



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**HİDROLOJİK VERİLERİN ALANSAL
DAĞILIMINDA FARKLI ENTERPOLASYON
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI:
UYGULAMA KONYA KAPALI HAVZASI**

Cansu Hacer KAPLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Cansu Hacer KAPLAN tarafından hazırlanan ‘‘Hidrolojik Verilerin Alansal Dağılımında Farklı Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Uygulama Konya Kapalı Havzası’’ adlı tez çalışması 26/04/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU

Danışman

Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Volkan YILMAZ

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Cansu Hacer KAPLAN

Tarih: 26.04.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HİDROLOJİK VERİLERİN ALANSAL DAĞILIMINDA FARKLI ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: UYGULAMA KONYA KAPALI HAVZASI

Cansu Hacer KAPLAN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ
2023, 106 Sayfa**

Jüri

**Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ
Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU
Dr. Öğr. Üyesi Volkan YILMAZ**

Günümüzde tüm dünyayı etkisi altına alan küresel ısınma ve iklim değişikliği olayları su kaynakları üzerinde de etkisini ciddi ölçüde göstermeye başlamıştır. Bu nedenle iklim ve hidrolojik konularda yapılan çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Hidrolojik modeller havzalarda hidrolojik sürecin işleyişi ve hidrolojik yapının anlaşılması, iklim değişiminin su kaynakları üzerindeki etkisinin tespit edilmesi, eksik verilerin ve gözlem verisi bulunmayan noktalarda ihtiyaç duyulan verilerin tahmin edilmesi, su kaynaklarının korunması, planlaması ve su politikalarının doğru şekilde yönetilmesi amacıyla sıkça kullanılmaktadır. Hidrolojik verilerin alansal dağılımını bilmek su kaynaklarını korumak, planlamak ve yönetmek açısından oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında Konya Kapalı Havzası'nda (KKH) hidrolojik verilerin alansal dağılımlarının gerçekleştirilmesinde deterministik ve jeostatistik enterpolasyon yöntemlerinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan veri setleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) temin edilmiştir. Veriler 1971-2019 yılları arasında 11 ve 2014-2019 yılları arasında 34 meteoroloji gözlem istasyonunun aylık toplam yağış ve aylık ortalama sıcaklık değerlerinden ve 2002-2019 yılları arasında 39 yeraltı suyu kuyusunun su seviyesi ölçümlerinden oluşmaktadır. Enterpolasyon yöntemlerinde yağış verileri ve kuyu su seviyesi verileri ham veri olarak kullanılırken, sıcaklık verileri Oudin yöntemiyle potansiyel evapotranspirasyon (PET) hesabında kullanılmıştır. Alansal tahminlerde deterministik yöntemlerden Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW), Regularized Spline (Sp-R) ve Tension Spline (Sp-T) yöntemleri kullanılırken jeostatistik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK) ve Universal Kriging (UK) yöntemleri kullanılmıştır. OK metodunda yarıvariogram yöntemi olarak literatürde en sık kullanılan Küresel (OK-K), Gaussian (OK-G), Dairesel (OK-D) ve Exponential (OK-E) kullanılmıştır. Deterministik ve jeostatistik yöntemler sonucunda elde edilen tahmin değerlerinin doğruluğu ve başarısı, ortalama mutlak hata (OMH), karekök ortalama karesel hata (KOKH), determinasyon katsayısı (R^2) ve Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) performans kriterleri ile değerlendirilmiştir.

1971-2019 yılları arasında aylık toplam yağış için 3 test istasyonuna ait en başarılı enterpolasyon modellerinin performansı değerlendirildiğinde NSE metriğine göre en yüksek tahmin başarısı Cihanbeyli istasyonunda en düşük tahmin başarısı ise Seydişehir istasyonunda elde edilmiştir. Cihanbeyli istasyonu için Sp-T yağış modeli $R^2=0.741$, $NSE=0.721$, $OMH=9.11$ mm ve $KOKH=12.42$ mm değerleri ile en başarılı model olmuştur. Seydişehir istasyonu için Sp-R yağış modeli $R^2=0.762$, $NSE=0.561$, $OMH=27.78$ mm ve $KOKH=42.55$ mm değerleri ile en başarılı model olmuştur. 1971-2019 periyodundaki diğer test istasyonu olan Karapınar istasyonunda ise OK-G en başarılı enterpolasyon metodu olmuştur. Bu istasyonda OK-G metodu ile $R^2=0.725$, $NSE=0.704$, $OMH=8.24$ mm ve $KOKH=11.55$ mm değerleri elde edilmiştir. 2014-2019 yılları arasında yağış modellerinin performansı

değerlendirildiğinde; test istasyonları içerisinde en yüksek tahmin başarısını gösteren istasyon Seydişehir istasyonu iken en düşük tahmin başarısını Sultanhanı istasyonu göstermiştir. Aylık toplam yağış tahmininde Seydişehir istasyonu için IDW metodu $R^2=0.848$, $NSE=0.843$, $OMH=15.29$ mm ve $KOKH=22.52$ mm değerleri ile en başarılı model olmuştur. Sultanhanı istasyonu için ise OK-G metodunda $R^2=0.576$, $NSE=0.533$, $OMH=9.30$ mm ve $KOKH=15.61$ mm olarak elde edilmiştir.

Kullanılan enterpolasyon modellerinin PET tahminindeki performansı değerlendirildiğinde; test istasyonlarında en başarılı enterpolasyon metotlarına ait NSE değerleri 1971-2019 ve 2014-2019 periyotlarında sırasıyla 0.996 ve 0.986'nın üzerinde olup "çok iyi" düzeyde başarı elde edildiği tespit edilmiştir.

2002-2019 periyodu için yeraltı suyu seviyesi (YASS) tahmininde enterpolasyon metotlarının tahmin performansı değerlendirildiğinde 4 kuyuda başarılı sonuçlar elde edilirken geriye kalan kuyularda YASS tahmininde kullanılan metotlar başarısız olmuştur. Test kuyuları içerisinde en yüksek tahmin başarısı OK-G enterpolasyon metodu ile 52267 (13312) gözlem kuyusunda elde edilmiştir. 52267 (13312) gözlem kuyusunda OK-G metodu ile $R^2=0.915$, $NSE=0.896$, $OMH=0.031$ mm ve $KOKH=2.457$ mm olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deterministik, Enterpolasyon, Evapotranspirasyon, IDW, Jeostatistik, Kriging, Spline, Yağış, Yeraltı suyu

ABSTRACT

MS THESIS

COMPARISON OF DIFFERENT INTERPOLATION METHODS IN THE SPATIAL DISTRIBUTION OF HYDROLOGICAL DATA: A CASE STUDY OF KONYA CLOSED BASIN

Cansu Hacer KAPLAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ
2023, 106 Pages**

Jury

**Assoc. Prof. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ
Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU
Asst. Prof. Dr. Volkan YILMAZ**

Today, global warming and climate change events, which affect the whole world, have started to have a serious impact on water resources. For this reason, studies on climate and hydrological issues are of great importance. Hydrological models are frequently used to understand the functioning of the hydrological process and hydrological structure in the basins, to determine the effect of climate change on water resources, to complete the missing data and to estimate the data in ungauged basin, to protect and plan the water resources, to manage the water policies correctly. Knowing the spatial distribution of hydrological data is very important in terms of protecting, planning and managing water resources.

In this thesis, the applicability of deterministic and geostatistical interpolation methods in realizing the spatial distribution of hydrological data in Konya Closed Basin (KKH) was investigated. The data sets used in the study were obtained from the General Directorate of Meteorology (MGM) and the General Directorate of State Hydraulic Works (DSI). The data consists of monthly total precipitation and monthly average temperature values of 11 meteorological observation stations between 1971 and 2019 and 34 meteorological observation stations between 2014 and 2019, and water level measurements of 39 wells between 2002 and 2019. While precipitation data and well water level data were used as raw data in interpolation methods, temperature data were used in potential evapotranspiration (PET) calculation with Oudin method. In spatial estimations, Inverse Distance-Weighted interpolation method (IDW), Regularized Spline (Sp-R) and Tension Spline (Sp-T) method were used from deterministic methods, while Ordinary Kriging (OK) and Universal Kriging (UK) methods from geostatistical methods were used. In the OK method, Spherical (OK-K), Gaussian (OK-G), Circular (OK-D) and Exponential (OK-E), which are the most frequently used in the literature, were used as the semivariogram method. The accuracy and success of the prediction values obtained as a result of deterministic and geostatistical methods were evaluated with the performance criteria of mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE), coefficient of determination (R^2) and Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE).

When the performance of the most successful interpolation models of the 3 test stations for monthly total precipitation between 1971 and 2019 was evaluated, the highest prediction success was obtained at Cihanbeyli station, and the lowest prediction success was obtained at Seydişehir station according to the NSE metric. For Cihanbeyli station, the Sp-T precipitation model was the most successful with $R^2=0.741$, $NSE=0.721$, $MAE=9.11$ mm and $RMSE=12.42$ mm values. For the Seydişehir station, the Sp-R precipitation model was the most successful with $R^2=0.762$, $NSE=0.561$, $MAE=27.78$ mm and $RMSE=42.55$ mm. OK-G was the most successful interpolation method at Karapınar station, which was the other test station in the 1971-2019 period. At this station, $R^2=0.725$, $NSE=0.704$, $MAE=8.24$ mm and $RMSE=11.55$ mm values were determined by OK-G method. When the performance

of precipitation models between 2014-2019 is evaluated; Among the test stations, the station with the highest prediction success was Seydişehir station, while Sultanhanı station showed the lowest prediction success. The IDW method for the Seydişehir station was the most successful model in the monthly total precipitation estimation, with the values of $R^2=0.848$, $NSE=0.843$, $MAE=15.29$ mm and $RMSE=22.52$ mm. For Sultanhanı station, $R^2=0.576$, $NSE=0.533$, $MAE=9.30$ mm and $RMSE=15.61$ mm were obtained in OK-G method.

Considering the performance of the interpolation models used in PET estimation was evaluated, it was determined that the NSE values of the most successful interpolation methods at the test stations were above the values of 0.996 and 0.986 in the 1971-2019 and 2014-2019 periods, respectively, and a "very good" level of success was achieved.

When the estimation performance of the interpolation methods was evaluated in the estimation of the groundwater level (YASS) for the 2002-2019 period, successful results were obtained in 4 wells, while the methods used in the estimation of YASS in the remaining wells were unsuccessful. The highest estimation success among test wells was obtained with OK-G interpolation method in 52267 (13312) observation wells. $R^2=0.915$, $NSE=0.896$, $MAE=0.031$ m and $RMSE=2.457$ m were obtained by OK-G method in 52267 (13312) observation well.

Keywords: Deterministic, Evapotranspiration, Geostatistics, Groundwater, IDW, Interpolation, Kriging, Precipitation, Spline



ÖNSÖZ

En başta danışmanlığımı üstlenerek hiçbir destek ve yardımdan sakınmayıp çalışmanın yürütülmesi açısından kıymetli zamanlarını harcayan sevgili hocam, Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ'a ve saygıdeğer hocam, Arş. Gör. Cihangir KÖYCEĞİZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada kullanılan hidrolojik ve meteorolojik verilerin temininde yardımlarından dolayı Devlet Su İşleri 4. Bölge Müdürlüğü ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü başta olmak üzere tüm kamu personeline içtenlikle teşekkür ederim.

Hayattaki en büyük destekçim sevgili eşim Sinan KAPLAN'a, annelerim Saime KAPLAN ve Hatice AKTİTİZ'e, babalarım Mustafa KAPLAN ve Abdülbaki AKTİTİZ'e, kardeşlerim Çiğdem KAPLAN, İsmail KAPLAN, Mehmet Sefa KAPLAN, Hüseyin AKTİTİZ, Naime AKTİTİZ'e ve canım arkadaşım Esra DURMUŞ YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Cansu Hacer KAPLAN
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Çalışma Alanı ve Veriler	13
3.1.1. Sayısal yükseklik modeli (DEM).....	16
3.1.2. Meteorolojik ve hidrolojik veriler.....	16
3.2. Enterpolasyon Metotları	28
3.2.1. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)	29
3.2.2. Spline enterpolasyon yöntemi.....	30
3.2.3. Kriging enterpolasyon yöntemi	32
3.3. Performans Metrikleri.....	36
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Yağışın Alansal Enterpolasyon Sonuçları	39
4.1.1. Uzun periyot (1971-2019) için aylık toplam yağışın alansal enterpolasyon sonuçları.....	40
4.1.2. Kısa periyot (2014-2019) için aylık toplam yağışın alansal enterpolasyon sonuçları.....	45
4.2. Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) Alansal Enterpolasyon Sonuçları.....	57
4.2.1. Uzun periyot (1971-2019) için aylık toplam potansiyel evapotranspirasyonun (PET) alansal enterpolasyon sonuçları	58
4.2.2. Kısa periyot (2014-2019) için aylık toplam potansiyel evapotranspirasyonun (PET) alansal enterpolasyon sonuçları	63
4.3. Yeraltı Su Seviyesi (YASS) Alansal Enterpolasyon Sonuçları	73
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	89
EKLER	94

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

BSk:	Yarı kurak Step iklimi
Csa:	Akdeniz iklimi
Csb:	Kış ılık, yaz ılık ve kurak iklim
DEM:	Sayısal yükseklik modeli
DSİ:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
IDW:	Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi
KKH:	Konya Kapalı Havzası
KOKH:	Karekök Ortalama Karesel Hata
MGM:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NSE:	Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı
OK:	Ordinary Kriging
OK-D:	Dairesel
OK-E:	Exponential
OK-G:	Gaussian
OK-K:	Küresel
OMH:	Ortalama Mutlak Hata
PET:	Potansiyel evapotranspirasyon
R²:	Determinasyon Katsayısı
Sp-R:	Regularized Spline
Sp-T:	Tension Spline
UK:	Universal Kriging
YASS:	Yeraltı su seviyesi

1. GİRİŞ

Su, en küçük canlı organizmadan en büyük canlı türüne kadar yaşamsal faaliyetlerin devamlılığı açısından hayati öneme sahip bir bileşiktir. Geçmişten bugüne insanlık tarihi boyunca yaşamı devam ettirebilmenin yanında tüm insani faaliyetlerin devamlılığını ayakta tutan sudur. Yapılan pek çok arkeolojik araştırmalarda ilk yerleşim yerlerinin su kenarlarına kurulduğu görülmüştür. Suyu erişim yerleşim noktası seçimlerinde her zaman en önemli etkenlerden olmuştur. Avcı- toplayıcı yaşam stiline yerleşik yaşam stiline geçişte tarımsal faaliyetlerde suyun büyük öneme sahip olmasıyla suyun kontrolünü sağlayan topluluklar gelişerek imparatorluklar haline gelmiştir.

Suyun bu derece önemli olmasıyla birlikte birtakım problemler hasıl olmuştur. Son yıllarda meydana gelen yoğun kentleşme, aşırı nüfus artışı ve artan gıda talebi nedeniyle suya olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Buna karşın yer altı ve yer üstü su kaynakları oldukça sınırlıdır. Bu durum su kaynaklarının ihtiyaçlara cevap verebilecek optimum seviyelerde kullanımını ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle ülkelerin su kaynaklarının korunması, planlanması ve su politikalarının doğru bir şekilde yönetilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Ülkemiz tarım ve hayvancılık bakımından gerek coğrafi gerek iklim şartları olarak bölge ülkeleri arasında önemli yere sahiptir. Sıcaklık, yağış ve buharlaşma parametreleri zamana göre değişkenlik göstererek taşkın, kuraklık vb. etkilerle bölgedeki hayatı etkileyebilmektedir. Bu durum tarım ve hayvancılık yapılan alanlarda verimi azaltarak bu alanların kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir. Ayrıca yaşanan kurak dönemler sonucu mevcut sınırlı yer altı ve yer üstü su kaynaklarının tükenmesiyle hem ekonomik hem de biyolojik çeşitlilik etkilenerek büyük kayıplara yol açmaktadır. Sıcaklık, yağış ve buharlaşma hidroloji ve meteoroloji için en önemli parametrelerin başında gelmektedir.

Daha önce yapılan araştırmalara göre küresel iklim değişikliğiyle birlikte 1880-2012 yılları arasında ortalama yüzey sıcaklığı 0.85 °C artmış ve yüksek enlemlerde yağışlar artarken düşük enlemlerde yağışlar azalmıştır. Türkiye gibi orta enlemlerdeki ülkelere ise kış aylarında yağışların %20'den fazla düşmesi, yaz aylarında ise yağışlarda %20'den fazla azalış beklenmektedir. Bununla birlikte ülkemiz için 2020-2029 yıllarında 0.5- 1.5 °C arasında, 2090-2099 yıllarında 2- 5 °C arasında sıcaklık

artışı öngörülmektedir (IPCC, 2007). Meydana gelen sıcak hava dalgaları çok sayıda insan hayatını etkilemekte ve bazı yerlerde can kayıplarına neden olmaktadır (Doğru ve Aparı, 2022). Bunun yanında mevcut su kullanımları dikkate alındığında, tahmini olarak dünya nüfusunun üçte ikisinin 2025’li yıllarda su kıtlığı ile karşılaşacağı düşünülmektedir (Çakmak ve ark., 1999).

Mevcut sınırlı su kaynaklarıyla gün geçtikçe artan su talepleri sonucu, kaynakların ve havzaların korunması, planlanması ve yönetilmesi tüm ülkelerin yerine getirmesi gereken ortak bir sorumluluk haline gelmiştir. Hidrolojik sorunların belirlenmesi, anlaşılması ve çözüme kavuşturulabilmesi için tüm dünyada ve ülkemizde hidrolojik çalışmalara büyük önem verilmesi gerekmektedir.

Hidrolojik parametrelerin değerlerinin bilinmesi; konular için uygun tahminler elde edilmesi, afetlerin önlenmesi, iklimsel değişimlerin araştırılması, ekonomik kararların verilebilmesi gibi pek çok konularda yol göstermektedir. Çalışma alanımız olan Konya Kapalı Havzası (KKH), ülkemizde tarımsal üretim açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Yağışlarda meydana gelen düşme ve su azlığı bölgenin verimini etkilemektedir. KKH su potansiyelinin %90’ını tarımsal üretimde kullanmaktadır. Tarımsal üretim açısından su ihtiyacı KKH içerisinde büyük oranda yer altı suyu kuyularından sağlanmaktadır. Orta kurak iklime sahip olan KKH’da iklim değişikliğine bağlı kuraklık ve kontrolsüz yer altı suyu tüketimi sonucu statik yer altı suyu seviyesinde önemli düşüşler olmaktadır (Anonim, 2017). Bu gibi çeşitli konular için mevcut hidrolojik parametrelerin dağılımlarının en doğru şekilde belirlenmesi önem arz etmektedir.

Hidrolojik çalışmalarda kullanılacak parametreler ise en doğru gözlem istasyonlarının ve kuyularının bulunduğu yerde noktasal veri olarak elde edilebilmektedir. Havzayı temsil ettiği düşünülen gözlem istasyonu ve gözlem kuyularının ölçüm serileri noktasal niteliğe sahip verilerden oluştuğundan tek başlarına araştırılan konu hakkında istenilen düzeyde bilgi verememekte ve havzayı yeterince temsil edememektedir. Bu nedenle hidrolojik çalışmalarda noktasal değerler yerine konumsal tahmin metotları kullanılarak parametrelerin çalışma alanı üzerine yayılmış ortalama değerleri ile konumsal dağılımı hakkında bilgi sağlanmış olacaktır. Elde edilen tahmin verilerinin alansal dağılımlarının sunulması ve yorumlanması için en uygun yöntem olarak haritalandırma kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması ile KKH'da mevcut hidrolojik verilerin alansal dağılımlarının haritalandırılmasında deterministik ve jeostatistik enterpolasyon yöntemlerinin uygulanabilirliği, uygulanma şekli ve yöntemler arasındaki farklar araştırılarak çalışma alanını en iyi temsil eden yöntemler belirlenmiştir. Bu sayede havza sınırları içerisinde ölçüm verisi bulunmayan noktaların değerlerini en iyi tahmin eden yöntem belirlenmiş olacaktır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) alınan meteorolojik ve hidrolojik verilerin alansal dağılımı için literatürde daha önce de yaygın olarak uygulanmış enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Yağış, evapotranspirasyon ve yer altı suyu verileri kullanılarak oluşturulan alansal dağılım haritalarında kullanılan farklı yaklaşımlar ile yapılan tahminlerin doğruluğu kıyaslanarak hangi yöntemin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiğini belirlemek hedeflenmektedir.

Bu amaç doğrultusunda literatürde yaygın olarak kullanılan Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon yöntemi (Inverse Distance Weighting, IDW), Regularized Spline (Sp-R) ve Tension Spline (Sp-T) gibi geleneksel tahmin yöntemlerinin yanında jeostatistik yöntemlerden Ordinary Kriging (OK) ve Universal Kriging (UK) yöntemleri ile uygulamalar yapılmıştır. Deterministik ve jeostatistik yöntemler sonucunda elde edilen tahmin değerlerinin doğruluğu ve en uygun tahmin yöntemi, ortalama mutlak hata (OMH), karekök ortalama karesel hata (KOKH), determinasyon katsayısı (R^2), Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) performans metrikleri ile incelenerek ortaya çıkan tahmin hatalarının karşılaştırılmasıyla belirlenmiştir. En uygun yöntem sonucunda elde edilen tahmin değerleri ile yağış, evapotranspirasyon ve yer altı suyu verilerinin alansal dağılımı haritalandırılarak yorumlanması sağlanmıştır.

Hidrolojik verilerin alansal dağılımında çeşitli enterpolasyon yöntemleri; eksik verilerin tahmini, gözlem verisi bulunmayan noktalarda ihtiyaç duyulan verilerin tahmini ve çalışma alanına ilişkin verilerin haritalandırılarak elde edilen haritalarda zamansal değişimin gözlenmesi için kullanılan tekniklerdir. Yeterli sayıda noktasal veri ve uygun enterpolasyon yöntemi kullanılarak çalışma alanını temsil eden gerçekçi bir tahmin yapılması sağlanmıştır.

Tez çalışmasında kullanılan yağış ve sıcaklık veri setleri MGM'den temin edilmiştir. Bu veri setleri, havza sınırları içerisinde bulunan ayrı gözlem periyotlarına ait 11 ve 34 meteoroloji gözlem istasyonu için sırasıyla 1971-2019 (49 yıllık) ve 2014-

2019 (6 yıllık) periyodundaki aylık verilerden oluşmaktadır. Yöntemlerde yağış verileri ham veri olarak kullanılırken, sıcaklık verileriyle potansiyel evapotranspirasyon (PET) hesabı yapılmıştır. Evapotranspirasyon hesabında günlük sıcaklık verisi ve istasyon enlemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yeraltı suyu gözlem kuyularına ait veriler DSİ'den temin edilmiştir. Bu veriler, çalışma alanı içerisinde 39 gözlem kuyusuna ait 2002-2019 (18 yıllık) aylık su seviyesi ölçümleri, kuyu derinliği ve konum bilgilerinden oluşmaktadır. Enterpolasyon yöntemlerinin uygulanması ve tahmin verilerinin haritalandırılmasında ArcGIS 10.7.1 yazılımı kullanılmıştır.

Genel olarak KKH için gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde çalışmaların büyük bir kısmında havza bazlı değil de istasyon bazlı ve yalnızca bir parametrenin üzerinde durulduğu çalışmalar yürütülmüştür. Havzada gerçekleştirilen çalışmalarda yağış, PET ve yer altı suyu parametrelerinin bir arada incelendiği geniş zaman periyoduna sahip ve çok sayıda veri setinin kullanıldığı alansal dağılımlı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Jeoistatistiksel analizler ile gerçekleştirilen iklim ve çeşitli konulardaki çalışmalarda, araştırmacıların çoğu zaman Kriging metotlarından OK metodunu uyguladığı gözlenmiştir. Oysa ki Kriging yöntemleri, optimum tahmin değerlerini elde edebilmek için bilinen veri değerlerinin arasında konumsal ve istatistiksel ilişki kurmaktadır. Geoistatistiksel varsayımların sağlanması, konumsal ve istatistiksel ilişkinin en doğru yöntemle kurulması için en uygun kriging metodunun ve yarı variogramın belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada OK ve UK yöntemleri ile uygulamalar yapılmıştır. OK yöntemi için literatürde en sık kullanılan Küresel (Spherical), Gaussian, Dairesel (Circular) ve Üstel (Exponential) yarı variogram modelleri (Adhikary ve ark., 2015) uygulanmıştır. UK yönteminde, ArcGIS 10.7.1 yazılımında Geostatistical Analyst sekmesinde varsayılan Stable yarı variogram modeli ile tahminler uygulanmıştır.

İkinci bölümde konu ile ilgili kaynak araştırması yapılarak bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölüm ise çalışma alanı ve kullanılan veri seti ile uygulamalarda kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin esaslarından oluşmaktadır. Dördüncü bölümde uygulamaların sonunda ortaya çıkan araştırma bulguları, elde edilen bilgilerin, grafik ve haritaların yorumlanarak tartışılmasına yer verilmiştir. Son olarak beşinci bölümde, araştırma ile elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hidroloji, meteoroloji, jeoloji, tarım, orman yönetimi ve ekoloji vb. birçok farklı alandaki çalışmalarda iklim parametreleri kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda kurulan hidrolojik modellerde hidrolojik sürecin doğru şekilde anlaşılabilmesi adına doğru veriye ihtiyaç duyulmakta olup en doğru veri ise meteoroloji gözlem istasyonlarının bulunduğu yerde noktasal veri olarak elde edilebilmektedir. Havza üzerinde istenilen her noktaya ölçüm istasyonu kurulamayacağından dolayı bu alanların hidro-meteorolojik parametrelerinin değerleri farklı matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle hesaplanmaktadır. Ayrıca hesaplanan verilerin doğruluğu ve yöntemlerin başarısını etkileyen birçok husus bulunmaktadır. En çok bilinen ve kullanılan yöntemler IDW, Kriging, Spline, Thiessen Poligonu, Doğal Komşuluk (Natural Neighborhood) ve En Yakın Komşu (Nearest Neighbour) vb. yöntemlerdir. Ly ve ark. (2013), havza ölçekli bir hidrolojik modelde yağış verilerinin kalitesini artırarak hidrolojik kaliteyi artırmak amacıyla yağış verilerinin mekânsal enterpolasyonunda kullanılan yöntemler için bir literatür araştırması gerçekleştirmişlerdir. İncelenen çalışmalardaki yöntemler OK, UK, Simple Kriging (SK), Residual Kriging (RK), Detrended Kriging (DK), Thiessen Poligonu, IDW, En Yakın Komşu Enterpolasyonu, Polinom Enterpolasyonu (PI), Spline, Moving Window Regression (MWR) vb. şeklinde sıralanmıştır. Enterpolasyon yöntemi kullanılarak tahmin edilen yağış miktarının doğruluğunun kullanılan yöntemin başarısına, seçilen modelin türüne ve coğrafyaya bağlı olabileceği belirtilmiştir.

Noktasal nitelikteki meteorolojik ve hidrolojik veriler tek başlarına havzayı yeterince temsil edememektedir. Verilerin alansal dağılımlarının sunulması ve yorumlanması için en uygun yöntem olarak haritalandırma sıkça kullanılmaktadır. Farklı periyotlarda günlük, aylık ve yıllık yağış verileriyle mekânsal yağış miktarları tahmin edilerek yağış dağılım haritaları oluşturulabilmektedir. Silva ve ark. (2019), Brezilya Pernambuco Eyaleti'ne ait aylık yağış verilerinin mekânsal dağılımını en iyi tahmin eden yaklaşımı bulmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla, aralarında IDW ve Kriging yöntemlerinin de bulunduğu yedi enterpolasyon yönteminin farklı versiyonlarını kullanarak toplamda 26 farklı enterpolasyon şeması oluşturulmuştur. Yöntemlerin aylık yağış tahminindeki performansı değerlendirildiğinde, Trend Yüzey Analizi (Trend Surface Analysis, TSA) metodunun en iyi sonuç verdiği sırasıyla Doğal Komşuluk,

IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemlerinin geldiği belirtilmiştir. Aksu ve Güngör (2020), Burdur'un aylık ve yıllık ortalama yağış dağılım haritalarının yapılması ve alansal yağış miktarının hesaplanması amacıyla çalışma yürütmüşlerdir. 1976-2017 yılları arasında 14 gözlem istasyonuna ait yağış verileri kullanılarak IDW metodu uygulanmıştır. Yağış dağılımının doğruluğu 2 istasyona ait veriler karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların gerçek verilerle göstermiş olduğu uyumu tespit için kullanılan tutarlılık ve hata ölçüm metrikleri, kullanılan IDW yönteminin yüksek başarısını ortaya koymuştur.

Chutsagulprom ve ark. (2022), Tayland'da aylık yağış dağılımını tahmin etmek amacıyla mekânsal enterpolasyon yöntemlerini kullanmış ve karşılaştırmışlardır. Yüzölçümü 513120 km² olan çalışma alanında, 1983-2018 yılları arasında eksiksiz veri kaydına sahip 67 yağış ölçüm istasyonundan veriler alınmıştır. Çalışmada kullanılan yaklaşımlar IDW, Ters Üstel Ağırlıklandırma, Çoklu Doğrusal Regresyon, Yapay Sinir Ağları ve OK yöntemleridir. Sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek başarıyı Ters Üstel Ağırlıklandırma yöntemi gösterirken en düşük başarıyı Yapay Sinir Ağları göstermiştir.

Kriging yöntemleri stokastik ya da jeostatistiksel yöntemler olarak isimlendirilirken diğer enterpolasyon yöntemleri deterministik ya da geleneksel yöntemler olarak isimlendirilmektedir. Deterministik yöntemler, orografik yağışların hâkim olduğu bölgeler için pek uygun değildir. Orografik yağışlar, dağlık bölgelerde bir yamaca fazla miktarda yağış düşerken diğer yamaca daha az miktarda yağış düşmesi olayıdır. Bu gibi durumlarda jeostatistiksel yöntemler daha iyi sonuçlar verebilmektedir (Aydın ve Raja, 2016). Meteorolojik noktasal verilerin alansal dağılımında kullanılan deterministik enterpolasyon yöntemlerinden IDW yönteminin daha iyi performans gösterdiği çalışmalar olduğu gibi, stokastik enterpolasyon yöntemlerden Kriging yönteminin daha iyi performans gösterdiği çalışmalar da bulunmaktadır. Bu iki tür enterpolasyon yöntemlerinin doğruluğunun karşılaştırıldığı pek çok çalışma mevcuttur.

Taylan ve Damçayırı (2016), Akdeniz Bölgesi, Isparta ve Burdur İli çevresinde uzun yıllara ait ortalama yağış verileri bulunan 13 istasyonun verilerini kullanarak IDW ve Kriging yöntemleriyle yağış tahminleri ve haritaları üretmişlerdir. Tahmin için kullanılan her iki yöntem sonuçları değerlendirildiğinde IDW yönteminin elde edilen tahminlerde ve haritalarda daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Borges ve ark. (2015), Brezilya'da bir bölgede yağışın mekânsal tahminini gerçekleştirmek amacıyla sekiz farklı konumsal enterpolasyon yöntemini karşılaştırmışlardır. Yöntemlerde kullanılan veriler, 6 meteoroloji gözlem istasyonundan ve 54 yağış ölçerden 1971-2000 periyodu için elde edilmiştir. OK ve IDW yöntemlerinin en iyi performansı gösterdiği belirtilmiştir.

İlker ve ark. (2019), Akdeniz Bölgesi'nde yüzölçümü 120000 km² olan alanda yağışın alansal dağılım haritalarını oluşturmuşlardır. 99 meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1975-2009 yılları arasındaki aylık toplam yağış ortalaması verileri ile IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Akdeniz Bölgesi'nde yağışın alansal dağılımında IDW yönteminin kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

Javari (2017), İran'da bulunan 1975–2014 yılları arasındaki aylık ortalama yağış verilerinin mekânsal dağılımını, yeni bir iklim modellemesi sunmak amacıyla deterministik ve jeostatistik yöntemler ile tahmin ederek sekiz farklı tahmin yöntemini karşılaştırmıştır. Çalışmada 140 istasyon kullanılmıştır. Yapılan çalışmada IDW, OK, SK, UK, Indicator Kriging (IK), Probability Kriging (PK), Disjunctive Kriging (DK), Empirical Bayesian Kriging (EBK) yöntemleri uygulanarak elde edilen sonuçlar gerçek yağış serileri ile karşılaştırılmıştır. İran'daki yağış modellemesinde EBK ve OK yöntemlerinin kullanımının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Zhang ve ark. (2018), Tropikal Yağış Ölçüm Misyonu (Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM) için IDW, Sp-R, Sp-T, OK ve SK enterpolasyon yöntemlerini uygulamışlardır. KOKH ve OMH performans kriterlerinin dikkate alındığı çalışmada, SK yöntemi KOKH değeri 95.56 ve OMH değeri 66.86 ile en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Liu ve ark. (2020), Changjiang Nehri Havzası'nın memba bölgesinde farklı zaman periyotlarında yağış verileriyle 7 enterpolasyon yöntemini kullanarak alansal yağış tahminlerini analiz etmişlerdir. TSA ve OK yönteminin kombinasyonu olan TSA-OK yöntemi ve beş yöntemi kapsayan Bayesian Modeli Ortalaması (Bayesian Model Averaging, BMA) yönteminin günlük, aylık ve yıllık zaman ölçeklerinde en iyi performansı gösterdiği belirtilmiştir.

Arganis ve ark. (2021), Meksika'da yüksek rakımlı bir bölgede 20 veya daha fazla yıllık kayda sahip 40 istasyonu ortalama yıllık maksimum yağış tahmini için

seçmişlerdir. Çalışmada IDW, Co-kriging (CK) ve Gaussian yarı variogramlı OK enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Tahminlerde CK ve OK yönteminin IDW yöntemine üstünlük sağladığı tespit edilmiştir.

Antal ve ark. (2021), Portekiz'in yağış dağılımını tahmin etmek için mekânsal enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlardır. 1991-2000 yıllarını kapsayan yıllık ortalama yağış verileri 128 istasyondan elde edilmiştir. Verilerin alansal dağılımı deterministik ve jeostatistik yöntemler ile tahmin edilerek yedi farklı tahmin yöntemi karşılaştırılmıştır. Uygulama sonucunda EBK yöntemi en uygun tahminci olarak belirlenmiştir.

Akacak ve Taş (2021), Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden yararlanarak Kuzey Ege Havzası'nın alansal ortalama yağış yüksekliğini hesaplamışlardır. Havza içi 5, havza dışı 8 gözlem istasyonu verisinden faydalanılmıştır. Çalışmada deterministik analiz yöntemlerinin yanında jeostatistik analiz yöntemleri de kullanılarak alansal yağış yüksekliği hesaplanmıştır. IDW, Spline ve Kriging yöntemlerinin aralarında bulunduğu 10 alansal enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

Katipoğlu (2022), Fırat Havzası'nda 1966-2017 periyodu için çeşitli enterpolasyon yöntemlerini kullanarak uzun periyotlu mevsimsel ortalama yağışların mekânsal analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmada SK, OK, UK, Ordinary Cokriging (OCK), EBK, Radyal Tabanlı Fonksiyon (Radial Basis Function, RBF), Yerel Polinom Enterpolasyonu (Local Polynomial Interpolation, LPI), Global Polinom Enterpolasyonu (Global Polynomial Interpolation, GPI) ve IDW yöntemleri uygulanmıştır. Oluşturulan yağış tahmin haritalarının doğruluğunun tespiti için çapraz doğrulama uygulanmıştır. Kış ve ilkbahar için OCK, yaz için LPI ve sonbaharda da OK yönteminin KOKH değeri en düşük olarak hesaplanmıştır. Bu yöntemler en iyi tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir.

Adhikary ve ark. (2017), Avustralya Orta Yarra ve Ovens Nehir Havzası'nda 1980–2012 yılları arasındaki aylık yağış kayıtlarıyla mekânsal yağış enterpolasyonu gerçekleştirmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda jeostatistiksel OK, OCK, kriging with an external drift (KED) ve deterministik IDW, RBF yöntemleri kullanılmıştır. OK yöntemi için Küresel ve Gaussian yarı variogram modeli kullanılmıştır. Yöntemlerin performansı çapraz doğrulama ile değerlendirildiğinde jeostatistiksel yöntemlerin

yağışın mekânsal enterpolasyonu için deterministik yöntemlerden daha iyi performans verdiği sonucu elde edilmiştir.

Usowicz ve ark. (2021), Polonya ve Polonya sınırına komşu ülkelerin bulunduğu bir bölgede aylık ve üç aylık yağış verileriyle mekânsal enterpolasyonu tahmin etmek amacıyla OK, OCK ve IDW yöntemlerini uygulamışlardır. 2014-2017 yılları arasındaki aylık, 2010-2014 yılları arasındaki 3 aylık veriler kullanılmıştır. OCK yönteminin, OK ve IDW yöntemine göre her iki periyot için de daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Yavuz ve Erdoğan (2012), Türkiye’de bulunan 120 adet istasyona ait 1975-2009 yılları arasındaki yağış verileriyle aylık ve yıllık yağış trendlerinin mekânsal analiz çalışmasını yapmışlardır. Kriging, IDW, Spline enterpolasyon yöntemleri Türkiye’nin aylık ve yıllık yağış verileri için kıyaslanmıştır. Enterpolasyon teknikleri değerlendirildiğinde KOKH sonuçları Kriging yöntemi için 0.148, IDW yöntemi için 0.151, Spline yöntemi için 0.152 olarak hesaplanmıştır. En iyi performansı OK enterpolasyon yönteminin gösterdiği ifade edilmiştir.

Fung ve ark. (2022), iklim nedeniyle Malezya Yarımadası yağış paterni değişikliklerinin mekânsal-zamansal değerlendirilmesi ve yağış dağılımının modellenmesi amacıyla mekânsal enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlardır. 244 yağış istasyonundan 1988-2017 yılları arasındaki günlük yağış verileri temin edilmiştir. IDW, OK, Coğrafi Ağırlıklı Regresyon ve Çok Ölçekli Coğrafi Ağırlıklı Regresyon yöntemleri karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler arasında en iyi performansı Çok Ölçekli Coğrafi Ağırlıklı Regresyon yöntemi göstermiştir.

Yağış analizlerinde deterministik ve jeostatistiksel enterpolasyon metotlarının doğruluğunun karşılaştırıldığı durumların yanında jeostatistiksel yöntemlerin kendi aralarında kıyaslandığı pek çok çalışma da bulunmaktadır. Yin ve ark. (2018), Kuzey Çin Haihe Nehri Havzası’nda bulunan 273 istasyonun 1951-2012 yılları arasındaki günlük yağış verileriyle ekstrem yağışların geri dönüş sürelerini tahmin etmek için OK ve UK yöntemlerini kullanmışlardır. Yarı variogram modeli olarak, ampirik bir modelin yanında teorik model olarak küresel model uygulanmıştır. Uygulanan yöntemlerden, OK yöntemi en küçük KOKH değerine sahip olduğundan daha iyi performans

göstermiştir. Küresel yarı variogram modelinin diğer modele göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Bari (2021), Bangladeş'te 29 istasyonun 1948-2013 yılları arasındaki verisiyle Hershfield metodunu kullanarak muhtemel maksimum yağış değerlerini hesaplamıştır. Bu değerlerin mekânsal tahmin haritasını oluşturmak için OK ve EBK yöntemleri uygulanmıştır. OK yönteminde Üstel, Gaussian, Küresel yarı variogram modeli kullanılmıştır. EBK yönteminin OK yöntemine göre daha iyi performans verdiği tespit edilmiştir.

Literatürdeki çalışmalarda, enterpolasyon yöntemlerinde sıklıkla yağış verileri kullanılmış olsa da diğer meteorolojik verilerin alansal dağılımında da bu yöntemler kullanılmaktadır. Zengin Kazancı ve Tanır Kayıkçı (2015), Karadeniz Bölgesi'nde 1981-2012 periyodu için 52 meteoroloji istasyonundan alınan günlük ortalama sıcaklık verilerini kullanarak konumsal enterpolasyon yöntemlerini uygulamışlardır. Çalışmada ilk olarak Orijinal Shepard Yöntemi ile ağırlıklandırma yaparak IDW yöntemi uygulanmıştır. Daha sonra Basit ve Çoklu Doğrusal Regresyon yöntemi gerçekleştirilmiştir. Berndt ve Haberlandt (2018), Kuzey Almanya'da yağış, sıcaklık, nem ve güneşlenme süresi gibi iklim parametrelerini kullanarak mekânsal tahmin metotlarıyla tahminler gerçekleştirmişlerdir. Bu metotlar karşılaştırıldığında Kriging yöntemlerinin IDW ve yakın komşuluk metotlarından daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Enterpolasyon yöntemleri tıpkı yağış ve diğer meteorolojik verilerde olduğu gibi evapotranspirasyon tahminlerinin alansal dağılımında da kullanılmaktadır. Evapotranspirasyon tespiti iki şekilde yapılmaktadır. Birinci yöntem: zaman, işgücü ve maliyetin oldukça fazla olduğu lizimetre ile ölçüm yapılmasıdır. İkincisi ise matematiksel ve istatistiksel metotlarla tahmin yapılmasıdır. İkinci yöntemi uygulamak daha kolay olduğundan çalışmalarda tercih edilmektedir.

Hodam ve ark. (2017), Hindistan'da 131 istasyona ait 1971–2002 yılları arasındaki aylık verileri kullanarak evapotranspirasyon değerlerini tahmin etmişlerdir. Elde edilen 32 yıllık evapotranspirasyon verisinin aylık ortalama değerleri ile IDW, OK ve UK enterpolasyon yöntemleri uygulanmıştır. Bu iki yöntemin istasyon bazında

doğrulamasında IDW yönteminin neredeyse tüm istasyonlarda Kriging yönteminden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Malimas ve ark. (2017), Yunanistan'ın kuzeybatısındaki Epirus Bölgesi'nde bulunan Arta Ovası'nda 2015 yılının başında kurulan 6 meteoroloji istasyonunun verileriyle günlük PET değerlerini tahmin etmişlerdir. PET değerlerinin mekânsal enterpolasyonu için Bilinear Surface Smoothing (BSS) ve IDW metotları kullanılmıştır. BSS'nin IDW metoduna karşı performans değerlendirmesinde her istasyon için çok küçük Ortalama Karese Hata (MSE) değeriyle daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ayrıca bu yöntemler hidrolojik verilerin var olduğu nehir akımları, yeraltı suyu statik su seviyesi vb. tüm noktasal verilerin alansal dağılımda kullanılabilir. Wu ve ark. (2019), Amerika Birleşik Devletleri'nde Mississippi Nehri sondaj ölçüm verilerini kullanarak nehir batimetrisi tahmini gerçekleştirmek amacıyla OK, UK, IDW, RBF ve LPI enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlardır. Bu enterpolasyon yöntemleri karşılaştırıldığında RBF ve OK yöntemlerinin diğer yöntemlere göre en iyi performansı gösterdiği tespit edilmiştir.

Yao ve ark. (2014), Wuwei Vahası'ndaki sulama bölgelerinde bulunan 75 gözlem kuyusunun 1983- 1992 yılları arasındaki ve 1988 yılı için 92 gözlem kuyusunun yeraltı suyu seviyesi kayıtlarını kullanarak 8 ayrı enterpolasyon yöntemi uygulamışlardır. Yıllık ve aylık ortalama yeraltı suyu seviyesi verileri ile IDW, GPI, LPI, Sp-R, Sp-T, SK, OK, UK enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemler değerlendirildiğinde Kriging yöntemlerinin diğerlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Keskiner (2018), Aşağı Seyhan Ovası'nda 9495 ha alanda optimum yeraltı suyu statik su seviyesi kuyu dağılımını oluşturarak gözlem ağlarının izlenmesinde zamandan ve maliyetten tasarruf yapmayı amaçlamıştır. Bu çalışmada 107 gözlem kuyusu için 2011, 2012 ve 2013 hidrolojik yıllarında toplamda 12 kez ölçülen yeraltı suyu seviyesi verileri kullanılmıştır. Yeraltı suyu seviyesi verileri IDW yöntemi kullanılarak haritalandırılmıştır.

