

Araştırma Makalesi

Meriç-Ergene Havzasında 1970-2020 Dönemi Bölgesel Yağışın Yüzde Ağırlıklı Poligon Yöntemiyle Belirlenmesi

Taner Mustafa CENGİZ^{1*} 

¹ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ, Türkiye, 59850

¹tcengiz@nku.edu.tr

Geliş: 02.12.2024

Kabul: 11.12.2024

DOI: 10.55581/ejeas.1595327

Öz. Son yıllarda, yağışın mekânsal dağılımını daha doğru bir şekilde yansıtmayı amaçlayan yeni yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemler, bölgesel yağış hesaplamalarında daha yüksek bir doğruluk sağlamayı hedeflerken, hidrolojik süreçlerin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi, belirli bir havza üzerinde bölgesel ortalama yağış hesaplamasında Thiessen yöntemine alternatif olarak geliştirilen yenilikçi bir yöntemdir. Bu yöntemin temel ilkesi, çalışma alanını üç komşu istasyon noktasında ölçülen yağış yüzdelerini baz alarak alt alanlara ayırmaktır. Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi, alt alanların yalnızca ölçülen yağış miktarına bağımlı olmadığı Thiessen poligon yöntemine kıyasla daha güvenilir, esnek ve dinamik bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışmada, Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi ilk kez Türkiye'nin Trakya Bölgesi'nde yer alan Meriç-Ergene Havzası'na uygulanmıştır. Çalışma kapsamında, 7 meteoroloji istasyonuna ait veriler dikkate alınmıştır. Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi, yüksek yağış değerlerini, Thiessen ve diğer geleneksel yöntemlerden farklı olarak daha küçük alt alanlarla temsil etme özelliğine sahiptir. Elde edilen sonuçlar, Yüzde Ağırlıklı Poligon yönteminin diğer geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük bir bölgesel ortalama yağış değeri sunduğunu göstermektedir. Bu durum, yöntemin yağış dağılımını daha ayrıntılı ve gerçekçi bir şekilde yansıttığını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Bölgesel ortalama yağış yüksekliği, Meriç-Ergene Havzası, Thiessen poligon yöntemi, Yüzde ağırlıklı poligon yöntemi

Determination of Regional Precipitation in the Meriç-Ergene Basin for the Period 1970–2020 Using the Weighted Polygon Method

Abstract: In recent years, new methods have been developed to more accurately represent the spatial distribution of rainfall. These methods aim to achieve greater accuracy in regional rainfall calculations while contributing to a better understanding of hydrological processes. The Percentage Weighting Polygon method is a new alternative to the Thiessen method for calculating average rainfall over a specific area. This method divides the area into smaller parts based on rainfall percentages recorded at three nearby stations. Unlike the Thiessen method, where subareas depend only on measured rainfall, the Percentage Weighting Polygon method is more reliable, flexible, and dynamic. In this study, the method was used for the first time in the Meriç-Ergene Basin in the Thrace Region of Turkey, using data from seven meteorological stations. The Percentage Weighting Polygon method is unique because it assigns smaller subareas to higher rainfall values compared to Thiessen and other common methods. The analysis showed that this method gives a lower average rainfall value than traditional approaches, making it better at reflecting rainfall distribution accurately and realistically.

Keywords: Regional average precipitation depth, Meriç-Ergene Basin, Thiessen polygon method, Weighted polygon method.

*Sorumlu yazar

E-mail adresi: tcengiz@nku.edu.tr (T. M. Cengiz)

1. Giriş

Hidrolojide, yağışın bölgesel ortalama değerinin doğru bir şekilde hesaplanması, su kaynaklarının planlanması ve yönetimi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bölgesel yağış miktarları, baraj tasarımı, taşkın kontrolü, sulama projeleri ve hidrolojik modelleme gibi pek çok alanda temel veri setini oluşturur. Ancak bir havzanın tamamında yağış ölçümünün doğrudan yapılması mümkün olmadığından, yağışın bölgesel ortalamasını belirlemek için farklı yöntemlere başvurulması gerekmektedir. Yağış, hidroklimatolojik parametreler arasında zaman ve mekân açısından en fazla değişkenlik gösterenlerden biridir. Meteoroloji istasyonlarındaki yağış ölçümleri noktasal olarak yapılırken, topoğrafya, sıcaklık farklılıkları, rüzgâr ve buharlaşma gibi faktörler nedeniyle aritmetik ortalama yöntemi her zaman doğru sonuçlar vermez. Özellikle istasyon sayısının yetersiz olduğu ya da veri eksikliğinin yaşandığı durumlarda, alansal yağış hesaplama yöntemlerine ihtiyaç duyulur. Bu gibi durumlarda, noktasal verilere dayanarak alansal tahminler yapmak için genellikle mekânsal interpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır.

Yağış verileri, birçok mühendislik uygulamasında temel bir değişken olarak kullanılmaktadır. Bölgesel ortalama alan yağışı; su bütçesi hesaplamaları, tarım, kentsel bölgelerin planlanması, taşkın modellemesi, su kaynaklarının projelendirilmesi, iklim çalışmaları ve yüzey akışının tahmini gibi alanlarda kritik bir öneme sahiptir. Hidrometeorolojinin en önemli sorunlarından biri, bir bölgede düzensiz bir şekilde yerleştirilmiş meteoroloji istasyonlarında ölçülen noktasal yağış değerlerinden bölgesel ortalama alan yağışını tahmin etmektir. Bu tahminin güvenilirliği; meteoroloji istasyonlarının yoğunluğu, konumu, dağılımı, temsil yeteneği ve kullanılan yöntemlere bağlıdır. Özellikle yamaç yağış etkilerinin önemli olduğu dağlık bölgelerde, meteoroloji istasyonları genellikle birbirinden oldukça uzaktadır [2, 3].

