

**METEOROLOJİK MEKANSAL VERİLERİN
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER İLE ANALİZİ: ÇATALAN
BARAJ GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ**

**STATISTICAL ANALYSES OF METEOROLOGICAL
SPATIAL DATA: A CASE OF ÇATALAN
DAM LAKE BASIN**

OTGONBAYAR NAMKHAI

PROF. DR. F. GÜL ERGÜN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

İstatistik Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

OTGONBAYAR NAMKHAI'nin hazırladığı "Meteorolojik Mekansal Verilerin İstatistiksel Yöntemler ile Analizi: Çatalan Baraj Gölü Havzası Örneği" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından İSTATİSTİK ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

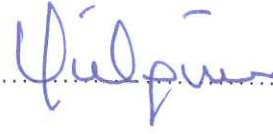
Doç. Dr. Özlem TÜRKŞEN

Başkan



Prof. Dr. F. Gül ERGÜN

Danışman



Prof. Dr. Serpil AKTAŞ ALTUNAY

Üye



Doç. Dr. Ayten YİĞİTER

Üye



Dr. Öğretim Üyesi. Ceren Eda CAN

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak / /..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*Rahmetli Babacığıma;
Canım Anneme ve Sevgili Kardeşlerime,*

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

14 / 06 / 2019



Otgonbayar NAMKHAI

YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

14 / 06 / 2019



Otgonbayar NAMKHAI

ÖZET

METEOROLOJİK MEKANSAL VERİLERİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER İLE ANALİZİ: ÇATALAN BARAJ GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ

Otgonbayar NAMKHAI

Yüksek Lisans, İstatistik Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Gül ERGÜN

Haziran 2019, 61 sayfa

Yerbilimlerinin alt bilim dalı olan hidrolojide, noktasal (x,t) zaman serisi verileri olan hidrometeorolojik verilerinin alansal zaman serisi (x,y,z,t) olarak dağılımının belirlenmesi amacıyla *mekansal analiz* yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Hidrometeorolojik noktasal zaman serilerinin birbiriyle olan ilişkisinin belirlenmesi amacıyla *Spearman'in rho korelasyon testi* uygulanmaktadır. Ayrıca, çok değişkenli noktasal verilerin kendi arasındaki benzerliğin veya yakınlığının tespit edilmesi ve değişken sayısının aza indirgenmesi için *Temel Bileşenler Analizi (TBA) / Faktör Analizi (FA)* kullanılmaktadır. Bunun dışında, bu verilerin zaman içindeki trendlerinin belirlenmesinde; *Mann-Kendall ile Sen Eğim ve İnovatif Şen Trend Analiz* yöntemlerine sıklıkla başvurulmaktadır. Bu noktasal verilerden mekansal alansal verilerin kestirilmesinde kullanılan mekansal analiz yöntemleri ESRI ArcGIS paket yazılımının alt araçlarından *Veri İşleme/Raster, Mekansal Analiz ve Jeostatistiksel Analizi*'dir. Bu analizlerin uygulanmasıyla kestirilen mekansal raster verileri ile araştırma amaçlarına uygun bir şekilde jeostatistiksel analizlerin yapılması için *Mekansal İstatistiksel Analizi* aracı kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında, noktasal veriler olarak 1971-2018 yılları arasında 18 adet meteorolojik gözlem istasyonlarında ölçülmüş meteorolojik verilerden yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, nispi nem ve aktüel basınç; bu verilerin kullanılmasıyla hesaplanan kuraklık indisi değerleri

incelenmiştir. Bu bağımsız değişkenlerin zaman serilerinde noktasal veriler için TBA/FA uygulandığında, çalışma alanının 3 farklı iklim kuşağında yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca, yağış açısından toplam 48 yıllık gözlem süresinde genel olarak ilk yarısının kurak (azalan trendli) ve ikinci yarısının ise yağışlı (artan trendli) olduğu tespit edilirken; sıcaklık açısından tüm gözlem süresinin ilk yarısının serin/soğuk (azalan trendli) ve ikinci yarısının ise ılıman/sıcak (artan trendli) artan trende sahip olduğu belirlenmiştir. Çok değişkenli noktasal verilere jeostatistik yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen mekansal verilerini en az hata ile tahmin eden kestirim yönteminin *IDW yöntemi* olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemle elde edilen raster verilerden çalışma alanına ait yıllık potansiyel buharlaşma-terleme değeri kestirilerek çok değişkenli mekansal regresyon denklemi oluşturulmuştur. Model belirtme katsayısı $R^2=0.9958$ çıkmıştır. Ayrıca, çalışmada tüm bağımsız değişkenlere ve kestirilen verilere ait mekansal haritalar oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Trend analizi, Mann-Kendall, İnovatif Şen Trend, İnterpolasyon, Regresyon analizi

ABSTRACT

STATISTICAL ANALYSES OF METEOROLOGICAL SPATIAL DATA: A CASE OF ÇATALAN DAM LAKE BASIN

Otgonbayar NAMKHAI

Master of Science, Department of Statistics

Supervisor: Prof. Dr. F. Gül ERGÜN

June 2019, 61 pages

In hydrology, which is a sub-discipline of earth sciences, spatial analysis methods are needed to determine the spatial arial distribution (x, y, z, t) of the hydrometeorological data as point (x, t) time series data. *Spearman's rho correlation* test is used to determine the relationship between nonparametric hydrometeorological point time series. *Principal Component Analysis / Factor Analysis* is used to determine the similarity or proximity of multivariate point data and to reduce the number of variables. Besides, *Mann-Kendall*, *Sen Slope* and *Innovative Şen Trend Analysis* methods are applied for determining the trends of these data over time. The spatial analysis methods used for estimating spatial data from point data are *Data Management / Raster*, *Spatial Analyst* and *Geostatistical Analyst*, which are sub-tools of ESRI ArcGIS package software. *Spatial Statistical Analyst* tool is implemented to perform geostatistical analysis according to the research aims. In this study; the meteorological data such as precipitation, temperature, wind speed, relative humidity, actual pressure and drought index, from 18 meteorological stations between year of 1971-2018 are used. It has been determined that the study area is divided by 3 different climatic zones by applying PCA/FA analyses. It is found in the study that, generally the first half of the total 48 years in terms of precipitation as found arid season (decreasing trend) and the rest was found wet season (increasing trend) by

applying Mann-Kendall Trend Analyse and Cumulative Deviation Method techniques. Also, in terms of temperature, in the first half of the observation-years it is found the cool/cold season (decreasing trend) and the rest was found warm/hot season (increasing trend) by applying same techniques. In this study, the method for predicting spatial data is found to be IDW method with the minimum error comparing to the alternatives. The spatial arial actual evapotranspiration of the study area was estimated from the raster data obtained by this method. Thus, a multivariate spatial regression equation was estimated. The coefficient of determination was calculated as $R^2=0.9958$. In addition, spatial maps of all independent variables and estimated data were created.

Keywords: Trend analysis, Mann-Kendall, Innovative Şen Trend, Interpolation, Regression analysis

TEŞEKKÜR

Gerek lisansüstü ders dönemlerim gerekse tez çalışmalarım boyunca bilimsel bilgi birikimleri ve desteklerini esirgemeyen değerli tez danışman hocam *Sayın Prof. Dr. Gül ERGÜN'e*,

Tez çalışmamı sağlıklı bir şekilde gerçekleştirebilmem ve değerli analizleri yapabilmem için, tarafıma ilgili meteorolojik verilerini ücretsiz olarak sağladıklarından dolayı *Türkiye Cumhuriyeti, Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü 9. Bölge Müdürlüğü'ne*,

Tez savunmam sürecinde değerli bilgi ve görüşlerini paylaşan, katkıda bulunan değerli *Tez Savunması Juri Üyelerine*,

Tez çalışmamın son haline getirilmesinde ve düzenlemesinde bilimsel bilgi birikimlerini esirgemeyen bölümümüz öğretim üyesi *Prof. Dr. Serpil AKTAŞ ALTUNAY'a, Dr. Öğretim Üyesi Ceren Eda CAN'a*,

Her ne kadar yanımda olamazlarsa da, her daim ve her konuda bana destek veren başta *Canım Annem ve Sevgili Kardeşlerime*,

Bölümümüz bilimsel hazırlık sürecinden bugüne kadar benimle yol kat eden, maddi ve manevi desteklerini her daim sunan Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ve Hidrojeoloji Mühendisliği Programı öğretim üyesi değerli hocam *Prof. Dr. Mehmet EKMEKÇİ, araştırma görevlisi Dr. Şükran AÇIKEL, Bülent TOPUZ* (harita teknikeri), *Dr. Elif YILMAZ TURALI* (Hidrojeoloji Müh.), *Kemal KOÇ* (Hidrojeoloji Yük.Müh.); *Dr. Nurgül GÜLTEKİN* (Ulaştırma Bakn.,-Jeoloji Müh.), *Dilek GÜRKAN YALÇINKAYA* (ASKİ Gen.Müd.-Jeoloji Yük.Müh.), *Dr. Nomingere TSEVELDORJ* (Başkent Üni., Gastroenterolog Uzm. Dr.), *Dr. Nurgul NAURZVAI* (Gazi Üni., Göğüs Hastalıkları Asist. Dr.), *Gizem ÖNER* (İstanbul Güngören Kaymak., Gıda Yük.Müh.), *Selcan AKSOY* (İstanbul, İlaç Firması-Kimya Yük.Müh.) olmak üzere *Değerli Tüm Arkadaşlarıma*,

Sonsuz Sevgiler ve Teşekkürler...

Otgonbayar NAMKHAI

Haziran 2019, Ankara

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. YÖNTEMLER.....	5
3.1. Noktasal veri analiz yöntemleri	5
3.1.1. Mann-Kendall Testi	5
3.1.2. Sen Trend Eğim Analizi.....	6
3.1.3. İnovatif Şen Trend Analizi.....	7
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Mekansal Veri Analiz Yöntemleri	7
3.2.1. Ters Uzaklık Ağırlıklı (<i>Inverse Distance Weighting - IDW</i>) İnterpolasyon Yöntemi	7
3.2.2. Co-Kriging Yöntemi	10
3.2.3. Ampirik Bayesci Kriging (ABK) Yöntemi.....	12
3.2.4. Regresyon Analizi.....	14
4. UYGULAMA	16
4.1. Çalışma alanının tanıtılması.....	16
4.2. Noktasal Meteorolojik Verilerin Analizi	18
4.2.1. Trend analizi	24
4.2.1.1. İnovatif Şen Trend Yöntemi	24
4.2.1.2. Mann-Kendall (MK) Trend ve Sen Eğim Analizi	32
4.3. Mekansal Meteorolojik Verilerin Analizi.....	37

İÇİNDEKİLER

4.3.1. IDW, Co-Kriging ve EBK Analizleri	45
4.3.2. Potansiyel Buharlaşma-Terlemenin Alansal Dağılımının Kestirilmesi.....	49
5. SONUÇLAR VE TARTIşMA	57
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİş	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.1.	Azalan, artan ve trend olmayan serilerin gösterimi (Şen, 2011; Dabanlı, 2017).....	7
Şekil 3.2.1.	IDW İnterpolasyon Yöntemi Şematik Gösterimi (ESRI, ArcGIS® v10.6.1)....	8
Şekil 3.2.2.	IDW İnterpolasyon Yöntemi Örnek Uygulaması (https://gisgeography.com/inverse-distance-weighting-idw-interpolation/)	9
Şekil 3.2.3.	Kriging Yöntemi Şematik Gösterimi (ESRI, ArcGIS® v10.6.1)	10
Şekil 3.2.4.	Variogram bileşenleri.....	11
Şekil 3.2.5.	Simülasyonlar sonucunda elde edilen yarı-variogram bileşenleri (ESRI, ArcGIS® v10.6.1).....	13
Şekil 3.2.6.	ABK yarı-variogram grafikleri: (a) merkez dairenin içinde olmayan; (b) tam merkez dairenin içinde olan (ESRI, ArcGIS® v10.6.1).....	13
Şekil 3.2.7.	ABK yarı-variogram grafikleri: (a) ölçülen ile kestirilen veriler; (b) standartlaştırılmış hata normal QQPlot (ESRI, ArcGIS® v10.6.1).....	14
Şekil 4.1.1.	Çalışma alanının konum haritası	17
Şekil 4.2.1.	Akdeniz İK, yıllık toplam yağış ile ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri	23
Şekil 4.2.2.	Orta Toroslar İK, yıllık toplam yağış ile ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri	23
Şekil 4.2.3.	İç Anadolu İK, yıllık toplam yağış ile ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri	25
Şekil 4.2.4.	Akdeniz İK, yıllık ortalama sıcaklık ile ortalama sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri.....	26
Şekil 4.2.5.	Orta Toroslar İK, yıllık ortalama sıcaklık ile ortalama sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri.....	26
Şekil 4.2.6.	İç Anadolu İK, yıllık ortalama sıcaklık ile ortalama sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri.....	27
Şekil 4.2.7.	Akdeniz İK, yağış verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri	29
Şekil 4.2.8.	İç Anadolu İK, yağış verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri	29
Şekil 4.2.9.	Orta Toroslar Anadolu İK, yağış verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri	30
Şekil 4.2.10.	Akdeniz İK, sıcaklık verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri	31
Şekil 4.2.11.	İç Anadolu Anadolu İK, sıcaklık verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri	31
Şekil 4.2.12.	Orta Toroslar Anadolu İK, sıcaklık verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri	32
Şekil 4.2.13.	MK trend ve Sen eğim yağış analiz sonuçlarının aylık/mevsimsel dağılım grafikleri: (a) Akdeniz İK, (b) İç Anadolu İK, (c) Orta Toroslar İK	34
Şekil 4.2.14.	MK trend ve Sen eğim sıcaklık analiz sonuçlarının aylık/mevsimsel dağılım grafikleri: (a) Akdeniz İK, (b) İç Anadolu İK, (c) Orta Toroslar İK	37

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.3.1.	Çalışma alanında 2018 yılında meteorolojik gözlem yapılmış MGI'lerin konum haritası	38
Şekil 4.3.2.	Çalışma alanında yıllık ortalama aktüel basıncın alansal dağılımı	45
Şekil 4.3.3.	Çalışma alanında yıllık toplam yağışın alansal dağılımı.....	46
Şekil 4.3.4.	Çalışma alanında yıllık ortalama nispi nemin alansal dağılımı	46
Şekil 4.3.5.	Çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklığın alansal dağılımı.....	47
Şekil 4.3.6.	Çalışma alanında yıllık ortalama rüzgar hızının alansal dağılımı.....	47
Şekil 4.3.7.	Ölçülen değerlerin kestirim yöntemleriyle hesaplanan değerler arasındaki farkların grafiği	49
Şekil 4.3.8.	ETp'nin kestirimesinde kullanılan mekansal verilerin alansal dağılımları	52
Şekil 4.3.9.	Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkene olan dağılımları	53
Şekil 4.3.10.	Standartlaştırılmış hata değerlerinin dağılımı	55
Şekil 4.3.11.	Regresyon model sonuçlarının alansal dağılımları	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.2.1.	Farklı varyogram modelleri (<i>Isaaks ve Srivastava, 1989</i>)	12
Çizelge 3.2.2.	ABK Yönteminin avantajları ile dezavantajları.....	14
Çizelge 4.1.1.	Çalışma alanında yer alan MGİ'lere ait bilgiler	18
Çizelge 4.2.1.	MGİ'lerde ölçülen yağış değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları	18
Çizelge 4.2.2.	MGİ'lerde ölçülen sıcaklık değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları.....	19
Çizelge 4.2.3.	1971-2018 yılları arasında gözlenen yıllık meteorolojik verilerinin MGİ'lere göre Varimax dönüştürmeli Faktör Analiz sonuçları	20
Çizelge 4.2.4.	Çalışma alanı MGİ'lere ait yağış verilerinin Spearman'ın rho korelasyon analiz sonuçları (Yıl 1971-2018).....	22
Çizelge 4.2.5.	Çalışma alanı MGİ'lere ait sıcaklık verilerinin Spearman'ın rho korelasyon analiz sonuçları (Yıl 1971-2018).....	22
Çizelge 4.2.6.	Mann-Kendall trend analizi sonuçları – yıllık toplam yağış (mm/yıl) .	32
Çizelge 4.2.7.	MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel toplam yağış analiz sonuçları (Akdeniz İK).....	33
Çizelge 4.2.8.	MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel toplam yağış analiz sonuçları (İç Anadolu İK).....	33
Çizelge 4.2.9.	MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel toplam yağış analiz sonuçları (Orta Toroslar İK).....	34
Çizelge 4.2.10.	Mann-Kendall trend analizi sonuçları – yıllık ortalama sıcaklık (°C/yıl)	35
Çizelge 4.2.11.	MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel ortalama sıcaklık analiz sonuçları (Akdeniz İK).....	35
Çizelge 4.2.12.	MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel ortalama sıcaklık analiz sonuçları (İç Anadolu İK).....	36
Çizelge 4.2.13.	MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel ortalama sıcaklık analiz sonuçları (Orta Toroslar İK).....	36
Çizelge 4.3.1.	Ölçülmüş tüm meteorolojik verilerinin MGİ'lerin dağılımına göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları	39
Çizelge 4.3.2.	MGİ'lerin ortalama nispi nem (%)'ine göre Spearman's – rho korelasyon analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.3.3.	MGİ'lerin ortalama rüzgar hızı (<i>m/sn</i>)'na göre Spearman's – rho korelasyon analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4.3.4.	MGİ'lerin <i>toplam yağış</i> miktarına (<i>mm</i>) göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları.....	42
Çizelge 4.3.5.	MGİ'lerin <i>ortalama sıcaklığa</i> (°C) göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.3.6.	MGI'lerin <i>ortalama aktüel basınç (hPa)</i> 'a göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.3.7.	ÇBGH içinde yeralan MGI'lerde ölçülen ve kestirilen verilerin Çapraz Doğrulama ve Karşılaştırma Analiz sonuçları	48
Çizelge 4.3.8.	Erinç Kuraklık İndisi Sınıfları (<i>Erinç, 1957</i>)	50
Çizelge 4.3.9.	Çalışma alanına ait mekansal verilerin temel istatistik değerleri	51
Çizelge 4.3.10.	Çalışma alanına ait mekansal değişkenlerin birbiryle olan ilişkinin korelasyon analiz sonuçları.....	51
Çizelge 4.3.11.	Regresyon model sonuçları.....	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

σ	standart sapma
β_0	regresyon sabiti
β_k	regresyon parametreleri
λ	ağırlık vektörü
ε	hata terimi
ET_p^k	kestirilen potansiyel buharlaşma terleme
ET_p^h	hesaplanan potansiyel buharlaşma terleme

Kısaltmalar

AB	Aktüel Basınç
ABK	Ampirik Bayesci Kriging
AIC	Akaike Bilgi Kriteri
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇBGH	Çatalan Baraj Gölü Havzası
d.s.ü.	deniz seviyesi üstü
EBK	Emperical Bayesian Kriging
ET _p	Potansiyel Buharlaşma Terleme
FA	Faktör Analizi
IDW	Inverse Distance Weighed
İK	İklim Kuşağı
İŞTY	İnovatif Şen Trend Yöntemi
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MK	Mann-Kendall
NN	Nispi Nem
PCA	Principal Component Anlysis
P	Yağış
RH	Rüzgar Hızı
T	Sıcaklık
TBA	Temel Bileşenler Analizi

1. GİRİŞ

Yerbilimlerinde, sahadan ve laboratuvar ortamında verilerin elde edilebilmesi için büyük bir çalışma ekibi ile ekipmanlar, yüksek maliyetli ve uzun süreli gözlemler gerekmektedir. Bir çalışmanın bütçesi yeterli olsa dahi, bazı hidrolojik veriler alansal olarak net bir şekilde tanımlanamamaktadır. Bu yüzden, doğrudan net bir şekilde alansal ve hacimsel olarak gözlemlenemeyen yerüstü ve yeraltı sistemlerinin stokastik süreçlerini tanımlayan istatistiksel yöntemler kullanılabilir.

Yerbilimleri çalışmalarında konuma (x,y,z) ve zamana (t) bağlı noktasal ölçekte nitel/nicel ve sürekli/kesikli veriler elde edilmektedir. Bu veriler bazen çok boyutlu olup, her veri seti birden fazla veya çok değişkenli olabilmektedir. Bu değişkenlerin kendi aralarında etkileşimli olup olmadığı, veri setinin kaç kümeden oluştuğu, bağıl ilişkisinin olup olmadığı durumu önem kazanmaktadır. Ayrıca, uzun süre içinde ölçülen noktasal veri setleri kullanılarak alansal dağılımlar *Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)* tabanlı *mekansal analiz yöntemleri* kullanılmasıyla tahmin edilebilmektedir.

Yerbilimlerinin alt bilimi olan hidrojeolojik/hidrolojik çalışmaların önemli çalışma başlıklarından “havza su bütçesi”nin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için, su bütçesinin en önemli değişkenleri olan hidro-meteorolojik verilerinin noktasal ve konumsal bazda detaylı istatistiksel ve jeostatistiksel analizlerinin yapılmasıyla yeniden değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Noktasal verilerin analizinde bir çok istatistiksel yöntem kullanılmıştır. Meteorolojik istasyonlarının ait oldukları iklim kuşaklarının belirlenmesi için *Temel Bileşenler Analizi* ile *Faktör Analizi* kullanılmıştır. İki zaman serisi arasında korelasyonun olup olmadığını belirlemede hızlı ve basit bir test olan *Spearman'in Rho Testi*; zaman serilerinin bir trende sahip olup olmadıklarını test etmek için *Mann Kendall testi*; zaman serisinin bir trendi var ise, eğiminin belirlenmesinde *Sen'in Trend Eğim Yöntemi* ile *İnovatif Şen Trend Yöntemi* kullanılmıştır.

Noktasal verilerinin alansal dağılımının belirlenmesinde CBS tabanlı jeostatistiksel mekansal analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler, *Uzaklığın Tersisi ile*

Ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting) İnterpolasyon Yöntemi, Kriging/Co-kriging Yöntemi ile Ampirik Bayesci Kriging İnterpolasyon Yöntemi (Emperical Bayesian Kriging Interpolation)' dir.

Son olarak, mekansal verilere doğrusal regresyon yöntemi uygulanmıştır. Meteorolojik iklim verilerinden potansiyel buharlaşma (ET_p) bağımlı değişken olarak; yağış, sıcaklık, yıllık maksimum sıcaklığa bağlı kuraklık indisi, nispi nem, rüzgar hızı ve aktüel basınç ise, bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak mekansal regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu denklem ile kestirilen ET_p^k ve hesaplanan ET_p^h karşılaştırılmıştır ve çalışma alanında yıllık yağışın (potansiyel beslenme) ne kadarının buharlaştığı belirlenmiştir.

İklim değişimi ve kuraklık dünyamızın önünde önemli bir sorundur. Türkiye’de su kaynaklarının kullanımı konusunda etkin ve sürdürülebilir bir yönetim uygulanmadığı sürece Türkiye, iklim değişikliği ile beraber su fakiri bir ülke konumuna hızla ilerlemektedir. Bu nedenle, bu alanlarda yapılacak her çalışma Türkiye’nin stratejik karar verme aşamasında oldukça önemlidir. Ayrıca, anabilim dalımızda mekansal veri üzerinde daha önce hiç bir çalışma yapılmamıştır. Dolayısıyla, bu tez çalışması anabilim dalımız için önem arz etmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

- Dünya genelinde hidrometeorolojik zaman serilerinin uzun zaman içinde bir trende sahip olup, olmadığının tespit edilmesi amacıyla Mann, 1945 ve Kendall, 1975 tarafından önerilen test analizleri olan **Mann-Kendall Testi** zaman serilerinin trendinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Kadıoğlu., 1997; Yue ve ark., 2002; Dabanlı., 2017a; Gümüş ve ark., 2017; Özfidaner ve ark., 2017; Çeribaşı ve ark., 2019).

- Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için mevcut meteorolojik verilerinin geçmiş yıllara yönelik analizlerinin yapılması gerekmektedir (Yenigün ve ark., 2008). Bunun için zaman serisi verilerinin kendi ölçüm sürelerinde azalan veya artan eğimli trende sahip olup olmadığının belirlenmesi adına **Sen., 1968 ile Şen., 2011** tarafından önerilen yöntemlerin uygulanması önem arz etmektedir (Dabanlı., 2017a; Dabanlı ve ark., 2017b; Kişi., 2019).

- Son zamanlarda, **İnovatif Şen Trend Yöntemi (İŞTY)** hidrolojik zaman serilerinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır ve Mann-Kendall trend testine göre daha pratik bir yöntem olduğu gözlenmiştir (Şen., 2011; Kişi and Ay., 2014; Haktanir and Citakoglu., 2014; Şen., 2014; Ay and Kişi., 2015; Şen., 2015; Dabanlı ve ark., 2016; Dabanlı., 2017a; Dabanlı ve ark., 2017b; Dabanlı ve Şen., 2018; Kişi., 2019; Şen ve Dabanlı., 2019).

Jeoistatistiksel yöntemlerinden (mekansal analiz yöntemlerinden) biri olan bu yöntem, ölçülmüş örneklem verilerinin kullanılmasıyla örneklemin yapılmadığı yerlerdeki verileri tahmin edilmesinde veya kestirilmesinde etkili olan **Ters Uzaklık Ağırlıklı** (Inverse Distance Weighting - IDW) **İnterpolasyon Yöntemi**'dir (Philip ve Watson., 1982; Watson ve Philip., 1985). IDW ağırlıklı bir mesafe ortalaması olduğundan, ortalama en düşük girdiden yüksek veya daha küçük olamaz. Bu nedenle, bu aşırı uçlar önceden örneklenmemişse sırt veya vadi oluşturamaz (Watson ve Philip., 1985). IDW'den elde edilen en iyi sonuçlar, örnekleme benzetmeye çalıştığınız yerel varyasyona göre örnekleme yeterince yoğun olduğunda elde edilir. Giriş noktalarının örneklenmesi seyrek ya da düz değilse, sonuçlar istenen yüzeyi yeterince göstermeyebilir (Watson ve Philip., 1985). IDW yöntemi, her işlem hücresinin çevresindeki örnek veri noktalarının ortalamalarını alarak hücre değerlerini tahmin eden bir interpolasyon yöntemi kullanır. Bir nokta ne kadar yakınsa tahmin edilen hücrenin merkezine o kadar yaklaşır, ortalama işleminde o kadar fazla etki veya ağırlık vardır (Watson ve Philip., 1985).

