



BURDUR İLİ YAĞIŞ POTANSİYELİ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasan Hüseyin AKSU^{1,*}, Afşin GÜNGÖR²

¹Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Bucak-Burdur/Türkiye

²Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bucak-Burdur/Türkiye

ÖZET

Doğru yağış dağılım haritaları ve toplam yağış miktarı potansiyeli suyla ilgili projelerde ana girdidir. Bu çalışmanın amacı Burdur'un aylık ve yıllık ortalama yağış dağılım haritalarının yapılması ve alansal yağış miktarının hesaplanmasıdır. Çalışmada 14 gözlem istasyonunun 1976 ile 2017 yılları arasındaki yağış verileri kullanılmıştır. Coğrafi bilgi sistemleriyle elde edilen yağış dağılımı analizinin doğruluğu iki meteoroloji istasyonunun gözlenen ve üretilen verileriyle karşılaştırılarak yapılmıştır. Bu amaçla iki test istasyonu için sırasıyla regresyon katsayısı: 0,9904 ve 0,9825; ortalama karekök hata: 2,1 ve 7,9; ortalama hata: 0,6 ve -6,6; ortalama mutlak hata: 1,8 ve 6,6 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların gerçek verilerle göstermiş olduğu uyum bu çalışmada kullanılan ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniğinin doğruluğunu göstermektedir.

Burdur ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 533,2 mm ve alansal yağış toplamı 3,8 milyar m³ olarak hesaplanmış, aylık yağış değerlerinin değişken karakteristikte olduğu ortaya konmuştur. Yapılan çalışma, Burdur ilinin doğu kesiminin mevcut literatürden farklı olarak Türkiye'nin en çok yağış alan bölgelerinden birisi olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Burdur, toplam yağış, IDW, Coğrafi bilgi sistemleri

RAINFALL POTENTIAL ANALYSING AND INTERPRETING IN BURDUR

ABSTRACT

Accurate distribution rainfall maps and amount of precipitation potential are crucial data for water projects. The objective of this study is to map annual and monthly average rainfall distribution and to calculate total spatial rainfall amount over Burdur. The precipitation values were obtained from 14 meteorological observation stations in Burdur between 1976 and 2017. Rainfall distribution analyses utilizing geographic information systems were validated at two test observation stations. Regression coefficients: 0,9904 and 0,9825; root mean square errors: 2,1 and 7,9; mean errors: 0,6 and -6,6; mean absolute errors: 1,8 and 6,6 were calculated. Results prove that the method inverse distance weighted is accurate in this study.

Annual mean rainfall amount of Burdur was calculated as 533,2 mm and total rainfall was calculated as 3,8 billion m³. Monthly mean and total rainfall demonstrate very changeable characteristic. On the other hand, east part of Burdur is one of the rainiest regions of Turkey contrary to literature.

Keywords: Burdur, total rainfall, IDW, Geographic information systems

1.GİRİŞ

Yerküremizde suların %97,5'i tuzlu olup, deniz ve okyanuslarda bulunur. %2,5'e karşılık gelen tatlı sular ise buzullarda, yer altında, atmosferde ve yer üstü kaynaklarında bulunmaktadır. Tatlı suların da büyük bir kısmını buzullar (%70) oluşturmaktadır ve kullanımdan uzaktır [1]. Kullanılabilir tatlı su miktarı oldukça azdır.

Türkiye'nin yıllık ortalama su potansiyeli 234 milyar m³ olarak hesaplanmasına rağmen emniyetli olarak tüketilebilecek yer üstü ve yer altı su potansiyeli 112 milyar m³ olduğu belirtilmektedir [2]. Bu potansiyelin %48,2'si (54 milyar m³) 2016 yıl sonu itibariyle tüketilmektedir. Su tüketimine sektörler bazında bakıldığında %74'ü sulama (40 milyar m³), %13'ü içme/kullanma (7 milyar m³) ve %13'ü sanayi (7 milyar m³) ihtiyaçları için harcanmaktadır. Tüketimi yapılan suların %72,2 'si (39 milyar m³) yer üstü sularından, %27,8'i ise (15 milyar m³) yer altı sularından karşılanmaktadır [3].

H.H. Aksu, A. Güngör

Üzerinde yaşadığımız dünyada hayatı sıvı özelliği taşıyan ve sınırlı olan tatlı suların esas kaynağını yağışlar oluşturmaktadır. Yağışlar da diğer iklim elemanları gibi zamansal ve mekânsal olarak büyük değişiklikler gösterir. Konvektif, orografik ve cephesel oluşum şekillerine sahip yağışların ana hatlarıyla günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık olarak zamansal değişkenlikleri; yer şekilleri, bakı, yükselti ve denize uzaklık gibi de mekânsal değişkenlikleri bulunmaktadır [4, 5, 6, 7].

Çalışma alanı olan Burdur'un da içerisinde bulunduğu Akdeniz Bölgesi'nde cephe sistemleri genellikle Orta Akdeniz üzerinden gelmektedir [8]. Ekim ayından itibaren başlayan cephesel yağışlar nisan ayına kadar devam edebilir. Aralık ayında en üst noktasına ulaşan yağışlar mayıs ayından itibaren azalır. Diğer taraftan Toros Dağları güney kökenli cephe sistemlerinin kuzeye geçişini engelleyebilmektedir. Bu sebeple Toros Dağları'nın güney bakılı yamaçları kuzey bakılı yamaçlarından çok daha fazla yağış almaktadır. İlkbahar ve yaz aylarında ise Göller Yöresi'nde konvektif yağışlar görülmektedir [9]. Atmosferin üst seviyelerindeki kuzeyli hava akışları ile soğuyan hava, yere yakın seviyelerdeki sıcak ve nemli hava kütleleriyle karşılaşınca bölgede güçlü konvektif yağışlara sebep olmaktadır. Bu tür yağışların sınırı cumulonimbus bulutların sınırı olup kısa mesafede ve sürede büyük miktar farklılıkları göstermektedir.

Yağış ölçümleri noktasal veri özelliğindedir. İstenilen her noktaya ölçüm istasyonu kurulamayacağı için bu alanların yağış değerleri farklı matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle hesaplanmaktadır. En çok bilinen ve kullanılanları Thiessen poligonu, spline, aritmetik ortalama, izohiyet eğrileri, Inverse Distance Weighted (IDW) ve kriging yöntemleridir [10, 11, 12, 13]. Kriging yöntemleri jeostatistiksel veya stokastik olarak sınıflandırılırken diğerleri deterministik veya geleneksel olarak sınıflandırılmaktadır. Bu yöntemlerin karşılaştırılarak üstün ve zayıf yanlarının ortaya konulup başta yağış olmak üzere meteorolojik verilerde kullanıldığı farklı çalışmalar bulunmaktadır. [14, 15, 16, 17, 18] Deterministik ve stokastik metotlar kullanılarak yağışların günlük değişimlerinin yanı sıra [19, 20], aylık değişimleri de [21, 22, 23] analiz edilmiştir.

Meteorolojik noktasal verilerden mekansal dağılımların oluşturulmasında IDW enterpolasyon yönteminin stokastik yöntemlerden daha iyi sonuç verdiğini gösteren çalışmalar olduğu gibi [24, 25], kriging yönteminin deterministik yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiğini gösteren çalışmalar da vardır [26, 27].

Türkiye'de yağış rasatları Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından yapılmaktadır. MGM 'nin klimatolojik istatistiğe sahip istasyonları il ve ilçe merkezlerinde yoğunlaşırken, DSİ 'nin istasyonları su havzaları bazlı çalışıldığı için kırsal alanlarda yoğunlaşmıştır. Diğer taraftan bu tür çalışmalarda kullanılacak yağış kayıt istasyonlarının sıklığı için Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) tavsiyesi: Düz alanlar için 1000- 2500 km²'ye bir istasyon, dağlık alanlar için 300- 1000 km²'ye bir istasyon şeklinde olup, dağlık alanlarda istasyonlar arası yükseklik farkının 500 metreyi geçmemesidir [28]. MGM'nin il içerisinde kullanılabilir nitelikte sadece iki istasyonunun bulunması WMO'nun tavsiyesinin yerine getirilmesinden çok uzaktır.

Bu tür çalışmalarda doğru yöntemi doğru verilerle kullanmak çok önemlidir. Veri sıklığı yeterli ve bütün çalışma alanını temsil edebilecek nitelikte olmalıdır.