Farklı bilim insanlarının [4, 5] vurguladığı gibi, yağış verileri dünyanın herhangi bir bölgesinde belirgin bir mekânsal değişkenlik gösterebilir. Mekânsal değişkenliğin, büyük ölçüde yerel veya bölgesel faktörlerden (örneğin, topoğrafya) ve rüzgâr yönünden etkilenen yağış üreten süreçlerin türü ile ölçüdeki farklılıklardan kaynaklandığı belirtilmiştir [6]. Ancak pratikte, yağış değişkenliği ya belirli bir konuma ya da en azından belirli bir alana bağlı olarak değerlendirilir. Ayrıca, dünyanın pek çok yerinde, her bir yağış ölçer çevresindeki alanı temsil ettiği varsayılır. Mantıksal olarak, her yağış ölçerin belirli bir etki alanı vardır; ancak bu alanın tanımlanması için fiziksel ya da verilere dayalı nesnel bir kriter bulunmamaktadır. Özellikle kısa süreli, şiddetli şaganak yağışların ve kuvvetli rüzgârların görüldüğü fırtınalarda, yağışın mekânsal değişkenliği ile ilgili varsayımlar oldukça sınırlıdır. Genellikle, yağışın yeryüzüne üniform bir şekilde düştüğü kabul edilerek basitleştirme yapılmaktadır. Ancak çeşitli yağış gözlemleri, noktasal yağışın çevresindeki alanların yağışı için her zaman güvenilir bir değer olmadığını göstermiştir [7, 8, 9, 10].

Karmaşık ve çok değişken topografyaya sahip bölgelerde, hidroklimatolojik parametreler ve bunlara bağlı diğer değişkenler, kısa mesafelerde büyük farklılıklar gösterebilir.

Bu nedenle, bu parametrelerin doğru şekilde ölçülmesi için sık aralıklarla yerleştirilmiş ölçüm istasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, ekonomik ve diğer bazı kısıtlamalar nedeniyle bu durum çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Böyle durumlarda, alternatif olarak kullanılan yöntemlerden biri, noktasal gözlem verilerini alansal dağılıma yaklaştıran çeşitli modellemelerdir [11, 12].

Belirli bir dizi noktasal yağış değerinden bölgesel ortalama yağışı tahmin etmek için çeşitli matematiksel ve istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır [13, 14, 15]. Ancak bu yöntemlerin güvenilir sonuçlar verebilmesi için bölgede yeterince sık yerleştirilmiş rasat istasyonlarının bulunması ve kullanılan yöntemlerin bölgeye özgü şekilde kalibre edilerek uygulanması gerekmektedir.

Bir başka çalışmada, çeşitli bölgesel ortalama yöntemleri karşılaştırılmış ve mekânsal korelasyon yapısına sahip istatistiksel bir yöntemin, Thiessen poligonları, polinom interpolasyonu ve ters mesafe ağırlıklı yöntemlere kıyasla daha üstün olduğu ifade edilmiştir [16]. Jeostatistik, bir bölgedeki gözlemlenmeyen değişkenlerin değerlerini, gözlemi yapılan değişkenler ve bunların konumları üzerinden tahmin etmeye yarayan bir yöntemdir. Hevesi ve arkadaşları [17], dağlık arazilerde alan yağışı tahmini için çok değişkenli jeostatistiksel tekniklerin kullanılmasını önermiştir. Ancak bu tekniklerin güvenilir tahminler sunması, özellikle istasyonların alandaki dağılımının seyrek olduğu ya da yağış özelliklerinin konumlara göre büyük ölçüde değişiklik gösterdiği durumlarda zorluk oluşturmaktadır. Bu tür durumlar, genellikle düzensiz ve rastgele yağışların sık görüldüğü kurak bölgelerde yaygındır.

Başka bir çalışmada ise uydu görüntüleri ve basit olasılık modelleri kullanılarak, yağış miktarının arttıkça etkilenen alanın küçüldüğünü ortaya koymuştur [18].

Türkiye’de yağışlarla ilgili birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Toros ve arkadaşları [19], 68 farklı istasyondan elde edilen yağış verilerini istatistiksel olarak analiz etmiştir. Çıtakoğlu ve arkadaşları [20], mevsimsel yağışları inceleyerek sonbahar ve yaz aylarında yağışların daha yüksek olduğunu, ancak tüm mevsimlerde yağış dağılımının sağa çarpık bir yapı sergilediğini belirtmiştir. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yağış değişkenliği %25’ten fazla iken, en düşük değişkenlik Doğu Karadeniz Bölgesi’nde gözlemlenmiştir [21]. Türkiye’nin karmaşık ve düzensiz topografik yapısı, birbirine yakın noktalarda yağış ölçümünü hem zorlaştırmakta hem de maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle, ölçüm yapılmayan bölgelerdeki yağış durumunun daha hassas bir şekilde belirlenmesi gereklidir.

