., Şahiner, H., Abujayyab, S. K. ve Canbulat, O. (2022). Kocaeli ilinde uydu verileri ve yer istasyonu ölçümlerine bağlı olarak hava kalitesinin değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (81), 53-68. doi: 10.17211/tcd.1108123

Çilek, M. Ü. (2022). Troposferik Nitrojen Dioksitin (NO₂) COVID-19 Pandemisinde Mekânsal ve Zamansal Analizi: Adana-Mersin Bölgesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(3), 581-594. doi: 10.53433/yyufbed.1119418

Demirarslan, K. O. ve Akıncı, H. (2018). CBS ve hava kalitesi verileri kullanılarak Marmara Bölgesinin kış sezonunda hava kalitesinin değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(1), 11-27. doi: 10.21324/dacd.344564

- EPA (U.S. Environmental Protection Agency), (2024a). *Basic Information about Carbon Monoxide (CO) Outdoor Air Pollution*. Erişim Adresi: <https://www.epa.gov/collution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution#What%20is%20CO>
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency), (2024b). *Basic Information about NO₂*. Erişim Adresi: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>
- ESRI, (2024). *How Emerging Hot Spot Analysis works*. Erişim Adresi: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmoreemerging.htm>
- Garipağaoğlu, N. ve Duman, C. (2017). Bursa Kenti Hava Kalitesinin Zaman İçerisindeki Değişimi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (36), 57-70.
- Getis, A. ve Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical analysis*, 24(3), 189-206.
- HSGM (Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü), (2023). Erişim Adresi: <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/ced/hava-kirliligi.html>
- Kaloni, D., Lee, Y. H. ve Dev, S. (2021, July). *Impact of COVID-19-induced lockdown on air quality in Ireland*. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, Brussels, Belgium.
- Karataş, R., Özler, E. ve Yağmur Aydın, N. (2025, Haziran). *Yersel ve Uydu Tabanlı NO₂ ve CO Parametrelerinin Sıcaklık ile İlişkisinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi: Kocaeli Örneği*. TUFUAB 2025, 18-20 Haziran 2025, Zonguldak.
- Kocaeli Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü (KÇŞİD), (2023). *Kocaeli İli 2022 Yılı Çevre Durum Raporu*. Erişim Adresi: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/kocaeli-ilcdr-2022-20230706104825.pdf>
- Levelt, P. F., Stein Zweers, D. C., Aben, I., Bauwens, M., Borsdorff, T., De Smedt, I., ... ve Verhoelst, T. (2022). Air quality impacts of COVID-19 lockdown measures detected from space using high spatial resolution observations of multiple trace gases from Sentinel-5P/TROPOMI. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 22(15), 10319–10351. doi: 10.5194/acp-22-10319-2022
- Li, Z., Wang, Y., Xu, Z. ve Cao, Y. E. (2021). Characteristics and sources of atmospheric pollutants in typical inland cities in arid regions of central Asia: A case study of Urumqi city. *Plos One*, 16(4), e0249563. doi: 10.1371/journal.pone.0249563
- Makineci, H. B. (2022). İstanbul İli Merkez İlçelerindeki NO₂ ve CO Emisyonlarının Uzaktan Algılama ve Yersel İstasyon Verileri Kullanılarak İncelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 4(2), 62-74. doi: 10.51489/tuzal.1160333
- Martin, R.V. (2008). Satellite remote sensing of surface air quality. *Atmospheric Environment*, 42(34), 7823–7843. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.07.018
- Menteşe, S. ve Çotuker, O. (2021). Partikül madde, karbon monoksit ve karbondioksit seviyelerinin iç ve dış ortamlarda değişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(3), 723-734. doi: 10.21923/jesd.811053
- Morillas, C., Alvarez, S., Pires, J. C., Garcia, A. J. ve Martinez, S. (2024). Impact of the implementation of Madrid's low emission zone on NO₂ concentration using Sentinel-5P/TROPOMI data. *Atmospheric Environment*, 320, 120326. doi: 10.1016/j.atmosenv.2024.120326
- Müller, I., Erbertseder, T. ve Taubenböck, H. (2022). Tropospheric NO₂: Explorative analyses of spatial variability and impact factors. *Remote Sensing of Environment*, 270, 112839. doi: 10.1016/j.rse.2021.112839
- Ord, J. K. ve Getis, A. (1995). Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical analysis*, 27(4), 286-306.
- Özçelik, D. ve Küçükönder, M. (2024). 2023 Depremleri afet bölgesinde NO₂ troposferik yoğunlukların mekânsal-zamansal sıcak noktaları. *Türk Coğrafya Dergisi*, (86), 87-103. doi: 10.17211/tcd.1514632
- Sünsülü, M. ve Kalkan, K. (2022). Sentinel-5P uydu görüntüleri ile azot dioksit (NO₂) kirliliğinin izlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 4(1), 1-6. doi: 10.51489/tuzal.1056261
- Taşdemir, Y. ve Erbaşlar, T. (2007). Bursa Atmosferinde Ölçülen Klasik Hava Kirleticilerin Birbirleri ile Olan İlişkileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 12(2), 9-19.

- Uyar, N. (2024). Monitoring and analysis of air quality in Zonguldak Province by remote sensing. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 6(1), 57-67. doi: 10.51489/tuzal.1484324
- Ünal, C. ve Özel, G. (2022). Bolu İli Hava Kirleticisi Maddeler ile Meteorolojik Faktörler Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. *Karaelmas Fen Ve Mühendislik Dergisi*, 12(2), 194-206. doi: 10.7212/karaelmasfen.1071238
- Vîrghileanu, M., Săvulescu, I., Mihai, B. A., Nistor, C., ve Dobre, R. (2020). Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution monitoring with Sentinel-5P satellite imagery over Europe during the coronavirus pandemic outbreak. *Remote Sensing*, 12(21), 3575. doi: 10.3390/rs12213575
- Virta, H., Jalongo, I., Szeląg, M., ve Eskes, H. (2023). Estimating surface-level nitrogen dioxide concentrations from Sentinel-5P/TROPOMI observations in Finland. *Atmospheric Environment*, 312, 119989. doi: 10.1016/j.atmosenv.2023.119989
- Vural, E. (2021). Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinin CBS kullanarak hava kalitesinin mekânsal değişiminin incelenmesi (2007-2019). *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 124-135. doi: 10.21324/dacd.718450
- World Health Organization (WHO). (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. WHO Press. Erişim Adresi: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf>
- Yakut, Ş. M. (2023). Nevşehir İli Hava Kalitesinin Mevsimsel ve Senelik Değerlendirilmesi. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 7(2), 77-84. doi: 10.29002/asujse.1358937
- Zheng, Z., Yang, Z., Wu, Z. ve Marinello, F. (2019). Spatial variation of NO₂ and its impact factors in China: An application of Sentinel-5P products. *Remote Sensing*, 11(16), 1939. doi: 10.3390/rs11161939

Akış Haritası Tasarımına Yönelik QGIS Eklentisi Geliştirme (QGIS Plugin Development for Flow Map Design)

İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ¹ , Caner GÜZELER² , Sevgi BÖGE³ 

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya

²Ürgüp Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, Ürgüp, Nevşehir

³Selçuk Üniversitesi, Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Programı, Kadınhanı, Konya

*Sorumlu yazar: sboge@selcuk.edu.tr, iobildirici@ktun.edu.tr, canerguzeler@urgup.bel.tr

Geliş Tarihi (Received): 18.05.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 15.07.2025

ÖZ

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları arasında olan QGIS (Quantum Geographical Information Systems), Özgür ve Açık Kaynak Kodlu (ÖAKK) ve ücretsiz bir yazılım olarak bilinmektedir. Bu özellikleri sebebiyle kullanıcı kitlesi giderek artmakta, kullanımı yaygınlaşmaktadır. Python programlama dili desteği vermektedir. Yazılım, noktalar arasındaki büyüklüğü veya akışı gösteren akış haritalarını oluşturmak için kendi iç yapısında bir araca sahip değildir. Akış haritası, kartografyada bir yerden başka bir yere gerçekleşen hareketlerin (örneğin insanlar, mallar, para, bilgi, enerji, ulaşım veya göç gibi) görsel olarak gösterildiği tematik harita türüdür. Bu haritalar, kaynak ve hedef noktalar arasında yönlendirilmiş çizgiler (oklar) kullanarak niceliksel ve yönsel bilgi sunar. Bu çalışmada kullanıcıların kolaylıkla ulaşip, kullanabileceği bir akış haritası eklentisi oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan bu çalışma sonucunda başarılı bir biçimde akış haritası tasarlanabilecek Flow Map isimli eklenti geliştirilmiş ve açık kaynak olarak GitHub platformundan paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akış Haritası, Eklenti, Tematik Harita, QGIS, CBS

ABSTRACT

QGIS (Quantum Geographical Information Systems), one of the Geographic Information System (GIS) software, is known as Free and Open-Source Code (FOSS) and free software. Due to these features, its user community is gradually increasing, and its use is becoming widespread. It supports Python programming language. The software does not have an internal tool to create flow maps showing the size or flow between points. A flow map is a type of thematic map in cartography that visually depicts the movement from one place to another (such as people, goods, money, information, energy, transportation or migration). These maps provide quantitative and directional information using directed lines (arrows) between source and destination points. This study aims to create a flow map plugin that users can easily access and use. As a result of this study, a plugin called Flow Map, which can successfully design a flow map, has been developed and shared as open source on GitHub platform.

Keywords: Flow Map, Plugin, Thematic Map, QGIS, GIS

1. GİRİŞ

Bir bilgi sistemi, bireyler veya kuruluşlar için önemli olan bilgileri toplamak, yönetmek, analiz etmek ve dağıtmak için birlikte çalışan insanlar, makineler, veriler ve prosedürlerden oluşan bir bütündür (Duckham, Sun ve Worboys, 2024). Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), coğrafi referanslı verilerle ilgilenen özel bir bilgi sistemi türüdür. CBS, yeryüzüne ilişkin verilerin belli bir amaç doğrultusunda toplanması, işlenmesi, depolanması, sorgulanması, paylaşılması fonksiyonlarını yerine getiren bir araçtır (Burrough, McDonnell ve Lloyd, 2015).

Konuma dayalı hareketleri olan mekânsal etkileşimler, birçok sosyo-ekonomik süreci ve değişimi yönlendiren temel güçlerden biridir (Tobler, 2003). Örneğin göç olgusunu anlamak ve açıklamak için haritalar kullanarak mekânsal ilişkiler görselleştirilmelidir (Kim, Lee, Shin ve Choi, 2012). Akış haritaları, coğrafi bölgeler arası bağlantı ve etkileşimi temsil eden etkili bir araçtır (Jenny ve diğerleri, 2018). Aynı zamanda akış haritaları yalnızca etkileşimlerin gerçekleştiği konumu değil olayların yönünü ve hacminin de algılamasını sağlar (Dong, Wang, Chen ve Meng, 2018).

Akış haritasında bulunan düğümler arasındaki akışlar, konumlar arasında var olan gerçek akış güzergahlarının bilinmediği veya göz ardı edilebildiği yaygın ve en temel mekânsal etkileşim biçimini temsil etmektedir (Tobler, 1976). Akış haritalarındaki veriler iki nokta arasındaki hareketleri göstermektedir fakat bu verilerin izlediği gerçek yol anlamına gelmez. Mekâna dayalı akış haritalaması, CBS yazılımı ile ifade edilebilir ve tematik anlamda haritalarla etkileşimi iyileştirebilir (Kim ve diğerleri, 2012). Akış çizgilerinin örtüşmesi ve okunurluğun azalması bu alanda problem olarak görülmektedir. Literatür taramasında görüldüğü üzere akış haritalarının okunabilirliğini artırmak için Jenny ve diğerleri (2018), eğri ve düz akış çizgileri üzerindeki

bulguları değerlendirerek, akış haritaları hakkında birkaç tasarım ilkesi geliştirmiş.

QGIS (Quantum Geographical Information Systems) sadece bir CBS yazılımı değil; aynı zamanda Python kullanarak coğrafi mekânsal uygulamalar oluşturmak için kullanılabilen bir programlama arayüzü de (API: Application Programming Interface) sağlayan bir yazılımdır. QGIS C++ ile yazılmış olsa da Python programlama için kapsamlı destek sağlamaktadır (Oxoli, Zurbaran, Shaji ve Muthusamy, 2016). Python kodları kolaylıkla eklenti olarak aktarılabilip, kolaylıkla çalıştırılmaktadır. Ayrıca QGIS'te istenen işlemlerin Python komutuyla yapılmasına izin veren bir Python konsolu bulunmakta ve bu konsol sayesinde basit eklentileri geliştirirken mekânsal ara işlemlerin yapılmasında esneklik sağlanmaktadır (Beyhan, Belge ve Zorlu, 2010).