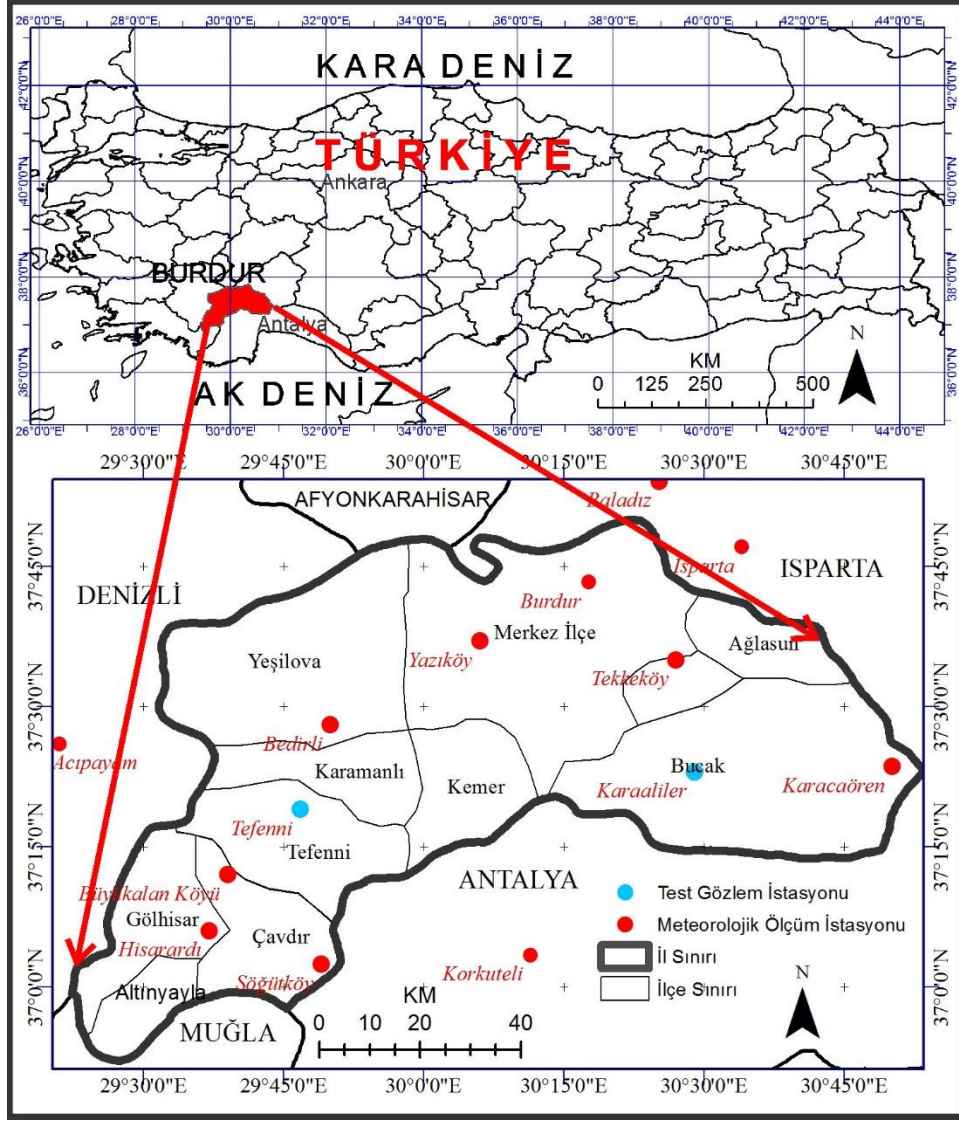
Çalışmanın amacı MGM ve DSİ rasat verilerinin birlikte kullanarak IDW enterpolasyon yöntemi yardımıyla Burdur'un aylık ve yıllık ortalama yağış dağılım haritalarının oluşturulması ve alansal yağış toplamalarının hesaplanmasıdır. Başta yağış potansiyeli ve sapması olmak üzere kuraklık belirlenmesi, nitelendirilmesi ve izlenmesi çalışmalarında uzun yıllar aylık ve yıllık ortalama yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı ve Özellikleri

Çalışma alanı olan Burdur, Türkiye'de 29° 22' – 30° 54' doğu boylamları ile 36° 52' – 37° 50' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Isparta, Antalya, Muğla, Denizli ve Afyonkarahisar komşu illeriyle çevrilen Burdur, Ege ve İç Anadolu Bölgelerine geçiş konumuyla Batı Akdeniz Bölgesi'nin önemli şehridir. Burdur merkez ilçe, Ağlasun, Altınyayla, Bucak, Çavdır, Çeltikçi, Gölhisar, Karamanlı, Kemer, Tefenni ve Yeşilova olmak üzere 11 ilçeden oluşmaktadır.

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BURDUR İLİ YAĞIŞ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 1. Çalışma alanı, yakın çevresi ve rasat noktalarının konum haritası

Tamamı Göller Yöresi içerisinde bulunan ilin önemli doğal gölleri arasında Burdur Gölü, Salda Gölü, Yarışlı Gölü, Karataş Gölü, Gölhisar Gölü, Çorak Gölü ve Yazır Gölü sayılabilir. Burdur'un su kaynaklarını oluşturan doğal göllerinin yanı sıra il içerisinde akarsular üzerinde çok sayıda gölet ve baraj gölü de bulunmaktadır. Karacaören, Yapraklı, Karamanlı, Kozağacı ve Çavdır baraj gölleri bunlardan bazılarıdır. Kapalı havza durumunda olan Burdur'da sadece Aksu ve Dalaman ırmakları denize ulaşırken başta Bozçay olmak üzere, Alakır, Burdur, Çerçin, Gravgaz, Arvallı, Başköy, Çeltikçi, Armut, Doğanbaba, Salda, Köpek ve Yarışlı çayları il içerisindeki gölleri beslemektedirler [29, 30, 31]. Burdur'un yüzölçümü 7175 km² olup 29,693 hektarlık (%4,14) bölümünü su yüzeyleri oluşturur.

Hidrolojik çalışmalar amacıyla belirlenen havzalar açısından da Burdur ili üç ayrı havza (Burdur, Antalya ve Batı Akdeniz Havzaları) içerisinde bulunmaktadır. İlin doğusunda yer alan Ağlasun, Bucak ve Çeltikçi ilçeleri Antalya Havzası içerisinde, Altınyayla, Gölhisar ve Çavdır ilçelerinin tamamı ile Tefenni, Karamanlı ve Yeşilova ilçelerinin batı bölümleri Batı Akdeniz Havzası içerisinde yer alırken diğer alanlar Burdur Havzası içerisinde yer almaktadır.

H.H. Aksu, A. Güngör

Burdur ilinin rakımı 75 metre ile 2328 metre arasında değişmekte olup ortalama 1000 metredir. Karacaören barajının güneyinde Antalya sınırını oluşturan kesimler ilin en düşük rakımlı (75 m) alanlarını oluştururken, güneybatı-kuzeydoğu uzanımlı Katrancı Dağları üzerinde bulunan Kestel Dağı (2328 m) en yüksek rakımlı alanları oluşturmaktadır.

2.2. Çalışmada Kullanılan Veri Seti

Bu çalışma için 14 meteorolojik rasat istasyonlarının verilerinden yararlanılmıştır. Rasat noktalarının 10 adedi çalışma alanı olan Burdur ilinin sınırlarının içerisinde yer alırken, 4 adedi ilin sınırlarının yakınında yer almaktadır (Şekil 1; Tablo 1). Gözlem istasyonlarının bilgileri Tablo 1’de verilmiştir. Çalışmada gözlem istasyonlarının 1976 Aralık ile 2017 Ocak ayları arasını kapsayan 40 yıllık verileri kullanılmıştır. Verilerden her rasat istasyonu için bu periyodu kapsayan yıllık ortalama ve her ay için ayrı ayrı aylık ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sınırları içerisinde 1929 yılından günümüze 42 ayrı noktada meteorolojik gözlem yapılmıştır. Zamana ve yere göre değişim gösteren verilerin kullanıldığı bu tür çalışmalarda aynı tarih aralıklarındaki verilerin kullanılması gerektiği için 1976 Aralık ile 2017 Ocak tarihleri arasındaki 14 istasyonun verisi hesaba dahil edilmiştir. Bu istasyonlardan 9 tanesi DSİ tarafından, 5 tanesi MGM tarafından işletilmiştir.

Tablo 1. Meteorolojik istasyonların bilgileri

İstasyonun Adı	Kurumu	Numarası	Kodu (m)	Enlemi	Boylamı
Söğütköy	DSİ	08-014	1410	37.04	29.817
Büyükalan	DSİ	08-026	1050	37.2	29.65
Hisarardı	DSİ	08-028	980	37.1	29.617
Tekkeköy	DSİ	09-007	1010	37.583	30.45
Karaaliler	DSİ	09-011	930	37.383	30.483
Karacaören	DSİ	09-014	310	37.393	30.836
Yazıköy	DSİ	10-007	865	37.617	30.1
Bedirli	DSİ	10-011	1300	37.467	29.833
Baladız	DSİ	10-004	1000	37.9019	30.4206
Burdur	MGM	17238	957	37.722	30.294
Tefenni	MGM	17892	1142	37.3161	29.7792
Isparta	MGM	17240	996	37.7848	30.5679
Korkuteli	MGM	17926	1017	37.0563	30.1908
Acıpayam	MGM	17890	941	37.4337	29.3498

2.3. Çalışmada Kullanılan Yöntem

Meteorolojik rasatlar belirli konumlarda yapılmaktadır. Rasat yapılamayan noktaların değerlerinin de üretilmesi ve haritalanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) son yıllarda en sık ve en güvenilir metot olarak kullanılmaktadır [32, 33, 34]. CBS mekânsal harita oluşturmada ve problem çözümünde büyük kolaylık sağlar [35, 36]. Bu çalışmada da rasat yapılmayan noktaların yağış değerlerinin hesaplanıp alansal dağılımının yapılması için CBS yazılımlarından ArcGIS altında IDW enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Özellikle yerel çalışmalarda veri sayısının 14 ve üzeri olması durumlarında enterpolasyon yöntemleri içerisinde en kolay ve yaygın tekniklerden birisidir. Veri setindeki en yüksek ve en düşük değerleri koruyarak uygun dağılım yapabildiği de IDW metodunun tercih edilebilirliğini artırmaktadır. Bu yöntemde iki nokta arasında yakın mesafede yüksek benzerlik ve ilişki, uzak mesafede düşük benzerlik ve ilişki bulunmaktadır.

Enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapan IDW yönteminin formülü aşağıda verilmiştir [37, 38].

$$Z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (1)$$

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BURDUR İLİ YAĞIŞ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Tahminlerin yapıldığı X_0 lokasyonu, komşu ölçümleri n 'nin bir fonksiyonudur $Z(X_i)$, gözlem yağış miktarı ($i=1, 2, \dots, n$); r gözlemlerin her birinin atanmış ağırlığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu X_i ile tahmin lokasyonu X_0 'ı ayıran mesafedir. Üs yani r arttıkça, tahmin noktasından uzak mesafelerdeki gözlemlerin atanmış ağırlıkları küçülmektedir. Üssün büyümesi, tahmin edilen yağış değerlerinin en yakındaki yağış değerlerine çok benzediğini göstermektedir. Bu metodun doğruluğu kullanılan verinin miktarına doğrudan bağlıdır [39].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Burdur'un tüm alanının aylık ve yıllık ortalama yağışlarını tanımlayan istatistiki bilgiler Tablo 2'de sunulmuştur. İlde yıllık yağış ortalaması 533,2 mm olarak hesaplanırken en yüksek ortalama yağış değerine sahip ay 82,5 mm ile aralık olmuştur. Aralık ayını ocak (81,9), şubat (60,3 mm) ve mart ayları (56,3 mm) takip etmiştir. Diğer taraftan ilin en düşük yağış ortalamasına sahip ayı 9,6 mm ile ağustos olurken, bu ayı sırasıyla temmuz (14,0 mm) ve eylül (17,1 mm) izlemiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Aylık ve yıllık ortalama yağış verileri için tanımlayıcı istatistiki değerler (mm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık Ort.
Min.	43,4	33,1	36,5	38,6	33,3	22,7	7,4	7,0	10,9	30,6	35,8	49,8	367,5
Mak.	240,1	179,8	135,5	106,5	74,4	35,5	17,7	12,5	40,5	100,2	146,7	276,8	1343,9
Ort.	81,9	60,3	56,8	49,2	44,2	25,7	14,0	9,6	17,1	39,4	52,5	82,5	533,2
Std. Sap.	32,9	25,3	17,5	12,7	7,7	2,5	1,9	0,9	5,0	12,6	18,3	39,2	168,8

Burdur'un aylık ve yıllık alansal ortalama yağış toplamları hesaplanarak Tablo 3'te verilmiştir. Hesaplanan yıllık ve aylık ortalamalar ilin yüzölçümü ile çarpılarak toplam yağışlar elde edilebilmektedir. En çok yağış toplamına sahip ay 591,9 milyon m^3 ile aralık olurken bu ayı ocak (587,6 milyon m^3) ve şubat (432,7 milyon m^3) ayları takip etmiştir. En az yağış toplamına sahip aylar sırasıyla ağustos (68,9 milyon m^3) ve temmuz (100,4 milyon m^3) olmuştur. Yıllık ortalama yağış toplamı 3,8 milyar m^3 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Aylık ve yıllık alansal toplam yağış

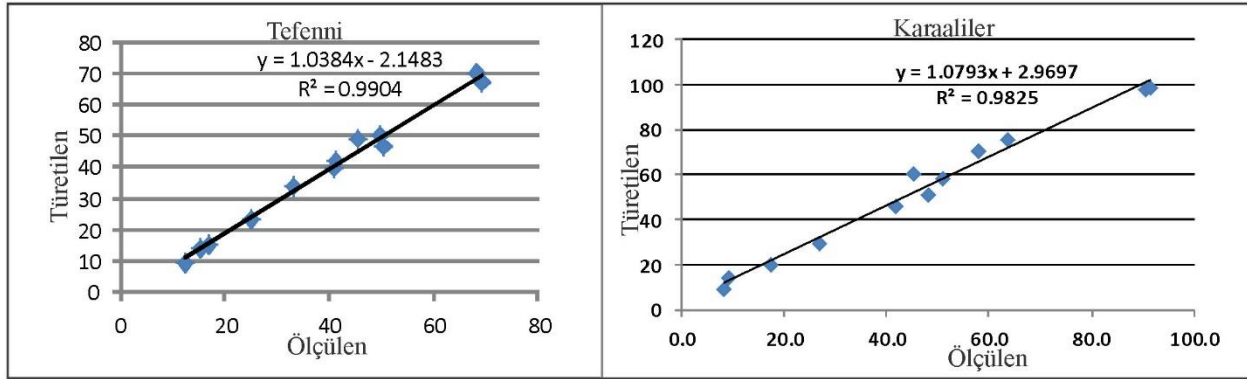
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık (Milyar)
Milyon m^3	587,6	432,7	407,5	353,0	317,1	184,4	100,4	68,9	122,7	282,7	376,7	591,9	3,8

Yağış dağılım değerlerinin ve haritasının oluşturulmasında kullanılan IDW yönteminin doğruluğunun kontrolü amacıyla iki istasyon kullanılmıştır. İstasyon seçimi, çalışma alanının temsil edilebilmesi göz önüne alınarak, biri ilin batısından diğeri de doğusundan olmak üzere rasgele yapılmıştır. Tefenni istasyonunun ölçülmüş yağış değerleri veri setinden ayrılarak, çalışmada kullanılan diğer veriler yardımıyla her ay için enterpolasyon yapılmıştır. Bu işlem Karaaliler istasyonu için de yapılmıştır. Bu test istasyonlarının ölçülmüş ve türetilmiş verileri arasında Regresyon Katsayısı (Determination Coefficient, R^2), Ortalama Karekök Hata (Root Mean Square, RMSE), Ortalama Hata (Mean Error, ME), ve Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error, MAE) değerleri hesaplanarak sunulmuştur (Tablo 4).

Tablo 4. Test istasyonlarının hata ve regresyon verileri.

	Tefenni	Karaaliler
R²	0,9904	0,9825
RMSE	2,1	7,9
ME	0,6	-6,6
MAE	1,8	6,6

Test istasyonları olarak kullanılan Tefenni ve Karaaliler 'in ölçülen ve türetilen yağış verileri arasındaki ilişki de verilmiştir (Şekil 2). Regresyon katsayılarının (R^2) 0,994 ve 0,9825 olarak gerçekleşmesi uygulanan metodun doğruluğuna işaret etmektedir. Yağış genlikleri (Tablo 2) göz önünde tutulduğunda hata oranlarının da oldukça düşük olduğu söylenebilir. Test istasyonları arasındaki hata oranları karşılaştırıldığında ise ilin batı bölgesinde doğusuna oranla daha düşük gerçekleşmiştir (Tablo 4).