Son yıllarda, ortalama alan yağışını tahmin etmek için basit, nesnel ve esnek bir yöntem olan Yüzdelik Ağırlıklı (YA) Poligon yöntemi Şen [2] tarafından önerilmiştir. YA yöntemi, alt alanların kaydedilen yağış miktarlarından bağımsız olarak sabit kaldığı Thiessen poligon yöntemine göre daha esnek ve güvenilir bir alternatif sunmaktadır [3]. Acar ve Şengül [22], Türkiye’nin Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki 14 meteoroloji istasyonunun verilerini kullanarak YA yöntemini ilk kez kar yağışı tahmini için uygulamış ve bu yöntemi, havza üzerindeki ortalama bölgesel kar yağışı tahmininde Thiessen yöntemi ile

diğer geleneksel yöntemlere bir alternatif olarak geliştirmiştir. Bayraktar ve Turalioğlu [23], Erzurum şehrinde hava kirlenme konsantrasyon yüzdelilerinin dağılımını belirlemek amacıyla Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemini uygulamış ve bu yöntemle şehrin konsantrasyon dağılımlarını başarılı bir şekilde analiz etmiştir.

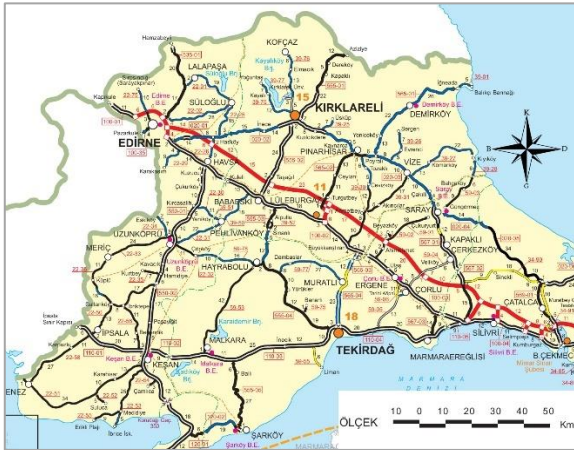
Hwang ve arkadaşları [24], yağış verilerinin bölgesel değerlerini Thiessen poligon yöntemi, Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi ve Kriging interpolasyon yöntemi kullanarak hesaplamış ve az sayıda istasyona sahip havzalarda yağış hareketinin yönüne bağlı olarak farklılık gösterdiğini bu yöntemler aracılığıyla açıklamıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, Yüzde Ağırlıklı Poligon yönteminin güvenilirlik ve esneklik düzeyini, aritmetik ortalama, Thiessen poligonları ve izohiyet haritaları gibi geleneksel yöntemlere kıyasla karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışmada Meriç-Ergene havzasında seçilen yedi yağış istasyonuna ait 1970-2020 aylık toplam yağışın ortalamaları ve yıllık yağış toplamının ortalama verileri kullanılarak bölgesel ortalama yağış uygulaması yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Yüzde Ağırlıklı Poligon Yöntemi

Bölgede, Meriç-Ergene havzasında, bulunan yedi istasyonun 1970-2020 yağış verileri DSİ tarafından temin edilmiştir (Ek; Tablo1). Ayrıca bu istasyonlara komşu olan Kıyıköy, Tekirdağ, Gelibolu ve Yeşilköy istasyonları yağış veri değerleri de kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının haritası.

Hidrolojide, bir bölgedeki farklı noktalar üzerinde ölçülen yağış miktarlarının, bölgenin tamamını temsil eden bir ortalama değerle ifade edilmesine "bölgesel ortalama yağış yüksekliği" denir. Bu değer, özellikle bir havzanın yağış rejimini analiz etmek, su bütçesi hesaplamaları yapmak ve akış tahminlerinde kullanılmak için büyük öneme sahiptir. Bir bölgede yağış genellikle homojen dağılmadığı için, bölgesel ortalama yağışı hesaplamak için kullanılan yöntemler, yağış ölçüm istasyonlarının sayısına, yerleşimine ve bölgenin topoğrafik özelliklerine bağlı olarak değişir. Bölgesel ortalama yağış yüksekliğini hesaplamak için dört ana yöntem bulunmaktadır: (1) aritmetik ortalama, (2) Thiessen poligonları, (3) izohiyet haritalama yöntemleri ve (4) enterpolasyon teknikleri [25].

Enterpolasyon teknikleri, özellikle yağış ölçüm verileri eksik olduğunda veya istasyonlar arası mesafenin fazla olduğu durumlarda bilgisayar destekli tekniklerle kullanılır.

Aritmetik ortalama yöntemi, bir bölgedeki yağışın ortalama değerini basitçe hesaplamak için kullanılan temel bir yöntemdir. Bu yöntemde, bölgedeki tüm yağış istasyonlarından elde edilen yağış verileri toplanır ve istasyon sayısına bölünerek ortalama bulunur. Aritmetik ortalama yöntemi, hesaplama kolaylığı ve tüm istasyonlara eşit ağırlık vermesi nedeniyle pratik bir yaklaşımdır. Ancak, istasyonlar arasındaki mesafe ve konumsal farklılıkları dikkate almadığı için homojen dağılmamış istasyon ağlarında hata payı artabilir. Bu nedenle, homojen dağılıma sahip bölgelerde yeterli bir yöntem olsa da, daha kesin sonuçlar için diğer yöntemlerle karşılaştırmalı analiz yapılması önerilir.

Bu hesaplamalar içinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri Thiessen [26] poligon yöntemidir. Thiessen yöntemi, tüm havza alanını daha küçük poligon alt alanlara bölerken, bireysel istasyonlarda kaydedilen alan yağışı miktarlarını dikkate almaz. Bu nedenle, mevcut yağış ölçer ağı yapılandırmasına dayalı olarak poligonlar belirlendiğinde, meteoroloji istasyonlarının konumları değişmediği veya ek istasyonlar kurulmadığı sürece bu poligonlar aynı kalır. Ancak, alt alanların yağışın mekansal değişimine göre değişmesi gerektiği düşünülmektedir. Başka bir deyişle, bu bölme işlemi yalnızca yağış ölçer ağı yapısına değil, aynı zamanda istasyonlarda kaydedilen yağış miktarlarına da dayanmalıdır.