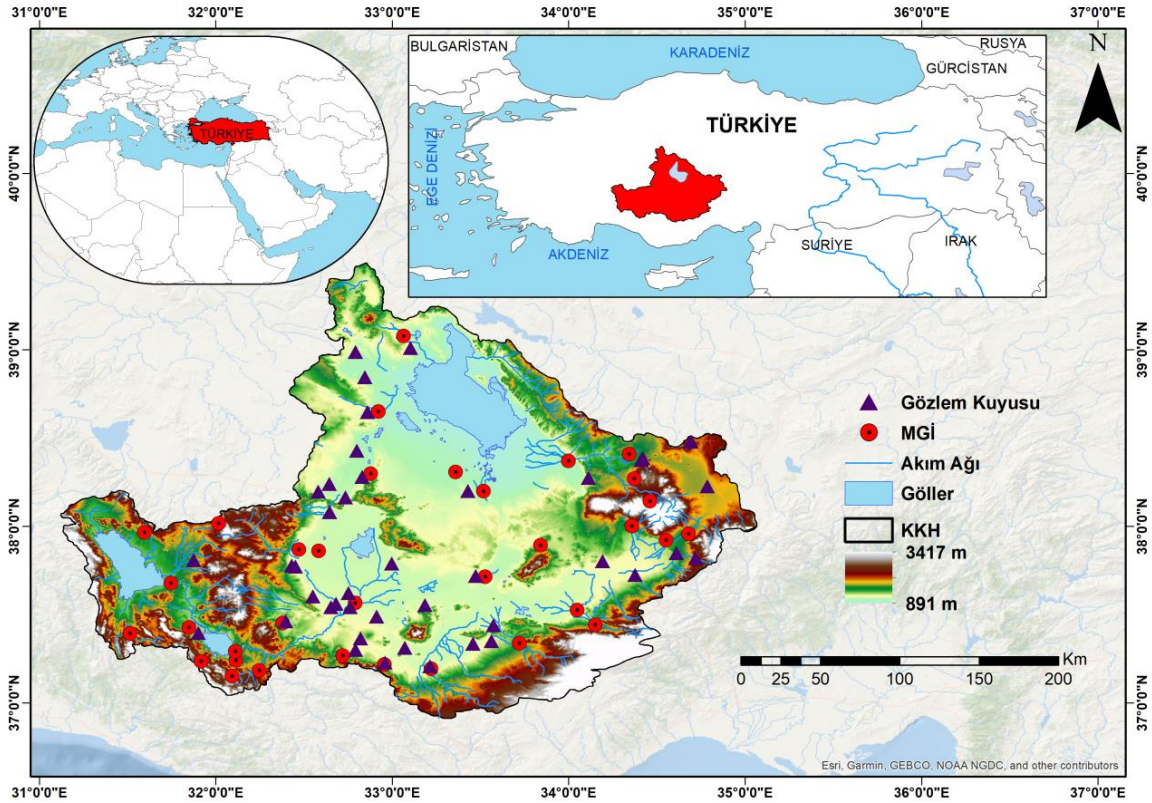
Enterpolasyon yöntemleri bilimsel çalışmaların pek çoğunun alt yapısını oluşturmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen hidrolojik ve klimatolojik

çalışmalarda eksik verilerin tamamlanması, gelecek verilerin tahmin edilmesi gibi pek çok amacı olduğu gibi hidrolojik analizlerin gerçekleştirilmesi ve modellenmesi amacıyla sıklıkla başvurulmaktadır. Chen ve ark (2017), in'in güneybatısında yer alan Chongqing Őhri kuraklık izleme uygulaması ve toprak neminin belirlenmesi amacıyla alansal enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlardır. 2010-2014 yılları arasındaki günlük, aylık sıcaklık verileri ve toprak nemi değerleri kullanılmıştır. Enterpolasyon yaklaşımlarında IDW, RBF, Spline ve Kriging yöntemleri uygulanmıştır. Model performansı karşılaştırıldığında, IDW metodunun en iyi performansı gösterdiği tespit edilmiştir. Bir başka kuraklık eğiliminin incelendiği çalışmada ise; Dikici ve ark. (2018), Seyhan Havzası'nda aylık ortalama yağış, sıcaklık ve su tutma kapasitelerini kullanarak kuraklığı saptamayı hedeflemişlerdir. Gerçekleştirilen kuraklık analizinde meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik verilerin veri boşluk analizi yapılarak veri varlığı değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm parametrelerin eksik yılları Parametre Yükseklik İlişkisi Bağımsız Eğim Modeli (Parameter-elevation Relationships on Independent Slopes Model, PRISM) metoduyla enterpolasyon yapılarak tamamlanmış ve kesintisiz zaman serileri elde edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı ve Veriler

Bu çalışmada Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde 36°51' ve 39°29' kuzey enlemleri ile 31°36' ve 34°52' doğu boylamları arasında yer alan Konya Kapalı Havzası (KKH) çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 3. 1). Havza, Türkiye'nin yüzölçümünün %7'sine karşılık gelen 49805.34 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. KKH Türkiye'nin en büyük kapalı havzası olup, havza sınırlarında %78 şehir nüfusu, %22 kırsal nüfus olmak üzere yaklaşık 3 milyon kişiyi barındırmaktadır. KKH'nın; kuzeyinde Sakarya ve Kızılırmak Havzaları, doğusunda Kızılırmak ve Seyhan Havzaları, güneyinde Doğu Akdeniz Havzası, batısında ise Akarçay ve Antalya Havzaları bulunmaktadır. Havza kendi içinde 9 alt havzaya ayrılmakta olup Konya, Isparta, Niğde, Aksaray, Nevşehir ve Karaman illerinin topraklarını bulundurmaktadır. Antalya ve Mersin illerinin ise yerleşim olmayan az bir kısmı havza alanında bulunmaktadır (Anonim, 2017; Anonim, 2019). Havzada yükseklik 891-3417 m arasındadır. Havzada Beyşehir ve Tuz Gölü gibi Türkiye'nin önemli gölleri yer almaktadır.



Şekil 3. 1 Kullanılan meteoroloji istasyonları ve gözlem kuyularının KKH'daki konumu

Havzada yer alan akarsuların büyük bir kısmı havzadaki kaynak veya göllerden çıkmaktadır. Havzada yağışların düzensiz olmasından kaynaklı akarsu rejimleri düzensizdir. KKH akarsuları çoğunlukla akış uzunlukları kısa, mevsimlik ve sel karakterlidir. Havzada bulunan akarsular havzanın su ihtiyacını karşılamayacak durumda olmakla birlikte yaz aylarının kurak geçmesiyle pek çok akarsu kurumakta veya debilerinde azalma görülmektedir. Çarşamba Çayı, İvriz Çayı, Deliçay, Melendiz Çayı, Ulurmak ve Peçenek Deresi havzanın önemli akarsularındandır. KKH kapalı havza olması sebebiyle yükseltilerden doğan akarsular; Tuz Gölü, Beyşehir Gölü, Çavuşçu Gölü, Akgöl gibi göl alanlarında ve Hotamış Bataklık alanında son bulmaktadır (Anonim, 2017; Taş ve ark, 2020).

Havza alanı büyük olmasından kaynaklı iklim tipleri çeşitli olup güneyde Akdeniz iklimi, kuzeyde karasal iklim etkili olmaktadır. İç Anadolu Bölgesi'nin en kurak bölgesi olan Karapınar ve çevresinde ise çöl iklimi hüküm sürmektedir (Anonim, 2017). Köppen iklim sınıflandırmasına göre havzada üç iklim sınıfı mevcuttur. Birincisi Csa iklim tipi olup kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi); ikincisi Csb iklim tipi (kışı ılık, yazı ılık ve kurak iklim); üçüncüsü ise BSk iklim tipidir (Yarı Kurak Step İklimi). Havza genelinde BSk iklim tipi hüküm sürmektedir (Bölük, 2016).

Yağışlar, kışın kar ve ilkbahar aylarında yağmur şeklinde görülmektedir. İlkbahar aylarında kar erimelerinden dolayı taşkınlar yaşanabilmektedir. Havzadaki yağışlar genellikle yükselim (konveksiyonel) yağışları şeklinde meydana gelmektedir. KKH Türkiye'nin en az yağış alan havzasıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 300-350 mm civarındadır. En az yağışı havzanın orta kesimleri alırken en fazla yağışı havzanın batı kesimi almaktadır. Havzada yıllık ortalama sıcaklık 11.1°C, -0.3°C ile en soğuk ay Ocak ve 23.4°C ile en sıcak ay Temmuz ayı olmaktadır. KKH'nın genel bitki örtüsü bozkır olmakla birlikte Akdeniz Bölgesi'ne sınır bölgelerde antropojen bozkırları barındırdığı görülmektedir (Anonim, 2017). KKH konumu itibariyle birden fazla havzaya sınırı olması sebebiyle hem karasal iklime hem de Akdeniz iklimine özgü bitki örtüsünü barındırmaktadır. Havzanın yüksek kesimlerinde iğne yapraklı, düşük kesimlerinde geniş yapraklı ormanlar bulunmaktadır. Bunun yanında tek yıllık bitkiler ve tarıma elverişli alanlar da mevcuttur. Bölgenin iklim şartları dikkate alındığında tarım faaliyetleri ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artış göstermektedir (Köyceğiz, 2018).

KKH Türkiye'nin en az yağış alan havzası olmakla birlikte Türkiye'nin su varlığının sadece %4'üne sahiptir. Buna rağmen havzadaki tarım alanları Türkiye toplamının %12'sini, havzadaki sulanan alanlar ise Türkiye toplamının %17'sini oluşturmaktadır (Anonim, 2014). Corine verilerine göre, havza topraklarının %56'sı tarım alanı, %37'si orman ve yarı doğal alanlar, %4 ile su yüzeyleri ve %1 ile ıslak alanlar, %2'si ise yapay alanlardır. Havzanın tarım arazilerinin %33'ünde sulu tarım, %64'ünde kuru tarım ve %3'lük kısmında ise bağcılık-meyvecilik yapılmaktadır (Anonim, 2020). Havzada kullanılan suyun yaklaşık %90'ı tarımsal amaçla kullanılmaktadır. Bu ihtiyaç dikkate alındığında toplam su potansiyeli yeterli gelmemekte ve ciddi miktarlarda açık vermektedir. Bu açık büyük oranda yeraltı suyu rezervlerinden karşılanmakta, bu nedenle yeraltı su seviyesi (YASS) düşmektedir (Anonim, 2017). Havzanın yerüstü su potansiyelinin önemli bir kısmını ise Beyşehir Alt Havzası sağlamaktadır (Anonim, 2019).

KKH tarımsal üretim açısından Türkiye'nin en önemli bölgeleri arasında yer almaktadır. Havza tahıl, bakliyat ve şekerpancarı üretiminde önemli bir paya sahip olmakla birlikte Türkiye'nin tuz üretiminin %64'ünü Tuz Gölü yataklarından sağlamaktadır. Tahıl ambarı olarak anılan KKH'da buğday, arpa, çavdar, yulaf, mercimek, fasulye, nohut, bakla, mısır, ayçiçeği, şekerpancarı, patates, keten, kenevir ve yonca üretimi yapılmaktadır. Sebze ve meyveler de yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu üretimler arasında su ihtiyacı fazla olan mısır, ayçiçeği gibi ürünlerin fazlaca yetiştirilmesiyle yeraltı su kaynaklarının aşırı kullanımı yeraltı suyu statik seviyesinde düşümlere neden olmaktadır. Tarımsal ve ekonomik açıdan önemli bir üretim bölgesi olan KKH, biyolojik çeşitlilik açısından dünyanın en önemli 200 ekolojik bölgesinden biridir. KKH flora-fauna çeşitliliği dikkate alındığında 6 önemli bitki alanı ile 15 önemli kuş alanını barındırmaktadır.

Son yıllarda iklimde meydana gelen değişikliğin etkisiyle karasal iklime sahip havza genelinde buharlaşma miktarında artış meydana gelmektedir. Buharlaşmanın yanı sıra yağışların azalması ve bilinçsiz tarım uygulamalarının artması (vahşi sulama, ruhsatsız su kuyuları ile sulama, suni gübre ve ilaç kullanma) nedeniyle doğal su kaynaklarının kaybedilmesi, yeraltı su seviyesinde azalma, ekosistem tahribatı, doğal alan ve habitat kaybı, toprakta bozulma (tuzlanma ve çoraklaşma) gibi sorunları

beraberinde getirmektedir. Havzada yaşanan bu gibi pek çok sorun, hidrolojik analiz ve modelleme çalışmalarını gerekli kılmaktadır.

KKH'da hidrolojik verilerin alansal dağılımlarının haritalandırılması ve enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması amacıyla fiziksel, meteorolojik ve hidrolojik verilerin temin edilmesi gerekmektedir. Çalışmada kullanılan verilerin türleri, temin edilen kurumlar ve uluslararası veri setleri Çizelge 3. 1'de verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Çalışma kapsamında kullanılan verilerin temin edildiği kurumlar ve uluslararası veri setleri

Veri Tipi	Veriler	Temin Edilen Kurumlar ve Veri Setleri
Fiziksel	Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)
Meteorolojik	Yağış, Sıcaklık	Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)
Hidrolojik	Yer Altı Suyu	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)

3.1.1. Sayısal yükseklik modeli (DEM)

SRTM verileri, radar görüntülerinden elde edilen yeryüzü topoğrafik haritaların elde edilmesi için geliştirilmiş bir yükseklik modelidir. SRTM; NASA, Alman ve İtalyan uzay ajanslarının yer aldığı uluslararası proje kapsamında, Endeavour uzay mekiğine monte edilen radar sistemi, 2000 yılı Şubat ayında yeryüzü kara parçalarının 56° güney ve 60° kuzey enlemleri arasında kalan kısmında veri toplamıştır (Anonim, 2018). SRTM DEM küresel ölçekte 3"×3" (SRTM3) çözünürlükte 1/25000 ölçekte internet üzerinden ücretsiz olarak elde edilebilmektedir.

Çalışma alanı için 30 metre çözünürlüklü SRTM yükseklik verileri indirilerek bu veriler ile bölgenin fiziksel durumu hakkında bilgi elde edilerek analizler yapılabilmektedir. Yeryüzü topoğrafik yapısının bilinmesini sağlayan bu veriler kullanılarak KKH'nın konumunu gösteren bir harita elde edilmiştir (Şekil 3. 1).

3.1.2. Meteorolojik ve hidrolojik veriler

Bu çalışmada kullanılan meteorolojik veriler MGM'den temin edilmiştir. Bu veriler, havza sınırları içerisinde bulunan gözlem istasyonlarında ölçülen yağış ve sıcaklık verileridir. Meteorolojik verilerin alansal dağılımında uzun periyot (1971-2019) ve kısa periyot (2014-2019) olmak üzere iki ayrı zaman periyodu belirlenmiştir. Çalışmada, uzun periyoda sahip 1971-2019 yılları arasında 11 meteoroloji istasyonu, kısa periyoda sahip 2014-2019 yılları arasında ise 34 meteoroloji gözlem istasyonunun

verisi kullanılmıştır. Çizelge 3. 2'de çalışmada kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarına ait bilgiler verilmiştir.

Çizelge 3. 2. KKH meteoroloji gözlem istasyonları

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem	Boylam
S1	Aksaray ^{xx}	17192	38°22'13.80"K	33°59'55.32"D
S2	Niğde ^{xx}	17250	37°57'30.60"K	34°40'46.20"D
S3	Çumra ^{xx}	17900	37°33'56.88"K	32°47'24.00"D
S4	Beyşehir ^{xx}	17242	37°40'39.72"K	31°44'46.68"D
S5	Kulu ^{xx}	17754	39° 4'43.68"K	33° 3'56.52"D
S6	Konya Havalimanı ^{xx}	17244	37°59'1.32"K	32°34'26.40"D
S7	Ereğli ^{xx}	17248	37°31'31.80"K	34° 2'54.60"D
S8	Karaman ^{xx}	17246	37°11'35.5"K	33°13'12.7"D
S9	Seydişehir/Alacabel ^x	18212	37°14'03.1"K	31°55'00.8"D
S10	Akören ^x	18487	37°27'06.1"K	32°22'49.1"D
S11	Ahırlı ^x	18486	37°14'25.1"K	32°06'52.9"D
S12	Güneysınır ^x	18495	37°16'04.8"K	32°43'14.9"D
S13	Altınekin ^x	18488	38°17'56.0"K	32°52'45.1"D
S14	Hüyük ^x	18497	37°57'55.1"K	31°35'47.0"D
S15	Yalhhüyük ^x	18500	37°17'31.9"K	32°06'43.9"D
S16	Derebucak ^x	18492	37°23'30.8"K	31°30'51.8"D
S17	Emirgazi ^x	18494	37°53'33.0"K	33°50'28.0"D
S18	Bozkır/Sorkun ^x	18591	37°09'06.1"K	32°05'35.2"D
S19	Derbent ^x	18491	38°00'59.0"K	32°01'01.9"D
S20	Güzelyurt ^x	18116	38°16'14.9"K	34°22'19.9"D
S21	Eskil ^x	18481	38°18'31.0"K	33°21'33.1"D
S22	Altunhisar ^x	18501	38°00'05.4"K	34°21'31.7"D
S23	Çiftlik ^x	18503	38°08'35.2"K	34°27'42.8"D
S24	Ayrancı ^x	18211	37°20'13.9"K	33°43'16.0"D
S25	Seydişehir ^{yy}	17898	37°25'36.12"K	31°50'56.40"D
S26	Cihanbeyli ^{yy}	17191	38°39'2.08"K	32°55'18.70"D
S27	Karapınar ^{yy}	17902	37°42'58.72"K	33°31'33.60"D
S28	Karatay TAGEM ^y	18213	37°51'38.2"K	32°35'02.0"D
S29	Bozkır ^y	18489	37°10'59.9"K	32°14'46.0"D
S30	Halkapınar/İvriz ^y	18496	37°26'29.0"K	34°09'06.8"D
S31	Sultanhanı ^y	18117	38°11'58.9"K	33°31'00.8"D
S32	Gülağaç ^y	18482	38°24'32.0"K	34°20'37.0"D
S33	Bor ^y	18502	37°55'17.0"K	34°33'10.1"D
S34	Kazımkarabekir ^y	18484	37°13'07.0"K	32°57'23.0"D

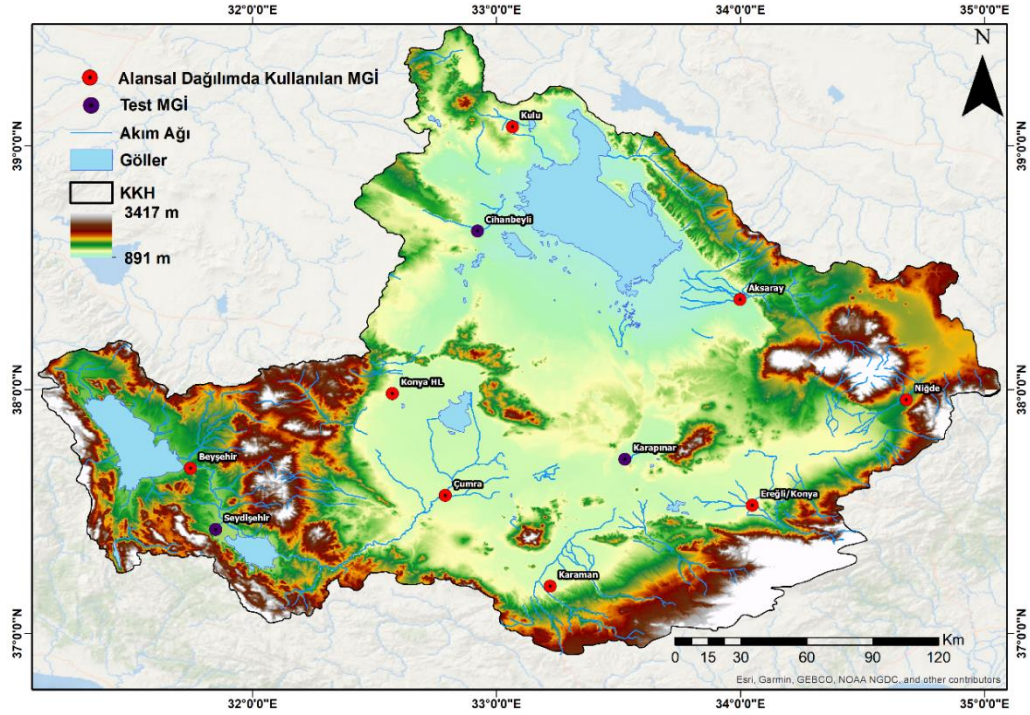
^{xx} : Uzun periyotta (1971-2019) alansal dağılımda kullanılan meteoroloji istasyonları

^{yy} : Uzun periyotta (1971-2019) kullanılan test istasyonları

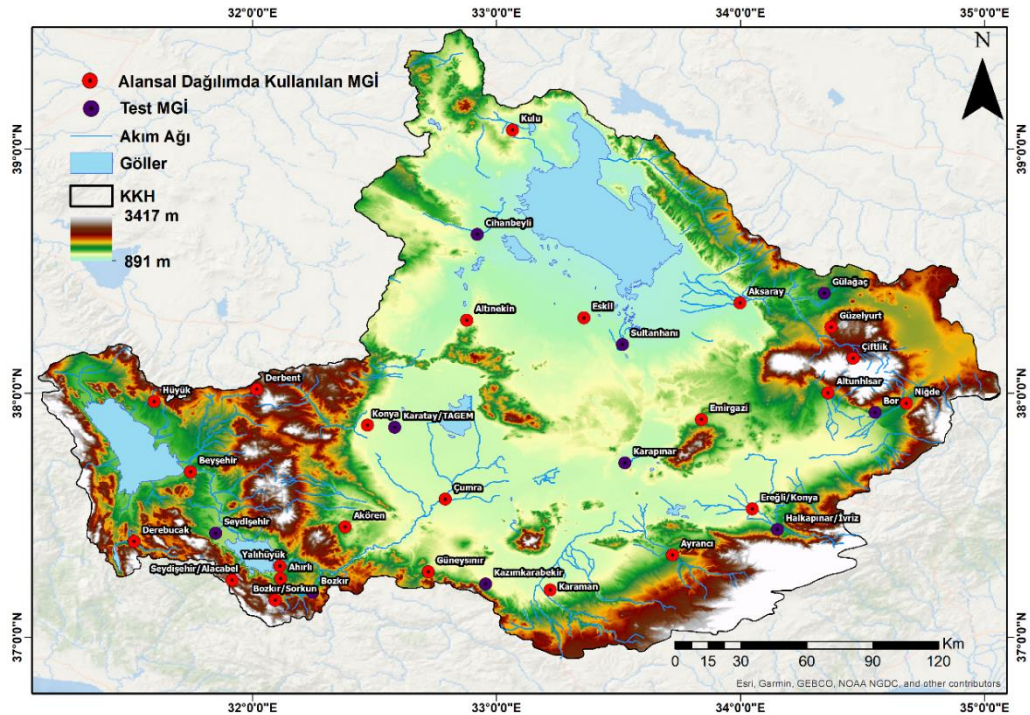
^{x ve xx} : Kısa periyotta (2014-2019) alansal dağılımda kullanılan meteoroloji istasyonları

^{y ve yy} : Kısa periyotta (2014-2019) kullanılan test istasyonları

Aylık toplam yağış ve PET verilerine uygulanan enterpolasyon yöntemleri uzun periyotta 3 istasyon kısa periyotta ise 10 istasyon ile test edilerek yöntemler karşılaştırılmıştır. Şekil 3.2’de uzun ve kısa periyotta alansal dağılımda kullanılan ve test amacıyla kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının konumları gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.2. a) Uzun periyotta (1971-2019), b) Kısa periyotta (2014-2019) alansal dağılımda kullanılan ve test amacıyla kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının KKH'daki konumu

Uzun periyot (1971-2019) için 17192 (Aksaray), 17250 (Niğde), 17900 (Çumra), 17242 (Beyşehir), 17754 (Kulu), 17244 (Konya), 17248 (Ereğli) ve 17246 (Karaman) nolu istasyonlar alansal dağılımda; 17898 (Seydişehir), 17191 (Cihanbeyli) ve 17902 (Karapınar) nolu istasyonlar ise test aşamasında kullanılmıştır (Şekil 3.2a). Kısa periyot (2014-2019) için ise 17898 (Seydişehir), 17191 (Cihanbeyli), 17902 (Karapınar), 18213 (Karatay-Tagem), 18489 (Bozkır), 18496 (Halkapınar/İvriz), 18117 (Sultanhanı), 18482 (Gülağaç), 18502 (Bor) ve 18484 (Kazımkarabekir) nolu 10 istasyon verisi test aşamasında kullanılırken Çizelge 3. 2’de bu istasyonlar dışında kalan 24 istasyon verisi ile alansal dağılım gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2b).

Enterpolasyon yöntemlerinde yağış verileri ham veri olarak kullanılırken, sıcaklık verileriyle PET hesabı yapılmıştır. PET hesabı için Oudin yöntemi kullanılmıştır (Oudin ve ark., 2005). Bu yöntemde kullanılmak üzere günlük sıcaklık verisi ve istasyon konumuna ait enlem değerleri temin edilmiştir.

Çalışma alanında, DSİ verilerine göre yaklaşık 27500 ruhsatlı kuyu bulunmaktadır. Ancak tespit edilebilen ve edilemeyen binlerce kaçak yeraltı suyu kuyusu da olduğu bilinmektedir. Çalışma kapsamında kullanılmak üzere DSİ Konya Bölge Müdürlüğü’nden alınan kuyulara ait yer altı su seviyesi verileri incelendiğinde bazı gözlem kuyularının su seviyesi ölçümlerinde çok sayıda eksik olduğu ve bazı kuyularında çalışma kapsamında kullanılmak üzere yeterli sayıda veriye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak çalışma alanı içerisinde 2002-2019 ölçüm periyodunda, eksik verisi olmayan veya az sayıda eksik verisi olan 39 adet yeraltı suyu kuyusu çalışma kapsamında kullanılmak üzere belirlenmiştir. 39 adet yeraltı su kuyusundan 30 yeraltı su kuyusuna ait 2002-2019 periyodundaki 18 yıllık aylık su seviyesindeki değişim miktarları kullanılarak enterpolasyon metotları uygulanmış ve alansal tahminler gerçekleştirilmiştir. Kuyu verilerine ait kullanılan değerler fiziksel yeryüzünden yeraltı suyunun yüzey seviyesi arasındaki mesafedir. Uygulanan enterpolasyon yöntemleri 9 adet kuyu ile test edilerek yöntemler karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3. 3’de tez çalışmasında kullanılan tüm gözlem kuyularına ait bilgiler verilmiştir.

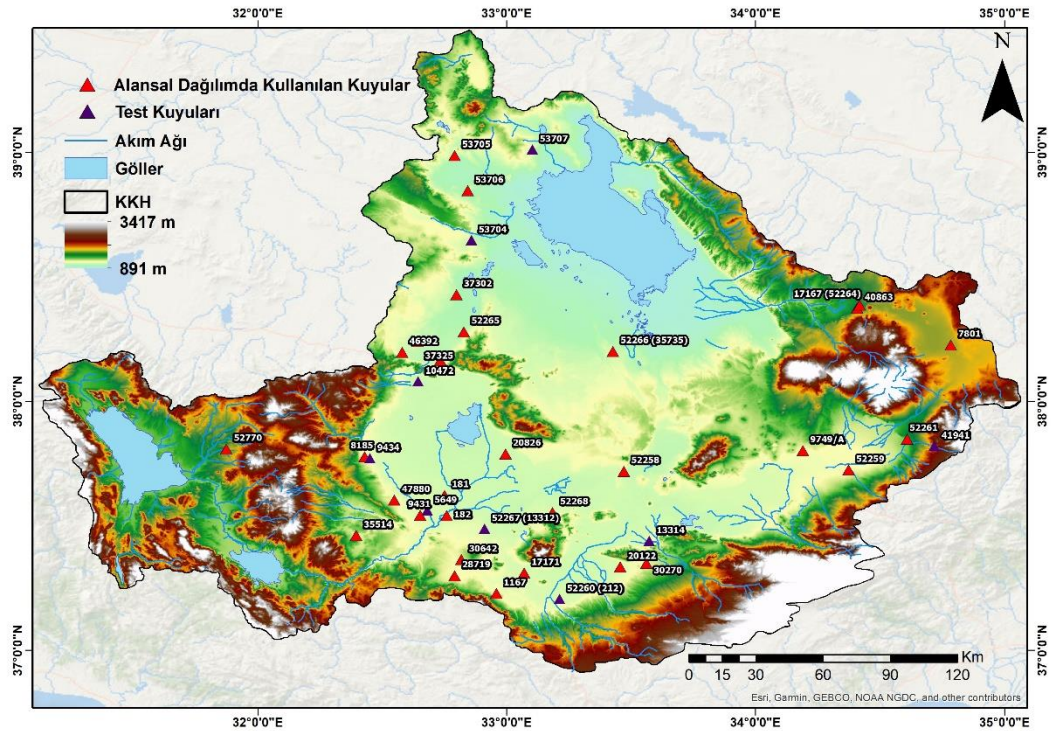
Çizelge 3. 3. Çalışmada kullanılan gözlem kuyuları

Kuyu No	Gözlem Periyodu	Kuyu Derinliği	İlçe	Alt Havza Adı
37302 ^x	1996-2020	129 m	Altınekin	Altınekin
37325 ^x	1996-2020	215 m	Selçuklu	Altınekin
46392 ^x	1996-2020	135 m	Selçuklu	Altınekin
62564 (221) ^x	1967-2020	83 m	Selçuklu	Altınekin
52265 ^x	2000-2020	100 m	Altınekin	Altınekin
181 ^x	1967-2020	250 m	Çumra	Konya-Çumra-Karapınar
52258 ^x	1969-2020	173 m	Karapınar	Konya-Çumra-Karapınar
20826 ^x	1996-2020	300 m	Karatay	Konya-Çumra-Karapınar
35514 ^x	1996-2020	125 m	Akören	Konya-Çumra-Karapınar
9431 ^x	1974-2020	81 m	Çumra	Konya-Çumra-Karapınar
182 ^x	1977-2020	138 m	Çumra	Konya-Çumra-Karapınar
52268 ^x	1974-2020	125 m	Çumra	Konya-Çumra-Karapınar
47880 ^x	1996-2019	102 m	Çumra	Konya-Çumra-Karapınar
8185 ^x	1995-2019	145 m	Meram	Konya-Çumra-Karapınar
53705 ^x	2000-2020	76 m	Cihanbeyli	Cihanbeyli-Yeniceoba-Kulu
53706 ^x	2000-2020	100 m	Cihanbeyli	Cihanbeyli-Yeniceoba-Kulu
40863 ^x	1993-2020	141 m	Sofular	Sultanhanı-Obruk
52266(35735) ^x	1996-2020	104 m	Eşmekaya	Sultanhanı-Obruk
52259 ^x	1996-2020	100 m	Ereğli	Ereğli-Bor
9749/A ^x	1996-2020	150 m	Ereğli	Ereğli-Bor
52261 ^x	1996-2019	86 m	Bor	Ereğli-Bor
30642 ^x	1996-2020	145 m	Güneysınır	Karaman-Ayrancı
28719 ^x	1996-2020	148 m	Güneysınır	Karaman-Ayrancı
17167(52264) ^x	1996-2020	-	Gülağaç	Sultanhanı-Obruk
1167 ^x	1977-2020	106 m	Karaman	Karaman-Ayrancı
30270 ^x	1996-2020	128 m	Karaman	Karaman-Ayrancı
17171 ^x	1975-2020	159 m	Karaman	Karaman-Ayrancı
20122 ^x	1996-2019	173 m	Karaman	Karaman-Ayrancı
52770 ^x	2002-2019	140 m	Beyşehir	Beyşehir
7801 ^x	2001-2020	183 m	Niğde (Merkez)	Misli ovası
41941 ^y	1993-2020	142 m	Bor	Ereğli-Bor
52260(212) ^y	1967-2020	110 m	Karaman	Karaman-Ayrancı
13314- 62887 ^y	1972-2020	119 m	Karaman	Karaman-Ayrancı
52267(13312) ^y	1971-2020	76 m	Çumra	Konya-Çumra-Karapınar
5649 ^y	1967-2019	139 m	Çumra	Konya-Çumra-Karapınar
9434 ^y	1969-2016	175 m	Meram	Konya-Çumra-Karapınar
10472 ^y	1975-2017	185 m	Selçuklu	Konya-Çumra-Karapınar
53704 ^y	2000-2020	100 m	Cihanbeyli	Cihanbeyli-Yeniceoba-Kulu
53707 ^y	2001-2020	150 m	Kulu	Cihanbeyli-Yeniceoba-Kulu

^x : Alansal dağılımda kullanılan kuyular

^y : Kullanılan test kuyuları

Test için kullanılan gözlem kuyuları 41941, 52260(212), 13314-62887, 52267(13312), 5649, 9434, 10472, 53704 ve 53707 nolu gözlem kuyuları olmakla birlikte, diğer kuyular alansal dağılım için kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 2002-2019 periyodunda verileri kullanılan kuyularının KKH'daki konumu

Araştırmada kullanılan veri setinin istatistiksel dağılımı, aykırı değerleri ve basıklık durumu vb. bilgiler jeostatistiksel analizlerde daha etkili sonuçlar elde edilebilmesi açısından oldukça önemlidir (Hüsrevoğlu, 2018). Yağışın alansal dağılımı için kullanılan istasyonların yağış miktarlarına ait minimum, maksimum, ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı ve basıklık değerleri gibi istatistiksel bilgileri 1971-2019 periyodu için Çizelge 3. 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. 4. 1971-2019 periyodu için yıllık toplam yağış istatistikleri

İstasyon Adı	İstasyon No	Ort (mm)	Mak. (mm)	Min. (mm)	Standart Sapma (mm)	Çarpıklık	Basıklık
Aksaray	17192	346.77	506.20	228.80	70.51	0.30	-0.53
Beyşehir	17242	490.45	656.90	317.10	90.12	-0.45	-0.72
Çumra	17900	322.19	502.10	176.50	70.31	0.16	-0.43
Ereğli	17248	304.64	438.50	140.00	57.69	-0.17	0.51
Kulu	17754	376.29	547.80	218.70	71.65	-0.04	-0.01
Niğde	17250	336.87	484.00	192.90	70.22	0.02	-0.24
Karaman	17246	333.97	513.40	212.60	70.66	0.41	-0.15
Konya	17244	326.53	523.90	176.10	73.80	0.14	0.18
Seydişehir	17898	752.65	1202.00	474.90	154.61	0.46	0.46
Cihanbeyli	17191	323.57	499.80	184.60	70.86	0.11	-0.40
Karapınar	17902	291.05	412.90	171.60	57.72	0.22	-0.43

Çizelge 3. 4 incelendiğinde 1971-2019 periyodu için havzadaki ortalama yıllık toplam yağış yüksekliğinin 291.05 mm (Karapınar) ile 752.65 mm (Seydişehir) arasında değiştiği görülmektedir. Seydişehir istasyonu dışındaki istasyonlarda yıllık toplam yağış ortalaması 500 mm'nin altında olup 490.45 mm yıllık yağış ortalaması ile Beyşehir istasyonu havzanın en fazla yağış alan ikinci istasyonudur. Yıllık toplam yağışların 1971-2019 periyodundaki maksimum (minimum) değerleri 422.80 mm ile 1202 mm (140 mm ile 474.90 mm) değerleri arasında değişmektedir. Havzada en fazla yağış alan Seydişehir istasyonuna ait istatistiki bilgilere bakıldığında minimum değer 474.90 mm, maksimum değer 1202 mm ve standart sapma değerinin 154.61 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca Seydişehir istasyonunun çarpıklık ve basıklık değeri ise 0.46'dır. Havzada en az yağış alan Karapınar istasyonuna ait istatistiki bilgilere bakıldığında ise minimum değer 171.6 mm, maksimum değer 412.90 mm olduğu görülmektedir. Ayrıca bu istasyonun standart sapma değeri 57.72 mm, çarpıklık değeri 0.22, basıklık değeri ise -0.43'dür. Çarpıklık ve basıklık, veri setinin dağılımının en önemli göstergeleridir. Çarpıklık katsayısı değerinin sıfır olması veri dağılımlarının simetrik olduğunu ve çarpıklık olmadığını göstermektedir. Niğde ve Kulu'nun en az çarpıklığa sahip istasyonlar olduğu görülmektedir. Beyşehir, Ereğli ve Kulu istasyonlarının çarpıklık değerleri negatif olup sola çarpık, diğer istasyonların çarpıklık değerleri pozitif olup sağa çarpık bir dağılıma sahiptir. Çarpıklığın ± 1 arasında olması dağılımın normal dağılımdan önemli ölçüde sapmadığı şeklinde yorumlanır (Bono ve ark. 2019; Aawar ve ark. 2019). Bu açıklama doğrultusunda Çizelge 3.4'de görüldüğü gibi tüm istasyonlar için çarpıklık değerleri ± 1 arasında olup bu istasyonlara ait yağış değerlerinin normal dağılıma sahip olduğunu söylemek mümkündür. Normal dağılımlı bir veri setinde basıklık (kurtosis) değeri sıfır olmaktadır. Basıklık katsayısı değeri sıfırdan küçük ise platykurtik (daha az kuyruklu ve aykırı değerler nadirdir) dağılım, basıklık katsayısı değeri sıfırdan büyük ise leptokurtik (yoğun kuyruklu ve aykırı değer fazla) dağılım söz konusudur. Ereğli, Konya ve Seydişehir istasyonlarına ait basıklık değerleri pozitif olup bu istasyonların yağış değerleri incelenen periyot için leptokurtik dağılıma sahiptir, yani normal dağılıma göre daha sivri bir dağılımı işaret etmektedirler. Diğer istasyonların basıklık değeri ise negatif olup yağış değerleri bu istasyonlarda incelenen periyot için platykurtik dağılıma sahiptirler, yani normal dağılıma göre daha basık bir dağılımı işaret etmektedirler. -0.01 basıklık değeri ile sıfıra en yakın değer olarak normal dağılıma en çok yaklaşan istasyon Kulu istasyonudur. Diğer istasyonlarda

da basıklık değerleri genel olarak küçük değerlere sahip olup (-1 ve +1 arasında) normal dağılıma yakın bir dağılıma sahip olduklarını söylemek mümkündür.

2014-2019 periyodu için yıllık toplam yağışlara ait istatistiksel karakteristikler Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3. 5. 2014-2019 periyodu için yıllık toplam yağış istatistikleri

İstasyon Adı	İstasyon No	Ort (mm)	Mak. (mm)	Min. (mm)	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
Aksaray	17192	358.72	434.60	298.90	46.89	0.27	-0.76
Beyşehir	17242	526.68	593.40	463.50	47.01	0.08	-2.08
Çumra	17900	355.40	443.60	245.20	68.51	-0.54	-0.99
Ereğli	17248	318.03	353.90	274.80	32.09	-0.47	-2.20
Kulu	17754	386.07	459.20	328.80	48.38	0.20	-1.84
Niğde	17250	350.72	463.80	246.50	71.08	0.18	-0.52
Karaman	17246	393.68	477.60	287.10	64.63	-0.33	-0.64
Konya	17244	371.52	523.90	283.70	75.96	1.38	2.68
Seydişehir Alacabel	18212	1152.35	1475.00	884.10	194.31	0.29	-0.33
Akören	18487	465.48	566.60	376.00	62.54	0.09	-0.34
Ahırlı	18486	543.42	641.00	428.30	90.01	-0.30	-2.55
Güneysinır	18495	503.75	553.40	408.70	60.71	-0.98	-1.65
Hüyük	18497	490.73	571.00	329.90	75.77	-1.88	4.27
Yalhöyük	18500	538.85	645.00	425.40	67.95	-0.17	0.51
Derebucak	18492	854.67	1073.30	593.80	142.38	-0.57	1.94
Emirgazi	18494	325.47	379.40	211.00	55.92	-1.66	2.84
Bozkır/Sorkun	18591	699.52	928.70	331.90	211.91	-1.08	0.60
Derbent	18491	553.82	633.30	474.20	64.39	0.00	-2.93
Altınekin	18488	373.17	442.30	262.00	59.77	-0.96	0.75
Güzelyurt	18116	435.97	487.40	351.20	48.47	-0.88	-0.45
Eskil	18481	287.93	347.70	250.90	38.57	0.88	-1.67
Altınhisar	18501	328.40	390.90	299.70	31.40	1.51	1.97
Çiftlik	18503	557.25	670.80	440.40	69.75	-0.11	1.05
Ayrancı	18211	308.68	374.80	253.00	41.54	0.37	-0.93
Seydişehir	17898	772.23	935.80	696.40	85.60	1.35	0.88
Cihanbeyli	17191	347.83	446.50	270.20	76.25	0.25	-2.72
Karapınar	17902	327.90	391.80	260.20	41.75	-0.02	0.09
Bozkır	18489	553.10	630.00	443.60	68.77	-0.57	-1.42
Kazımkarabekir	18484	446.13	533.40	326.90	64.66	-0.87	1.09
Halkapınar/İvriz	18496	362.52	476.40	293.00	67.08	0.82	-0.82
Karatay(TAGEM)	18213	280.62	409.50	177.10	68.19	0.73	2.54
Sultanhanı	18117	298.72	340.90	255.40	32.47	-0.16	-1.81
Bor	18502	374.17	460.40	272.40	67.04	0.13	-1.00
Gülağaç	18482	337.03	367.20	303.50	21.95	-0.44	-1.11

Çizelge 3. 5 incelendiğinde, havzada 2014-2019 yılları arasında ortalama yıllık toplam yağış yüksekliği 280.62 mm (Karatay-TAGEM) ile 1152.35 mm (Seydişehir-Alacabel) arasında değişmektedir. Seydişehir Alacabel istasyonuna ait istatistiki bilgiler incelendiğinde minimum yıllık toplam yağış değerinin 884.10 mm, maksimum yağış değerinin ise 1475 mm olduğu görülmektedir. Ayrıca istasyonun standart sapma değeri 194.31 mm, çarpıklık değeri 0.29 ve basıklık değeri ise -0.33'dür. Diğer yandan Karatay (TAGEM) istasyonunun minimum yıllık toplam yağış değeri 177.10 mm, maksimum yıllık toplam yağış değeri 409.5 mm, standart sapma değeri 68.19, çarpıklık değeri 0.73 ve basıklık değeri 2.54'tür. Çalışma alanı içerisinde en büyük standart sapma değerine 211.91 mm değeri ile Bozkır/Sorkun istasyonu sahip iken en küçük standart sapma değerine 21.95 değeri ile Gülağaç istasyonu sahiptir. İstasyonlar çarpıklık açısından incelendiğinde, Beyşehir, Akören, Derbent ve Karapınar istasyonları sırasıyla 0.08, 0.09, 0.00 ve -0.02 değerleri ile sıfıra en yakın değer olarak en simetrik yani normal dağılıma en yakın dağılımı göstermektedir. 2014-2019 periyodunda kullanılan 34 meteoroloji istasyonunun 21 tanesinde basıklık değerleri negatif olup yağışlar platykurtik dağılıma, geriye kalan 13 istasyonda ise pozitif basıklık değerleri ile yağış değerleri leptokurtik dağılıma sahiptir. Sıfıra en yakın basıklık değeri ise 0.09 değeri ile Karapınar istasyonuna aittir. Hüyük istasyonu 4.27 değeri ile en yüksek basıklık değerini alarak leptokurtik basıklık göstermektedir. Derbent istasyonu ise -2.93 basıklık değeriyle en basık (platykurtik) dağılıma sahip istasyondur.

PET alansal dağılımı için kullanılan istasyonların PET miktarlarına ait minimum, maksimum, ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı ve basıklık değerlerine ait istatistiki bilgiler 1971-2019 periyodu için Çizelge 3. 6'da verilmiştir.

Çizelge 3. 6 incelendiğinde, havzadaki ortalama yıllık toplam PET miktarı 796 mm ile 864 mm arasında değişmektedir. En yüksek PET miktarı Aksaray ve Karaman istasyonlarına ait iken en düşük PET miktarı ise Kulu istasyonuna aittir. Aksaray istasyonuna ait istatistiki bilgiler incelendiğinde minimum değer 789 mm, maksimum değer 961 mm ve standart sapma değerinin 43 mm olduğu görülmektedir. Ayrıca Aksaray istasyonunun çarpıklık değeri 0.45, basıklık değeri ise -0.50'dir. Karaman istasyonuna ait istatistiki bilgiler incelendiğinde minimum değer 773 mm, maksimum değer 969 mm ve standart sapma değerinin ise 39 mm olduğu görülmüştür. Ayrıca bu istasyonun çarpıklık değeri 0.48, basıklık değeri ise 0.40'dır. Kulu istasyonunda ise

minimum değerin 730 mm, maksimum değerin 900 mm olduğu görülmektedir. Ayrıca istasyonun standart sapma değeri 44 mm, çarpıklık değeri 0.65 ve basıklık değeri ise -0.48'dir. Beyşehir istasyonunun en az çarpıklığa sahip istasyon olduğu görülmektedir. Basıklık katsayısı değeri sifira en yakın değer olarak normal dağılıma en çok yaklaşan istasyon ise Seydişehir istasyonudur. Hem çarpıklık hem de basıklık değerlerine göre de incelenen tüm istasyonların PET değerlerinin normal dağılıma yakın bir dağılıma sahip olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 3. 6. 1971-2019 periyodu için yıllık toplam PET istatistikleri

İstasyon Adı	İstasyon No	Ort (mm)	Mak. (mm)	Min. (mm)	Standart Sapma (mm)	Çarpıklık	Basıklık
Aksaray	17192	864	961	789	43	0.45	-0.50
Beyşehir	17242	803	881	717	31	-0.02	0.76
Çumra	17900	839	939	746	42	0.40	-0.13
Ereğli	17248	852	959	761	47	0.25	-0.43
Kulu	17754	796	900	730	44	0.65	-0.48
Niğde	17250	820	922	735	42	0.36	-0.36
Karaman	17246	864	969	773	39	0.48	0.40
Konya	17244	845	944	751	39	0.26	0.23
Seydişehir	17898	850	934	775	33	0.24	-0.07
Cihanbeyli	17191	831	926	759	42	0.44	-0.57
Karapınar	17902	826	917	742	36	0.45	0.42

2014-2019 periyodu için yıllık PET verilerine ait istatistikler Çizelge 3.7'de verilmiştir. Çizelge 3.7 incelendiğinde, havzada 2014-2019 yılları arasında ortalama yıllık toplam PET miktarı 716 mm ile 927 mm arasında değişmektedir. En yüksek PET miktarı Aksaray istasyonuna ait iken en düşük PET miktarı ise Seydişehir Alacabel istasyonuna aittir. Aksaray istasyonuna ait istatistiki bilgilere bakıldığında minimum değerin 891 mm, maksimum değerin 960 mm olduğu görülür. Ayrıca istasyonun standart sapma değeri 23, çarpıklık değeri -0.10 ve basıklık değeri -0.82'dir. Seydişehir Alacabel istasyonuna ait istatistiki bilgilere bakıldığında minimum değerin 700 mm, maksimum değerin 742 mm olduğu görülür. Ayrıca istasyonun standart sapma değeri 17, çarpıklık değeri 0.56 ve basıklık değeri -2.00'dir.