Bu makalede, akış haritası tasarımına yönelik bir eklenti geliştirilmesi üzerinde durulacaktır. Tematik verilerin çizgisel olarak ifade edildiği bir harita türü olan akış haritaları için oluşturulan bu eklenti, açık kaynak kodlu ve ücretsiz bir yazılım olan QGIS eklentisi olarak oluşturulması üzerinde durulacaktır. Eklenti çalışması Güzeler (2022) yüksek lisans tez çalışması kapsamında gerçekleştirilmiştir. Burada tezden elde edilen bulgular ve sonuçlar tartışılacaktır.

2. AKIŞ HARİTASI

Akış haritasını tanımlamak gerekirse, düğüm noktaları veya nesneler arasındaki belli bir hareketi çizgisel işaretler (ok işareti, çizgi vb.) vasıtasıyla temsil eden tematik haritalar olarak ifade edilebilir. Akış haritalaması ise coğrafi mekanlar arasında oluşan etkileşimleri veya hareketleri görselleştirme eylemi olarak söylenebilir (Güllüoğlu, 2014).

İlk akış haritaları İrlanda'daki tren yolculuğunu göstermekteydi. O zamanlardan bu yana, kartograflar göç, ticaret ve bir yerden bir yere ilişkisi olan veri kümelerini tasvir etmek için akış haritalarını kullanmaktadır (Dent, 1999).

İyi bir akış haritası, çizgileri düzgün bir biçimde birleştirerek ve kendi kendine kesişmelerden kaçınarak görsel karmaşayı azaltır (Buchin, Speckmann ve Verbeek, 2011).

3. PYTHON ve QGIS

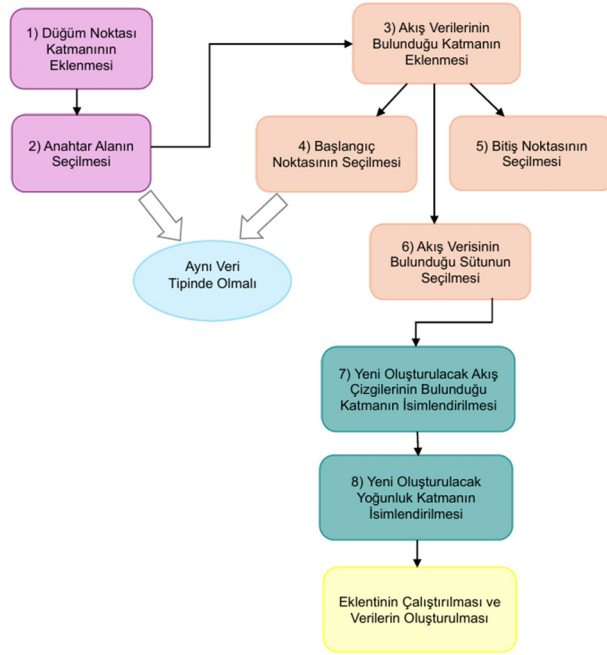
Python, son yıllarda yaygın olarak kullanılan genel amaçlı, nesne yönelimli, kod okunabilirliğini öne çıkaran, geleneksel dillere göre (C, C++, Fortran vb.) daha az satır ile kod yazılabilen, üst düzey bir programlama dilidir. Dinamik bir tür sistemini ve otomatik bellek yönetimini destekler, büyük ve kapsamlı standart kütüphanelere sahiptir. Python yorumlayıcıları birçok işletim sistemi için mevcuttur (Srinath, 2017).

Açık kaynak kodlu CBS yazılımlarının geliştirilmesi, ücretsiz veri kullanılabilirliği göz önüne alındığında hiçbir maliyet olmadan gerçekleştirilebilir. QGIS, veri görselleştirme ve analizi için çeşitli araçlar sağlayan açık kaynak CBS yazılımıdır; esas olarak C++ dilinde yazılmıştır, ancak API (Application Programming Interface) ve Python'da yazılmış eklentiler aracılığıyla işlevlerinin genişletilmesine de olanak tanır (Congedo, 2021). QGIS'de otomatik olarak Python kodunu çalıştırmak, QGIS ara yüzünü özelleştirme amacıyla kodlama yapmak, ihtiyaç doğrultusunda prosesler bölümünü özelleştirmek, katmanları özelleştirmek ve eklenti (Plugin) oluşturmak gibi avantaj sağlayan özellikler mevcuttur (Sünsülü, 2020).

QGIS yazılımı, açık kaynak kodlu bir yazılım olmasından dolayı, mevcut eklentilere ait kodlar da açık bir şekilde kullanıcılarla paylaşılabilir. Yeni eklentiler geliştirilebileceği gibi var olan eklentileri geliştirmek gibi bir seçenek de bulunmaktadır. Her iki durumda da kullanıcılar geliştirdikleri eklentileri, kendileri kullanabileceği gibi diğer kullanıcılar ile de paylaşabilir. Böylelikle kullanıcıların QGIS'i kendilerine göre özelleştirebilme imkânı ortaya çıkmaktadır (Güzeler, 2022).

4. UYGULAMA

Flow Map eklentisi içerisinde; düğüm noktalarını ve bunlara ait anahtarları bulunduran nokta geometrili katman ile akışın hacmini, boyutunu, hangi noktalar arası çizileceğini bulunduran ve geometrisi olmayan iki farklı dosya gereklidir. Bu dosyalar arasındaki bağlantı için anahtar alan tanımlanmış ve veri türü uyumu olmalıdır. Eklenti, düğüm noktaları arasında çizgileri oluşturup, bu çizgilerin akış verilerine göre sınıflandırılması için gereken dosyayı elde etmenizi sağlamaktadır. Şekil 1'deki akış diyagramı Flow Map eklentisinin çalışma prensibini göstermektedir.



Şekil 1. Flow Map eklentisinin çalışma prensibi diyagramı (Güzeler, 2022)

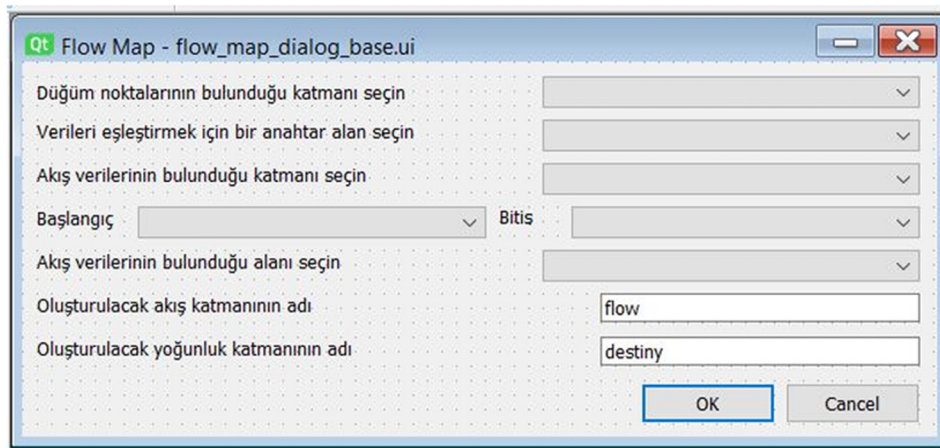
Eklenti geliştirirken Plugin Builder ve Plugin Reloader eklentilerinden yararlanılmıştır. Plugin Builder eklenti dosyasının oluşturulabilmesi için yardımcı bir eklentidir. Plugin Reloader ise geliştirilen eklenti üzerindeki değişiklikleri anlık olarak görmek için kullanılır (<https://g-sherman.github.io/Qgis-Plugin-Builder/>, https://github.com/borysiasty/plugin_reloader).

Eklenti grafik arayüzü tasarımında Python PyQt modülü ve QtDesigner uygulamasından yararlanılmıştır. Qt5 versiyonu kullanılmıştır (Computing, 2016). QGIS'in grafik arayüzü ve

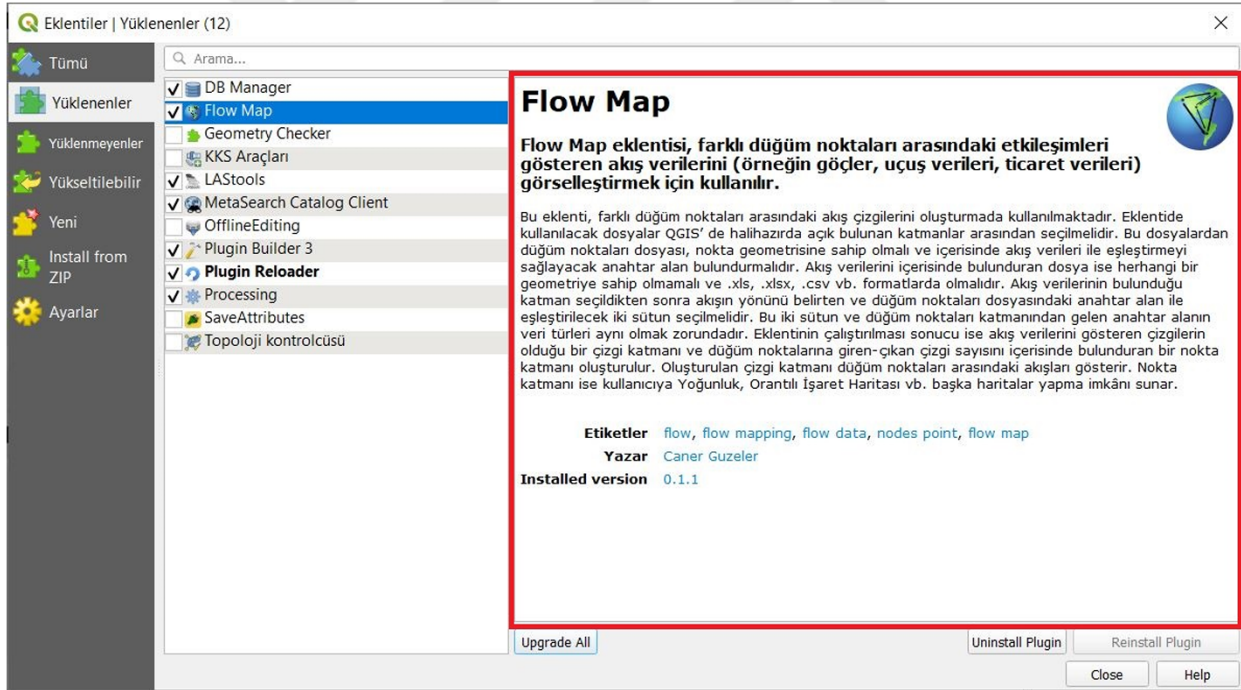
açık kaynak paylaşılan eklentilerin büyük bir çoğunluğunun grafik arayüzü Qt ile kodlanmıştır. Qt ile çalışırken ya doğrudan Qt sınıflarından yararlanılarak kodlama yapılmakta ya da QtDesigner yazılımı ile çalışılmaktadır. İkinci seçenekte QtDesigner yazılımında arayüz grafik olarak çizilir. Nesnelere belli isimler verilir. Bu şekilde hazırlanan ui uzantılı dosya Python ya da Python koduna dönüştürülür ya da uic modülü ile Python kodları içinde kullanılabilir. Bu çalışmada uic modülünden yararlanılmıştır. Bu şekilde çalışıldığında QtDesigner ile ui uzantılı dosyada değişiklik yapılırsa doğrudan eklenti arayüzü güncellenir. Hazırlanan arayüz Şekil 2'de görülmektedir. Eklentinin çalışması için gereken katmanlar ilgili açılır metin kutularında (ComboBox) görüntülenir. Bu bilgiler o anda açık olan katmanlardan iface (PyQgis) nesnesi ile alınır. Gerekli bilgiler tamamlandı OK butonuna basıldığında Şekil 1'de görülen akış diyagramına göre akış çizgileri ve yoğunluk katmanları oluşturulur. Eklenti sonucunda oluşan katmanlar kayıtlı değil bellekte (memory layer) bulunur. Eklentinin dosya kaydetme özelliği yoktur. Bellekte bulunan katmanlar istenilen dosya türünde QGIS araçları ile kaydedilebilirler. Hazırlanan eklenti arayüzü Şekil 2'de görülmektedir.

Akış çizgileri başlangıç ve bitiş noktalarında akış verilerine (akışa ait ilgili öznelik) dayalı olarak yoğunluk katmanı da oluşturulmaktadır. Bu şekilde yoğunluk haritası (heat map) oluşturulabilir.