**Şekil 2.** Ölçülen ve türetilen yağış değerleri arasındaki ilişki (Tefenni, Karaaliler)

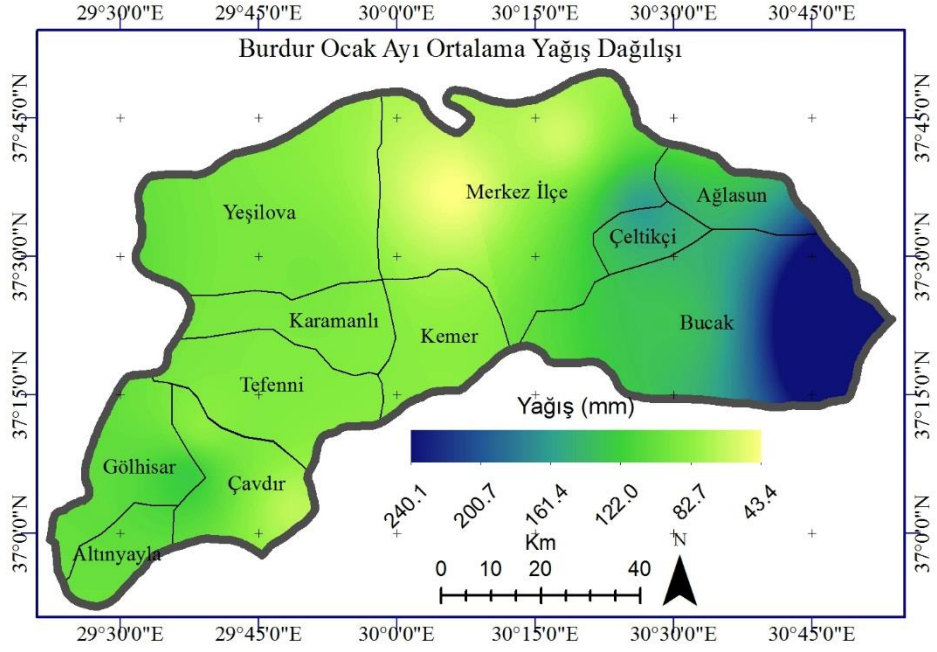
Burdur 'il geneli için uzun yıllar ortalamaları alınarak hazırlanmış olan aylık ve yıllık yağış dağılım haritaları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Ocak ayında yağışlar 240,1 ile 43,4 mm arasında değişmektedir (Şekil 1). İlin doğusunda bulunan Bucak ve Ağlasun ilçeleri bu ayda en çok yağış alan alanlardır (240,1 mm). Merkez ilçenin batı alanları ile Burdur merkez ocak ayında en az yağış alan yerlerdir (Burdur merkez: 51,6mm; Yazıköy:43,4mm). İlin batısında yer alan Altınyayla, Gölhisar, Tefenni ve Yeşilova hattında yağış ortalaması değerleri 70 mm ile 90 mm arasındadır. İl içerisinde kaydedilen en az (merkez ilçe) ve en çok (Bucak) yağışlar arasında yaklaşık 6 katlık bir oranın bulunması ve bu yağışların oluşum alanları arasında yaklaşık 50 km'lik bir mesafenin bulunması dikkat çekicidir. Ocak ayında yağışın alansal ortalaması 81,9 mm/m², alansal toplamı 587,6 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

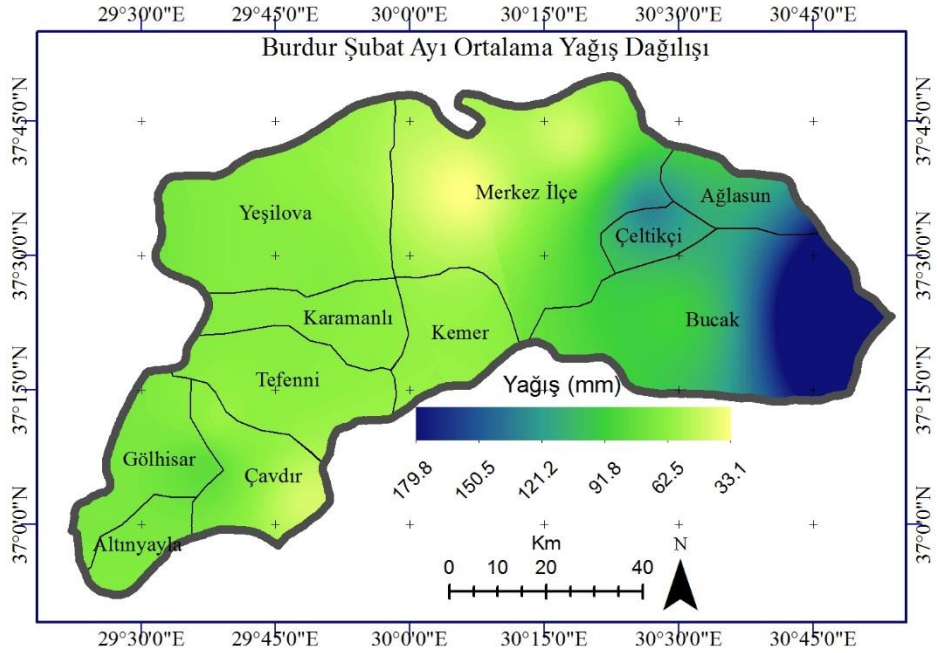
Burdur ilinin şubat ayı uzun yıllar ortalama yağış dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Buna göre yağışlar 179,8 mm ile 33,1 mm arasında değişmektedir. Yağış miktarları değişmekle birlikte şubat ayında da en çok ve en az yağış alan alanlar ocak ayıyla aynı alanlardır (Bucak 179,8 mm; merkez ilçe 33,1 mm). Bucak'tan sonra en çok yağışlı alan Çeltikçi'nin kuzey kesimleri olmuştur. İlin doğu kesimlerinde şubat ayı ortalaması 100 mm'nin üzerinde iken bu değer ilin batı kesimlerinde 40-60 mm arasında değişim göstermektedir. Merkez ilçe ve Kemer ile Çavdır'ın doğusunda ortalama yağış 40 mm'nin altındadır (Şekil 4). Şubat ayında yağışın alansal ortalaması 60,3 mm/m², alansal toplamı 432,7 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

Burdur il geneli mart ayı ortalama yağışları 135,5 mm ile 36,5 mm arasında değişmektedir (Şekil 5). Yılın ilk iki ayında olduğu gibi en çok yağış alan bölgeler ilin doğusunda yer alan Bucak (135,5 mm) ve Ağlasun çevreleridir. Yağışın en az kaydedildiği alanlar ise merkez ilçenin batısı (36,5 mm) ile Çavdır'ın doğusudur. İlin batı bölgelerini oluşturan Altınyayla, Gölhisar, Tefenni ve Yeşilova hattında yağış ortalaması değerleri 40 mm ile 55 mm arasındadır (Şekil 5). Mart ayında yağışın alansal ortalaması 56,8 mm/m², alansal toplamı 407,5 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

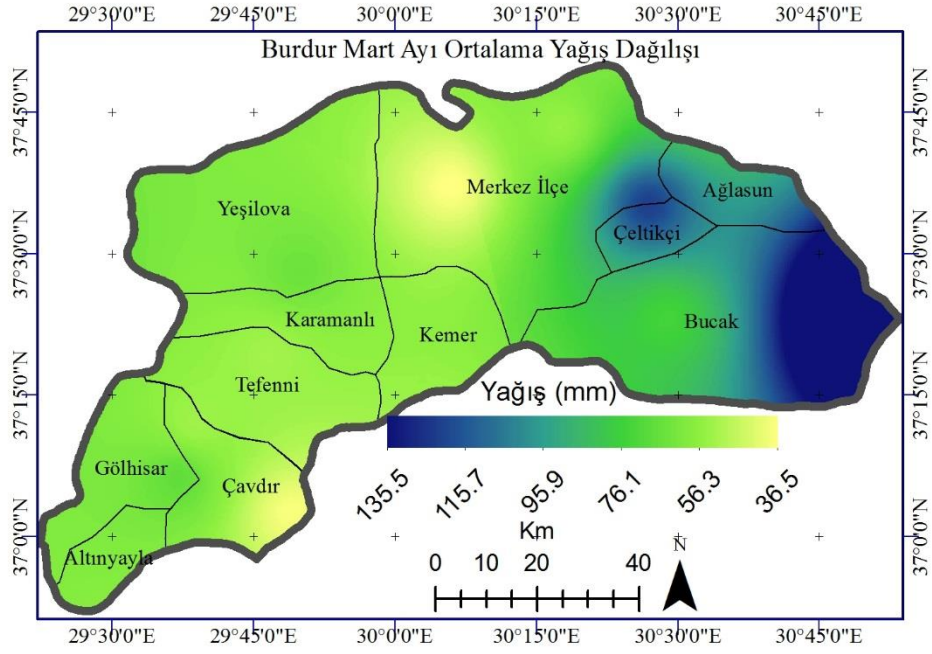
COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BURDUR İLİ YAĞIŞ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ



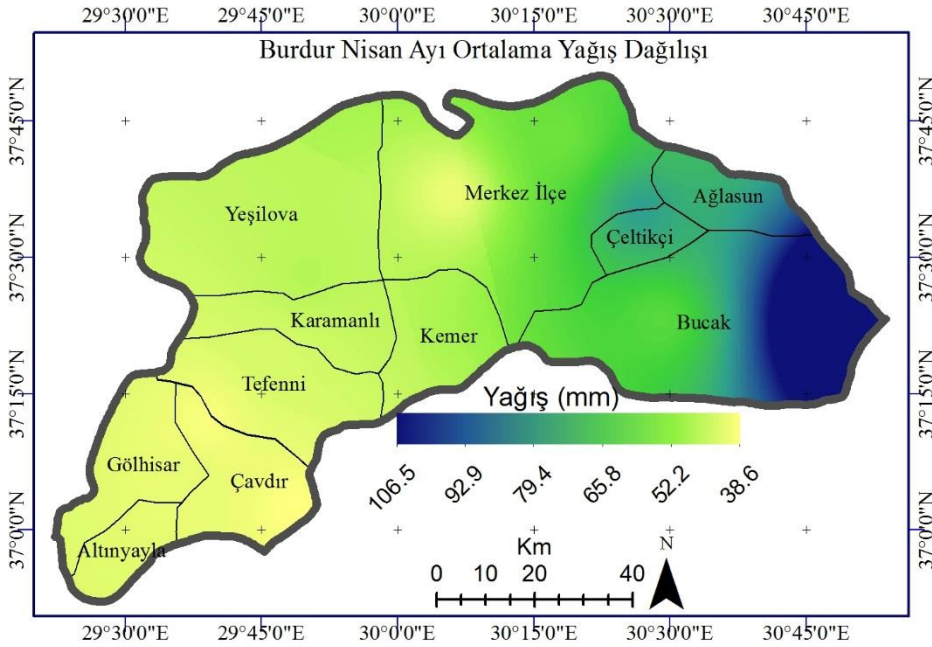
Şekil 3. Burdur ocak ayı ortalama yağış dağılım haritası