Çizelge 3. 7. 2014-2019 periyodu için yıllık toplam PET istatistikleri

İstasyon Adı	İstasyon No	Ort (mm)	Mak. (mm)	Min. (mm)	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
Aksaray	17192	927	960	891	23	-0.10	-0.82
Beyşehir	17242	832	864	810	19	0.54	-0.74
Çumra	17900	901	935	879	19	0.83	0.63
Ereğli	17248	915	959	877	27	0.42	-0.20
Kulu	17754	869	900	842	19	0.18	0.02
Niğde	17250	879	913	849	21	0.31	-0.62
Karaman	17246	920	955	890	23	0.17	-1.61
Konya	17244	889	928	857	25	0.14	-1.51
Seydişehir Alacabel	18212	716	742	700	17	0.56	-2.00
Akören	18487	871	906	845	23	0.31	-1.74
Ahırılı	18486	880	916	857	21	0.70	-0.70
Güneysınır	18495	884	915	856	20	0.13	-1.45
Hüyük	18497	835	862	812	17	0.50	-1.17
Yalhöyük	18500	875	909	853	20	0.75	-0.88
Derebucak	18492	830	854	808	18	0.34	-1.78
Emirgazi	18494	873	908	845	21	0.37	-1.10
Bozkır/Sorkun	18591	754	789	722	22	0.31	-0.23
Derbent	18491	766	800	740	19	0.69	0.07
Altınekin	18488	872	910	839	24	0.26	-0.94
Güzelyurt	18116	796	829	764	21	0.11	-0.75
Eskil	18481	862	895	832	25	0.01	-2.47
Altunhisar	18501	910	944	877	21	0.14	0.02
Çiftlik	18503	759	788	732	19	0.14	-0.91
Ayrancı	18211	883	920	851	24	0.16	-1.42
Seydişehir	17898	887	920	867	19	0.74	-0.90
Cihanbeyli	17191	886	926	842	30	0.06	-1.31
Karapınar	17902	874	911	848	24	0.32	-1.78
Bozkır	18489	840	876	812	21	0.44	-0.43
Kazımkarabekir	18484	899	932	871	20	0.35	-0.96
Halkapınar/İvriz	18496	900	935	869	22	0.21	-1.02
Karatay(TAGEM)	18213	863	901	834	24	0.20	-1.38
Sultanhanı	18117	873	915	830	27	-0.19	-0.02
Bor	18502	892	926	859	21	0.22	0.32
Gülağaç	18482	825	863	793	23	0.32	-0.32

Çalışma alanı içerisinde Cihanbeyli istasyonu 30 değeri ile en büyük standart sapma değerine sahip istasyon iken, Hüyük ve Seydişehir-Alacabel istasyonları ise 17 değeri ile en küçük standart sapma değerine sahip istasyonlardır. İstasyonlar çarpıklık açısından incelendiğinde, Eskil istasyonu 0.01 değeri ile sıfıra en yakın değer olarak en simetrik dağılımı yani normal dağılıma en yakın dağılımı göstermektedir. Sıfıra en yakın basıklık değeri -0.02 ile Sultanhanı istasyonu, 0.02 ile Kulu ve Altunhisar istasyonlarıdır. Çumra istasyonu en yüksek basıklık değerini olarak leptokurtik dağılım göstermektedir. Eskil istasyonu -2.47 basıklık katsayısıyla en basık (platykurtik) dağılıma sahip istasyondur.

Çizelge 3.8’de, verileri kullanılan 39 adet kuyunun 2002-2019 (18 yıllık) periyodundaki yıllık ortalama yer altı su seviyesi değişim miktarlarına ait istatistiksel karakteristikler verilmiştir.

Çizelge 3. 8. Kullanılan kuyuların 2002-2019 periyodu YASS değişim miktarlarına ait istatistiksel karakteristikler

Kuyu No	Ort (m)	Min. (m)	Max. (m)	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
37302	26.7	22.4	34.1	3.36	0.96	-0.21
37325	11.9	8.3	15.1	2.41	-0.18	-1.59
46392	26	13.8	33.8	7.6	-0.61	-1.36
62564 (221)	25.7	13.3	42	8.8	0.36	-1.00
52265	23.7	18.4	29.4	3.3	0.20	-1.11
181	15.2	8.1	23.0	4.4	-0.19	-0.96
52258	43.3	30.2	59.8	9.3	0.26	-1.04
20826	33.8	20.6	49.7	8.7	0.16	-0.79
35514	52.7	46.2	61.0	4.4	0.27	-0.85
9431	25.4	16.2	33.5	4.8	-0.29	-0.79
182	15.6	6.8	24.3	5.2	-0.12	-1.18
52268	38.3	28.2	46.2	5.9	-0.37	-1.28
47880	61.9	56.1	64.4	2.7	-1.16	-0.21
8185	67.0	54.2	80.8	8.3	-0.18	-1.00
53705	12.1	10.5	13.8	1.1	-0.13	-1.29
53706	24.2	23.5	25.8	0.6	1.26	0.89
40863	62.4	56.0	67.8	3.4	-0.17	-1.09
52266(35735)	30.5	22.4	41.1	6.3	0.31	-1.44
52259	21.2	12.9	28.5	4.6	-0.21	-0.93
9749/A	15.8	13.1	21.5	2.3	1.33	0.80
52261	2.8	2.1	3.2	0.3	-1.04	1.83
30642	67.5	58.0	76.3	6.2	-0.28	-1.39
28719	77.4	65.5	87.1	6.9	-0.47	-1.05
17167(52264)	13.3	11.3	14.9	1.0	-0.19	-0.60
1167	6.4	4.1	8.2	1.2	-0.82	0.24
30270	82.6	73.4	90.1	5.5	-0.38	-1.08
17171	23.6	13.5	35.6	7.1	0.18	-1.16
20122	39.5	30.1	48.2	5.9	-0.18	-1.28
52770	12.2	9.2	17.1	2.4	0.70	-0.71
7801	24.1	16.5	33.5	5.3	0.31	-0.96
41941	33.1	30.6	42.9	3.3	2.29	5.84
52260(212)	36.1	22.2	48.5	8.8	-0.42	-1.33
13314- 62887	66.8	53.4	84.1	9.7	0.29	-0.98
52267(13312)	36.5	24.9	47.9	6.8	-0.37	-0.78
5649	20.2	12.2	27.6	4.7	-0.18	-1.20
9434	59.9	48.4	71.8	7.0	-0.46	-0.87
10472	11.9	5.0	18.1	3.6	-0.28	-0.62
53704	25.9	23.1	29.0	1.8	-0.26	-0.82
53707	11.5	8.4	14.7	1.8	0.07	-0.90

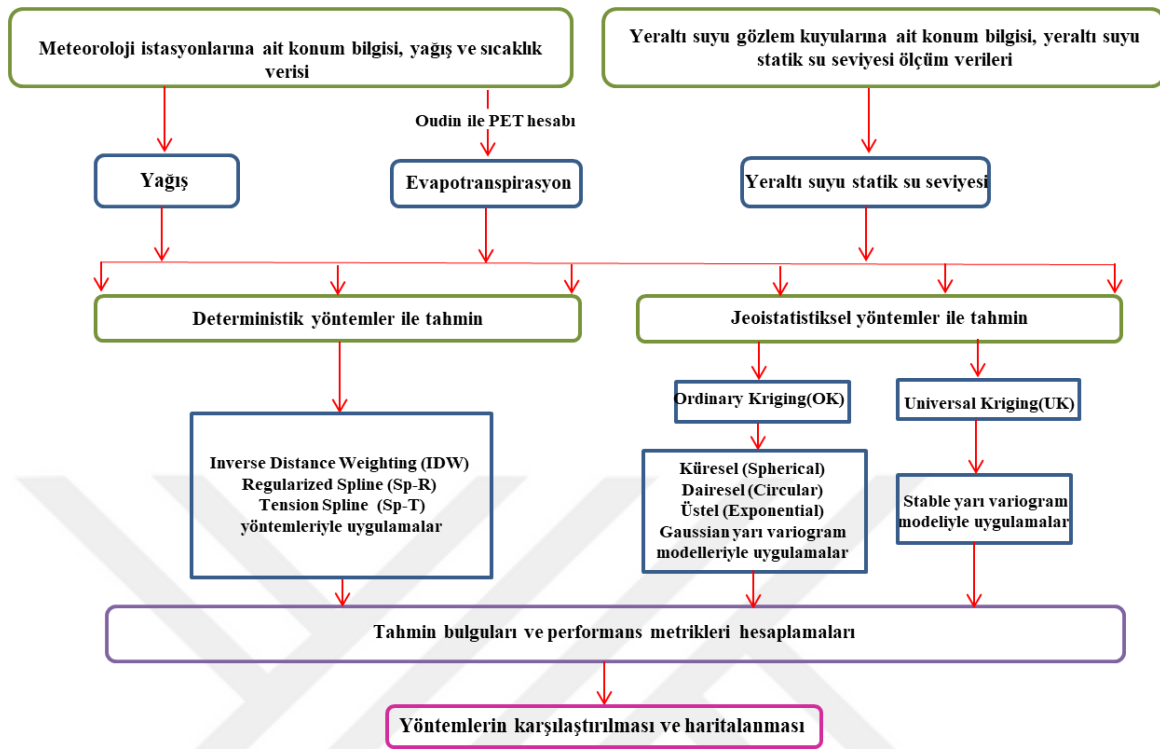
Çizelge 3. 8 incelendiğinde, havzada 2002-2019 periyodundaki yıllık ortalama YASS değişimi ortalamalarının kuyularda 2.8 m (52261 nolu kuyu) ile 82.6 m (30270 nolu kuyu) arasında değiştiği görülmektedir. Yıllık ortalama su seviyesi değişimlerinin

minimum değerleri ise 2.1 m (52261 nolu kuyu) ile 73.4 m (30270 nolu kuyu) arasında değişirken maksimum değerleri 3.2 m (52261 nolu kuyu) ile 90.1 m (30270 nolu kuyu) arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yer altı su seviyesi değişim miktarlarına göre en düşük standart sapma değeri 0.3 m ile 52261 nolu kuyuda, en büyük standart sapma değeri ise 9.7 m değeri ile 13314- 62887 nolu kuyuda elde edilmiştir. Standart sapma değerleri hep 10 m değerinden küçüktür. Çarpıklık değerleri genel olarak -1 ile +1 arasında değişkenlik göstermekte olup bu durum ilgili kuyularda 18 yıllık ortalama su seviyesi değişim miktarlarının normal dağılıma sahip olduğu anlamına gelmektedir. 39 kuyunun yaklaşık %62'sinde çarpıklık değerleri negatif olup yıllık ortalama su seviyesi değişim miktarlarının sola çarpık olduğunu ifade etmektedir. En yüksek negatif çarpıklık değerine sahip kuyu -1.16 değeri ile 47780 nolu kuyu, en yüksek pozitif çarpıklık değerine sahip kuyu ise 2.29 değeri ile 41941 nolu kuyudur. 53707 nolu gözlem kuyusu 0.07 çarpıklık değerleriyle en simetrik dağılımı (normal dağılıma en yakın) göstermektedir. 39 kuyunun 34 tanesinde basıklık değerleri negatif olup platykurtik dağılım, 5 tanesinde ise pozitif olup leptokurtik dağılım söz konusudur. En basık dağılıma sahip olan kuyu -1.59 basıklık değeriyle 37325 nolu kuyu, en sivri dağılıma sahip kuyu ise 5.84 basıklık değeriyle 41941 nolu kuyudur.

3.2. Enterpolasyon Metotları

Her nokta için veri elde etmek her zaman mümkün değildir. En doğru veri, gözlem istasyonlarının ve kuyuların bulunduğu yerde noktasal veri olarak elde edilebilmektedir. Noktasal nitelikteki bu veriler havzayı bazen yeterince temsil edememektedir. Ölçüm verisinin bulunmadığı noktalarda, ölçüm verisi bilinen noktaların değerleri kullanılarak tahminler elde edilebilmektedir. Bu şekilde alansal tahminleri gerçekleştirmek amacıyla pek çok enterpolasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında meteorolojik ve hidrolojik verilerin alansal tahminlerinin gerçekleştirilmesinde ve haritalandırılmasında, ArcGIS 10.7.1 yazılımında Spatial Analyst Tools ve Geostatistical Analyst modülü kullanılarak enterpolasyon yöntemleri uygulanmıştır. Bu modüller üzerinde deterministik yöntemlerden IDW, Sp-R ve Sp-T; jeostatistiksel yöntemlerden OK ve UK ile uygulamalar yapılmıştır. OK yöntemleri için literatürde en sık kullanılan yarı variogram modelleri ile uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Küresel (OK-K), Gaussian (OK-G), Dairesel (OK-D) ve Exponential (OK-E) yarı variogram modeli OK yöntemi uygulanmıştır. UK için Stable

yarı variogram modeli kullanılmıştır. Tez çalışmasında deterministik ve jeostatistik analiz uygulamalarının akış diyagramı Şekil 3. 4 ile verilmiştir.



Şekil 3. 4. Deterministik ve jeostatistik analiz uygulamalarının akış diyagramı

3.2.1. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)

IDW, en sık kullanılan deterministik enterpolasyon tekniğidir. Bilinen örnek nokta verilerini kullanarak örnekleme noktalarının hücre değerlerini belirlemede çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir. IDW yöntemi yalnızca komşu noktalardan tahminler ürettiği için lokal bir ara değer kestirim yöntemidir (Taylan ve Damçayırı, 2016; Zengin Kazancı ve Tanır Kayıkçı, 2015).

IDW enterpolasyon metodu; enterpole edilecek yüzeyde yakındaki noktaların uzaktaki noktalara göre daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça tahmini yapılacak hücre üzerindeki önem ve etki de azalır. Temel olarak Shepard's yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntemin çalışma prensibi mevcut noktasal veri değerlerinin bilinmeyen noktaların tahmininde kullanılıp mesafe değerinin tersi olacak şekilde; noktaya yakın yerlerde fazla, uzak yerlerde az ağırlıkla üssü alınarak kullanılmaktadır (Doğan ve ark., 2013; İlker ve ark, 2019; Taylan

ve Damçayırı, 2016; Zengin Kazancı ve Tanır Kayıkçı, 2015). Denklem 3.1, 3.2 ve 3.3'deki matematiksel fonksiyonlar kullanılmaktadır (Shepard, 1968).

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (3.1)$$

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3.3)$$

Denklemlerde;

p : kuvvet parametresi

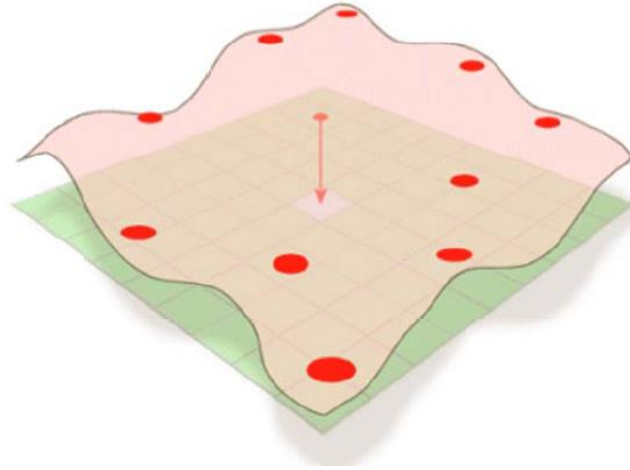
h_i : örneklem noktaları ile enterpole noktalar arasında uzaysal mesafe

w_i : ağırlıkları ifade etmektedir (Doğan ve ark., 2013).

IDW yöntemiyle yapılan tahminlerin Kriging yöntemleriyle yapılanların aksine varyansları bilinemez. Bu yöntem mesafe ile benzerlik arasındaki ters orantı ilişkisine dayanır. Değeri bilinmeyen bir konumun değerini tahmin etmek için o konum etrafındaki örnek verilerin ağırlıklı ortalamalarından faydalanılır. Bu ağırlıklar tahmini yapılan konuma yakın noktalar da yüksek, uzak noktalar da ise daha düşük şekilde dağılır ve toplamları 1'e eşit olur. Ağırlık fonksiyonunda kuvvet parametresi, mesafeye ters orantılı olarak mesafenin üssü şeklinde ifade edilir. Kuvvet parametresinin $p=0$ olması durumunda bir ağırlıklandırma yapılamaz. P değerine 1 ve 1'den büyük değerler verilebilir (Hüsrevoğlu, 2018).

3.2.2. Spline enterpolasyon yöntemi

Spline enterpolasyon yöntemi; değeri bilinen noktalardan (giriş değerleri) minimum eğrilik yüzeyi geçirerek enterpolasyon işlemi gerçekleştirmektedir (Şekil 3.5). Bu yöntem genellikle yükseklik, su derinliği haritası ve hava kirliliği grafiklerinde tercih edilmektedir. Spline enterpolasyon yöntemi, kısa yatay mesafelerde büyük değişimlerin olduğu veriler için uygun değildir (Şen, 2007).



Şekil 3. 5 Spline enterpolasyon yöntemi (Şen, 2007).

Spline, en çok kullanılan enterpolasyon yöntemleri arasında yer alan ve üç boyutlu yüzeylerde iki boyutlu eğrileri temsil eden deterministik bir yöntemdir. Örneklenmiş nokta fonksiyonlarını kullanarak örneklenmeyen noktaların fonksiyonlarını elde etmede kullanılan uygun bir enterpolasyon yöntemidir. Regularized Spline (Sp-R) ve Tension Spline (Sp-T) olmak üzere iki tip olarak sınıflandırılabilir. Spline yöntemi diğer enterpolasyon yöntemlerinin aksine yalnızca birkaç örnek noktasına dayalı olarak oldukça doğru ve görsel olarak düzgün yüzeyler oluşturabilmektedir. Ancak elde edilen yüzeyin giriş veri setinden farklı minimum ve maksimum değerlere sahip olması ile aykırı değerler ortaya çıkabilmektedir. Sp-T yöntemi Sp-R yöntemine kıyasla, örnek veri aralığı tarafından sınırlandırılan daha kapalı ve düzgün bir veri seti oluşturur (Tait ve ark., 2006; Kamaruddin ve ark, 2020; Wu ve Hung, 2016). Denklem 3.4’de spline yöntemi için genel bir matematiksel fonksiyonu kullanılmaktadır. Denklem 3.5 ve Denklem 3.6 Sp-T, Denklem 3.7 ve Denklem 3.8 ise Sp-R metodlarına ait matematiksel fonksiyonları ifade etmektedir (Wu ve Hung, 2016).

Spline Denklemi:

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j) \quad (3.4)$$

J:1, 2, ... N

N: Nokta sayısı

λ_j : Lineer denklemler sisteminin çözümüyle bulunan katsayılar

r_j : (x, y) noktasından j. noktaya olan uzaklık

Sp-T Metodu:

$$T(x, y) = a_1 \quad (3.5)$$

a_1 : Lineer denklemler sisteminin çözümüyle bulunan katsayılar

$$R(r) = \frac{1}{2\pi\varphi^2} \left[\ln\left(\frac{r\varphi}{2}\right) + c + K(r\varphi) \right] \quad (3.6)$$

φ^2 : Ağırlık parametresi

K : Modifiye Bessel Fonksiyonu

C : 0.0577215

Sp-R Metodu:

$$T(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y \quad (3.7)$$

a_1 : Lineer denklemler sisteminin çözümüyle bulunan katsayılar

$$R(r) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{r^2}{4} \left[\ln\left(\frac{r}{2\pi}\right) + c - 1 \right] + \tau^2 \left[K\left(\frac{r}{\tau}\right) + c + \ln\left(\frac{r}{2\pi}\right) \right] \right\} \quad (3.8)$$

r : Nokta ve örneklem arasındaki mesafe

τ^2 : Ağırlık parametresi

K : Modifiye Bessel Fonksiyonu

3.2.3. Kriging enterpolasyon yöntemi

Kriging yöntemi adını, ilk kez bu tekniği geliştiren D.G. Krige isimli Güney Afrikalı bir maden mühendisinden almaktadır. Kriging, konumsal tahmin için geliştirilen jeostatistiksel bir kestirim yöntemidir (Köroğlu, 2006). Bu metod, matematiksel jeodezide kollokasyon olarak bilinen en iyi lineer yansız tahminci ya da hesaplayıcı olarak tanımlanır (Boogaart ve Schaeben, 2002). Kriging yöntemi IDW yöntemindeki gibi sadece ölçüm noktaları ile kestirim noktaları arasındaki mesafeye bağlı değildir. Aynı zamanda ölçüm noktaları arasında tüm konumsal düzene de bağlıdır. Kriging yöntemi verinin mekânsal konumuna göre geliştirilen yarı variogram modeline göre ağırlıkları tespit etmektedir. Kriging jeostatistik de ve birçok alanda popülaritesini kanıtlamış bir enterpolasyon yöntemidir (Şen, 2007).

Başka bir ifade ile Kriging, bilinmeyen bir konumun veri değerlerini tahmin etmek için bilinen konumdaki verilerin ağırlıklarının doğrusal bir kombinasyonu kullanması bakımından IDW'ye benzer stokastik bir yöntemdir. Bu enterpolasyon yönteminde variogram en önemli girdi olmakla birlikte iki nokta arasında konumsal korelasyonun bir ölçüsüdür. Kriging yönteminin önemli bir avantajı, tahmini yüzeye ek olarak tahmin edilen yüzeyin hata veya belirsizliğin bir ölçüsünü de sağlamasıdır. Dezavantajı ise IDW ve Spline yöntemleriyle kıyaslandığında daha fazla hesaplama süresi ve girdi gerektirmesidir (Wu ve Hung, 2016). Diğer konumsal tahmin teknikleri arasında kriging metodolojisinin bazı avantajları da şunlardır (Şen, 2009; Hüsrevoğlu, 2018).

- Yarı variogram modeli hesaplandığında minimum varyanslı tahminler üretilebilir.
- Uygun yarı variogram modeli seçilmiş ve analiz doğru şekilde yapılmış ise yöntem en iyi sonuçları verir.
- Kriging yöntemi bir nokta ya da birden fazla noktanın örneklem dizisi için tahmin yapmanın yanında bölgesel değişkenin ortalama değerini ve tahmin varyansını hesaplar.
- Örnek nokta sayısı, noktaların konumu ve aralarındaki mesafe hesaplamalarda dikkate alınmaktadır.
- Kriging yöntemi yer bilimlerinde diğer istatistiksel yöntemlere kıyasla bölgesel parametrelerin modellenmesinde en iyi lineer yansız tahminci olmayı sağlar.
- Hata varyansını minimize eder.
- Ağırlıklar toplamı 1 olduğundan tarafsız ve lineerdir.
- Bilinmeyen değerleri tahmin etmek için ağırlıklandırılmış ortalama yöntemini kullanır.
- Kriging yöntemi sağlam bir tahminci olduğundan düzensiz dağılmış verilerle yapılacak tahminlerin, grid şeklinde dağılmış düzenli veriler ile yapılan tahminlere göre daha kötü sonuç vermesi beklenmez.
- Kriging metotları verilerin yarı variogram modellerinin hesaplanması, trend varlığının araştırılması ve tahmin için komşu verilerin tanımlanması gibi yoğun ve kapsamlı bir inceleme gerektirir. Fakat son yıllarda yapılan birçok çalışma için kriging yöntemi paket yazılımları kullanılmakta ve bu paket yazılımlar

giderek yaygınlaşmaktadır. Uygun tahmin belirlemek amacıyla deneme yanılma yöntemi izlenebilmektedir.

Deneysel yarı variogram değerlerinin hesaplanmasında yarı variogram değeri belirli bir uzaklık için hesaplanır. Bu uzaklıklar dışında yarı variogram değerleri bilinemez. Bölgesel parametrelerin özelliklerinin bilinmesinde ve ölçüm değerleri belli olmayan noktalarda değerlerin tahmin edilmesinde yarı variogram değerlerinin her nokta için bilinmesi gerekmektedir. Bu ise deneysel yarı variogram değerlerine matematiksel bir fonksiyon uyarlanarak elde edilir. Bu modele teorik yarı variogram modeli veya yarı variogram modeli denilir (Aydın, 2014). Çizelge 3. 9'de yarı variogram modeli matematiksel fonksiyonları verilmiştir.

Çizelge 3. 9. Yarı variogram modelleri

Yarı Variogram Modeli	Matematiksel Fonksiyon
Küresel	$\gamma(h) = C_0 + C \left(\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3} \right), \quad 0 \leq h \leq a$
Gaussian	$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - \exp\left(\frac{-h^2}{a^2}\right) \right), \quad h \geq 0$
Dairesel	$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - \frac{2}{\pi} \cos^{-1}\left(\frac{h}{a}\right) + \sqrt{1 - \frac{h^2}{a^2}} \right), \quad 0 \leq h \leq a$
Üstel	$\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - \exp\left(\frac{-h}{a}\right) \right), \quad h \geq 0$

Denklemlerde;

a : etki mesafesi

C : eşik değeri

C_0 : nugget etkisi olarak ifade edilir.

Stable modeli ise Gaussian ve Üstel yarı variogram modelleri arasında denge kuran bir modeldir. Bu model Gaussian ve Üstel yarı variogram modellerine yaklaşarak sonuçlar üretir (Hüsrevoğlu, 2018).

Kriging tekniğinin genel formülasyonu OK yöntemi olarak bilinir (Journel ve Huijbregts, 1978). OK en yaygın kullanılan kriging türüdür. Kriging yönteminin tahmin işlemi genel olarak, şu şekilde verilmiştir (Webster ve Oliver, 2007).

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(x_i) \quad (3.9)$$

Denklemden;

x_0 : tahmini yapılan nokta

$\hat{Z}(x_0)$: x_0 noktasında rastgele değişkenin tahmin değeri

λ_i : ağırlık değeri

N : nokta sayısı

$z(x_i)$: x_i noktasında rastgele değişkenin değerini ifade etmektedir.

Kriging yönteminde tahmin değerlerinin tarafsız olması Denklem 3.10 ile sağlanmaktadır.

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (3.10)$$

x_0 noktasında rastgele değişkenin tahmin değeri ile rastgele değişken değeri arasında (tahmin hatalarının ortalamasının sıfır olması) $E = [\hat{Z}(x_0) - Z(x_0)] = 0$ koşulu olması gerekir. Tahmin varyansı Denklem 3.11'deki gibidir.

$$\begin{aligned} var[\hat{Z}(x_0)] &= E\{[\hat{Z}(x_0) - Z(x_0)]^2\} \\ &= 2 \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) \end{aligned} \quad (3.11)$$

Tahmin varyansı eşitliğinin ağırlık değerleri toplamının 1 olması koşulu altında minimize edilmesi bir optimizasyon problemi kabul edilir. Bu problem karşısında varyansı minimize etmek için Lagrange çarpanı metodu kullanılır. Lagrange çarpanı (ψ) ile $N+1$ bilinmeyenli $N+1$ denklemden oluşan Kriging denklem sistemi elde edilir.

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) + \psi(x_0) = \gamma(x_i, x_0), \quad j = 1, \dots, N \quad (3.12)$$

Elde edilen ilişkili varyans Denklem 3.13 ile elde edilir.

$$\sigma^2(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \gamma(x_i, x_0) + \psi(x_0) \quad (3.13)$$

Kriging denklemleri matris formunda gösterilebilir.

$$A\lambda = b \quad (3.14)$$

$$A = \begin{bmatrix} \gamma(x_1, x_1) & \gamma(x_1, x_2) & \cdots & \gamma(x_1, x_N) & 1 \\ \gamma(x_1, x_2) & \gamma(x_2, x_2) & \cdots & \gamma(x_2, x_N) & 1 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \gamma(x_N, x_1) & \gamma(x_N, x_2) & \cdots & \gamma(x_N, x_N) & 1 \\ 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_N \\ \psi(x_0) \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad b = \begin{bmatrix} \gamma(x_1, x_0) \\ \gamma(x_2, x_0) \\ \vdots \\ \gamma(x_N, x_0) \\ 1 \end{bmatrix}$$

A matrisinin ters çevrilmesiyle ağırlık ve Lagrange çarpanı Denklem 3.15 ile elde edilir.

$$\lambda = A^{-1}b \quad (3.15)$$

Kriging varyansı ise Denklem 3.16 ile elde edilir (Webster ve Oliver, 2007).

$$\sigma^2(x_0) = b^T \lambda \quad (3.16)$$

Kriging yöntemleriyle yapılan tahminlerde verilerin normal dağılım göstermesi amacıyla genellikle logaritmik dönüşüm uygulamak gerekmektedir. Logaritmik dönüşümü yapılmış verilere uygulanan yöntem Lognormal Kriging denilir. Lognormal Kriging yönteminde deneysel veya teorik yarı variogram kullanılarak tahminler elde edilir. Elde edilen tahminler yansız geri dönüşüm fonksiyonu uygulanarak tarafsız tahmin ve varyans değerleri elde edilir (Aydın, 2014). Eğer logaritmik dönüşüm uygulanıyorsa Lognormal Kriging metodu OK, SK ve UK için uygulanabilir (Johnston ve ark., 2001).

OK yönteminde bölgesel parametrelerin durağan ve ortalamasının sabit olduğu varsayımına göre çözüme gidilmektedir. Bunun yanında bölgesel değişkenlerin durağanlık özelliği taşımadığı ve trend gösterdiği durumlarla da karşılaşılabilir. Verilerin trend varlığının bilinerek trendinde hesaba katılmasıyla Kriging sisteminin çözümlenmesine UK yöntemi denir (Köroğlu, 2006).

3.3. Performans Metrikleri

Enterpolasyon yöntemleri ile gerçekleştirilen tahmin sonuçlarının doğruluğu yöntemin başarısına, seçilen modelin türüne ve çalışma alanının coğrafyasına bağlı

olmak üzere çeşitli sebeplerden etkilenmektedir. En iyi tahmini yapmak ve en uygun tahmin yöntemini tespit ederek uygulama yapmak amacıyla performans metrikleri kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen modellerin performansını değerlendirmede kullanılan metrikler şu şekildedir;

- Determinasyon Katsayısı (R^2)
- Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE)
- Ortalama Mutlak Hata (OMH)
- Karekök Ortalama Karesel Hata (KOKH)

Determinasyon Katsayısı (R^2)

R^2 , gözlem ve model verileri arasındaki doğrusal bağımlı benzerliği ölçmek amacıyla kullanılan bir katsayıdır (Borges ve ark., 2015). R^2 Denklem 3.17 ile elde edilir.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (Z_{g_i} - \bar{Z}_g)(Z_{m_i} - \bar{Z}_m) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (Z_{g_i} - \bar{Z}_g)^2 \sum_{i=1}^n (Z_{m_i} - \bar{Z}_m)^2} \quad (3.17)$$

Z_g gözlem verilerini, Z_m modelin ürettiği verileri ifade etmektedir. Bununla birlikte \bar{Z}_g ve \bar{Z}_m sırasıyla gözlem verilerinin ve model verilerinin ortalamasını ifade etmektedir. R^2 , 1 değerini aldığı anda simülasyon sonucu elde edilmiş verilerin kusursuz bir doğrusal eğri elde ettiği ortaya çıkarmaktadır. R^2 'nin 1'e yakın olması modeli başarılı olarak nitelendirirken 0'a yaklaşması başarının düşük olduğunu belirtmektedir.

Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE)

NSE metriğine ait matematiksel formül (Nash ve Sutcliffe, 1970) Denklem 3.18'de verilmiştir.

$$NSE = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (Z_{g_i} - Z_{m_i})^2 \right]}{\sum_{i=1}^n (Z_{g_i} - \bar{Z}_g)^2} \quad (3.18)$$

Z_g ölçüm verileri, Z_m modelin ürettiği verileri ifade ederken \bar{Z}_g gözlem verilerinin ortalamasını ifade etmektedir. NSE, $-\infty$ ile 1 arasında değişmektedir. NSE=1

olması, yöntemin kusursuz olduğunu kanıtlamaktadır. Moriasi ve ark. (2007) tarafından NSE metriğine göre tanımlanan model performans düzeyleri Çizelge 3. 10'da verilmiştir.

Çizelge 3. 10. Nash-Sutcliffe etkinlik katsayısı (NSE) için belirlenen performans aralıkları

Performans Düzeyi	Çok İyi	İyi	Yeterli	Yetersiz
NSE Değeri	$0.75 < NSE \leq 1$	$0.65 < NSE \leq 0.75$	$0.50 < NSE \leq 0.65$	$NSE \leq 0.5$

Ortalama Mutlak Hata (OMH)

OMH, ölçüm ve tahmin verilerinin mutlak farklarının ortalamasıdır. OMH metriğinin matematiksel hesabı Denklem 3.19'da verilmiştir.

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_m - Z_g| \quad (3.19)$$

Z_g ölçüm verileri, Z_m modelin ürettiği verileri ifade ederken n toplam veri sayısını ifade etmektedir. OMH değerinin sıfıra yaklaşması, yöntemin başarılı olduğunu göstermektedir (Kale, 2018).

Karekök Ortalama Karesel Hata (KOKH)

KOKH, hata boyutunun ölçüsünü belirtir. Aykırı değerlere karşı oldukça duyarlıdır (Hernandez-Stefanoni ve Ponce-Hernandez, 2006). KOKH metriği Denklem 3.20'deki gibi hesaplanır.

$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_m - Z_g)^2} \quad (3.20)$$

Z_g ölçüm verileri, Z_m modelin ürettiği verileri ifade ederken n toplam veri sayısını ifade etmektedir. KOKH metriği ne kadar küçükse yöntemin hata oranı o kadar düşüktür (Kale, 2018). Bu durum modelin doğruluğunun yüksek olduğunu göstermektedir. KOKH değerinin "0" olması enterpolasyon yönteminin hiç hatasız olduğu anlamına gelmektedir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında KKH'nda aylık toplam yağış, aylık toplam potansiyel evapotranspirasyon (PET) ve aylık yer altı su seviyesi değişimi (kuyu su seviyesin yeryüzüne olan mesafesi) verilerinin farklı enterpolasyon teknikleri kullanılarak alansal dağılımları gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerin havza üzerinde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çalışma genel hatları itibariyle üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada iki ayrı zaman periyodundaki (1971-2019 ve 2014-2019) yağış verilerinin, ikinci aşamada yağış verilerinde olduğu gibi yine iki ayrı zaman periyodundaki (1971-2019 ve 2014-2019) PET verilerinin, son aşamada ise 2002-2019 periyodundaki yeraltı su seviyesi (YASS) verilerinin kullanılmasıyla enterpolasyon metotlarının ölçüm olmayan noktalarda veri tahmininde kullanılabilme potansiyeli incelenmiştir. Tüm aşamalarda ve farklı zaman adımlarında 8 farklı enterpolasyon tekniği uygulanmıştır. Yağış ve PET için uzun ve kısa periyotta olmak üzere her periyot için 8 ve toplamda 16 uygulama, yeraltı suyu verileri için ise 8 uygulama yapılmıştır. Bu uygulamaların sonuçları detaylı şekilde bu bölümde anlatılmıştır.

4.1. Yağışın Alansal Enterpolasyon Sonuçları

Yağış verilerinin alansal dağılımının elde edilmesinde uzun ve kısa olmak üzere iki ayrı zaman periyodu belirlenmiştir. Uzun periyotta 1971-2019 yılları arasında 11 istasyona ait aylık yağış verileri (49 yıl x12 ay=588 ay) kullanılmıştır. Kısa periyotta ise 2014-2019 yılları arasında 34 gözlem istasyonu verisi (6 yıl x 12 ay=72 ay) kullanılmıştır. Uygulanan enterpolasyon yöntemleri uzun periyotta 3, kısa periyotta 10 istasyona ait yağış değerleri ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Kısa ve uzun periyotta hem alansal dağılımda hem de test aşamasında kullanılan istasyon bilgileri Çizelge 3.2'de, istasyonların konumları ise Şekil 3.2'de verilmiştir. Uzun periyotta daha az istasyon, kısa periyotta ise daha fazla istasyon kullanılarak uygulanan enterpolasyon metotlarının tahmin başarısı değerlendirilerek, hem gözlem periyodunun uzun veya kısa olmasının hem de istasyon sayısının az veya fazla olmasının kullanılan enterpolasyon tekniklerinin başarısındaki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

4.1.1. Uzun periyot (1971-2019) için aylık toplam yağışın alansal enterpolasyon sonuçları

1971-2019 yılları arasında KKH aylık toplam yağış verileri için uygulanan enterpolasyon yöntemlerinin başarısı, performans metrikleri ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4. 1’de verilmiştir. En başarılı enterpolasyon metodunun belirlenmesine maksimum R^2 ve maksimum NSE, minimum OMH ve minimum KOKH değerine sahip metriğe göre karar verilmekle birlikte, öncelikle maksimum NSE değeri dikkate alınmıştır. Maksimum NSE değerine sahip metod en başarılı enterpolasyon metodu olarak değerlendirilmiş ve Çizelge 4.1’de kırmızı renk ile gösterilmiştir.

Çizelge 4. 1. KKH aylık toplam yağış modellerinin performans değerleri (1971-2019)

İstasyon Adı	Model Adı	R^2	NSE	Performans	OMH (mm)	KOKH (mm)
17898 Seydişehir	IDW	0.781	0.503	Yeterli	28.87	45.28
	Sp-R	0.762	0.561	Yeterli	27.78	42.55
	Sp-T	0.783	0.556	Yeterli	27.73	42.84
	UK	0.604	0.137	Yetersiz	36.77	59.66
	OK-D	0.761	0.409	Yetersiz	31.36	49.41
	OK-E	0.715	0.404	Yetersiz	31.63	49.61
	OK-G	0.734	0.370	Yetersiz	32.31	50.99
	OK-K	0.755	0.413	Yetersiz	31.34	49.25
17191 Cihanbeyli	IDW	0.747	0.719	İyi	9.23	12.45
	Sp-R	0.686	0.659	İyi	10.09	13.73
	Sp-T	0.741	0.721	İyi	9.11	12.42
	UK	0.654	0.644	Yeterli	9.76	13.99
	OK-D	0.654	0.605	Yeterli	9.80	14.74
	OK-E	0.494	0.294	Yetersiz	10.91	19.72
	OK-G	0.724	0.710	İyi	9.08	12.65
	OK-K	0.627	0.566	Yeterli	9.96	15.47
17902 Karapınar	IDW	0.730	0.686	İyi	8.89	11.94
	Sp-R	0.648	0.612	Yeterli	9.37	13.25
	Sp-T	0.708	0.683	İyi	8.73	11.98
	UK	0.577	0.513	Yeterli	10.08	14.89
	OK-D	0.684	0.648	Yeterli	8.81	12.88
	OK-E	0.499	0.319	Yetersiz	9.82	17.55
	OK-G	0.725	0.704	İyi	8.24	11.55
	OK-K	0.652	0.601	Yeterli	8.88	13.45

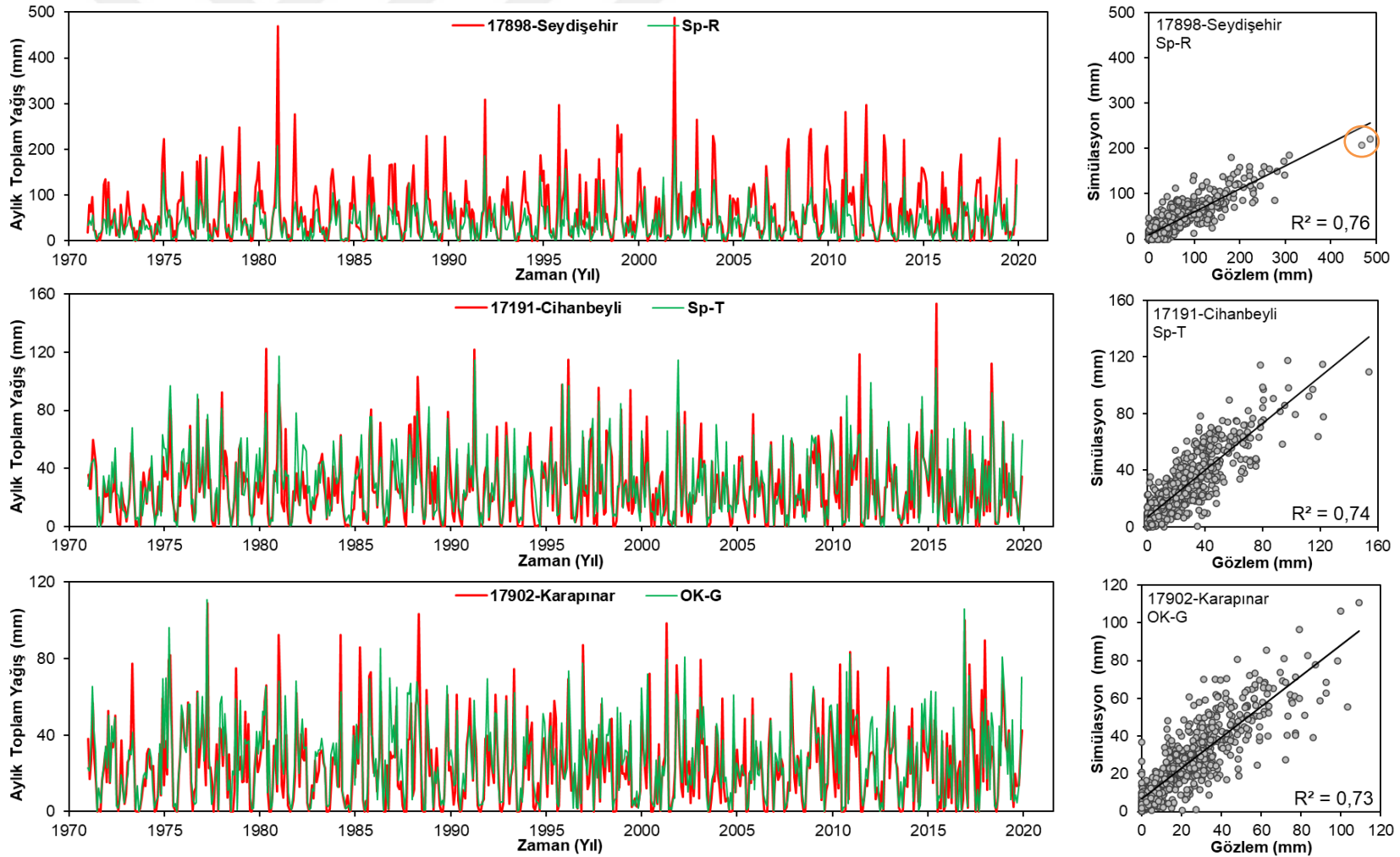
Çizelge 3.10’da verilen performans aralıkları sınıflandırmasına göre; Seydişehir istasyonunda IDW, Sp-R ve Sp-T modelleri sırasıyla 0.503, 0.561 ve 0.556 NSE değerleri ile “yeterli” düzeyde tahmin başarı gösterirken diğer 5 model “yetersiz” tahmin başarısı göstermiştir. Seydişehir istasyonunda aylık toplam yağış tahmininde en başarılı olan enterpolasyon metodu ise NSE=0.561 değeri ile Sp-R metodunda elde edilmiştir. Sp-R modeline ait diğer metrik değerleri ise $R^2=0.762$, OMH=27.78 mm ve KOKH=42.55 mm olarak elde edilmiştir. NSE=0.556 değerine sahip Sp-T modeli ile de Sp-R modeline yakın bir başarı elde edilmiştir. Sp-R modeli KOKH=42.55 mm değeri

Sp-T modeline ait KOKH=42.84 mm değerinden daha düşük iken, Sp-T modeline ait OMH=27.73 mm değeri Sp-R modeline ait OMH=27.78 mm değerinden daha düşük, ve yine Sp-T için elde edilen $R^2=0.783$ değeri Sp-R için elde edilen $R^2=0.762$ değerinden daha yüksektir. Sonuç olarak Sp-R ve Sp-T için elde edilen performans metriklerinin değerleri birbirine çok yakın değerler olduğu için her iki model de Seydişehir istasyonu için en başarılı enterpolasyon metodu olarak değerlendirilebilmekle birlikte bu çalışmada Sp-R metodu NSE=0.561 değeri ile diğer metotlara göre en yüksek NSE değerine sahip olduğu için en başarılı metot olarak kabul edilmiştir. En düşük tahmin başarısı gösteren enterpolasyon metodu ise NSE=0.137 değeri ile UK metodu olmuştur.

Cihanbeyli istasyonunda yağış tahmininde IDW, Sp-R, Sp-T ve OK-G modellerinde NSE değerleri sırasıyla 0.719, 0.659, 0.721 ve 0.710 olarak elde edilmiş ve “iyi” düzeyde tahmin başarısına ulaşılmıştır. OK-E modelinde NSE=0.294 değeriyle “yetersiz” tahmin başarısı, diğer modellerde ise 0.50 ve 0.65 arasında değişen NSE değerleri ile “yeterli” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir. Bununla birlikte Cihanbeyli istasyonunda aylık toplam yağış tahmininde en başarılı olan enterpolasyon modeli NSE=0.721 değeri ile Sp-T modeli olmuştur. Bu modelde $R^2=0.741$, OMH=9.11 mm ve KOKH=12.42 mm olarak elde edilmiştir.