Yüzdelik Ağırlıklı Poligon (YA) yönteminin uygulanması, bitişik yağış istasyonlarını birleştirerek bir dizi üçgen oluşturmayı içerir. En yakın istasyonlar her zaman birleştirilmeli ve üçgen mümkün olduğunca eş açılı bir şekil olarak korunmalıdır. Üçgenler belirlendikten sonra, YAP yönteminin oluşturulabilmesi için çalışma alanının poligonlara bölünmesi için aşağıdaki prosedür uygulanır: Eğer yağış değerlerinin bulunduğu üçgenin üç tepe noktası A, B ve C ise, bu noktaların yüzdeleri şu şekilde hesaplanır:

$$R_A = \frac{100 \cdot A}{(A+B+C)} \quad (1)$$

$$R_B = \frac{100 \cdot B}{(A+B+C)} \quad (2)$$

$$R_C = \frac{100 \cdot C}{(A+B+C)} \quad (3)$$

burada sırasıyla, her üçgen için sabit toplamın üç değişkenli yüzde verileri bulunabilir. Üç değişkenin iki boyutlu bir grafiği, bir üçgen grafiği üzerinde bir nokta olarak gösterilebilir. Bu tür grafikler, yer bilimlerinde yaygın olarak kullanılan araçlardandır [27].

Yöntemi daha açık bir şekilde göstermek için, bilgisayar ortamında uygulanabilir adım adım bir algoritma aşağıda verilmiştir (Şekil 2):

1. Her bir yağış istasyonu ile diğer istasyon çifti arasında çizgiler çizilir. Böylece, çalışma alanını kapsayan bir üçgenler seti oluşturulur.
2. Her üçgen için, Eşitlikler (1) – (3)'e göre köşelerdeki yağış yüzdesi hesaplanır. Her köşe için, köşe değeri

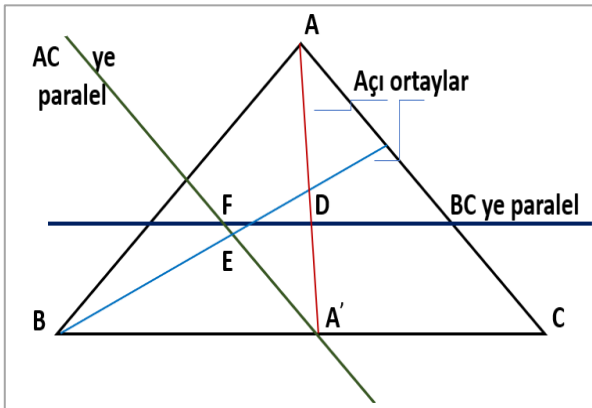
%100, karşı kenar değeri ise %0 olarak kabul edilir.

3. Bir köşeden karşı kenarın orta noktasına uzanan açıortayı belirler ve bu açıortayı 100 eşit parçaya bölünür.
4. Adım 2'de hesaplanan yağış yüzdesinden biri kullanılarak, karşı kenardan köşeye doğru, uygun açıortay üzerinde bir işaret konulur.
5. Adım 4'te işaretlenen noktadan, karşı köşeye ait kenara paralel bir çizgi çizilir.
6. Adım 4 ve 5'i diğer yağış yüzdesi için tekrar edilir ve bu sefer başka bir karşı kenara paralel bir çizgi bulunur.
7. Bu iki çizginin kesişim noktası, ilgili üçgen için anahtar noktayı tanımlar.
8. Bu anahtar noktanın doğruluğunu kontrol etmek için, kalan üçüncü yağış yüzdesi değeri için adım 4 ve 5'i tekrar edilir. Eğer paralel çizgi, daha önce belirlenen anahtar noktadan geçiyorsa işlem tamamlanmıştır. Aksi takdirde, yağış yüzdesi hesaplamalarında ya da açıortaylar üzerindeki işaretleme noktalarında bir hata vardır.
9. Adım 2'ye dönerek, adım 1'de oluşturulan üçgenler için işlemi tekrarlanır. Bu şekilde her üçgenin bir anahtar noktası olacaktır. Bu noktanın üçgen içindeki yeri, üç köşedeki yağış miktarlarının yüzdesine bağlıdır. Bir köşedeki yağış yüzdesi ne kadar yüksekse, nokta o köşeye o kadar yakın olacaktır.
10. Komşu üçgenlerdeki anahtar noktalar birleştirilerek, her biri bir yağış istasyonunu kapsayan poligonlar oluşturulur.
11. Havza çevresindeki poligon sınırları, anahtar noktalardan üçgen kenarlarına dik çizgiler çizilerek tanımlanır. Böylece, tüm havza alanı alt alanlara ayrılmış olur [3].

Son olarak, her bir istasyondaki yağış miktarı (R_i) için, karşılık gelen bir alt alan (A_i) belirlenir. Bu, **YA yöntemi** ile Alansal ortalama yağış hesaplamasında kullanılır.

$$(R) = \frac{R_1 * A_1 + R_2 * A_2 + R_3 * A_3 + \dots + R_n * A_n}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (4)$$

Burada R, Bölgesel ortalama yağış miktarını, n ise istasyon sayısını ifade eder.