Şekil 3'te Flow Map'in eklenti yöneticisindeki görünümü görülmektedir.



Şekil 2. Eklenti Penceresinin Görünümü



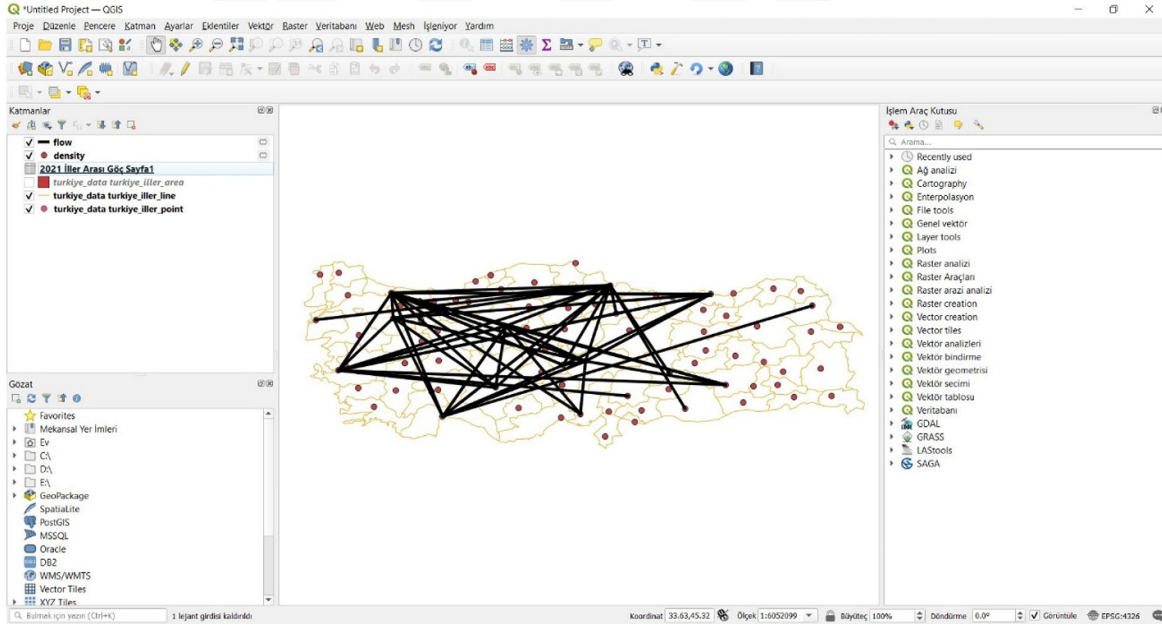
Şekil 3. Eklenti Yöneticisi Penceresinde Flow Map Eklentisinin Görünümü

Flow Map Eklentisinin Kullanımı: Eklentinin test edilmesi için Türkiye'de bulunan bazı iller arasındaki göç verilerini gösteren Excel dosyası ve Türkiye il merkezlerini içeren bir katman kullanılmıştır. Akış çizgilerini oluşturmak için Flow

Map eklentisi ile bir düğüm noktası katmanı (Shapefile, GeoPackage vb. bir formatta) ve bu düğüm noktaları arası akışları oluşturmak için akış verileri dosyası gerekmektedir. Örnek çalışmada kullanılan dosyalar ve bu dosyaların içerisinde yer alan veriler Şekil 4'te görüldüğü gibidir.

turkiye_data turkiye_iller_point					2021 İller Arası Göç Sayfa1				
turkiye_data turkiye_iller_point — Features Total: 81, Filtered: 81, Selected: 0					2021 İller Arası Göç Sayfa1 — Features Total: 60, Filtered: 60, Selected: 0				
fid	IL_ID	ILADI	renk		From	To	Quantity	Date	
1	71	71 KIRIKKALE	5		35	61	590	2021	
2	64	64 UŞAK	1		35	46	504	2021	
3	65	65 VAN	4		6	42	7551	2021	
4	66	66 YOZGAT	1		6	21	2449	2021	
5	67	67 ZONGULDAK	5		35	34	15541	2021	
6	76	76 IĞDIR	1		35	6	7961	2021	
7	77	77 YALOVA	2		38	21	365	2021	
8	78	78 KARABÜK	4		38	34	4640	2021	
9	79	79 KİLİS	2		38	6	4504	2021	
10	72	72 BATMAN	5		38	7	1297	2021	
11	73	73 ŞİRNAK	3		35	55	977	2021	

Şekil 4. Akış Verileri ve Düğüm Noktaları Dosyaları

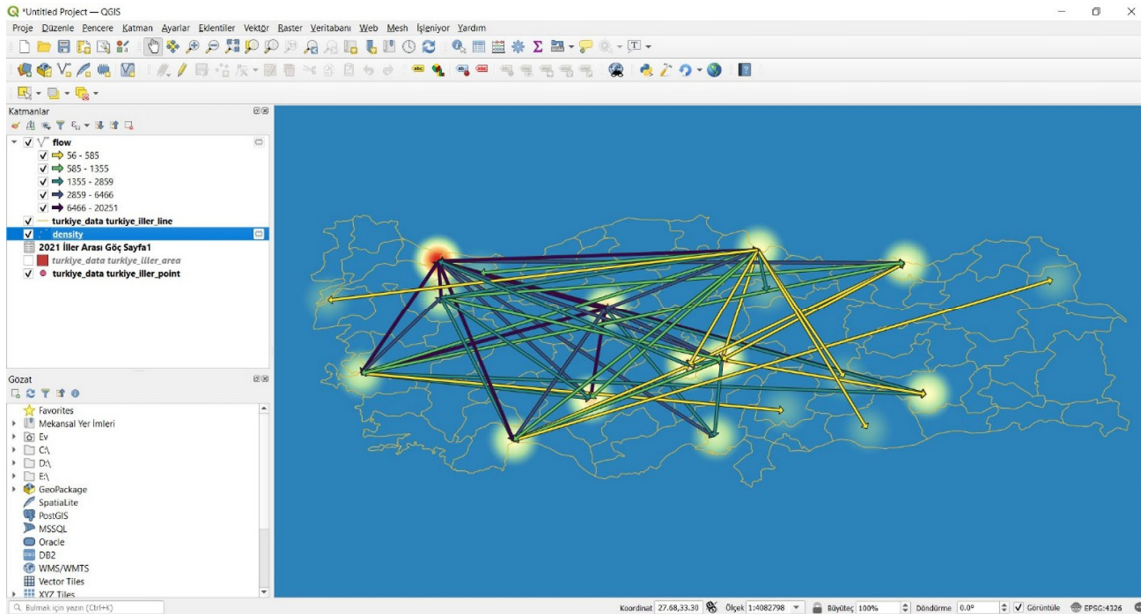


Şekil 5. Flow Map Eklentisinin Oluşturduğu Akış Çizgileri

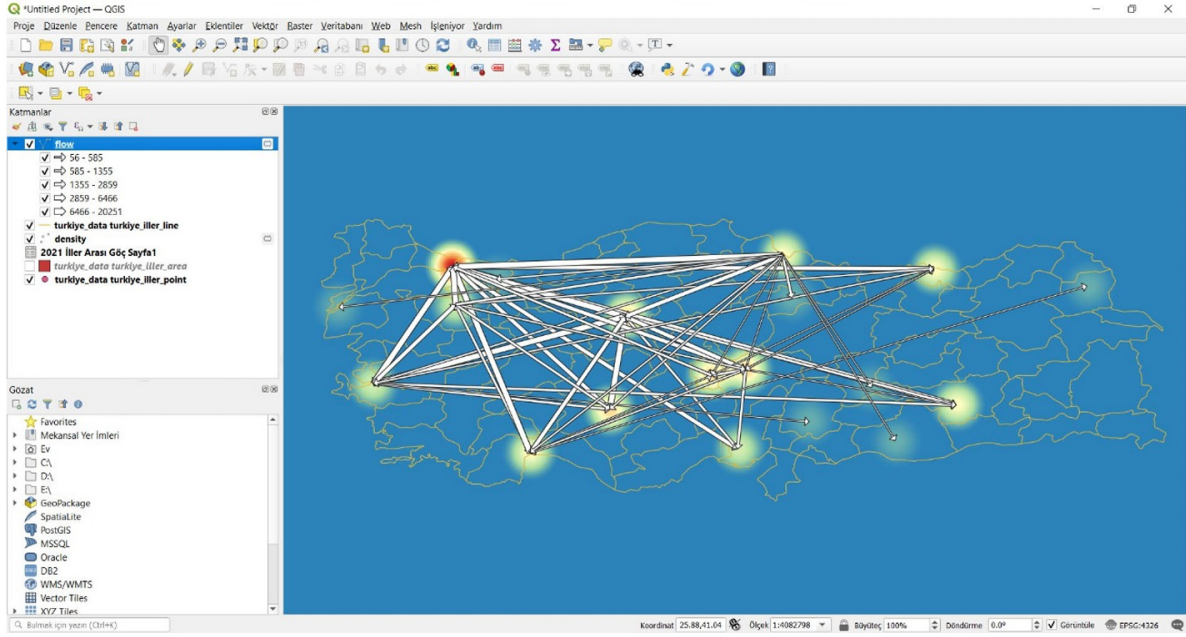
Eklenti penceresinde açık olan katmanlar listelenmektedir. İlgili katmanlar doğru olarak seçildikten sonra akış çizgileri Şekil 5'teki gibi oluşturulmuş olur. Flow Map eklentisi akış haritası yapmak için gereken katmanı hazırlar. Akış çizgilerinin gösterimi/tasarımı kullanıcılara bırakılmıştır.

Flow isimli katmandaki, tek tip olarak meydana gelen bu çizgiler, kullanıcı tarafından daha sonra kendi isteğine göre tasarlanabilir (Şekil 5). Bu çizgilerin içerisinde bulunan akış verileriyle,

çizgileri rengine veya kalınlığına göre sınıflandırıp akış haritası oluşturabilir. Ayrıca bu çizgileri QGIS'de semboloji özellikleri ile Ok işareti şeklinde gösterebilir. Bununla birlikte kullanıcı, eklentiyle oluşturulan ve bir diğer katman olan density katmanını kullanabilir. Akış çizgilerinin altında noktadan çıkan veya noktaya gelen akış çizgilerinin sayısını kullanarak da Orantılı İşaret Haritası veya Yoğunluk Haritası (Heat Map) oluşturabilir. Bununla ilgili oluşturulan yoğunluk haritalı örnek Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Çizgi Renklerine Göre Yoğunluk Verileri Üzerinde Akış Verilerinin Sınıflandırılması



Şekil 7. Çizgi Boyutlarına Göre Yoğunluk Verileri Üzerinde Akış Verilerinin Sınıflandırılması

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada gelişmekte olan yazılım dünyasında en gelişmiş ve popüler programlama dillerinden biri olan Python kullanılmıştır. Açık kaynak kodlu olma özelliği bulunan ve günümüzde gelişimi hızla devam eden coğrafi bilgi sistemi yazılımları arasında yer alan QGIS programı içerisinde akış haritası tasarlamaya yönelik eklenti geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada ilk aşamada benzer ve konu ile ilgili diğer çalışmalar incelenmiştir. Sonraki aşamada çalışmanın ana konusu olan akış haritalarının da içerisinde bulunduğu tematik haritalar ve türlerine kısaca değinilmiştir. Son olarak da çalışmanın daha iyi vurgulanması ve QGIS üzerindeki eklenti oluşturma çalışmalarını teşvik etmesi amacıyla Python, QGIS ve QGIS'in Python desteği hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışma sonunda, akış haritası tasarlarken, QGIS'den faydalanılması ve burada varolan problemleri giderip ve doğru verilerin kullanılması sonucu sorunsuz ve başarılı bir şekilde düğüm noktaları arasındaki akış çizgilerini oluşturan Flow Map eklentisi geliştirilmiştir. Geliştirmiş olan bu eklentinin çalıştırılmasıyla akış çizgilerini içerisinde bulunduran, çizgi geometri tipine sahip bir düğüm noktasına ve katmana gelen ya da bu düğüm noktasından çıkan nokta geometrisine sahip ikinci bir katman oluşturulmuştur. Oluşturulan çizgi geometri tipindeki katman içerisinde kullanıcı standart sınıflandırma işlemleri yaparak akış çizgilerini kalınlık veya renklerine

göre sınıflandırıp bir çok analizlerin yapılabileceği haritalar üretebilir. Arzu ettiği şekilde ikinci olarak oluşturulan ve nokta geometrili katman içerisinde girdi - çıktı sütunlarını kullanarak orantılı işaret haritası veya yoğunluk haritası gibi haritalar tasarlanabilir.