Karapınar istasyonu için en iyi performansı gösteren enterpolasyon metodu 0.704 değeri ile maksimum NSE değerine sahip OK-G modeli olmuştur. OK-G modeli “iyi” düzeyde tahmin başarısı göstermiştir. Bu modelde diğer metrik değerleri de $R^2=0.725$, OMH=8.24 mm ve KOKH=11.55 mm olarak elde edilmiştir. IDW ve Sp-T modelleri de sırasıyla NSE=0.686 ve NSE=0.683 değerleri ile “iyi” düzeyde tahmin performansı göstermişlerdir. Sp-R, UK, OK-D ve OK-K metotları ise sırasıyla 0.612, 0.513, 0.648 ve 0.601 NSE değerleriyle “yeterli” düzeyde tahmin başarısı göstermiştir. Karapınar istasyonunda yağış tahmininde en düşük tahmin başarısı OK-E modelinde elde edilmiştir. OK-E modeli NSE=0.319 değeri ile “yetersiz” düzeyde tahmin başarısı göstermiştir.

Şekil 4. 1’de KKH test istasyonlarında en yüksek başarıya sahip enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen aylık toplam yağış verileri ile gözlem yağış verilerine ait zaman serileri ve saçılım diyagramları verilmiştir.



Şekil 4. 1. 1971-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramları

Seydişehir istasyonuna ait Şekil 4.1'deki zaman serisi incelendiğinde Sp-R metodu ile elde edilen aylık toplam yağış verilerinin gözlenmiş yağış verilerinin davranışını genel olarak başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Bununla birlikte bu istasyonda Sp-R metodu genel olarak yağış verilerini gözlem verilerine göre daha düşük tahmin etmiştir. Yani model genel olarak yüksek yağış verilerini tahmin etmekte zorlanmıştır. Sp-R yöntemi, 1981 ve 2001 yılındaki uç değerleri yakalayamamıştır. Saçılım diyagramında da bu iki nokta görülmektedir. Şekil 4.1'de Cihanbeyli istasyonu için verilen zaman serisi incelendiğinde Sp-T tahminlerinin gözlem yağış davranışını diğer istasyonlardan daha başarılı şekilde temsil edildiği görülmektedir. Cihanbeyli istasyonuna ait saçılım diyagramından da bu istasyonda enterpolasyon metodunun daha yüksek tahmin başarısına sahip olduğu görülmektedir.

Karapınar istasyonu aylık gözlem verileri ve OK-G tahminleri ile elde edilen zaman serisi grafiği incelendiğinde de, OK-G enterpolasyon metodunun yağış davranışını başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Bu durum bu istasyona ait saçılım diyagramına da yansımaktadır.

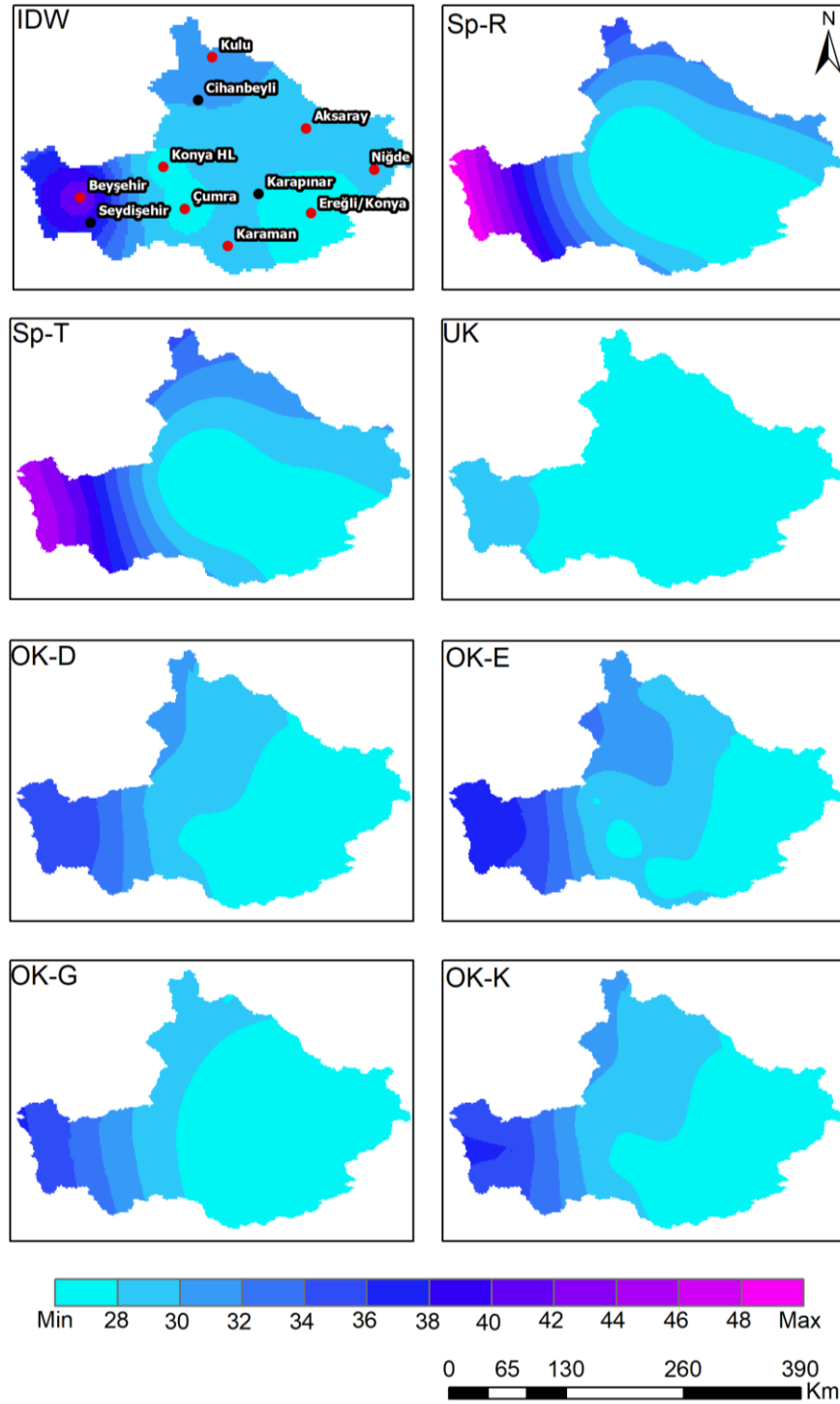
Hem Cihanbeyli hem de Karapınar istasyonlarında elde edilen en başarılı enterpolasyon modellerinin, yağışları yer yer daha düşük veya daha yüksek tahmin ettikleri ilgili istasyonlara ait zaman serilerinden açık bir şekilde görülmektedir.

Kullanılan enterpolasyon metotları ile elde edilen aylık toplam yağış verileri kullanılarak 1971-2019 periyodu için yıllık toplam yağış verileri elde edilmiş ve EK- 1'de yıllık ölçekte zaman serileri ve saçılım diyagramları verilmiştir. Kullanılan enterpolasyon metotlarının Seydişehir istasyonu için yıllık toplam yağış tahminlerinde diğer iki istasyon kadar başarı elde edemediği EK-1'de görülmektedir. Bu istasyonda tüm enterpolasyon metotlarının yıllık yağış verilerinin davranışını genel olarak yakalamakla birlikte gözlem verilerine göre yağış verilerini genel olarak daha düşük tahmin ettiği (under-estimate) görülmektedir. Yöntemler kendi içinde değerlendirildiğinde sırasıyla Sp-R, Sp-T ve IDW modellerinin yağış verilerine en çok yaklaşan modeller olduğu görülmektedir. Buna karşın yağışın davranışına en uzak davranan UK yöntemi olmuştur. Deterministik yöntemler (IDW ve Spline) ile jeostatistiksel yöntemlere (Kriging) kıyasla daha başarılı tahminler elde edilmiştir. 1971-2019 periyodu için Seydişehir istasyonunun yıllık yağış ortalaması (755 mm), havza genelinin yağış ortalamasının oldukça üstündedir (Çizelge 3.4). Bu

periyotta kullanılan 11 istasyon arasında Seydişehir istasyonunun çevresinde bu istasyonun yağış davranışıyla benzerlik gösteren başka bir istasyon bulunmadığından enterpolasyon tahmin yöntemlerinin Seydişehir istasyonunun yağış davranışını yeterince temsil edemediği düşünülmektedir. EK-1’de verilen saçılma diyagramlarında görüleceği üzere Seydişehir istasyonu dışındaki diğer istasyonlar daha homojen bir dağılıma sahiptir.

Cihanbeyli ve Karapınar istasyonu için EK-1’de verilen yıllık zaman serileri ve saçılım diyagramları incelendiğinde her iki istasyonda da Sp-T, IDW ve OK-G modellerinin yağışın davranışını diğer yöntemlere kıyasla daha başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. OK-E yöntemi her iki istasyonda da en düşük başarıya sahip metot olmuştur. Saçılım diyagramlarında da OK-E modeli için oluşturulan desende aykırı değerlerin yer aldığı noktalar görülmektedir.

1971-2019 yılları arasında KKH için uygulanan enterpolasyon yöntemlerinin aylık toplam yağış haritaları Şekil 4. 2’de verilmiştir. Bu periyotta aylık toplam yağışın alansal dağılımında kullanılan istasyonların konumu kırmızı nokta, test istasyonu olarak kullanılan istasyonların konumu ise siyah nokta olmak üzere Şekil 4.2’de IDW haritasında görülmektedir. Şekil 4. 2’deki yağış dağılım haritaları incelendiğinde; IDW yönteminde aylık toplam yağış miktarının 26 ile 41 mm arasında değiştiği görülmektedir. IDW yönteminde maksimum yağışın Beyşehir, Seydişehir çevresinde, minimum yağışın Konya, Çumra, Ereğli çevresinde olduğu görülmektedir. Sp-R yönteminde aylık toplam yağış miktarı 25 ile 51 mm arasında değişmektedir. Sp-T yönteminde ise 26 ile 46 mm arasında değişmektedir. Sp-R ve Sp-T yöntemlerinde maksimum yağış Beyşehir, Seydişehir çevresine düşerken, minimum yağış Konya, Çumra, Karapınar ve Ereğli çevresine düşmektedir. UK yönteminde aylık toplam yağış miktarı 25 ile 36 mm arasında dağılım göstermektedir. Maksimum yağış Beyşehir, Seydişehir çevresine düşerken havzanın geri kalan kısımlarına minimum yağış hakimdir. UK yönteminde çok net bir desen oluşmamıştır. OK yöntemlerinde aylık toplam yağış miktarı 25 ile 37 mm arasında değişmektedir. OK yöntemlerinde maksimum yağışın Beyşehir ve Seydişehir çevresinde olduğu görülmektedir. Minimum yağış ise Çumra, Karapınar, Karaman, Ereğli, Niğde ve Aksaray çevresine düşmektedir.



Şekil 4. 2. KKH aylık toplam yağış modelleri haritası (1971-2019)

4.1.2. Kısa periyot (2014-2019) için aylık toplam yağışın alansal enterpolasyon sonuçları

2014-2019 yılları arasında KKH aylık toplam yağış verileri için uygulanan enterpolasyon yöntemlerinin model performansı, performans metrikleri ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. KKH aylık toplam yağış modellerinin performans değerleri (2014-2019)

İstasyon Adı	Model Adı	R ²	NSE	Performans	OMH (mm)	KOKH (mm)
17898 Seydişehir	IDW	0.848	0.843	Çok İyi	15.29	22.52
	Sp-R	0.610	0.397	Yetersiz	28.66	44.15
	Sp-T	0.681	0.557	Yeterli	25.14	37.94
	UK	0.782	0.627	Yeterli	23.19	34.61
	OK-D	0.695	0.665	İyi	22.47	32.91
	OK-E	0.553	0.536	Yeterli	24.93	38.69
	OK-G	0.764	0.701	İyi	21.10	31.02
	OK-K	0.643	0.622	Yeterli	23.20	34.92
17191 Cihanbeyli	IDW	0.733	0.722	İyi	10.34	14.43
	Sp-R	0.725	0.676	İyi	11.86	15.69
	Sp-T	0.760	0.739	İyi	10.52	14.00
	UK	0.673	0.666	İyi	11.07	15.86
	OK-D	0.001	-20.252	Yetersiz	26.01	126.31
	OK-E	0.094	-1.762	Yetersiz	16.46	45.18
	OK-G	0.000	-31.908	Yetersiz	29.19	155.65
	OK-K	0.002	-15.837	Yetersiz	24.16	111.33
17902 Karapınar	IDW	0.746	0.720	İyi	8.48	11.71
	Sp-R	0.589	0.203	Yetersiz	13.49	19.74
	Sp-T	0.714	0.685	İyi	8.30	12.44
	UK	0.705	0.681	İyi	8.32	12.45
	OK-D	0.698	0.672	İyi	8.38	12.76
	OK-E	0.696	0.662	İyi	8.71	13.54
	OK-G	0.705	0.678	İyi	8.39	12.60
	OK-K	0.683	0.647	Yeterli	8.71	13.22
18489 Bozkır	IDW	0.849	0.822	Çok İyi	11.88	17.14
	Sp-R	0.546	0.286	Yetersiz	24.33	34.50
	Sp-T	0.605	0.387	Yetersiz	21.71	31.88
	UK	0.814	0.778	Çok iyi	12.18	19.13
	OK-D	0.271	-0.689	Yetersiz	18.80	52.98
	OK-E	0.587	0.490	Yetersiz	15.78	29.16
	OK-G	0.811	0.795	Çok iyi	11.96	18.48
	OK-K	0.411	0.018	Yetersiz	17.22	40.46
18484 Kazımkarabekir	IDW	0.837	0.836	Çok iyi	8.39	13.09
	Sp-R	0.784	0.757	Çok iyi	10.63	15.89
	Sp-T	0.800	0.786	Çok iyi	9.60	14.92
	UK	0.784	0.709	İyi	11.16	17.30
	OK-D	0.779	0.757	Çok iyi	10.23	15.82
	OK-E	0.781	0.765	Çok iyi	10.10	15.65
	OK-G	0.801	0.776	Çok iyi	9.62	15.20
	OK-K	0.778	0.759	Çok iyi	10.10	15.79
18496 Halkapınar/İvriz	IDW	0.725	0.710	İyi	9.19	14.42
	Sp-R	0.505	0.378	Yetersiz	14.32	21.16
	Sp-T	0.613	0.558	Yeterli	11.64	17.79
	UK	0.751	0.712	İyi	9.17	14.39
	OK-D	0.742	0.716	İyi	9.46	14.28
	OK-E	0.730	0.708	İyi	9.40	14.47
	OK-G	0.744	0.714	İyi	9.37	14.31
	OK-K	0.727	0.705	İyi	9.51	14.54

Çizelge 4. 2. KKH aylık toplam yağış modellerinin performans değerleri (2014-2019) (devam)

İstasyon Adı	Model Adı	R ²	NSE	Performans	OMH (mm)	KOKH (mm)
18213 Karatay(TAGEM)	IDW	0.777	0.530	Yeterli	10.69	14.72
	Sp-R	0.777	0.663	İyi	8.10	12.43
	Sp-T	0.785	0.646	Yeterli	8.42	12.75
	UK	0.662	0.453	Yetersiz	12.01	15.89
	OK-D	0.719	0.521	Yeterli	11.25	14.89
	OK-E	0.727	0.521	Yeterli	11.29	14.89
	OK-G	0.707	0.485	Yetersiz	11.75	15.46
18117 Sultanhanı	OK-K	0.716	0.517	Yeterli	11.26	14.91
	IDW	0.569	0.528	Yeterli	10.26	15.64
	Sp-R	0.478	0.371	Yetersiz	11.75	18.14
	Sp-T	0.508	0.458	Yetersiz	10.33	16.80
	UK	0.569	0.527	Yeterli	9.59	15.71
	OK-D	0.574	0.528	Yeterli	9.50	15.70
	OK-E	0.552	0.496	Yetersiz	10.12	16.25
OK-G	0.576	0.533	Yeterli	9.30	15.61	
OK-K	0.564	0.515	Yeterli	9.70	15.93	
18502 Bor	IDW	0.764	0.721	İyi	8.26	11.70
	Sp-R	0.729	0.681	İyi	8.58	12.52
	Sp-T	0.750	0.714	İyi	7.99	11.83
	UK	0.762	0.718	İyi	8.63	11.84
	OK-D	0.754	0.726	İyi	8.39	11.63
	OK-E	0.754	0.731	İyi	8.32	11.56
	OK-G	0.761	0.728	İyi	8.36	11.59
OK-K	0.749	0.721	İyi	8.46	11.68	
18482 Güllübağ	IDW	0.721	0.441	Yetersiz	10.92	16.03
	Sp-R	0.293	-1.044	Yetersiz	19.51	30.62
	Sp-T	0.486	-0.247	Yetersiz	14.56	23.87
	UK	0.777	0.740	İyi	7.37	10.82
	OK-D	0.714	0.632	Yeterli	8.38	12.94
	OK-E	0.665	0.562	Yeterli	9.41	14.17
	OK-G	0.724	0.636	Yeterli	8.28	12.93
OK-K	0.702	0.614	Yeterli	8.68	13.32	

Enterpolasyon metotları için elde edilen NSE değerleri Çizelge 3. 10'da verilen performans aralıkları sınıflandırmasına göre değerlendirilmiştir. Kullanılan metotlar arasında en yüksek tahmin başarısına sahip olan metot maksimum NSE değeri dikkate alınarak tespit edilmiş ve kırmızı renk ile Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Seydişehir, Karapınar, Bozkır ve Kazımkarabekir istasyonlarında IDW modelleri sırasıyla NSE= 0.843 (çok iyi), NSE= 0.720 (iyi), NSE= 0.822 (çok iyi) ve NSE= 0.836 (çok iyi) değerleri ile en yüksek tahmin başarısını göstermiştir. Karatay (TAGEM) istasyonu için en iyi performansı gösteren Sp-R modelinde ise NSE=0.663 olarak belirlenmiş ve “iyi” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir. Cihanbeyli için en iyi performansı gösteren enterpolasyon metodu Sp-T olup bu metot için NSE=0.739 değeri ile “iyi” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir. Sultanhanı istasyonu için en yüksek NSE değeri OK-G modelinde elde edilmiş olup NSE=0.533 değeriyle “yeterli” düzeyde tahmin

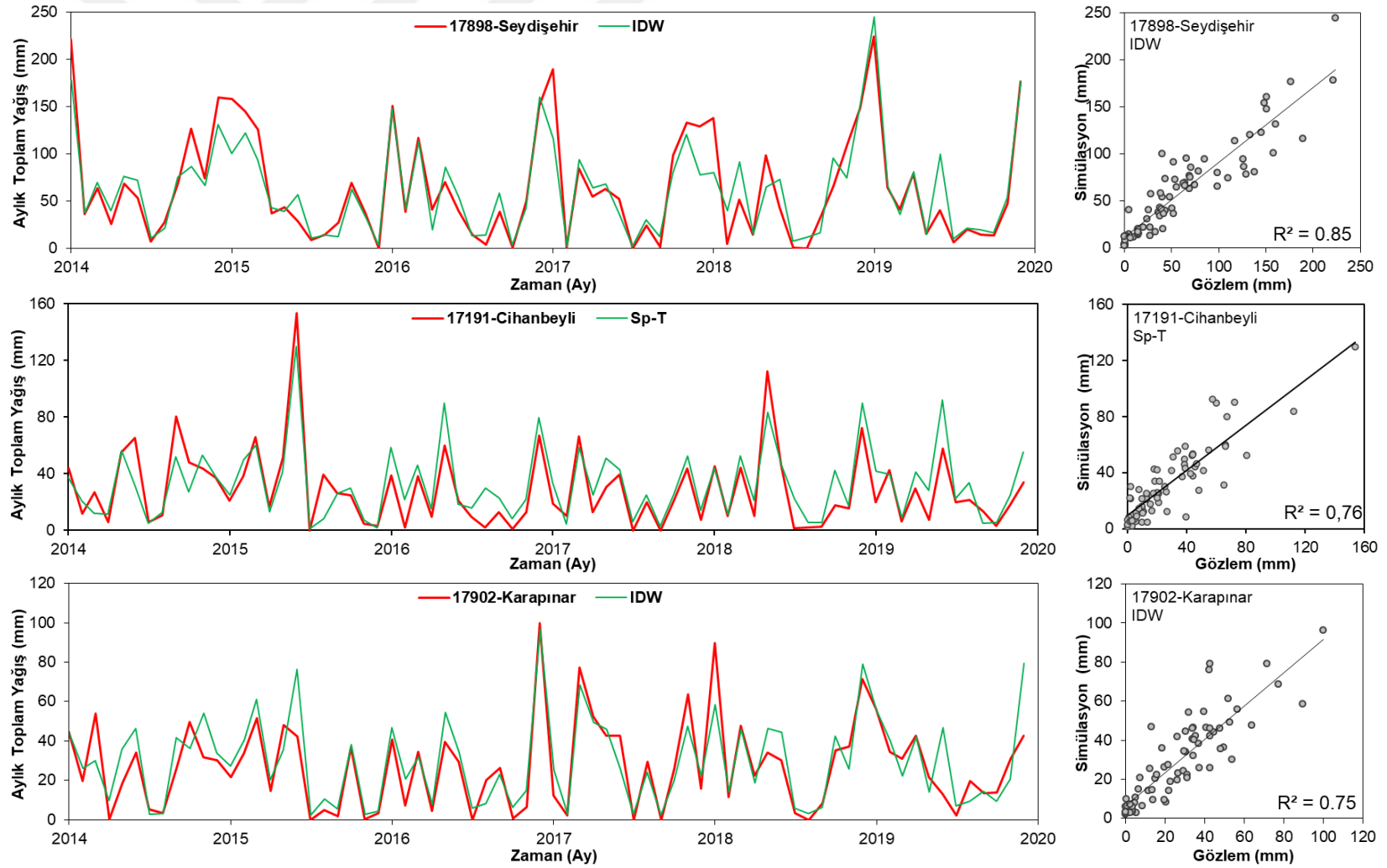
başarısı elde edilmiştir. Gülağaç istasyonunda UK metodu $NSE= 0.740$ (iyi) değeri ile en yüksek tahmin başarısını göstermiştir. Halkapınar/İvriz için en iyi performansı gösteren OK-D modelinde ise $NSE=0.716$ olarak hesaplanmış ve “iyi” düzeyde tahmin başarısı elde etmiştir. Bu istasyonda OK-G metodu da OK-D metoduna oldukça yakın performans sergilemiştir. Bor istasyonu için en iyi performansı gösteren OK-E modelinde ise $NSE=0.731$ değeri ile “iyi” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir.

Şekil 4. 3’de 2014-2019 periyodu için KKH test istasyonlarında en yüksek başarıya sahip yöntemlerin simülasyon (model) aylık toplam yağış verileri ile gözlem verilerinin zaman serileri ve saçılım diyagramları verilmiştir. Test istasyonlarının en başarılı modelleri karşılaştırıldığında, Seydişehir ve Kazımkarabekir istasyonlarına ait IDW modelleri en başarılı tahmin modeli olmuştur. Bu yüksek tahmin başarısı sonucunda, yağış tahminlerinin istasyon yağış davranışını oldukça uyumlu şekilde temsil ettiği görülmektedir. Gözlem ve simülasyon (model) verileri arasındaki uyumu en az yakalayan istasyon ise Sultanhanı istasyonu olmuştur. Bununla birlikte bu istasyon OK-G modelinde $NSE=0.533$ ile “yeterli” düzeyde başarı elde edebilmiştir.

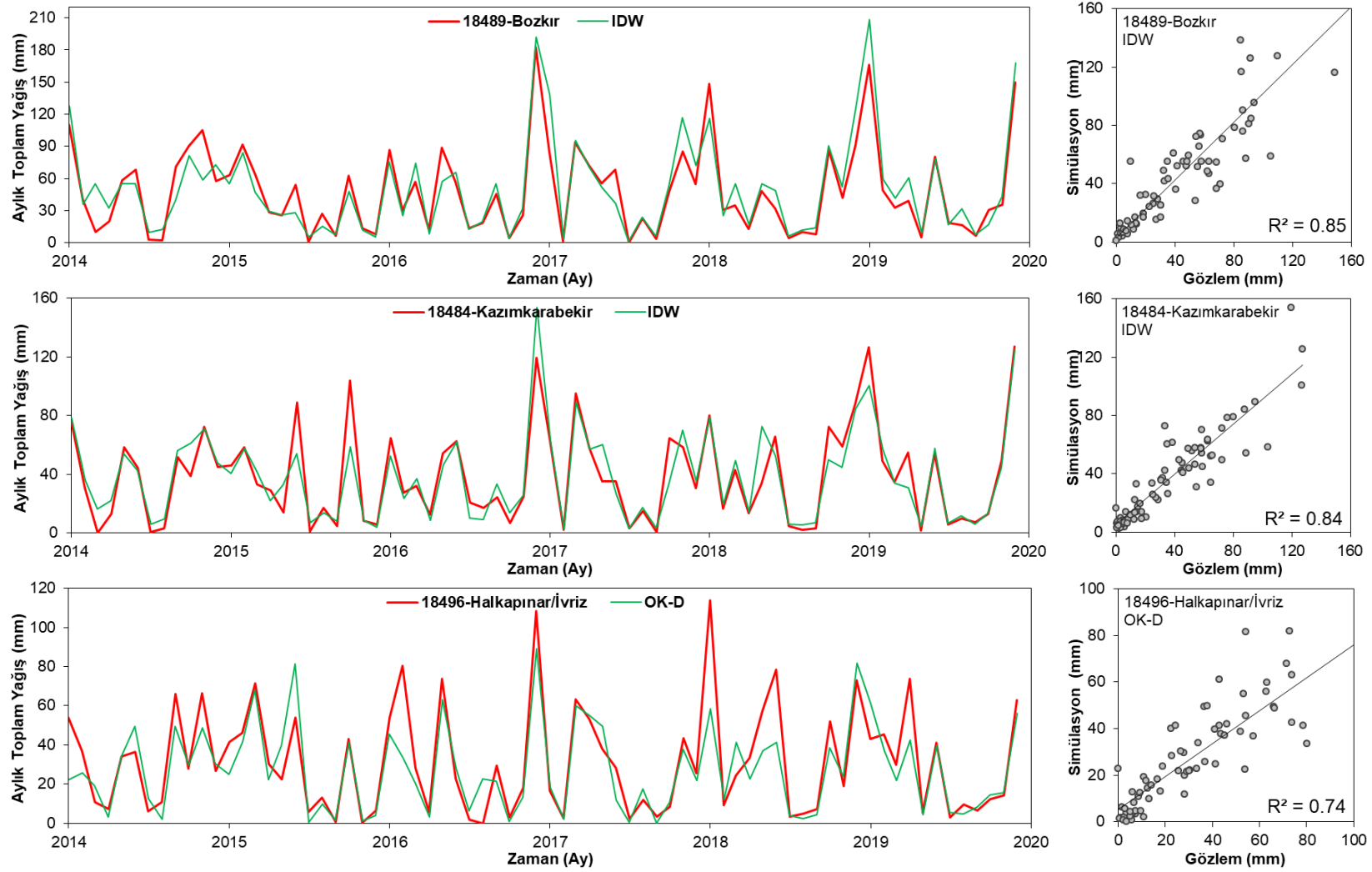
EK- 2’de 2014-2019 yılları arasında KKH için gözlem- simülasyon (model) yıllık toplam yağış-zaman grafikleri ve saçılım diyagramları verilmiştir.

Seydişehir istasyonu için inceleme yapıldığında; IDW modeli yağış davranışını en başarılı şekilde temsil ederken Sp-R modeli bu başarıyı yakalayamamıştır. Saçılım diyagramında da görüleceği üzere Sp-R modeli en az başarıyı elde etmiştir. EK- 1 ve EK- 2’de Seydişehir istasyonu karşılaştırıldığında; Seydişehir istasyonu civarında istasyon sayısının artmasıyla IDW yöntemi ve jeostatistiksel yöntemlerdeki başarı oranı artmıştır. EK- 1’de en başarı model Sp-R iken EK- 2’de en başarısız model Sp-R olmuştur.

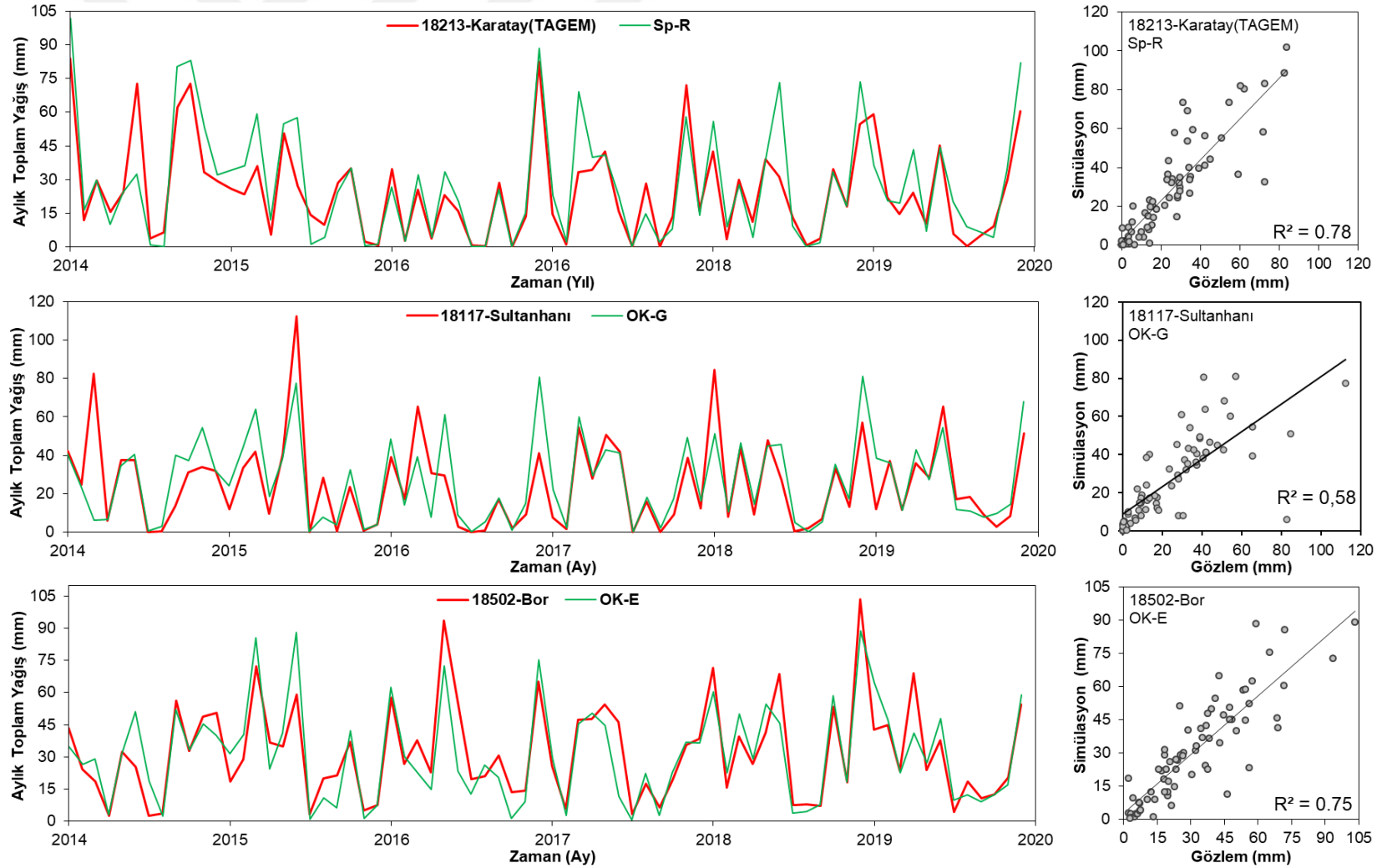
EK- 2’de Cihanbeyli istasyonu için inceleme yapıldığında; IDW, Sp-R, Sp-T ve UK modelleri yağışın davranışını başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Fakat OK yöntemleri bu başarıyı yakalayamamışlardır. OK-G modeli en başarısız yöntem olmuştur. Zaman serisi ve saçılım diyagramında da görüleceği üzere maksimum tahmin değerleri OK-G, OK-D, OK-K ve OK-E modellerinin başarısızlığını net şekilde göstermektedir. EK- 1 ve EK- 2’de Cihanbeyli istasyonu karşılaştırıldığında; Sp-T, IDW, Sp-R ve UK modellerinin başarıları birbirine oldukça yakın iken OK yöntemlerinin başarı düzeyleri birbirinden tamamen farklıdır.



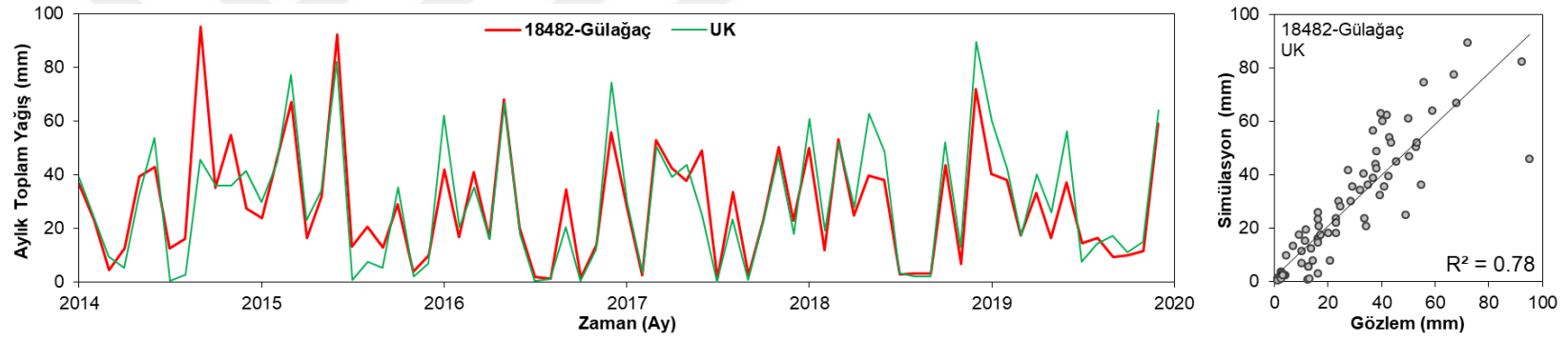
Şekil 4. 3. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramları



Şekil 4.3. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramları (devam)



Şekil 4.3. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramları (devam)



Şekil 4.3. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramları (devam)

EK- 2'de Karapınar istasyonu için inceleme yapıldığında; IDW modeli en başarılı model olurken Sp-R modeli en az başarıyı göstermiştir. Sp-T ve Kriging yöntemleri birbirlerine oldukça yakın başarı elde etmişlerdir. Uzun ve kısa periyotta Karapınar istasyonu karşılaştırıldığında; istasyon sayının artmasıyla Sp-R yöntemi dışında diğer modellerde başarı düzeyi artmıştır.

EK- 2 Bozkır istasyonu için incelendiğinde; IDW modelinin yağış davranışını en iyi temsil eden model olduğu görülmektedir. Bununla birlikte OK-G ve UK modelleri de yağış davranışını oldukça başarılı şekilde temsil etmektedir. Buna karşın diğer yöntemler düşük başarılar elde etmişlerdir. En düşük başarıyı OK-D yöntemi elde etmiştir.

EK- 2 Kazımkarabekir istasyonu için incelendiğinde; bu istasyonda diğer test istasyonlarına göre daha başarılı sonuçların elde edildiği söylenebilir. UK yöntemi ise diğer yöntemlere kıyasla daha az başarı elde etmiştir.

EK- 2 Halkapınar-İvriz istasyonu için incelendiğinde; Kriging yöntemlerinin ve IDW yönteminin tahmin değerleri yağışın davranışını Spline yöntemlerine kıyasla daha başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. IDW, UK, OK yöntemleri birbirine yakın şekilde başarılar elde ederek yağış davranışını temsil ederken en az başarıyı Sp-R yöntemi göstermiştir. Saçılım diyagramında da Sp-R yönteminin tahmin değerleri dağılımın dışına çıktığı görülmektedir.

EK- 2 Karatay (TAGEM) istasyonu için incelendiğinde; Spline yöntemlerinin tahminleri diğer yöntemlere kıyasla daha başarılı olurken modeller kendi içinde değerlendirildiğinde en yüksek başarıyı Sp-R modeli gösterirken en düşük başarıyı IDW modeli göstermektedir.

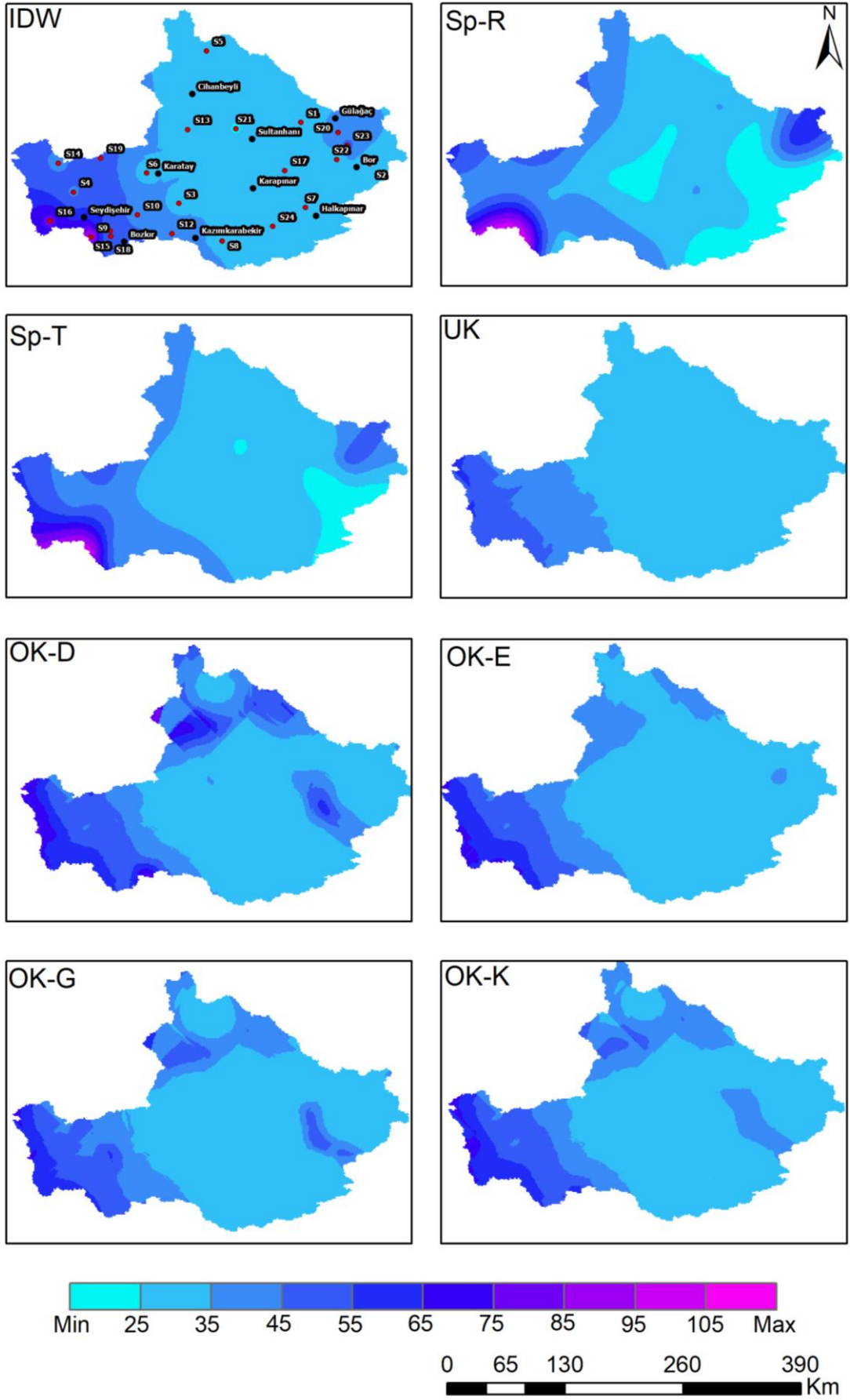
EK- 2 Sultanhanı istasyonu için incelendiğinde; OK-G modeli en yüksek başarıyı gösterirken Sp-R modeli en az başarıyı göstermiştir. Kriging yöntemleri ve IDW yöntemi birbirine oldukça yakın başarı elde ederken Spline yöntemleri bu başarıyı yakalayamamışlardır.

EK- 2 Bor istasyonu için incelendiğinde; Kriging yöntemleri başta olmak üzere tüm tahmin yöntemlerinin birbirine yakın başarı elde ettiği söylenilebilir. Ancak en az başarıyı Sp-R yöntemi göstermiştir.

EK- 2 Gülağaç istasyonu için incelendiğinde; UK yöntemi istasyon yağış davranışını en başarılı şekilde temsil etmiştir. Jeostatistiksel yöntemlerin deterministik yöntemlere kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Spline yöntemleri ve IDW yöntemi başarısız olmuştur. Sp-R modelinin en düşük başarıya sahip model olduğu görülmektedir.

2014-2019 yılları arasında KKH için uygulanan enterpolasyon yöntemlerinin aylık toplam yağış haritaları Şekil 4.4'de verilmiştir. Bu periyotta alansal dağılımda kullanılan istasyonlar Çizelge 3.2'de belirtilen istasyon kodları kullanılarak, test istasyonları ise isimleri kullanılarak IDW haritası üzerinde gösterilmiştir. Yağış dağılım haritaları incelendiğinde; IDW yönteminde aylık ortalama yağış miktarının 25 ile 96 mm arasında değiştiği görülmektedir. IDW yönteminde maksimum yağışın Seydişehir/Alacabel (S9) ve Derebucak (S16) çevresinde, minimum yağışın Eski (S21) çevresinde olduğu görülmektedir. Sp-R yönteminde aylık ortalama yağış miktarı 0 ile 107 mm arasında, Sp-T yönteminde ise 17 ile 101 mm arasında değişmektedir. Sp-R ve Sp-T yöntemlerinde maksimum yağış Seydişehir/Alacabel (S9), Derebucak (S16) ve Seydişehir çevresine düşmektedir. Sp-R yönteminde minimum yağışlar Eski (S21) çevresinde ve Halkapınar/İvriz istasyonu çevresinden başlayan Doğu Akdeniz ve Seyhan Havzalarının sınırlarına kadar uzanan bir alanda görülmektedir. Sp-T yönteminde, Sp-R yöntemindeki minimum alan daralmış Halkapınar/İvriz istasyonu minimum alanın dışarıda kalmıştır.

UK yönteminde aylık ortalama yağış miktarı 26 ile 57 mm arasında dağılım göstermektedir. Yağış miktarları Antalya Havzasına yaklaştıkça artış göstermektedir. UK yönteminde diğer yöntemlere kıyasla renk ve desen dağılımının daha az olduğu görülmektedir. OK yöntemlerinde aylık ortalama yağış miktarları 25 mm'den başlayarak 82 mm'ye kadar ulaşmaktadır. En belirgin desen tipi OK-D yönteminde görülürken sırasıyla OK-K, OK-G ve OK-E yöntemlerinde değer aralıkları daralarak desenlerde azalmaktadır. OK yöntemlerinde maksimum yağışların Seydişehir/Alacabel (S9), Derebucak (S16) ve Seydişehir çevresinde olduğu görülmektedir. Bunlardan farklı olarak OK-E yönteminde Bozkır istasyonu ve Cihanbeyli istasyonu çevresinde maksimum yağışlar görülmektedir.



Şekil 4. 4. KKH aylık toplam yağış modelleri haritası (2014-2019)

Uzun periyot (az istasyon) ve kısa periyot (çok istasyon) kullanarak uygulanan enterpolasyon metotlarının başarısını değerlendirebilmek amacıyla uzun ve kısa periyot için ortak test istasyonları olan Seydişehir, Cihanbeyli ve Karapınar istasyonlarının model performansı, NSE ve KOKH performans metrikleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.3). Her iki periyotta da elde edilen en başarılı enterpolasyon metotları Çizelge 4.3’de kırmızı renk ile gösterilmiştir.