- Jeostatistik analizin en önemli basamağı örneklem büyüklüğündeki konumsal bağımlılık yapısını belirleyen *yarı variogram* analizleridir (Keskiner., 2008).

- **Kriging**, dağınık noktalardan z-değerleri olan tahmini bir yüzey oluşturan gelişmiş bir jeostatistik işlemdir. Diğer interpolasyon yöntemlerinden ziyade, z-değerleri ile temsil edilen olgunun mekansal davranışının ayrıntılı bir incelemesi, çıktı yüzeyini oluşturmak için en iyi tahmin yöntemini seçmeden önce yapılmalıdır (Krige., 1951., Royle ve ark., 1981; Philip ve Watson., 1982; Watson ve Philip., 1985; Burrough., 1986; Heine., 1986; McBratney ve ark., 1986; Press ve ark., 1988; Oliver., 1990).

- **Ampirik Bayesci Kriging (ABK)**, geçerli bir kriging modeli oluşturmanın en zor yönlerini otomatikleştiren jeostatistiksel bir interpolasyon yöntemidir. Jeostatistikte kullanılan diğer kriging yöntemleri, doğru sonuçlar almak için parametreleri elle ayarlanmasını gerektirirken, EBK bu parametreleri alt kümeleme ve simülasyon işlemleri yoluyla otomatik olarak hesaplar (Chilès ve Delfiner., 1999; Pilz ve Spöck., 2007; Krivoruchko., 2012a; Krivoruchko., 2012b; Krivoruchko ve Gribov., 2014). Ayrıca, *semivariogramı* tahmin ederek ortaya çıkan hatayı hesaba katması diğer kriging yöntemlerinden farklı kılmaktadır. Diğer kriging yöntemleri, semivariogramı bilinen veri konumlarından hesaplarken, bu yöntem semivariogramı bilinmeyen konumlarda tahminlerde bulunmak için kullanılmaktadır. Bu süreç, dolaylı olarak tahmini semivariogramın interpolasyon bölgesi için gerçek semivariogram olduğunu varsaymaktadır (Chilès ve Delfiner., 1999; Pilz ve Spöck., 2007; Krivoruchko., 2012a; Krivoruchko., 2012b; Krivoruchko ve Gribov., 2014).

- **Regresyon analizi**, bilim dünyasında en sık kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Regresyon, iki veya daha fazla özellik niteliği arasındaki ilişkileri değerlendirmek için kullanılmaktadır. İlişkileri tanımlamak ve ölçmek, bir yerde neler olup bittiğinin daha iyi anlaşılmasına, bir şeylerin nerede olabileceğini tahmin edilmesine veya bunların neden gerçekleştiklerini incelemeye başlanmasına olanak sağlamaktadır (Hamilton., 1992; Wooldridge., 2003; Mitchell., 2005).

3. YÖNTEMLER

3.1. Noktasal veri analiz yöntemleri

3.1.1. Mann-Kendall Testi

Hidrometeorolojik veriler parametrik yöntemlerin varsayımlarını sağlamaması nedeniyle, bu verilerin analizinde parametrik olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Bu nedenle, hidrometeorolojik verilerin (+) artan yönde veya (-) azalan yönde bir eğiliminin olup olmadığı tespit edilmesinde Mann-Kendall Testi yapılmaktadır. Bu teste ilişkin yokluk ve alternatif hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0 : Zaman serisinin herhangi bir eğilimi yoktur.

H_1 : Zaman serisinin azalan veya artan bir eğilimi vardır (Mann., 1945; Kendall., 1975; Yenigun., 2008).

Testin uygulanacağı verilerde (x_i, x_j) çiftleri iki gruba ayrılmakta ve $i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin toplam sayısı P ; $x_i > x_j$ olan çiftlerin toplam sayısı ise M ile ifade edilirse S bağıntısı Eşitlik (1)'de verilen denklem ile Kendall korelasyon katsayısı ise Eşitlik (2) ile hesaplanmaktadır.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

$$\sigma_S = \sqrt{n * (n - 1) * \frac{2*n+5}{18}} \quad (2)$$

$$Z = \begin{cases} (S - 1)/\sigma_S & , S > 0 \\ 0 & , S = 0 \\ (S + 1)/\sigma_S & , S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Eşitlik (1)'de; n , toplam veri sayısıdır. Eşitlik (3) ile hesaplanan Z değeri, $Z_{\alpha/2}$ (1,645) değerinden küçük ise trend olmadığı veya H_0 hipotezinin kabul edildiği; büyük ise, H_1 hipotezinin kabul edildiği veya serinin trendi olduğu söylenebilir (Mann., 1945; Kendall., 1975; Yenigun., 2008; Çeribaş., 2019).

3.1.2. Sen Trend Eğim Analizi

Bu yöntem trendi olan zaman serisinin eğiminin büyüklüğünün belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Sen., 1968). *Sen Trend Eğim Analizi* yöntemi, doğrusal regresyon analiziyle karşılaştırıldığında, zaman serisi x_i değerlerinin \bar{x} ortalama değerinden sapan

$x_{fark} = x_i - \bar{x}$ değerlerin eğimi veya bu değerlerle oluşturulan regresyon denklemi üzerindeki etkisini belirlenmektedir.

$$N = n * \frac{(n-1)}{2} \quad (4)$$

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (i = 1, \dots, N) \quad (5)$$

$$Q_i = \begin{cases} Q_{\frac{N+1}{2}} & , \quad N \text{ tek ise} \\ \frac{Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}}{2} & , \quad N \text{ çift ise} \end{cases} \quad (6)$$

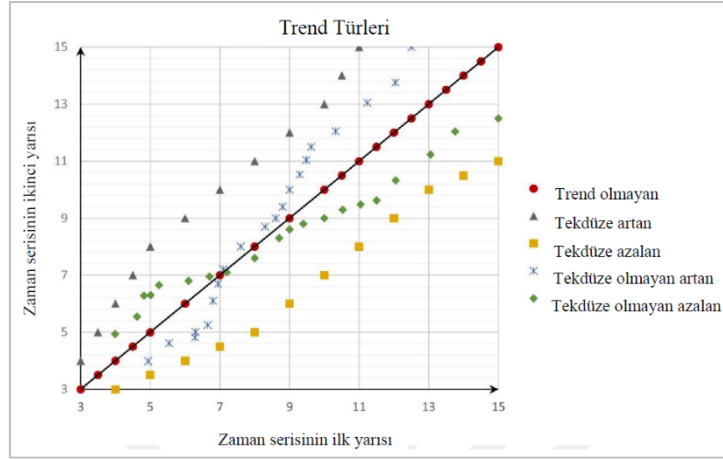
Buradaki, x_j ile x_k zaman serisinin j ile k zamanında ölçülen değerlerdir. Sen eğimi Q ile gösterilmekte ve Eşitlik (5) ile hesaplanmaktadır. Q_i (+) değer alıyor ise zaman serisinin artan trende sahip olduğu, (-) değerinde ise azalan trende sahip olduğunun göstergesidir.

3.1.3. İnovatif Şen Trend Analizi

Şen tarafından 2011 yılında önerilen *İnovatif Şen Trend Analizi*, zaman serisinin iki eşit zaman aralığına bölünmesiyle ilk yarı zaman serisinin yatay x ekseninde, diğer yarı zaman serisinin düşey ekseninde olacak şekilde veriler küçükten büyüğe sıralanmaktadır (Şekil 3.1.1.). Bu teste:

- $x:y = 1:1$ doğrusu üzerinde veya çok yakınından geçiyorsa, zaman serisinin bir trendi yok ise, H_0 red edilemez;
- $x:y = 1:1$ doğrusu üzerinde (veya altında) olup, sürekli bu doğrudan uzaklaşarak artıyorsa (azalıyorsa) *tekdüze artan (azalan) bir trende sahip ise*, H_1 red edilemez;
- $x:y = 1:1$ doğrusunun üzerinde (veya altında) olup, bu doğruya hem yakınlaşan hem de uzaklaşan bir trend içeriyor ise, *tekdüze olmayan artan (veya azalan) bir trende sahip ise*; H_1 red edilemez

(Şen., 2011; Kişi and Ay., 2014; Haktanir and Citakoglu., 2014; Şen., 2014; Ay and Kişi., 2015; Dabanlı ve ark., 2016; Dabanlı., 2017; Kişi., 2019).



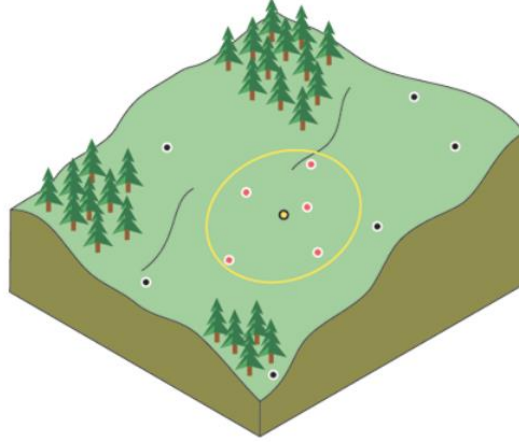
Şekil 3.1.1. Azalan, artan ve trend olmayan serilerin gösterimi (Şen, 2011; Dabanlı, 2017)

Dabanlı ve Şen (2017) tarafından yapılan çalışmada, meteorolojik zaman serilerinin “düşük”, “orta” ve “yüksek” olmak üzere 3 alt sınıfa ayrılacağı belirtilmiştir (Şen., 2011; Şen., 2014; Ay and Kişi., 2015; Dabanlı ve ark., 2016; Dabanlı., 2017a; Dabanlı ve ark., 2017b; Dabanlı ve Şen., 2018). Bu alt sınıflarla, zaman serisinin riskli veya hayati önem arz eden doğal afetlerinin tanımlanmasında kolaylık sağlanmaktadır.

3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Mekansal Veri Analiz Yöntemleri

3.2.1. Ters Uzaklık Ağırlıklı (*Inverse Distance Weighting - IDW*) İnterpolasyon Yöntemi

Bu yöntem, ölçülmüş örneklem verilerinin kullanılmasıyla örneklemin yapılmadığı yerlerdeki verilerin tahmin edilmesinde veya kestirilmesinde etkilidir (Philip ve Watson., 1982; Watson ve Philip., 1985). Ölçülmemiş (veya tahmin edilen) değerlerin ölçülmüş olan değerler ile ilişkili olduğu varsayılmaktadır. İnterpolasyon yöntemi, örnek noktalarından sürekli yüzey oluşturmayı sağlamaktadır. Bu yöntemde, ölçülen veriye sahip hücreye en büyük ağırlık değeri verilir, tahmin edilen hücreler bu hücreden uzaklaştıkça ağırlığını kaybeder. IDW ağırlıklı bir mesafe ortalaması olduğundan, ortalama en düşük girdiden yüksek veya daha küçük olamaz. Bu nedenle, bu aşırı uçlar önceden örneklememiş ise, sırt veya vadi oluşturamaz (Watson ve Philip., 1985) (Şekil 3.2.1.).



Şekil 3.2.1. IDW İnterpolasyon Yöntemi Şematik Gösterimi (ESRI, ArcGIS® v10.6.1)

IDW'den elde edilen en iyi sonuçlar, örnekleme benzetmeye çalıştığınız yerel varyasyona göre, örnekleme yeterince yoğun olduğunda elde edilir. Giriş noktalarının örneklenmesi seyrek ya da düz değilse, sonuçlar istenen yüzeyi yeterince göstermeyebilir (Watson ve Philip., 1985). IDW yöntemi, her işlem hücresinin çevresindeki örnek veri noktalarının ortalamalarını alarak hücre değerlerini tahmin eden bir enterpolasyon yöntemi kullanır. Bir nokta ne kadar yakınsa tahmin edilen hücrenin merkezine o kadar yaklaşır, ortalama işleminde o kadar fazla etki veya ağırlık vardır (Watson ve Philip., 1985).

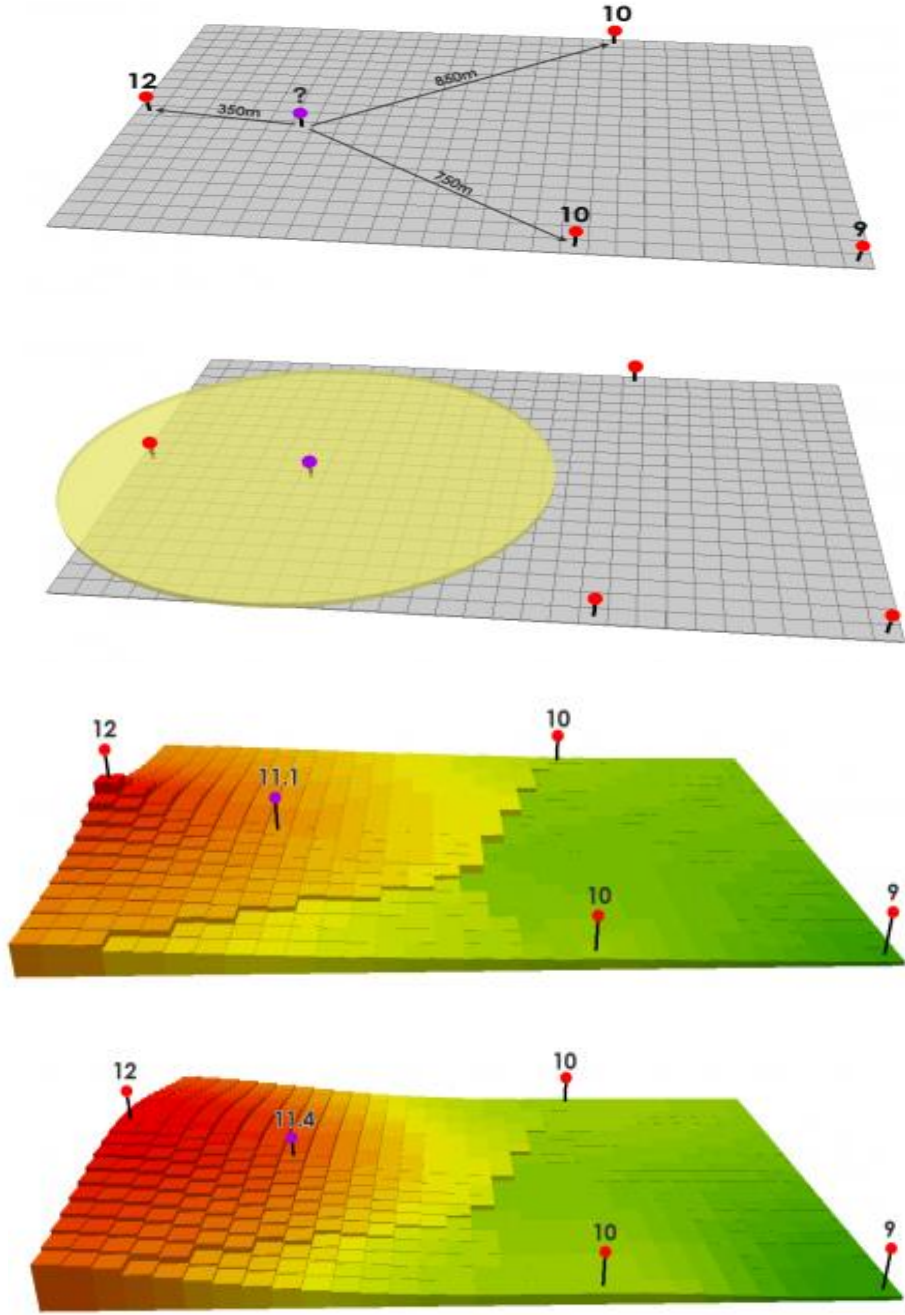
IDW yöntemi Eşitlik (8)'de yer alan denklemlerle uygulanmaktadır.

$$z_j = \frac{\sum_i \frac{z_i}{d_{ij}^n}}{\sum_i \frac{1}{d_{ij}^n}} \quad (8)$$

Burada:

- z_i – verisi bilinen hücre,
- d_{ij} – bu hücreye olan uzaklık,
- z_j – verisi olmayan tahmin edilen hücre ve
- n – kullanıcı tarafından seçilebilen üs değeri (genelde 1, 2 yada 3 değeri alır)'dir.

IDW interpolasyonu, daha yakın değerlerin yada fonksiyonların diğer değerlerden daha fazla ilişkili olduğu varsayılan (deterministik) matematiksel bir yöntemdir. Bu yöntemle ilişkin bir uygulama Şekil 3.2.2.'de yer almaktadır.



Şekil 3.2.2. IDW İnterpolasyon Yöntemi Örnek Uygulaması

(<https://gisgeography.com/inverse-distance-weighting-idw-interpolation/>)

Eşitlik (8) kullanılarak tahmin edilen hücre değeri;

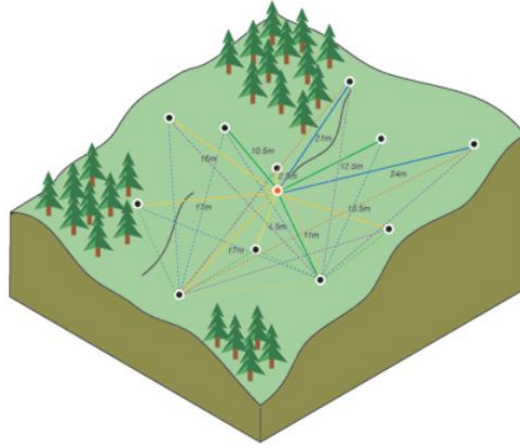
$$n=1 \text{ olduğunda, } z_j = ((12/350) + (10/750) + (10/850)) / ((1/350) + (1/750) + (1/850)) = 11.1;$$

$$n=2 \text{ olduğunda ise, } z_j = ((12/350^2) + (10/750^2) + (10/850^2)) / ((1/350^2) + (1/750^2) + (1/850^2)) = 11.4 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

3.2.2. Co-Kriging Yöntemi

Dağınık noktalardan z-değerleri olan tahmini bir yüzey oluşturan gelişmiş bir jeostatistik işlemdir. Diğer interpolasyon yöntemlerinden ziyade, z-değerleri ile temsil edilen olgunun mekansal davranışının ayrıntılı incelenmesi ve çıktı yüzeyini oluşturmak için en iyi tahmin yöntemini seçmeden önce yapılmalıdır (Krige., 1951; Royle ve ark., 1981; Philip ve Watson., 1982; Watson ve Philip., 1985; Burrough., 1986; Heine., 1986; McBratney ve ark., 1986; Press ve ark., 1988; Oliver, 1990).

Kriging yöntemiyle, tahmin yüzeylerini ve simülasyon modellerinin ne kadar iyi tahmin ettiğini açıklayan mekansal yüzeyleri oluşturmaktadır. Bir noktanın (kırmızı nokta) diğer tüm ölçülen konumlarla eşleşmesini göstermektedir ve bu işlem ölçülen her nokta için devam etmektedir (Şekil 3.2.3.).



Şekil 3.2.3. Kriging Yöntemi Şematik Gösterimi (ESRI, ArcGIS® v10.6.1)

Co-Kriging kestirim yöntemi, varyogramın yapısal özelliklerini ve örneklenmiş noktaları kullanarak örnek alınmamış noktalardaki değerleri tahmin etmeyi hedefleyen interpolasyon tekniğidir (Tragmar ve ark., 1985) ve aşağıda yer alan eşitlik ile tanımlanmaktadır (Eşitlik (9)).

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i * z(x_i) \quad (9)$$

Burada: $z^*(x_0)$ – tahmin edilen değer, $z(x_i)$ – ölçülen değer, λ_i – ağırlık vektörü'dür. $\lambda_i = r * C$ (r : varyogram matrisi, C : tahmin edilecek nokta ile tahminde kullanılacak nokta arasındaki uzaklığa ilişkin varyogram içeren vektör). Eşitlik (9)'da gösterilen ağırlık λ_i yalnızca tahmin yerine olan mesafeye bağlıdır.

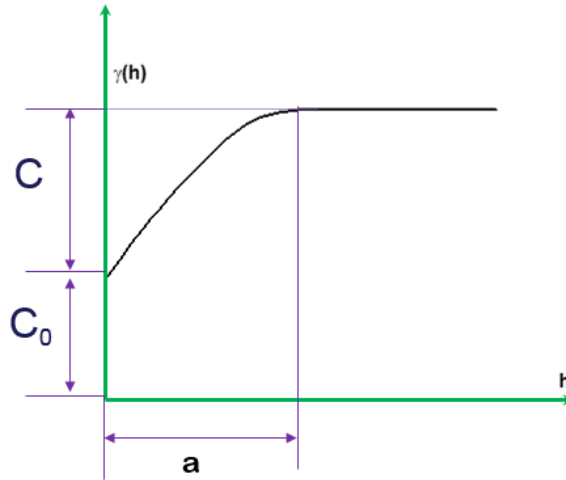
Kriging yönteminde; ağırlıklar sadece ölçülen noktalarla tahmin edilen yerler arasındaki mesafeye değil, aynı zamanda ölçülen noktaların toplam mekansal düzenlemesine de bağlıdır. Mekansal düzenlemeyi ağırlıklarda kullanmak için *mekansal otokorelasyon ölçülmelidir*. Bu nedenle, sıradan kriging’de, λ_i ölçülen noktalara ağırlıklandırılmış bir modele, öngörme konumuna olan mesafeye ve ölçülen değerler arasındaki mekansal ilişkilere dayanarak tahmin edilmektedir.

Yarı-variogram, belli x mesafesi ile birbirlerinden ayrılan örnek çiftleri arasındaki varyansın mesafeye olan ilişkisini göstermektedir. Başka bir deyişle, örnekleme çiftleri arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak konumsal bağımlılığı tanımlamaktadır ve matematiksel olarak aşağıdaki Eşitlik (10) ile belirtilmiştir (Journel ve Huijbregts., 1978).

Her bir h uzaklığı için deneysel variogram,

$$\gamma(h) = \frac{1}{2*N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (10)$$

Bu denklem, eşleştirilen konumların değerleri arasındaki farkların karelerin hesaplamayı içermektedir. Burada; $N(h)$, h uzaklığa denk gelen örnek çift sayısı; $Z(x_i)$, incelenen özelliğin i . noktasındaki ölçüm değeri; $Z(x_i+h)$, incelenen özelliğin $(i+h)$. noktasındaki ölçüm değeridir. Variogram bileşenlerini tanımlayan bir örnek Şekil 3.2.4.’te verilmiştir.



Şekil 3.2.4. Variogram bileşenleri

Şekil 3.2.4.’te; C_0 (Nugget), kontrolsüz etki varyansı; (C_0+C) , tepe varyansı; a , etki aralığı (m)’dir. Küresel, dairesel, üstel, doğrusal ve Gaussian dağılım olmak üzere beş çeşit variogram tipi mevcuttur ve bunlar Çizelge 3.2.1.’de verilmiştir.

Çizelge 3.2.1. Farklı variogram modelleri (Isaaks ve Srivastava., 1989)

Variogram modelleri	İlgili Fonksiyonlar	Özel Durum
Üssel (Exponential)	$\gamma(h) = C_0 + C_1 * \left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right)\right]$	$h \geq 0$
Küresel (Spherical)	$\gamma(h) = C_0 + C_1 * \left[\left(\frac{3h}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{h^3}{a^3}\right)\right]$	$h \leq a$
	$\gamma(h) = C_0 + C_1 * [C_0 + C_1]$	$h > a$
Gauss (Gaussian)	$\gamma(h) = C_0 + C_1 * \left[1 - \exp\left(-\frac{3h^2}{a^2}\right)\right]$	$h \geq 0$
Dairesel (Circular)	$\gamma(h) = \left[\left(\frac{2h}{\pi a}\right) * \left(1 - \left(\frac{h}{a}\right)\right) + \left(\frac{2}{\pi}\right) * \arcsin\left(\frac{h}{a}\right)\right]$	$0 \leq h \leq a$

Burada, bir kriging modeli için ortalama mutlak hata (OMH) ile hata kareler ortalaması (HKO) hesaplanmaktadır (Eşitlik (11) ve Eşitlik (12)).

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z(x_g) - Z^*(x_t)| \quad (11)$$

$$HKO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_g) - Z^*(x_t)]^2 \quad (12)$$

Burada: $Z(x_g)$, gözlemlenen değer; $Z^*(x_t)$, tahmin edilen değerdir.

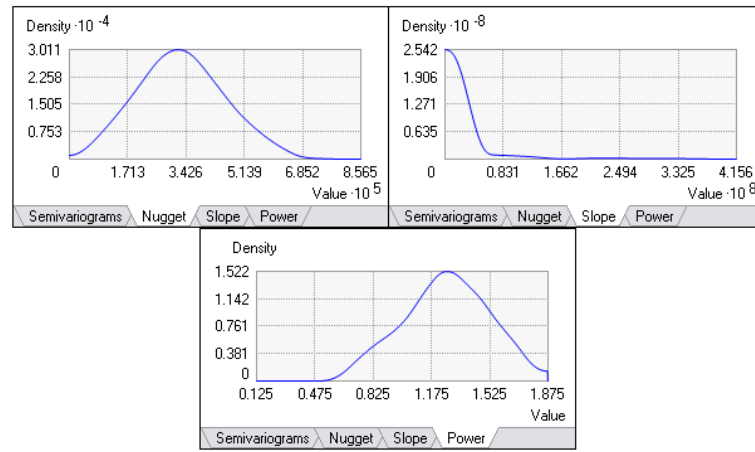
Nihai model, tüm modeller arasında en küçük OMH ile HKO'ya sahip olanıdır ve bu model en uygun kriging modeli olarak seçilir.

3.2.3. Ampirik Bayesci Kriging (ABK) Yöntemi

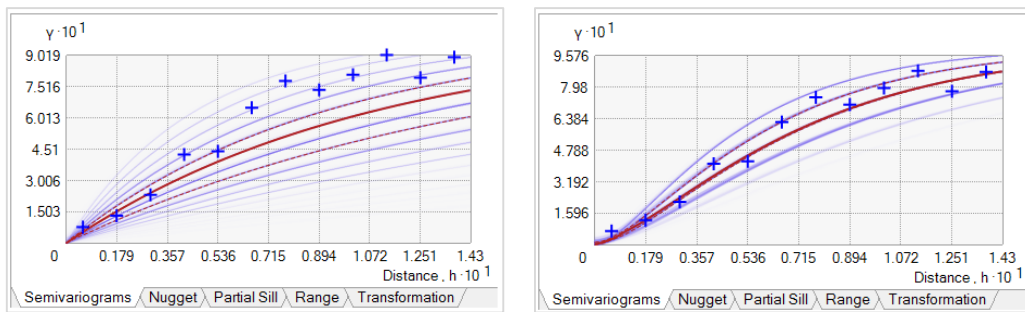
Ampirik Bayesci Kriging, geçerli bir kriging modeli oluşturmayı bilgisayar ortamında hızlandıran veya otomatik olarak hesaplayan jeostatistiksel bir interpolasyon yöntemidir. Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı ArcGIS paket programının *Geostatistical Analyst* alt yazılımındaki diğer kriging yöntemlerinde doğru sonuçları almak için parametrelerin ayarlanması gerekirken; ABK'de ise, bu parametreler bir alt-set ve simülasyon işlemi aracılığıyla otomatik olarak hesaplanmaktadır (Chilès ve Delfiner., 1999; Pilz ve Spöck., 2007; Krivoruchko., 2012a; Krivoruchko., 2012b; Krivoruchko ve Gribov., 2014).