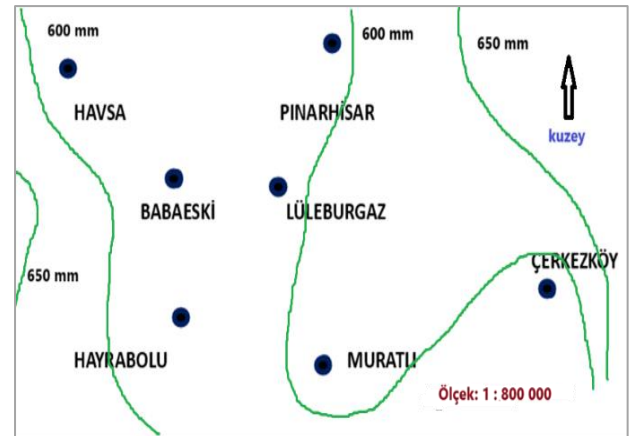
Şekil 2. Üçgen alanın alt bölümlere ayrılması.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, 7 farklı meteoroloji istasyonundan alınan aylık ortalama ve yıllık ortalama verilerle bölgesel ortalama yağış yüksekliğini belirlemek amacıyla, Meriç -Ergene için Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi ve diğer geleneksel yöntemler (eşyağış harita tekniği, aritmetik ortalama, Thiessen poligonu,) uygulanmıştır. Bu istasyonların 1970-2020 yılına ait toplam aylık ve yıllık toplam ortalama yağış değerleri kullanılmış ve Ekte bulunan Tablo 1'de sunulmuştur. Ayrıca yardımcı istasyonlar olarak Kıyıköy, Tekirdağ, Gelibolu ve Yeşilköy istasyonlarının yağış rasatları da çalışmada kullanılmıştır. Farklı yöntemlerin karşılaştırılması için tüm sonuçlar topluca Tablo 5'de sunulmuştur.

1/800 000 ölçekli haritalar kullanılarak alt alanlar çizilmiş ve poligon alanları planimetri yöntemiyle ölçülmüştür. Her yöntem için bölgesel ortalama yağış yükseklik değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3). İzohiyet (eşyağış) yönteminde, bir yağış sırasında yağış miktarının farklı bölgelerdeki dağılımını göstermek için eş yağış eğrileri çizilir. Bu eğriler, yağışın merkezinden uzaklaştıkça miktarın azaldığını gösterir. Azalma oranı, yağışın süresiyle ters orantılıdır. Başka bir deyişle, kısa süreli bir yağış, mekânsal olarak daha büyük farklılıklar gösterirken, uzun süreli bir yağışta bu farklılıklar daha az belirgin olur.

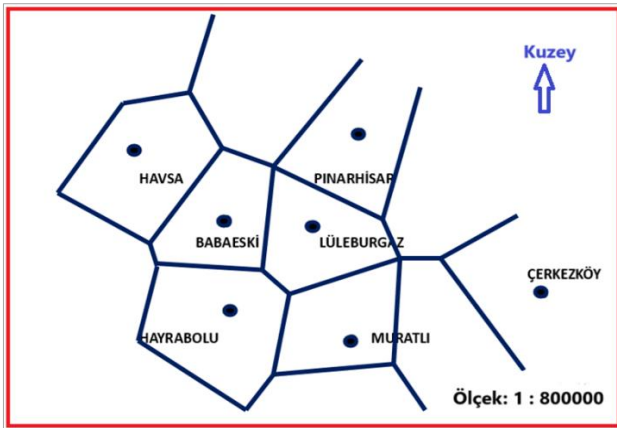
Thiessen Yönteminde, yakın konumdaki istasyonlar birer doğru parçası ile birleştirilir. Bu doğruların orta noktalarından dik çizgiler (orta dikmeler) çizilerek her bir istasyon için bir çokgen oluşturulur. Bu çokgenlere "Thiessen Çokgeni" adı verilir. Thiessen yöntemi uygulama haritası ve Thiessen poligonlarının alan değerleri, meteoroloji istasyonları değişmediği sürece ana noktaların aynı kalması nedeniyle yalnızca Şekil 4'te verilmiştir. Bu çalışmanın ana odağı olan yağışın Yüzde Ağırlıklı Poligon yönteminde, alt üçgenleri oluşturan üç komşu istasyon için yağış ve yüzde ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Uygulama sırasında, alt alanların belirlenmesi için Denklem (1) – (3) göz önünde bulundurularak hesaplanan yüzde ağırlıklı yağış değerleri kullanılmıştır. Yağışın Yüzde Ağırlıklı Poligon yönteminde alt alan değerleri Şekil 5'de gösterilmiştir. Yağışın yüzde ağırlıklı poligon ile ilgili hesaplama değerleri Tablo 3 ve Tablo 4'te gösterilmiştir.



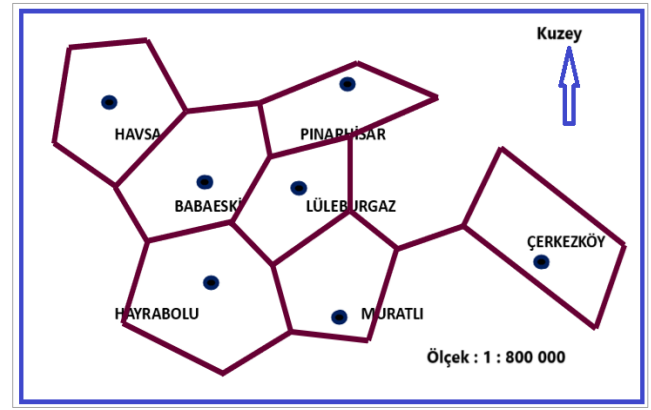
Şekil 3. Eşyağış yöntemine göre yağışlar.