Çizelge 4. 3. KKH yağış modellerinin performans değerleri (uzun ve kısa periyot)

İstasyon Adı	Model Adı	1971-2019 Periyodu			2014-2019 Periyodu			Değişim
		NSE	Performans	KOKH (mm)	NSE	Performans	KOKH (mm)	
17898 Seydişehir	IDW	0.503	Yeterli	45.28	0.843	Çok İyi	22.52	↑
	Sp-R	0.561	Yeterli	42.55	0.397	Yetersiz	44.15	↓
	Sp-T	0.556	Yeterli	42.84	0.557	Yeterli	37.94	↑
	UK	0.137	Yetersiz	59.66	0.627	Yeterli	34.61	↑
	OK-D	0.409	Yetersiz	49.41	0.665	İyi	32.91	↑
	OK-E	0.404	Yetersiz	49.61	0.536	Yeterli	38.69	↑
	OK-G	0.370	Yetersiz	50.99	0.701	İyi	31.02	↑
	OK-K	0.413	Yetersiz	49.25	0.622	Yeterli	34.92	↑
17191 Cihanbeyli	IDW	0.719	İyi	12.45	0.722	İyi	14.43	↑
	Sp-R	0.659	İyi	13.73	0.676	İyi	15.69	↑
	Sp-T	0.721	İyi	12.42	0.739	İyi	14.00	↑
	UK	0.644	Yeterli	13.99	0.666	İyi	15.86	↑
	OK-D	0.605	Yeterli	14.74	-20.252	Yetersiz	126.31	↓
	OK-E	0.294	Yetersiz	19.72	-1.762	Yetersiz	45.18	↓
	OK-G	0.710	İyi	12.65	-31.908	Yetersiz	155.65	↓
	OK-K	0.566	Yeterli	15.47	-15.837	Yetersiz	111.33	↓
17902 Karapınar	IDW	0.686	İyi	11.94	0.720	İyi	11.71	↑
	Sp-R	0.612	Yeterli	13.25	0.203	Yetersiz	19.74	↓
	Sp-T	0.683	İyi	11.98	0.685	İyi	12.44	↑
	UK	0.513	Yeterli	14.89	0.681	İyi	12.45	↑
	OK-D	0.648	Yeterli	12.88	0.672	İyi	12.76	↑
	OK-E	0.319	Yetersiz	17.55	0.662	İyi	13.54	↑
	OK-G	0.704	İyi	11.55	0.678	İyi	12.60	↓
	OK-K	0.601	Yeterli	13.45	0.647	Yeterli	13.22	↑

Aylık toplam yağış tahmini için Seydişehir istasyonunda uzun periyotta en başarılı model NSE=0.561 (yeterli) ve KOKH=42.55 mm değeri ile Sp-R iken kısa periyotta en başarılı model NSE=0.843 (çok iyi) ve KOKH=22.52 mm değeri ile IDW metodu olmuştur. Seydişehir istasyonunda uzun periyottan kısa periyoda geçişlerde Sp-R haricindeki tüm enterpolasyon metotlarında NSE değerleri hep artış ve KOKH değerleri de hep azalış göstererek aylık toplam yağış tahmininde daha yüksek başarı sergilemişlerdir. Uzun periyoda göre kısa periyotta NSE değeri düşen tek metot Sp-R metodu olmuştur. Sp-R metodu uzun periyotta Seydişehir aylık toplam yağış miktarını en başarılı şekilde tahmin eden enterpolasyon metodu iken kısa periyotta tahmin başarısı en düşük olan metot

olmuştur. Sp-R ile elde edilen NSE değeri uzun periyotta 0.561 ile “yeterli” düzeyde iken kısa periyotta 0.397 ile “yetersiz” düzeye dönüşmüştür.

Cihanbeyli istasyonunda uzun periyotta $NSE=0.721$ ve kısa periyotta da $NSE=0.739$ değerleri ile “iyi” düzeyde olmak üzere tahmin başarısı en yüksek olan yöntem Sp-T yöntemi olmuştur. Bununla birlikte her iki periyotta da IDW metodunda 0.719 ve 0.733 NSE değerleri ile Sp-T metoduna oldukça yakın tahmin başarısı elde edilmiştir. Uzun periyoda (az istasyonlu) göre kısa periyotta (çok istasyonlu) model başarıları deterministik yöntemlerde az da olsa hep artış göstermiştir. Kriging metodlarında ise sadece UK’da kısa periyotta artış söz konusudur. OK yöntemlerinde kısa periyotta başarı oranı oldukça düşmüş ve hep “yetersiz” düzeyde olmuştur.

Karapınar istasyonu için uzun periyotta en başarılı model $NSE=0.704$ değeri ile OK-G iken kısa periyotta en başarılı model $NSE=0.720$ değeri ile IDW olmuştur. OK-G ve Sp-R modelinde uzun periyoda göre kısa periyotta NSE değerleri azalırken geriye kalan metotlarda kısa periyotta uzun periyoda göre daha yüksek NSE değerleri elde edilmiştir. Uzun periyoda göre kısa periyotta NSE değerinde en fazla artışın (azalışın) elde edildiği metot OK-E (Sp-R) metodu olmuştur. Bu istasyonda kısa periyotta uygulanan 8 enterpolasyon metodunun 6 tanesinde $NSE>0.65$ ile “iyi” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir. OK-K metodunda da $NSE=0.647$ ile “yeterli” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiş olup “iyi” düzeye oldukça yakın bir başarıya ulaşılmıştır. Sadece Sp-R metodunda $NSE=0.203$ ile “yetersiz” düzeyde başarıya ulaşılmıştır.

4.2. Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) Alansal Enterpolasyon Sonuçları

Bu çalışmada aylık toplam PET hesabı için Oudin yöntemi kullanılmıştır (Oudin ve ark., 2005). Bu yöntemde kullanılmak üzere günlük sıcaklık verisi ve istasyon konumuna ait enlem değerleri kullanılmıştır.

PET verilerinin alansal dağılımının uygulanmasında da aylık toplam yağış uygulamalarında olduğu gibi uzun ve kısa olmak üzere iki ayrı zaman periyodu dikkate alınmıştır. Uzun periyotta 1971-2019 yılları arasında 11 istasyon için hesaplanmış aylık toplam PET değerleri (588 ay), kısa periyotta ise 2014-2019 yılları arasında 34 gözlem istasyonu için hesaplanmış aylık toplam PET verileri (72 ay) kullanılmıştır. Uygulanan enterpolasyon yöntemleri uzun periyotta 3, kısa periyotta 10 istasyona ait değerler ile test edilerek değerlendirilmiştir.

4.2.1. Uzun periyot (1971-2019) için aylık toplam potansiyel evapotranspirasyonun (PET) alansal enterpolasyon sonuçları

1971-2019 yılları arasında aylık PET değerleri için uygulanan enterpolasyon yöntemlerinin model performansı, performans metrikleri ile değerlendirilmiş ve Çizelge 4.4’de verilmiştir. En başarılı model maksimum NSE değeri ile tespit edilerek Çizelge 4.4’de kırmızı renk ile gösterilmiştir. En yüksek aynı NSE değerine sahip modeller arasında ise en düşük KOKH değerine sahip model en başarılı model olarak seçilmiştir.

Çizelge 4. 4. 1971-2019 periyodu için PET modellerinin performans değerleri

İstasyon Adı	Model Adı	R ²	NSE	Performans	OMH (mm)	KOKH (mm)
17898 Seydişehir	IDW	0.999	0.993	Çok İyi	3.323	4.062
	Sp-R	0.996	0.984	Çok İyi	4.600	6.108
	Sp-T	0.998	0.990	Çok İyi	3.713	4.786
	UK	0.997	0.995	Çok İyi	2.511	3.474
	OK-D	0.998	0.995	Çok İyi	2.672	3.375
	OK-E	0.998	0.995	Çok İyi	2.801	3.457
	OK-G	0.998	0.996	Çok İyi	2.436	3.047
	OK-K	0.999	0.995	Çok İyi	2.691	3.366
17191 Cihanbeyli	IDW	0.997	0.997	Çok İyi	1.868	2.829
	Sp-R	0.998	0.998	Çok İyi	1.759	2.394
	Sp-T	0.998	0.998	Çok İyi	1.622	2.382
	UK	0.998	0.998	Çok İyi	1.681	2.276
	OK-D	0.992	0.992	Çok İyi	1.846	4.506
	OK-E	0.991	0.990	Çok İyi	1.849	4.845
	OK-G	0.998	0.998	Çok İyi	1.670	2.325
	OK-K	0.997	0.997	Çok İyi	2.000	2.909
17902 Karapınar	IDW	0.999	0.997	Çok İyi	2.018	2.436
	Sp-R	0.998	0.993	Çok İyi	3.370	4.092
	Sp-T	0.999	0.994	Çok İyi	3.149	3.698
	UK	0.999	0.998	Çok İyi	1.716	2.166
	OK-D	0.998	0.996	Çok İyi	2.171	2.977
	OK-E	0.999	0.997	Çok İyi	2.134	2.564
	OK-G	0.972	0.971	Çok İyi	3.889	8.254
	OK-K	0.999	0.997	Çok İyi	2.178	2.643

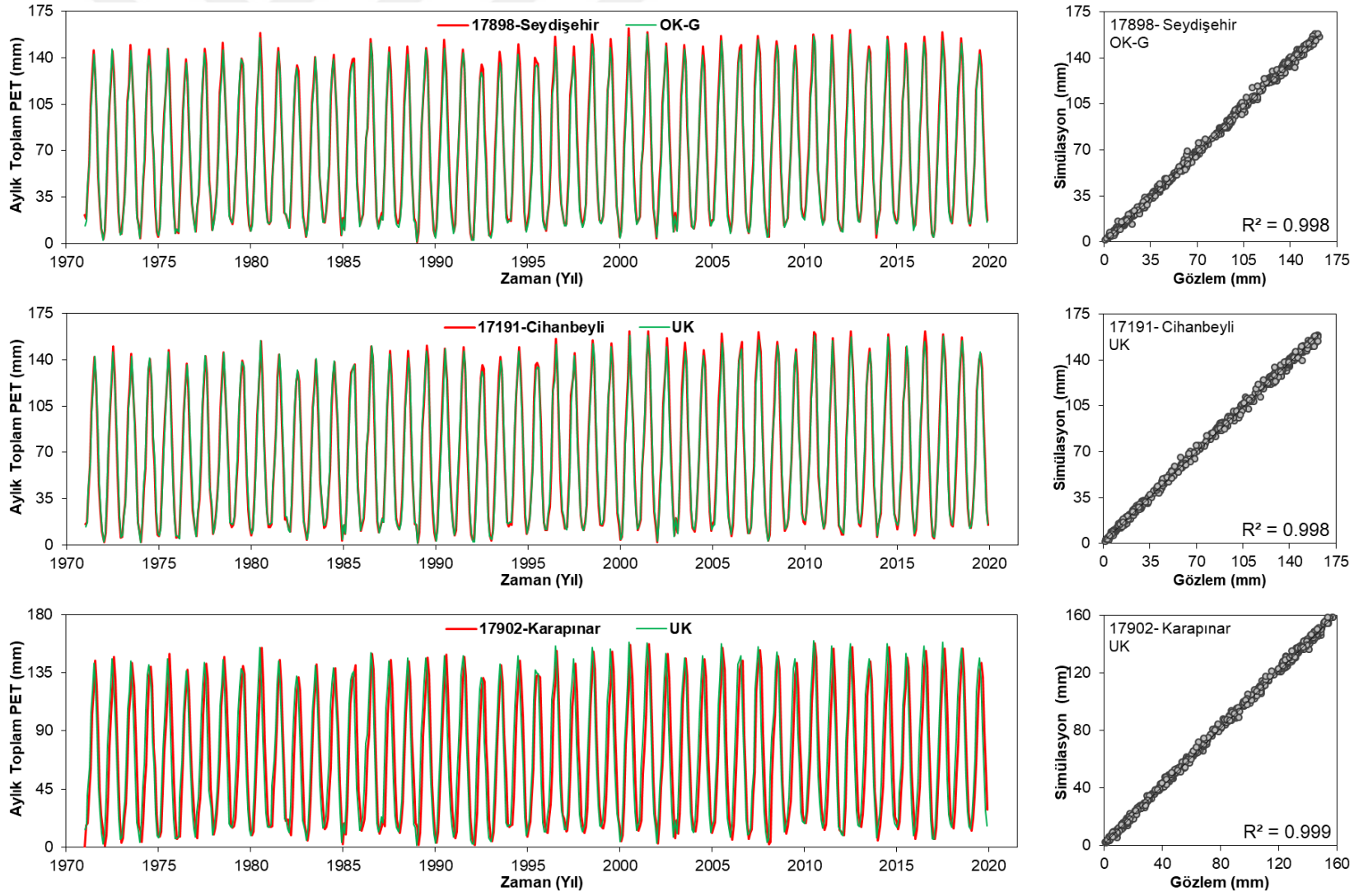
Her üç test istasyonunda da kullanılan tüm enterpolasyon metotlarında elde edilen NSE değerlerinin “çok iyi” düzeyde tahmin başarısı gösterdiği Çizelge 4.4’de görülmektedir. Çizelge 4.4’de gösterildiği gibi Seydişehir istasyonu için OK-G modeli NSE=0.996 değeri ile “çok iyi” düzeyde ve en yüksek tahmin başarısı gösteren metot olmuştur. OK-G modeli için R²=0.998, OMH=2.436 mm ve KOKH=3.047 mm olarak elde edilmiştir. Bu istasyonda en düşük tahmin başarısına sahip model ise en düşük R² ve NSE, en yüksek OMH ve KOKH değerlerine sahip olan Sp-R modeli olmuştur. Sp-R modelinde performans metrikleri için elde edilen değerler ise sırasıyla NSE=0.984, R²=0.996, OMH=4.600 mm ve KOKH=6.108 mm’dir.

Enterpolasyon metotları ile Cihanbeyli istasyonunun PET değerlerinin tahmininde 0.998 değeri ile en yüksek NSE'ye sahip olan Sp-R, Sp-T, UK ve OK-G modelleri ile “çok iyi” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir. Bu modeller arasında KOKH(=2.276 mm) değeri en düşük olan UK modeli, Cihanbeyli istasyonu için en iyi performansı gösteren model olarak değerlendirilmiştir. Tahmin başarısı en düşük olan enterpolasyon metodu ise 0.990 ile en düşük NSE değerine sahip olan OK-E modeli olmuştur.

Karapınar istasyonu için PET tahmininde en iyi performansı gösteren model UK olup, bu modelde NSE=0.998, $R^2=0.999$, OMH=1.716 mm ve KOKH=2.166 mm olarak hesaplanmıştır. OK-G modeli ise NSE=0.971 değeri ile Karapınar istasyonunun PET tahmininde en düşük başarıya sahip metot olarak elde edilmiştir.

Şekil 4. 5’de KKH test istasyonlarında en yüksek başarıya sahip yöntemler için gözlem ve simülasyon (model) aylık toplam PET-zaman grafikleri ve saçılım diyagramları verilmiştir. Her üç istasyona ait zaman serilerinden enterpolasyon metotlarının PET davranışını başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Bu durum saçılım diyagramlarına da yansımaktadır.

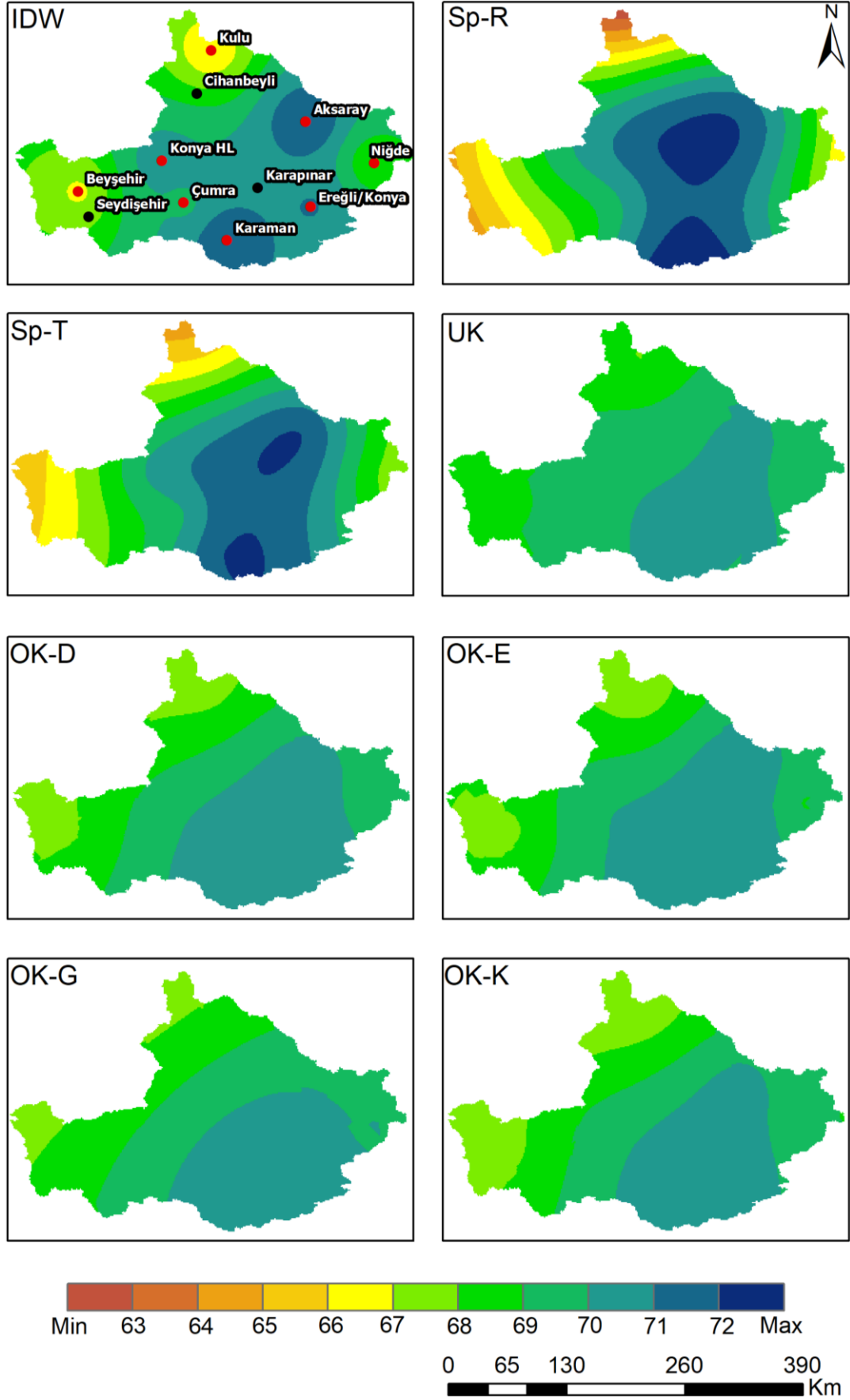
EK- 3’de 1971-2019 periyodu için KKH’nda test istasyonları için enterpolasyon metotları ile elde edilen PET değerleri ve Oudin ile elde edilen PET değerleri kullanılarak çizilen yıllık toplam PET zaman serileri ve saçılım diyagramları verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde Seydişehir istasyonu için PET tahminlerinde enterpolasyon metotlarının diğer iki istasyondan daha az başarı elde ettiği görülmektedir. Yöntemler kendi içinde değerlendirildiğinde OK-G modelinin PET verilerine en çok yaklaşan model olduğu görülmektedir. Buna karşın PET verilerinin davranışına en uzak davranan enterpolasyon metodunun Sp-R olduğu görülmektedir. Tüm enterpolasyon metotlarının PET değerlerini gözlem PET değerlerinden daha düşük tahmin ettiği görülmektedir. Seydişehir istasyonu PET tahmininde jeostatistiksel yöntemler deterministik yöntemlere kıyasla daha başarılı sonuçlar elde etmiştir.



Şekil 4. 5. 1971-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramları

EK-3'de gösterildiği gibi Cihanbeyli istasyonunda modellerin PET davranışını birbirine yakın başarılarla temsil ettiği görülmektedir. Fakat OK-E ve OK-D yöntemleri diğer yöntemlerle aynı düzeyde başarı yakalayamamıştır. Karapınar istasyonu için ise; UK modelinin PET davranışını diğer yöntemlere kıyasla daha başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Simülasyon ve gözlem verileri karşılaştırıldığında; Sp-T, Sp-R ve OK-G yöntemlerinin diğer yöntemlere göre daha az başarı elde ettiği görülmektedir. Çizelge 4. 4'de aylık verilerle belirlenen yöntem başarıları EK- 3'deki yıllık verilerden oluşturulan grafiklerle uyum içindedir.

1971-2019 yılları arasında KKH için uygulanan enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen aylık toplam PET verilerinin havzadaki alansal dağılımına ait haritalar Şekil 4. 6'da verilmiştir. Bu periyotta aylık toplam PET alansal dağılımında kullanılan istasyonların konumu kırmızı nokta, test istasyonu olarak kullanılan istasyonların konumu ise siyah nokta olmak üzere Şekil 4.6'da IDW haritasında görülmektedir. Şekil 4. 6 incelendiğinde; IDW yönteminde ortalama aylık toplam PET miktarının 66 ile 72 mm arasında değiştiği görülmektedir. IDW modelinde maksimum PET miktarı Aksaray ve Karaman istasyonu çevresinde, minimum PET miktarı Kulu ve Beyşehir istasyonu çevresindedir. Sp-R yönteminde aylık toplam PET miktarı 62 ile 73 mm arasında değişmektedir. Sp-R modelinde maksimum PET miktarının olduğu bölgeye hiçbir istasyon dahil olmamıştır. Bu bölge Aksaray, Karaman ve Karapınar istasyonuna sınır iki alanı kapsamaktadır. Minimum PET miktarı ise Kulu, Seydişehir ve Beyşehir istasyonu çevresindedir. Sp-T yönteminde PET miktarı 64 ile 72 mm arasında değişmektedir. Sp-T modeli maksimum PET miktarı Aksaray ve Karaman istasyonuna sınır iki bölgeden oluşmaktadır. Sp-R modeline göre daha küçük bir alanda maksimum değer hakimdir. Minimum PET miktarı ise Kulu ve Beyşehir istasyonu çevresindedir. UK, OK-D, OK-E, OK-G ve OK-K yöntemlerinde aylık toplam PET miktarı 67 ile 71 mm arasında dağılım göstermektedir. Kriging yöntemleri birbirine benzer bir dağılım göstermektedir. UK modeli minimum PET miktarı Kulu, Cihanbeyli, Seydişehir ve Beyşehir çevresindedir. OK-D, OK-E, OK-K modelleri minimum PET miktarı Kulu ve Beyşehir çevresindedir. OK-G modeli minimum PET miktarının havzanın kuzeyi ve batı kısmında hiçbir istasyonun dahil olmadığı bir alandadır. UK ve OK-K modellerinde maksimum PET miktarı Aksaray, Karapınar, Ereğli/Konya ve Karaman istasyonu çevresindedir. OK-D ve OK-E modellerinin maksimum PET miktarına Çumra da dahil olmuştur. OK-G modelinde maksimum PET miktarı Karapınar, Ereğli/Konya ve Karaman istasyonu çevresindedir.



Şekil 4. 6. 1971-2019 periyodu için aylık toplam PET modelleri haritası

4.2.2. Kısa periyot (2014-2019) için aylık toplam potansiyel evapotranspirasyonun (PET) alansal enterpolasyon sonuçları

Enterpolasyon yöntemlerinin PET miktarının belirlenmesindeki başarısının çok istasyon kullanarak daha kısa periyotla (2014-2019) incelenmesi sonucu elde edilen model performansı, performans metrikleri ile değerlendirilmiş ve Çizelge 4. 5’de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. KKH PET modellerinin performans değerleri (2014-2019)

İstasyon Adı	Model Adı	R ²	NSE	Performans	OMH (mm)	KOKH (mm)
17898 Seydişehir	IDW	0.999	0.976	Çok İyi	6.630	7.481
	Sp-R	0.999	0.967	Çok İyi	7.956	8.842
	Sp-T	0.999	0.967	Çok İyi	7.946	8.832
	UK	0.999	0.986	Çok İyi	5.108	5.719
	OK-D	0.999	0.984	Çok İyi	5.485	6.219
	OK-E	0.999	0.984	Çok İyi	5.492	6.204
	OK-G	0.999	0.984	Çok İyi	5.485	6.236
	OK-K	0.999	0.984	Çok İyi	5.477	6.217
17191 Cihanbeyli	IDW	0.997	0.995	Çok İyi	2.659	3.568
	Sp-R	0.997	0.991	Çok İyi	3.455	4.857
	Sp-T	0.996	0.992	Çok İyi	3.369	4.577
	UK	0.998	0.995	Çok İyi	2.511	3.567
	OK-D	0.997	0.995	Çok İyi	2.567	3.495
	OK-E	0.998	0.995	Çok İyi	2.548	3.504
	OK-G	0.997	0.995	Çok İyi	2.566	3.489
	OK-K	0.998	0.995	Çok İyi	2.550	3.485
17902 Karapınar	IDW	0.999	0.999	Çok İyi	1.245	1.666
	Sp-R	0.999	0.987	Çok İyi	4.682	5.477
	Sp-T	0.999	0.999	Çok İyi	1.042	1.371
	UK	0.999	0.999	Çok İyi	1.236	1.519
	OK-D	0.999	0.999	Çok İyi	1.123	1.409
	OK-E	0.999	0.999	Çok İyi	1.117	1.374
	OK-G	0.999	0.999	Çok İyi	1.138	1.408
	OK-K	0.999	0.999	Çok İyi	1.120	1.397
18489 Bozkuş	IDW	0.998	0.998	Çok İyi	1.562	1.920
	Sp-R	0.997	0.982	Çok İyi	5.309	6.335
	Sp-T	0.996	0.995	Çok İyi	2.510	3.149
	UK	0.999	0.999	Çok İyi	1.098	1.366
	OK-D	0.999	0.999	Çok İyi	1.076	1.348
	OK-E	0.999	0.999	Çok İyi	1.147	1.432
	OK-G	0.999	0.999	Çok İyi	1.105	1.375
	OK-K	0.990	0.989	Çok İyi	1.914	4.814
18484 Kazımkarabekir	IDW	0.999	0.998	Çok İyi	1.774	2.254
	Sp-R	0.999	0.999	Çok İyi	1.385	1.797
	Sp-T	0.999	0.999	Çok İyi	1.523	1.915
	UK	0.999	0.998	Çok İyi	2.034	2.433
	OK-D	0.999	0.998	Çok İyi	1.880	2.351
	OK-E	0.999	0.998	Çok İyi	1.831	2.305
	OK-G	0.999	0.998	Çok İyi	1.926	2.436
	OK-K	0.999	0.998	Çok İyi	1.887	2.366

Çizelge 4. 5. KKH PET modellerinin performans değerleri (2014-2019) (devam)

İstasyon Adı	Model Adı	R ²	NSE	Performans	OMH (mm)	KOKH (mm)
18496 Halkapınar/İvriz	IDW	1.000	0.999	Çok İyi	1.166	1.514
	Sp-R	0.999	0.983	Çok İyi	5.172	6.311
	Sp-T	0.999	0.994	Çok İyi	2.920	3.710
	UK	0.999	0.998	Çok İyi	2.141	2.391
	OK-D	0.999	0.998	Çok İyi	1.780	1.994
	OK-E	0.999	0.998	Çok İyi	1.718	1.991
	OK-G	1.000	0.998	Çok İyi	1.782	1.999
	OK-K	0.999	0.998	Çok İyi	1.735	1.968
18213 Karatay(TAGEM)	IDW	0.999	0.998	Çok İyi	1.805	2.263
	Sp-R	0.997	0.990	Çok İyi	3.895	4.909
	Sp-T	0.998	0.994	Çok İyi	3.124	3.982
	UK	0.999	0.998	Çok İyi	1.845	2.328
	OK-D	0.999	0.998	Çok İyi	1.785	2.265
	OK-E	0.999	0.998	Çok İyi	1.736	2.237
	OK-G	0.998	0.998	Çok İyi	1.859	2.371
	OK-K	0.999	0.998	Çok İyi	1.822	2.303
18117 Sultanham	IDW	0.998	0.998	Çok İyi	1.424	2.340
	Sp-R	0.997	0.996	Çok İyi	1.899	2.945
	Sp-T	0.995	0.995	Çok İyi	1.780	3.431
	UK	0.998	0.998	Çok İyi	1.661	2.361
	OK-D	0.997	0.997	Çok İyi	1.842	2.663
	OK-E	0.998	0.998	Çok İyi	1.620	2.326
	OK-G	0.998	0.998	Çok İyi	1.712	2.370
	OK-K	0.998	0.998	Çok İyi	1.712	2.365
18502 Bor	IDW	1.000	0.996	Çok İyi	2.502	2.966
	Sp-R	1.000	0.998	Çok İyi	1.901	2.286
	Sp-T	1.000	0.999	Çok İyi	0.870	1.145
	UK	1.000	0.997	Çok İyi	2.342	2.837
	OK-D	1.000	0.996	Çok İyi	2.586	3.042
	OK-E	1.000	0.997	Çok İyi	2.431	2.903
	OK-G	1.000	0.996	Çok İyi	2.668	3.117
	OK-K	1.000	0.996	Çok İyi	2.562	3.022
18482 Güllağaç	IDW	0.999	0.998	Çok İyi	1.652	2.122
	Sp-R	0.997	0.994	Çok İyi	2.721	3.673
	Sp-T	0.998	0.995	Çok İyi	2.437	3.249
	UK	0.999	0.996	Çok İyi	2.611	3.007
	OK-D	0.999	0.998	Çok İyi	2.352	2.710
	OK-E	0.999	0.997	Çok İyi	2.388	2.738
	OK-G	0.999	0.997	Çok İyi	2.431	2.737
	OK-K	0.998	0.996	Çok İyi	2.564	2.992

Çizelge 4.5'e göre, elde edilen sonuçlar kullanılan tüm enterpolasyon yöntemlerinin aylık toplam PET tahmininde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. İstasyonların hepsinde tüm NSE değerleri "çok iyi" düzeyde tahmin başarısı elde edildiğini göstermektedir. Hemen hemen her istasyonda en yüksek aynı NSE değerine sahip birden fazla enterpolasyon metodu olduğu Çizelge 4.5'de görülmektedir. Bu duruma sahip olan istasyonlarda en başarılı metoda en düşük KOKH değerine göre karar verilmiştir. En başarılı modeller Çizelge 4.5'de kırmızı renk ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; Halkapınar/İvriz ve Güllağaç istasyonlarında IDW modelleri, Kazımkarabekir istasyonunda

Sp-R modeli, Karapınar ve Bor istasyonları için Sp-T modeli, Seydişehir istasyonu için UK modeli, Bozkır için OK-D modeli, Karatay(TAGEM) ve Sultanhanı istasyonları için OK-E modeli, Cihanbeyli istasyonu için ise OK-K modeli PET tahmininde en başarılı olan enterpolasyon metotları olmuştur.

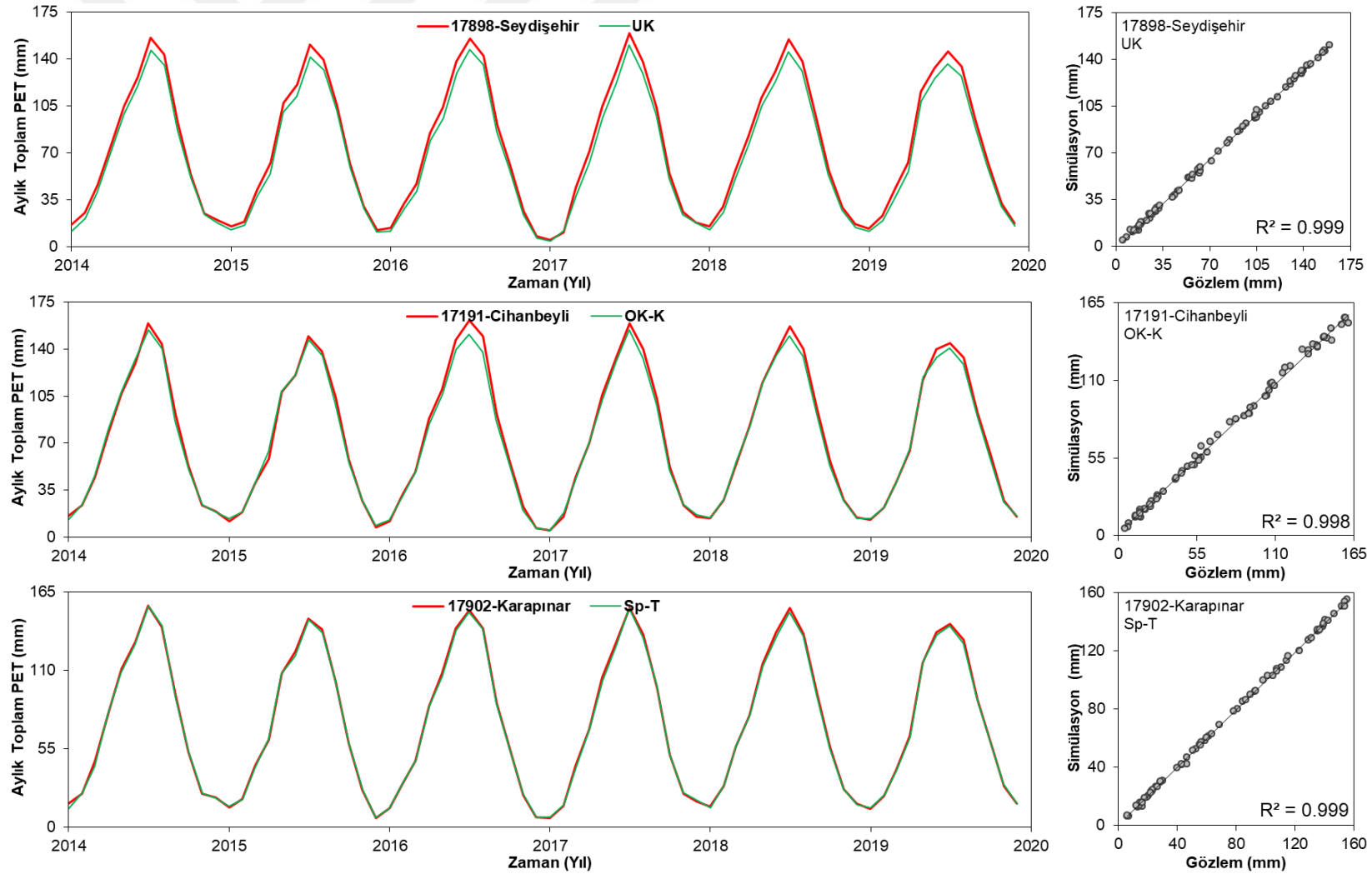
Şekil 4. 7'de 2014-2019 yılları arasında KKH test istasyonlarında en yüksek başarıya sahip enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen aylık PET değerleri ve gözlem PET değerlerine ait zaman serileri ve saçılım diyagramları verilmiştir.

Şekil 4. 7'de görüldüğü üzere; Karapınar, Bozkır, Kazımkarabekir, Halkapınar/İvriz ve Bor istasyonlarına ait PET modelleri en başarılı tahmin modelleri olmuştur. Bu modellerde NSE= 0.999'dur (Çizelge 4.5). Bu yüksek tahmin başarısı sonucunda, PET tahminlerinin istasyon davranışını oldukça uyumlu şekilde temsil ettiği görülmektedir. Gözlem ve simülasyon (model) verileri arasındaki uyumu en az yakalayan istasyon ise Seydişehir istasyonu olmuştur.

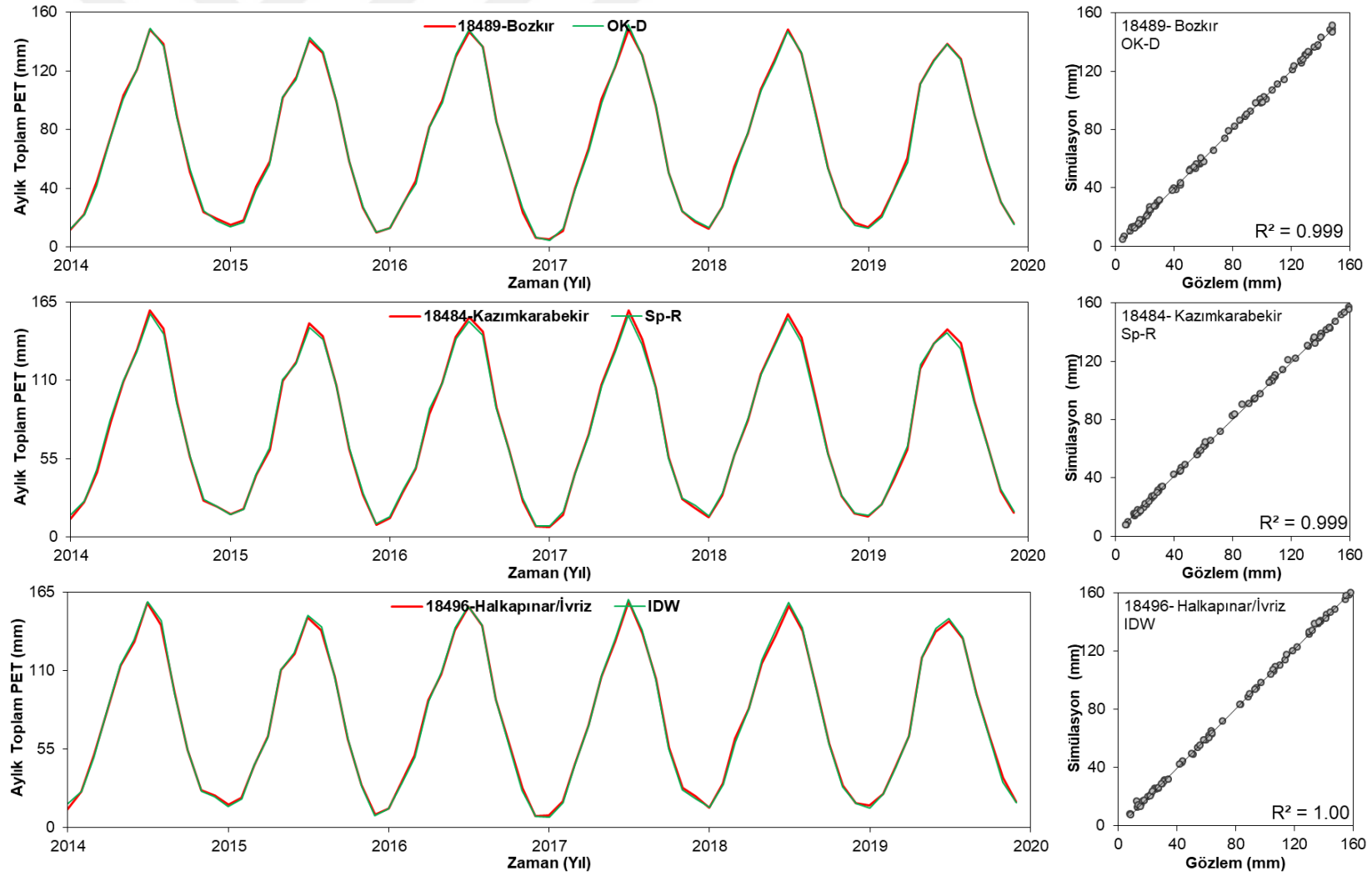
EK- 4'de 2014-2019 periyodu için gözlem- simülasyon (model) yıllık toplam PET-zaman grafikleri ve saçılım diyagramları verilmiştir.

EK- 4'de Seydişehir istasyonu yıllık zaman serisi ve saçılım diyagramına bakıldığında; UK modelinin istasyon PET değerlerine daha yakın olduğu görülmektedir. En başarısız yöntem ise Sp-R yöntemi olmuştur. Seydişehir istasyonun diğer istasyonlara göre daha az başarı yakaladığı da görülmektedir. EK-3 ve EK-4'de Seydişehir istasyonu karşılaştırıldığında; Seydişehir istasyonu civarında istasyon sayısının artmasıyla tüm yöntemlerde başarı oranı azalmıştır. EK- 3'de en başarılı model OK-G iken EK- 4'de en başarılı model UK olmuştur. Gözlem değerlerinin tahmin değerlerinin üstünde kaldığı durum her iki periyot için geçerli olmakla birlikte kısa periyotta daha belirgindir.

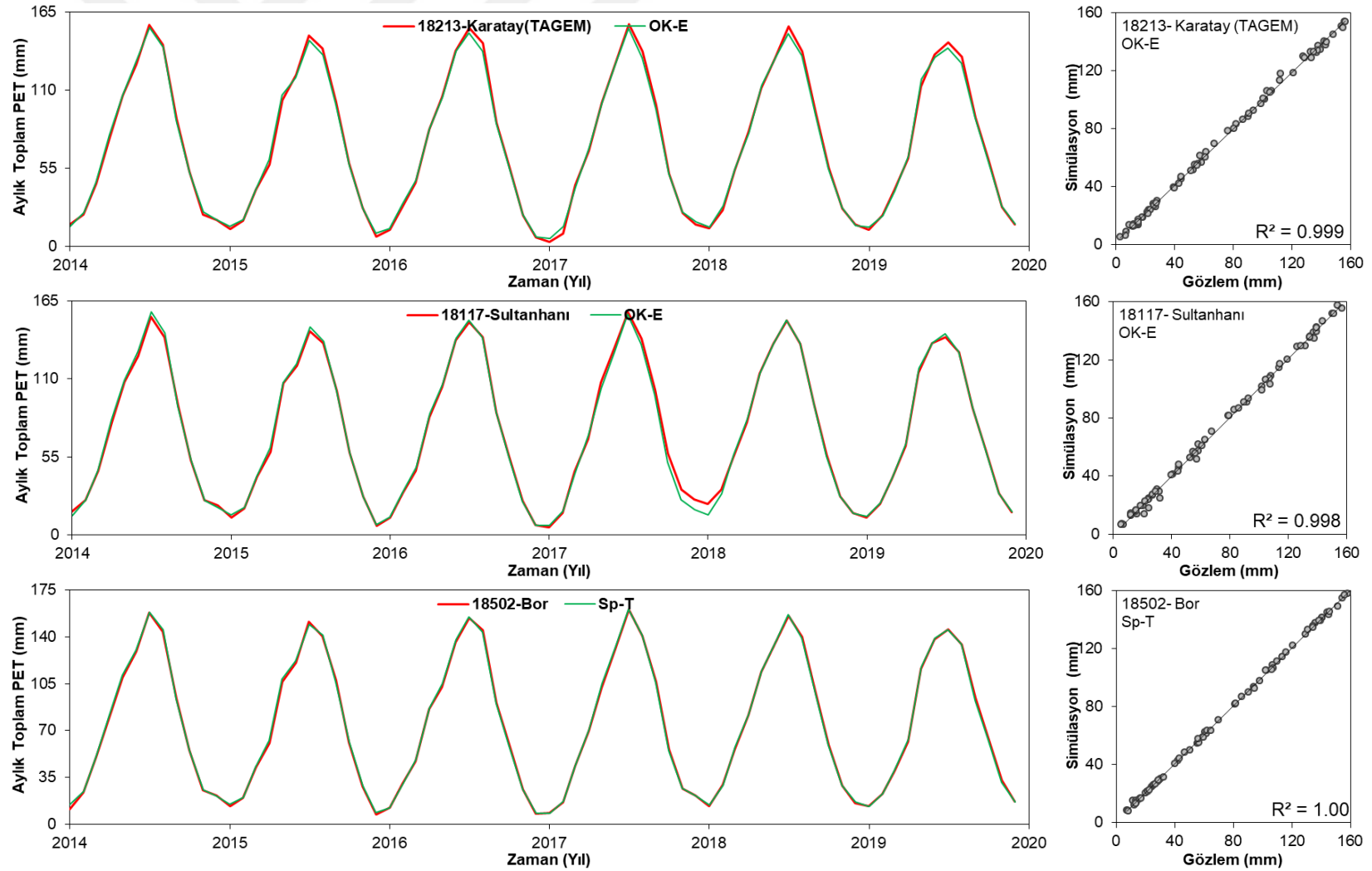
EK- 4'de Cihanbeyli istasyonu için inceleme yapıldığında; IDW ve Kriging modelleri yağışın davranışını daha başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Spline yöntemleri bu başarıyı yakalayamamış ve Sp-R modeli en az başarı gösteren yöntem olmuştur. Tahmin modelleri kendi içerisinde bir uyum yakalamıştır. EK-3 ve EK-4'de Cihanbeyli istasyonu karşılaştırıldığında; istasyon sayısının artmasıyla OK-D ve OK-E yöntemlerinde başarı artarken diğer yöntemlerde başarı azalmıştır.



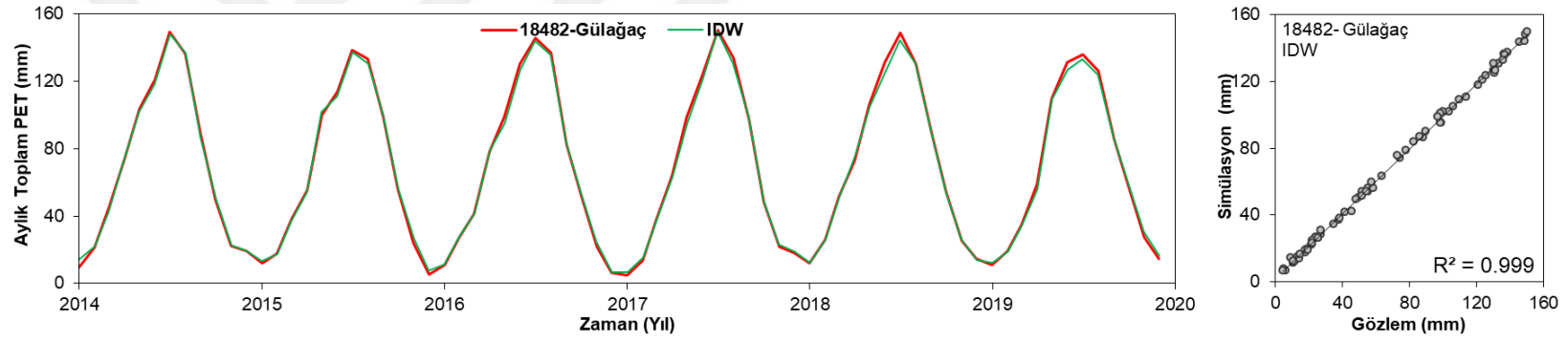
Şekil 4. 7. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramları



Şekil 4.7. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramları (devam)



Şekil 4.7. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramları (devam)



Şekil 4.7. 2014-2019 periyodu için gözlem ve modele ait aylık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramları (devam)

EK- 4'de Karapınar istasyonu zaman serisi ve saçılım diyagramına bakıldığında; Sp-T modeli en başarılı model olurken Sp-R modeli en az başarıyı göstermiştir. Saçılım diyagramında da Sp-R modelinin diğer modellerden uzak bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Sp-T, IDW Kriging yöntemleri birbirlerine oldukça yakın başarı elde etmişlerdir. Uzun ve kısa periyotta Karapınar istasyonu karşılaştırıldığında; istasyon sayısının artmasıyla Sp-R yöntemi dışında modeller üzerindeki başarı düzeyi artmıştır.