Flow Map eklentisi kod ve kurulum dosyaları Github platformundan açık kaynak olarak paylaşımına açılmıştır (<https://github.com/iobildirici/flowmap>).

Kodların ayrıntıları Güzeler (2022)'de de verilmiştir.

ORCID

İ. ÖZTUĞ BİLDİRİCİ 
<https://orcid.org/0000-0001-7717-586X>

Caner GÜZELER 
<https://orcid.org/0000-0001-8818-6732>

Sevgi BÖGE 
<https://orcid.org/0000-0001-6159-9721>

KAYNAKLAR

Beyhan, B., Belge, B. ve Zorlu, F. (2010). Özgür ve Açık Kaynak Kodlu Masaüstü CBS Yazılımları Üzerine: Karşılaştırmalı ve Sistemli Bir Değerlendirme, *Harita Dergisi*, 143, 45-61.

- Buchin K, Speckmann B, Verbeek K. (2011). Flow Map Layout via Spiral Trees, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*; 17(12), 2536–2544. doi:10.1109/tvcg.2011.202.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. ve Lloyd, C.D. (2015). Principles of geographical information systems. 3rd ed. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Computing, R. (2016). PyQt5 Reference Guide. PyQt. Erişim Adresi (13 Mayıs 2025): <https://www.riverbankcomputing.com/static/Docs/PyQt5/>
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: a Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *J. Open Source Software*, 6 <https://doi.org/10.21105/joss.03172>.
- Dent, B. D. (1999). Cartography: Thematic map design. McGraw-Hill. New York.
- Dong, W., Wang, S., Chen, Y. ve Meng, L. (2018). Using eye tracking to evaluate the usability of flow maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(7), 281. <https://doi.org/10.3390/ijgi7070281>
- Duckham, M., Sun, Q. C. ve Worboys, M. F. (2023). *GIS: A Computing Perspective*. CRC press.
- Güllüoğlu, N.C. (2014). *Development Of Free And Open Source Software For Flow Mapping Integrated to Geographic Information Systems*, (Doktora Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Güzeler, C. (2022). *Açık Kaynak Kodlu QGIS Yazılımı Altında Akış Haritası Tasarımına Yönelik Eklenti Geliştirme*, (Yüksek Lisans Tezi). KTUN, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Jenny, B., Stephen, D. M., Muehlenhaus, I., Marston, B. E., Sharma, R., Zhang, E. ve Jenny, H. (2018). Design principles for origin-destination flow maps. *Cartography and Geographic Information Science*, 45(1), 62-75. <https://doi.org/10.1080/15230406.2016.1262280>
- Kim, K., Lee, S. I., Shin, J. ve Choi, E. (2012). Developing a flow mapping module in a GIS environment. *The Cartographic Journal*, 49(2), 164–175. <https://doi.org/10.1179/174327711X13166800242356>
- Oxoli, D., Zurbarán, M. A., Shaji, S. ve Muthusamy, A. K. (2016). Hotspot analysis: A first prototype Python plugin enabling exploratory spatial data analysis into QGIS. *PeerJ Preprints*, 4, e2204v2202.
- Srinath, K. R. (2017). Python—the fastest growing programming language. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4, 354–357.
- Sünsüli, M. (2020). *QGIS ile Python Programlamaya Giriş PyQGIS Sıfırdan İleri Seviyeye PyQGIS*. Erişim Adresi (22 Şubat 2025): <https://play.google.com/books/reader?id=4arUDwAAQBAJ&pg=GBS.PP1>.
- Tobler, W. (1976). *Spatial Interaction patterns, in Journal of Environmental Systems*, 6, 271-301.
- Tobler, W. (2003). *Tobler's FlowMapper*. UC Santa Barbara: Center for Spatially Integrated Social Science. Retrieved from. Erişim Adresi (10 Mart 2025): <https://escholarship.org/uc/item/5m77x40h>

Sabit GNSS İstasyonlarının IGS-REPRO3 Ürünleri, Güncel Model ve Veri Analiz Stratejileri Kullanılarak Çoklu GNSS Analizleri

(Multi-GNSS Analysis of Permanent GNSS Stations Using IGS-REPRO3 Products, Latest Models, and Data Analysis Strategies)

Mert SAĞLAM¹, Özgür ÖZEL², Bahadır AKTUĞ³

¹Harita Genel Müdürlüğü, Kartografya Dairesi, Cebeci, Ankara

²Harita Genel Müdürlüğü, Jeodezi Dairesi, Cebeci, Ankara

³Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Yenimahalle, Ankara

mert.saglam@harita.gov.tr, ozgur.ozel@harita.gov.tr, aktug@ankara.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 10.12.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 15.07.2025

ÖZ

Uluslararası ölçekte yüksek hassasiyetli veriler sağlayan Uluslararası GNSS Servisi (IGS) istasyonları, küresel jeodezik referans çerçevesinin sürekliliği ve doğruluğu açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Ancak bu katkının sürdürülebilirliği için, elde edilen verilerin en güncel yörünge bilgileri, atmosferik modeller ve analiz stratejileriyle yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada; Türkiye ve çevresindeki Sabit Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) istasyonlarının 2018-2023 yılları arasındaki GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou uydu sistemlerinin ham gözlem verileri ile, IGS tarafından sunulan Repro3 (ReProcessing 3) ürünleri ile yeniden işlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda güncellenen REPRO3 ürünleri kullanılarak daha tutarlı zaman serilerinin ve nokta hızlarının elde edilmesi hedeflenerek Çoklu-GNSS sistemlerinin koordinat doğrulukları değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde GAMIT/GLOBK V10.71 yazılımı kullanılmış ve nihai çözümler ITRF2020 referans sisteminde hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, Çoklu-GNSS sistemlerinin dahil edildiği çözümlerin performansını iyileştirdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: GNSS, IGS, Repro3, Yeniden İşleme.

ABSTRACT

International GNSS Service (IGS) stations, which provide high-precision data on an international scale, play a critical role in the continuity and accuracy of the global geodetic reference framework. However, for the sustainability of this contribution, it is necessary to re-evaluate the acquired data with the latest orbital information, atmospheric models and analysis strategies. In this study, it is aimed to reprocess the raw observation data of GPS, GLONASS, Galileo and BeiDou satellite systems between 2018 and 2023 of the Geostationary Global Navigation Satellite System (GNSS) stations in and around Türkiye with the Repro3 (ReProcessing 3) products offered by IGS. In this context, the coordinate accuracies of multi-GNSS systems were evaluated with the aim of obtaining more consistent time series and point velocities using the updated REPRO3 products. GAMIT/GLOBK V10.71 software was used to evaluate the data and the final solutions were calculated in the ITRF2020 reference system. The results obtained from the study show that

the inclusion of Multi-GNSS systems improves the performance of the solutions.

Keywords: GNSS, IGS, Repro3, Reprocessing

1. GİRİŞ

Konum belirleme ve zaman senkronizasyonu, insanlık için önemli ihtiyaçlardır. Uydu tabanlı konum ve navigasyon sistemlerindeki hızlı gelişmeler, gerçek zamanlı olarak üç boyutlu konum, hız ve zaman bilgisinin elde edilmesini sağlamış ve bu alandaki uygulamaları artırmıştır. Tarihsel süreçte gök cisimlerine dayalı yön bulma yöntemleri kullanılmakta iken, günümüzde uydu tabanlı sistemler, sundukları yüksek doğruluk ve sürekli kullanılabilirlik ile bu yöntemlerin yerini almıştır. Uydu sistemlerinin başlangıcı, Sovyetler Birliği'nin Sputnik uydusunun yörüngeye yerleştirilmesiyle başlamıştır. Ancak Sputnik uydusu özellikle navigasyon amacıyla tasarlanmamış, daha çok izleme ve uzay araştırmaları için kullanılmıştır. Bu gelişme, uydu teknolojilerinin ilerlemesi ve yörünge izleme yöntemlerinin temellerinin atılmasına katkı sağlamıştır. Ardından ABD tarafından geliştirilen GPS sistemi, bu alanda yeni bir dönemin kapılarını açmıştır. Sonraki yıllarda, Rusya'nın GLONASS, Avrupa'nın Galileo ve Çin'in BeiDou sistemlerinin devreye girmesiyle birlikte çoklu GNSS (Global Navigation Satellite Systems) konsepti ortaya çıkmıştır. Birden fazla navigasyon sisteminin entegrasyonu, konum, zaman ve navigasyon uygulamalarında uydu kaybı durumlarında alternatif sinyaller sunarak hem kullanılabilirliği hem de doğruluğu artırmaktadır. (Bahadır ve Nohutcu, 2018).

GNSS, kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonunda, arama-kurtarma işlemlerinde ve uçakların zorlu hava koşullarında iniş ve kalkışlarında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, jeodezik ölçümler, araç takip sistemleri ve coğrafi bilgi sistemleri gibi birçok sivil alanda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, GNSS uydu yörüngeleri ve yer dönme parametrelerinin

doğruluğunu artırmak amacıyla, global analiz merkezleri gelişen modeller ve teknolojiler doğrultusunda düzenli olarak güncellemeler yapmaktadır. Bu bağlamda REPRO3 projesi, çoklu GNSS veri analizi ve modelleme konusunda önemli bir adım olmuştur. Ekim 2019 itibarıyla, IGS Analiz Merkezleri, IGS küresel ağı tarafından 1994-2019 yılları arasında toplanan GNSS verilerini, en son modeller ve metodolojilerle tamamen tutarlı bir şekilde üçüncü kez yeniden analiz etmiştir (International GNSS Service, 2019). Bu çalışmada ise, Türkiye ve çevresindeki sabit GNSS istasyonlarından elde edilen 2018-2023 yıllarına ait veriler, REPRO3 ürünleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çoklu GNSS çözümleri değerlendirilmiş ve bu analizlerin doğruluğu incelenmiştir.

Bu çalışma, yalnızca REPRO3 ürünleri kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, güncel modeller ile Çoklu-GNSS verileri analiz edilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

a. Yeniden İşlemede Kullanılacak olan IGS İstasyonlarının Seçilmesi

Çalışma kapsamında referans çerçevesini tanımlamak amacıyla 2018-2023 yılları arasında, önceki tecrübeler dikkate alınarak yeniden işlemede kullanılacak olan Türkiye ve çevresindeki 24 adet IGS istasyonu dikkatli bir şekilde seçilerek ağ çözümlerine dahil edilmiştir. Çalışmanın amacına uygun olarak bu istasyonların hepsi GPS, Galileo, BeiDou ve GLONASS uydularına ait gözlemleri toplayabilen GNSS alıcılarına sahiptir. İstasyonların seçiminde, ilgili istasyonların coğrafi konumları da göz önünde bulundurulmuştur. İlgili IGS istasyonlarının coğrafi konumları Şekil 1'de sunulmuştur.

b. Yeniden İşlemede Kullanılan Modeller

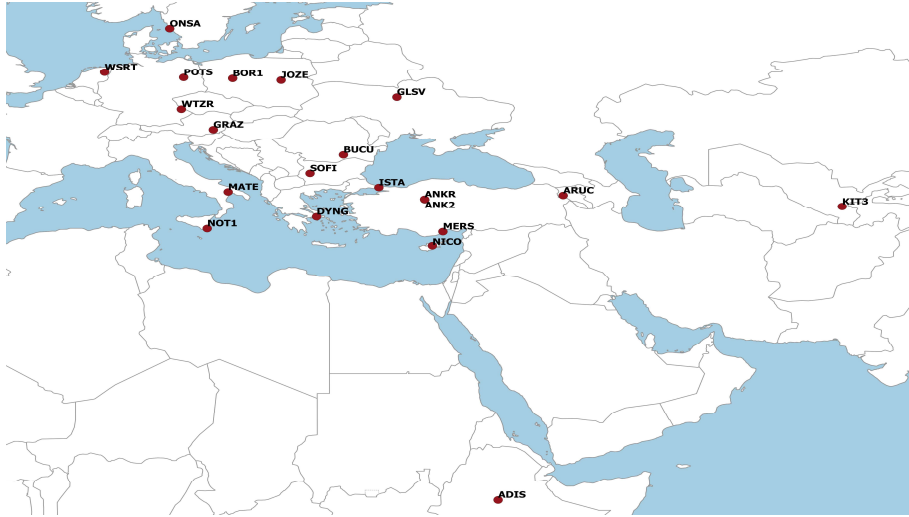
Dinamik yörünge belirleme stratejisi, uyduya etki eden matematiksel bir dış kuvvet modeli kullanarak uydunun zamana bağlı hızlanma değişikliklerini tahmin eder ve GNSS ölçmeleri için en uygun yörünge geliştirilir (Üstüner, 2019). Buna göre Tablo 1'de yer alan kuvvet modellerin seçimi, her bir fiziksel etkinin doğru bir şekilde temsil edilmesini sağlamak ve uydü yörünge çözümünün hassasiyetini artırmak amacıyla yapılmaktadır. Bu model, güneş, ay ve gezegenlerin yerçekimi etkilerini dikkate alarak, uydü yörüngelerindeki uzun dönemli ve kısa dönemli etkileri modellemekte başarılıdır (Folkner, Williams ve Boggs, 2014).