Ayrıca, yarı-variogramın (*semivariogram*) tahmin edilmesiyle ortaya çıkan hatayı hesaba katması nedeniyle diğer kriging yöntemlerinden farklıdır. Diğer kriging yöntemleri, yarı-variogramı bilinen veri konumlarından hesaplarken, bu yöntem yarı-variogramı bilinmeyen konumlarda tahminlerde bulunmak için kullanılmaktadır. Bu süreç, dolaylı olarak tahmini yarı-variogramın enterpolasyon bölgesi için, gerçek yarı-variogramı olduğunu varsaymaktadır (Chilès ve Delfiner., 1999; Pilz ve Spöck., 2007; Krivoruchko., 2012a; Krivoruchko., 2012b; Krivoruchko ve Gribov., 2014).

ABK yönteminin uygulanmasıyla elde edilen yarı-variogram bileşenlerine ilişkin örnek grafikler Şekil 3.2.5., Şekil 3.2.6. ve Şekil 3.2.7.'de gösterilmiştir. Bu yöntemin avantajları ile dezavantajları Çizelge 3.2.2'de verilmiştir.



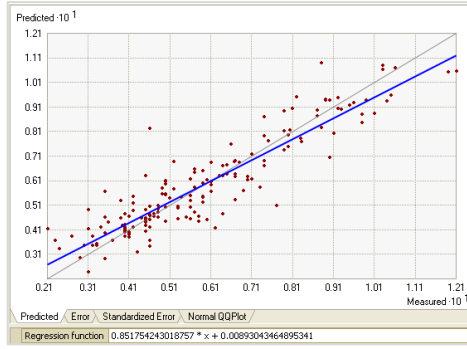
Şekil 3.2.5. Simülasyonlar sonucunda elde edilen yarı-variogram bileşenleri (*ESRI, ArcGIS® v10.6.1*)



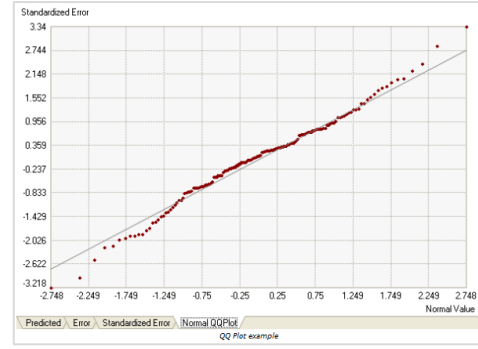
(a)

(b)

Şekil 3.2.6. ABK yarı-variogram grafikleri: (a) merkez dairenin içinde olmayan; (b) tam merkez dairenin içinde olan (*ESRI, ArcGIS® v10.6.1*)



(a)



(b)

Şekil 3.2.7. ABK yarı-variogram grafikleri: (a) ölçülen ve kestirilen veriler; (b) standartlaştırılmış hata normal QQPlot (ESRI, ArcGIS® v10.6.1)

Çizelge 3.2.2. ABK Yönteminin avantajları ile dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
1. Minimum etkileşimli modelleme gerektirir.	1. İşlem süresi, giriş noktalarının sayısı, alt küme boyutu veya örtüşme faktörü arttıkça artar.
2. Standart kestirim hatalarının kullanıldığı diğer kriging yöntemlerinden daha doğrudur.	2. Bir dönüşümün uygulanması, özellikle semivariogram model tipi için K-Bessel veya K-Bessel Detrended seçildiğinde işlem süresini de artıracaktır.
3. Orta derecede durağan olmayan verilerin doğru tahmin edilmesini sağlar.	3. İşleme, özellikle raster çıktısı alındığında, diğer kümeleme yöntemlerinden daha yavaştır.
4. Küçük veri setleri için diğer kriging yöntemlerinden daha doğru.	4. Log Ampirik dönüşümü aykırı değerlere özellikle duyarlıdır. Bu dönüşümü aykırı değerler içeren verilerle kullanırsanız, giriş noktalarınızın değerlerinden daha büyük veya daha küçük olan tahminler alabilirsiniz.

3.2.3. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, bilim dünyasında en sık kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Regresyon, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkileri değerlendirmek için kullanılmaktadır. İlişkileri tanımlamak ve ölçmek, daha iyi anlaşılmasına, tahmin edilmesine veya bunların neden gerçekleştiklerinin incelemesine olanak sağlamaktadır (Hamilton., 1992; Wooldridge., 2003; Mitchell., 2005).

İlgili olunan bağımlı değişken, bağımsız değişken seti kullanılarak $y=f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ şeklinde bir fonksiyon ile açıklanmaya çalışıldığında,

1. Tahminler doğru olma eğiliminde ve ortalama olarak doğru olmalıdır.

2. Tahminlerin hiçbir zaman tam olarak doğru olamayacağı kabul edilirse, tahmini değer ile gerçek (ölçülen) değer arasındaki farkın en az olması beklenir.

Bu iki özellik regresyon katsayılarının tahmin edilmesinde büyük önem arz etmektedir.

Birçok istatistiksel analizde olduğu gibi, en küçük kareler regresyonu beş temel varsayıma sahiptir. Bu varsayımların çoğu, hata teriminin özelliklerini açıklamaktadır. Varsayımlarını kontrol etmek için hata değerlerinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir:

Varsayım 1. Regresyon modeli regresyon katsayıları ile hata terimiyle doğrusaldır (Eşitlik 13).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (13)$$

Burada: β_0 , regresyon sabiti; β_k ($k=1,2,\dots,k$), model parametreleri ve ε , hata terimidir.

Varsayım 2. Hatalar normal dağılımlıdır. Ortalaması sıfır ve varyansı σ_ε^2 olmalıdır: $\varepsilon \sim N(\mathbf{0}, \sigma_\varepsilon^2)$ 'dir.

Varsayım 3. Modelde yer alan bütün bağımsız değişkenler hata teriminden bağımsızdır ($cov(x_i, \varepsilon_i) = 0$).

Varsayım 4. Hata terimine ilişkin gözlemler birbirleriyle ilişkisizdir ($cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$).

Varsayım 5. Hata terimi sabit bir değişkenliğe sahiptir.

4. UYGULAMA

4.1. Çalışma alanının tanıtılması

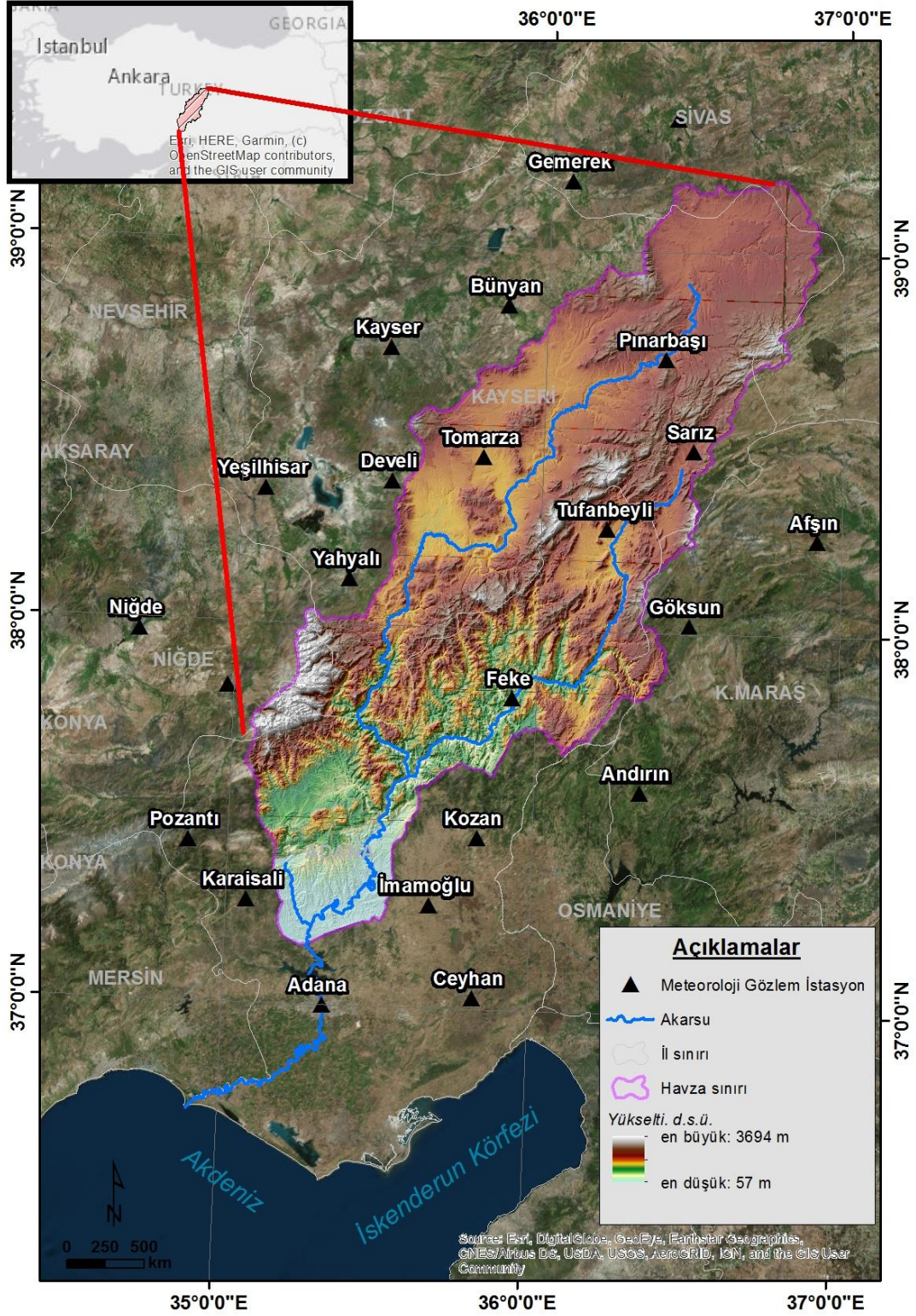
Çalışma alanı; Türkiye'nin büyük su havzalarından biri olup, Seyhan Nehir Havzası'nın alt havzası olan Adana ilinin içme-kullanma suyunu karşılayan Çatalan Baraj Gölü'nün beslenme havzası olan Çatalan Baraj Gölü Havzası'dır. Coğrafi koordinatları olarak 35°00'00'D/37°02'00'K-36°07'00'D/39°04'00'K zonlarını kapsayan alanda yer almaktadır (Şekil 4.1.1). Kapsadığı iller; İç Anadolu illerinden Kayseri ve Sivas İli; Doğu Anadolu illerinden Malatya ve Kahramanmaraş İli ve Akdeniz illerinden Adana ve Osmaniye İli sınırları içinde olup, toplam alanı 14 000.0 km²'dir. Havzanın uzun yıllar ortalama yağış miktarı 700-800 mm/yıl, topoğrafik yükseltisi 57 m ile 3694 m deniz seviye üstü (d.s.ü.) arasındadır.

Bu tez çalışmasında, Çatalan Baraj Gölü'nü besleyen nehir havzasına düşen yağıştan ne kadarının *potansiyel buharlaşma terlemeyle* su kaybına neden olacağını alansal olarak hesaplanması hedeflenmiştir. Bunun için; havzada yer alan T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 9. Bölge Müdürlüğü tarafından temin edilen çalışma alanında yer alan meteoroloji gözlem istasyon (MGİ)'lerine ait uzun yıllar aylık iklim verileri kullanılarak, Bölüm 2'de anlatılan analiz yöntemleri doğrultusunda *noktasal ve alansal (mekansal)* analizleri yapılmıştır. Bu konuda yapılan tüm çalışmalar, bu bölümün ilgili alt başlıklarında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. MGİ'lere ait detaylı bilgileri Çizelge 4.1.1.'de verilmiştir ve konumsal dağılımı Şekil 4.1.1.'de gösterilmiştir. Çizelge 4.1.1.'de verilen 14 adet MGİ'na ait yıllık toplam yağış (mm/yıl); yıllık ortalama sıcaklık (°C), nispi nem (%), aktüel basınç (hPa) ve rüzgar hızı (m/sn) değerleri kullanılarak Bölüm 2'de anlatılan analizler uygulanmıştır.

4.2. Noktasal Meteorolojik Verilerin Analizi

Bu tez çalışmasında noktasal meteorolojik verilerin analizleri için, Çizelge 4.1.1.'de yer alan meteorolojik gözlem istasyonlarında 1971-2018 yılları arasında ölçülen yıllık yağış ile yıllık ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır ve bu değerlere ait tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.2.1. ile Çizelge 4.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. incelendiğinde, çalışma alanında 1971-2018 yılları arasında toplam 48 yıllık gözlem sonuçlarına göre; en düşük yağış Göksun MGİ'de ölçülmüş olup, değeri 181.6 mm/yıl iken, en yüksek yağış ise Adana MGİ'de 1176.20 mm/yıl olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.1.1. Çalışma alanının konum haritası

Çizelge 4.1.1. Çalışma alanında yer alan MGİ'lere ait bilgiler

Sıra	İstasyon Numarası	Meteoroloji Gözlem İstasyon Adı	Koordinat (WGS 84, ondalık derece)		Deniz Seviyesi Üstü Yükseklik (m)	Gözlem Yılları
			X	Y		
1	17351	Adana	37.0041	34.3443	20	1971-2018
2	17960	Ceyhan	37.0153	37.7955	30	1971-2018
3	17908	Kozan	37.4337	35.8188	109	1971-2018
4	17936	Karaisali	37.2505	35.0628	241	1971-2018
5	17196	Kayseri	38.6870	35.5000	1050	1971-2018
6	17836	Develi	38.3744	35.4797	1180	1971-2018
7	17162	Gemerek	39.1850	36.0805	1171	1971-2018
8	17250	Niğde	37.9587	34.6795	1211	1971-2018
9	17193	Nevşehir	38.6163	34.7025	1260	1971-2018
10	17837	Tomarza	38.4522	35.7912	1397	1971-2018
11	17868	Afşın	38.2405	36.9190	1180	1971-2018
12	17866	Göksun	38.0240	36.4823	1344	1971-2018
13	17802	Pınarbaşı	38.7224	36.3924	1500	1971-2018
14	17840	Sarız	38.4781	36.5035	1500	1971-2018

Çizelge 4.2.1. MGİ'lerde ölçülen yağış değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

Sıra	Meteoroloji Gözlem İstasyon Adı	Gözlem Yılı	Aralık	En küçük	En büyük	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
				(mm/yıl)					
1	Adana	48	859.40	316.80	1176.20	648.24	198.34	0.69	0.27
2	Ceyhan	48	662.40	381.70	1044.10	688.60	161.82	0.36	-0.28
3	Karaisali	48	953.70	398.40	1352.10	865.98	231.12	0.05	-0.70
4	Kozan	48	758.10	539.30	1297.40	816.04	168.79	0.77	0.47
5	Kayseri	48	356.20	257.90	614.10	397.59	78.95	0.34	-0.04
6	Develi	48	310.10	210.10	520.20	361.78	67.54	0.31	0.04
7	Gemerek	48	405.59	276.01	681.60	403.54	75.88	0.99	2.63
8	Niğde	48	295.20	192.90	488.10	336.38	72.23	0.11	-0.16
9	Nevşehir	48	308.00	281.01	589.01	416.32	78.41	0.14	-0.73
10	Tomarza	48	288.90	253.40	542.30	386.84	66.30	0.03	-0.48
11	Afşın	48	401.20	250.40	651.60	417.37	92.56	0.27	-0.62
12	Göksun	48	699.41	181.60	881.01	575.09	142.69	-0.18	0.20
13	Pınarbaşı	48	341.90	254.80	596.70	405.08	82.49	0.02	-0.52
14	Sarız	48	468.59	279.01	747.60	506.17	97.28	-0.08	0.10

Toplam 48 yıllık ortalama yağış değerlerine bakıldığında en düşük ortalama yağış değerine Niğde MGİ olup, değeri 361.78 mm/yıl iken; en yüksek ortalama yağış değeri ise Ceyhan MGİ olup, değeri 688.60 mm/yıl'dır. MGİ'lerde ölçülen yağış değerlerinin standart sapmaları incelendiğinde; en düşük standart sapma değerine sahip istasyon Tomarza MGİ olup, değeri 66.30 mm/yıl'dır. En yüksek değere sahip istasyon Karaisali MGİ olup, değeri 231.12 mm/yıl'dır.

Çizelge 4.2.2. MGİ'lerde ölçülen sıcaklık değerlerinin tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları

Sıra	Meteoroloji Gözlem İstasyon Adı	N	Aralık	En küçük	En büyük	Ortalama	Standart Sapma	Çarpıklık	Basıklık
1	Adana	48	2.83	18.02	20.85	19.28	0.54	0.32	1.43
2	Ceyhan	48	3.26	16.59	19.85	18.06	0.73	0.23	-0.03
3	Karaisali	48	3.37	16.91	20.28	18.60	0.65	0.09	0.51
4	Kozan	48	3.35	17.80	21.15	19.46	0.68	0.14	0.24
5	Kayseri	48	5.06	8.17	13.23	10.46	1.10	0.43	0.13
6	Develi	48	5.55	8.35	13.90	11.03	1.12	0.37	0.31
7	Gemerek	48	5.04	6.73	11.77	9.57	1.03	0.14	0.46
8	Niğde	48	5.42	8.52	13.94	11.18	1.06	0.29	0.38
9	Nevşehir	48	5.27	8.37	13.64	10.70	1.04	0.52	0.40
10	Tomarza	48	5.62	5.06	10.68	8.17	1.04	-0.03	0.95
11	Afşin	48	5.75	7.43	13.18	10.52	1.17	-0.05	0.82
12	Göksun	48	4.81	6.31	11.12	8.93	0.94	0.01	0.79
13	Pınarbaşı	48	5.27	5.13	10.40	7.80	1.04	0.39	0.88
14	Sarız	48	4.71	5.01	9.72	7.49	0.86	0.18	1.46

Çizelge 4.2.2. incelendiğinde, çalışma alanında 1971-2018 yılları arasında toplam 48 yıllık gözlem sonuçlarına göre; en düşük ortalama yıllık ortalama sıcaklık Sarız MGİ'de ölçülmüş olup, değeri 5.01 °C/yıl iken, en yüksek değeri ise Adana MGİ'de 20.85 °C/yıl olarak ölçülmüştür. Her bir istasyonda ölçülen ortalama yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde; en düşük ortalama yıllık ortalama sıcaklık değerine Sarız MGİ olup, değeri 7.49 °C/yıl iken; en yüksek ortalama yıllık ortalama sıcaklık değeri ise Kozan MGİ olup, değeri 19.46 °C/yıl'dır. MGİ'lerde ölçülen yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin standart sapmaları incelendiğinde; en düşük standart sapma değerine sahip istasyon Adana MGİ olup, değeri 0.54 °C/yıl'dır. En yüksek değere sahip istasyon ise Afşin MGİ olup, değeri 1.17 °C/yıl'dır.

Çalışma alanında meteorolojik verilerin homojenlik gösteren bölgeler

Çalışma alanında meteorolojik verilerin homojen dağılım gösteren bölgelerinin belirlenmesi amacıyla, IBM® SPSS v23 yazılımındaki Temel Bileşen Analizi (TBA)/ Faktör Analizi (FA) tekniği uygulanmıştır. Bu teknik, çok değişkenli istatistik analiz yöntemlerinden biri olup, çok sayıda birbiriyle ilişkisi olan değişkenleri bir araya getirmesi ve benzerlik ilişki durumuna göre değişken sayısını indirgemesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle bu yöntem, araştırmanın amacına göre yeni değişkenleri türetilmesinde etkin bir yöntemdir.

Tez çalışmasında 1971-2018 yılları arasında kesintisiz meteorolojik gözlemlerinin yapıldığı 14 adet MGİ'ye ait verilerin, çalışma alanında homojen dağılıp dağılmadığının ve kaç tane iklim bölgesine ait olduklarının belirlenmesi amacıyla TBA/FA yöntemi *Varimax döndürmeli* olarak uygulanmıştır ve elde edilen sonuçları Çizelge 4.2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2.3. 1971-2018 yılları arasında gözlenen yıllık meteorolojik verilerin MGİ'lere göre Varimax döndürmeli Faktör Analiz sonuçları

	İklim Kuşağı		
	Akdeniz	İç Anadolu	Orta Toroslar
Adana	0.90		
Karaisali	0.84		
Ceyhan	0.80		
Kozan	0.71		
Kayseri		0.86	
Gemerek		0.80	
Nevşehir		0.76	
Niğde		0.76	
Develi		0.66	
Tomarza		0.54	
Sarız			0.77
Göksun			0.77
Pınarbaşı			0.71
Afşin			0.61
% Varyans	25.77	26.11	19.10
Kümülatif toplam %Varyans	25.77	51.89	70.99

Yöntem: Temel Bileşenler Yöntemi

Döndürme Yöntemi: Varimax (Kaiser Normalizasyonu)

a: Döndürme 6 iterasyonlu

Çizelge 4.2.3.'ten görüldüğü gibi, TBA/FA analizi sonucunda özdeğeri 1'den büyük olan 3 Faktör tanımlanmıştır. Buradan, çalışma alanında yer alan MGİ'ler aşağıda yer alan üç faktöre indirgenmiştir:

- **Faktör 1:** Akdeniz İklim Kuşağı (Akdeniz İK) olup, Adana, Karaisali, Ceyhan ve Kozan;
- **Faktör 2:** İç Anadolu İK olup, Kayseri, Gemerek, Nevşehir, Niğde, Develi ve Tomarza;
- **Faktör 3:** Orta Toroslar İK olup, Sarız, Göksun, Pınarbaşı ve Afşin'dir.

Bu iklim kuşakları, çalışma alanında yer alan tüm MGİ'ye ait verilerdeki toplam varyansın %70.99 ile açıklanmaktadır. Akdeniz İK, İç Anadolu İK ve Orta Toroslar İK sırasıyla, toplam varyansın %25.77, %26.11 ve %19.10 ile açıklanmaktadır.

Meteorolojik verilerinden yağış ile sıcaklık değerlerinin tüm MGİ'ler arasındaki ilişkisinin belirlenmesi amacıyla, zaman serisi değişkenlerinin belirli bir olasılık dağılımına uyma

koşulu gerektirmeyen korelasyon test analizi olan *Spearman'ın korelasyon katsayısı testi* kullanılmıştır. Bu test sonuçları Çizelge 4.2.4. ile Çizelge 4.2.5.'te verilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü üzere, korelasyon katsayılarının yüksek olması MGİ'ler arasında yüksek bir bağımlı ilişkinin olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca, çalışma alanında yeralan meteorolojik gözlem istasyonlarında ölçülen yıllık toplam yağış ile ortalama sıcaklık değerlerinin yıllar içinde nasıl dağıldığına; hangi yıllarda yağışlı ve kurak dönemin gerçekleştiğinin belirlenmesi amacıyla, uzun yıllar ortalama değerlerinden eklenik sapma grafikleri çizilerek analizler yapılmıştır (Şekil 4.2.1., Şekil 4.2.2., Şekil 4.2.3., Şekil 4.2.4., Şekil 4.2.5. ve Şekil 4.2.6.).

Yağış verilerinin değerlendirilmesi

Uzun yıllar ortalama yıllık yağış değerleri Akdeniz İK'nda 648.24 – 865.98 mm/yıl arasında, İç Anadolu İK'nda 336.38 – 416.32 mm/yıl arasında ve Orta Toroslar İK'nda ise 405.80 – 575.09 mm/yıl arasında olduğu belirlenmiştir. Akdeniz İK'nda yeralan MGİ'lere ait yağış verilerinin uzun yıllar yıllık ortalama yağış değerinden eklenik sapma grafiği incelendiğinde, Adana MGİ hariç diğer istasyonlarda 1971 – 2003 yılları arasında yağışlı (artan trendli), 2004 – 2018 yılları arasında ise kurak/ılıman (azalan trendli) bir dönemin geçtiği görülmektedir (Şekil 4.2.1.). Orta Toroslar İK'nda ise, Pınarbaşı MGİ'de 1971 – 1991 yıllarında yağışlı, 1992 – 2018 yıllarında kurak veya uzun yıllar ortalama değerinin altında seyreden yağış rejimi hakim; Afşin ile Göksun MGİ'lerde ise 1971 – 2003 yıllarında yağışlı, 2004 – 2018 yıllarında ise kurak bir dönemin hakim olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2.2.).