EK- 4 Bozkır istasyonu için incelendiğinde; UK, OK-D, OK-E, OK-G ve IDW modelleri birbirine yakın başarılar gösterirken Sp-R ve OK-K modellerinin daha az başarı gösterdiği görülmektedir. Bu durum saçılım diyagramında da net şekilde görülmektedir. EK- 4'de Kazımkarabekir istasyonu için inceleme yapıldığında; Spline modellerinin diğer modellere üstünlük sağladığı görülmektedir. Sp-R modeli PET verilerine en yaklaşan model olmuştur. IDW ve Kriging yöntemleri de birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Modellerin hepsi PET verileriyle büyük uyum içindedir.

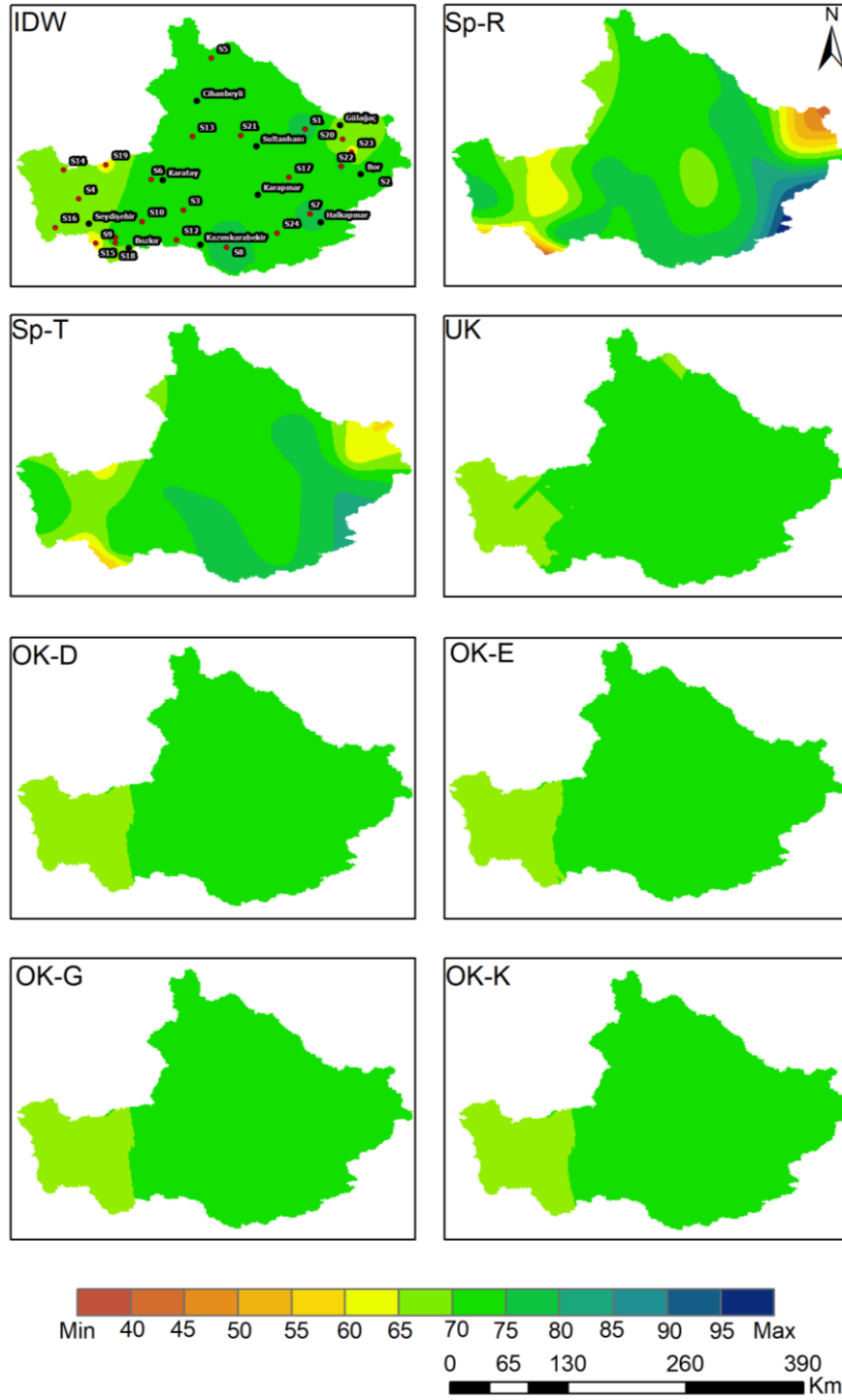
EK- 4 Halkapınar-İvriz istasyonu için incelendiğinde; IDW yönteminin tahmin değerleri PET verilerini diğer yöntemlere kıyasla daha başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Kriging yöntemleri birbirine yakın şekilde başarılar elde ederek PET dağılımını temsil ederken en az başarıyı Sp-R yöntemi göstermiştir. Saçılım diyagramında da yöntemlerin başarı sıraları net şekilde görülmektedir.

EK- 4'de Karatay (TAGEM) istasyonu zaman serisi ve saçılım diyagramına bakıldığında; Kriging yöntemlerinin tahminleri diğer yöntemlere kıyasla gözlem verilerine daha yakın sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Modeller kendi içinde değerlendirildiğinde en düşük başarıyı Sp-R modeli göstermektedir. EK- 4 Sultanhanı istasyonu için incelendiğinde; IDW ve Kriging yöntemlerinin birbirine yakın başarı elde ettiği, Spline yöntemlerinin bu başarıyı yakalayamadığı gözlemlenmiştir. Modeller kendi içinde uyumludur. Sp-T modelinin 2015 yılındaki değeri bu uyumu bozmaktadır.

EK- 4 Bor istasyonu için incelendiğinde; Sp-T model tahminlerinin en yüksek başarıyı gösterdiği görülmektedir. Modeller PET verileri ile dağılım olarak uyum içindedir.

EK- 4 Gülağaç istasyonu için incelendiğinde; IDW yönteminin, istasyon verilerini en başarılı temsil eden yöntem olduğu görülmektedir. Kriging ve Spline yöntemlerinin kendi içlerinde birbirine yakın performanslar sergilediği görülmektedir.

2014-2019 yılları arasında KKH için uygulanan enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen aylık toplam PET verilerinin havzadaki alansal dağılımına ait haritalar Şekil 4. 6'de verilmiştir. Bu periyotta alansal dağılımda kullanılan istasyonlar Çizelge 3.2'de belirtilen istasyon kodları kullanılarak, test istasyonlarının ise isimleri kullanılarak IDW haritası üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4. 8. 2014-2019 periyodu için aylık toplam PET modelleri haritası

Şekil 4. 8 incelendiğinde; IDW yönteminde ortalama aylık toplam PET miktarının 59 ile 77 mm arasında değiştiği görülmektedir. IDW modelinde maksimum PET miktarı Aksaray (S1), Ereğli (S7), Halkapınar ve Karaman (S8) istasyonları çevresinde, minimum PET miktarı Derbent (S19), Seydişehir/Alacabel (S9), Bozkır/Sorkun (S18) ve Çiftlik (S23) istasyonları çevresindedir. Sp-R yönteminde aylık toplam PET miktarı 38 ile 102 mm arasında değişmektedir. Sp-R modeli minimum PET miktarı Kızılırmak ve Antalya Havzası, maksimum PET miktarı ise Doğu Akdeniz Havzası sınırındadır. Sp-T yönteminde aylık toplam PET miktarı 54 ile 82 mm arasında değişmektedir. Sp-T modeli minimum PET miktarı Antalya ve Doğu Akdeniz Havzası, maksimum PET miktarı ise Doğu Akdeniz Havzası sınırındadır. UK, OK-D, OK-E, OK-G ve OK-K yöntemlerinde aylık toplam PET miktarı 66 ile 75 mm arasında dağılım göstermektedir. Kriging yöntemleri birbirine benzer bir dağılım göstermektedir. Genel olarak havzanın batı kesiminde minimum değerler hakimken diğer bölgelerde maksimum değerler hakimdir.

Az istasyonun kullanıldığı uzun periyot (1971-2019) ve çok istasyonun kullanıldığı kısa periyot (2014-2019) için enterpolasyon metodlarının aylık PET miktarı tahminindeki başarısının karşılaştırılabilmesi için her iki periyotta da ortak test istasyonu olan Seydişehir, Cihanbeyli ve Karapınar istasyonlarının model performansı, performans metrikleri ile değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.6). Aynı NSE değerlerine sahip modellerde en başarılı (başarısız) modele en küçük (en büyük) KOKH değerine göre karar verilmiştir. Seydişehir istasyonunda uzun periyotta en başarılı model NSE=0.996 ile OK-G iken kısa periyotta en başarılı model NSE=0.986 ile UK'dır. Seydişehir istasyonu PET modellerinde uzun periyottan kısa periyota geçişlerde NSE değerleri hep düşüş göstermiştir. Her iki periyotta da PET tahmininde en düşük başarıya sahip metod Sp-R olmuştur. Cihanbeyli istasyonunda uzun periyotta en başarılı model UK iken kısa periyotta en başarılı model OK-K'dır. Uzun periyotta OK-D ve OK-E modeli sırasıyla NSE=0.992 ve NSE=0.990 iken her iki modelde de kısa periyotta NSE=0.995'e yükselmiştir. OK-D ve OK-E modelleri dışındaki modellerde, uzun periyoda göre kısa periyotta daha düşük NSE değerleri gözlenmiştir. Karapınar istasyonu için uzun periyotta en başarılı model NSE=0.998 değeri ile UK modeli iken kısa periyotta en başarılı model NSE=0.999 değerine sahip modeller arasında minimum KOKH=1.371 değerine sahip Sp-T modeli olmuştur. Bu istasyonda uzun periyoda göre kısa periyotta daha düşük NSE değerinin elde edildiği tek model Sp-R modeli olmuştur, diğer modellerde NSE değeri yükselmiştir.

Çizelge 4. 6. KKH PET modellerinin performans değerleri (uzun ve kısa periyot)

İstasyon Adı	Model Adı	1971-2019 Periyodu			2014-2019 Periyodu			Değişim
		NSE	Performans	KOKH (mm)	NSE	Performans	KOKH (mm)	
17898 Seydişehir	IDW	0.993	Çok İyi	4.062	0.976	Çok İyi	7.481	↓
	Sp-R	0.984	Çok İyi	6.108	0.967	Çok İyi	8.842	↓
	Sp-T	0.990	Çok İyi	4.786	0.967	Çok İyi	8.832	↓
	UK	0.995	Çok İyi	3.474	0.986	Çok İyi	5.719	↓
	OK-D	0.995	Çok İyi	3.375	0.984	Çok İyi	6.219	↓
	OK-E	0.995	Çok İyi	3.457	0.984	Çok İyi	6.204	↓
	OK-G	0.996	Çok İyi	3.047	0.984	Çok İyi	6.236	↓
	OK-K	0.995	Çok İyi	3.366	0.984	Çok İyi	6.217	↓
17191 Cihanbeyli	IDW	0.997	Çok İyi	2.829	0.995	Çok İyi	3.568	↓
	Sp-R	0.998	Çok İyi	2.394	0.991	Çok İyi	4.857	↓
	Sp-T	0.998	Çok İyi	2.382	0.992	Çok İyi	4.577	↓
	UK	0.998	Çok İyi	2.276	0.995	Çok İyi	3.567	↓
	OK-D	0.992	Çok İyi	4.506	0.995	Çok İyi	3.495	↑
	OK-E	0.990	Çok İyi	4.845	0.995	Çok İyi	3.504	↑
	OK-G	0.998	Çok İyi	2.325	0.995	Çok İyi	3.489	↓
	OK-K	0.997	Çok İyi	2.909	0.995	Çok İyi	3.485	↓
17902 Karapınar	IDW	0.997	Çok İyi	2.436	0.999	Çok İyi	1.666	↑
	Sp-R	0.993	Çok İyi	4.092	0.987	Çok İyi	5.477	↓
	Sp-T	0.994	Çok İyi	3.698	0.999	Çok İyi	1.371	↑
	UK	0.998	Çok İyi	2.166	0.999	Çok İyi	1.519	↑
	OK-D	0.996	Çok İyi	2.977	0.999	Çok İyi	1.409	↑
	OK-E	0.997	Çok İyi	2.564	0.999	Çok İyi	1.374	↑
	OK-G	0.971	Çok İyi	8.254	0.999	Çok İyi	1.408	↑
	OK-K	0.997	Çok İyi	2.643	0.999	Çok İyi	1.397	↑

4.3. Yeraltı Su Seviyesi (YASS) Alansal Enterpolasyon Sonuçları

Ülkemizde tarımsal açılarından önemli bir yere sahip olan KKH, yağış miktarı bakımından Türkiye ortalamasının oldukça altında olmasına karşın su tüketimi bakımından ortalamanın oldukça üzerindedir. Yüzey suyu kaynakları yeterli düzeylerde olmaması nedeniyle alternatif olarak yeraltı suyu kaynakları tercih edilmektedir. Özellikle yağışın az olduğu dönemlerde yeraltı suyu kaynakları yeterince beslenememektedir. Bununla birlikte bilinçsiz tarım uygulamalarının (vahşi sulama, ruhsatsız kuyularının kullanımı) artışıyla su seviyesi düşmektedir. Bazı dönemlerde kuraklığa bağlı olarak kullanılabilir su miktarı oldukça azalmaktadır. Tarımın sürdürülebilirliği ve su kaynaklarının devamlılığı açısından yüzey suyu tespiti kadar yeraltı suyu seviyelerinin tespit edilmesi de büyük önem arz etmektedir. Havzada kaydı olmayan çok sayıda kaçak yeraltı suyu kuyusu bulunmaktadır. Bu nedenle yeraltı suyunun kontrolü sağlanamamaktadır.

Bu çalışmada, KKH yeraltı suyu profilini en iyi temsil eden enterpolasyon yöntemini tespit etmek amaçlanmıştır. Havza sınırları içerisinde 2002-2019 yılları (18 yıl*12 ay=216 ay) arasında yeterli veri uzunluğuna sahip 39 kuyu belirlenmiştir. Bu kuyular içerisinde 30 yeraltı suyu kuyusuna ait aylık su seviyesi ölçümleri (yeryüzü kotu ile kuyu su kotu arasındaki değişim miktarı) kullanılarak enterpolasyon metotları uygulanmış ve alansal tahminler gerçekleştirilmiştir. Uygulanan enterpolasyon yöntemleri Çizelge 3.3’de belirtilen 9 kuyu ile test edilerek değerlendirilmiştir.

2002-2019 yılları arasında YASS değerleri ile uygulanan enterpolasyon yöntemlerinin model performansı, performans metrikleri ile değerlendirilmiş, en başarılı model en yüksek NSE değerine göre tespit edilerek kırmızı renk ile Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

13314-62887, 9434, 10472 ve 53704 nolu gözlem kuyularında IDW modelleri uygulanan enterpolasyon metotları içinde en başarılı metot olmuştur. Bununla birlikte bu istasyonlarda sadece 13314-62887 ve 9434 nolu istasyonlarda sırasıyla $NSE=0.779$ (çok iyi) ve $NSE=0.453$ (yetersiz) değerleriyle pozitif NSE değerleri elde edilmiş diğerlerinde negatif NSE değerlerine ulaşılmıştır.

5649 ve 53707 nolu gözlem kuyuları için en iyi performansı gösteren Sp-T modellerinin NSE değeri sırasıyla 0.802 ve -9.535 olarak hesaplanmıştır. Sp-T modelleri sırasıyla “çok iyi” ve “yetersiz” düzeyde tahmin başarısı göstermiştir. 41941 nolu kuyu UK modeli $NSE=-3.024$ değeri ile “yetersiz” düzeyde tahmin başarısı göstermiştir. 52267 (13312) nolu kuyu OK-G modeli $NSE=0.896$ değeri ile “çok iyi” düzeyde tahmin başarısı göstermiştir. 52260(212) nolu gözlem kuyusunda OK-K modeli $NSE=0.864$ değeri ile en yüksek tahmin başarısını göstermiştir. OK-K modeli 52260(212) nolu kuyuda “çok iyi” düzeyde tahmin başarısı elde etmiştir. Test kuyuları için elde edilen en başarılı modeller birbiri ile kıyaslandığında ise en yüksek başarı 52267 (13312) nolu kuyuda elde edilirken en düşük başarı 53707 nolu kuyuda elde etmiştir.

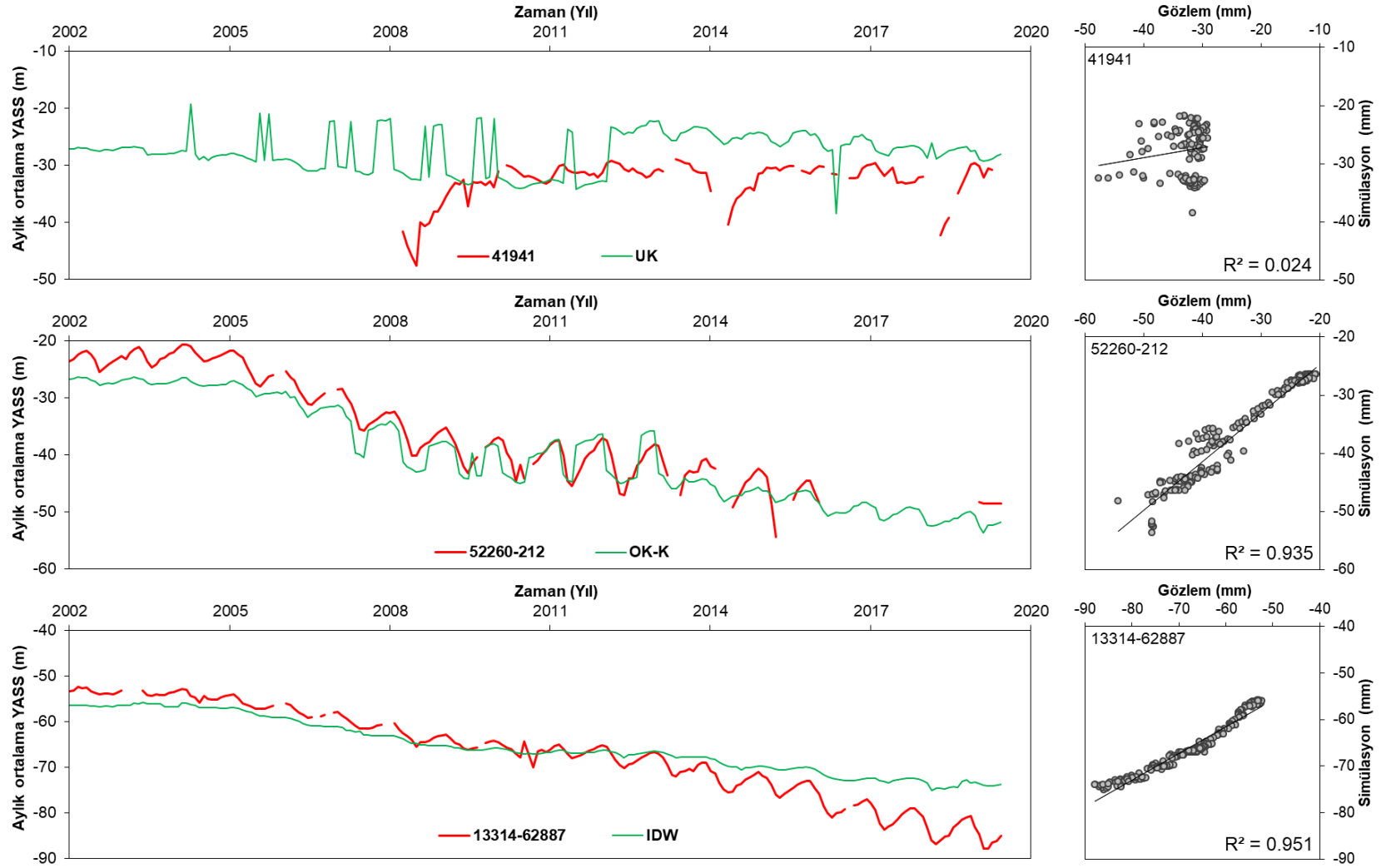
Çizelge 4. 7. KKH YASS modellerinin performans değerleri (2002-2019)

İstasyon Adı	Model Adı	R ²	NSE	Performans	OMH (m)	KOKH (m)
41941	IDW	0.010	-45.120	Yetersiz	23.501	23.783
	Sp-R	---	---	---	---	---
	Sp-T	---	---	---	---	---
	UK	0.024	-3.024	Yetersiz	5.846	7.025
	OK-D	0.074	-5.699	Yetersiz	7.500	9.064
	OK-E	0.007	-3.276	Yetersiz	5.858	7.241
	OK-G	0.032	-6.261	Yetersiz	8.226	9.436
OK-K	0.097	-6.052	Yetersiz	7.767	9.300	
52260(212)	IDW	0.948	0.675	Çok iyi	4.475	5.121
	Sp-R	---	---	---	---	---
	Sp-T	0.872	-8.964	Yetersiz	27.835	28.375
	UK	0.828	0.809	Çok iyi	3.429	3.931
	OK-D	0.922	0.825	Çok iyi	3.304	3.765
	OK-E	0.899	0.862	Çok iyi	2.886	3.339
	OK-G	0.863	0.776	Çok iyi	3.753	4.256
OK-K	0.935	0.864	Çok iyi	2.882	3.312	
13314-62887	IDW	0.951	0.779	Çok iyi	3.446	4.619
	Sp-R	0.953	-2.638	Yetersiz	18.359	18.739
	Sp-T	0.955	-0.649	Yetersiz	12.009	12.618
	UK	0.538	-9.887	Yetersiz	31.712	32.419
	OK-D	0.803	-9.720	Yetersiz	31.744	32.169
	OK-E	0.859	-9.658	Yetersiz	31.762	32.076
	OK-G	0.154	-6.988	Yetersiz	26.158	27.769
OK-K	0.901	-9.957	Yetersiz	32.237	32.523	
52267 (13312)	IDW	0.932	0.805	Çok iyi	1.606	3.360
	Sp-R	0.702	0.208	Yetersiz	5.223	6.775
	Sp-T	0.857	0.828	Çok iyi	0.510	3.158
	UK	0.876	0.825	Çok iyi	0.100	3.186
	OK-D	0.900	0.858	Çok iyi	0.506	2.864
	OK-E	0.905	0.847	Çok iyi	0.365	2.974
	OK-G	0.915	0.896	Çok iyi	0.031	2.457
OK-K	0.908	0.848	Çok iyi	0.546	2.965	
5649	IDW	0.890	-0.443	Yetersiz	5.658	5.887
	Sp-R	0.879	0.723	Çok iyi	2.280	2.579
	Sp-T	0.892	0.802	Çok iyi	1.920	2.179
	UK	0.624	-6.551	Yetersiz	13.127	13.470
	OK-D	0.739	-7.863	Yetersiz	14.371	14.593
	OK-E	0.771	-7.959	Yetersiz	14.482	14.672
	OK-G	0.763	-6.024	Yetersiz	12.675	12.992
OK-K	0.764	-7.938	Yetersiz	14.459	14.655	
9434	IDW	0.912	0.453	Yetersiz	6.018	6.196
	Sp-R	0.917	0.103	Yetersiz	7.755	7.937
	Sp-T	0.915	0.324	Yetersiz	6.721	6.887
	UK	0.609	-7.318	Yetersiz	23.580	24.165
	OK-D	0.841	-7.511	Yetersiz	24.045	24.443
	OK-E	0.841	-7.081	Yetersiz	23.496	23.817
	OK-G	0.285	-5.767	Yetersiz	20.610	21.795
OK-K	0.875	-7.566	Yetersiz	24.192	24.522	

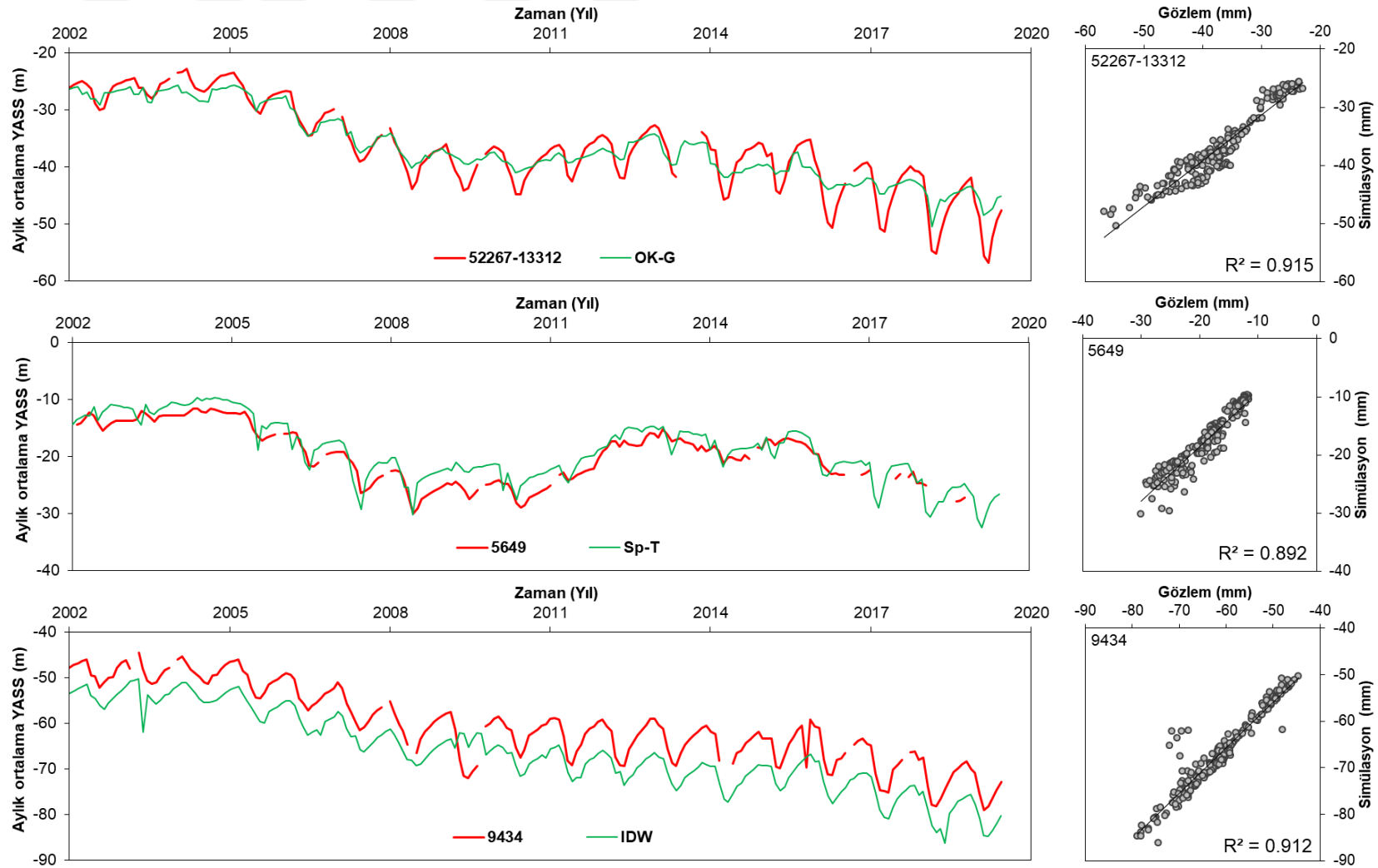
Çizelge 4. 7. KKH YASS modellerinin performans değerleri (2002-2019) (devamı)

İstasyon Adı	Model Adı	R ²	NSE	Performans	OMH (m)	KOKH (m)
10472	IDW	0.416	-8.223	Yetersiz	12.003	12.621
	Sp-R	0.286	-48.741	Yetersiz	27.123	29.309
	Sp-T	0.356	-29.856	Yetersiz	21.606	23.084
	UK	0.355	-14.960	Yetersiz	16.211	16.602
	OK-D	0.410	-15.125	Yetersiz	16.331	16.688
	OK-E	0.416	-15.196	Yetersiz	16.405	16.724
	OK-G	0.387	-12.555	Yetersiz	14.698	15.300
	OK-K	0.417	-15.409	Yetersiz	16.517	16.834
53704	IDW	0.646	-0.291	Yetersiz	1.877	2.234
	Sp-R	0.401	-40.467	Yetersiz	12.093	12.658
	Sp-T	0.203	-5.462	Yetersiz	4.459	4.997
	UK	0.514	-1.105	Yetersiz	2.588	2.852
	OK-D	0.502	-0.789	Yetersiz	2.342	2.630
	OK-E	0.511	-1.476	Yetersiz	2.783	3.093
	OK-G	0.271	-0.305	Yetersiz	1.972	2.245
	OK-K	0.592	-0.929	Yetersiz	2.456	2.730
53707	IDW	0.029	-33.197	Yetersiz	10.284	10.537
	Sp-R	0.023	-33.394	Yetersiz	9.821	10.568
	Sp-T	0.024	-9.535	Yetersiz	5.417	5.849
	UK	0.015	-63.167	Yetersiz	13.895	14.434
	OK-D	0.003	-63.497	Yetersiz	14.060	14.471
	OK-E	0.000	-62.679	Yetersiz	13.956	14.379
	OK-G	0.015	-69.695	Yetersiz	14.877	15.151
	OK-K	0.001	-64.148	Yetersiz	14.126	14.544

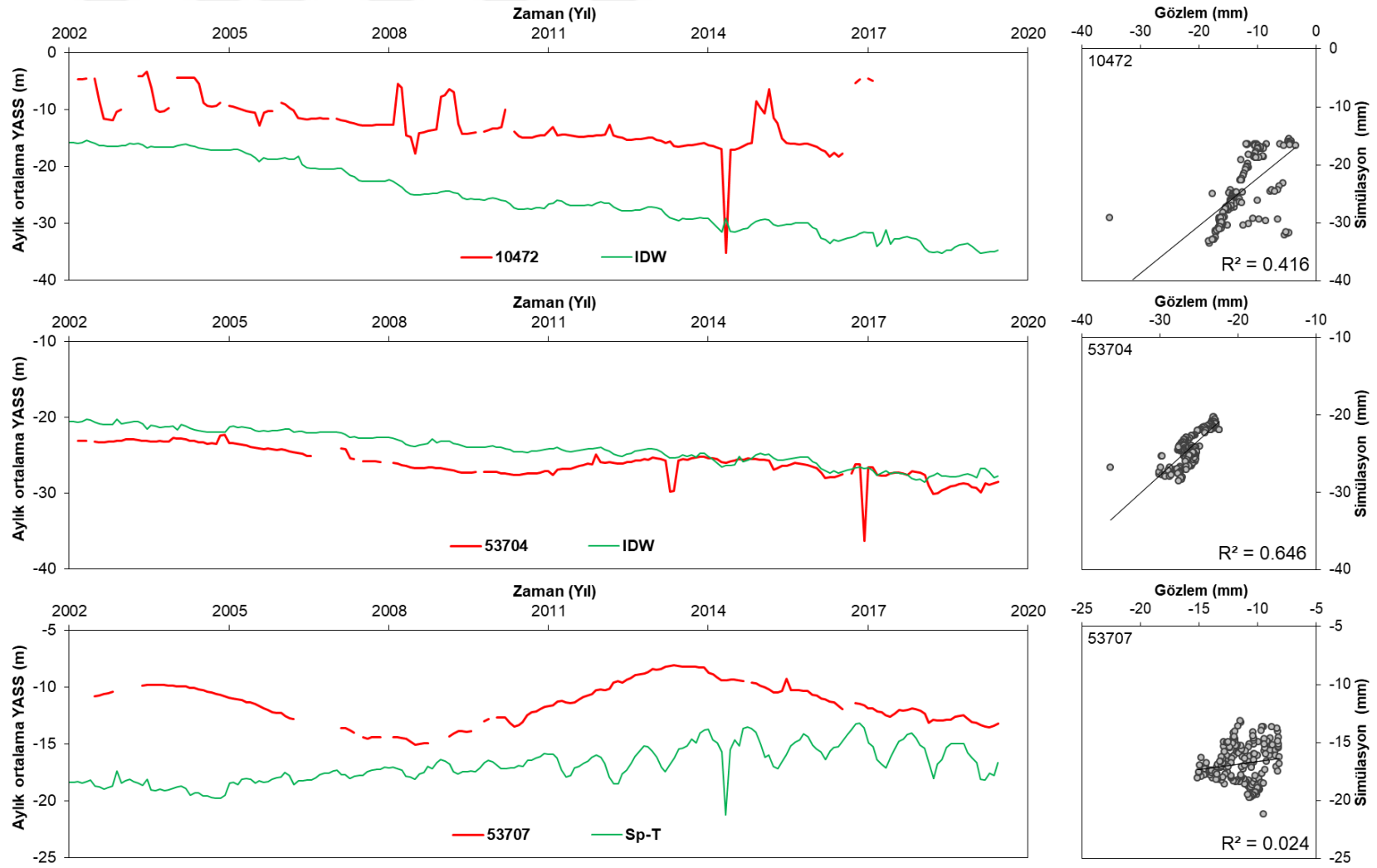
Şekil 4. 9'da 2002-2019 yılları arasında KKH test istasyonlarında en yüksek başarıya sahip yöntemlerin gözlem ve simülasyon (model) aylık ortalama YASS-zaman grafikleri ve saçılım diyagramları verilmiştir. Şekil 4. 9'da görüldüğü üzere; 52267 (13312), 52260 (212), 5649 ve 13314-62887 nolu gözlem kuyularına ait olan YASS modelleri en başarılı tahmin modelleri olmuştur. Bu modellerin NSE değerleri sırasıyla 0.896, 0.864, 0.802 ve 0.779'dur (Çizelge 4.7). Bu yüksek tahmin başarısı sonucunda, YASS tahminlerinin bu gözlem kuyularının davranışına oldukça uyumlu şekilde temsil ettiği görülmektedir. 9434 nolu gözlem kuyusuna ait zaman serisi ve saçılım diyagramlarında ölçüm verileri ve tahmin verileri arasında bir uyum söz konusudur. Fakat bu uyum kabul edilebilir düzeyde değildir. 41941, 10472, 53704 ve 53707 nolu gözlem kuyularının gözlem ve simülasyon (model) verileri arasında bir uyum tespit edilememiştir. Bu kuyular tüm yöntemlerde başarısız olmuşlardır.



Şekil 4. 9. KKH gözlem- model aylık ortalama YASS zaman serisi ve saçılım diyagramı (2002-2019)



Şekil 4. 9. KKH gözlem- model aylık ortalama YASS zaman serisi ve saçılım diyagramı (2002-2019) (devamı)



Şekil 4. 9. KKH gözlem- model aylık ortalama YASS zaman serisi ve saçılım diyagramı (2002-2019) (devamı)

EK- 5'de 2002-2019 yılları arasında KKH için gözlem- simülasyon (model) yıllık ortalama YASS-zaman grafikleri ve saçılım diyagramları verilmiştir. EK- 5'de 41941 nolu gözlem kuyusuna ait zaman serisi ve saçılım diyagramına bakıldığında; UK modelinin kuyunun ölçüm değerlerine daha yakın tahminlerde bulunduğu görülmektedir. En uzak kalan yöntem ise IDW yöntemi olmuştur. Tüm modellerdeki aylık verilerle elde edilen başarısızlık yıllık ortalamalarda da görülmektedir. Spline modellerinin tüm değerleri pozitif olduğundan grafikler üzerinde gösterilmemiştir. EK- 5'de 52260 (212) nolu gözlem kuyusu için inceleme yapıldığında; Kriging ve IDW modelleri YASS davranışını başarılı şekilde temsil ettiği görülmektedir. Spline yöntemleri bu başarıyı yakalayamamıştır. Sp-R modelinin tüm değerleri pozitif olduğundan grafikler üzerinde gösterilmemiştir. Sp-T modeli ise en az başarı gösteren model olmuştur. EK- 5'de 13314-62887 nolu gözlem kuyusu zaman serisi ve saçılım diyagramına bakıldığında; IDW modeli en başarılı model olurken diğer modeller başarısız olmuştur. Saçılım diyagramında Spline modelleri, Kriging modellerine göre daha benzer bir dağılım gösterdiği görülmektedir.

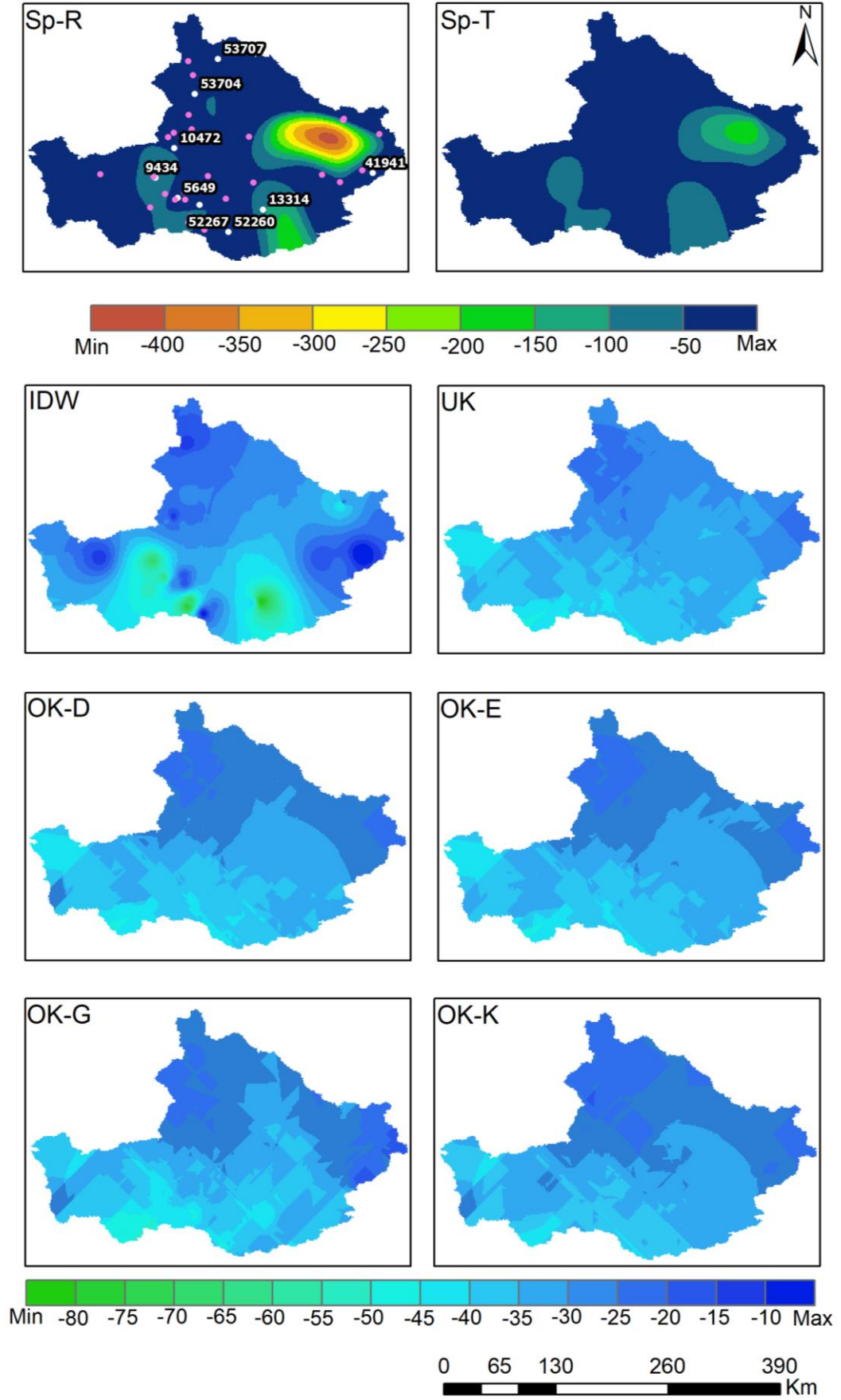
EK- 5'de 52267 (13312) nolu gözlem kuyusu için incelendiğinde; tüm modeller birbirine yakın başarılar gösterirken Sp-R modeli daha az başarı gösterdiği görülmektedir. 52267 (13312) nolu gözlem kuyusu diğer kuyularla kıyaslandığında, en başarılı kuyu olmuştur (Çizelge 4. 7). Bu durum yıllık grafiklerde de görülmektedir. EK- 5'de 5649 nolu gözlem kuyusu için inceleme yapıldığında; Spline modellerinin diğer modellere üstünlük sağladığı görülmektedir. Sp-T modeli YASS verilerine en yaklaşan model olmuştur. Spline modelleri dışında kalan modeller başarısız olmuştur. Kriging yöntemleri kendi içinde birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. IDW modeli YASS dağılımına Kriging modellerinden daha yakın olmasına rağmen başarılı olamamıştır.

EK- 5'de 9434 nolu gözlem kuyusu için incelendiğinde; IDW ve Spline yönteminin tahmin değerleri YASS verilerini diğer yöntemlere kıyasla daha yakın değerler ile temsil ettiği görülmektedir. Kriging yöntemleri birbirine yakın şekilde tahminler elde ederek YASS dağılımını temsil ederken en az başarıyı OK-K yöntemi göstermiştir. Zaman serisi ve saçılım diyagramında da görüleceği üzere modeller kabul edilebilir düzeyde başarı elde edememiştir. EK- 5'de 10472 nolu gözlem kuyusu zaman serisi ve saçılım diyagramına bakıldığında; IDW yönteminin tahminleri diğer yöntemlere kıyasla gözlem verilerine daha yakın sonuçlar elde ettiği görülmektedir. Modeller kendi içinde değerlendirildiğinde en

düşük başarıyı Sp-R modeli göstermektedir. 10472 nolu gözlem kuyusu için elde edilen modeller istenilen düzeyde başarı elde edememiştir.

EK- 5'de 53704 nolu gözlem kuyusu için incelendiğinde; zaman serisi ve saçılım diyagramı karşılaştırıldığında IDW ve Kriging yöntemlerinin birbirine yakın sonuçlar elde ettiği, Spline yöntemlerinin bu yakınlığı yakalayamadığı gözlemlenmiştir. Modeller kendi içinde değerlendirildiğinde en düşük başarıyı Sp-R modelinin gösterdiği görülmektedir. 53704 nolu gözlem kuyusu için elde edilen modeller kabul edilir düzeyde başarı elde edememiştir. EK- 5'de 53707 nolu gözlem kuyusu için incelendiğinde; Sp-T model tahminlerinin diğer modellere göre daha başarılı tahminler gösterdiği görülmektedir. Kriging yöntemlerinin kendi içlerinde birbirine yakın performanslar sergilediği görülmektedir. Sp-R modeli 2017 yılından itibaren pozitif tahminler üretmiş ve bu değerler sıfır olarak değerlendirilmiştir. 53707 nolu kuyuya ait modeller istenilen düzeyde başarı elde edememiştir.

2002-2019 yılları arasında KKH için uygulanan enterpolasyon yöntemleri ile elde edilen YASS derinliği (yer altı su seviyesinin yeryüzüne mesafesi) verilerinin havzadaki alansal dağılımına ait haritalar Şekil 4. 6'da verilmiştir. Kullanılan test kuyularının kodları ve konumları, alansal dağılımda kullanılan kuyuların ise sadece konumları olmak üzere Şekil 4.10'da görülmektedir. Yer altı su seviyesinin yeryüzüne mesafesi (alçalma miktarı) negatif değerlerle temsil edilmiştir. Şekil 4. 10'daki YASS dağılım haritalarına bakıldığında; Sp-R yönteminde aylık ortalama YASS derinliğinin 0 m ile -41 m arasında değiştiği görülmektedir. Sp-T yönteminde ise aylık ortalama YASS derinliği 0 ile -183 m arasında değişmektedir. 9434 ve 13314 nolu kuyuların çevresinde YASS derinliği -50 m ile -100 m arasında değişmektedir. Havzanın diğer kesimlerinde derinlik 0 ve -50 m civarında olduğu görülmektedir. IDW yönteminde aylık ortalama YASS derinliği -3 ile -82 m arasında değişmektedir. 9434 ve 13314 nolu kuyuların çevresinde YASS derinliği en düşük seviyelerdedir. Kriging yöntemlerinden farklı olarak üç noktada seviyeler ciddi şekilde düşüşe geçmiştir. Aylık ortalama YASS derinliği; UK yönteminde -21 ile -46 m, OK-D yönteminde -21 ile -48 m, OK-E yönteminde -21 ile -46 m, OK-G yönteminde -18 ile -53 m ve OK-K yönteminde -20 ile -45 m arasında değişmektedir. Kriging yöntemleri birbirine benzer bir dağılım göstermektedir. Havzanın kuzey kesiminde maksimum değerler hakim iken diğer bölgelerde minimum değerler hakimdir.