Tablo 1. Uydü yörünge entegrasyonunda kullanılan kuvvet modelleri

Etki	Kullanılan Model
Astronomik Gelgitler	JPL DE435
Katı Yer Gelgiti	IERS 2010
Kutup Gelgiti	IERS 2010
Okyanus Kutup Gelgit Yükleme	IERS 2010
Genel Görelilik	IERS 2010
Güneş Radyasyon Basıncı	ECOM1 Box-wing
Dünya Radyasyon Basıncı	ECOM1 Box-wing
Okyanus Gelgit Yükleme	FES2014b

Güneş'in büyük kütlesi ve Ay'ın yakınlığı nedeniyle, Güneş ve Ay başlıca gelgit etkilerini yaratan iki ana kaynaktır. Diğer gezegenlerin etkisi çok daha küçük olmakla birlikte, yine de önemli olabilir. Üçüncü cisimlerin çekim etkisi, zamanla değişen karşılıklı geometrilere bağlı olarak değişir (Mayer-Gürr, Wieser, Schardt ve Scholz, 2022).

IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service-Uluslararası Yer Dönme ve Referans Sistemleri Servisi) 2010 modelinin kullanıldığı bu çalışmada, katı yer gelgiti ve kutup gelgiti, Dünya'nın kütle merkezi ve eksenel hareketindeki değişimleri dikkate alan temel modellerdir. IERS tarafından yayımlanan 2010 konvansiyonları, bu etkilerin hesaplanması için standart bir referans sunmaktadır (Petit ve Luzum, 2010). Katı yer gelgiti, Dünya'nın dönme eksenindeki kaymaların sebep olduğu yüzey yer değiştirmelerini kapsarken, okyanus gelgit yüklemesi, okyanusların kütle dağılımının Dünya'nın dönme hareketi üzerindeki etkilerini modellemektedir.



Şekil 1. Yeniden İşleme 3'te kullanılan IGS istasyonları

Güneş radyasyon basıncı modellemesinde kullanılan ECOM1 Box-wing modeli, güneşten gelen elektromanyetik radyasyonun uydular üzerindeki etkisini modellemek için geliştirilmiştir. Bu model, uydu geometrisi ve malzeme özelliklerini hesaba katarak, güneş ışığından kaynaklanan basıncı simüle eder. Yörünge tahminlerinde bu tür etkilerin doğru modellenmesi, özellikle yüksek yörüngeli GNSS uydularında kritik bir rol oynar (Rodriguez-Solano, Hugentobler, Steigenberger, Bloßfeld ve Fritsche, 2014).

Okyanus gelgit yüklemesinde kullanılan FES2014b (Carrere, Lyard, Cancet ve Guillot, 2015) modeli, okyanusların kütle dağılımının uydu yörüngesi üzerindeki etkilerini hesaba katar. Okyanus gelgit yüklemesi deniz tabanında ve ona bitişik olan karada okyanus gel-gitleri nedeniyle oluşan harekete karşılık oluşan deformasyondur (Witchayangkoon, 2000). Bu model, gelgit hareketleri ve okyanus dinamiği kaynaklı kütle değişimlerinin, uydu yörüngelerine olan etkilerini yüksek doğrulukla düzeltir (Lyard, 2021). Bu düzeltmeler, özellikle deniz seviyesi araştırmaları ve hassas GNSS analizleri için hayati önem taşımaktadır.

Modellenen gözlemler kapsamında, GNSS ile konum belirleme sürecinde kullanılan matematiksel model, ikili farklar yöntemiyle oluşturulduğunda uydu ve alıcı saat hatalarının giderilmesi sağlanabilmekte; ayrıca kısa bazlarda uydu yörünge hataları, atmosferik etkiler ve yansıma hatalarının etkileri önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger ve Wäslé, 2007).

Uydu Yörüngeleri, CODE (Center for Orbit Determination in Europe) tarafından sağlanan

final yörünge verileri, GNSS uydu hareketlerinin yüksek doğrulukla tahmin edilmesi ve GNSS analizlerinin doğruluğu açısından analizlerde bir parametre olarak kullanılmıştır.

GNSS verisi analiz sürecinde, GAMIT/GLOBK V10.71 (Herring, King, Floyd ve McClusky, 2018) yazılımı, verilerin global ve bölgesel referans çerçeveleriyle uyumunu sağlamak için stabilizasyon ve dönüşüm parametrelerini hesaplar. Dönüşüm işleminde ise farklı referans çerçeveleri arasındaki uyum, 12 parametrelili Helmert dönüşümü (3 öteleme, 3 dönüklük, 3 öteleme hızı, 3 dönüklük hızı) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

USNO Bull B (United States Naval Observatory Bulletin B), ABD Donanması Gözlemevi tarafından yayımlanan ve Yer Dönme Parametrelerini içeren bir veri tabanıdır. Bu parametreler, Dünya'nın dönüş hareketini ve bu hareketin zamanla değişimini belirler. Yer dönmesi, GNSS sinyalleri üzerinde önemli etkilere yol açabileceği için, bu parametreler, özellikle hassas konum belirleme ve zaman senkronizasyonu işlemlerinde kullanılır. USNO Bull B, GNSS analizlerinde doğru yer dönmesi modellemesi yapabilmek için gerekli olan bu parametreleri sağlar ve doğruluğu artırmak amacıyla kullanılır.

Troposferik İndirgeme Fonksiyonu olan Vienna İzdüşüm Fonksiyonu, troposferin uydu sinyalleri üzerindeki etkilerini, kuru ve ıslak bileşenleri göz önüne alarak modellemektedir. Bu çalışmada ise kuru ve ıslak zenit gecikmesi için VMF1 kullanılmıştır (Boehm, Werl ve Schuh, 2006).

Tablo 2. Uydu yörünge hesaplamasında kullanılan modeller

Etki	Kullanılan Model
Modellenen Gözlemler	Çift Farklar
En Düşük Uydu Yükseklik Açısı (cut-off angle)	3 derece
Uydu Yörüngeleri	CODE
Yer Dönme Parametreleri	USNO bull_b
Troposferik İndirgeme Fonksiyonu	VMF1 (Kuru ve ıslak bileşenler için)
Troposferik Öncül Veri Kaynağı	gpt3_1.grd (Global basınç sıcaklık)
Troposferik Parametre Kestirim Aralığı	2 saat
Okyanus Gelgit Yükleme	FES2014b
Atmosferik Yükleme Etkisi (non-tidal loading)	vmfapInt_cm.YYYY (grid dosya)
Atmosferik Yükleme Etkisi (tidal loading)	s1_s2_s3_cm_noib_grid.atl
Manyetik Model	IGRF13 modeli
Kullanılan IGS İstasyon Sayısı	24 İstasyon
Anten Faz Merkezi Düzeltmeleri	Mutlak (IGS20 modeli)
Öncül Koordinatlar	ITRF2020
Stabilizasyon	Bölgesel
Dönüşüm	12 Parametrelili
Referans Çerçevesi	ITRF2020
Dünya Radyasyon Basıncı	ECOM1 Box-wing
Yarı Günlük Yer Dönme Modeli	Desai ve Sibois/Egbert
Dünya Albedo Modeli	C.Rodriguez – Solano

Öncül troposferik parametrelerin belirlenmesinde, 1 x 1 derece çözünürlüğe sahip ve grid yapısında olan gpt3_1.grd dosyası kullanılmıştır (Landskron ve Böhm, 2018). Bu dosya, dünya genelinde basınç, sıcaklık (yüksekliğe bağlı değişimler dâhil) ve su buharı basıncı gibi atmosferik parametrelerin yıllık değişimlerini içeren katsayıları içermektedir. Troposferik parametrelerin kestirim aralığı 2 saat olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, ikinci ve üçüncü derece iyonosferik düzeltmelerin çözüme katkısı oldukça küçük olduğu için analize dahil edilmemiştir.

En düşük uydu yükseklik açısı sınırı, GNSS sinyallerinin atmosferik etkilerden, özellikle troposfer ve iyonosferden kaynaklanan hatalardan daha az etkilenmesini sağlamak amacıyla sinyallerin atmosferik kırınım ve çok yollu (multipath) etkilerine daha az maruz kalması için 3 derece olarak seçilmiştir. Bu sayede, ufuk çizgisine yakın sinyallerin olumsuz atmosferik etkileri filtrelenerek analiz sonuçlarının doğruluğu artırılmaktadır.

Okyanus hareketlerinin GNSS sinyalleri üzerindeki etkilerini gidermek amacıyla FES2014b modeli kullanılmaktadır. Bu modelleme, okyanus

yüklemelerinin analiz sonuçlarına olumsuz etkisini azaltır.

Atmosferik Yükleme Etkisini minimize etmek amacıyla atmosferin basınç hareketlerinden kaynaklanan yüklenme etkileri, gelgit olmayan yükleme (non-tidal loading-vmfapInt_cm.YYYY) ve gelgitsel olan yükleme (tidal loading - s1_s2_s3_cm_noib_grid.atl) modelleri kullanılarak hesaplanmakta ve bu etkiler analiz sürecinde düzeltilmektedir. Bu sayede, atmosferik yüklemenin neden olduğu sinyal bozulmaları minimize edilir (Massachusetts Institute of Technology, 2024).

GNSS sinyallerinin Dünya'nın manyetik alanından etkilenmemesi için IGRF13 manyetik modeli kullanılmıştır. IGRF13 modeli, Dünya'nın manyetik alanını modelleyerek, manyetik alanın GNSS sinyallerine ve analizlerine etkilerini göz önünde bulundurur ve dolayısıyla bu tür etkilerin daha doğru bir şekilde hesaplanmasına yardımcı olur (Aiken, Beggan, Finlay ve Maus, 2021).

GNSS antenlerinin faz merkezi doğrulamaları, IGS20 modeli kullanılarak yapılmıştır. Bu sayede, anten kaynaklı faz hatalarının analiz sürecine etkisi azaltılmaktadır.

GNSS analizlerinde kullanılan öncül koordinatlar ve referans çerçevesi olarak ITRF2020 (Altamimi, Rebischung, Collilieux, Métivier ve Chanard, 2023) kullanılarak, analiz sonuçlarının dünya çapında tanımlı ve uyumlu hale getirilmesi sağlanmıştır.

Yarı Günlük Yer Dönme Modelleri, Dünya'nın albedo etkisi ve yarı günlük rotasyon değişikliklerinin GNSS sinyalleri üzerindeki etkilerini azaltmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu modeller, GNSS analizlerinde daha yüksek doğruluk sağlamak için önemli bir katkı sunmaktadır (Desai, Sibois ve Egbert, 2020).

Bu çalışmanın temel amacı, sabit GNSS istasyonlarının verilerini kullanarak IGS-REPRO3 ürünleriyle güncel model ve veri analiz stratejilerini birleştirerek çoklu GNSS performansını değerlendirmektir. Çalışmada, sabit GNSS istasyonlarından elde edilen veriler ile entegre edilen kuvvet modelleriyle analiz edilmiş ve farklı GNSS sistemlerinin koordinat belirleme süreçlerindeki etkileri incelenmiştir. REPRO3 analiz sürecinde kullanılan GNSS modelleri ve parametreler, Tablo 2'de detaylı şekilde sunulmuş olup, bu seçimler yüksek hassasiyetli analizler hedeflenerek yapılmıştır.