Çizelge 4.2.4. Çalışma alanı MGI'lere ait yağış verilerinin Spearman'ın rho korelasyon analiz sonuçları (Yıl 1971-2018)

	Adana	Ceyhan	Karaisali	Kozan	Develi	Gemerek	Kayseri	Nevşehir	Nigde	Tomarza	Pinarbasi	Sariz	Afsin	Goksun
Adana	1													
Ceyhan	0.683**	1												
Karaisali	0.849**	0.628**	1											
Kozan	0.669**	0.728**	0.587**	1										
Develi	0.422**	0.473**	0.408**	0.570**	1									
Gemerek	0.240	0.228	0.137	0.252	0.488**	1								
Kayseri	0.214	0.130	0.150	0.284	0.509**	0.602**	1							
Nevşehir	0.449**	0.387**	0.340*	0.462**	0.546**	0.550**	0.649**	1						
Nigde	0.527**	0.452**	0.426**	0.607**	0.563**	0.459**	0.673**	0.700**	1					
Tomarza	0.498**	0.462**	0.386**	0.629**	0.682**	0.529**	0.549**	0.625**	0.656**	1				
Pinarbasi	0.295*	0.171	0.259	0.317*	0.436**	0.193	0.308*	0.270	0.366*	0.475**	1			
Sariz	0.389**	0.469**	0.294*	0.543**	0.602**	0.463**	0.402**	0.436**	0.341*	0.600**	0.537**	1		
Afsin	0.390**	0.437**	0.448**	0.568**	0.472**	0.111	0.191	0.338*	0.337*	0.417**	0.307*	0.498**	1	
Goksun	0.559**	0.574**	0.524**	0.786**	0.589**	0.161	0.170	0.283	0.351*	0.516**	0.466**	0.686**	0.748**	1

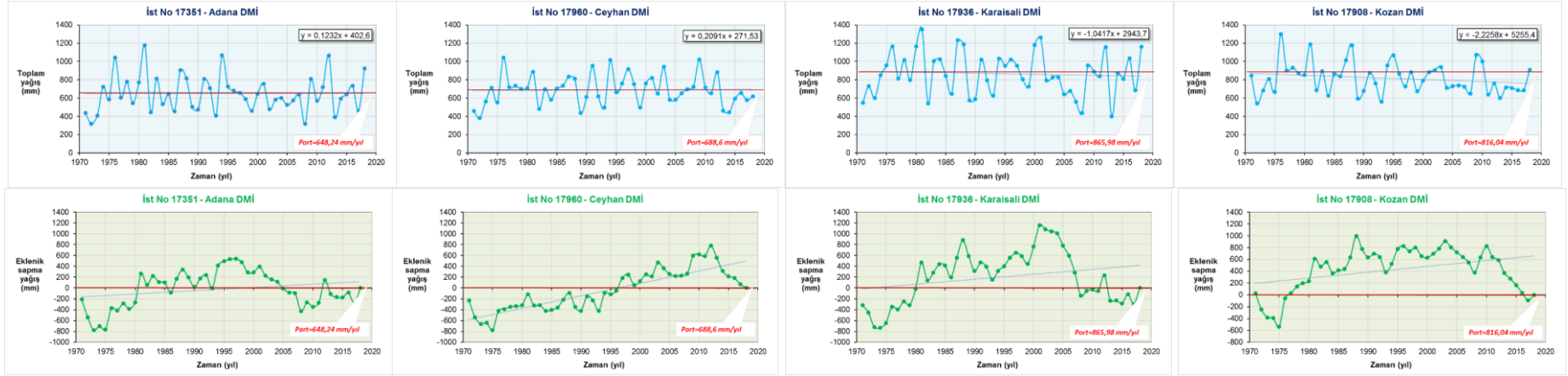
* 0.05 anlamlılık düzeyi (2- yönlü).

** 0.01 anlamlılık düzeyi (2-yönlü).

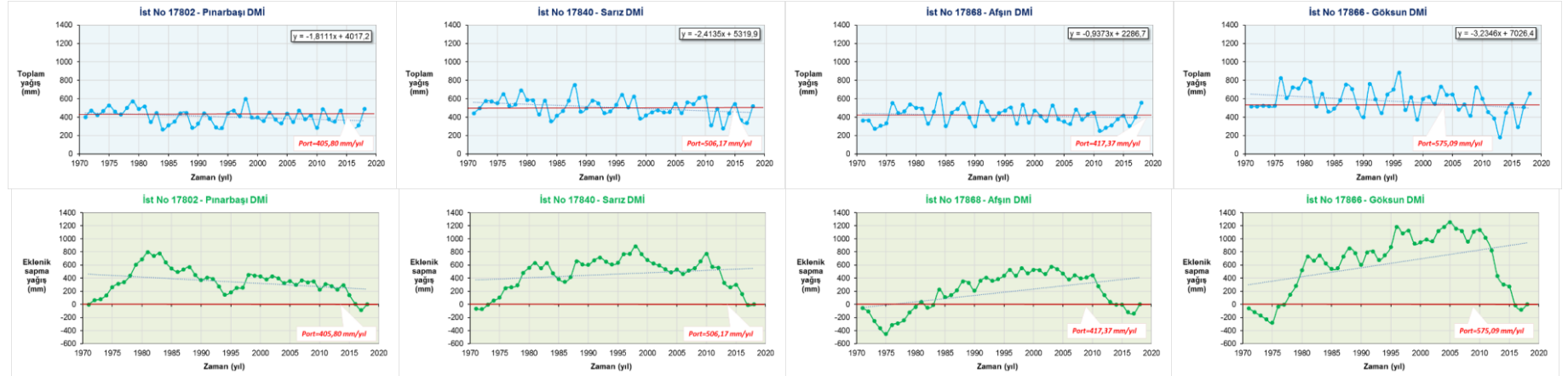
Çizelge 4.2.5. Çalışma alanı MGI'lere ait sıcaklık verilerinin Spearman'ın rho korelasyon analiz sonuçları (Yıl 1971-2018)

	Adana	Ceyhan	Karaisali	Kozan	Develi	Gemerek	Kayseri	Nevşehir	Nigde	Tomarza	Pinarbasi	Sariz	Afsin	Goksun
Adana	1													
Ceyhan	0.715**	1												
Karaisali	0.821**	0.797**	1											
Kozan	0.750**	0.856**	0.851**	1										
Develi	0.717**	0.756**	0.842**	0.783**	1									
Gemerek	0.617**	0.673**	0.740**	0.672**	0.895**	1								
Kayseri	0.717**	0.787**	0.833**	0.804**	0.964**	0.864**	1							
Nevşehir	0.752**	0.833**	0.878**	0.842**	0.946**	0.861**	0.943**	1						
Nigde	0.747**	0.779**	0.844**	0.840**	0.958**	0.866**	0.955**	0.964**	1					
Tomarza	0.652**	0.731**	0.685**	0.648**	0.887**	0.886**	0.857**	0.868**	0.862**	1				
Pinarbasi	0.663**	0.795**	0.737**	0.729**	0.890**	0.895**	0.865**	0.910**	0.887**	0.917**	1			
Sariz	0.811**	0.799**	0.811**	0.752**	0.892**	0.816**	0.877**	0.871**	0.876**	0.873**	0.862**	1		
Afsin	0.748**	0.789**	0.742**	0.701**	0.866**	0.830**	0.868**	0.862**	0.847**	0.871**	0.874**	0.912**	1	
Goksun	0.722**	0.745**	0.752**	0.691**	0.919**	0.916**	0.886**	0.876**	0.884**	0.927**	0.900**	0.904**	0.920**	1

** 0.01 anlamlılık düzeyi (2- yönlü).



Şekil 4.2.1. Akdeniz İK, yıllık toplam yağış ile ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri



Şekil 4.2.2. Orta Toroslar İK, yıllık toplam yağış ile ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri

İç Anadolu İK'nda ise, toplam 48 yıllık gözlem süresinde Tomarza MGİ hariç diğer istasyonlarda uzun yıllar yıllık ortalama yağışın altında yağışın meydana geldiğini Şekil 4.2.3.'te verilen *eklenik sapma yağış grafiklerinden* görmek mümkündür.

Sıcaklık verilerinin değerlendirilmesi

Uzun yıllar ortalama yıllık sıcaklık değerleri Akdeniz İK'nda 18.1 – 19.5 °C/yıl arasında, İç Anadolu İK'nda 8.2 – 11.2 °C/yıl arasında ve Orta Toroslar İK'nda ise 7.5 – 10.5 °C/yıl arasında olduğu belirlenmiştir. Akdeniz İK'nda yer alan MGİ'lere ait sıcaklık verilerinin uzun yıllar yıllık ortalama sıcaklık değerinden eklenik sapma grafiği incelendiğinde, tüm istasyonlarda 1971 – 1997 yılları arasında ılıman (azalan trendli), 1998 – 2018 yılları arasında ise sıcak (artan trendli) bir dönemin geçtiği görülmektedir (Şekil 4.2.4.). Orta Toroslar İK'nda ise, tüm istasyonlarda 1971 – 2000 yıllarında azalan trendli serin, 2001 – 2018 yıllarında daha ılıman veya uzun yıllar ortalama değerinin üstünde seyreden sıcaklık rejimi gözlenirken (Şekil 4.2.5.); İç Anadolu İK'nda ise 1971 – 1993 yıllarında ılıman/sıcak (artan trendli) veya uzun yıllar ortalama değerinin üstünde seyreden sıcaklık rejiminin hakim olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2.6.).

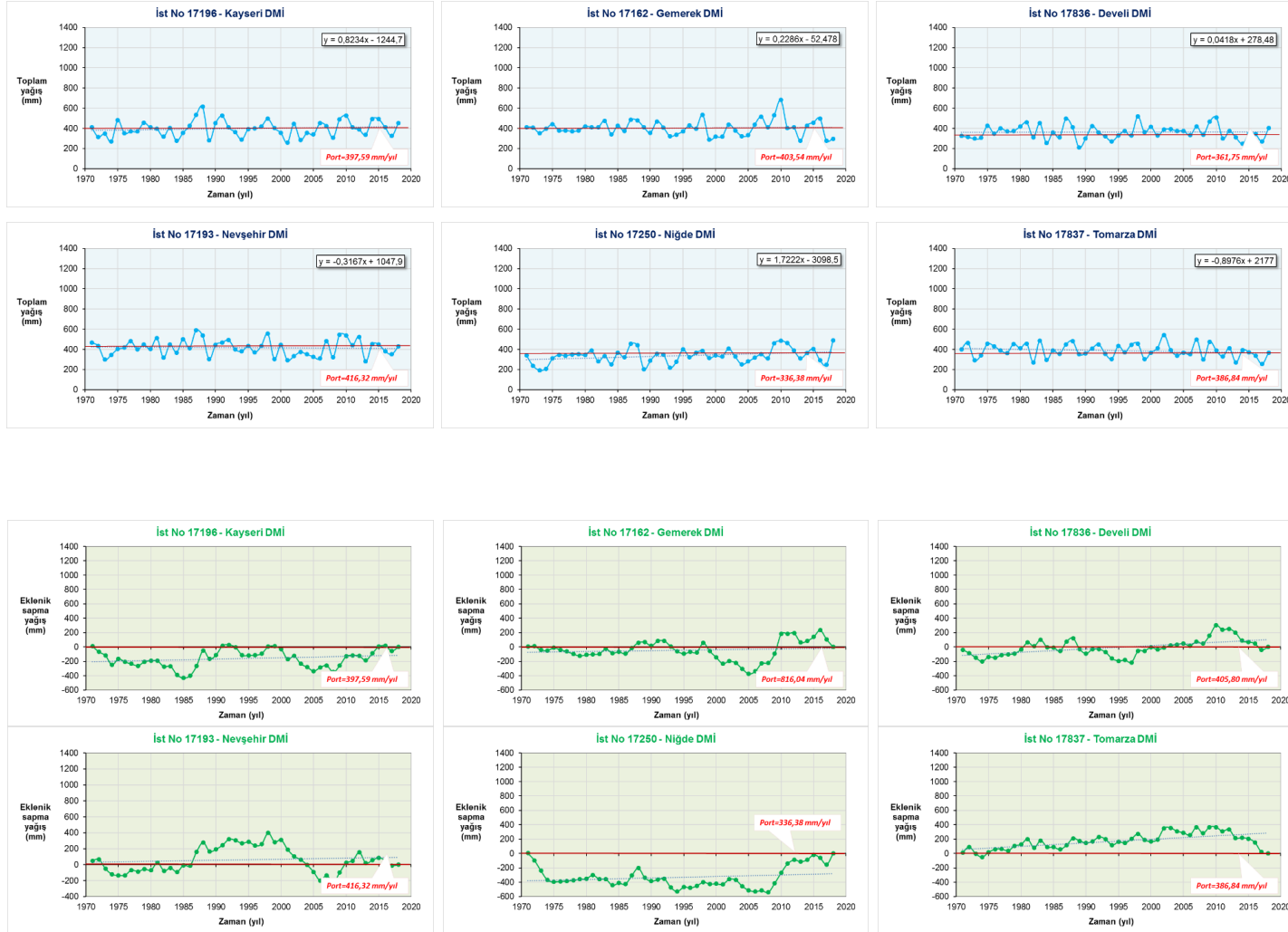
4.2.1. Trend analizi

Çalışma alanında yer alan MGİ'lerde 1971-2018 yılları arasında ölçülen meteorolojik verilerin uzun yıllar içinde azalan veya artan trendlerinin olup olmadığının belirlenmesi için, Bölüm 2'de anlatılan İnovatif Şen Trend ile Mann-Kendall ve Sen Eğim Yöntemleri uygulanmıştır.

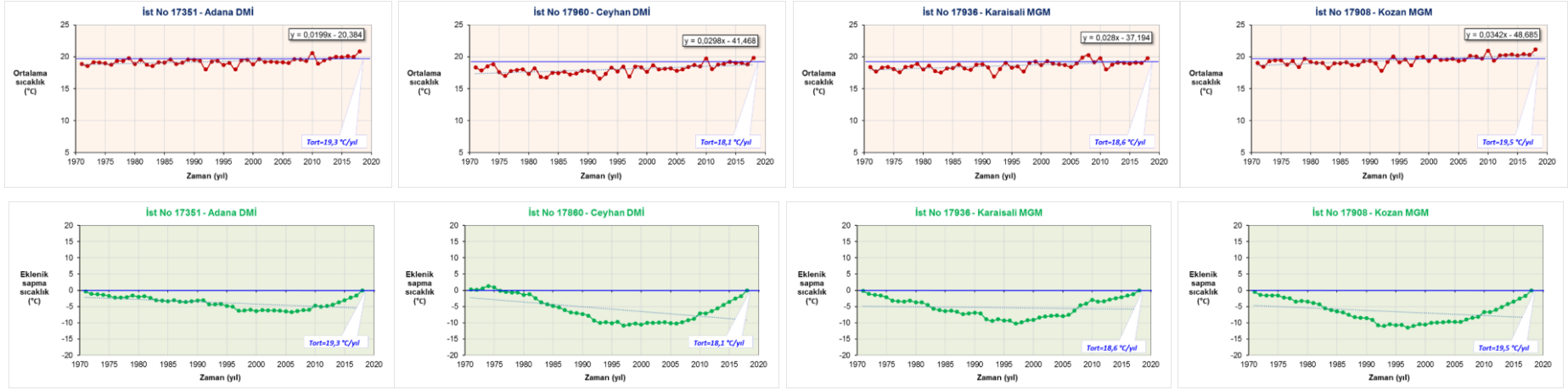
4.2.1.1. İnovatif Şen Trend Yöntemi

Şen tarafından 2011 yılında önerilen *İnovatif Şen Trend Yöntemi (İŞTY)*, zaman serisinin iki eşit zaman aralığına bölünmesiyle *ilk - yarı zaman serisinin* yatay x ekseninde, diğer *ikinci yarı - zaman serisinin* düşey ekseninde olacak şekilde veriler küçükten büyüğe sıralanmaktadır (Bknz: Şekil 3.1.1.). Tez çalışmasında her iki zaman seri seti için karar verme aşamasında aşağıdaki yapılar baz alınmıştır:

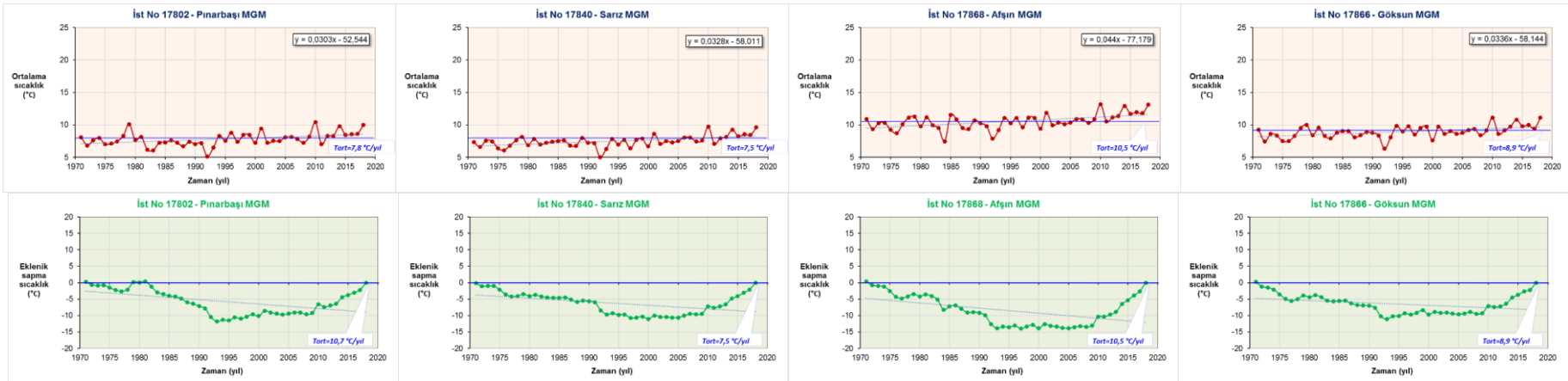
- $x:y = 1:1$ doğrusu üzerinde veya çok yakınından geçiyorsa, zaman serisinin bir trendi yok ise, H_0 red edilemez;
- $x:y = 1:1$ doğrusu üzerinde (veya altında) olup, sürekli bu doğrudan uzaklaşarak artıyorsa (*azalıyor*) *tekdüze artan (azalan) bir trende sahip ise*, H_1 red edilemez;



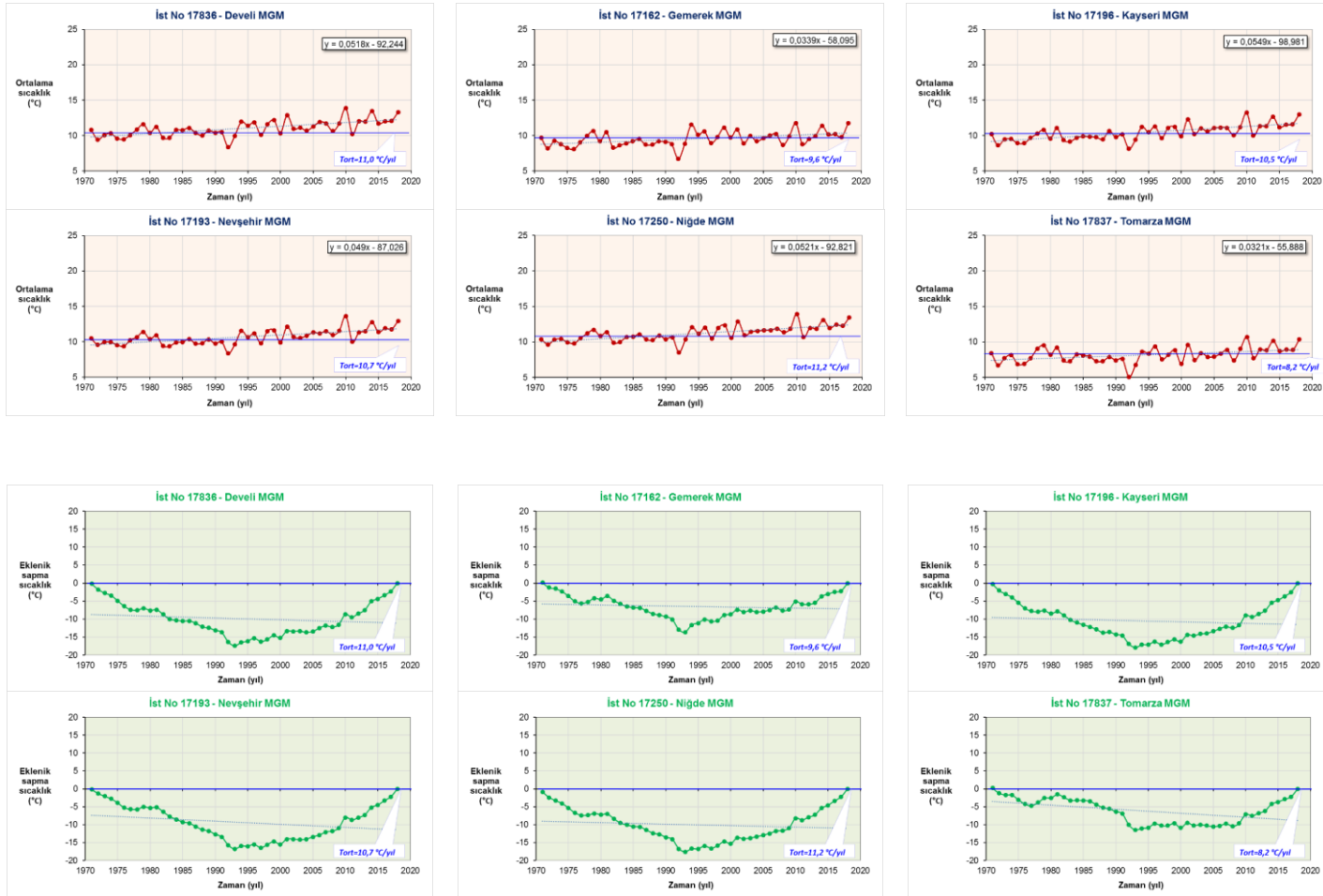
Şekil 4.2.3. İç Anadolu İK, yıllık toplam yağış ile ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri



Şekil 4.2.4. Akdeniz İK, yıllık ortalama sıcaklık ile ortalama sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri



Şekil 4.2.5. Orta Toroslar İK, yıllık ortalama sıcaklık ile ortalama sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri



Şekil 4.2.6. İç Anadolu İK, yıllık ortalama sıcaklık ile ortalama sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri

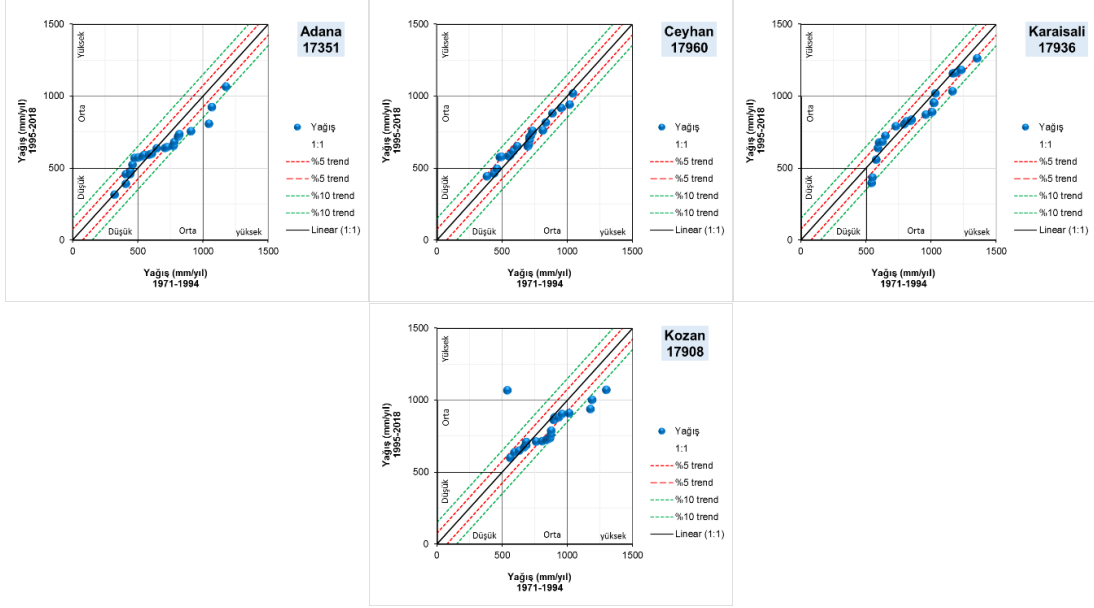
- $x:y = 1:1$ doğrusunun üzerinde (veya altında) olup, bu doğruya hem yakınlaşan hem de uzaklaşan bir trend içeriyor ise, *tekdüze olmayan artan (veya azalan) bir trende sahip ise*; H_1 red edilemez

Dabanlı 2017 yılında yaptığı çalışmasında, İnovatif-Şen Trend Analizi'ndeki trendlerin hidrometeorolojik verilerin zaman serisi için “*düşük*”, “*orta*” ve “*yüksek*” olmak üzere üç alt sınıfa ayrılabilceğini belirtmiştir. Ayrıca araştırmacı, zaman serisi verilerinin ölçümlerin gerçekleştiği zaman içinde kritik öneme sahip özellikte değerlerin tespit edilmesinde etkin bir yöntem olduğunu vurgulamıştır. Örneğin; yağışın yüksek değerler gösterdiği zonda taşkın, sel ve bunların sıklığını veya yüksek yağışlı iklim kuşaklarını işaret ederken; düşük değerler gösterdiği zon ise kuraklık sıklık durumlarını ve daha karasal iklim kuşaklarını ifade etmektedir. İlk defa Dabanlı tarafından, İnovatif-Şen trend metodu üzerine 1:1 (45°) doğrusuna paralel olarak $\pm\%5$ ve $\pm\%10$ trend zarf eğrilerin çizilmesi önerilmiştir. Bu trend zarf eğrileri sayesinde sözel sonuçların sayısal bir değer kazanabileceği ve nesnel değerlendirme imkanının elde edilebileceği belirlenmiştir.

Çalışma alanında yer alan MGI'lere ait 1971-2018 yılları arasında ölçülmüş yıllık toplam yağış ile yıllık ortalama sıcaklık değerlere bu yöntem uygulanmış ve karşılaştırma yapılmıştır.

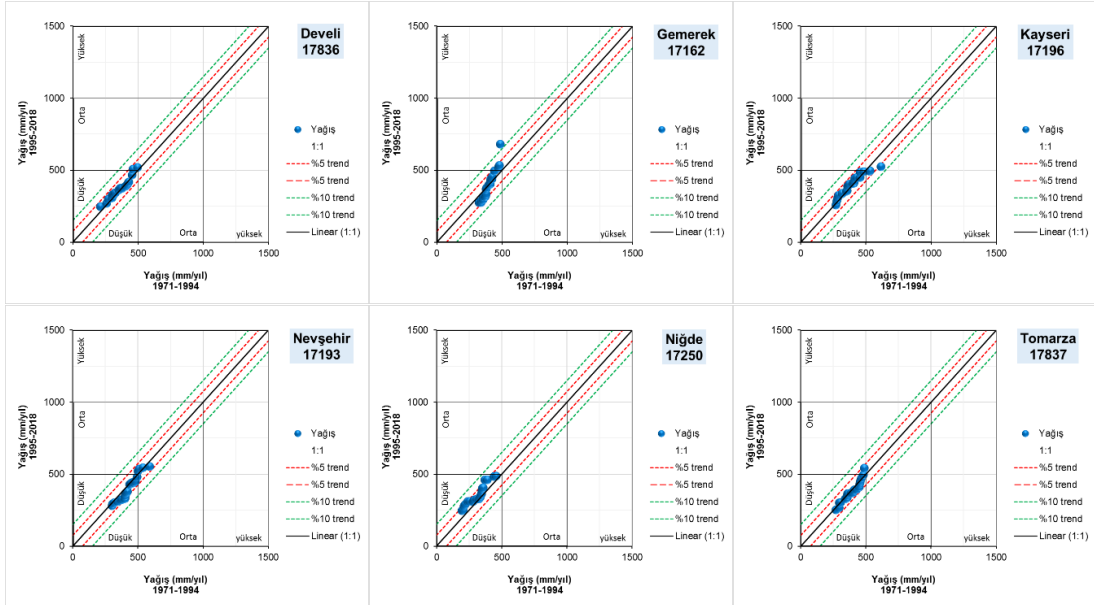
Yağış verilerinin İŞTY analizi

Akdeniz İK'ya ait MGI'lerde ölçülen yağış verileri *tekdüze olmayan azalan bir trende* sahip olup, *orta ve yüksek iklim* zonlarında yer almıştır. Orta iklim zonundaki değerler ise, genel olarak $\%5$ (\pm) *artış/azalış eğim* gösterirken, yağış miktarı 500 mm/yıl ile 1000 mm/yıl arasındadır. Yüksek iklim zonunda ise, $\%10$ (-) veya *daha büyük azalış eğimi* belirlenmiş olup, yağış değerleri 1000 mm/yıl ile 1400 mm/yıl arasındadır (Şekil 4.2.7.). Ayrıca, MGI'ler sahilden uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe yağış miktarı artmaktadır (Şekil 4.1.1.).