Şekil 4. 10. KKH aylık ortalama YASS modelleri haritası (2002-2019)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında uzun gözlem periyotlarına sahip meteoroloji istasyonlarının ve gözlem kuyularının hidrolojik verileri kullanılarak, bu verilerin bilinmediği noktalarda uygun tahminler elde edilerek en iyi performansı gösteren enterpolasyon yöntemini tespit etmek amacıyla 8 farklı enterpolasyon uygulaması yapılmıştır. Literatürde en sık kullanılan deterministik yöntemlerden IDW ve Spline yöntemi [Regularized Spline (Sp-R) ve Tension Spline (Sp-T)], jeoistatistik yöntemlerden ise OK ve UK kullanılarak karşılaştırılmıştır. Jeostatistik yöntemler ile oluşturulan modellerde OK için Dairesel (OK-D), Exponential (OK-E), Gaussian (OK-G), Küresel (OK-K) yarı variogram modelleri ve UK için de Stable yarı variogram modeli ile tahminler yapılmış ve performansları değerlendirilmiştir.

Çalışmada aylık toplam yağış, aylık toplam PET ve yeraltı suyu statik su seviyesi verileri kullanılmıştır. Yağış ve PET için 1971-2019 periyodunda az istasyonla ve 2014-2019 periyodunda çok istasyonla olmak üzere uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Yeraltı suyu verileri için ise 2002-2019 periyodu için enterpolasyon modelleri uygulanmıştır. Farklı şekillerde gerçekleştirilen enterpolasyon uygulamalarında elde edilen sonuçlar ve çıkarımlar şu şekildedir:

1971-2019 yılları arasında 11 istasyonun 8 tanesi enterpolasyon metotları ile alansal dağılımda kullanılmak suretiyle geriye kalan 3 istasyona (Seydişehir, Cihanbeyli ve Karapınar) ait aylık toplam yağış verileri tahmin edilmiştir. Uygulanan 8 farklı enterpolasyon metodunun performansı değerlendirildiğinde Seydişehir, Cihanbeyli ve Karapınar istasyonlarında yağış tahmininde NSE metriğine göre sırasıyla 0.561 (yeterli düzeyde), 0.721 (iyi düzeyde) ve 0.704 (iyi düzeyde) değerleri elde edilmiştir. Seydişehir, Cihanbeyli ve Karapınar istasyonlarında en başarılı enterpolasyon metotları sırasıyla Sp-R, Sp-T ve OK-G olmuştur.

2014-2019 periyodunda ise aylık toplam yağışa ait alansal dağılım daha fazla istasyon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu periyotta havzadaki 34 istasyonun 24 tanesi alansal dağılımda kullanılarak geriye kalan 10 istasyonun aylık toplam yağış değerleri tahmin edilmiştir. Kullanılan 8 farklı metot ile 10 test istasyonunda elde edilen en başarılı enterpolasyon metotlarında 0.533 ile 0.843 arasında değişen NSE değerleri elde edilmiştir. NSE=0.533 değeri ile en düşük başarı Sultanhanı istasyonunda OK-G metodunda “yeterli”

düzeyde elde edilirken, en yüksek başarı NSE=0.843 değeri ile “çok iyi” düzeyde olmak üzere Seydişehir istasyonunda IDW metodu ile elde edilmiştir. Diğer 8 test istasyonunda elde edilen en başarılı enterpolasyon metotları ve tahmin başarıları şu şekildedir. Cihanbeyli (NSE=0.739), Karapınar (NSE=0.720), Bozkır (NSE=0.822) ve Kazımkarabekir (NSE=0.836) istasyonlarında IDW metodu ile sırasıyla “iyi”, “iyi”, “çok iyi” ve “çok iyi” düzeyde tahmin başarısına ulaşılmıştır. Halkapınar/İvriz (NSE=0.716), Karatay/Tagem (NSE=0.663), Bor (NSE=0.531) ve Gülağaç (NSE=0.740) istasyonlarında ise sırasıyla OK-D, Sp-R, OK-E ve UK metotlarında olmak üzere “iyi” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir.

Uzun periyot ve kısa periyotta kullanılan ortak test istasyonları olan Seydişehir, Cihanbeyli ve Karapınar istasyonlarının her iki periyottaki aylık toplam yağış değerleri tahmin başarıları değerlendirildiğinde ise çok istasyonun alansal dağılımda kullanıldığı kısa periyotta, az istasyonun alansal dağılımda kullanıldığı uzun periyoda göre aylık toplam yağış tahmin başarılarının arttığı görülmüştür.

Seydişehir istasyonu, uzun periyotta diğer iki test istasyonuna göre en düşük başarının elde edildiği istasyon iken kısa periyotta en yüksek başarının elde edildiği istasyon olmuştur. Uzun periyottaki başarının daha düşük olması şu şekilde açıklanabilir. Köppen iklim sınıflandırmasına göre Seydişehir’de Csa iklim tipinde kışı ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim (Akdeniz iklimi) görülmektedir. Seydişehir istasyonu çevresindeki Beyşehir istasyonu Csb, Çumra ve Konya istasyonları BSk iklim tipine sahiptir. Seydişehir istasyonu iklim sınıfı, çevre istasyonların iklim sınıflarından farklıdır. Seydişehir istasyonunun yağış ortalaması, uygulamalarda kullanılan istasyonların yağış ortalamasının oldukça üstündedir. Seydişehir istasyonunun çevresinde yağış davranışıyla benzerlik gösteren başka bir istasyon bulunmadığından tahmin yöntemleri yağış davranışını yeterince temsil edememiştir. İstasyon verileri arasındaki uyumsuzluktan en çok etkilenen yöntemler jeoistatistiksel yöntemler olmuştur. Kriging yöntemleri, test istasyonu çevresindeki istasyon verileri arasında uyum sağlamadığı takdirde başarısız olmaktadır. Bu durumlarda deterministik yöntemler jeoistatistiksel yöntemler kadar hassas olmamaktadır. Veriler konumsal açıdan birbirinden bağımsız ise kriging yöntemleriyle tahmin yapmak mantıklı sonuçlar vermeyecektir. Ayrıca tahmin sonuçları verilerin ortalamasını almaktan öteye geçemeyecektir (Cressie, 1993; Krivoruchko, 2005; Hüsrevoğlu, 2018). Kısa periyotta ise Seydişehir istasyonu civarına 7 istasyonun dahil olmasıyla Seydişehir istasyonunda tahmin başarısı artmıştır. Bu istasyonlar genel itibarıyla Csa iklim tipinde veya Csa ve BSk iklim

geçişleri arasında kalmaktadır. Derebucak, Seydişehir-Alacabel ve Bozkır/Sorkun istasyonlarının yağış miktarları havzanın genel yapısının oldukça üzerindedir. Bu istasyonların alansal dağılımda kullanılmasıyla Spline yöntemleri dışında tüm yöntemlerde artış gözlenmiştir. Seydişehir istasyonunda uzun periyotta, en başarılı yöntem Spline olurken kısa periyotta en başarısız yöntem Spline olmuştur. Şen (2007)'e göre bu yöntem genellikle yükseklik, su derinliği haritası ve hava kirliliği grafiklerinde tercih edilmektedir. Spline enterpolasyon yöntemi, kısa yatay mesafelerde büyük değişimlerin olduğu verilerde uygun değildir.

Cihanbeyli istasyonu uzun periyotta genel itibariyle kullanılan enterpolasyon metotları ile kabul gören başarılar elde etmiştir. Fakat kısa periyot için bu durum çok fazla geçerli olmamıştır. Genel itibariyle iki periyot için de deterministik yöntemlerde başarı elde edilirken jeostatistiksel yöntemlerde kısa periyot için başarı elde edilememiştir. Cihanbeyli istasyonunda Köppen iklim sınıflandırmasına göre BSk iklim tipinde Yarı Kurak Step İklimi (soğuk) görülmektedir. Cihanbeyli istasyonu çevresindeki Kulu istasyonu Csa, Aksaray ve Konya istasyonları BSk iklim tipine sahiptir. Yani Cihanbeyli istasyonu güneyi Akdeniz iklimi iken diğer sınır komşularında yarı kurak step iklimi görülmektedir. Bu iki iklim sınıfı arasındaki geçiş, istasyon konumları ve veri açısından uyum sağlanamadığı takdirde Kriging yöntemlerindeki başarısızlığa sebep olmaktadır. Bu durum kısa periyotta yeni istasyonlarının eklenmesiyle giderilememiştir. Cihanbeyli istasyonu çevresinde istasyon ağı artırılırken havzanın üst kısmındaki Kulu istasyonu civarına yeni istasyonlar eklenememiştir. Deterministik yöntemler konumsal uyumsuzluklardan çok fazla etkilenmemektedir. Bu nedenle IDW ve Spline yöntemlerindeki sonuçlarda çok fazla değişiklik meydana gelmemiştir.

Karapınar istasyonunda kısa periyotta istasyon sayısının artmasıyla Sp-R ve OK-G dışındaki tüm deterministik ve jeostatistiksel yöntemlerde tahmin başarıları artmıştır. Sp-R modelinin başarısı düşerken, OK-G modelinin başarısı sabit kalmıştır. Spline enterpolasyon yöntemlerinde elde edilen yüzeyde, giriş veri setinin farklı uç değerlere sahip olması ile aykırı değerler ortaya çıkabilmektedir. Sp-T yöntemi Sp-R'ye kıyasla, örnek veri aralığı tarafından sınırlandırılan daha kapalı ve düzgün bir veri seti oluşturmaktadır (Tait ve ark., 2006; Kamaruddin ve ark., 2020; Wu ve Hung, 2016). Bu nedenle Sp-T yönteminin başarısı artarken Sp-R yönteminin başarısı düşmüştür. Karapınar ve çevresinde Köppen iklim sınıflandırmasına göre BSk iklim tipi Yarı Kurak Step İklimi (soğuk) görülmektedir. Kısa periyotta Karapınar istasyonu çevresine aynı iklim tipinde

Emirgazi ve Ayrancı istasyonları eklenmiştir. Genel itibariyle istasyon sayısının artmasıyla enterpolasyon yöntemlerinde tahmin başarıları artmıştır.

1971-2019 ve 2014-2019 periyodunda enterpolasyon metotlarının uygulanması sonucunda elde edilen PET modellerinin performansı her iki periyotta da her test istasyonu için “çok iyi” düzeyde bir tahmin başarısı göstermiştir.

PET verileri ile gerçekleştirilen enterpolasyon uygulamalarının model performansları NSE değerlerine göre genel olarak % 96’ın üzerinde başarı göstermiştir. PET tahminlerinde enterpolasyon metotlarının tahmin başarısının yüksek çıkmasında çalışmada kullanılan istasyonlara ait PET değerlerinin hesaplanmasında kullanılan Oudin ve ark. (2005) tarafından önerilen PET hesaplama yönteminin etkili olduğu değerlendirilmektedir. Oudin ve ark. (2005) tarafından önerilen PET hesaplama yönteminde ortalama sıcaklık tek hidrometeorolojik bileşen olarak dikkate alınmaktadır. Bu sebeple PET fiziği içerisinde gerçeğe yakın bir nonlineerite sağlanamamaktadır. Ancak büyük hesap yükü içeren modellerde ve ön tahmin amacıyla kullanılan oldukça etkili bir metottur. Çalışma kapsamında kolay uygulanabilirliği sebebiyle tercih edilmiştir. PET hesabında alansal değişkenliğin büyük ölçüde yansıtılmadığı Oudin ve ark. (2005) tarafından önerilen PET hesaplama yönteminde KKH gibi nispeten küçük bir yüzey alanına sahip çalışma alanında etkili heterojenliği sağlayamamaktadır. Bu nedenle PET’in lineere daha yakın bir yaklaşımla hesaplanması havzanın homojen, toplu bir kavramsal yaklaşımla değerlendirildiğine işaret etmektedir. Dolayısıyla Oudin ve ark. (2005) tarafından önerilen PET hesaplama yönteminin havza içerisinde etkili bir şekilde heterojenliği yansıtamadığı için model başarılarının oldukça yüksek olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle PET hesabında etkili heterojenliği sağlayan Penman-Monteith gibi yöntemlerin kullanılarak alansal başarıların tekrar değerlendirilmesi gelecek çalışmalar için önerilmektedir.

Son olarak elde edilen YASS modelleri analiz edilerek, çalışma alanı için tahmin haritaları oluşturulmuştur. Farklı şekillerde gerçekleştirilen enterpolasyon uygulamalarında elde edilen sonuçlar ve çıkarımlar şu şekildedir:

2002-2019 yılları arasındaki modellerin performansı değerlendirildiğinde; en iyi performansa sahip YASS modelleri sırasıyla 52267 (13312) nolu kuyu için OK-G, 52260 (212) nolu kuyu için OK-K, 5649 nolu kuyu için Sp-T ve 13314-62887 nolu kuyu için

IDW modeli olmuştur. Bu kuyularda en başarılı enterpolasyon metotlarında NSE metriğine göre “çok iyi” düzeyde tahmin başarısına ulaşılmıştır. 9434 nolu kuyuda ise $NSE=0.453$ değeri ile en yüksek başarı IDW metodunda elde edilmiştir. Diğer gözlem kuyularında elde edilen NSE değerleri negatif değerlere sahip olup uygulanan enterpolasyon metotları ile “yetersiz” düzeyde tahmin başarısı elde edilmiştir. Çumra sınırları içerisinde bulunan 52267 (13312), 5649 nolu gözlem kuyuları ve çevresinde bulunan kuyuların akifer türü kireçtaşıdır. Karaman-Ayrancı sınırları içerisinde 52260 (212) ve 13314-62887 nolu gözlem kuyuları bulunmaktadır. 52260 (212) nolu kuyunun akifer türü kireçtaşı iken 13314-62887 nolu kuyunun akifer türü alüvyon ve kireçtaşıdır. Çevrelerinde yakın özellikler taşıyabilecek pekçok kuyu bulunmaktadır. Bu kuyular dışında kalan tüm kuyular başarısız olmuştur.

Genel itibariyle YASS verileri ile gerçekleştirilen enterpolasyon uygulamalarında model performanslarının düşük olması oldukça dikkat çekmektedir. Bu durum şu şekilde açıklanabilir: Yeraltı suyu, yerüstüne düşen yağışların yeraltına sızmasıyla oluşur. YASS'nin yükselmesi yağış miktarına ve süresine bağlıdır. Yağışlı mevsimlerde akifer dolar ve YASS yükselir. Kurak mevsimlerde ise tam tersi bir durum söz konusu olur. Bu durum kendi içerisinde dengededir. Bilinçsiz şekilde yapılan su transferi sonucunda bu denge bozulur. YASS düşer ve zamanla akifer kuruyabilir. YASS'nin düşmesiyle daha derin seviyelerden su çıkarılmak gerebilir. KKH'nda da ruhsatsız su kuyuları ve bilinçsiz tarım uygulamaları neticesinde incelenen gözlem kuyularının ölçüm değerleri dikkate alındığında birkaç kuyu dışında su seviyesi düşüşleri açık şekilde görülmektedir (Şekil 4.9 ve EK-5). Bununla birlikte havzada yeraltı suyu durağan bir yapıda değildir. YASS yüksek olan Konya Ovası'ndan Tuz Gölü Havzası'na doğru yeraltı akışı da söz konusudur (Anonim,2009). Yeraltı suyu, kontrol altına alınamayan ve karmaşık bir yapıya sahip olduğundan gerçekleştirilen enterpolasyon uygulamalarında yüksek başarılar elde edilememiştir.

Ülkemizde tarımsal açıdan önemli bir yere sahip olan KKH'nda kuraklık etkisi, tarım alanlarının artışı, üreticilerin havzaya uygun olmayan mali getirisi yüksek bitkilere yönelmesi ile su ihtiyacı artmaktadır. Yüzey suyu kaynaklarının yeterli düzeylerde olmaması nedeniyle yeraltı suyu kaynakları kullanılmaktadır. Kontrolsüz yeraltı suyu tüketimi; yeraltı rezervlerinde düşüşleri, obruk oluşumları, yeraltı suyu kirlenmesi vb. pek çok çevresel sorunu beraberinde getirmektedir. Havzada su kaybını önlemek, yeraltı suyunu

korumak ve kontrol altına almak adına yeni tedbirler alınmalıdır. Yeraltı suyunun içme ve sulama suyu olarak sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla türetilmiş çözüm önerilerinin tamamı suyu tasarruflu kullanmaktan geçmektedir. Yeraltı suyunu korumak maksadıyla yapılan planlarda ruhsatlı kuyular dikkate alınmaktadır. Ruhsatsız kuyuların tamamının ruhsatlı hale getirildiği bir plan oluşturulmalıdır. Havza genelinde hidrojeolojik etütlere ve araştırmalara önem verilmelidir.

Ülke genelinde su kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilir havza yönetim politikalarına önem verilmeli, uygulamada olan veya uygulanacak eylem planları hızlandırılarak sonuçlandırılmalıdır. Araştırmalarda kullanılmak üzere erişimin kolay olduğu uygun veri tabanları oluşturulmalıdır.



KAYNAKLAR

- Aawar T, Khare D, Singh L (2019) Identification of the trend in precipitation and temperature over the Kabul River sub-basin: a case study of Afghanistan. *Modeling Earth Systems and Environment* 5(4): 1377-1394.
- Adhikary, S. K., Muttil, N. and Yilmaz, A. G., 2017, Cokriging for enhanced spatial interpolation of rainfall in two Australian catchments, *Hydrological Proceses*, 31(12), 2143-2161.
- Adhikary, S. K., Yilmaz, A. G., and Muttil, N. ,2015, Optimal design of raingauge network in the MiddleYarra River catchment, Australia. *Hydrological Processes*, 29(11), 2582–2599.
- Akacak, A. K., ve Taş, İ., 2021, Farklı Mekânsal Enterpolasyon Yöntemleriyle Alansal Yağış Hesaplanması: Kuzey Ege Havza Örneği, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2), 528-539.
- Aksu, H.H. ve Güngör, A., 2020, Burdur İli Yağış Potansiyeli Analizi ve Değerlendirilmesi, Niğde *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 308-322.
- Anonim, 2009, Konya-Karapınar Obruکلarı [offline], [https://www.academia.edu/3890778/Konya - Karapınar Obruکلarı](https://www.academia.edu/3890778/Konya_-_Karapınar_Obruکلarı), [Erişim Tarihi:18.11.2014].
- Anonim, 2014, KOP Eylem Planı 2014-2018, T.C. Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Konya, 29-30.
- Anonim, 2017, Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planını Hazırlanmasına Yönelik Teknik Destek Hizmet Alımı İşi, Taslak Mevcut Durum Raporu, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 46-353.
- Anonim, 2018, Shuttle radar topography mission [online], JPL, <https://www.jpl.nasa.gov/news/us-releases-enhanced-shuttle-land-elevation-data/>, [Erişim Tarihi:31.10.2022].
- Anonim, 2019, Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı ve Genelgesi (2019-2024), Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, 12-13.
- Anonim, 2020, Konya Kapalı Havzası Taşkın Yönetim Planı Yönetici Özeti, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, SU PEK Proje ve Müşavirlik A.Ş., Ankara, 9-10.
- Antal, A., Guerreiro, P. M., and Cheval, S. (2021). Comparison of spatial interpolation methods for estimating the precipitation distribution in Portugal. *Theoretical and Applied Climatology*, 145(3), 1193-1206.
- Arganis M., Preciado, M., Baños J. J., Mendoza A., 2021, Comparison of Rainfall Interpolation Methods for Obtaining Mean Annual Maximum Precipitation Isohyets

- in a High Elevation Zone in Mexico, *Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics*, 2, 76-89.
- Aydın, O. (2014). Türkiye’de Yıllık Ortalama Toplam Yağışın Kriging Yöntemiyle Belirlenmesi, (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Bölgesel Coğrafya) Anabilim Dalı, Ankara, 1-330.
- Aydın, O., ve Raja, N. B., 2016, Yağışın Mekansal Dağılımında Deterministik ve Stokastik Yöntemler: Mauritius Örneği, Doğu Afrika, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(1), 1-14.
- Bari, S. H., 2021, Estimating probable maximum precipitation for Bangladesh, *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 11(4),415-421.
- Berndt, C. and Haberlandt, U., 2018, Spatial Interpolation Of Climate Variables In Northern Germany—Influence Of Temporal Resolution And Network Density, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, 184-202.
- Bono R, Arnau J, Alarcón R, Blanca MJ (2019) Bias, precision, and accuracy of skewness and kurtosis estimators for frequently used continuous distributions. *Symmetry* 12(1): 19.
- Boogaart KG van den, Schaeben H., 2002. Kriging of Regionalized Directions, Axes, and Orientations I. Directions and Axes, *Mathematical Geology*, 34(5), 479-503.
- Borges, P. d. A., Franke, J., Anunciação, Y. M. T. d., Weiss, H. ve Bernhofer, C., 2015. Comparison Of Spatial Interpolation Methods For The Estimation Of Precipitation Distribution In Distrito Federal, Brazil, *Theoretical and applied climatology*, 123 (1-2), 335-348.
- Bölük, E., 2016, Köppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi, TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Chen, H., Fan, L., Wu, W. and Liu, H., 2017, Comparison of spatial interpolation methods for soil moisture and its application for monitoring drought, *Environ Monit Assess*, 189(525), 1-13.
- Chutsagulprom, N., Chaisee, K., Wongsajjai, B., Inkeaw, P., and Oonariya, C., 2022, Spatial interpolation methods for estimating monthly rainfall distribution in Thailand, *Theoretical and Applied Climatology*, 148(1), 317-328.
- Cressie, N. A. C., 1993, *Statistics For Spatial Data*, John Wiley & Sons, p.
- Çakmak, B., Aküzüm, T. ve Benli, B., 1999, Yirmi Birinci Yüzyılda Dünyada Su Sorunu, 7. Kültür Teknik Kongresi, Nevşehir, 8-16.
- Dikici, M., İpek, C. ve Topcu, İ., 2018, Seyhan Havzasında Palmer İndeksleri İle Kuraklık Analizi, *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 09-11 November 2018 (ISITES2018 Alanya – Antalya - Turkey)*, 273-282.

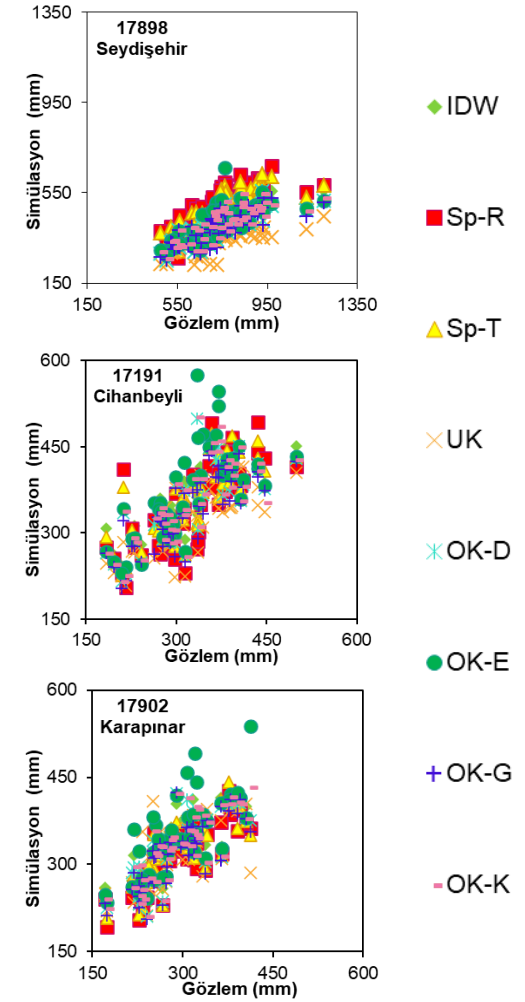
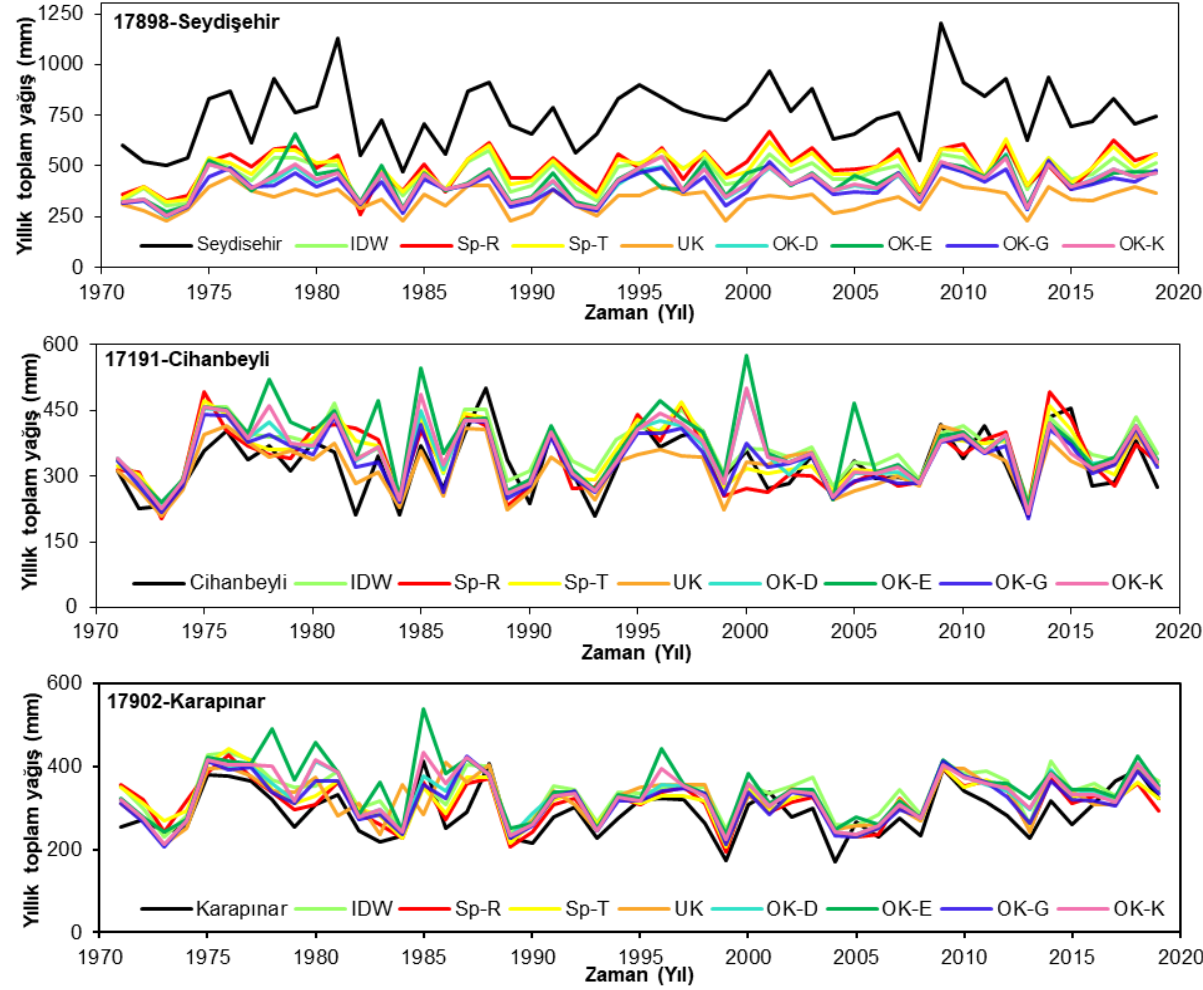
- Doğan, H.M., Yılmaz, D.S. ve Kılıç, O.M., 2013, Orta Kelkit Havzası'nın Bazı Toprak Özelliklerinin Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) ile Haritalanması ve Yorumlanması, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6, 46-54.
- Doğru, A. ve Aparı, S.F., 2022, İki Avrupa ülkesinde 10 günde aşırı sıcaklar nedeniyle 1700'den fazla kişi öldü [online], Anadolu Ajansı (AA), <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/iki-avrupa-ulkesinde-10-gunde-asiri-sicaklar-nedeniyle-1700den-fazla-kisi-oldu/2642378> [Ziyaret Tarihi: 20-08-2022].
- Fung, K. F., Chew, K. S., Huang, Y. F., Ahmed, A. N., Teo, F. Y., Ng, J. L., and Elshafie, A., 2022, Evaluation of spatial interpolation methods and spatiotemporal modeling of rainfall distribution in Peninsular Malaysia, *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2), 101571.
- Hernandez-Stefanoni, J. L., and Ponce-Hernandez, R., 2006, Mapping the spatial variability of plant diversity in a tropical forest: comparison of spatial interpolation methods, *Environmental Monitoring and Assessment*, 117(1), 307-334.
- Hodam, S., Sarkar, S., Marak, A. G. R., Bandyopadhyay, A. and Bhadra, A., 2017, Spatial Interpolation of Reference Evapotranspiration in India: Comparison of IDW and Kriging Methods, *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 98(4), 511-524.
- Hüsrevoğlu, M. (2018). Jeostatistik analiz ile yağış haritalarının görselleştirilmesi, (Yüksek lisans tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1-128.
- IPCC, 2007, Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- İlker, A., Terzi, Ö. ve Şener, E., 2019, Yağışın Alansal Dağılımının Haritalandırılmasında Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Akdeniz Bölgesi Örneği, *Teknik Dergi*, Yazı 540, 9213-9219.
- Javari, M., 2017, Comparison of interpolation methods for modeling spatial variations of Precipitation in Iran, *International Journal of Environmental & Science Education*, 12(5), 1037-1054.
- Johnston, K., Hoef, J. M. V., Krivoruchko, K. and Lucas, N., 2001, Using ArcGIS Geostatistical Analyst, Esri Redlands, 1-306.
- Journel, A. G. and Huijbregts, C. J., 1978, *Mining Geostatistics*, London, Academic Press.
- Kale, M., 2018, Yeşilirmak Havzası mekânsal yağış dağılımına ait değişiminin deterministik ve stokastik yöntemlerle belirlenmesi, *Yerbilimleri*, 39(3), 263-276.
- Kamaruddin, S. A., Zainolabdin, S. N., Roslani, M. A., Zohir, N. S. A. M., and Al-Bakri, N. Y. M., 2020, A Comparative Study of the Accuracy of Regularized and Tension Spline Interpolation Methods to Map the Surface Water Temperature of Pulau Tuba, Langkawi, Kedah, In *Charting the Sustainable Future of ASEAN in Science and Technology*, Springer, Singapore, 285-295.

- Katipoğlu O. M., 2022, Spatial analysis of seasonal precipitation using various interpolation methods in the Euphrates basin, Turkey, *Acta Geophysica*, 70, 859-878.
- Keskiner, A.D., 2018, Taban Suyu Derinlikleri İçin Grid Tabanlı Yeni Bir Optimizasyon Modeli Geliştirilmesi ve Bazı Geleneksel İstatistik Yöntemlerle Karşılaştırılması: Aşağı Seyhan Havzası Örneği, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(2), 1-10.
- Köroğlu, S. (2006). Farklı Enterpolasyon Yöntemlerinin Hacim Hesabına Etkisinin Araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi), *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı*, 60.
- Köyceğiz, C., (2018). SWAT ve yapay zekâ metotları ile akım tahmini, (Yüksek Lisans Tezi), *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya, 13-14.
- Krivoruchko, K., 2005. Introduction To Modeling Spatial Processes Using Geostatistical Analyst. 27. Erişim Adresi, <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/intro-modeling.pdf>.
- Liu, D., Zhao, Q., Fu, D., Guo, S., Liu, P. and Zeng, Y., 2020, Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of precipitation patterns at different time scales to improve the accuracy of discharge simulations, *Hydrology Research*, 51 (4), 583–60.
- Ly, S., Charles, C. And Degré, A., 2013, Different methods for spatial interpolation of rainfall data for operational hydrology and hydrological modeling at watershed scale. A review, *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 17(2), 392-406.
- Malamos, N., Tsirogiannis, I.L., Tegos, A., Efstratiadis, A. and Koutsoyiannis, D., 2017, Spatial Interpolation of Potential Evapotranspiration for Precision Irrigation Purposes, *European Water*, 59, 303-309.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., and Veith, T. L., 2007, Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations, *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
- Nash, J. E., Sutcliffe, J. V., 1970, River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles, *Journal of Hydrology*, 10(3), 282-290.
- Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andreassian, V., Anctil, F. And Loumagne, C., 2005, Which Potential Evapotranspiration input for a rainfall- runoff model? Part 2- Towards a simple and efficient PE model for rainfall- runoff modelling, *Journal of Hydrology*, 303(1-4), 290-306.
- Silva, A. S. A., Stosic, B., Menezes, R. S. C. and Singh, V.P., 2019, Comparison of Interpolation Methods for Spatial Distribution of Monthly Precipitation in the State of Pernambuco, Brazil, *Journal of Hydrologic Engineering*, 24(3): 04018068 1 -11.
- Shepard, D., 1968, A Two-Dimensional Interpolation Function For Irregularly-Spaced Data, *Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference*, New York, 517 - 524.

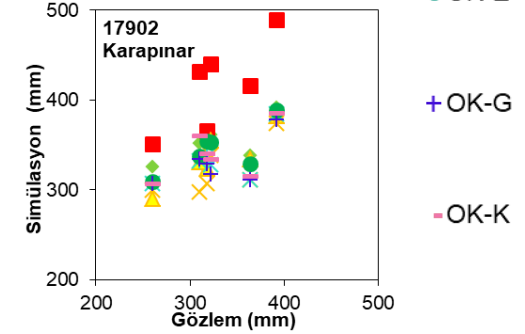
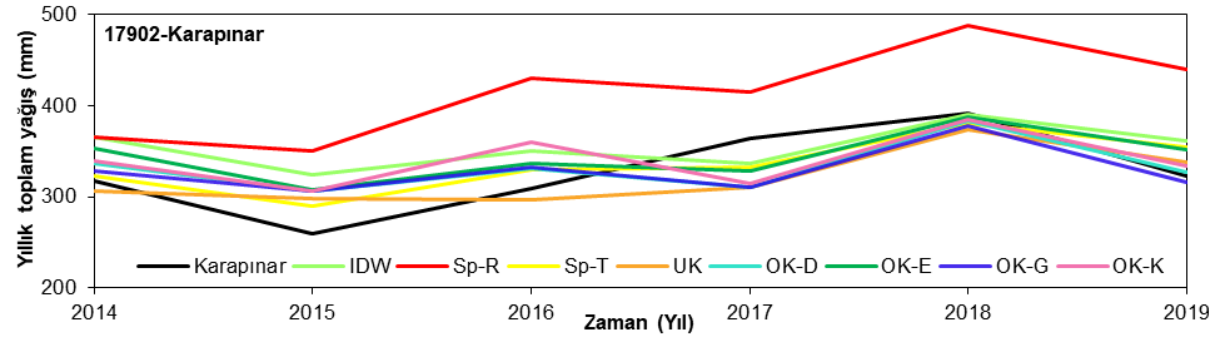
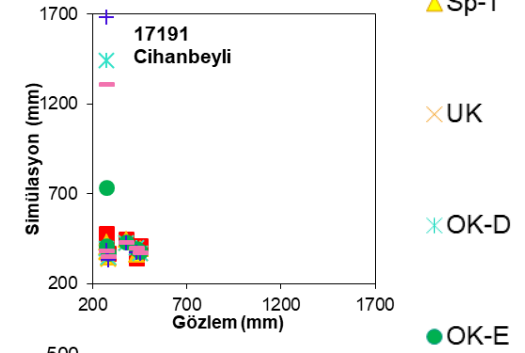
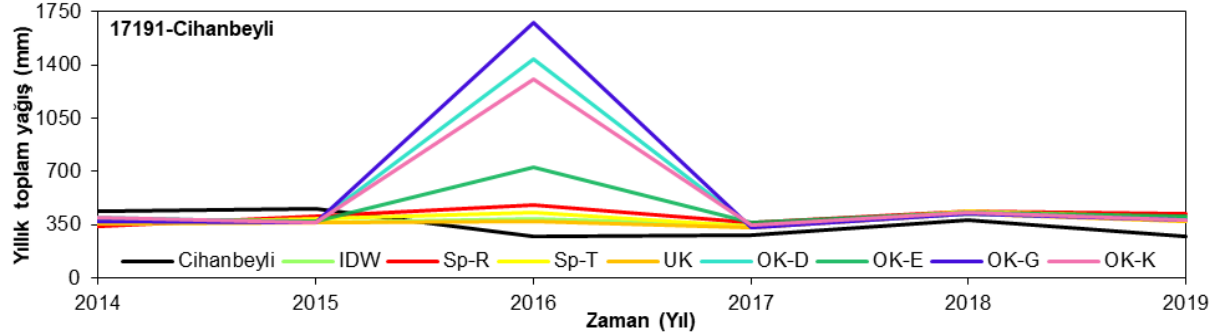
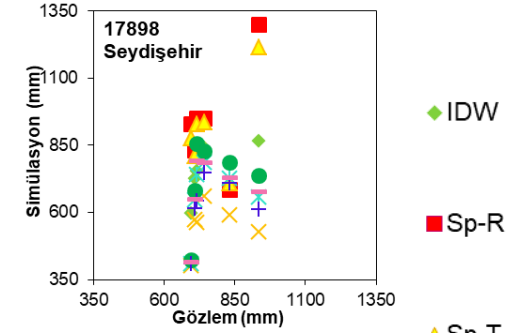
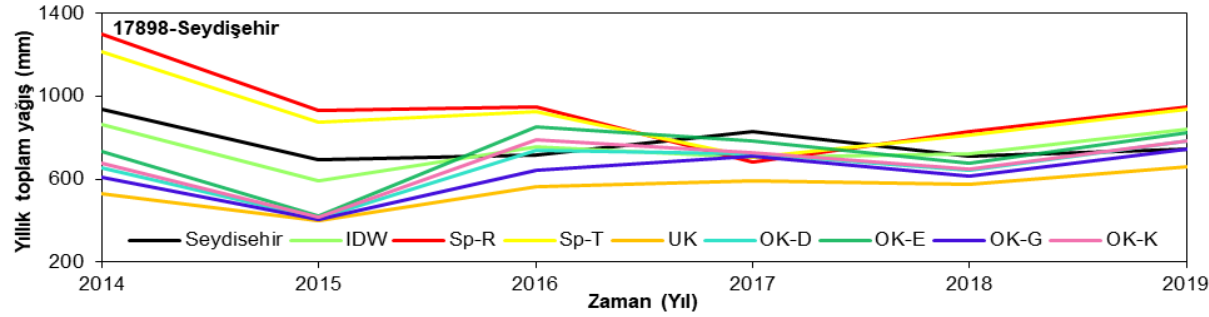
- Şen, A. (2007). Elektrik Alan Şiddetlerinin Ölçümü ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Yapay Sinir Ağları İle Analizi, (Yüksek Lisans Tezi), *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 21.
- Şen, Z. (2009). Spatial Modeling Principles in Earth Sciences, Springer, 203-266. doi:10.1007/978-1-4020-9672-3
- Taş, İ., Yıldırım, Y. E., ve Aras, İ., 2020 Konya Kapalı Havzası İçin Gelecekteki Olası Hidrolojik Kurak Dönemle, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), 699-709.
- Tait A, Henderson R, Turner R and Zheng X., 2006, Thin plate smoothing spline interpolation of Daily rainfall for New Zealand using a climatological rainfall Surface, *International Journal of Climatology*, 26(14), 2097–2115.
- Taylan, E.D. ve Damçayırı, D., 2016, Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini, *Teknik Dergi*, Yazı 459, 7551-7559.
- Usovicz, B., Lipiec, J., Lukowski, M. and Slominski J., 2021, Improvement of Spatial Interpolation of Precipitation Distribution Using Cokriging Incorporating Rain-Gauge and Satellite (SMOS) Soil Moisture Data, *Remote Sensing*, 13(5), 1039.
- Webster, R. and Oliver, M. A., 2007, Geostatistics for Environmental Scientists Second Edition, England, John Wiley & Sons, 153-197.
- Wu, C., Mossa, J., Mao, L. and Almulla, M., 2019, Comparison of different spatial interpolation methods for historical hydrographic data of the lowermost Mississippi River, *Annals of GIS*, 25(2), 133-151.
- Wu Y, Hung M., 2016, Comparison of spatial interpolation techniques using visualization and quantitative Assessment, *Applications of Spatial Statistics*, <https://doi.org/10.5772/65996>
- Yao, L., Huo, Z., Feng, S., Mao, X., Kang, S., Chen, J., Xu, J. and Steenhuis, T.S., 2014, Evaluation of spatial interpolation methods for groundwater level in an arid inland oasis, northwest China, *Environmental Earth Sciences*, 71(4), 1911–1924.
- Yin, S. Q., Wang, Z., Zhu, Z., Zou, X. K., Wang, W. T., 2018, Using Kriging with a heterogeneous measurement error to improve the accuracy of extreme precipitation return level estimation, *Journal of Hydrology*, 562, 518-529.
- Yavuz, H. and Erdoğan, S., 2012, Spatial Analysis of Monthly and Annual Precipitation Trends in Turkey, *Water Resources Management*, 26(3), 609–621.
- Zengin Kazancı, S. ve Tanır Kayıkçı, E., 2015, Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri Uygulamalarında Optimum Parametre Seçimi: Doğu Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği, 5. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye, 25 - 28 Mart 2015, 1-10.
- Zhang, Y., Li, Y., Ji, X., Luo, X., and Li, X., 2018, Fine-resolution precipitation mapping in a mountainous watershed: geostatistical downscaling of TRMM products based on environmental variables, *Remote Sensing*, 10(1), 119.