Şekil 4. Burdur şubat ayı ortalama yağış dağılım haritası



Şekil 5. Burdur mart ayı ortalama yağış dağılım haritası

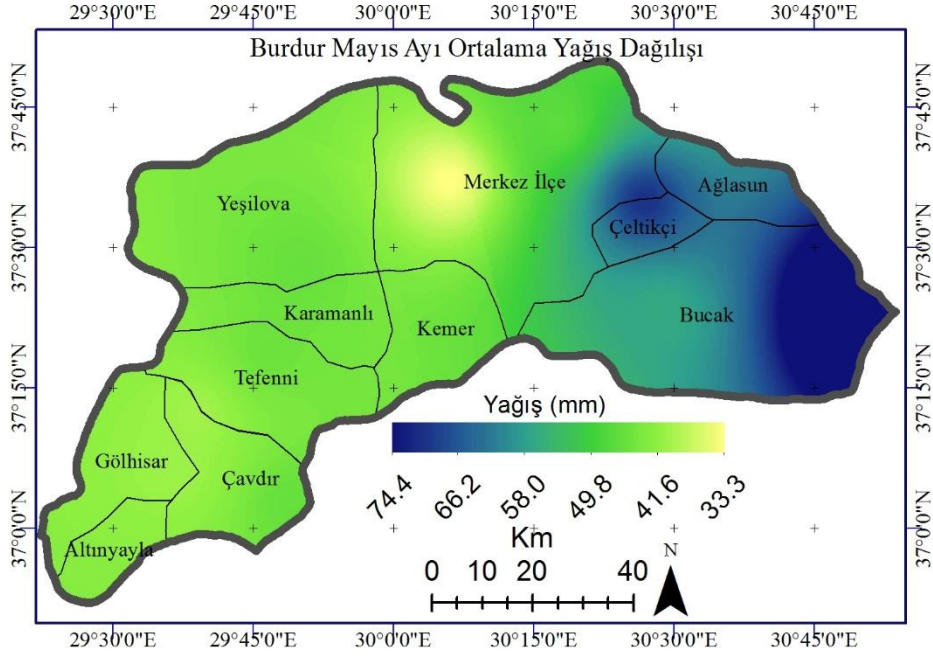


Şekil 6. Burdur nisan ayı ortalama yağış dağılım haritası

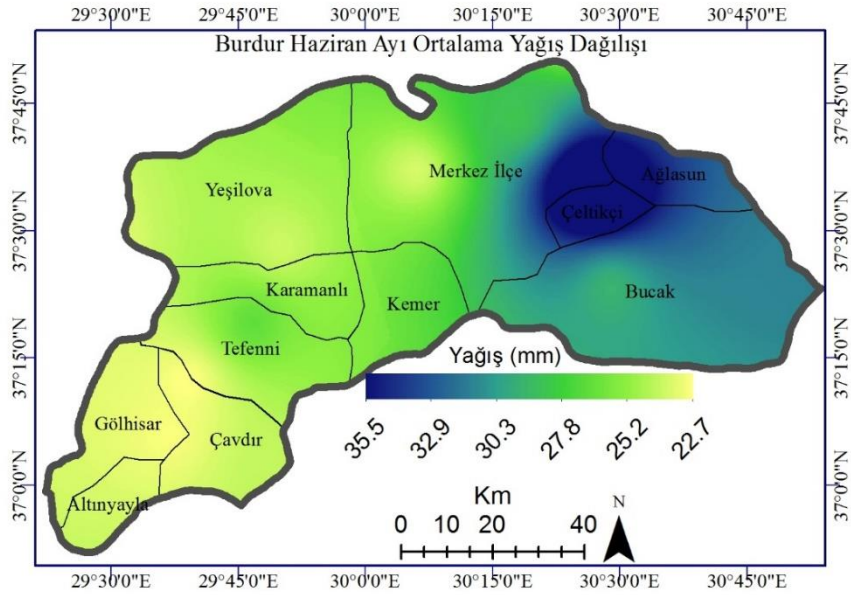
Burdur'un nisan ayı ortalama yağış dağılışı Şekil 6'da verilmiştir. Yağışlar 106,5 mm ile 38,6 mm arasında değişim göstermektedir. Yılın ilk üç ayında olduğu gibi en çok yağış alan bölgeler ilin doğusunda kalan kesimleridir (Bucak 106,5 mm). En az yağış alan bölgeler ilin güneybatı ve batı bölümlerini oluşturan Çavdır, Altınyayla, Gölhisar, Tefenni ve Yeşilova çevreleridir. Bu alanların ortalama yağışı 40- 45 mm arasında değişmektedir. Nisan ayında yağışlar ilin batısından doğusuna artış göstermektedir (Şekil 6). Nisan ayında yağışın alansal ortalaması 49,2 mm/m², alansal toplamı 353 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BURDUR İLİ YAĞIŞ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mayıs ayı ortalama yağış dağılışı Burdur il genelinde 74,4 mm ile 33,3 mm arasındadır (Şekil 7). En çok ortalama yağış değerine sahip bölgeler yılın ilk dört ayında olduğu gibi ilin doğusunda yer alan Bucak (74,4 mm), Ağlasun ve Çeltikçi çevreleridir. Merkez ilçenin orta ve batı bölgeleri mayıs ayının en düşük ortalama yağışına sahip alanlarıdır (33,3 mm). İlin geriye kalan alanlarında homojen bir yağış dağılımı görülmekte olup bu değer 37- 42 mm arasındadır. Mayıs ayında yağışın alansal ortalaması 44,2 mm/m², alansal toplamı 317,1 milyon m³ olarak hesaplanmıştır



Şekil 7. Burdur mayıs ayı ortalama yağış dağılım haritası

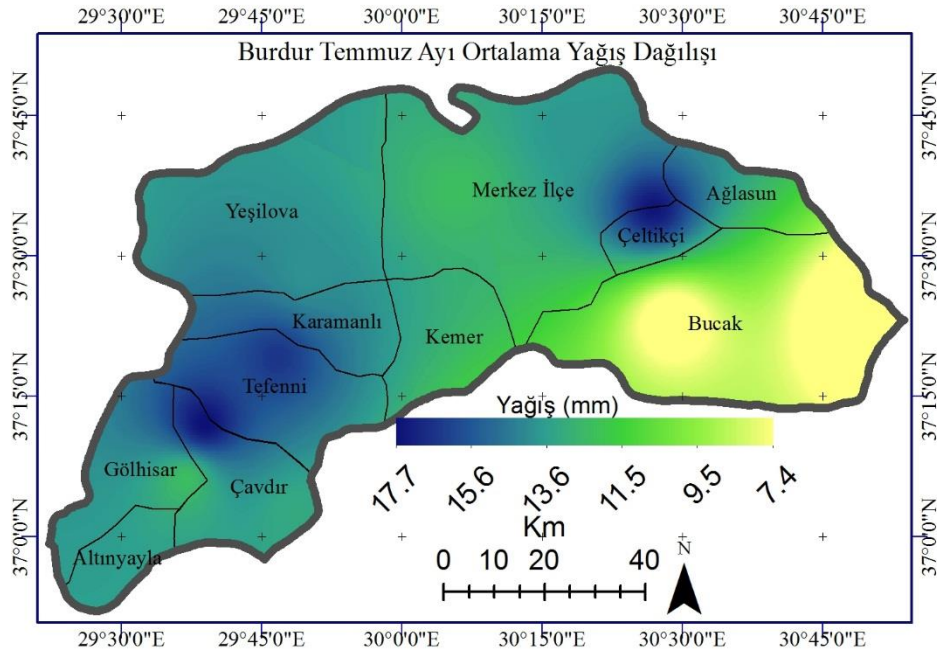


Şekil 8. Burdur haziran ayı ortalama yağış dağılım haritası

H.H. Aksu, A. Güngör

Burdur il geneli haziran ayı ortalama yağış dağılışı Şekil 8’de verilmiştir. Yağışların 35.5 mm ile 22.7 mm arasında, ilin diğer aylarıyla karşılaştırıldığında haziran ayında, homojen bir dağılışı sunduğu görülmektedir. Bununla birlikte en az yağış alan bölgeler ilin batı-güneybatı kesimlerini oluşturan Çavdır, Altınyayla ve Gölhisar çevreleridir. En çok yağış değerine sahip alanlar ise Çeltikçi, Ağlasun ve Bucak çevreleri olmuştur (Şekil 8). Haziran ayında yağışın alansal ortalaması 25,7 mm/m², alansal toplamı 184,9 milyon m³ olarak hesaplanmıştır

Temmuz ayı ortalama yağış dağılışı Burdur il genelinde 17,7 mm ile 7,4 mm arasındadır (Şekil 9). Diğer aylarla karşılaştırıldığında yağışlardaki azalma dikkat çekicidir. Bununla birlikte ortalama yağış dağılışı homojenlik göstermektedir. En çok yağış alan bölgeler Tefenni ile Çavdır ve Çeltikçi’nin kuzey kesimleri olurken en az yağış alan kesimler ise ilin doğusunda yer alan Bucak çevreleridir. Yılın ilk altı ayında ilin doğu bölgeleri daha fazla ortalama yağış değerine sahip iken, temmuz ayında doğu bölgeler en az yağış alan bölgelerdir. Temmuz ayında yağışın alansal ortalaması 14,0 mm/m², alansal toplamı 100,5 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Yağış dağılışı aralığı, alansal ortalaması ve alansal toplamı en az olan ay ağustos ayından sonra temmuzdur.