Şekil 4.2.7. Akdeniz İK, yağış verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri

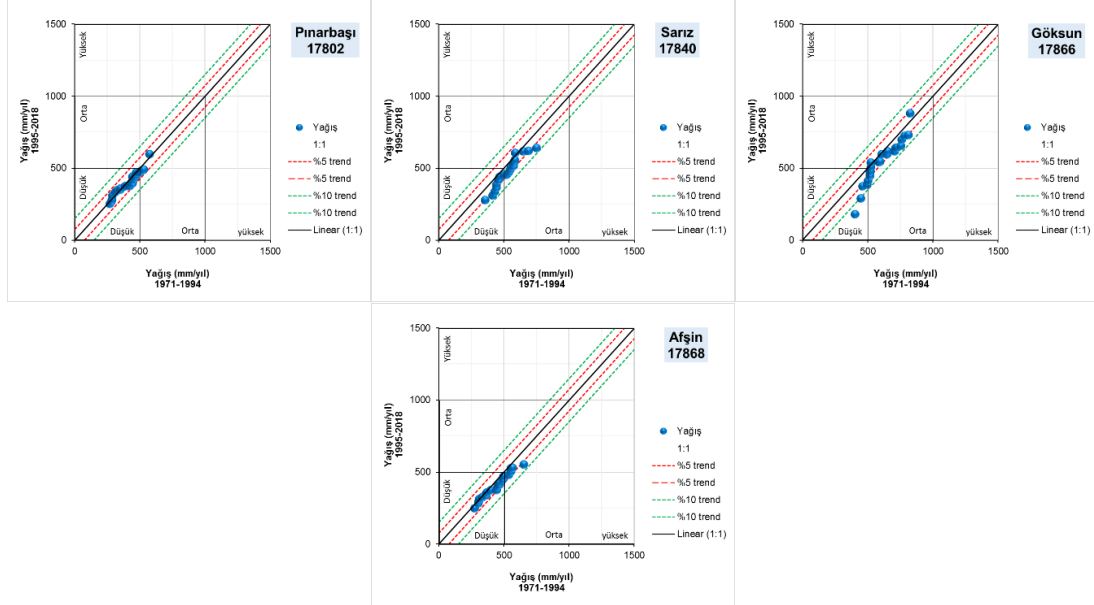
İç Anadolu İK'ya ait MGİ'lerde ölçülen yağış verileri *monoton tekdüze artan bir trende* sahip olup, *düşük iklim* zonunda yer almıştır. Düşük iklim zondaki değerlerde %3 (+) *artış eğim* gözlenmiştir ve yağış değerleri 300 mm/yıl ile 600 mm/yıl arasındadır (Şekil 4.2.8.). Ayrıca, MGİ'ler tamamen karasal iklim kuşağında olup, deniz seviyesinden oldukça yüksektedirler (Çizelge 4.1.1. ve Şekil 4.1.1.).



Şekil 4.2.8. İç Anadolu İK, yağış verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri

Orta Toroslar İK'ya ait MGİ'lerde ölçülen yağış verileri *tekdüze olmayan artan bir trende* sahip olup, *düşük ve orta iklim* zonlarında yer almıştır. Düşük iklim zonundaki değerlerin %3 (-) *azalış eğimli* olduğu belirlenmiştir ve yağış değerleri 270 mm/yıl ile 500 mm/yıl

arasındadır. Orta iklim zonundaki değerler, %5 (-) azalış eğimi göstermektedir ve yağış değerleri 500 mm/yıl ile 850 mm/yıl arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2.9.). Ayrıca, MGI'ler İç Anadolu İK'ya göre daha yüksek dağlık, sarp ve yükseklik farkının çok fazla olduğu iklim kuşağında olup, deniz seviyesinden oldukça yüksektedirler (Çizelge 4.1.1. ve Şekil 4.1.1.).

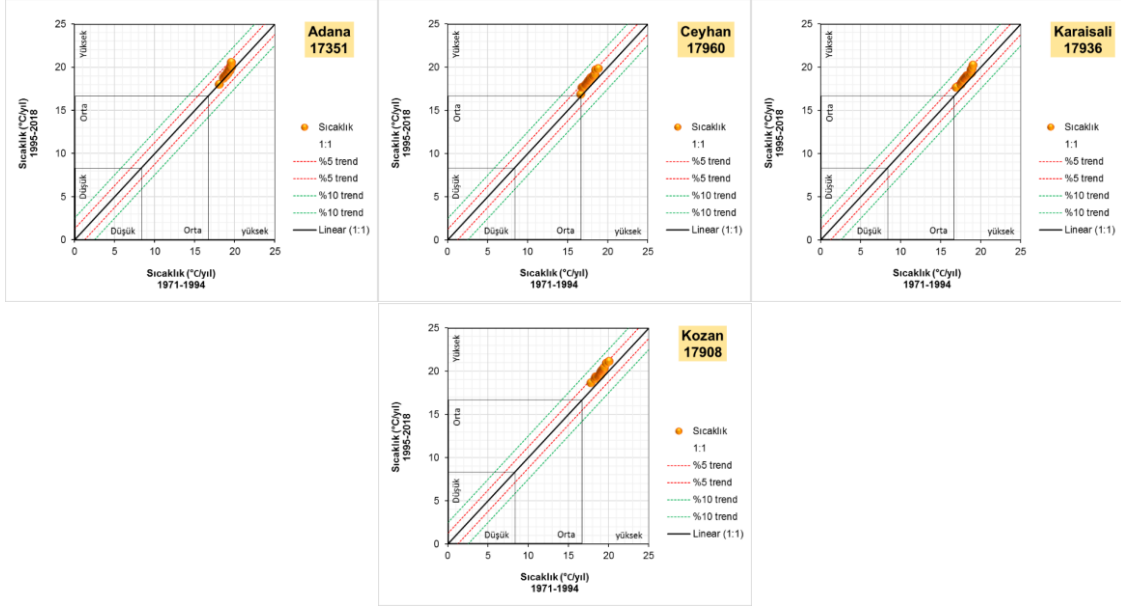


Şekil 4.2.9. Orta Toroslar İK, yağış verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri

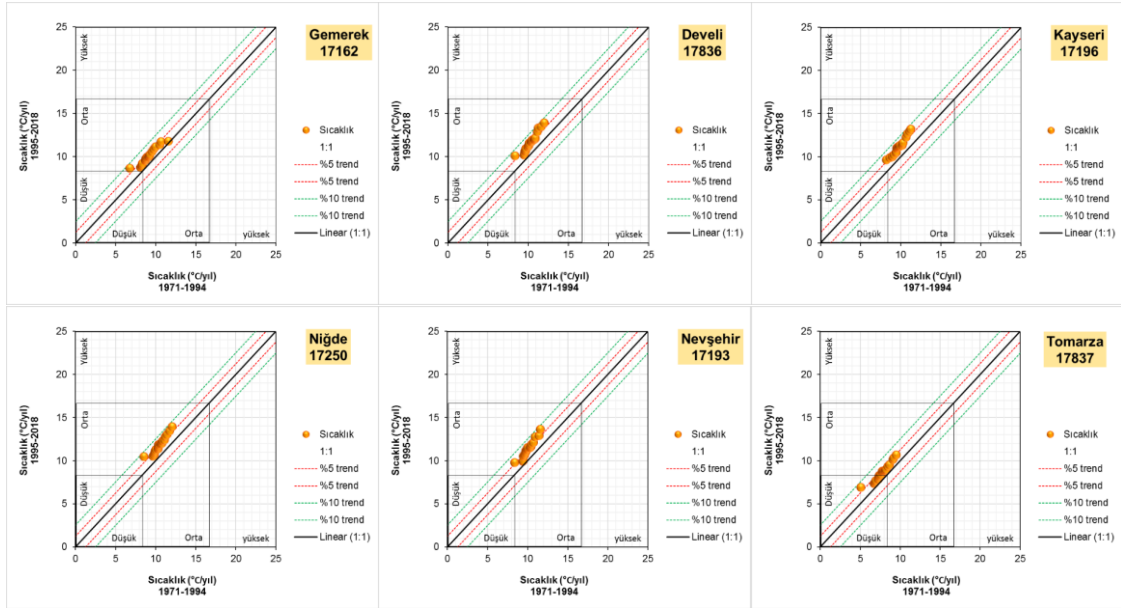
Sıcaklık verilerinin İŞTY analizi

Akdeniz İK'ya ait MGI'lerde ölçülen sıcaklık verileri *tekdüze artan bir trende* sahip olup, *yüksek iklim* zonunda yer almıştır. Bu iklim zonunda %3 (+) *artış eğimi* belirlenmiş olup, sıcaklık değerleri 17°C/yıl ile 21°C/yıl arasındadır (Şekil 4.2.10.). Ayrıca, MGI'ler deniz seviyesine yakın yükseklikte olduklarından dolayı yıl içinde ve mevsimsel olarak sıcaklık değerinde çok büyük farklılıklar meydana gelmemektedir (Çizelge 4.1.1. ve Şekil 4.1.1.).

İç Anadolu İK'ya ait MGI'lerde ölçülen sıcaklık verileri *tekdüze artan bir trende* sahip olup, *orta iklim* zonunda yer almıştır. Bu iklim zonundaki değerler ise, %5 (+) *artış eğim* göstermiş olup, sıcaklık değerleri 8°C/yıl ile 12°C/yıl arasındadır (Şekil 4.2.11.). Ayrıca, MGI'ler tamamen karasal iklim kuşağında olup, deniz seviyesinden oldukça yüksektedirler ve bu yüksekliklerde yıl içinde mevsimsel (kış aylarında eksi derecelerde ve yaz aylarında artı derecelerde sıcaklık gözlenmektedir) olarak önemli sıcaklık farklılıkları meydana gelmektedir (Çizelge 4.1.1. ve Şekil 4.1.1.).

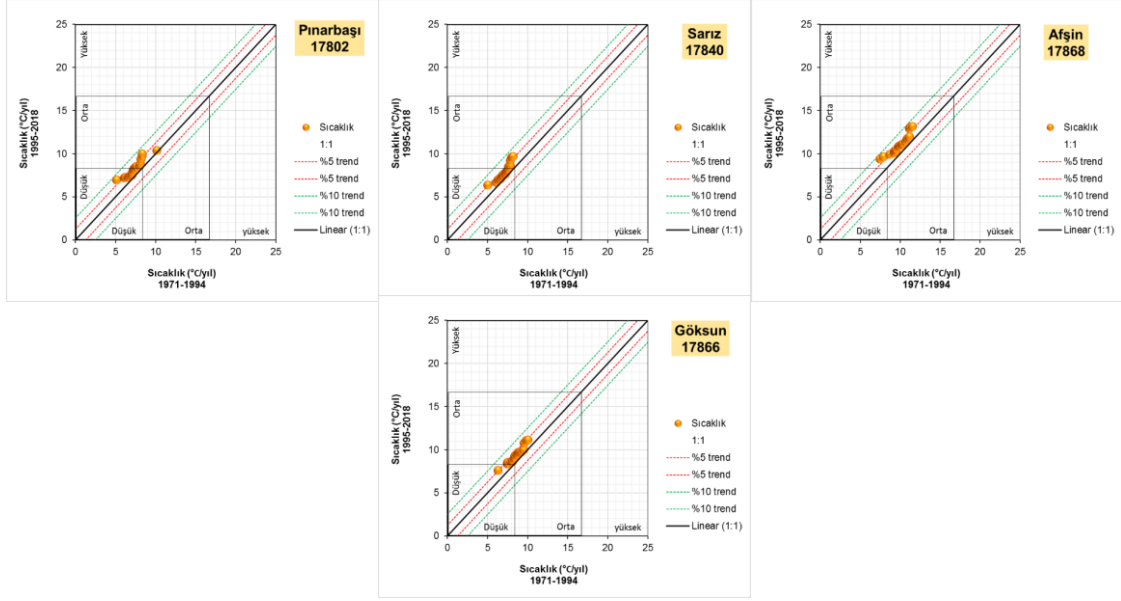


Şekil 4.2.10. Akdeniz İK, sıcaklık verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri



Şekil 4.2.11. İç Anadolu İK, sıcaklık verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri

Orta Toroslar İK'ya ait MGI'lerde ölçülen sıcaklık verileri *tekdüze olmayan artan bir trende* sahip olup, *düşük* ve *orta iklim* zonunda yer almıştır. Bu iklim zonlarındaki değerler ise, %5 (\pm) *artış/azalış eğim* göstermiştir ve sıcaklık değerleri 5°C/yıl ile 11°C/yıl arasındadır (Şekil 4.2.12.). Ayrıca, MGI'ler İç Anadolu İK'ya göre daha yüksek dağlık, sarp ve yükseklik farkının çok fazla olduğu iklim kuşağında olup, deniz seviyesinden oldukça yüksektedirler ve bu iklim kuşağında yıl içinde İç Anadolu İK'daki gibi mevsimsel olarak önemli sıcaklık farklılıkları meydana gelmektedir (Çizelge 4.1.1. ve Şekil 4.1.1.).



Şekil 4.2.12. Orta Toroslar İK, sıcaklık verilerinin İnovatif-Şen trend analiz grafikleri

4.2.1.2. Mann-Kendall (MK) Trend ve Sen Eğim Analizi

Yağış verilerinin MK ve Sen Eğim analizi

Mann–Kendall (MK) trend analizi, yine aynı MGİ’de ölçülmüş yıllık ve aylık toplam yağış verilerine uygulanmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.2.6.’da verilmiştir. MGİ’lerde ölçülen yıllık toplam yağışlarda gözlem süresi boyunca, Orta Toroslar İK’da yer alan Pınarbaşı ile Sarız MGİ’de *azalan bir trend* tespit edilirken, diğer verilerde *bir trendin olmadığı* belirlenmiştir. Çizelge 4.2.7., Çizelge 4.2.8 ve Çizelge 4.2.9.’da bu yağış verilerinin aylık ve mevsimsel MK-Sen eğim analiz sonuçları verilmiştir. Şekil 4.2.13.’te ise, yağış analiz sonuçlarının aylık/mevsimsel dağılım grafikleri yer almaktadır.

Çizelge 4.2.6. Mann-Kendall trend analizi sonuçları – yıllık toplam yağış (mm/yıl)

Sıra	İstasyon Numarası	Meteoroloji Gözlem İstasyon Adı	İklim Bölge	Yağış (mm/yıl)					
				μ	σ	S istatistik	Z	kritik Z değeri	trend
1	17351	Adana	Akdeniz	648.2	198.3	16.0	0.1	±1.96	yok
2	17960	Ceyhan		688.6	161.8	-2.0	0.0	±1.96	yok
3	17908	Kozan		816.0	168.8	-106.0	-0.9	±1.96	yok
4	17936	Karaisalı		866.0	231.1	-22.0	-0.2	±1.96	yok
5	17196	Kayseri	Orta Anadolu	397.6	78.9	124.0	1.1	±1.96	yok
6	17836	Develi		361.8	67.5	28.0	0.2	±1.96	yok
7	17162	Gemerek		403.5	75.9	3.0	0.0	±1.96	yok
8	17250	Niğde		336.4	72.2	208.0	1.8	±1.96	yok
9	17193	Nevşehir		416.3	78.4			±1.96	
10	17837	Tomarza	386.8	66.3	-158.0	-1.4	±1.96	yok	
11	17868	Afşın	Orta Toroslar	417.4	92.6	-106.0	-0.9	±1.96	yok
12	17866	Göksun		575.1	142.7	-218.0	-1.9	±1.96	yok
13	17802	Pınarbaşı		405.1	82.5	-231.0	-2.0	±1.96	var (azalan)
14	17840	Sarız		506.2	97.3	-242.0	-2.1	±1.96	var (azalan)

Çizelge 4.2.7. MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel toplam yağış analiz sonuçları (Akdeniz İK)

Zaman	Ceyhan			Karaisalı			Kozan		
	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim
	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q
Ocak	-0.01		-0.016	0.436		0.376	0.40		0.434
Şubat	1.45		0.687	-0.720		-0.321	0.91		0.442
Mart	1.04		0.469	-0.311		-0.158	0.54		0.209
Nisan	-2.34	*	-1.096	-1.404		-0.878	-3.14	**	-1.568
Mayıs	0.09		0.022	-0.293		-0.118	0.45		0.327
Haziran	-0.78		-0.155	-1.147		-0.419	-1.02		-0.343
Temmuz	-0.49		0.000	-0.250		0.000	-1.09		-0.100
Ağustos	-0.11		0.000	0.384		0.000	-0.03		0.000
Eylül	2.17	*	0.523	2.338	*	0.562	0.13		0.013
Ekim	-0.68		-0.245	0.204		0.043	-1.06		-0.386
Kasım	0.21		0.152	-0.453		-0.293	-0.12		-0.059
Aralık	-0.20		-0.138	0.053		0.052	-0.05		-0.031
YILLIK	-0.01		-0.024	-0.187		-0.226	-0.93		-2.185
İlkbahar	-1.08		-0.877	-1.351		-1.370	-1.56		-1.326
Yaz	-1.82	+	-0.519	-0.436		-0.247	-0.86		-0.480
Sonbahar	1.00		0.921	0.747		0.656	-0.06		-0.064
Kış	0.49		1.016	0.116		0.181	0.22		0.271

+ $\alpha = 0.1$ anlamlılık düzeyi, * $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyi, ** $\alpha = 0.01$ anlamlılık düzeyi, *** $\alpha = 0.001$ anlamlılık düzeyi

Çizelge 4.2.8. MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel toplam yağış analiz sonuçları (İç Anadolu İK)

Zaman	Develi			Gemerek			Kayseri			Nevşehir			Niğde			Tomarza		
	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim
	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q
Ocak	0.97		0.281	2.04	*	0.563	2.169	*	0.382	1.11		0.269	1.45		0.253	0.68		0.113
Şubat	1.33		0.214	0.83		0.137	2.169	*	0.418	0.04		0.006	0.68		0.116	1.05		0.188
Mart	1.08		0.249	1.29		0.250	2.107	*	0.562	0.79		0.136	2.09	*	0.423	1.58		0.302
Nisan	-2.57	*	-0.681	-3.32	***	-0.957	-2.773	**	-0.797	-2.61	**	-0.704	-1.88	+	-0.445	-2.36	*	-0.709
Mayıs	0.05		0.017	1		0.235	0.551		0.136	-0.59		-0.138	0.16		0.040	-0.35		-0.080
Haziran	0.43		0.090	0.28		0.047	0.311		0.091	0.45		0.096	0.14		0.016	-1.05		-0.278
Temmuz	-0.15		0	-2.19	*	-0.074	-1.353		-0.075	-1.14		-0.031	-0.82		-0.009	-1.23		-0.079
Ağustos	0.38		0	-0.31		0	-0.342		0	0.44		0	2.15	*	0.031	1.26		0.053
Eylül	-0.26		0	-0.53		-0.026	0.222		0.013	-0.02		0	1.90	+	0.087	-0.30		-0.022
Ekim	0.23		0.039	0.59		0.159	1.093		0.217	0.2		0.046	1.41		0.293	-0.60		-0.161
Kasım	-0.12		-0.022	0		0	-0.995		-0.196	0.08		0.013	0.43		0.105	0		0
Aralık	-0.38		-0.084	-1.18		-0.358	-0.684		-0.097	-0.24		-0.044	0.59		0.203	-0.96		-0.216
YILLIK	0.24		0.206	0.01		0.010	1.093		1.023	-0.42		-0.492	1.84	+	1.386	-1.4		-1.018
İlkbahar	-1.17		-0.479	-1		-0.535	0.080		0.029	-1.87	+	-0.666	-0.27		-0.134	-1.45		-0.454
Yaz	1.01		0.198	0.18		0.048	0.169		0.064	0.27		0.126	0.84		0.184	-0.68		-0.206
Sonbahar	0.46		0.200	0.39		0.211	0.196		0.080	0.38		0.158	2.59	**	0.856	-0.42		-0.167
Kış	0.52		0.272	0.32		0.158	1.902	+	0.568	0.42		0.224	1.45		0.610	0.07		0.028

+ $\alpha = 0.1$ anlamlılık düzeyi, * $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyi, ** $\alpha = 0.01$ anlamlılık düzeyi, *** $\alpha = 0.001$ anlamlılık düzeyi

Çizelge 4.2.9. MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel toplam yağış analiz sonuçları (Orta Toroslar İK)

Zaman	Afşın			Göksun			Pınarbaşı			Sarız		
	Mann-Kendall trend	Sen eğim	Q	Mann-Kendall trend	Sen eğim	Q	Mann-Kendall trend	Sen eğim	Q	Mann-Kendall trend	Sen eğim	Q
Ocak	-0.04	-0.004		-0.50	-0.349		0.81	0.185		0.12	0.033	
Şubat	0.32	0.076		-1.81	+ -0.675		0.31	0.063		-1.01	-0.241	
Mart	0.15	0.033		-0.37	-0.085		1.74	+ 0.435		0.17	0.034	
Nisan	-1.59	-0.449		-2.53	* -0.981		-2.90	** -0.833		-3.09	** -0.940	
Mayıs	-0.43	-0.116		0.17	0.065		-0.92	-0.402		-0.28	-0.095	
Haziran	-0.68	-0.073		-0.03	-0.005		-1.01	-0.261		-0.76	-0.181	
Temmuz	-0.71	0.000		-0.45	-0.010		-0.54	-0.004		-0.75	-0.009	
Ağustos	1.55	0.015		0.03	0.000		-0.31	0.000		-0.30	0.000	
Eylül	-0.04	0.000		0.26	0.006		-0.70	-0.073		-0.25	0.000	
Ekim	-0.08	-0.024		-0.04	-0.021		-0.13	-0.020		0.02	0.012	
Kasım	-0.68	-0.195		-0.60	-0.252		-0.64	-0.151		-1.00	-0.372	
Aralık	-0.27	-0.073		-1.31	-0.785		-0.94	-0.213		-1.60	-0.577	
YILLIK	-0.93	-1.110		-1.93	+ -2.776		-2.05	* -2.007		-2.14	* -1.966	
İlkbahar	-0.70	-0.405		-1.45	-1.219		-1.91	+ -1.021		-2.35	* -1.057	
Yaz	-1.26	-0.174		-0.22	-0.048		-0.53	-0.186		-1.23	-0.328	
Sonbahar	-0.13	-0.071		-0.40	-0.161		-0.35	-0.136		0.12	0.079	
Kış	0.00	0.004		-1.17	-1.326		0.22	0.056		-1.46	-0.802	

+ $\alpha=0.1$ anlamlılık düzeyi, * $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyi, ** $\alpha=0.01$ anlamlılık düzeyi, *** $\alpha=0.001$ anlamlılık düzeyi



Şekil 4.2.13. MK trend ve Sen eğim yağış analiz sonuçlarının aylık/mevsimsel dağılım grafikleri: (a) Akdeniz İK, (b) İç Anadolu İK, (c) Orta Toroslar İK

Sıcaklık verilerinin MK ve Sen Eğim analizi

Mann–Kendall (MK) trend analizi, yine aynı MGI’de ölçülmüş yıllık ve aylık ortalama sıcaklık verilerine uygulanmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.2.10.’da verilmiştir. MGI’lerde ölçülen yıllık ortalama sıcaklıklarda gözlem süresi boyunca, tüm meteoroloji gözlem istasyonlarında *artan bir trendin olduğu* belirlenmiştir. Çizelge 4.2.11., Çizelge 4.2.12 ve Çizelge 4.2.13.’te bu sıcaklık verilerinin aylık ve mevsimsel MK-Sen eğim analiz sonuçları sunulmuştur. Şekil 4.2.14.’te ise, aylık/mevsimsel dağılımları gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.10. MK trend analizi sonuçları – yıllık ortalama sıcaklık (°C/yıl)

Sıra	İstasyon Numarası	Meteoroloji Gözlem İstasyon Adı	İklim Bölge	Sıcaklık (°C/yıl)					
				μ	σ	S istatistik	Z	Kritik Z değeri	trend
1	17351	Adana	Akdeniz	19.3	0.5	431	3.8	±1.96	var (artan)
2	17960	Ceyhan		18.1	0.7	475	4.2	±1.96	var (artan)
3	17908	Kozan		19.5	0.7	603	5.4	±1.96	var (artan)
4	17936	Karaisali		18.6	0.7	500	4.4	±1.96	var (artan)
5	17196	Kayseri	İç Anadolu	10.5	1.1	320	5.5	±1.96	var (artan)
6	17836	Develi		11.0	1.1	541	4.8	±1.96	var (artan)
7	17162	Gemerek		9.6	1.0	376	3.3	±1.96	var (artan)
8	17250	Niğde		11.2	1.1	605	5.4	±1.96	var (artan)
9	17193	Nevşehir		10.7	1.0	541	4.8	±1.96	var (artan)
10	17837	Tomarza	8.2	1.0	347	3.1	±1.96	var (artan)	
11	17868	Afşın	Orta Toroslar	10.5	1.2	419	3.7	±1.96	var (artan)
12	17866	Göksun		8.9	0.9	399	3.5	±1.96	var (artan)
13	17802	Pınarbaşı		7.8	1.0	357	3.2	±1.96	var (artan)
14	17840	Sarız		7.5	0.9	433	3.8	±1.96	var (artan)

Çizelge 4.2.11. MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel ortalama sıcaklık analiz sonuçları (Akdeniz İK)