EKLER

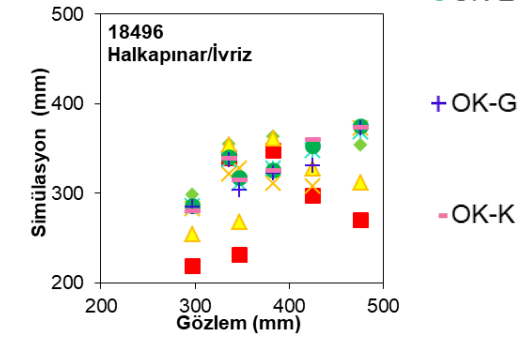
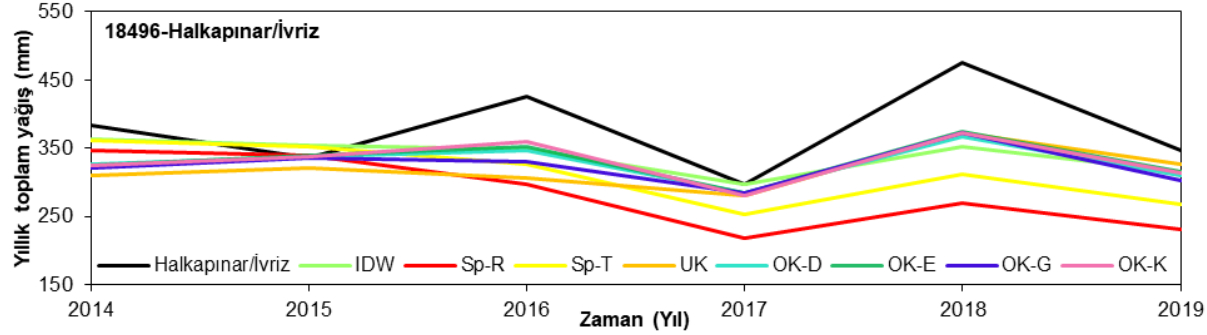
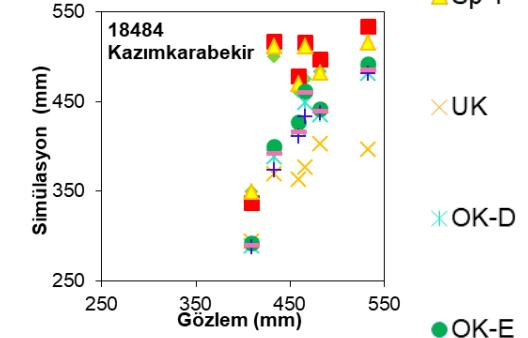
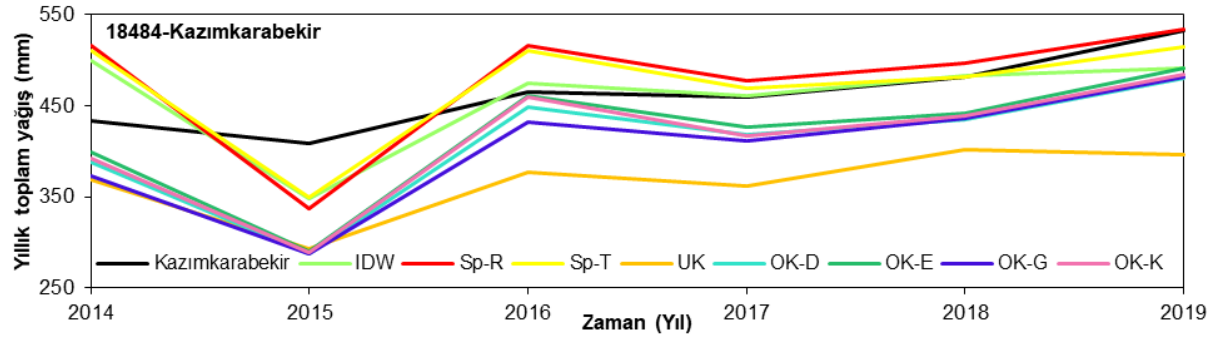
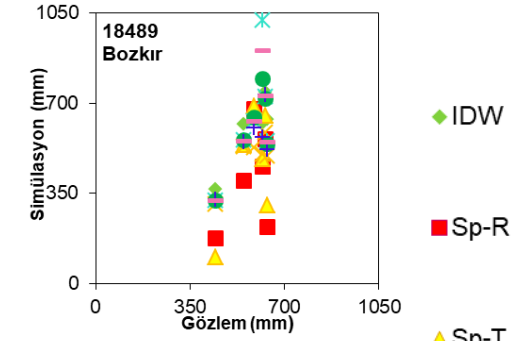
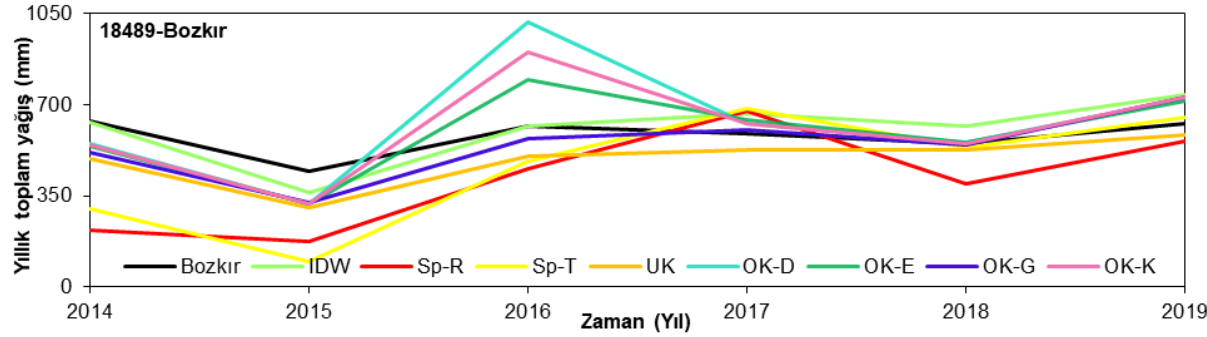
EK- 1 KKH gözlem- model yıllık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramı (1971-2019)



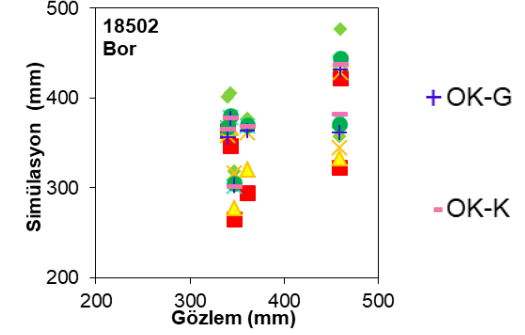
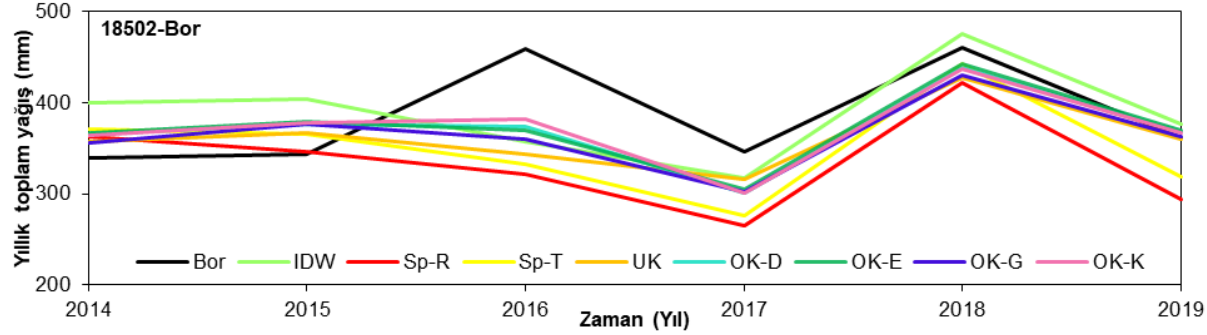
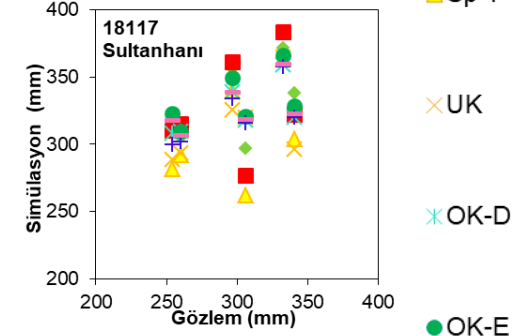
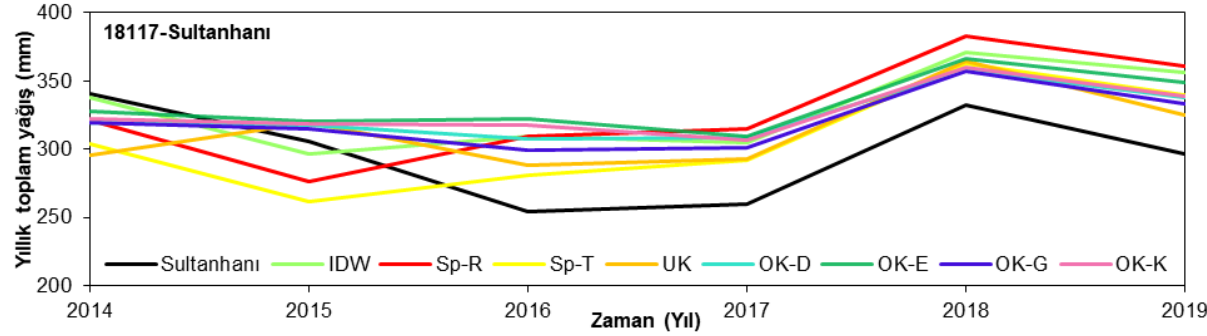
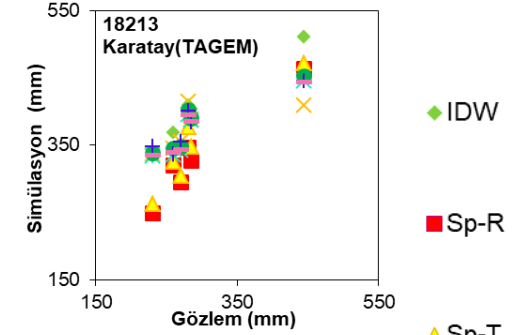
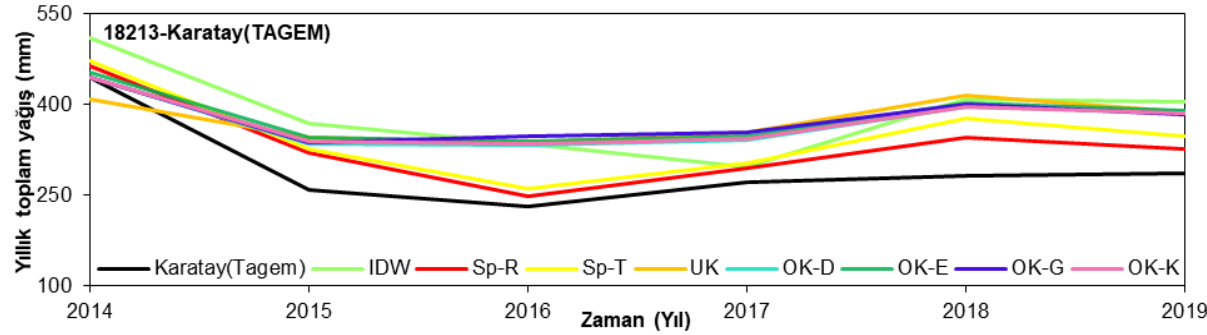
EK- 2 KKH gözlem- model yıllık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019)



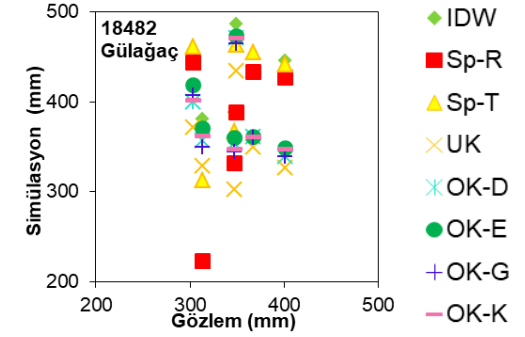
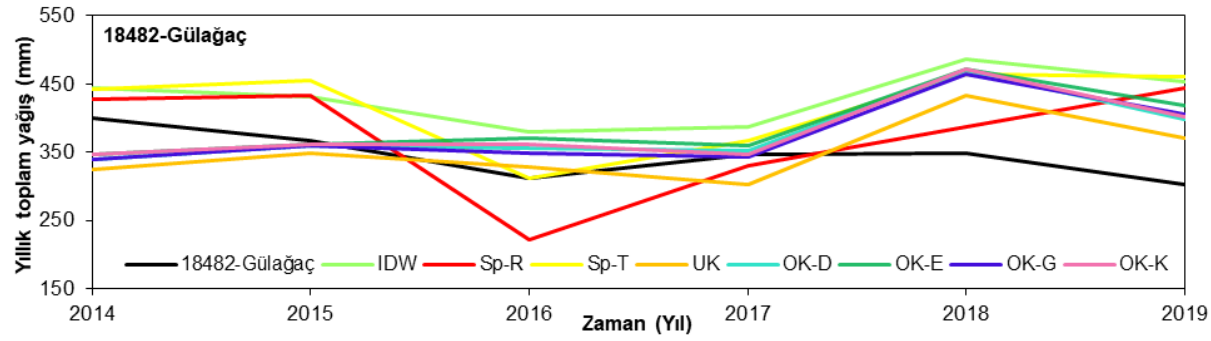
EK- 2 KKH gözlem- model yıllık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019) (devamı)



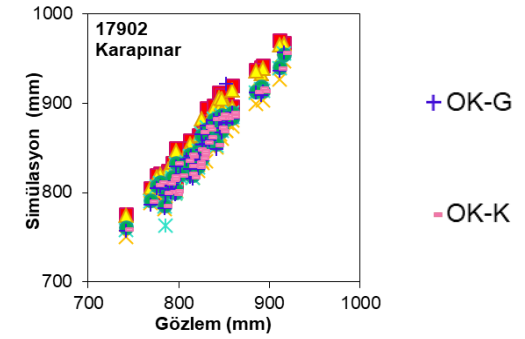
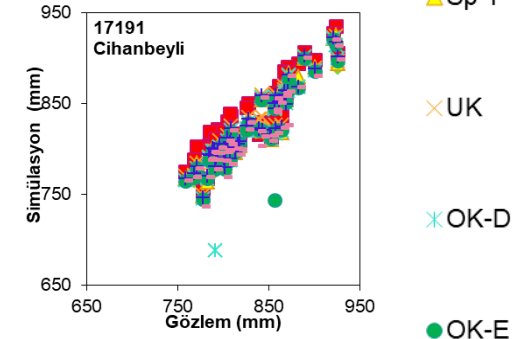
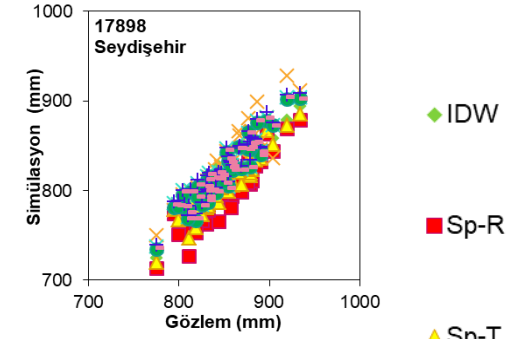
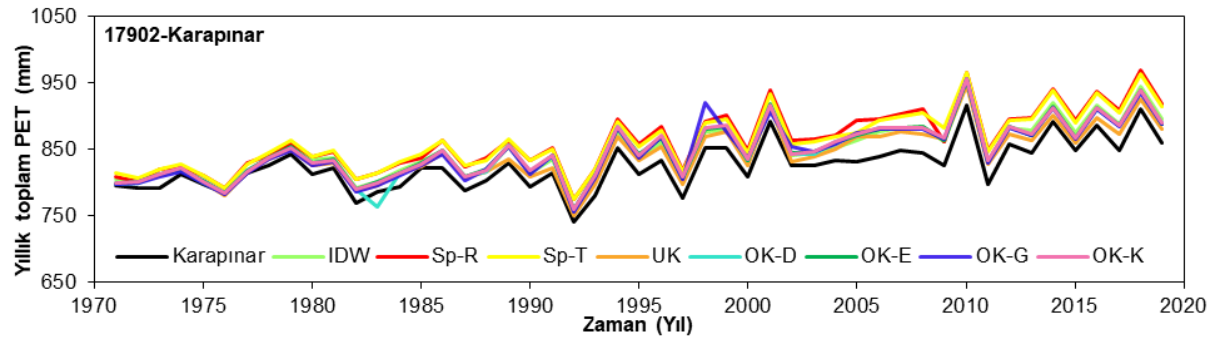
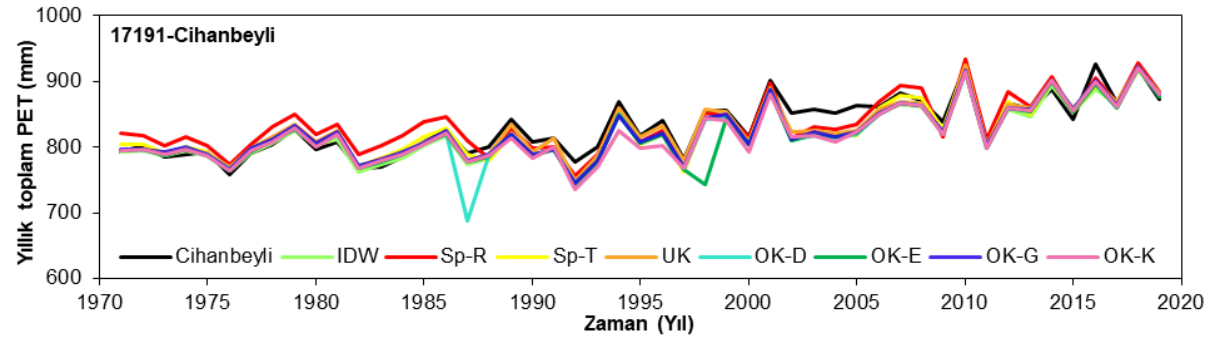
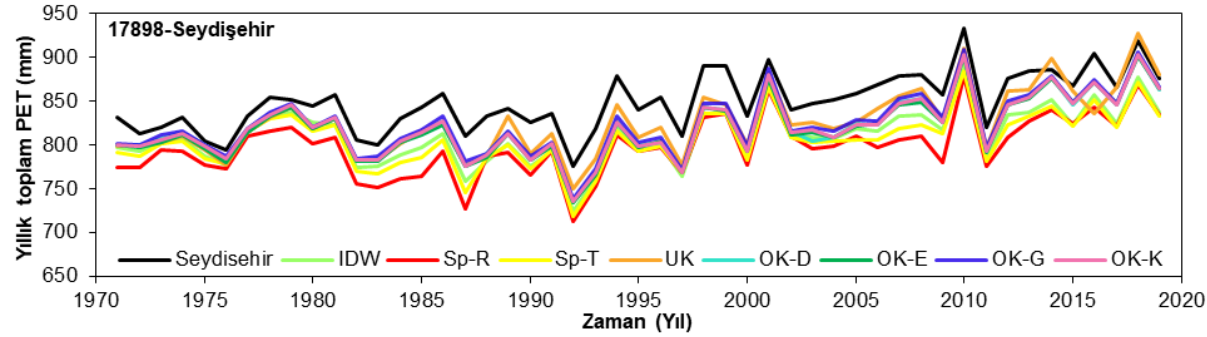
EK- 2 KKH gözlem- model yıllık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019) (devamı)



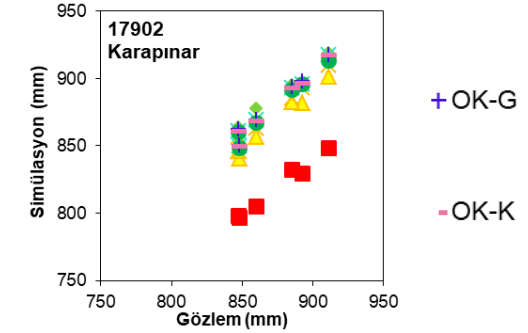
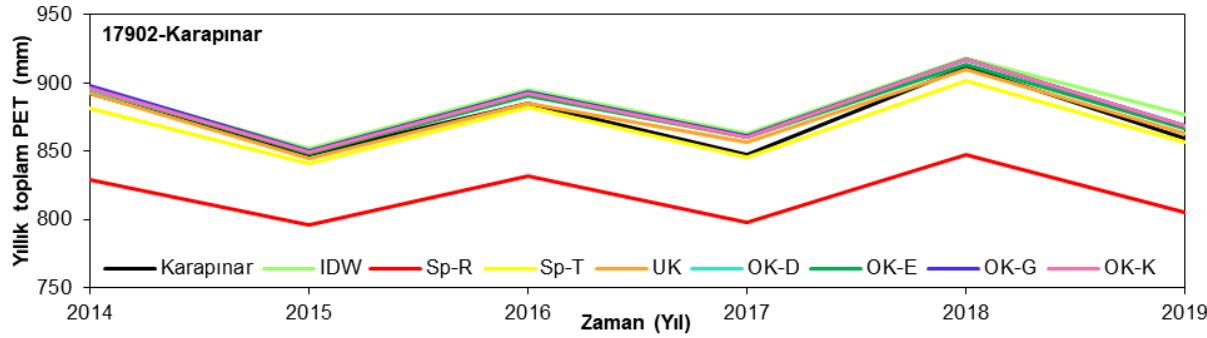
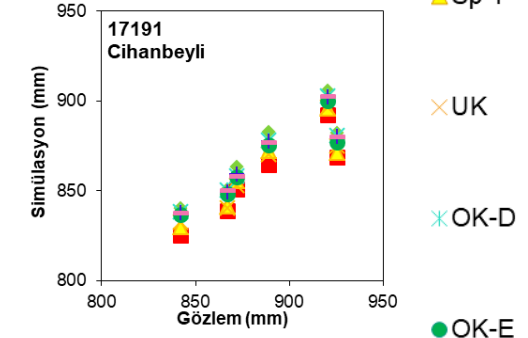
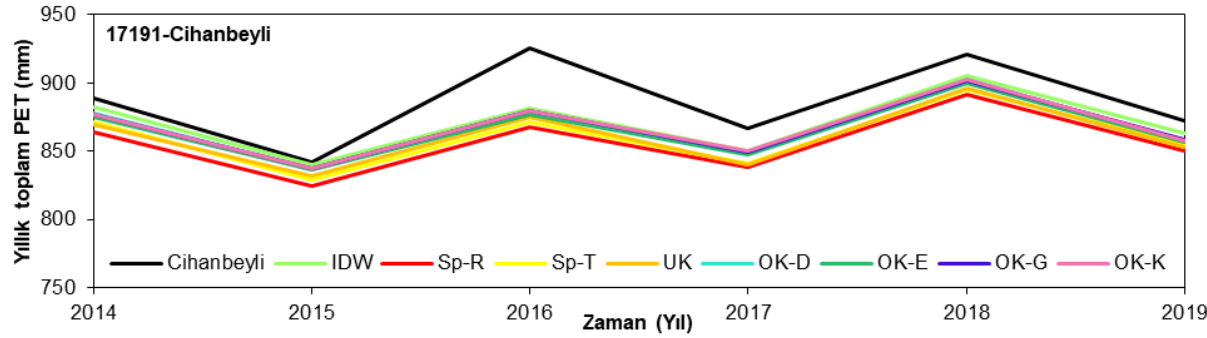
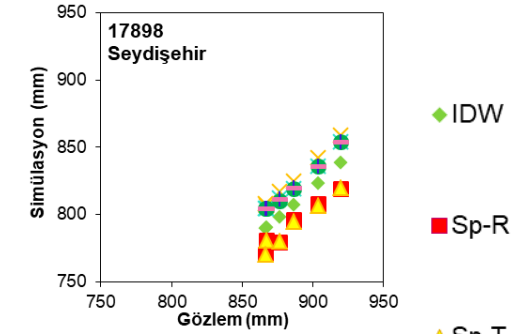
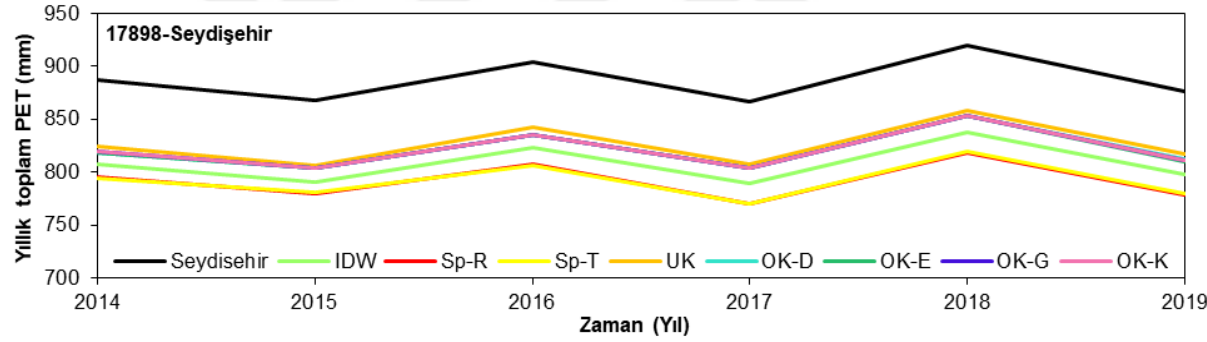
EK- 2 KKH gözlem- model yıllık toplam yağış zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019) (devamı)



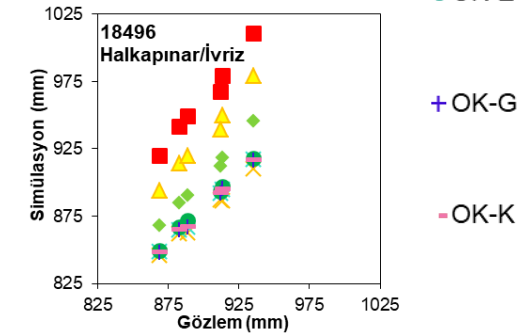
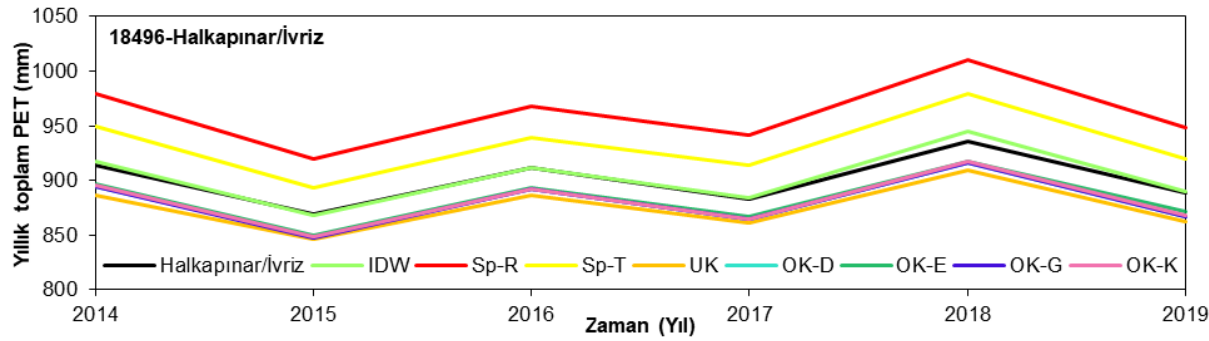
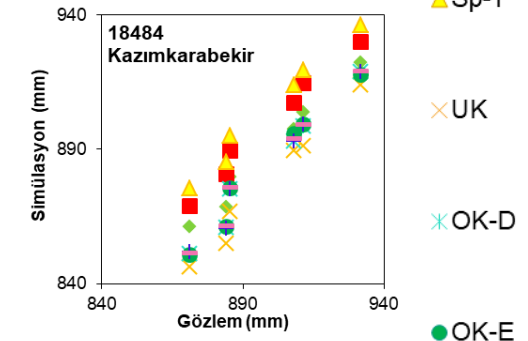
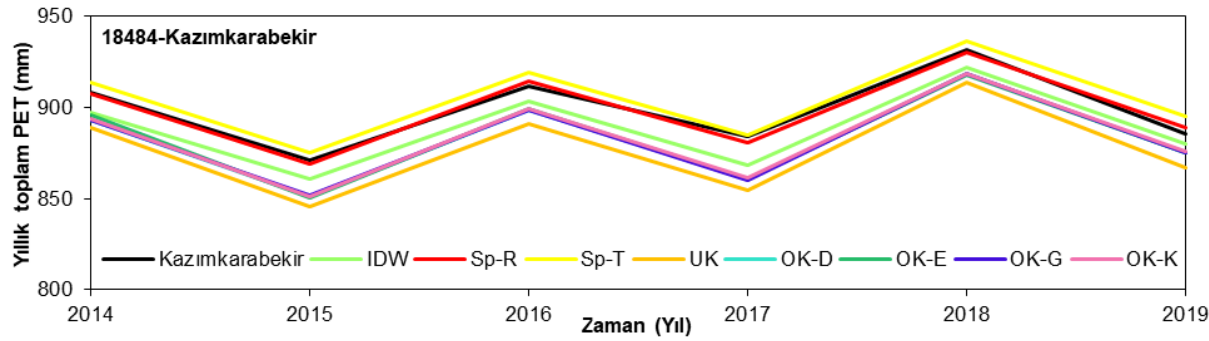
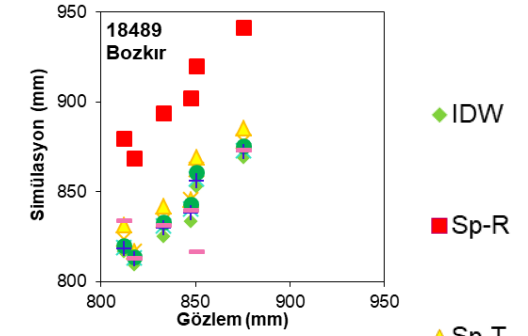
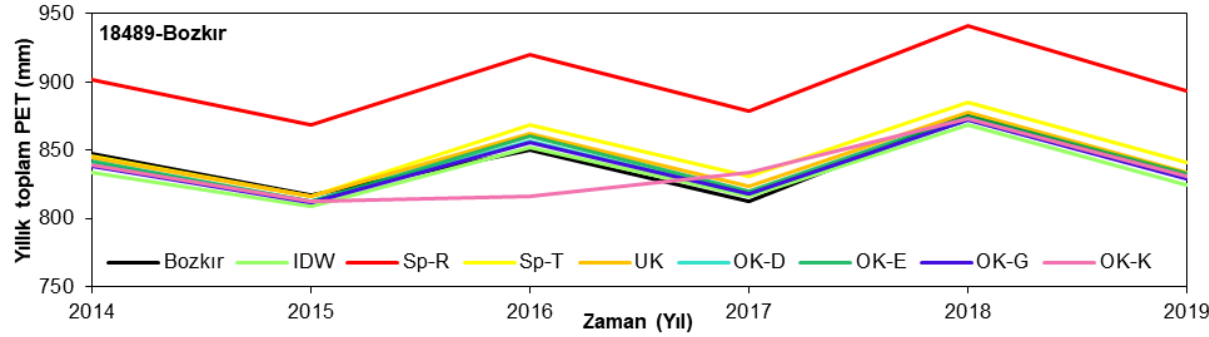
EK- 3 KKH gözlem- model yıllık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramı (1971-2019)



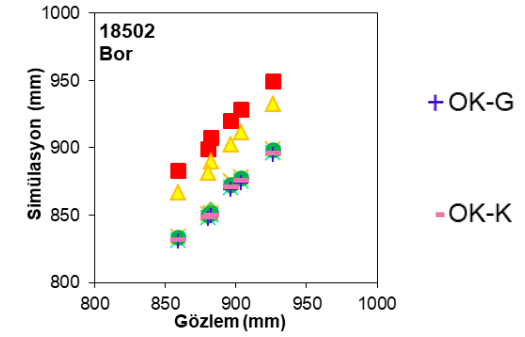
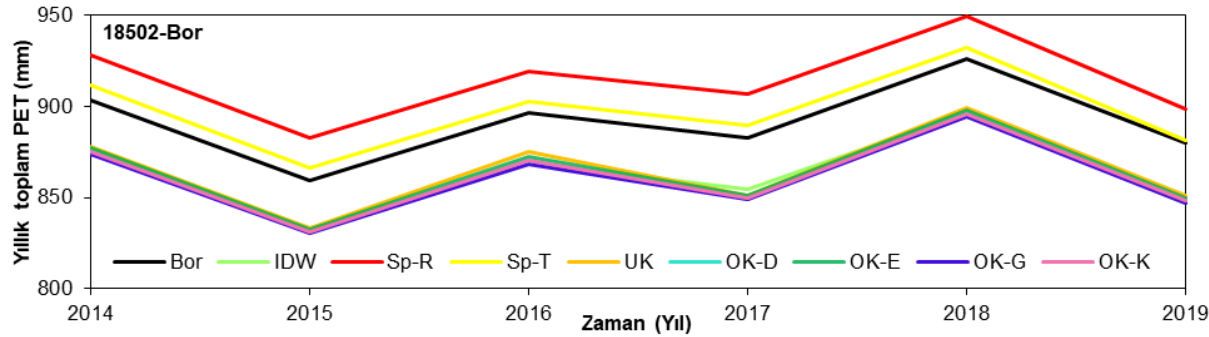
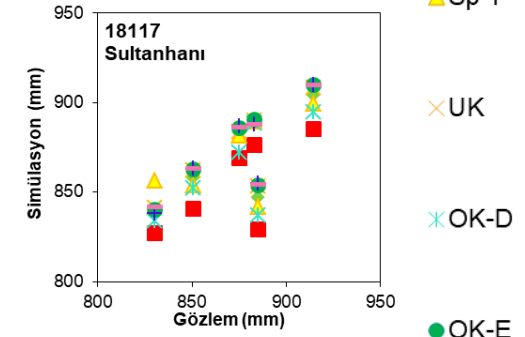
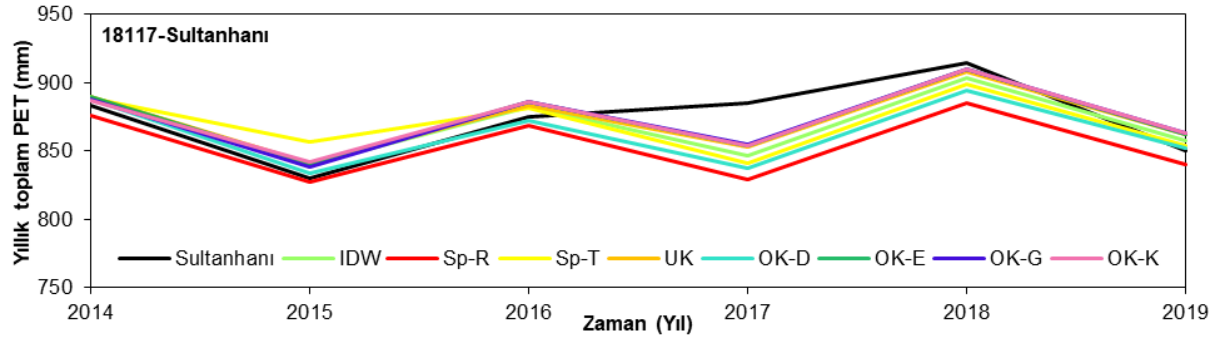
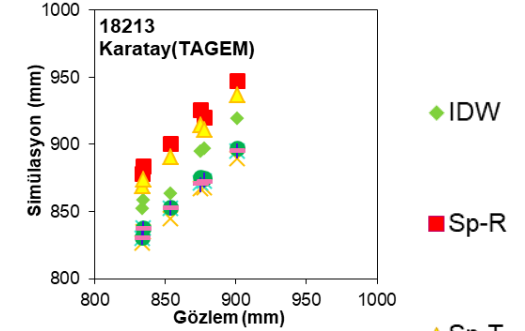
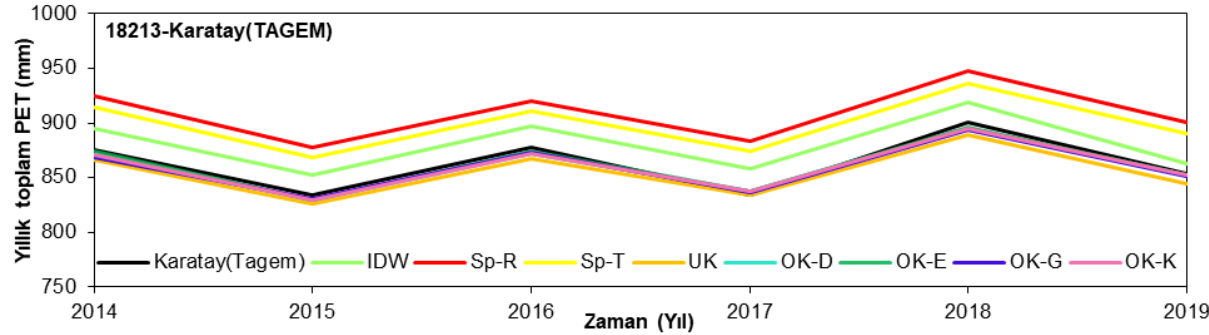
EK- 4 KKH gözlem- model yıllık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019)



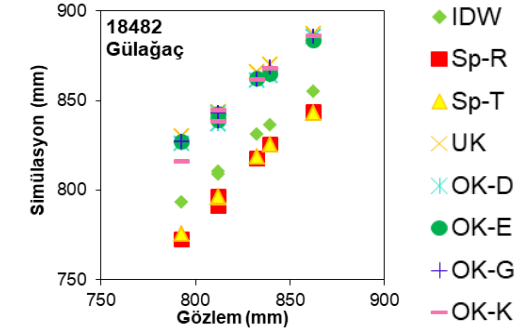
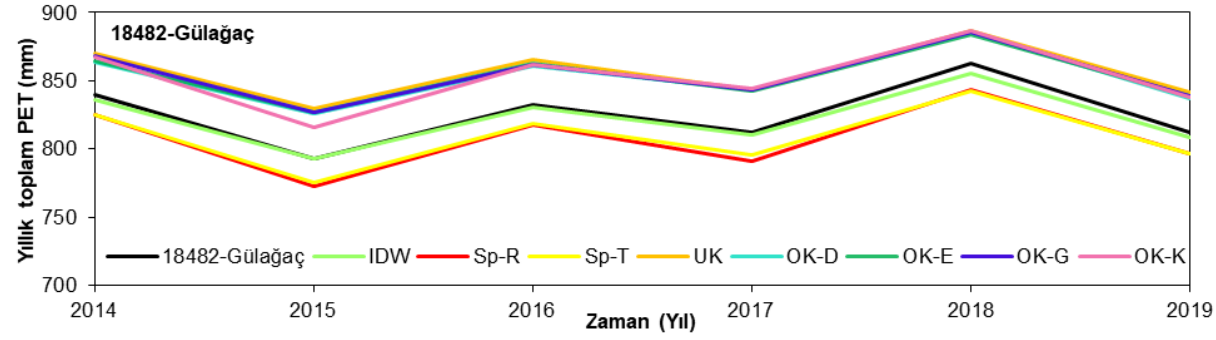
EK- 4 KKH gözlem- model yıllık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019) (devamı)



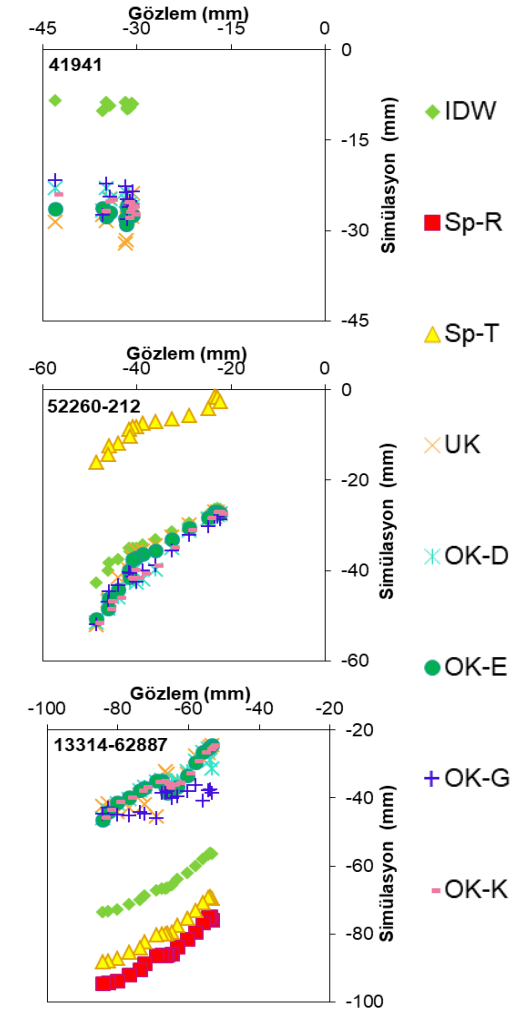
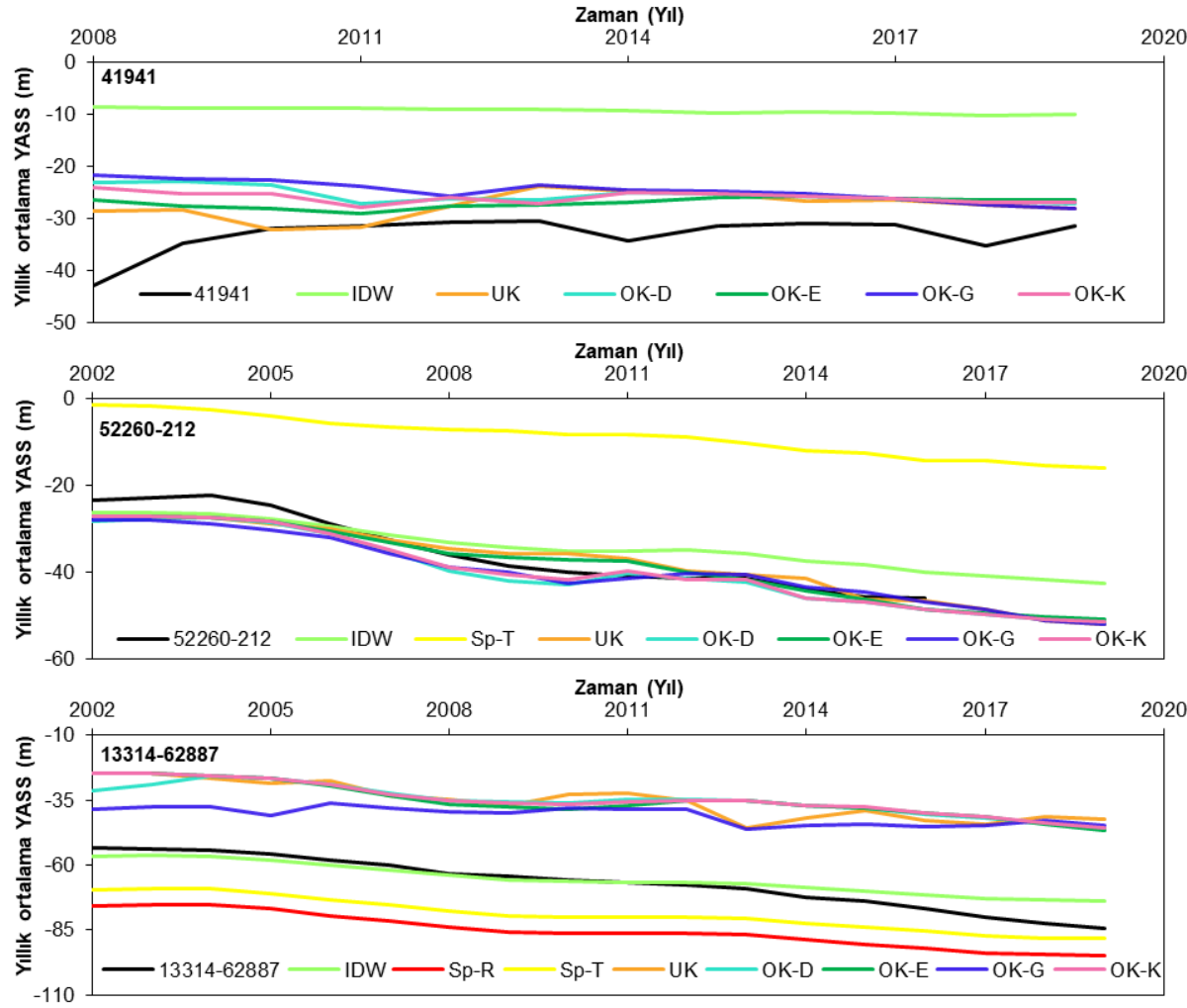
EK- 4 KKH gözlem- model yıllık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019) (devamı)



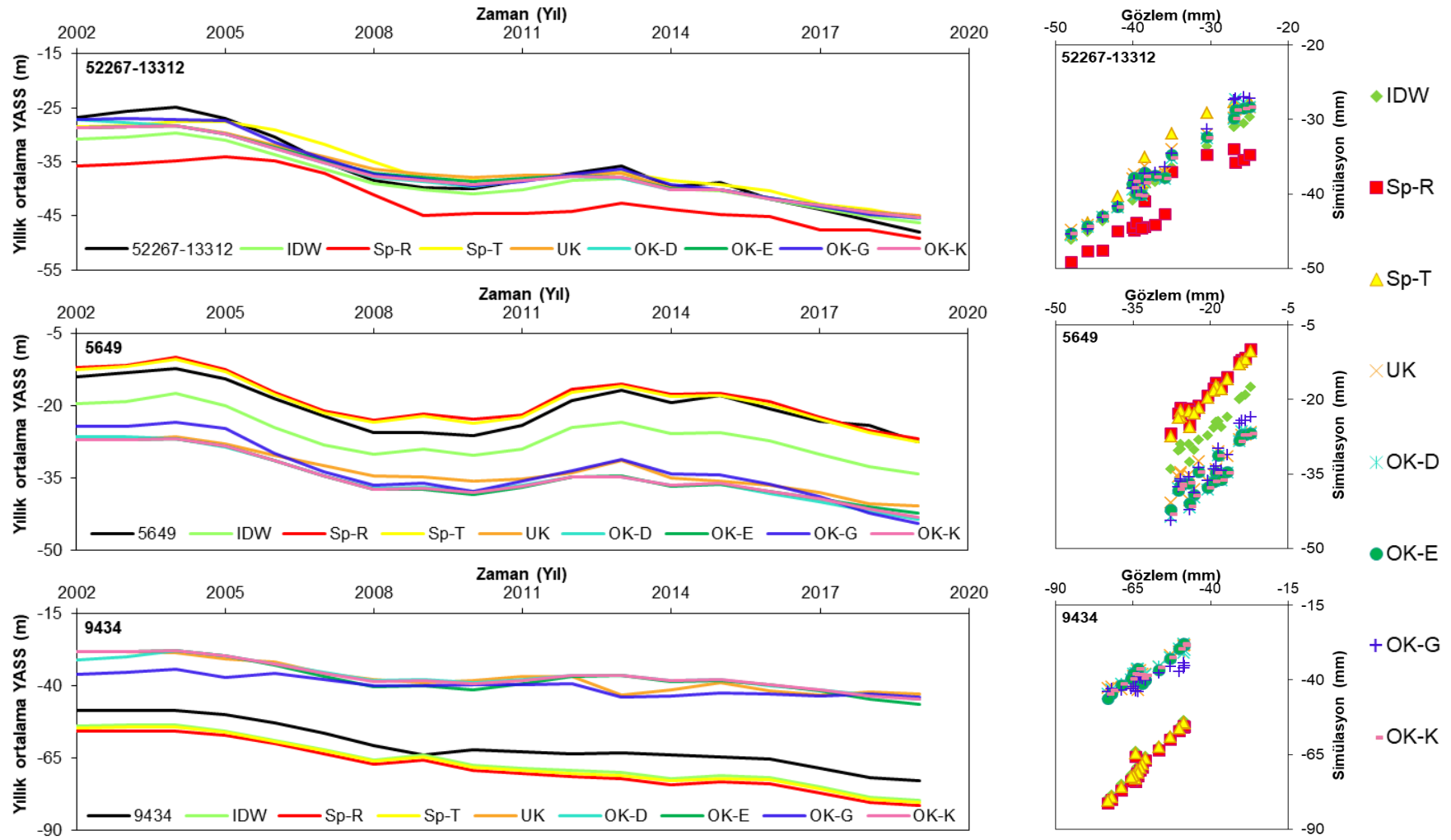
EK- 4 KKH gözlem- model yıllık toplam PET zaman serisi ve saçılım diyagramı (2014-2019) (devamı)



EK- 5 KKH gözlem- model yıllık ortalama YASS zaman serisi ve saçılım diyagramı (2002-2019)



EK- 5 KKH gözlem- model yıllık ortalama YASS zaman serisi ve saçılım diyagramı (2002-2019) (devamı)



EK- 5 KKH gözlem- model yıllık ortalama YASS zaman serisi ve saçılım diyagramı (2002-2019) (devamı)