3. UYGULAMA ve DEĞERLENDİRME

Sabit GNSS istasyonlarından toplanan veriler, GNSS konum belirleme doğruluğunu artırmak amacıyla kapsamlı bir yeniden işleme sürecinden geçirilmiştir. Analiz sürecinde GAMIT/GLOBK V10.71 (Herring ve diğerleri, 2018) yazılımı kullanılarak, ham verilerin işlenmesi, verilerin dengelenmesi ve nihai konum ile hızların hesaplanması gibi aşamalar uygulanmıştır. Bu süreç, sabit GNSS istasyonlarından elde edilen verilerin Çoklu GNSS analizleriyle değerlendirilmesine de olanak sağlamıştır. Çalışma, Türkiye ve çevresindeki sabit IGS istasyonlarından 2018-2023 yılları arasında toplanan veriler, IGS-REPRO3 ürünleri kullanılarak Çoklu-GNSS sistemlerinin koordinat doğruluğunu değerlendirmeyi ve bu sistemlerin GNSS analizlerindeki katkılarını ortaya koymayı amaçlamaktadır.

a. Veri Hazırlığı ve Günlük Çözümlerin Kontrolü

Çalışmada, GNSS verilerinin analizi için gerekli dosya dizinleri oluşturulmuş ve RINEX verileri günlük olarak düzenlenmiştir. GAMIT yazılımı ile farklı GNSS sistemlerine ait günlük çözüm dosyaları hazırlanmıştır. Çözümler, kullanılan istasyon sayısı, koordinatların RMS (Root Mean

Square) değerleri ve faz belirsizliği oranları dikkate alınarak kalite kontrolünden geçirilmiştir. Şartları sağlamayan dosyalar yeniden işlenerek analize uygun hale getirilmeye çalışılmıştır. Yeniden işlendiği halde analize dahil olmayan istasyonun verisi ilgili gün çözümünden çıkarılmıştır.

b. Zaman Serilerinden Kaba Hatalı Verilerin Ayıklanması

Koordinat zaman serisi analizleri ve kaba hatalı noktaların düzeltilmesi süreci, GAMIT yazılımı ile elde edilen veriler ve MATLAB ortamında çalışan TSVIEW programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Herring, 2003). TSVIEW, MATLAB platformunda koordinat zaman serisi analizlerinin yapılmasına olanak tanır. Bu program, GNSS koordinat zaman serilerini görselleştirmek ve kaba hatalı noktaları tespit edip düzeltmek amacıyla kullanılmıştır. Aşağıda ise bu sürecin adımları detaylandırılmaktadır:

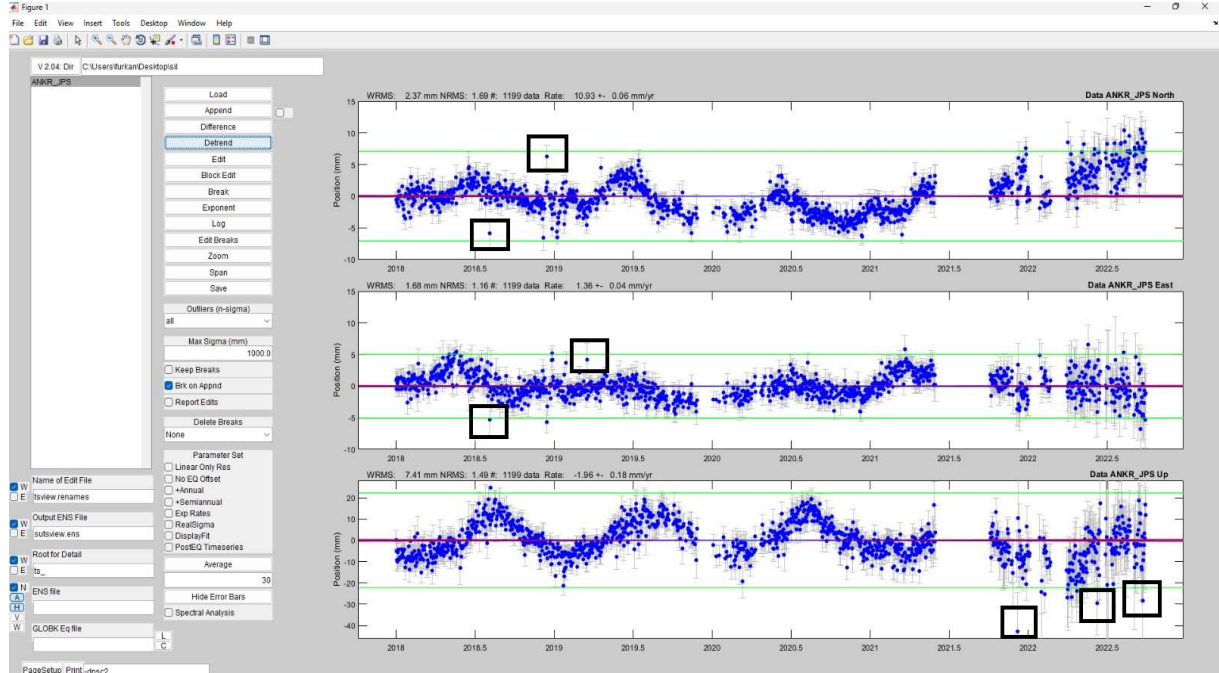
Verilerin Hazırlanması ve Kontrolü: Öncelikle, mb (multibase) dosyaları; gözlem epoklarını, Kuzey (North), Doğu (East) ve Yukarı (Up) koordinat bileşenlerini ve bu bileşenlere ait standart sapmaları içermektedir. Bu mb dosyaları, MATLAB'in TSVIEW programı kullanılarak incelenmiştir. Bu program aracılığıyla, verilerdeki kaba hatalı noktalar görsel olarak tespit edilmiş ve hatalı günler belirlenmiştir. Örnek olarak, Şekil 2'de TSVIEW kullanılarak hatalı günlerin seçilme aşaması gösterilmektedir.

Hatalı Verilerin Düzeltilmesi: Tespit edilen hatalı noktaların hangi günlere ait olduğu belirlendikten sonra, bu günler düzenlenir. Hatalı veriler, çözüm sürecine dahil edilmemek üzere işaretlenir ve bu noktalar sonraki analizlerde dikkate alınmaz. Bu tür veriler, koordinat ve hız hesaplamalarındaki doğruluğu olumsuz yönde etkileyebileceğinden, kaba hata oluşturan veriler çözüme dahil edilmez.

c. Aylık Birleştirmeler

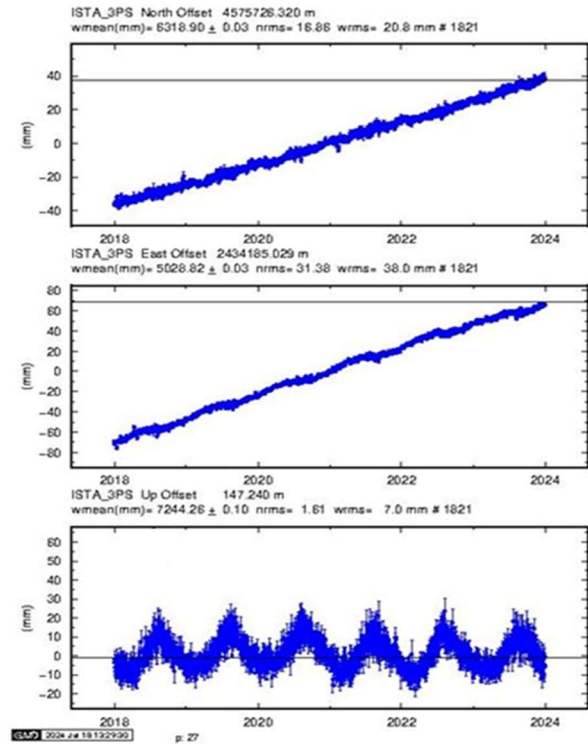
Günlük analizlerin yerine aylık analizlerin tercih edilmesi, genellikle stabil sonuçlar elde etmek için gereklidir. Aylık çözüm, veri hatalarının etkisini azaltır, hesaplama süresini optimize eder. Bu nedenlerle oluşturulan günlük çözümler, Tablo 3'te belirtilen GNSS sistem kombinasyonlarına göre birleştirilmiş ve aylık çözümler elde edilmiştir.

GAMIT/GLOBK V10.71 (Herring ve diğerleri, 2018) yazılımını kullanarak, 2018-2023 yılları arasındaki verilerin aylık zaman serileri oluşturulmuştur.



Şekil 2. TSVIEW kullanılarak hatalı günlerin seçilme aşaması

2018 yılının 1. gününden (01 Ocak 2018) 2023 yılının 365. gününe (31 Aralık 2023) kadar olan veriler kullanılarak, 24 Adet sabit GNSS istasyonunun (IGS Ağında yer alan ve çözüme dahil edilen tüm istasyonlar) aylık çözümleri birlikte dengelenerek sonuç çözümler elde edilmiştir. Kampanya çözümlerinin birlikte dengelenmesinde GLOBK (Global Kalman Filtreleme) modülü kullanılmıştır. GLOBK, farklı yazılımlarla oluşturulmuş çözümleri Kalman Filtreleme tekniği ile istenilen bir referans koordinat sisteminde birleştirilmesini sağlayan, nokta koordinat zaman serilerini oluşturan ve sonuç hızları hesaplayan bir modüldür (Kurt ve diğerleri, 2020). GLOBK çözümünün ilk aşamasında noktalara yüksek öncül varyans tanımlanarak Kalman Filtreleme Tekniği kullanılarak elde edilmiştir (Herring ve diğerleri, 2018). ITRF2020 datumunda tanımlı olan koordinat ve hız bilgileri 12 parametrelili (3 öteleme ve hız, 3 dönüklük ve hızı) Helmert dönüşümü kullanılarak koordinat sistemi tanımlaması yapılmıştır. IGS istasyonlarının öncül koordinat ve hız bilgileri "itr20m.apr" dosyasından alınmıştır. Ayrıca yazılım, donanım, deprem, yer değişikliği, lokal etkiler vb. nedenlere bağlı olarak istasyon koordinatlarında meydana gelen değişikliklerin olduğu "itr20.eq" dosyası da kullanılmıştır. Sonuç olarak ITRF2020 datumunda dengelenmiş ve elde edilen koordinat ve hızlar için hesaplanan Karesel Ortalama Hatalar Tablo 3'te verilmiştir. Elde edilen çözümler sonucunda örnek teşkil etmesi amacıyla ISTA istasyonunun GNSS koordinat zaman serileri Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. GPS GLONASS BEIDOU ve GALILEO sistemine ait ISTA istasyonunun günlük zaman serisi

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye ve çevresindeki sabit GNSS istasyonlarının 2018-2023 yılları arasındaki verileri ile IGS REPRO3 ürünleri kullanılarak çoklu GNSS analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan araştırma sonuçlarında, farklı GNSS sistem kombinasyonlarının konum ve hız belirleme hassasiyetleri incelenmiştir. GNSS sistemlerinin kombinasyonlarının performansı, konumların ve hızların standart sapmaları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Zaman serilerinin stokastik bileşeni olarak, beyaz gürültü yerine renkli gürültü modeli kullanılmıştır. Tablo 3'te, IGS ağına yer alan ve çözüme dahil edilen tüm istasyonlar ITRF2020 datumunda dengelenerek elde edilen konum ve hız bileşenlerine ilişkin karesel ortalama hataları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Tablo 4' te ise örnek teşkil etmesi amacıyla 24 istasyon içerisinden seçilen ANKR, ISTA ve KIT3 istasyonlarına ait gözlem verileri analize dahil edilen noktaların ITRF2020 datumunda dengelenmesi sonucunda elde edilen konum ve hızlarının standart sapmaları gösterilmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, çoklu GNSS sistemlerinin dahil edildiği çözümlerin performansını iyileştirdiğini göstermiştir. İstasyon bazında incelendiğinde, üçlü (GPS+GLONASS+GALILEO) ve dördü (GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU) sistemin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Konum standart sapmalarına göre, GPS, GLONASS ve GALILEO kombinasyonlarının tamamı kullanıldığında,

konum belirleme hassasiyetinde belirgin bir iyileşme görülmektedir. Özellikle GPS, GLONASS ve GALILEO kombinasyonu en düşük standart sapmalara sahiptir. Hız standart sapmalarına bakıldığında, GPS, GLONASS ve GALILEO kombinasyonları genellikle yüksek doğruluk sağladığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, BEIDOU sisteminin GPS ve diğer uydu sistemleri üzerindeki etkisinin yüksek ve orta enlemlerde bozucu olabileceği belirtilmiştir (İnal, Bilgen, Bülbül ve Başbük, 2022). Çalışmamızda ise BEIDOU'nun tek başına kullanıldığı durumlarda, diğer GNSS sistemlerine kıyasla nispeten daha yüksek sapmaların oluştuğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada, GNSS sistem kombinasyonlarının konum ve hız belirleme hassasiyetlerine olan etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, bazı GNSS kombinasyonlarının belirli avantajlar sunduğunu ve belirli sistemlerin tek başına kullanıldığında sınırlamaları olduğunu göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde kullanılan veri setlerinin teminine destek sağlayan Harita Genel Müdürlüğüne ve teknik altyapı konusunda yardımcı olan Jeodezi Dairesine teşekkür ederiz. Ayrıca bu çalışmayı hakem olarak inceleyen, zaman ve emek harcayarak yayının bilimsel kalitesinin artmasına yardımcı olan Hakemlere katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