Zaman	Adana			Ceyhan			Karaisali			Kozan		
	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim
	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q
Ocak	0.07		0.000	1.22		0.019	1.299		0.021	2.24	*	0.04
Şubat	1.14		0.022	1.79	+	0.037	2.108	*	0.044	2.48	*	0.05
Mart	1.38		0.021	1.90	+	0.038	2.011	*	0.032	2.30	*	0.04
Nisan	2.09	*	0.029	2.41	*	0.036	2.384	*	0.034	2.03	*	0.03
Mayıs	1.34		0.015	1.96	+	0.025	1.165		0.017	1.33		0.02
Haziran	3.32	***	0.021	3.53	***	0.033	2.734	**	0.029	2.03	*	0.02
Temmuz	3.84	***	0.028	3.44	***	0.035	3.266	**	0.031	1.60		0.01
Ağustos	5.54	***	0.043	4.33	***	0.042	4.390	***	0.043	3.18	**	0.04
Eylül	1.47		0.016	1.59		0.018	0.730		0.010	0.82		0.01
Ekim	1.15		0.015	2.03	*	0.032	1.228		0.016	2.48	*	0.04
Kasım	0.90		0.014	1.24		0.023	1.778	+	0.033	2.93	**	0.06
Aralık	0.80		0.012	1.80	+	0.029	1.778	+	0.029	3.02	**	0.05
YILLIK	3.81	***	0.019	4.20	***	0.033	4.445	***	0.028	5.35	***	0.03
İlkbahar	2.16	*	0.019	2.75	**	0.029	2.801	**	0.027	3.09	**	0.03
Yaz	5.10	***	0.031	4.47	***	0.036	4.357	***	0.033	3.02	**	0.02
Sonbahar	1.82	+	0.016	2.28	*	0.025	2.099	*	0.019	3.62	***	0.03
Kış	0.70		0.007	2.17	*	0.024	2.667	**	0.026	3.88	***	0.04

+ $\alpha = 0.1$ anlamlılık düzeyi, * $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyi, ** $\alpha = 0.01$ anlamlılık düzeyi, *** $\alpha = 0.001$ anlamlılık düzeyi

Çizelge 4.2.12. MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel ortalama sıcaklık analiz sonuçları (İç Anadolu İK)

Zaman	Develi			Gemerek			Kayseri			Nevşehir			Niğde			Tomarza		
	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim
	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q
Ocak	1.42		0.061	1.36		0.061	1.743	+	0.068	1.23		0.037	1.37		0.043	1.413		0.057
Şubat	1.58		0.069	1.24		0.051	1.618		0.066	1.57		0.063	1.56		0.057	1.067		0.041
Mart	2.06	*	0.055	1.98	*	0.050	2.357	*	0.059	1.86	+	0.047	2.52	*	0.056	1.948	+	0.050
Nisan	2.28	*	0.046	1.41		0.021	1.956	+	0.036	1.82	+	0.040	2.54	*	0.053	1.326		0.020
Mayıs	2.30	*	0.033	0.95		0.010	2.234	*	0.026	2.44	*	0.034	3.15	**	0.042	1.060		0.013
Haziran	4.26	***	0.050	3.79	***	0.040	4.155	***	0.055	4.16	***	0.053	5.27	***	0.067	3.400	***	0.040
Temmuz	3.66	***	0.056	2.6	**	0.036	3.970	***	0.059	3.81	***	0.063	4.32	***	0.062	2.909	**	0.043
Ağustos	4.51	***	0.072	3.59	***	0.060	4.881	***	0.083	4.53	***	0.080	4.94	***	0.075	3.603	***	0.052
Eylül	2.64	**	0.043	0.97		0.015	2.983	**	0.047	2.97	**	0.042	2.95	**	0.039	0.712		0.014
Ekim	1.35		0.027	0.58		0.010	1.966	*	0.035	1.41		0.027	1.81	+	0.033	0.356		0.006
Kasım	1.89	+	0.043	0.55		0.013	1.975	*	0.043	1.29		0.030	1.34		0.033	0.453		0.013
Aralık	1.97	*	0.064	1.44		0.044	2.179	*	0.064	1.64		0.049	1.76	+	0.057	1.289		0.043
YILLIK	4.80	***	0.050	3.33	***	0.033	5.502	***	0.054	4.81	***	0.048	5.36	***	0.05	3.067	**	0.032
İlkbahar	3.36	***	0.037	2.33	*	0.024	3.041	**	0.035	3.09	**	0.041	4.32	***	0.047	2.187	*	0.021
Yaz	5.03	***	0.058	4.01	***	0.044	5.645	***	0.067	5.20	***	0.063	5.82	***	0.067	4.597	***	0.044
Sonbahar	3.28	**	0.042	1.01		0.010	3.885	***	0.045	2.97	**	0.038	3.73	***	0.038	0.791		0.011
Kış	2.60	**	0.062	1.64		0.051	2.640	**	0.068	2.06	*	0.047	2.34	*	0.048	1.538		0.049

+ $\alpha = 0.1$ anlamlılık düzeyi, * $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyi, ** $\alpha = 0.01$ anlamlılık düzeyi, *** $\alpha = 0.001$ anlamlılık düzeyi

Çizelge 4.2.13. MK ve Sen eğim aylık/mevsimsel ortalama sıcaklık analiz sonuçları (Orta Toroslar İK)

Zaman	Afşın			Göksun			Pınarbaşı			Sarız						
	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim	Mann-Kendall trend		Sen eğim				
	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q	Z	Sig.	Q				
Ocak	2.05	*	0.088		1.38		0.052		1.19		0.043		1.09		0.038	
Şubat	2.33	*	0.092		1.71	+	0.074		1.08		0.047		1.41		0.049	
Mart	2.35	*	0.063		1.97	*	0.052		1.81	+	0.045		1.54		0.038	
Nisan		1.70	+	0.030		1.98	*	0.032		1.24		0.024		1.83	+	0.033
Mayıs		-0.11		0		0.97		0.012		0.70		0.009		0.82		0.009
Haziran		2.59	**	0.029		2.69	**	0.022		3.09	**	0.034		3.46	***	0.036
Temmuz		2.37	*	0.036		2.95	**	0.031		1.85	+	0.027		3.53	***	0.046
Ağustos		3.21	**	0.055		4.17	***	0.044		3.06	**	0.050		3.99	***	0.060
Eylül		1.58		0.028		0.53		0.006		1.17		0.017		0.97		0.017
Ekim		2.13	*	0.033		0.30		0.003		0.62		0.010		0.93		0.012
Kasım		1.67	+	0.039		0.87		0.018		1.09		0.027		0.87		0.020
Aralık		1.09		0.030		1.27		0.036		1.31		0.038		1.19		0.030
YILLIK		3.71	***	0.042		3.55	***	0.034		3.16	**	0.030		3.83	***	0.031
İlkbahar		2.08	*	0.031		2.73	**	0.033		1.57		0.020		1.89	+	0.024
Yaz		3.24	**	0.038		4.68	***	0.033		3.13	**	0.035		4.45	***	0.049
Sonbahar		2.60	**	0.031		0.98		0.008		1.88	+	0.020		1.50		0.016
Kış		2.34	*	0.068		2.10	*	0.059		1.64		0.043		1.83	+	0.037

+ $\alpha = 0.1$ anlamlılık düzeyi, * $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyi, ** $\alpha = 0.01$ anlamlılık düzeyi, *** $\alpha = 0.001$ anlamlılık düzeyi

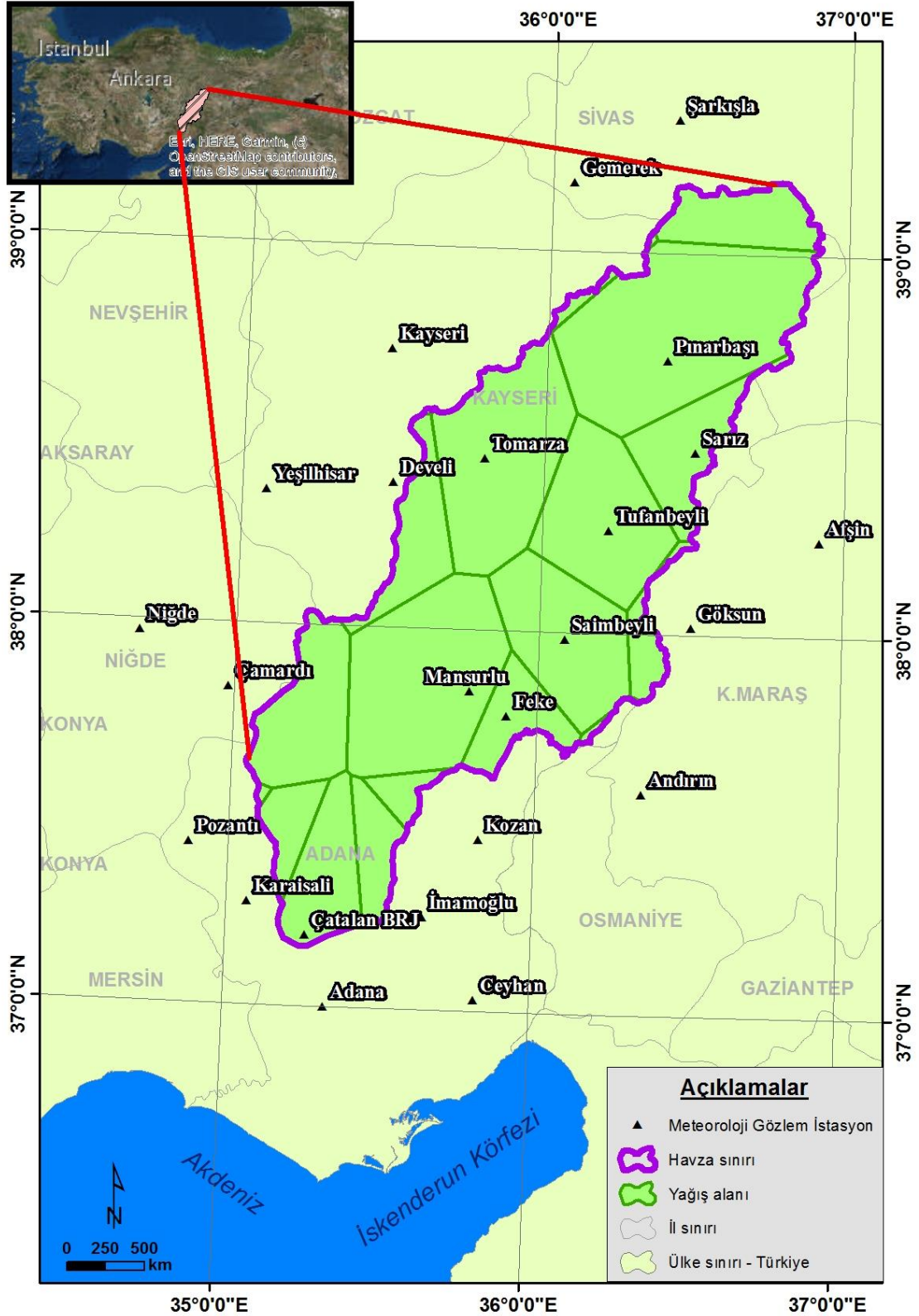


Şekil 4.2.14. MK trend ve Sen eğim ortalama sıcaklık analiz sonuçlarının aylık/mevsimsel dağılım grafikleri: (a) Akdeniz İK, (b) İç Anadolu İK, (c) Orta Toroslar İK

4.3. Mekansal Meteorolojik Verilerin Analizi

Çalışma alanında yer alan Şekil 4.3.1.'de gösterilen toplam 23 adet MGİ'de 2018 yılında ölçülmüş yıllık bazda toplam yağış P (mm/yıl), ortalama sıcaklık T ($^{\circ}\text{C}$), ortalama nispi nem NN (%), ortalama aktüel basınç AB (hPa) ve ortalama rüzgar hızı RH (m/sn) kullanılarak Bölüm 2'de anlatılan mekansal analiz yöntemleri uygulanmıştır.

Mekansal analizlerinin uygulanmasından önce, 23 adet MGİ'den 19'unda alansal olarak kendi konumlarının bağımsız değişkenler olan P , T , NN , AB ve RH verileriyle olan bağımlılığının ve birbiriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla, IBM-SPSS® v23 yazılımında mevcut olan *parametrik olmayan veriler için önerilmiş korelasyon analizi Spearman'ın rho testi* uygulanmıştır ve sonuçları Çizelge 4.3.1. ile Çizelge 4.3.6. arasında verilen çizelgelerde verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde, MGİ'lerin kendi içinde ve değişkenler arasında bağıllık olduğu söylenebilir.



Şekil 4.3.1. Çalışma alanında 2018 yılında meteorolojik gözlem yapılmış MGİ'lerin konum haritası

Çizelge 4.3.1. Ölçülmüş tüm meteorolojik verilerin MGI'lerin dağılımına göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları

	Adana	Afşin	Andırın	Ceyhan	Çamardı	Develi	Gemerek	Göksun	Karaisalı	Kayseri	Kozan	Niğde	Pınarbaşı	Pozantı	Sarız	Şarkışla	Tomarza	Tufanbeyli	Yeşilhisar	
Adana	1																			
Afşin	0.987**	1																		
Andırın	0.891**	0.885**	1																	
Ceyhan	0.994**	0.973**	0.881**	1																
Çamardı	0.990**	0.986**	0.887**	0.976**	1															
Develi	0.992**	0.986**	0.893**	0.979**	0.995**	1														
Gemerek	0.987**	0.978**	0.869**	0.989**	0.979**	0.981**	1													
Göksun	0.990**	0.992**	0.885**	0.982**	0.982**	0.984**	0.981**	1												
Karaisalı	0.958**	0.934**	0.942**	0.947**	0.944**	0.946**	0.932**	0.934**	1											
Kayseri	0.985**	0.984**	0.878**	0.976**	0.993**	0.991**	0.988**	0.980**	0.926**	1										
Kozan	0.987**	0.991**	0.893**	0.971**	0.991**	0.995**	0.973**	0.990**	0.936**	0.985**	1									
Niğde	0.991**	0.993**	0.887**	0.974**	0.994**	0.997**	0.982**	0.989**	0.945**	0.990**	0.997**	1								
Pınarbaşı	0.992**	0.986**	0.900**	0.985**	0.980**	0.987**	0.974**	0.990**	0.941**	0.976**	0.988**	0.983**	1							
Pozantı	0.988**	0.993**	0.887**	0.975**	0.989**	0.988**	0.977**	0.996**	0.938**	0.982**	0.993**	0.993**	0.986**	1						
Sarız	0.988**	0.991**	0.881**	0.977**	0.993**	0.994**	0.989**	0.985**	0.933**	0.997**	0.991**	0.996**	0.978**	0.988**	1					
Şarkışla	0.986**	0.988**	0.877**	0.976**	0.992**	0.988**	0.985**	0.985**	0.933**	0.995**	0.983**	0.989**	0.979**	0.986**	0.992**	1				
Tomarza	0.990**	0.988**	0.879**	0.978**	0.993**	0.993**	0.989**	0.985**	0.933**	0.997**	0.989**	0.994**	0.978**	0.986**	0.998**	0.992**	1			
Tufanbeyli	0.988**	0.992**	0.880**	0.974**	0.987**	0.986**	0.980**	0.984**	0.942**	0.986**	0.986**	0.992**	0.979**	0.988**	0.991**	0.985**	0.988**	1		
Yeşilhisar	0.989**	0.989**	0.884**	0.973**	0.996**	0.990**	0.976**	0.988**	0.939**	0.989**	0.991**	0.992**	0.982**	0.992**	0.990**	0.990**	0.993**	0.986**	1	

** 0.01 anlamlılık düzeyi (2-yönlü)

Çizelge 4.3.2. MGI'lerin *ortalama nispi nem (%)*'ine göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları

	Adana	Afşin	Andırın	Ceyhan	Çamardı	Develi	Gemerek	Göksun	Karaisali	Kayseri	Kozan	Niğde	Pınarbaşı	Pozantı	Sarız	Şarkışla	Tomarza	Tufanbeyli	Yeşilhisar	
Adana	1																			
Afşin	0.618	1																		
Andırın	0.919	0.695	1																	
Ceyhan	0.978	0.458	0.837	1																
Çamardı	0.946	0.833	0.946	0.860	1															
Develi	0.443	0.973	0.510	0.277	0.692	1														
Gemerek	0.345	0.910	0.349	0.200	0.585	0.976	1													
Göksun	0.648	0.931	0.577	0.539	0.802	0.927	0.931	1												
Karaisali	0.904	0.224	0.771	0.962	0.723	0.019	-0.073	0.290	1											
Kayseri	0.252	0.912	0.348	0.076	0.535	0.979	0.973	0.850	-0.185	1										
Kozan	0.336	0.948	0.468	0.151	0.617	0.984	0.944	0.846	-0.097	0.988	1									
Niğde	0.174	0.866	0.245	0.007	0.456	0.958	0.976	0.833	-0.259	0.993	0.963	1								
Pınarbaşı	0.649	0.995	0.686	0.502	0.846	0.970	0.922	0.962	0.262	0.900	0.928	0.860	1							
Pozantı	0.632	0.991	0.751	0.464	0.849	0.945	0.856	0.880	0.249	0.880	0.934	0.822	0.976	1						
Sarız	0.474	0.980	0.536	0.311	0.717	0.999	0.972	0.936	0.054	0.971	0.979	0.947	0.978	0.952	1					
Şarkışla	0.328	0.936	0.506	0.133	0.616	0.958	0.893	0.788	-0.097	0.963	0.991	0.928	0.904	0.939	0.953	1				
Tomarza	0.576	0.961	0.555	0.444	0.769	0.971	0.966	0.990	0.187	0.915	0.913	0.897	0.980	0.917	0.976	0.865	1			
Tufanbeyli	0.493	0.895	0.731	0.302	0.734	0.838	0.702	0.672	0.135	0.800	0.883	0.727	0.848	0.942	0.841	0.929	0.743	1		
Yeşilhisar	0.735	0.887	0.622	0.651	0.842	0.860	0.864	0.988	0.421	0.757	0.757	0.736	0.928	0.834	0.874	0.695	0.956	0.603	1	

**0.01 anlamlılık düzeyi (2-yönlü)

Çizelge 4.3.3. MGI'lerin ortalama rüzgar hızı (m/sn)'na göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları

	Afşin	Andırın	Ceyhan	Çamardı	Develi	Gemerek	Göksun	Karaisali	Kayseri	Kozan	Niğde	Pınarbaşı	Pozantı	Sarız	Şarkışla	Tomarza	Tufanbeyli	Yeşilhisar	
Afşin	1																		
Andırın	-0.577	1																	
Ceyhan	-0.577	0.000	1																
Çamardı	0.000	0.000	-0.707	1															
Develi	-0.333	0.577	-0.577	0.816	1														
Gemerek	0.272	-0.943	0.236	0.000	-0.544	1													
Göksun	0.577	0.000	0.000	-0.707	-0.577	-0.236	1												
Karaisali	0.544	0.236	-0.943	0.500	0.544	-0.500	0.236	1											
Kayseri	0.000	-0.707	0.000	0.500	0.000	0.833	-0.707	-0.333	1										
Kozan	0.000	0.707	-0.707	0.500	0.816	-0.833	0.000	0.833	-0.500	1									
Niğde	0.577	0.000	-1.000**	0.707	0.577	-0.236	0.000	0.943	0.000	0.707	1								
Pınarbaşı	-0.333	0.577	0.577	-0.816	-0.333	-0.544	0.577	-0.272	-0.816	0.000	-0.577	1							
Pozantı	0.816	0.000	-0.707	0.000	0.000	-0.333	0.707	0.833	-0.500	0.500	0.707	0.000	1						
Sarız	0.333	-0.577	-0.577	0.816	0.333	0.544	-0.577	0.272	0.816	0.000	0.577	-1.000**	0.000	1					
Şarkışla	0.577	-1.000**	0.000	0.000	-0.577	0.943	0.000	-0.236	0.707	-0.707	0.000	-0.577	0.000	0.577	1				
Tomarza	0.333	-0.577	-0.577	0.816	0.333	0.544	-0.577	0.272	0.816	0.000	0.577	-1.000**	0.000	1.000**	0.577	1			
Tufanbeyli	0.816	-0.707	-0.707	0.500	0.000	0.500	0.000	0.500	0.500	0.000	0.707	-0.816	0.500	0.816	0.707	0.816	1		
Yeşilhisar	0.544	-0.236	-0.943	0.833	0.544	0.056	-0.236	0.778	0.333	0.500	0.943	-0.816	0.500	0.816	0.236	0.816	0.833	1	

**0.01 anlamlılık düzeyi (2-yönlü)

Çizelge 4.3.4. MGİ'lerin toplam yağış (mm/yıl)'a göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları

	Adana	Afşin	Andırın	Ceyhan	Çamardı	Develi	Gemerek	Göksun	Karaisali	Kayseri	Kozan	Niğde	Pınarbaşı	Pozantı	Sarız	Şarkışla	Tomarza	Tufanbeyli	Yeşilhisar	
Adana	1																			
Afşin	0.400	1																		
Andırın	0.400	0.400	1																	
Ceyhan	0.800	-0.200	0.000	1																
Çamardı	0.800	0.800	0.200	0.400	1															
Develi	0.949	0.632	0.316	0.632	0.949	1														
Gemerek	0.400	-0.400	-0.600	0.800	0.200	0.316	1													
Göksun	0.400	1.000**	0.400	-0.200	0.800	0.632	-0.400	1												
Karaisali	1.000**	0.400	0.400	0.800	0.800	0.949	0.400	0.400	1											
Kayseri	0.400	0.600	-0.400	0.200	0.800	0.632	0.400	0.600	0.400	1										
Kozan	0.400	1.000**	0.400	-0.200	0.800	0.632	-0.400	1.000**	0.400	0.600	1									
Niğde	0.800	0.800	0.200	0.400	1.000**	0.949	0.200	0.800	0.800	0.800	0.800	1								
Pınarbaşı	0.400	0.400	1.000**	0.000	0.200	0.316	-0.600	0.400	0.400	-0.400	0.400	0.200	1							
Pozantı	0.400	1.000**	0.400	-0.200	0.800	0.632	-0.400	1.000**	0.400	0.600	1.000**	0.800	0.400	1						
Sarız	0.400	0.600	-0.400	0.200	0.800	0.632	0.400	0.600	0.400	1.000**	0.600	0.800	-0.400	0.600	1					
Şarkışla	0.800	0.800	0.200	0.400	1.000**	0.949	0.200	0.800	0.800	0.800	0.800	1.000**	0.200	0.800	0.800	1				
Tomarza	0.400	0.600	-0.400	0.200	0.800	0.632	0.400	0.600	0.400	1.000**	0.600	0.800	-0.400	0.600	1.000**	0.800	1			
Tufanbeyli	0.800	0.800	0.200	0.400	1.000**	0.949	0.200	0.800	0.800	0.800	0.800	1.000**	0.200	0.800	0.800	1.000**	0.800	1		
Yeşilhisar	0.400	1.000**	0.400	-0.200	0.800	0.632	-0.400	1.000**	0.400	0.600	1.000**	0.800	0.400	1.000**	0.600	0.800	0.600	0.800	1	

**0.01 anlamlılık düzeyi (2-yönlü)

Çizelge 4.3.5. MGİ'lerin ortalama sıcaklık (°C)'a göre Spearman's - rho korelasyon analiz sonuçları

	Adana	Afşin	Andırın	Ceyhan	Çamardı	Develi	Gemerek	Göksun	Karaisali	Kayseri	Kozan	Niğde	Pınarbaşı	Pozantı	Sarız	Şarkışla	Tomarza	Tufanbeyli	Yeşilhisar	
Adana	1																			
Afşin	1.000**	1																		
Andırın	0.800	0.800	1																	
Ceyhan	0.800	0.800	0.400	1																
Çamardı	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1															
Develi	0.949	0.949	0.949	0.632	0.949	1														
Gemerek	0.632	0.632	0.316	0.949	0.632	0.500	1													
Göksun	0.800	0.800	0.400	1.000**	0.800	0.632	0.949	1												
Karaisali	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1.000**	0.949	0.632	0.800	1											
Kayseri	0.949	0.949	0.949	0.632	0.949	1.000**	0.500	0.632	0.949	1										
Kozan	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1.000**	0.949	0.632	0.800	1.000**	0.949	1									
Niğde	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1.000**	0.949	0.632	0.800	1.000**	0.949	1.000**	1								
Pınarbaşı	0.949	0.949	0.949	0.632	0.949	1.000**	0.500	0.632	0.949	1.000**	0.949	0.949	1							
Pozantı	0.800	0.800	0.400	1.000**	0.800	0.632	0.949	1.000**	0.800	0.632	0.800	0.800	0.632	1						
Sarız	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1.000**	0.949	0.632	0.800	1.000**	0.949	1.000**	1.000**	0.949	0.800	1					
Şarkışla	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1.000**	0.949	0.632	0.800	1.000**	0.949	1.000**	1.000**	0.949	0.800	1.000**	1				
Tomarza	0.949	0.949	0.949	0.632	0.949	1.000**	0.500	0.632	0.949	1.000**	0.949	0.949	1.000**	0.632	0.949	0.949	1			
Tufanbeyli	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1.000**	0.949	0.632	0.800	1.000**	0.949	1.000**	1.000**	0.949	0.800	1.000**	1.000**	0.949	1		
Yeşilhisar	1.000**	1.000**	0.800	0.800	1.000**	0.949	0.632	0.800	1.000**	0.949	1.000**	1.000**	0.949	0.800	1.000**	1.000**	0.949	1.000**	1	

**0.01 anlamlılık düzeyi (2-yönlü)

Çizelge 4.3.6. MGİ'lerin *ortalama aktif basınç* (hPa)'a göre *Spearman's - rho* korelasyon analiz sonuçları