Ekte bulunan Tablo 5'te görüldüğü gibi nisan ayında yağış değerleri, bölgesel anlamda önemli bir farklılık göstermemektedir. Bu durum, çalışma alanının benzer bir topografyaya sahip olması, meteoroloji istasyonlarının birbirine oldukça yakın konumlanması ve yağışların aynı hava sistemi üzerinden geçiş yapmasından kaynaklanmaktadır. Nisan ayında, Havsa istasyonuna ait poligon yağış hacmi Thiessen yöntemiyle $44.878,27 \times 10^3 \text{ m}^3$ olarak hesaplanırken, Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemiyle bu değer $32.624,27 \times 10^3 \text{ m}^3$ olarak belirlenmiştir. Bu durum, meteoroloji istasyonunun daha küçük bir alt alanla temsil edilmesinin, yağış çeşitliliği dikkate alındığında havzanın bölgesel ortalama yağış değerinin daha düşük hesaplanmasına neden olduğunu göstermektedir.

Nisan ayı için Havsa istasyonu baz alınarak yapılan aylık bölgesel ortalama yağış hesaplamaları şu şekildedir: Aritmetik ortalama yöntemiyle 45,80 mm, izohiyet harita yöntemiyle 48,95 mm, Thiessen poligon yöntemiyle 46,98 mm ve Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemiyle 45,49 mm. Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemine kıyasla, aritmetik ortalama yöntemi % 0,68, izohiyet harita yöntemi %0,76, Thiessen poligon yöntemi ise %0,33 oranında daha yüksek yağış değerleri sunmaktadır. Bu sonuçlar, Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemiyle elde edilen değerden daha büyük olarak dikkat çekmektedir. Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemiyle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerlerinin yıllık ortalaması, diğer yöntemlerle kıyaslandığında daha düşük bulunmuştur. Bu yöntemle elde edilen değerler, aritmetik ortalama yöntemine göre %0,96, izohiyet harita yöntemine göre %4,30 ve Thiessen poligon yöntemine göre %3,56 oranında daha düşük bir sonuç vermiştir. Genel olarak, yıllık ortalama yağış değerlerinde %2,94 oranında bir azalma kaydedildiği görülmektedir. Ancak bölgenin homojen ve küçük bir coğrafyada olması sebebiyle farklar oldukça az yağış değerleri olarak karşımıza çıkmaktadırlar.



Şekil 4. Thiessen Yöntemine göre poligonlar.



Şekil 5. Yağışın yüzde ağırlıklı poligon yönteme göre çizilen poligonlar.

4. Sonuçlar

Bölgesel ortalama yağışın tahmini için basit, objektif ve esnek bir Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem, Thiessen poligon tekniği ile üçgenleme yönteminin avantajlarını birleştirerek daha etkin ve güvenilir bir çözüm sunar. Alt alanlar, yalnızca yağış istasyonlarının coğrafi konumlarına göre değil, aynı zamanda üç komşu istasyondaki yağış miktarlarının göreceli oranlarına dayalı olarak dinamik şekilde belirlenir. Bu doğrultuda, poligonlar, toplam havza alanını ve yağış istasyonu verilerini esas alarak üçgen koordinat sistemiyle bölümlendirilmiştir.

Geliştirilen Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi, özellikle topoğrafik farklılıkların belirgin olduğu bölgelerde veya yağış miktarlarının mekânsal olarak değişkenlik gösterdiği durumlarda, geleneksel yöntemlere kıyasla daha üstün performans göstermektedir. Geleneksel yöntemler arasında Thiessen poligon yöntemi, aritmetik ortalama yöntemi ve izohiyet harita tekniği yer almaktadır. Bununla birlikte, Bayraktar [1] tarafından da vurgulandığı üzere, Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi, bu yöntemlere kıyasla hem doğruluk hem de uygulama esnekliği açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu yöntem, yağış tahmini çalışmaları ve hidrolojik modelleme uygulamaları için bölgesel ölçekte etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle havza yönetimi, su kaynaklarının planlanması ve iklim değişkenliklerinin analizinde sunduğu doğruluk ve esneklik sayesinde, karar destek sistemlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmada, Meriç-Ergene Havzası'nda bölgesel ortalama yağış tahmini için Yüzde Ağırlıklı Poligon yöntemi, aritmetik ortalama, Thiessen poligon ve izohiyet harita teknikleri birlikte değerlendirilmiştir. Detaylı hesaplamalar verilmemekle birlikte, karşılaştırma amacıyla sonuçlar Tablo 5'de sunulmuştur. Bu uygulama, YA yönteminin, yağış miktarlarının bölgesel değişkenliğini daha iyi yansıttığını ve bu sayede daha düşük ve güvenilir bölgesel ortalama yağış değerleri sağladığını göstermektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Teşekkür

Bu çalışmayı, üzerimde büyük emeği olan ve bilimsel gelişimime yön veren merhum hocam Prof. Dr. Mustafa Ersin'in aziz hatirasına ithaf ediyorum. Kendisi, sadece bir öğretmen değil, aynı zamanda ilham kaynağı ve rehber olmuştur. Hayat boyu bilime ve insanlığa olan katkılarını saygıyla anıyor, kendisine sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ruhun şad olsun.