Tablo 3. Tüm istasyonlardaki GNSS Sistem Kombinasyonlarının Konum ve Hızlarının Karesel Ortalama Hatası (K: Kuzey-Güney, D: Doğu-Batı, Y: Yükseklik bileşenleri)

GNSS Sistemlerinin Kombinasyonu	Konumların Karesel Ortalama Hatası			Hızların Karesel Ortalama Hatası		
	K(mm)	D(mm)	Y(mm)	V_K (mm/yıl)	V_D (mm/yıl)	V_Y (mm/yıl)
GPS	5,45	7,61	8,28	2,05	0,97	1,64
GLONASS	8,42	11,35	7,82	2,08	1,79	1,76
GALILEO	10,6	12,37	5,52	2	0,84	1,43
BEIDOU	16,49	15,78	14,54	1,68	2,12	2,97
GPS ve GLONASS	5,84	7,53	7,2	2,04	1	1,64
GPS, GLONASS ve GALILEO	5,3	7,64	6,81	0,98	1,96	1,44
GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU	4,98	4,33	5,34	0,95	1,96	1,59

Tablo 4. ANKR, ISTA ve KIT3 İstasyonu için GNSS Sistem Kombinasyonlarına Göre Konum ve Hız Belirleme Standart Sapmaları (K: Kuzey-Güney, D: Doğu-Batı, Y: Yükseklik bileşenleri)

İstasyon İsmi	GNSS Sistemlerinin Kombinasyonu	Konumların Standart Sapması			Hızların Standart Sapması		
		K(mm)	D(mm)	Y(mm)	V_K (mm/yıl)	V_D (mm/yıl)	V_Y (mm/yıl)
ANKR	GPS	0,22	0,2	0,86	0,05	0,04	0,19
	GLONASS	0,24	0,32	1,02	0,08	0,06	0,25
	GALILEO	0,23	0,21	0,86	0,05	0,06	0,21
	BEIDOU	0,79	0,79	0,83	0,2	0,2	0,7
	GPS ve GLONASS	0,17	0,17	0,69	0,04	0,04	0,15
	GPS, GLONASS ve GALILEO	0,13	0,13	0,52	0,3	0,3	0,12
	GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU	0,15	0,13	0,55	0,3	0,3	0,12
ISTA	GPS	0,11	0,1	0,36	0,03	0,02	0,09
	GLONASS	0,14	0,17	0,52	0,03	0,04	0,14
	GALILEO	0,1	0,09	0,38	0,03	0,02	0,1
	BEIDOU	0,39	0,39	1,43	0,12	0,12	0,45
	GPS ve GLONASS	0,1	0,9	0,34	0,2	0,2	0,08
	GPS, GLONASS ve GALILEO	0,07	0,06	0,24	0,2	0,2	0,06
	GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU	0,09	0,07	0,28	0,2	0,2	0,07
KIT3	GPS	0,17	0,20	0,59	0,06	0,06	0,24
	GLONASS	0,30	0,41	1,09	0,13	0,20	0,55
	GALILEO	0,12	0,14	0,44	0,06	0,07	0,23
	BEIDOU	0,31	0,40	1,34	0,17	0,21	0,71
	GPS ve GLONASS	0,17	0,20	0,57	0,06	0,06	0,21
	GPS, GLONASS ve GALILEO	0,12	0,14	0,41	0,04	0,04	0,15
	GPS, GLONASS, GALILEO ve BEIDOU	0,16	0,15	0,49	0,04	0,04	0,16

ORCID

Mert SAĞLAM 
<https://orcid.org/0009-0002-6895-1681>

Özgür ÖZEL 
<https://orcid.org/0000-0001-5192-9985>

Bahadır AKTUĞ 
<https://orcid.org/0000-0002-7995-4477>

KAYNAKLAR

- Alken, P., Beggan, C. D., Finlay, C. C. ve Maus, S. (2021). Evaluation of candidate models for the 13th generation International Geomagnetic Reference Field. *Earth, Planets and Space*, 73(48). <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01281-4>
- Altamimi, Z., Rebischung, P., Collilieux, X., Métivier, L. ve Chanard, K. (2023). ITRF2020: an augmented reference frame refining the modeling of nonlinear station motions. *Journal of Geodesy*, 97(5), 47.

- Bahadur, B. ve Nohutcu, M. (2018). Türkiye ve yakın çevresi için çoklu-GNSS kombinasyonlarının PPP performansına etkisi. *Harita Dergisi*, 160, 1–16.
- Boehm, J., Werl, B. ve Schuh, H. (2006). Troposphere mapping functions for GPS and very long baseline interferometry from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(B2).
- Carrere, L., Lyard, F., Cancet, M. ve Guillot, A. (2015, April). FES 2014, a new tidal model on the global ocean with enhanced accuracy in shallow seas and in the Arctic region. In *EGU general assembly conference abstracts* (p. 5481).
- Desai, S. D., Sibois, A. ve Egbert, G. D. (2020). High-frequency Earth rotation models and their application to space geodesy. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(10), e2020JB020280. <https://doi.org/10.1029/2020JB020280>
- Folkner, W. M., Williams, J. G. ve Boggs, D. H. (2014). *The Planetary and Lunar Ephemerides DE430 and DE431*. The Interplanetary Network Progress Report, 42(196), 1-81.
- Herring, T. (2003). MATLAB Tools for viewing GPS velocities and time series. *GPS solutions*, 7, 194-199.
- Herring, T., King, R.W., Floyd, M.A. ve McClusky, S.C. (2018). *GAMIT reference manual*, GPS Analysis at MIT, Release 10.7. Erişim Adresi: http://geoweb.mit.edu/gg/GAMIT_Ref.pdf
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Wasle, E. (2007). *GNSS–global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer Science ve Business Media.
- İnal, C., Bilgen, B., Bülbül, S. ve Başbük, M. (2022). Farklı uydu sistemi kombinasyonlarının gerçek zamanlı hassas nokta konumlamaya etkisi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(1), 109-115.
- International GNSS Service. (2019). 3rd Data Reprocessing Campaign (REPRO3), Erişim Adresi (10 Nisan 2024): <https://igs.org/acc/reprocessing/>
- Kurt, A.İ., Cingöz, A., Özdemir, S., Peker, S., Özel, Ö. ve Simav, M. (2020). Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) güncel koordinat ve hızlarının GNSS verilerinin yeniden değerlendirilmesi kapsamında hesaplanması. *Harita Dergisi*, 164, 1-17.
- Landskron, D. ve Böhm, J. (2018). VMF3/GPT3: Refined Discrete and Empirical Troposphere Mapping Functions. *Journal of Geodesy*, 92(4), pp. 349–360. DOI: 10.1007/s00190-017 1066-2
- Lyard, F., (2021). FES2014: A new tidal model – Validation results and the impact on satellite altimetry. *Ocean Science*, 17(4), 815-835.
- Massachusetts Institute of Technology. (2024). GAMIT/GLOBK incremental updates. Erişim adresi(15 Mart 2024): <http://geoweb.mit.edu/gg/updates.php>
- Mayer-Gürr, T., Wieser, M., Schardt, M. ve Scholz, J. (2022). *Reprocessing multiple GNSS constellations and a global station network from 1994 to 2020 with the raw observation approach* (Doktora Tezi). TU Graz, Geodesy. Verlag der Technischen Universität Graz.
- Petit, G. ve Luzum, B. (Eds.). (2010). *IERS Conventions (2010)*. IERS Technical Note No. 36. Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie.
- Rodriguez-Solano, C. J., Hugentobler, U., Steigenberger, P., Bloßfeld, M. ve Fritsche, M. (2014). Reducing the draconitic errors in GNSS geodetic products. *Journal of Geodesy*, 88(6), 559–574.S
- Üstüner, C. İ. (2019). *Yakın yer uydu yörüngelerinin hassas nokta konumlama (PPP) tekniği ile belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Witchayangkoon, A. (2000). *Elements of Precise Point Positioning* (Doktora Tezi). M.S. University of Maine, Bangkok.

YAZIM ESASLARI

1. Harita Dergisine Yazı Hazırlama Esasları

a. Sayfa büyüklüğü A4 (210x297 mm) standardında olmalı; her sayfanın sağ kenarından 2 cm diğer kenarlarından 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Yazı zorunlu olmadıkça toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Yazı, bilgisayarda Microsoft Word formatında Arial Türkçe fontu bir satır aralığı ile yazılmalıdır. Paragraflar arasında bir satır boşluk bırakılmalıdır.

b. Makale adı, Türkçe ve İngilizce olarak kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde 12 punto büyüklüğünde sayfanın üst ortasına gelecek şekilde yazılmalı ve iki satırı geçmemelidir. Makale adı, makale içeriğini en fazla ölçüde yansıtmalı; makale içeriğinde anlatılan konuların büyük çoğunluğu, makale adı ile doğrudan ilgili olmalıdır. Makale adından sonra bir satır boşluk bırakıp ortalayarak yazar adı ve soyadı koyu (bold) ve 10 punto harf büyüklüğünde yazılmalıdır (Soyadı büyük harflerle). Yazar adının altına ortalayarak adres ve elektronik posta adresi 9 punto harf büyüklüğünde yazılır.

c. Yazı; makalenin başlangıç kısmına yazılmış, tek paragraf Türkçe ve İngilizce olarak 100-250 kelime arası Türkçe "Öz" ile İngilizce "Abstract", ortalama 5 adet Anahtar Kelime içeren Anahtar Kelimeler ile Key Words (İngilizce anahtar kelimeler), Giriş, Bölümler, Sonuç ve Kaynaklar şeklindeki ana bölümlerden oluşur. Bu bölümlerin tamamı sayfada iki sütun olacak şekilde yazılır. Sütunlar arasında 0,5 cm boşluk bırakılır. Her ana bölüm ve alt bölüm başlığı öncesi ve sonrası bir satır boşluk bırakılır.

Öz bölümünde, yapılan çalışma tanıtılarak kullanılan yöntemler ve sonuçlar kısaca belirtilmeli; abstract bölümü, özün doğru ve eksiksiz tercümesini içermelidir. Giriş bölümünde, çalışmanın amacı ve konuyla ilgili diğer çalışmalar anlatılmalıdır. Ara bölümlerde, kullanılan yöntemler ve veriler açıklanmalı; sonuç bölümünde, bulgular başka araştırmacıların bulguları ile karşılaştırılmalı, yazarın yorumu belirtilmeli ve ayrıca bulgulardan çıkan sonuçlar ve varsa öneriler yazılmalıdır. Öz, abstract, anahtar kelimeler ve key words, 9 punto büyüklüğünde italik harflerle yazılmalıdır. Diğer bölümler 10 punto harf büyüklüğünde normal yazılır.

Ana bölüm başlıkları büyük harflerle koyu (bold) olarak ve alt bölümlerin başlıkları kelimelerin ilk harfleri büyük diğerleri küçük ve sadece birinci düzey alt bölümlerin başlıkları koyu (bold) olarak yazılmalıdır. Yazının geri kalan kısmı normal baskıda yazılmalı, italik ya da altı çizgili karakterler kullanılmamalıdır. Öz, Anahtar Kelime, Abstract (ingilizce özet), Key Words (İngilizce anahtar kelimeler) ve kaynaklar ana bölümleri dışındaki ana bölüm başlıkları 1., 2., 3.; alt bölüm başlıkları a., b., c.; (1), (2), (3); (a), (b), (c); (i), (ii), (iii); (aa), (bb), (cc) şeklinde hiyerarşik düzeyde numaralandırılmalı; ardışık düzeylerin numaraları arasındaki dikey fark 0.5 cm olmalıdır. Numaralandırılan bölümlerin başlıkları, numaralarının başlangıç hizasından 0.5 cm içeriden; bir alt satıra devam eden bölüm başlıkları sayfa başından; tüm paragraflar sayfanın 0.5 cm içerisinden başlamalıdır.

Noktalama ve imlâ için Türk Dil Kurumu tarafından en son yayımlanan İmlâ Kılavuzu ve Türkçe sözlüğüne, Haritacılık ile ilgili Yönetmeliklerde kullanılan deyimlere uyulmalıdır. İfadelerde üçüncü şahıs kullanılmalı; her sembol ilk geçtiği yerde tanımlanmalı; her kısaltma ilk geçtiği yerde parantez içinde yazılmalı (örneğin, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)); kelime ikiye bölünmemelidir. Noktalama işaretlerinden sonra bir karakter boşluk bırakılmalı; sayfa numaralama yapılmamalıdır.