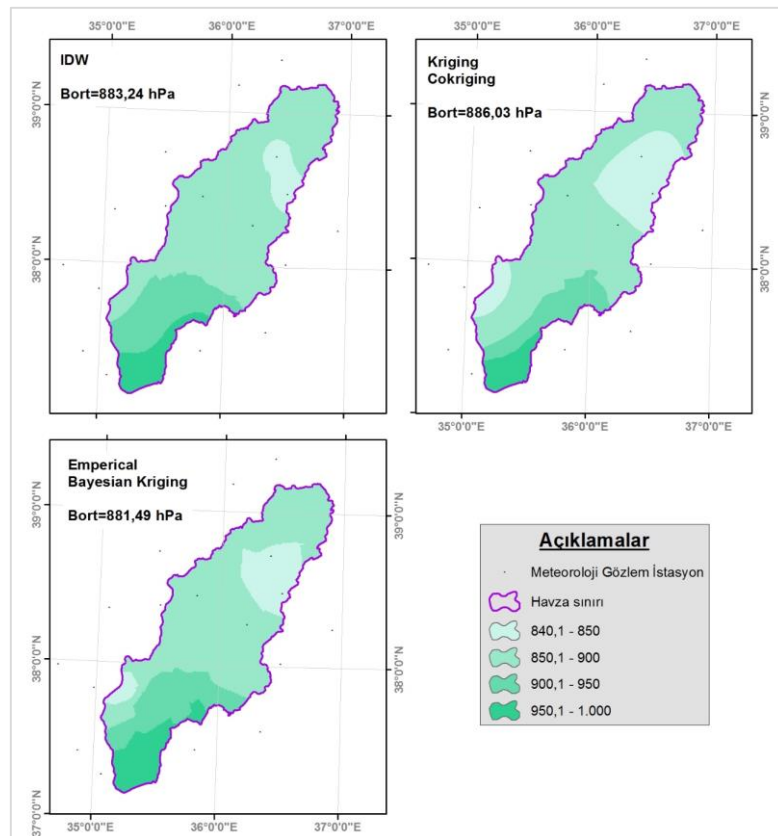
	Adana	Afşin	Andırın	Ceyhan	Çamardı	Develi	Gemerek	Göksun	Karaisali	Kayseri	Kozan	Niğde	Pınarbaşı	Pozantı	Sarız	Şarkışla	Tomarza	Tufanbeyli	Yeşilhisar	
Adana	1																			
Afşin	0.632	1																		
Andırın	1.000**	0.632	1																	
Ceyhan	1.000**	0.632	1.000**	1																
Çamardı	0.632	0.000	0.632	0.632	1															
Develi	0.949	0.389	0.949	0.949	0.833	1														
Gemerek	1.000**	0.632	1.000**	1.000**	0.632	0.949	1													
Göksun	1.000**	0.632	1.000**	1.000**	0.632	0.949	1.000**	1												
Karaisali	1.000**	0.632	1.000**	1.000**	0.632	0.949	1.000**	1.000**	1											
Kayseri	0.800	0.105	0.800	0.800	0.949	0.949	0.800	0.800	0.800	1										
Kozan	1.000**	0.632	1.000**	1.000**	0.632	0.949	1.000**	1.000**	1.000**	0.800	1									
Niğde	1.000**	0.632	1.000**	1.000**	0.632	0.949	1.000**	1.000**	1.000**	0.800	1.000**	1								
Pınarbaşı	1.000**	0.632	1.000**	1.000**	0.632	0.949	1.000**	1.000**	1.000**	0.800	1.000**	1.000**	1							
Pozantı	0.949	0.389	0.949	0.949	0.833	1.000**	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	1						
Sarız	1.000**	0.632	1.000**	1.000**	0.632	0.949	1.000**	1.000**	1.000**	0.800	1.000**	1.000**	1.000**	0.949	1					
Şarkışla	0.400	-0.105	0.400	0.400	0.949	0.632	0.400	0.400	0.400	0.800	0.400	0.400	0.400	0.632	0.400	1				
Tomarza	0.949	0.389	0.949	0.949	0.833	1.000**	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	0.949	1.000**	0.949	0.632	1			
Tufanbeyli	0.400	0.316	0.400	0.400	-0.316	0.211	0.400	0.400	0.400	0.000	0.400	0.400	0.400	0.211	0.400	-0.600	0.211	1		
Yeşilhisar	0.632	0.000	0.632	0.632	1.000**	0.833	0.632	0.632	0.632	0.949	0.632	0.632	0.632	0.833	0.632	0.949	0.833	-0.316	1	

**0.01 düzeyde (2-yönlü)

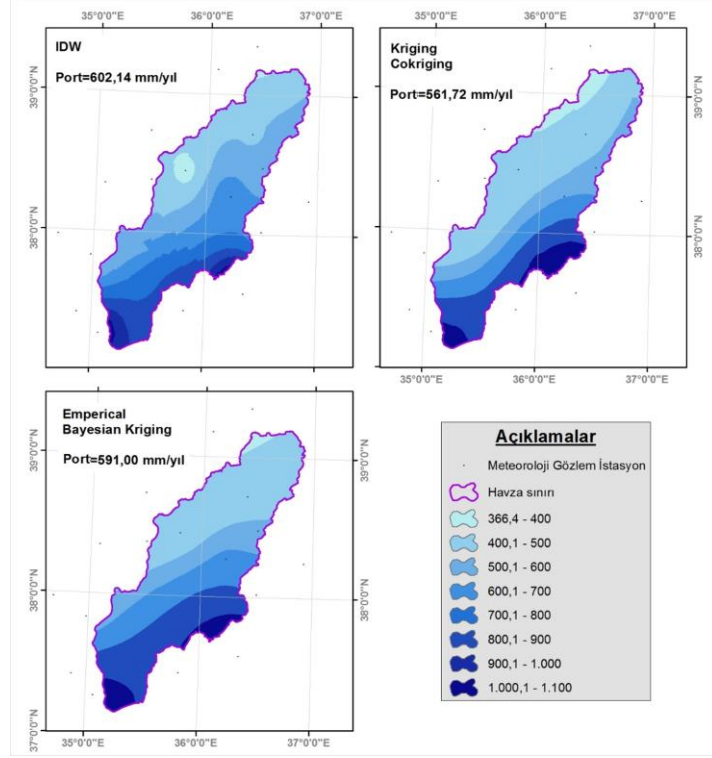
4.3.1. IDW, Co-Kriging ve EBK Analizleri

Bölüm 4.3.'te anlatılan mekansal verilere, Bölüm 2'de yer alan jeostatistiksel yöntemlerinden IDW, Co-Kriging ve Ampirik Bayesian Kriging Yöntemleri uygulanmıştır ve toplam 19 adet MGİ'lerde 2018 yılında ölçülen noktasal veriler olan yağış, sıcaklık, nispi nem, aktüel basınç ve rüzgar hızı değerleri kullanılmıştır. Toplam 19 MGİ'nin sekizine ait meteorolojik veriler elde edilen alansal dağılımlarının doğruluğunun tespit edilmesi amacıyla *test veri seti* olarak kullanılmıştır.

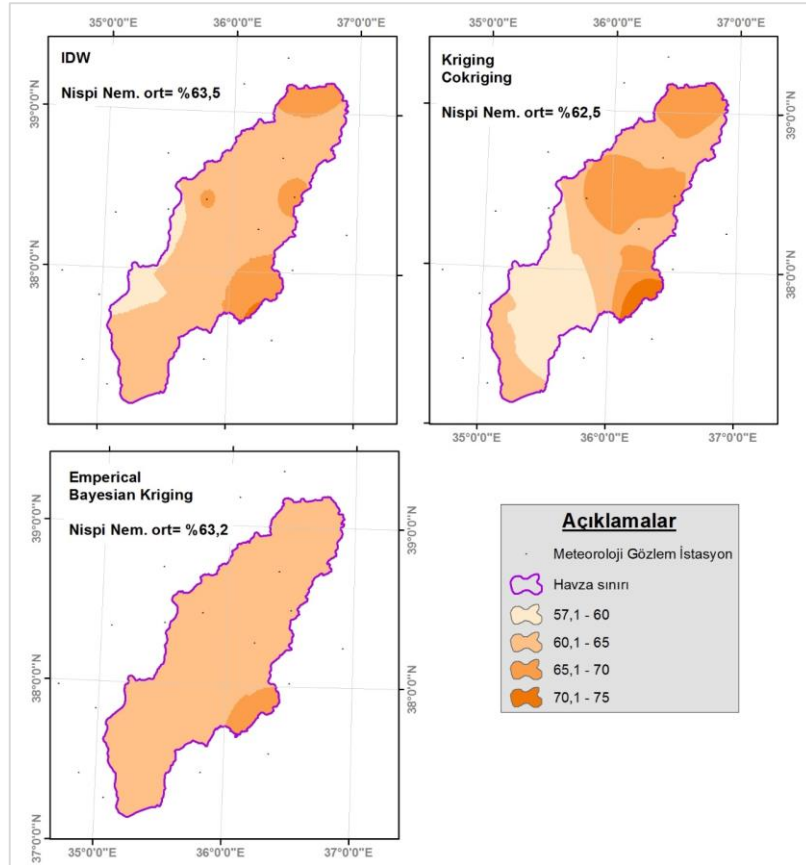
Buna göre; yıllık ortalama aktüel basıncın alansal dağılımı, Şekil 4.3.2.'de; yıllık toplam yağışın alansal dağılımı, Şekil 4.3.3.'te; yıllık ortalama nispi nemin alansal dağılımı, Şekil 4.3.4.'te; yıllık ortalama sıcaklığın alansal dağılımı, Şekil 4.3.5.'te ve yıllık ortalama rüzgar hızının dağılımı ise Şekil 4.3.6.'da verilmiştir.



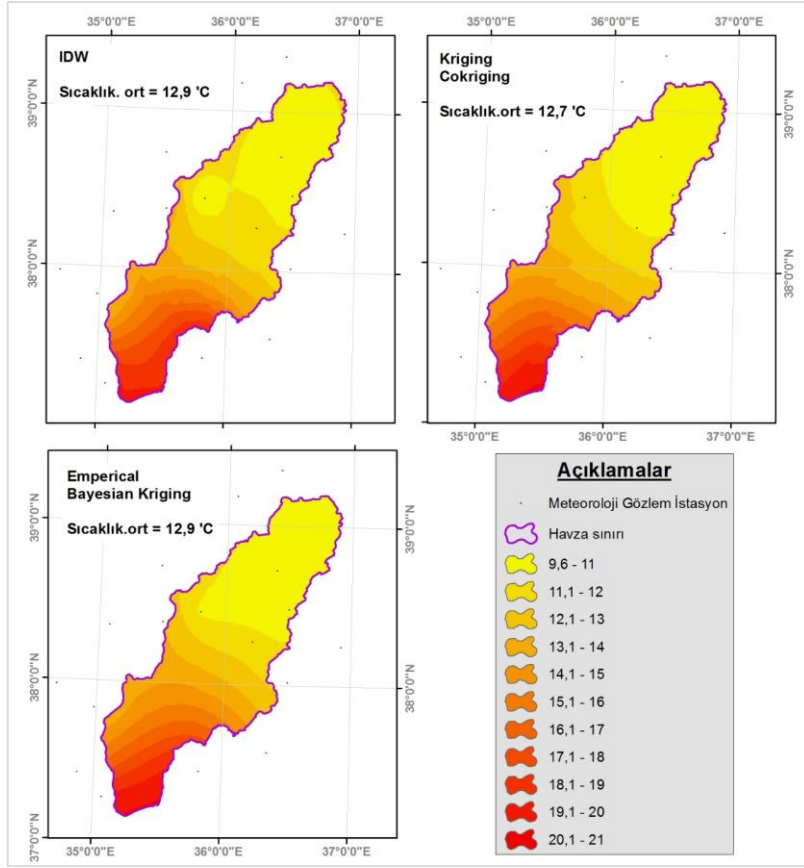
Şekil 4.3.2. Çalışma alanında yıllık ortalama aktüel basıncın alansal dağılımı



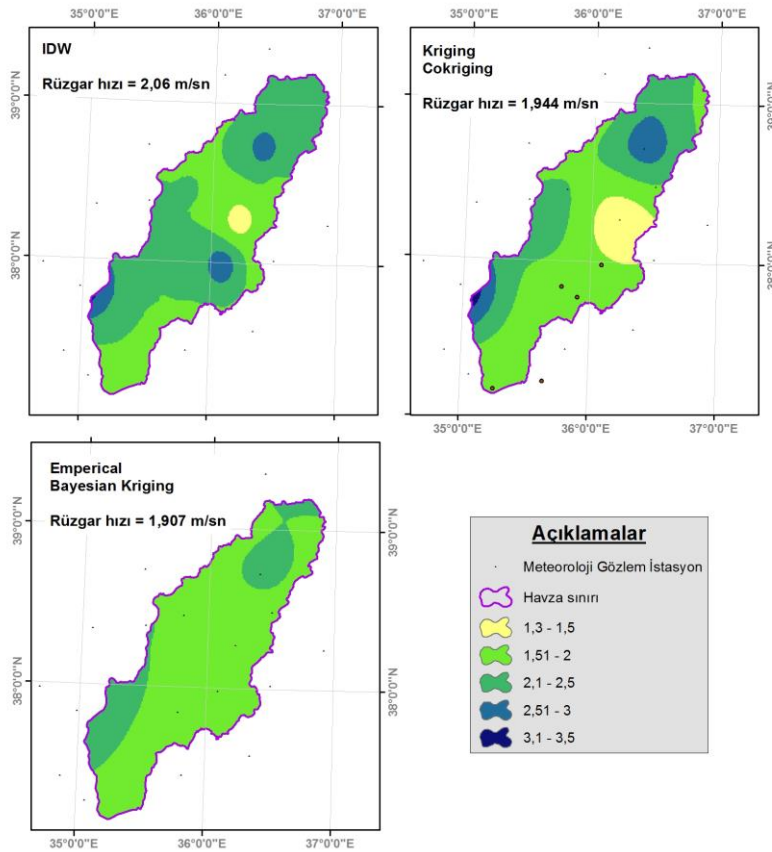
Şekil 4.3.3. Çalışma alanında yıllık toplam yağışın alansal dağılımı



Şekil 4.3.4. Çalışma alanında yıllık ortalama nispi nemin alansal dağılımı



Şekil 4.3.5. Çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklığın alansal dağılımı



Şekil 4.3.6. Çalışma alanında yıllık ortalama rüzgar hızının alansal dağılımı

Tez çalışmasında kullanılan üç farklı alansal dağılım kestirim yöntemlerinin uygulanması sonucu elde edilen *kestirilen mekansal raster verileri* ile *gerçekte ölçülen veriler* arasından farklılığın belirlenmesi amacıyla *Çapraz Doğrulama ve Karşılaştırma Analizleri (Cross-Validation and Compare)* yapılmıştır. Bu analizlere ait sonuçlar Çizelge 4.3.7.'de verilmiştir ve grafikleri Şekil 4.3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3.7. ÇBGH içinde yer alan MGİ'lerde ölçülen ve kestirilen verilerin *Çapraz Doğrulama ve Karşılaştırma Analiz* sonuçları

Parametre	MGİ Adı	ölçülen	IDW		Kriging-Cokkriging		Ampirik Bayesci Kriging	
			kestirilen	fark	kestirilen	fark	kestirilen	fark
Rüzgar hızı (m/sn/yıl)	Pınarbaşı	2.69167	2.69166	0.00001	2.69210	-0.00043	2.18461	0.50706
	Tomarza	2.02500	2.02499	0.00001	2.02399	0.00101	1.96583	0.05917
	Sarız	1.95455	1.95455	-0.00001	1.94891	0.00564	1.88002	0.07453
	Tufanbeyli	1.25833	1.25847	-0.00014	1.25969	-0.00136	1.63128	-0.37295
	Saimbeyli	2.85000	2.84800	0.00200	1.61000	1.24000	1.77000	1.08000
	Çatalan	-	-	-	-	-	-	-
	Feke	2.18000	2.03000	0.15000	1.70551	0.47450	1.79073	0.38927
	Mansurlu	2.03000	2.03000	0.00000	1.78015	0.24985	1.85175	0.17825
Sıcaklık (°C)	Pınarbaşı	10.00000	10.00000	0.0000	10.28330	-0.2833	10.14810	-0.1481
	Tomarza	10.36667	10.36680	-0.0001	11.49090	-1.1242	10.75860	-0.3919
	Sarız	9.60000	9.60022	-0.0002	10.48360	-0.8836	9.93116	-0.3312
	Tufanbeyli	11.49167	11.49160	0.0001	10.93570	0.5560	11.45250	0.0392
	Saimbeyli	14.81000	13.70000	1.1100	12.43000	2.3800	12.31000	2.5000
	Çatalan	21.13000	20.90000	0.2300	19.40000	1.7300	19.74000	1.3900
	Feke	17.78000	16.80000	0.9800	14.47000	3.3100	14.05000	3.7300
	Mansurlu	12.74000	14.50000	-1.7600	14.27000	-1.5300	13.16000	-0.4200
Yağış (mm/yıl)	Pınarbaşı	490.300	490.300	0.000	461.869	28.431	480.272	10.028
	Tomarza	366.400	366.411	-0.011	419.536	-53.136	406.968	-40.568
	Sarız	517.000	517.008	-0.008	536.012	-19.012	529.398	-12.398
	Tufanbeyli	658.900	658.880	0.020	586.756	72.144	638.362	20.538
	Saimbeyli	810.100	811.160	-1.060	952.310	-142.210	904.150	-94.050
	Çatalan	-	-	-	-	-	-	-
	Feke	1072.100	1067.250	4.850	1140.420	-68.320	1066.960	5.140
	Mansurlu	1194.300	1194.160	0.140	1188.010	6.290	1088.070	106.230
Nispi Nem (%)	Pınarbaşı	64.39	64.39	0.00	64.39	0.00	64.26	0.13
	Tomarza	65.42	65.42	0.00	65.42	0.00	63.24	2.18
	Sarız	65.66	65.66	0.00	65.66	0.00	64.84	0.82
	Tufanbeyli	64.61	64.61	0.00	64.61	0.00	64.04	0.57
	Saimbeyli	66.28	65.34	0.94	65.15	1.13	64.17	2.11
	Çatalan	72.64	64.17	8.47	64.47	8.17	63.34	9.30
	Feke	65.25	63.84	1.41	60.13	5.12	63.86	1.39
	Mansurlu	68.15	67.76	0.39	67.92	0.23	63.26	4.89
Aktüel Basınç (hPa)	Pınarbaşı	845.35	845.35	0.00	845.34	0.01	845.29	0.06
	Tomarza	860.21	860.21	0.00	860.27	-0.06	861.64	-1.43
	Sarız	840.13	840.13	0.00	840.19	-0.06	840.96	-0.83
	Tufanbeyli	857.84	857.84	0.00	857.79	0.05	857.48	0.36
	Saimbeyli	895.21	876.55	18.66	899.04	-3.83	869.59	25.62
	Çatalan	984.56	979.33	5.23	1013.61	-29.05	994.40	-9.84
	Feke	-	-	-	-	-	-	-
	Mansurlu	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 4.3.7. ile Şekil 4.3.7. incelendiğinde, ölçülen ve kestirilen değerler arasındaki fark değerleri Co-Kriging ile Ampirik Bayesci Kriging yöntemlerinde IDW analiz yöntemine göre daha yüksek çıkmıştır. Bu nedenle, tez çalışmasında *potansiyel buharlaşma-terleme değerlerinin alansal dağılımının* kestirilmesinde *IDW yöntemiyle* kestirilmiş bağımsız değişkenlerin *mekansal raster verileri* kullanılmıştır.



Şekil 4.3.7. Ölçülen değerlerin kestirim yöntemleriyle hesaplanan değerler arasındaki farkların grafiği

4.3.2. Potansiyel Buharlaşma-Terlemenin Alansal Dağılımının Kestirilmesi

Mekansal Kuraklık İndisi'nin hesaplanması

Kuraklık indisinin hesaplanması için, *Erinç Kuraklık İndisi* (Erinç, 1957) formülü kullanılmıştır (Eşitlik 14).

$$I_m = \frac{\bar{P}}{T_{om}} \quad (14)$$

Burada: I_m , yağış etkenliği indisini; \bar{P} , yıllık ortalama yağış miktarı (mm)'ni; \bar{T}_{om} , yıllık ortalama en yüksek sıcaklığı (°C) ifade etmektedir. Erinç formülündeki I_m değişkeninin açıklamaları Çizelge 4.3.8.'de detayli olarak anlatılmıştır.

Çizelge 4.3.8. Erinç Kuraklık İndisi Sınıfları (Erinç, 1957)

Kuraklık sınıfı	Kuraklık indisi (I_m)	Bitki örtüsü
Kurak	$I_m < 8$	Çöl
Yarı Kurak	$8 < I_m < 23$	Step
Yarı Nemli	$23 < I_m < 40$	Park görünümlü kurak orman
Nemli	$40 < I_m < 55$	Nemcil orman
Çok Nemli	$I_m > 55$	Çok nemcil orman

Çalışma alanının mekansal I_m indisi hesaplandığında, çalışma alanının yarı kurak (step), yarı nemli (park görünümlü kurak orman) ile nemli (nemcil orman) kuraklık sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 4.3.9.).

Mekansal olarak hesaplanan Potansiyel Buharlaşma-Terlemenin hesaplanması

Bir sahanın bitki örtüsü ile cinsinin dikkate alınmadığı ve sadece yağış miktarı ile sıcaklık değerlerinin dikkate alınarak potansiyel buharlaşma-terleme değerinin hesaplandığı yöntem 1961 yılında Turc.L tarafından önerilmiştir. Bu yöntemin denklemi aşağıda Eşitlik 15'te gösterilmiştir.

$$ET_p = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{(300 + 25 \cdot \bar{T} + 0,05 \cdot \bar{T}^3)^2}}} \quad (15)$$

Burada: P, yıllık yağış miktarı (mm) ile \bar{T} , yıllık ortalama sıcaklık (°C) değerleridir.

Çalışma alanının mekansal olarak yağış ile sıcaklık değerleri kullanılarak ET_p değeri hesaplandığında, çalışma alanının yıllık ortalama alansal potansiyel buharlaşma-terleme değeri 477,4 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3.8.).

ESRI - ArcGIS® v10.6.1. yazılımının alt yazılımı olan Mekansal İstatistik Analizi'nde mevcut olan regresyon analizi yapılarak; bağımsız değişkenler olan Yağış, Sıcaklık, Rüzgar hızı, Nispi Nem, Kuraklık İndisi ile Aktüel Basıncı'nın bağımlı değişken olan potansiyel buharlaşma-terleme (ET_p)'yı hangi regresyon katsayıları ile tanımladıkları belirlenmiştir.

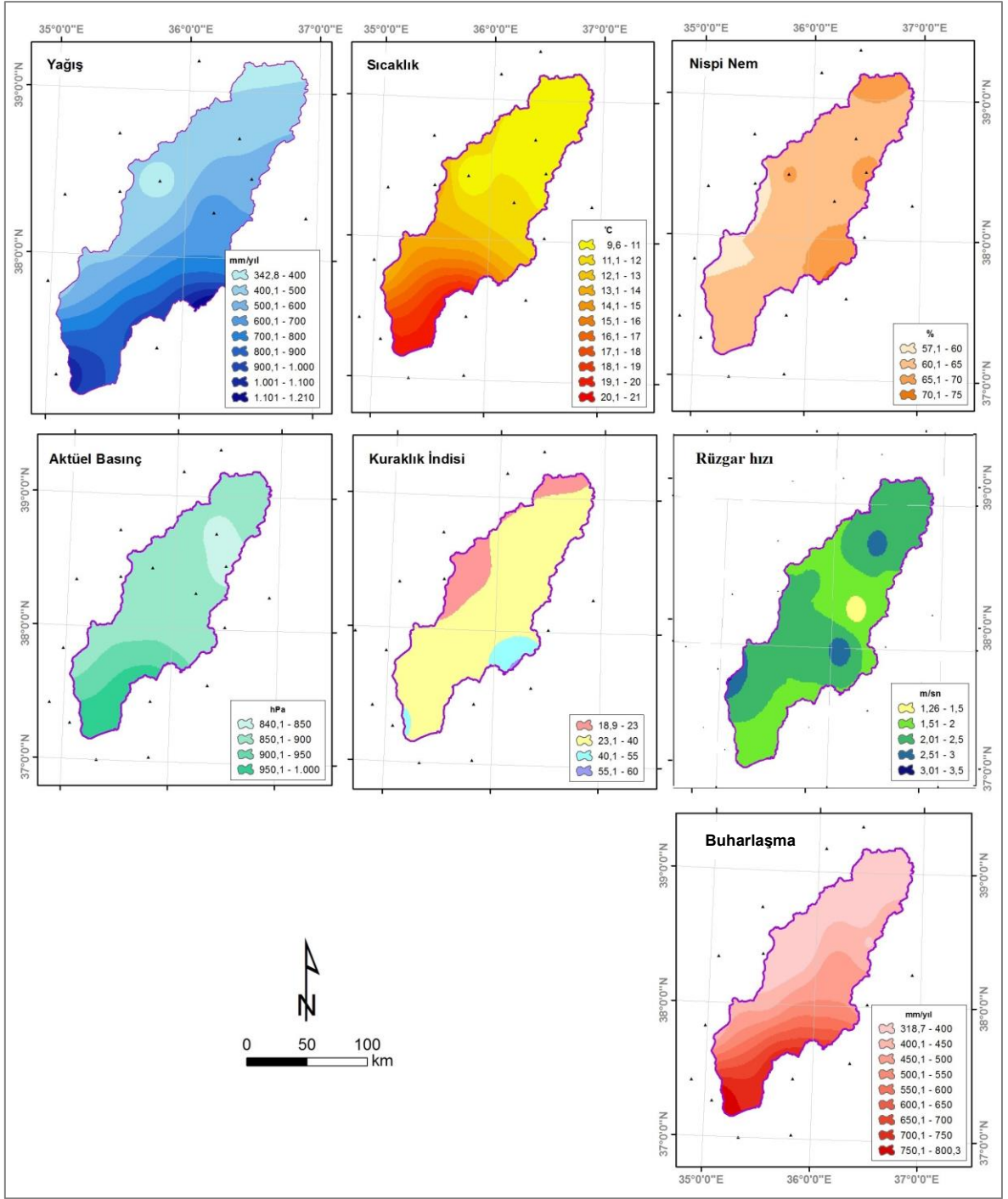
Bu analizde kullanılan mekansal verilerin temel istatistik analiz sonuçları, Çizelge 4.3.9’da; bu mekansal değişkenlerin birbiriyle olan ilişki analiz sonuçları, Çizelge 4.3.10.’da ve alansal dağılım haritaları ise Şekil 4.3.9.’da verilmiştir.