Kaynaklar

- [1] Bayraktar, H., Turalioglu, F. S., & Şen, Z. (2005). The estimation of average areal rainfall by percentage weighting polygon method in Southeastern Anatolia Region, Turkey. *Atmospheric research*, 73(1-2), 149-160.
- [2] Şen, Z., Habib, Z., (2000). Spatial precipitation assessment with elevation by using Point Cumulative Semivariogram Technique. *Water Resour. Manag.* 14, 311 – 325.
- [3] Şen, Z., Habib, Z. (1998). Point cumulative semivariogram of areal precipitation in mountainous regions. *J. Hydrol.* 205, 81 – 91.
- [4] Mark, N., Todd, M., Hulme, M., Jones, P. (2001). Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *Int. J. Climatol.* 21 (15), 1899 – 1922.
- [5] Liu, X., Yin, Z.Y. (2001). Spatial and temporal variation of summer precipitation over the Eastern Tibetan Plateau and the North Atlantic Oscillation. *J. Climate* 14 (13), 2896 – 2909
- [6] Wilson, J.W., Atwater, M.A. (1972). Storm rainfall variability over Connecticut. *J. Geophys. Res.* 77 (21), 3950 – 3956.
- [7] Sumner, G. N. (1988). Precipitation: process and analysis. (*No Title*).
- [8] Clinton, E.W., Robert, A.M., Kenneth, W.H. (1999). Summertime convective storm environments in Central Arizona: local observations. *Weather Forecast.* 14 (6), 994 – 1007.
- [9] Brian, A.K., Mathew, J.B., Mark, R.H., Josiah, N.C. (2003). Severe convective windstorms over the Northern High Plains of the United States. *Weather Forecast.* Boston 18 (3), 502 – 518.
- [10] David, A., Christopher, R.W. (2003). Anatomy of a convective storm. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 84 (1), 13 – 15.
- [11] Daly C., Neilson R.P., Phillips D. (1994). A Statistical topographical Model for Mapping Climatological Precipitation Over Mountainous Terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 33(2): 140-158.
- [12] Güler M., Kara T. (2007). Alansal Dağılım Özelliği Gösteren İklim Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Belirlenmesi ve Kullanım Alanları; Genel Bir Bakış. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 22(3): 322-328
- [13] Bayraktar, H. (1994). Noktasal verilerin Alansal

Değerlere Dönüştürülmesinde Kullanılan Metotlar ve Karşılaştırılması. *License thesis, ITU, Istanbul (in Turkish)*.

- [14] Christakos, G. (1998). Spatiotemporal information systems in soil and environmental sciences. *Geoderma* 85, 141 – 179.
- [15] Haas, T.C. (2002). New systems for modeling, estimating, and predicting a multivariate spatio-temporal process. *Environmetrics* 13, 311 – 332.
- [16] Tabios III, G.O. Salas, J.D., (1985). A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resour. Bull.* 21, 365 – 380.
- [17] Hevesi, J.A., Istok, J.D., Flint, A.L. (1992). Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics: Part 1. Structural analysis. *J. Appl. Meteorol.* 31, 661 – 676
- [18] Kedem, B., Chiu, L.S., Karni, Z. (1990). An analysis of the threshold method for measuring area-average rainfall. *J. Appl. Meteorol.* 29, 3 – 20.
- [19] Toros H., Karan H., Deniz A. (1994). Batı Anadolu Yağışlarının Gruplama (Cluster) Analizi. 1. *Ulusal Hidrometeoroloji Semp.* 23-25 Mart 1994, İstanbul, 220-230.
- [20] Çitakoğlu H., Çetin M., Çobaner M., Haktanır T. (2017). Mevsimsel Yağışların Jeostatistiksel Yöntemle Modellenmesi ve Gözlemi Olmayan Noktalarda Tahmin Edilmesi. *İMO Teknik Dergi*, 2017, 28 (1), 7725 - 7745.
- [21] Ölgün M.K. (2010). Türkiye’de Yıllık ve Mevsimsel Yağış Değişkenliğinin Alansal Dağılımı. *Ege Coğrafya Dergisi*, 19/1 (2010), 85-95, İzmir.
- [22] Acar, R., & Sengul, S. (2012). The estimation of average areal snowfall by conventional methods and the percentage weighting polygon method in the Northeast Anatolia region, Turkey. *Energy Educ. Sci. Technol. Part A-Energy Sci. Res.* 29, 11-22.
- [23] Bayraktar, H., & Turalioglu, F. S. (2005). Average areal sulphur dioxide concentration estimation by percentage weighting polygon method in Erzurum urban centre, Turkey. *Atmospheric Environment*, 39(32), 5991-5999.
- [24] Hwang, S. H., Kim, K. B., & Han, D. (2020). Comparison of methods to estimate areal means of short duration rainfalls in small catchments, using rain gauge and radar data. *Journal of Hydrology*, 588, 125084.
- [25] Fiedler, F.R. (2003). Simple, practical method for determining station weights using Thiessen polygons and isohyetal maps. *J. Hydrol. Eng.* 8 (4), 219 – 221.
- [26] Thiessen, A.H. (1911). Precipitation averages for large areas. *Mon. Weather Rev.* 39, 1082 – 1084.
- [27] Koch, G.S., Link, R.E. Statistical Analysis of Geological Data, vols. I and II. Dower Publications, New York, N.Y, 1971.