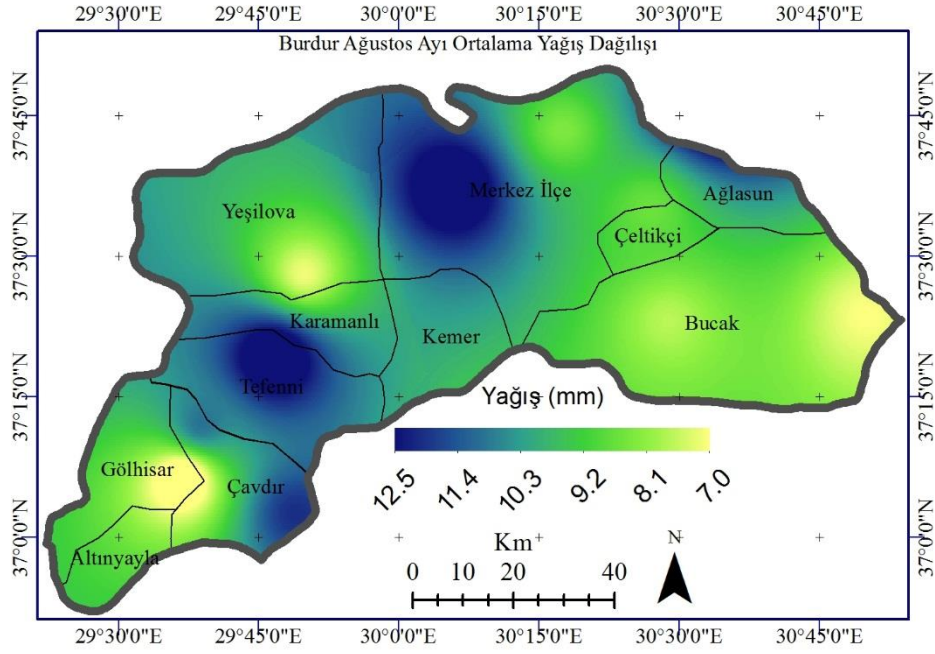


Şekil 9. Burdur temmuz ayı ortalama yağış dağılım haritası

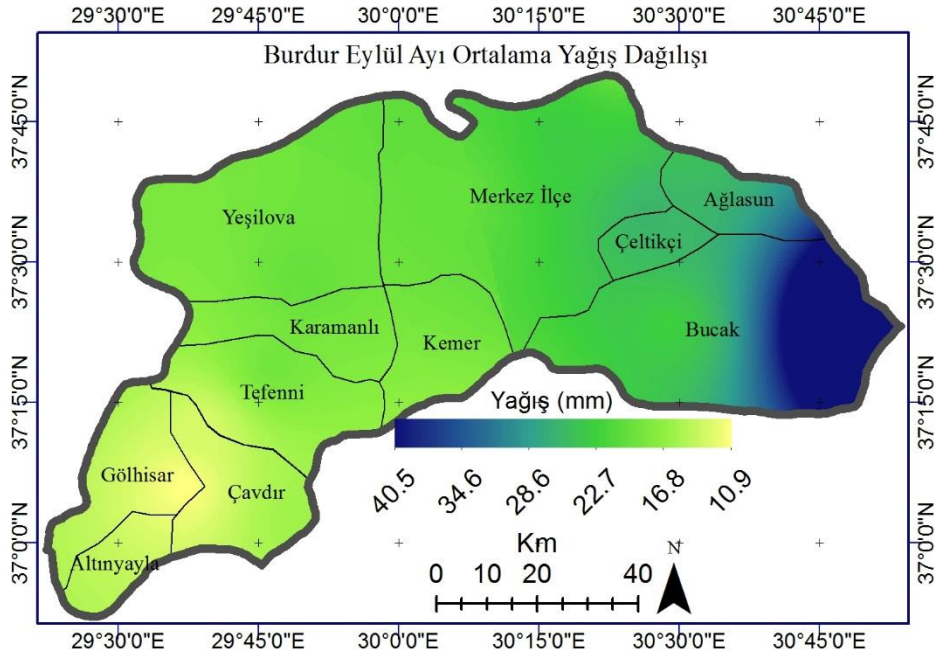
Burdur il geneli ağustos ayı ortalama yağış dağılışı Şekil 10’da verilmiştir. Buna göre ortalama yağışlar 7,0 mm ile 12,5 mm arasında değişim göstermektedir. İl genelinde yağışların homojen dağıldığı görülmektedir. Yağış dağılım aralığının en dar olduğu ay ağustos ayıdır (5,5 mm). İlin doğusunda bulunan Bucak bölgesi ve güneybatısında yer alan Altınyayla, ve Gölhisar çevreleri ile Yeşilova bölgesi en az yağış alan kesimlerdir. Merkez ilçenin batısı ile Tefenni çevreleri en fazla ortalamaya sahip alanlardır. Ağustos ayında yağışın alansal ortalaması 9,6 mm/m², alansal toplamı 68,9 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda ağustos çalışma alanının en az yağışlı ayıdır.

Eylül ayı ortalama yağış dağılışı Burdur il genelinde 40,5 mm ile 10,9 mm arasındadır (Şekil 11). Ağustos ayında en az ve dar aralık gösteren yağış dağılışı, eylül ayıyla birlikte artış göstermektedir. En çok yağış alan bölgeler ilin doğusunda yer alan Bucak (40,5) ve Ağlasun çevreleridir. En az yağış kaydedilen alanlar ise ilin batı ve güneybatısında yer alan Çavdır, Altınyayla ve Gölhisar (10,9 mm) bölgeleridir. Ortalama yağış miktarının ilin batısından doğusuna gidildikçe arttığı görülmektedir (Şekil 11). Eylül ayında yağışın alansal ortalaması 17,1 mm/m², alansal toplamı 122,7 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BURDUR İLİ YAĞIŞ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