ç. Tablo isimleri, tablonun üstüne sol üst köşesinden itibaren yazılmalı (örneğin, Tablo 1. Karesel ortalama hatalar.); şekil isimleri, şeklin altına ortalayarak yazılmalı (örneğin, Şekil 1. CBS tasarımı.); tablo isimlerinden ve şekillerden önce, şekil isimlerinden ve tablolardan sonra bir satır boşluk bırakılmalı; tablolar ve şekiller sayfaya ortalaymalıdır. Tablolar ve şekillerin boyutu tek sütundan büyük olduğu durumlarda, sayfanın tamamına ortalı olarak yazılabilir. Bu durumda tablo ve şekiller metni bölmemeli sayfanın en altında ya da en üstünde yer almalıdır.

d. Denklemlere verilen numaralar, kendi hizalarına ve sayfa sağ kenarına çıkışacak şekilde parantez içinde (1),(2),(3),... şeklinde yazılmalıdır. Metin içerisindeki denklemlerin kendi aralarında ve metin ile aralarında bir satır boşluk bırakılır.

e. Makaleler, "MAKALE ÖRNEĞİ"nde sunulan boşluk ve yapılandırılmalara uyularak; Şekil, Tablo ve Denklemler tek sütunda olacak ise metin

aralarına konularak; iki sütuna yayılan bir bütün halindeki metin bloğundan sonra veya önce sayfanın alt veya üstünde olacak ve okuma akıcılığını bozmayacak şekilde yazılır.

f. Yazarlar; unvanlarını, görev yaptıkları kurumları, iletişim adreslerini, telefon numaralarını, e-posta adreslerini ve ORCID (Open Researcher ve Contributor ID) numarasını bildirmelidir. <https://orcid.org>

g. Öz ve abstract bölümlerinde kaynak atfı yapılmamalıdır. Metin içinde kaynak gösterme şekilleri aşağıda verilmiştir:

Tek yazarlı çalışmada ilk gönderme ve diğer göndermeler aynı biçimde olacak; gönderme cümle içerisinde yapılıyorsa Ceylan (2018) **veya** gönderme cümlelerin sonunda yapılıyorsa (Ceylan, 2018)

İki yazarlı çalışmada ilk gönderme ve diğer göndermeler aynı biçimde olacak; gönderme cümle içerisinde yapılıyorsa Simav ve Türkezer (2019) **veya** gönderme cümlelerin sonunda yapılıyorsa (Simav ve Türkezer, 2019)

Üç, dört ve beş yazarlı çalışmalarda ilk göndermede tüm yazarların soyadları Şengün, Yılmaz ve Kurt (2013) ve diğer göndermelerde Şengün ve diğerleri (2013) **veya** ilk göndermede (Şengün, Yılmaz ve Kurt, 2013) ve diğer göndermelerde (Şengün ve diğerleri, 2013)

Altı ve daha fazla yazarlı çalışmalarda ilk ve diğer göndermelerde sadece ilk yazarın soyadı belirtilir. Yıldız ve diğerleri (2014) veya (Yıldız ve diğerleri, 2014)

Tüzel yazarlı çalışmalarda ilk göndermede Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA, 2017) ve diğer göndermelerde MTA (2017) **veya** ilk göndermede (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü [MTA], 2017) ve diğer göndermelerde (MTA, 2017)

ğ. Kaynakların hazırlanmasında Amerikan Psikoloji Birliği (American Psychology Association)'nin hazırladığı rehberin altıncı baskısı (Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition) kuralları uygulanacaktır. <https://www.apastyle.org>

Kaynaklar ana bölümü başlığı birer aralıklı büyük harflerle koyu (bold) ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır

Kaynaklar ilk yazarlarının soyadına göre alfabetik sırada sıralanır.

Makale veya bölüm başlığındaki ilk kelimenin ilk harfi ve eğer varsa özel adların ilk harfleri büyük yazılır.

İnternet üzerinden ulaşılan ve zaman içerisinde değiştiği düşünülen kaynağın erişim tarihi internet adresi verilmeden önce (Erişim Adresi (19 Mayıs 2018): ...) belirtilmelidir.

Özellikle faydalanan elektronik kaynağın varsa doi numarası yoksa erişim adresi kaynağın sonuna eklenmelidir.

Elektronik Kaynaklar: Talimat, Rehber vb.

INSPIRE. (2014). *D2.8.1.1 Data Specification on Coordinate Reference Systems – Technical Guidelines* (D2.8.1.1_v3.2). Erişim Adresi: <https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/rs>

ISO 19111. (2007). *Geographic information - Spatial referencing by coordinates*. Erişim Adresi: <https://www.iso.org/standard/41126.html>

Jekeli, C. (2016). *Geometric Reference Systems in Geodesy*. Erişim Adresi: https://kb.osu.edu/bitstream/handle/1811/77986/Geom_Ref_Sys_Geodesy_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EU Official Journal. (2007). *Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007: Establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*, (L 108/1). Erişim Adresi: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32007L0002>

Teknik Rapor:

Demir, C. (1999). *Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı* (JEOFNIV-02-1999). Ankara: Harita Genel Komutanlığı.

Süreli yayın:

Geymen, A., Yomralioglu, T. ve Baz, I. (2008). Developing an urban information system for local governments. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer: Published for the Institution of Civil Engineers*, 161(3), 163-173. doi: 10.1680/muen.2008.161.3.163

Moritz, H. (1988). Geodetic Reference System 1980. *Bulletin Géodésique*, 62(3), 348-358. doi:10.1007/bf02520722

Zandbergen, P.A. (2008). A Comparison of address point, parcel and street geocoding techniques. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32, 214-232. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2007.11.006

Kitap:

Torge, W. ve Müller, J. (2012). *Geodesy* (4. baskı). Berlin: Walter de Gruyter.

Vaníček, P. ve Krakiwsky, E. (1986). *Geodesy: The Concepts* (2. baskı). Amsterdam: Elsevier.

Day, R.A. (2000). *Bilimsel bir makale nasıl yazılır ve yayımlanır?* (G. A. Altay, Çev.). Ankara: TÜBİTAK.

Sempozyum, Bildiri vb:

Kılıç B. ve Gülgen F. (2017, Kasım). *A Research on Standard Address Usage in Turkey*. UCTEA International Geographical Information Systems Congress 2017, Adana, Türkiye.

Bard, G.V. (2007, Ocak). *Spelling-error tolerant, order-independent pass-phrases via the Damerau-Levenshtein string-edit distance metric*. In Proceedings of the fifth Australasian symposium on ACSW frontiers, Ballarat, Avustralya.

Yakar, M. ve Doğan, Y. (2017, Nisan). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak 3B Modellenmesi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyum*, Afyonkarahisar.

Tez:

Kellison, M.T. (2012). *Address points and A Master address file: Improving efficiency in the city of Chino* (Doktora Tezi). ProQuest Dissertations and Theses veri tabanından erişildi. (UMI No. 1532831)

Gençerk, E. Y. (2016). *İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulaması İle İnşaat Projesi İmalat Durumunun Araştırılması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

2. Makalelerin Gönderilmesi

Makaleler, "haritadergisi@harita.gov.tr" adresine e-posta ile gönderilir.

(MAKALE ÖRNEĞİ)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (Makale Başlığı-Türkçe)
(XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX Xxx) (Makale Başlığı- İngilizce)

(1 satır boşluk)

XXXX XXXX (Yazar ismi)

XXXXX XXXX XXXX, XXXXX XXXXX (Adres)

xxxxxxxx@xxxxxx (e-posta)

(1 satır boşluk)

0.5 cm
0.5 cm
0.5 cm

ÖZ

0.5 cm

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX; XXXXX XXXX
XX.

(1 satır boşluk)

Anahtar Kelimeler: XXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XX

(1 satır boşluk)

ABSTRACT

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXX XXXXXXX XX XXXXXXXXXXXXXXX. XXXXXXX
XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX XXXX XXXX.

(1 satır boşluk)

Keywords: XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

1. GİRİŞ

(1 satır boşluk)

XX XXX XXX
XXXX XXXXX /1/.

(1 satır boşluk)

a. XXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX
XXXX XXXX XXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XXXX

(1 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXX

(1) XXXXXXX XXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXX XXXXX XXXXX XXXX.

(2 nci düzey alt bölüm)

(1 satır boşluk)

2. XXXXX XXXXX XXXX (Ana bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

a. XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX
XX.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

(1 satır boşluk)

(1) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXX

(2 nci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX.

(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)

(1 satır boşluk)

(a) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXX XXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX

XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

(b) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX

(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

(I) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX

XXXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX

(1 satır boşluk)

(aa) XXXXX XXXXXXX XXXXXXX

(5 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXX

XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX

XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX.

(1 satır boşluk)

b. XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX

(1 inci düzey alt bölüm başlığı)

(1 satır boşluk)

XXXXXX XXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX

XXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.

(1 nci düzey alt bölüm 1 inci paragraf)

xx

3 cm

1.25 cm

2 cm

(MAKALE ÖRNEĞİ)

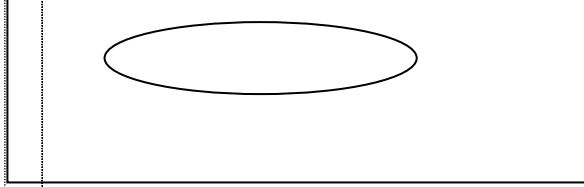
(1) Xxxxx XXXXX XXXXX XXXXXXXXXXXX.
(2 nci düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXX XXXXX XXXXXXXX
XXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXX.
(2 nci düzey alt bölüm 1 nci paragraf)
(1 satır boşluk)
(a) XXXXX XXXXX XXXXX XXXX
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXX XXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX X
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.
(1 satır boşluk)
(b) XXXXX XXXXX XXXXX XXXX
(3 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXX XXXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXX
XXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXX XXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX XXXX XXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXX X
XXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXX XXXXX.
(1 satır boşluk)
(l) XXXXX XXXXX XXXXX XXXX
(4 üncü düzey alt bölüm başlığı)
(1 satır boşluk)
XXXX XXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX
XXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX XXX XXXX.
(1 satır boşluk)

Tablo 1. XXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX

(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX.
(1 satır boşluk)

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i - x_{i(RASAT)}}{n}} \quad (1)$$

(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXX XXXX XXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXX XXXXXXXXXXX
XXXXXX XXX XXXXXXX XXXXXXX .
(1 satır boşluk)



(1 satır boşluk)
Şekil 1. XXXXX XXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXX
(1 satır boşluk)
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX
XXXXXXXX XXXXXXX XXXXX XXXX XX XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXX
XXXXX.

(1 satır boşluk)
3. SONUÇ
(1 satır boşluk)
XXXXX XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX XXXXX XXXXXXX XXXXX XXXXXXX.
(1 satır boşluk)
KAYNAKLAR
(1 satır boşluk)

Sürelî Yayınlar:

Yazar, A. A., Yazar, B. B. ve Yazar, C. C. (Yıl).
Yazının başlığı. *Sürelî Yayının Başlığı, Cilt, s-*
s. doi:xx.xxxxxxxx (veya Erişim Adresi:)

Kitap:

Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*. Yer: Yayıncı.
Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*. Erişim adresi:
<http://www.xxxxxxxx>
Yazar, A. A. (Yıl). *Eserin başlığı*.
doi:xxxxxxxxxxx
Editor, A. A. (Ed.). (Yıl). *Eserin başlığı*. Yer:
Yayıncı.
Yazar, A. A. ve Yazar, B. B. (Yıl). *Bölüm ya da*
giriş başlığı. A. Editör, B. Editör ve C. Editör
(Ed.), Kitap başlığı (s. xxx-xxx) içinde. Yer:
Yayıncı.

Doktora ve yüksek lisans tezleri:

Yazar, A. A. (Yıl). *Doktora ya da yüksek lisans*
tezinin başlığı (Yüksek lisans tezi/Doktora
tezi). ... veri tabanından erişildi (Erişim ya da
Sipariş No.).
Yazar, A. A. (Yıl). *Doktora ya da yüksek lisans*
tezinin başlığı (Yayımlanmamış doktora
tezi/yüksek lisans tezi). Kurum adı, Yer bilgisi.

Teknik raporlar ve araştırma raporları:

Yazar, A. A. (Yıl). *Çalışmanın başlığı* (Rapor No.
xxx). Yer bilgisi: Yayıncı.

Toplantı ve sempozyumlar:

Sunan, A. A. (Yıl, Ay). *Bildiri ya da poster başlığı*.
Kuruluş Adının toplantısında sunulan bildiri ya
da poster, Yer bilgisi.