Çizelge 4.3.9. Çalışma alanına ait mekansal verilerin temel istatistik değerleri

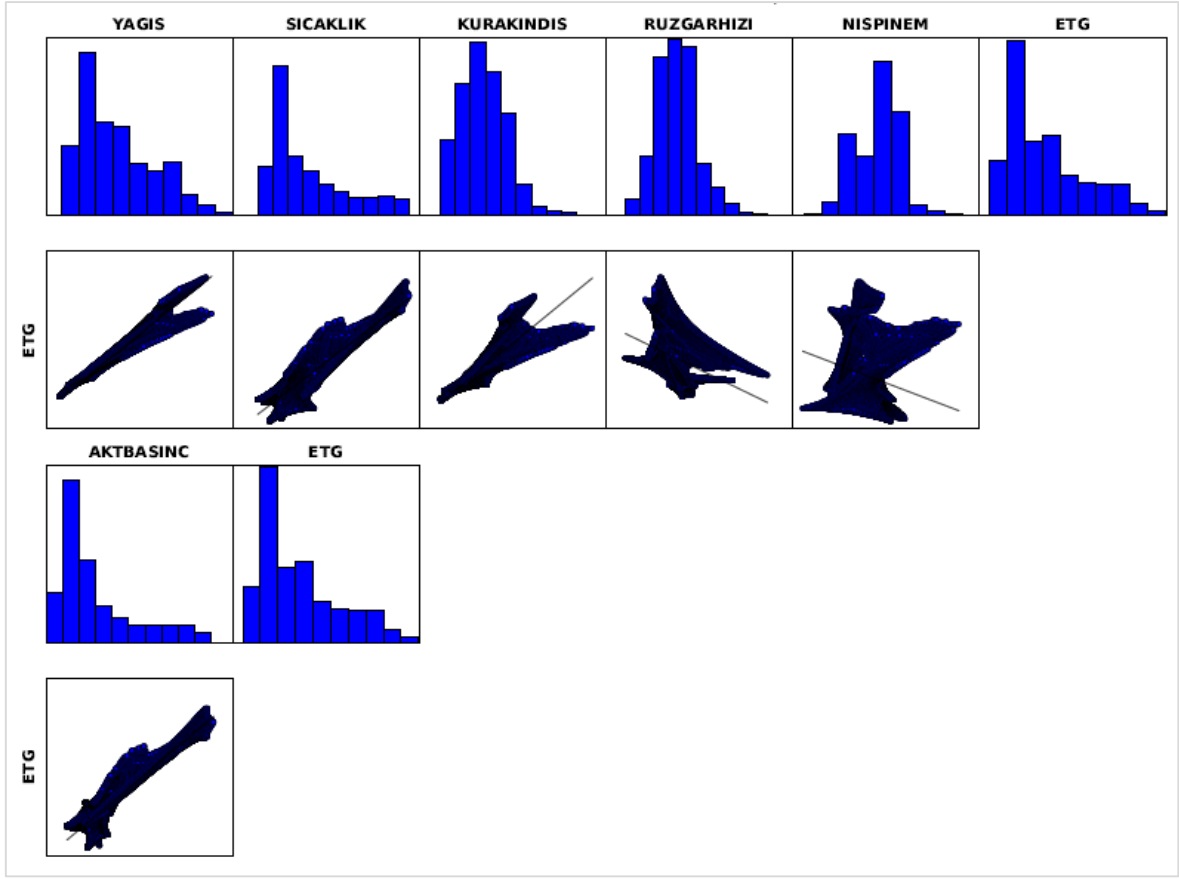
Parametre		en küçük	en büyük	ortalama	standart sapma
Bağımlı değişken	Potansiyel Buharlaşma-Terleme	318.7	800.3	477.4	104.7
Bağımsız değişkenler	Yağış	342.8	1210.0	602.9	155.7
	Sıcaklık	9.6	21.0	12.8	2.4
	Rüzgar hızı	1.3	3.5	2.0	0.3
	Nispi Nem	57.1	75.0	63.4	1.9
	Kuraklık İndisi	18.9	60.0	30.4	5.6
	Aktüel Basınç	840.1	1000.0	882.4	32.9

Çizelge 4.3.10. Çalışma alanına ait mekansal değişkenlerin birbiriyle olan ilişkilerinin korelasyon analizi sonuçları

Parametre	Bağımsız değişkenler						Bağımlı değişken	
	Yağış	Sıcaklık	Rüzgar hızı	Nispi Nem	Kuraklık İndisi	Aktüel Basınç	Potansiyel Buharlaşma-Terleme	
Bağımsız değişkenler	Yağış	1						
	Sıcaklık	0.84	1					
	Rüzgar hızı	-0.46	-0.21	1				
	Nispi Nem	-0.07	-0.50	-0.33	1			
	Kuraklık İndisi	0.92	0.57	-0.51	0.20	1		
	Aktüel Basınç	0.83	0.99	-0.25	-0.42	0.56	1	
Bağımlı değişken	Potansiyel Buharlaşma-Terleme	0.97	0.93	-0.38	-0.24	0.82	0.93	1



Şekil 4.3.8. ETp'nin kestirimesinde kullanılan mekansal verilerin alansal dağılımları



Şekil 4.3.9. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkene olan dağılımları

Şekil 4.3.9.'da, her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişkene olan ilişkisinin *histogramları ile saçılım grafikleri* gösterilmiştir. Burada gösterilen her saçılma grafiği bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermekte olup, güçlü ilişkiler köşegen olarak *görünür* ve *eğimin yönü* ile ilişkinin *pozitif yada negatif* olduğunu göstermektedir. Burada belirtmeli ki, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında *doğrusal olmayan bir ilişki tespit edildiğinde değişkenlerinizi dönüştürülmesi* gerekmektedir. Bu çalışmada, tüm bağımsız değişkenler bağımlı değişken ile doğrusal ilişki göstermişlerdir.

Çalışma alanına ait altı farklı bağımsız değişken tarafından regresyon yöntemiyle kestirilmesi istenilen ETp'nin mekansal alansal dağılımı Eşitlik (16)'da gösterilen *çoklu alansal regresyon denklemiyle* tanımlanmıştır.

$$ETp^k = C_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \beta_4 * X_4 + \beta_5 * X_5 + \beta_6 * X_6 + \varepsilon \quad (16)$$

Burada; X_1 , yağış; X_2 , sıcaklık; X_3 , kuraklık indisi; X_4 , rüzgar hızı; X_5 , nispi nem ve X_6 , aktüel basınçtır.

regresyon deklemiyle tanımlanmaktadır. Bu denklemdeki beta katsayılarına aşağıda verilen ilişki katsayıları yerine konularak *alansal olarak kestirilen ET_p^k'nin regresyon denklemi* elde edilmiştir.

Çizelge 4.3.11. Regresyon model sonuçları

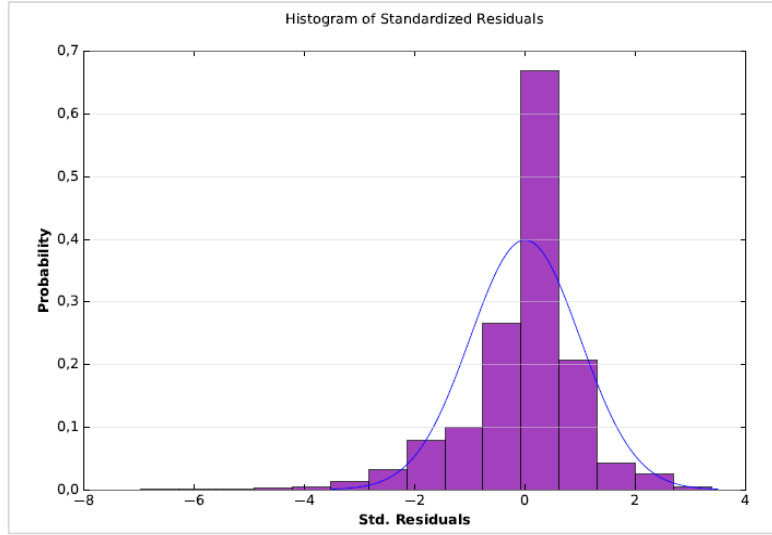
Summary of OLS Results - Model Variables							
Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	-236,993533	6,490742	-36,512548	4,806833	-49,303471	0,000000*	-----
YAGIS	0,864652	0,002645	326,903178	0,004729	182,855714	0,000000*	300,866384
SICAKLIK	-11,271380	0,196369	-57,399095	0,286949	-39,280044	0,000000*	405,755134
KURAKINDIS	-6,581922	0,048925	-134,531596	0,082132	-80,138573	0,000000*	131,916262
RUZGARHIZI	9,517830	0,113409	83,924464	0,110160	86,400044	0,000000*	1,770473
NISPINEM	-4,504986	0,045483	-99,047509	0,075058	-60,019669	0,000000*	13,573511
AKTBASINC	0,911527	0,011973	76,133525	0,012447	73,230003	0,000000*	274,589362

Bu denklem:

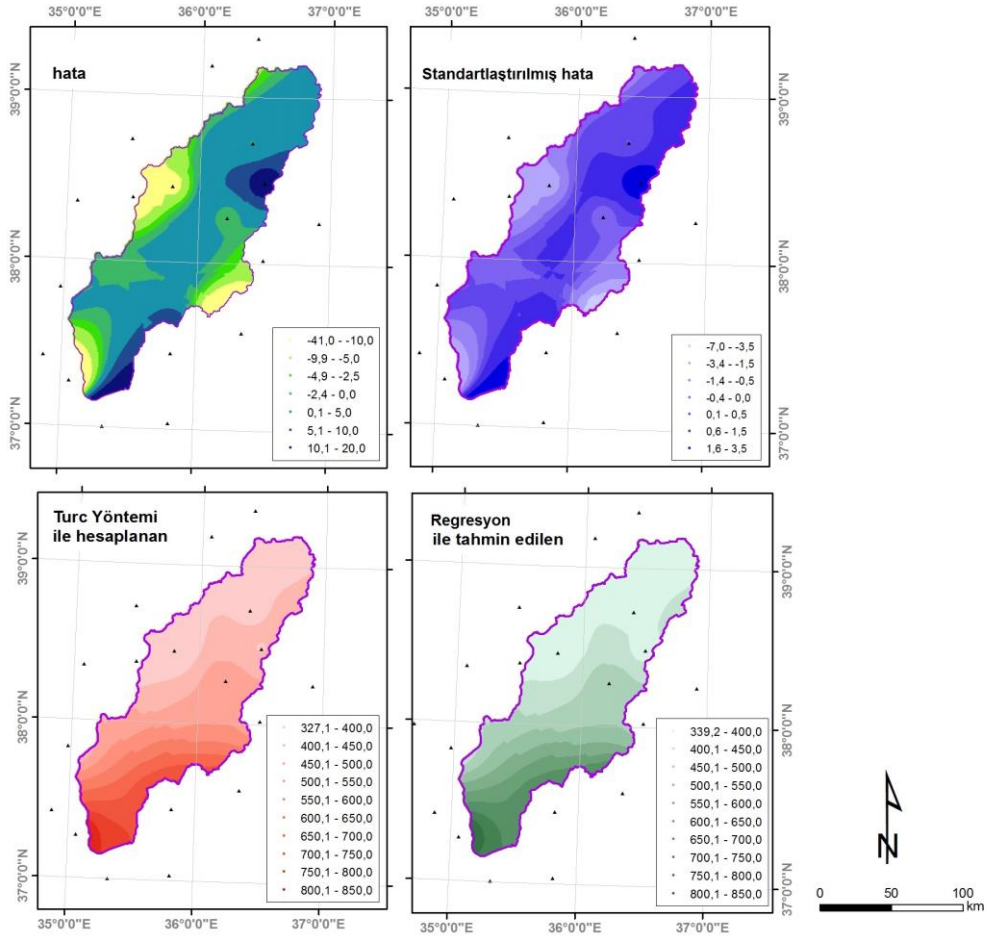
$$ET_p^k = -236,993533 + 0,864652 * X_1 - 11,271380 * X_2 - 6,581922 * X_3 + 9,517830 * X_4 - 4,504986 * X_5 + 0,911527 * X_6$$

'tır. Model sonucunda, toplam 61168 adet raster verisinden elde edilen Regresyon modelinin doğruluğunun ölçütü olan en küçük AIC = 390118.6097; regresyon belirtme katsayıları $R_{düzeltilmiş}^2 = 0,996857$ ve $R^2 = 0,996858$ olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.3.11.' e bakıldığında, 10' dan büyük varyans şişirme faktörleri (VIFs – Variance Inflation Factors) görünmektedir. Bu durum, değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olduğunu göstermektedir. Yapılacak tahminlerin doğru olabilmesi için, çoklu doğrusal bağlantı sorunun ortadan kaldırılması ya da farklı regresyon analiz tekniklerinin kullanılması önerilebilir. Ancak, bu çalışma sonraki çalışmalara bir araştırma konusu olarak düşünülmektedir.

Regresyon analizinde kestirilen ET_p^k değerlerine ilişkin standartlaştırılmış hata değerlerinin dağılımı Şekil 4.3.10.'da verilmiştir. Şekil 4.3.11. incelendiğinde ölçülen (hesaplanan) ET_p^h değerler ile modelle kestirilen ET_p^k değerleri arasındaki farkın çok az olduğu belirlenmiştir



Şekil 4.3.10. Standartlaştırılmış hata değerlerinin dağılımı



Şekil 4.3.11. Regresyon model sonuçlarının alansal dağılımları

Yapılan tüm mekansal analizler sonucunda çalışma alanında yıllık ortalama alansal hesaplanan ET_p^h ve kestirilen ET_p^k değerler yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir ve değeri $ET_p^h \approx ET_p^k \approx 477.4$ mm/yıl'dır. Çalışma alanının yıllık ortalama alansal yağışı $P=602.14$

mm/yıl olduğu belirmiştir (Bknz: Şekil 4.3.3.) ve bu yağış miktarının %79.3'ü buharlaşma potansiyelinde olup, geri kalan % 20.7'si veya 124.74 mm/yıl'lık miktarı ise yüzeysel akışı ile yeraltısuyunu besleyen potansiyel yağış miktarı olduğu ortaya konulmuştur.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Türkiye, su kaynaklarının kullanımı konusunda etkin ve sürdürülebilir bir yönetim uygulamadığı sürece, iklim değişikliği ile beraber su fakiri bir ülke konumuna hızla ilerlemektedir. Bu nedenle, bu alanlarda yapılacak her çalışma Türkiye'nin stratejik karar verme aşamasında oldukça önemlidir. Bu tez çalışmasının konusu itibariyle, anabilim dalımızda daha önce yapılmamış bir çalışma olması nedeniyle önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, Türkiye sınırları içinde yer alan önemli su havzalarından biri olan Seyhan Havzası'nın alt havzası olup, Adana İl merkezinin içme-kullanma su ihtiyacını karşılamakta olan Çatalan Baraj Gölü'nü besleyen nehir havzasına düşen yağıştan ne kadarının buharlaşma-terleme ile kayba neden olabileceği yıllık bazında belirlenmiştir. Bu kapsamda, bu nehir havzası içinde ve dışında yer alan meteorolojik gözlem istasyonlarında 1971-2018 yılları arasında aylık ve yıllık bazında gözlenmiş veriler kullanılmıştır. Toplanan tüm veriler detaylı olarak analiz edilmesi için birçok istatistiksel yöntem uygulanmıştır.

Çalışma alanında yer alan meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen noktasal meteorolojik verileri olan noktasal (x, t) zaman serilerinin bir biriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi; zaman içinde azalan veya artan bir trende sahip olup olmadığının ortaya konulması için Spearman'ın rho korelasyon testi, Mann-Kendall ve Sen Eğim, İnovatif Şen Trend Analizleri kullanılmıştır. Bu verilerin konumsal olarak homojenliğinin belirlenmesi için çok değişkenli analiz yöntemlerinden Temel Bileşenler Analizi ve Faktör Analizi uygulanmıştır ve su havzasının 3 farklı iklim kuşağında yer aldığı belirlenmiştir.

TBA/FA analizi sonucunda tez çalışmasında kullanılan MGI'lerden, deniz seviyesinden 20 ile 241 m yükseklikte olanları Akdeniz İK'nda; 1050 m ile 1397 m arasında olanları ise İç Anadolu İK'nda (daha düz karasal step iklimi); 1180 m ile 1500 m arasında olanlar ise, Orta Toroslar İK'nda (ayrıca, daha yüksek sarp ve kayalık zonda yer almaktadır) olmak üzere üç farklı iklim kuşağında olduğu belirlenmiştir. Bu iklim kuşakları sırasıyla toplam varyansın %25.77'sini, %26.11'sini ve %19.1'ni açıklamaktadır.

Ayrıca, bu noktasal verilerinden verisi olmayan alanlara ait mekansal (konumsal) alansal (x,y,z,t) dağılımlarının belirlenmesi için IDW, Co-Kriging ve Ampirik Bayesci Kriging Analiz yöntemleri uygulanmıştır. Mekansal analiz yöntemleriyle kestirilen mekansal raster veriler ile ölçülen veriler arasında çapraz doğrulama analizi ile karşılaştırma analizleri

yapıldığında en iyi sonucu, en az hata oluşturan IDW yöntemi olduğu belirlenmiştir. Bu yöntem ile mekansal alansal dağılımları kestirilen yağış, rüzgar hızı, aktüel basınç, nispi nem, sıcaklık, Turc yöntemi ile hesaplanan potansiyel buharlaşma-terleme (ETp^h) ve kuraklık indisi değerleri yıllık olarak oluşturulmuştur. Bu mekansal veriler kullanılarak Mekansal İstatistik analizlerinden doğrusal regresyon yönteminin uygulanmasıyla *mekansal çoklu regresyon denklemi* oluşturulmuştur. Bu denklem ile kestirilen potansiyel buharlaşma-terleme (ETp^k) değerleri arasında Çapraz-Doğrulama Analizi ile Karşılaştırmalı analizi yapılmıştır ve sonuç olarak veriler

$$-41.0 \text{ mm/yıl} < ETp^k - ETp^h < 20 \text{ mm/yıl}$$

olduğu belirlenmiştir. Alansal yoğunluğuna bakıldığında;

$$-9.9 \text{ mm/yıl} < ETp^k - ETp^h < 5 \text{ mm/yıl}$$

olup, regresyon belirtme katsayısı $R^2=0.996858$ olarak hesaplanmıştır. Yapılan tüm mekansal analizler sonucunda çalışma alanında yıllık ortalama alansal yağış miktarı $P=602.14$ mm/yıl; hesaplanan ve kestirilen potansiyel buharlaşma-terleme miktarı yakın değerlerde olup, değeri 477.4 mm/yıl'dır. Sonuç olarak, çalışma alanındaki ortalama alansal yağış miktarının %79.3'ünün buharlaştığı ve %20.7'sini oluşturan 124.74 mm/yıl'lık miktarının ise yüzeysel akışı ile yeraltısuyunu besleyen potansiyel yağış miktarını teşkil ettiği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ay, M., and Kisi, O., Investigation of Trend Analysis of Monthly Total Precipitation by an Innovative Method., *Theoretical and Applied Climatology*, 120 (2015) 3.
- Burrough, P.A., *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.*, Oxford University Press, New York, 1986.
- Campbell, J.B., *Introduction to Remote Sensing.*, The Guilford Press, 1987.
- Chilès, J.P., and Delfiner, P., *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty.*, Series in Probability and Statistics, John Wiley & Sons Inc, New York, 1999.
- Çeribaşı, G., Şen Yöntemi ve Trend Yöntemleri Kullanılarak Doğu Karadeniz Havzasının Yağış Verilerinin Analiz Edilmesi., *Araştırma Makalesi: Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2019) 1.
- Dabanlı, İ., Türkiye'de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği., *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul*, 2017a.
- Dabanlı, I., Mishra, A.K., and Şen, Z., Long-term spatio-temporal drought variability in Turkey, *Journal of Hydrology*, 552 (2017b).
- Dabanlı, I., ve Şen, Z., Classical and innovative-Şen trend assessment under climate change perspective., *International Journal of Global Warming, Inderscience Publishers (IEL)*, 15 (2018) 1.
- Erinç, E., *Tatbiki Klimatoloji ve Türkiye İklimi.*, İ.T.Ü Hidrojeoloji Enstitüsü, 1957.
- Gümüş, V., Soydan, N.G., Şimşek, O., Algin, H.M., Aköz, M.S., Yenigun, K., Seasonal and annual trend analysis of meteorological data in Sanliurfa, Turkey., *European Water* 59 (2017).
- Haktanir, T., and Çitakoğlu H., Trend, Independence, Stationarity, and Homogeneity Tests On Maximum Rainfall Series of Standard Durations Recorded in Turkey., *Journal of Hydrologic Engineering*, 19 (2014) 9.
- Hamilton, L.C., *Regression with Graphics.*, Brooks/Cole, 1992.
- Heine, G.W., *A Controlled Study of Some Two-Dimensional Interpolation Methods.*, COGS Computer Contributions, 3 (1986) 2.
- Jensen, J.R., *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective.*, Prentice-Hall, 1986.
- Journel, A.G., and Huijbregts, C.H.J., *Mining Geostatistics.*, Academic Pres., London, 1978.
- Isaaks, E., and Srivastava, R., *An Introduction to Applied Geostatistics.*, Oxford University Press, New York, 1989.
- Keskiner, A.D., Farklı olasılıklı yağış ve sıcaklıkların CBS ortamında haritalanmasında uygun yöntem belirlenmesi ve M.Turc yüzey akış haritasının geliştirilmesi: Seyhan Havzası

örneği., Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, **2008**.

Kadioğlu, M., Trends In Surface Air Temperature Data Over Turkey., International Journal of Climatology, 17 (**1997**).

Kendall, M.G., Rank Correlation Methods., Griffin, London, UK, **1975**.

Kisi, O., An innovative method for trend analysis of monthly pan evaporations., Journal of Hydrology, 527 (**2015**)

Kişi, O., and Ay, M., 2014, Comparison of Mann–Kendall and innovative trend method for water quality parameters of the Kizilirmak River, Turkey., Journal of Hydrology, 513 (**2014**).

Krige, D.G., A statistical approach to some mine valuations and allied problems at the Witwatersrand., MSc thesis, University of Witwatersrand, Johannesburg, **1951**.

Krivoruchko, K., Empirical Bayesian Kriging., ArcUser Fall 2012., **2012a**.

Krivoruchko, K., Modeling Contamination Using Empirical Bayesian Kriging., ArcUser Fall 2012., **2012b**.

Krivoruchko, K., and Gribov, A., Pragmatic Bayesian kriging for non-stationary and moderately non-Gaussian data, Mathematics of Planet Earth., Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences, **2014**, pp. 61-64.

Lillesand, T.M., and Ralph ,W.K., Remote Sensing and Image Processing., John Wiley and Sons, **1987**.

Mann, H.B., Nonparametric Tests Against Trend., Econometrica, 13 (**1945**).

McBratney, A.B., and Webster, R., Choosing Functions for Semi-variograms of Soil Properties and Fitting Them to Sampling Estimates., Journal of Soil Science, 37 (**1986**).

Mitchell, A., The ESRI Guide to GIS Analysis., Volume 2, ESRI Press, **2005**.

Oliver, M. A., Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems., International Journal of Geographic Information Systems, 4 (**1990**).

Özfidaner, M., Şapolyo, D., Topaloğlu, F., Baydar, A., Adana İlinde Buharlaşma Serilerinde Gidişlerin Yeni Bir Gidiş Analiz Yöntemi İle Belirlenmesi., Araştırma makalesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, JAFAG, ISSN: 1300-2910, 34 (**2017**).

Philip, G. M., and Watson, D.F., A Precise Method for Determining Contoured Surfaces, Australian Petroleum Exploration Association Journal, 22 (**1982**).

Pilz, J., and Spöck, G., Why Do We Need and How Should We Implement Bayesian Kriging Methods, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 22 (**2007**) 5.

- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., and Flannery, B.P., Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing., New York, Cambridge University Press, **1988**.
- Richards, J.A., Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction., Springer–Verlag, Berlin, **1986**.
- Royle, A.G., Clausen, F.L., and Frederiksen, P., Practical Universal Kriging and Automatic Contouring., Geoprocessing, 1 (**1981**).
- Tragmar, B.B., Yost, R.J., and Uehara, G., Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties., Advance in Agronomy, 38 (**1985**).
- Turc, L., Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formulation simplifiée et mise à jour., Annales Agronomiques, 12 (**1961**).
- Sen, P.K., Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau., Journal of the American Statistical Association, 63 (**1968**).
- Şen, Z., Innovative Trend Significance Test and Applications., Journal of Theoretical and Applied Climatology, (**2015**).
- Şen, Z., Innovative trend analysis methodology., Journal of Hydrologic Engineering, American Society of Civil Engineers, 17 (**2011**) 9
- Şen, Z., Şişman, E., Dabanlı, İ., Innovative Polygon Trend Analysis (IPTA) and applications., Journal of Hydrology, 575 (**2019**).
- Yenigün, K., Gümüş, V., Bulut, H., Trends in Streamflow of Euphrates Basin, Turkey., ICE Water Management, Thomas Telford, 161 (**2008**) 4.
- Yue, S., Pilon, P., and Cavadias G., Power of The Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests for Detecting Monotonic Trends in Hydrological Series., Journal of Hydrology, 259 (**2002**) 1–4.
- Watson, D. F., and Philip, G.M., A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation., Geoprocessing, 2 (**1985**).
- Wooldridge, J.M., Introductory Econometrics: A Modern Approach., South-Western, Mason, Ohio, **2003**.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 11/07/2019

Tez Başlığı / Konusu: Meteorolojik Mekansal Verilerin İstatistiksel Yöntemler ile Analizi: Çatalan Baraj Gölü Havzası Örneği

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 59 sayfalık kısmına ilişkin, 11/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 5 'tir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.


11/07/2019

Adı Soyadı: Otgonbayar NAMKHAI
Öğrenci No: N14325246
Anabilim Dalı: İstatistik
Programı: İstatistik
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.



Prof. Dr. F. Gül ERGÜN
(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Otgonbayar NAMKHAI
Doğum yeri : Moğolistan
Doğum tarihi : 1979
Medeni hali : Bekar
Yazışma adresi : Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş., Bağlıca Mah. Çambayırı
Cad., Çınar Plaza No:66/5 06790, Etimesgut/ANKARA
Telefon : -
Elektronik posta adresi : obayar@hacettepe.edu.tr, o.namkhai@cinarmuhendislik.com
Yabancı dili : Moğolca (ana dili)
Türkçe (ileri düzey), İngilizce (iyi) ve Rusça (iyi)

EĞİTİM DURUMU

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Hidrojeoloji Mühendisliği Programı (2003)
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Hidrojeoloji Mühendisliği Programı (2007)
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü,
(devam ediyor)
Doktora : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Hidrojeoloji Mühendisliği Programı (devam ediyor)

İŞ TECRÜBESİ

2003-2008: TÜBİTAK ÇAYDAG projesinde *araştırmacı, bursiyer*
2007-2012: TÜBİTAK ÇAYDAG projesinde *araştırmacı, bursiyer*
2013-2016: Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Su Araştırma ve Uygulama
Merkezi, *proje asistanı, araştırmacı*
2017-2018: Hacettepe Teknokent, Hacettepe Mineral Teknolojileri Ltd, *hidrojeoloji
yüksek mühendisi*
2019 - : Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş., *hidrojeoloji yüksek mühendisi*