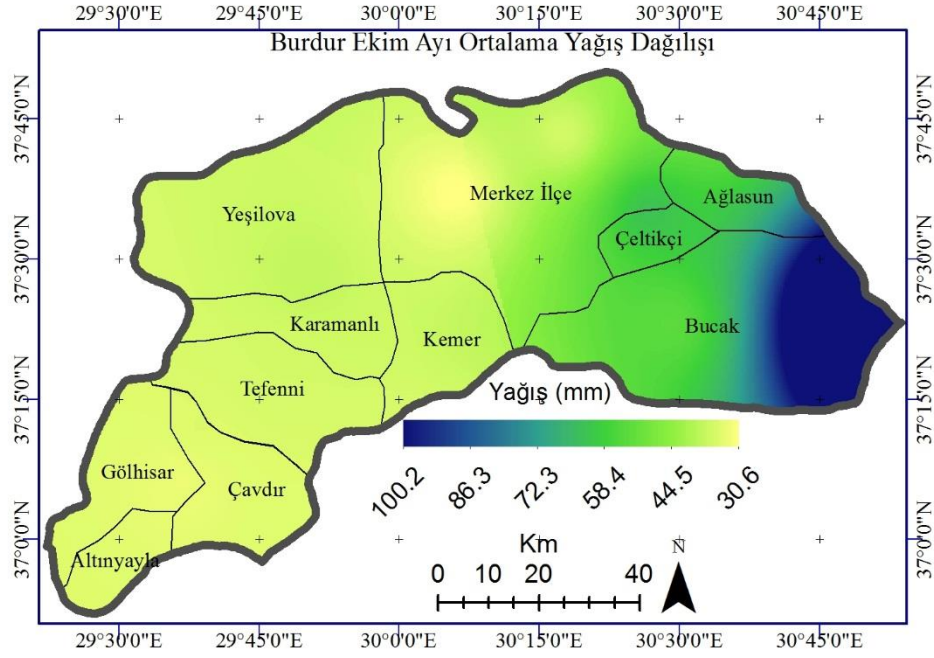


Şekil 10. Burdur ağustos ayı ortalama yağış dağılım haritası

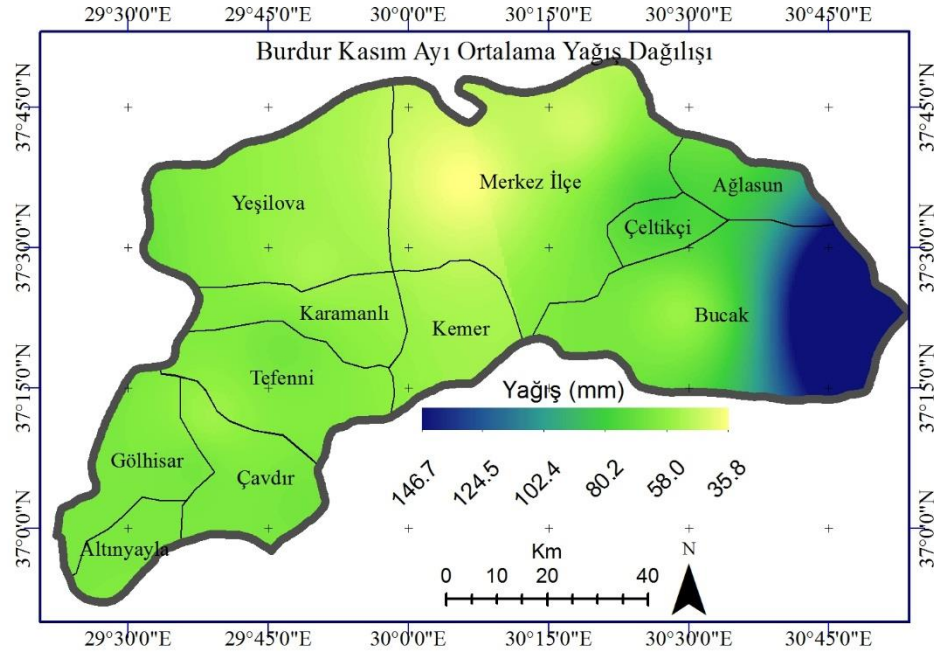


Şekil 11. Burdur eylül ayı ortalama yağış dağılım haritası

Ekim ayı ortalama yağış dağılışı Burdur il genelinde 100,2 mm ile 30,6 mm arasındadır (Şekil 12). En çok ortalama yağış değerine sahip bölgeler ilin doğusunda yer alan Bucak (100,2 mm) çevreleridir. Bucak'ın dışındaki alanların yağış dağılışı 30- 35 mm arasında homojendir. Ekim ayında merkez ilçenin batısı en az yağış değerine sahip olan alandır (30,6 mm). Ekim ayında yağışın alansal ortalaması 39,4 mm/m², alansal toplamı 282,7 milyon m³ olarak hesaplanmıştır.



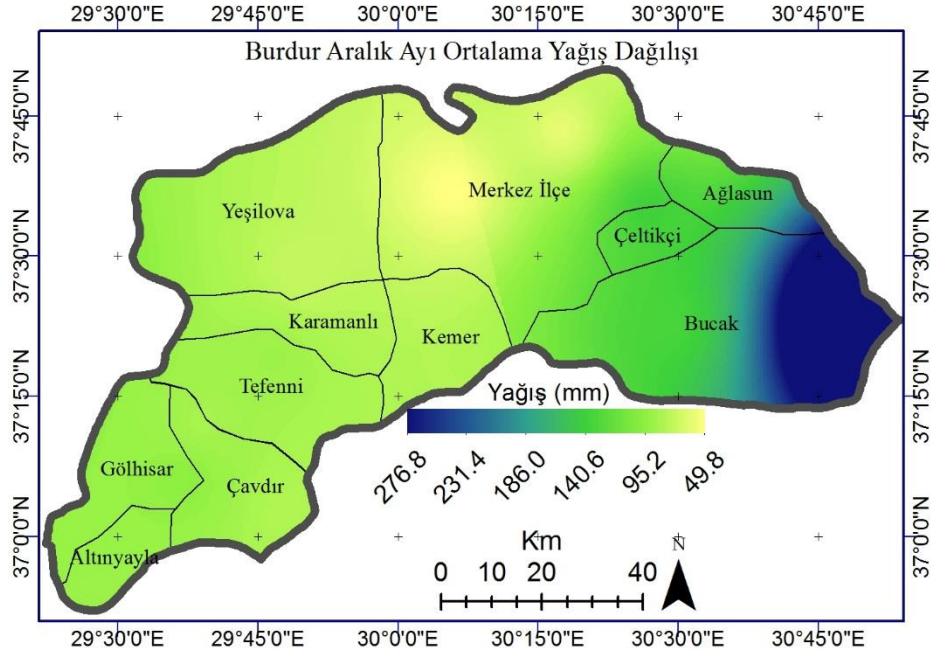
Şekil 12. Burdur ekim ayı ortalama yağış dağılım haritası



Şekil 13. Burdur kasım ayı ortalama yağış dağılım haritası

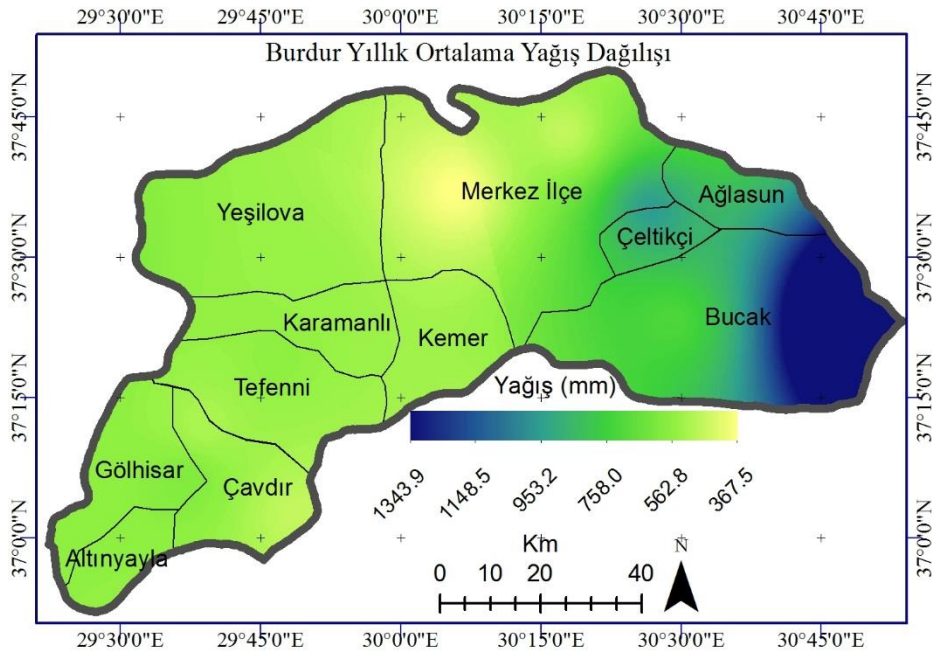
Burdur il geneli kasım ayı ortalama yağışları 146,7 mm ile 35,8 mm arasında değişmektedir (Şekil 13). Şubat, mart ve ekim aylarında olduğu gibi en az yağış alan bölge merkez ilçenin batısı (35,8 mm) olurken, en fazla yağış alan bölge ise ilin doğusunda yer alan Bucak çevreleridir (Şekil 13). İlin batısında yer alan bölgelerde ortalama yağış dağılışı 40 mm ile 50 mm arasındadır. Kasım ayında yağışın alansal ortalaması $52,5 \text{ mm/m}^2$, alansal toplamı $376,7 \text{ milyon m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BURDUR İLİ YAĞIŞ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 14. Burdur aralık ayı ortalama yağış dağılım haritası

Burdur il geneli aralık ayı ortalama yağış dağılımı Şekil 14'te verilmiştir. Buna göre ortalama yağışlar 276,8 mm ile 49,8 mm arasında değişim göstermektedir. En çok ortalama yağış değerine sahip alanlar ilin en doğusunda bulunan bölgelerdir (Bucak 276,8 mm). En az yağış değerine sahip bölgeler ise merkez ilçenin batısı (49,8 mm) ve kuzeyidir. İlin batı bölgelerinde 65 -70 mm arasında homojen bir dağılım bulunmaktadır. Aralık ayında yağışın alansal ortalaması 82,5 mm/m², alansal toplamı 591,9 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler ile aralık ayı ilin aylar bazında en yağışlı aydır.



Şekil 15. Burdur yıllık ortalama yağış dağılım haritası

H.H. Aksu, A. Güngör

Burdur ili uzun yıllar yıllık ortalama yağış dağılışı Şekil 15'te verilmiştir. Buna göre ortalama yağışların 1343,9 mm ile 367,5 mm arasında değiştiği görülmektedir. İlin doğusunda yer alan Bucak (1343,9 mm), Ağlasun ve Çeltikçi (617,8 mm) bölgeleri ilin en çok ortalama yağışa sahip alanlarıdır. Bu bölgede yağış gradyanının büyüklüğü dikkat çekicidir. Ortalama yağışın en düşük olduğu bölge merkez ilçenin batı kesimleridir (367,5 mm). İlin batı bölgelerinde yağış dağılışı 420 mm ile 470 mm arasında değişim göstermektedir. Yağışın uzun yıllar alansal ortalaması 533,2 mm/m², alansal toplamı 3,8 milyar m³ olarak hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmayla Burdur ilinin aylık ve yıllık ortalama yüzey dağılışı yağış haritaları oluşturulmuştur. Yine bu çalışmayla Burdur'un aylık ve yıllık alansal yağış toplamı hesaplanarak literatüre katkı sağlaması düşünülmüştür.

Alansal dağılışı haritalarının oluşturulmasında kullanılan IDW tekniğinin doğruluğunun sınanması için kullanılan tutarlılık ve hata ölçüm metotları da yüksek uygunluk göstermiştir (Tablo 4). Verilerin enterpolasyonun yapılarak mekânsal dağılışı haritalarının sunulmasında en yüksek ve en düşük değerlerin korunması IDW metodunun güçlü yanları arasındadır. Bununla birlikte hata oranlarının ilin batı bölgesinde daha düşük gerçekleşmesinin bu alanda bulunan istasyonların yağış değerlerinin birbirine yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Burdur ili geneli için yıllık ortalama yağışın alansal dağılımı 533.2 mm / m² olarak ortaya çıkarırken alansal yağış toplamı 3,8 milyar m³ olarak hesaplanmıştır. En yüksek ortalama yağışa sahip ay 82.5 mm / m² ile aralık olurken ocak (81,9 mm / m²), ve şubat (60,3 mm / m²) sırasıyla gelmektedir. Ağustos (9.6 mm / m²) ve temmuz (14.0 mm / m²) ayları en düşük alansal yağış dağılımına sahiptir (Tablo 2). Alansal yağış toplamı en fazla ve en az olan aylar sırasıyla aralık (591,9 milyon m³) ve ağustos (68,9 milyon m³) olmuştur (Tablo 3).

İlin doğu alanları ile diğer bölgeleri arasında büyük yağış farkları bulunmaktadır. Yıllık 1343,9 mm / m² yağış ortalamasıyla çalışma alanının doğusu Türkiye'nin en çok yağış kaydedilen alanlarından birisi durumundadır. Aynı alanın yağış değeri MGM'nin yaptığı alansal yağış dağılım çalışmalarında yıllık ortalama yaklaşık 500 mm / m² daha düşük gösterilmektedir [40, 41].

Bu çalışmanın başta enerji, tarım ve çevre olmak üzere suyla teması olan bütün sektörler tarafından planlama ve analizlerde kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğu görülmüştür.

4. KAYNAKLAR

- [1] http://www.unwater.org/statistics_res.html (Erişim: Aralık 2018)
- [2] <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim: Aralık 2018)
- [3] DSİ Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Hidroloji Çalışma Grubu Raporu, 2. Ormancılık ve Su Şurası 2017.
- [4] İ. Atalay, Uygulamalı Klimatoloji, META Basım, İzmir, 2010.
- [5] M. Türkeş, Klimatoloji ve Meteoroloji, Kriter Yayınları, İstanbul, 2010.
- [6] E. Oğuz, Genel Klimatoloji, Çağatay Kitabevi (beşinci baskı), İstanbul, 1999.
- [7] M. Türkeş and E. Erlat, "Influences of the North Atlantic Oscillation on Precipitation Variability and Changes in Turkey", *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C-Geophysics and Space Physics*, 29, 117-135, 2006.
- [8] A. Koçman, Türkiye İklimi, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir, 1993.
- [9] M. Gençer, A. Uğurlu, M. Kaçar, H. Özcan, A. Kesim ve B. Aydın, Hidrometeoroloji, MGM Ankara, 2005.
- [10] U. Haberlandt, "Geostatistical Interpolation of Hourly Precipitation from Rain Gauges and Radar for a Large-Scale Extreme Rainfall Event." *Journal of Hydrology* 332, 144–157, 2007.
- [11] Z. Şen, Wadi Hydrology, CRC, Boca Raton, 2008.
- [12] Z. Şen, Spatial Modeling Principles in Earth Sciences, Springer, Dordrecht, 2009.
- [13] A. D. Hartkamp, K. De Beurs, A. Stein and J. W. White, "Interpolation Techniques for Climate Variables," NRG-GIS Series 99-01, CIMMYT, Mexico, 1999.
- [14] P. A. Bostan, G. B. M. Heuvelink and S. Z. Akyurek, "Comparison of Regression and Kriging Techniques for Mapping the Average Annual Precipitation of Turkey," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 115-126, 2012.
- [15] O. Aydın ve İ. Çiçek, "Ege Bölgesi'nde Yağışın Mekânsal Dağılışı," *Coğrafi Bilimler Dergisi*, CBD 11(2), 101-120, 2013.

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BURDUR İLİ YAĞIŞ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

- [16] W. Abtew, J. Obeyseker and G. Shih, "Spatial Analysis for Monthly Rainfall in South Florida," Water Resources Bulletin, 29, 179-188, 1993.
- [17] D. Kurtzman and R. Kadmon, "Mapping of Temperature Variables in Israel: A Comparison of Different Interpolation Methods," Climate Research, 33-43, 1999.
- [18] H. Apaydın, F. K. Sönmez and Y. E. Yıldırım, "Spatial Interpolation Techniques for Climate Data in the GAP Region in Turkey," Climate Research, Vol. 28, No. 1: 31-40 2004.
- [19] E.G. Beek, A. Stein and L. L. F. Janssen, "Spatial Variability and Interpolation of Daily Precipitation Amount," Stochastic Hydrology and Hydraulics, 6, 304-320, 1992.
- [20] E. Symeonakis, R. Bonifacio and N. Drake, "A Comparison of Rainfall Estimation Techniques for sub-Saharan Africa," International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 11, 15-26, 2009.
- [21] C. D. Loyd, "Nonstationary Models for Exploring and Mapping Monthly Precipitation in The United Kingdom," International Journal of Climatology, 30, 390-405, 2010.
- [22] H. Tatlı, N. Dalfes, and S. Menteş, "A Statistical Downscaling Method for Monthly Total Precipitation Over Turkey," International Journal of Climatology, 54, 161-188, 2004.
- [23] M. Çetin ve K. Tülücü, "Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Aylık Yağışların Yersel Değişimlerinin Jeostatistik Yöntemle İncelenmesi," Turkish Journal of Engineering and Environmental Science, 22, 279-288, 1998.
- [24] C. J. Willmott and K. Matsuura, "Smart İnterpolation of Annually Averaged Air Temperature in The United States," Journal of Applied Meteorology, 34:2577-2586,1995.
- [25] K. N. Dirks, J. E. Hay, C.D. Stow And D. Harris, "High-Resolution Studies of Rainfall on Norfolk Island. Part 2: İnterpolation Of Rainfall Data," Journal of Hydrology, 208(3-4), 187-193,1998.
- [26] O. Aydın ve N. B. Raja, "Yağışın Mekansal Dağılışında Deterministik ve Stokastik Yöntemler: Mauritius Örneği, Doğu Afrika," Coğrafi Bilimler Dergisi, CBD 14(1), 1-14, 2016.
- [27] S. L. Hession and N. Moore, "A Spatial Regression Analysis of the İnfluence Of Topography on Monthly Rainfall İn East Africa," International Journal of Climatology, 31, 1440-1456. 2011.
- [28] WMO (World Meteorological Organization), Guide to Hydrological Practices, No:168, 2008.
- [29] M. Ataol, "Burdur Gölü'nde Seviye Değişimleri," Coğrafi Bilimler Dergisi, CBD 8(1), 77-92, 2010.
- [30] [https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editedosya/Burdur_icdr2016\(1\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editedosya/Burdur_icdr2016(1).pdf) (erişim tarihi: Aralık 2018)
- [31] <http://www.burdurkulturturizm.gov.tr/TR-155073/cografi-durumu.html> (erişim tarihi: Aralık 2018)
- [32] H. H. Aksu, "Mapping and Analyzing Monthly Mean Minimum Air Temperature Distribution Over Burdur By Geographic Information Systems," 5th International Vocational Schools Symposium, Book of Proceedings, 164-168, Prizren, Kosova,2017.
- [33] H. H. Aksu, "İsparta'nın Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Bağlı Nem Dağılışı," Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Özel Sayı 1, 56-65, 2017.
- [34] M. Demircan, İ. Alan ve S. Şensoy, "Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Sıcaklık Haritalarının Çözünürlüğünün Artırılması," TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2011.
- [35] T. Yomralıoğlu, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Temel Kavramlar ve Uygulamalar, İBER Ofset, Trabzon, 2009.
- [36] H. Turoğlu, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Esasları (dördüncü baskı) Çantay Kitabevi, İstanbul, 2016.
- [37] G. Matheron, Principles of Geostatistics, Econ Geol 58, 1246-1266, 1963.
- [38] C. D. Loyd, Local Models for Spatial Analysis, London and New York, CRC Press, 2007.
- [39] H. M. Doğan, D. S. Yılmaz ve O. M. Kılıç, "Orta Kelkit Havzasının Bazı Toprak Özelliklerinin Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) ile Haritalanması ve Yorumlanması," Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, Tokat, 2013.
- [40] <https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2018alansal.pdf> (erişim tarihi: Ocak 2019)
- [41] <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/alansalyagisanalizi.pdf> (erişim tarihi: Aralık 2018)