EKLER

Tablo 1. Yağış İstasyonlarının aylık ve yıllık toplam rasat değerleri (mm)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Havsa	62,44	51,66	55,43	51,46	49,43	39,76	23,80	17,90	39,76	50,24	65,80	86,24	593,92
Pınarhisar	72,71	56,34	50,14	48,41	46,37	47,70	26,54	15,36	32,54	53,39	61,02	86,34	596,87
Babaeski	88,88	72,00	55,43	45,36	35,09	29,09	16,78	14,85	31,02	45,46	68,34	97,83	600,12
Lüleburgaz	74,24	56,34	52,17	43,32	46,37	47,70	24,51	16,37	27,46	55,53	78,82	73,12	595,95
Çerkezköy	81,66	57,79	46,82	42,21	28,11	19,17	14,29	16,96	42,21	42,31	61,39	92,63	545,55
Hayrabolu	78,53	65,99	60,09	47,01	37,05	18,99	14,01	17,05	22,49	42,12	59,54	82,58	545,46
Muratlı	58,71	48,48	53,27	42,86	42,95	38,90	20,09	15,48	28,39	48,30	88,11	108,85	594,40

Tablo 2. Thiessen yöntemine göre poligon alanları (km²) aylık ve yıllık yağış hacimleri (*10³ m³) miktarları ile bölgesel ortalama yağış sonuçları (mm).

	Poligon Alanı km ²	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Havsa	872,10	54453,92	45052,69	48340,50	44878,27	43107,90	34674,7	20755,98	15610,59	34674,70	43814,3	57384,18	75209,9	517957,6
Pınarhisar	800,30	58189,81	45088,90	40127,04	38742,52	37109,91	38174,31	21239,96	12292,61	26041,76	42728,02	48834,31	69097,9	477675,1
Babaeski	656,60	58358,61	47275,20	36395,34	29783,38	23040,09	19100,49	11017,75	9750,51	20367,73	29849,04	44872,04	64235,18	394038,8
Lüleburgaz	661,00	49072,64	37240,74	34484,37	28634,52	30650,57	31529,7	16201,11	10820,57	18151,06	36705,33	52100,02	48332,32	393923,0
Çerkezköy	567,40	46333,88	32790,05	26565,67	23949,95	15949,61	10877,06	8108,146	9623,10	23949,95	24006,69	34832,69	52558,26	309545,1
Hayrabolu	937,60	73629,73	61872,22	56340,38	44076,58	34738,08	17805,02	13135,78	15986,08	21086,62	39491,71	55824,7	77427,01	511423,3
Muratlı	648,00	38044,08	31415,04	34518,96	27773,28	27831,60	25207,20	13018,32	10031,04	18396,72	31298,4	57095,28	70534,8	385171,2
Toplam	5143,00	378082,70	300734,80	276772,3	237838,5	212427,80	177368,50	103477	84114,50	162668,50	247893,5	350943,2	457395,4	2989734
Ortalama (mm)	-	73,51	58,47	53,82	46,25	41,30	34,49	20,12	16,36	31,63	48,20	68,24	88,94	581,32

Tablo 3. Yüzdesel Alan Metoduna göre seçilmiş istasyon yağış Poligon alanları (km2)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Havsa	63,00	52,00	56,00	52,00	50,50	40,50	23,80	17,90	39,76	50,24	65,80	86,24	597,74
Pınarhisar	72,71	58,34	50,14	48,41	46,37	47,70	26,54	15,36	34,54	53,39	63,02	86,34	602,86
Babaeski	98,88	72,00	55,43	45,36	37,09	29,09	16,78	15,85	33,02	45,46	68,34	97,83	615,13
Lüleburgaz	74,24	56,34	52,52	43,32	46,37	48,70	26,51	16,80	29,46	55,53	78,82	77,12	605,73
Çerkezköy	81,66	57,79	46,82	45,21	33,11	25,17	15,29	19,96	42,21	42,31	61,39	92,63	563,55
Hayrabolu	78,53	66,90	62,09	47,01	37,80	19,90	16,01	18,05	26,80	43,25	59,54	82,58	558,46
Muratlı	59,71	50,48	54,27	44,86	42,95	40,48	20,09	15,48	28,39	48,30	88,11	108,85	601,97
Toplam	528,73	413,85	377,27	326,17	294,19	251,54	145,02	119,40	234,18	338,48	485,02	631,59	4145,44

Tablo 4. Yüzdesel Alan Metoduna göre Yağış Hacimleri (*10³ m³)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Havsa	38707,2	33375,16	38282,72	32624,28	30215,16	25222,19	13896,11	10830,57	21901,8	33890,4	44805,19	55368,67	399654,9
Pınarhisar	31671,75	23547,77	20401,97	18719,66	19698,44	17746,79	11151,84	8157,85	13828,09	23652,3	29526,76	34317,56	273167,9
Babaeski	61294,72	45977,04	40060,37	34695,41	31298,03	25225,39	14321,39	13558,09	23889,64	37927,73	51482,57	63751,9	454870,2
Lüleburgaz	36941,82	28240,99	27469,01	22465,32	21457,25	18915,57	13045,84	8324,232	14784,21	25963,61	35532,84	44434,23	297680
Çerkezköy	32771,79	29290,28	20494,05	17764,82	16061	12364,51	6928,205	8429,308	16264,78	19815,04	27698,55	37905,12	245696,5
Hayrabolu	55832,47	46674,79	46439,59	39759,65	34015,46	24882,16	15464,54	14574,47	27156,71	39827,63	60905,25	73564,74	502440,9
Muratlı	41428,59	32001,8	31984,57	26192,41	24589,3	20532,67	12428,28	9074,066	15378,86	29596,31	39737,61	52193,58	338608,1
Toplam	298648,4	239107,8	225132,3	192221,5	177334,6	144889,3	87236,2	72948,59	133204,1	210673	289688,8	361535,8	2512119

Tablo 5. Çalışılan 4 Yönteme göre bölgesel yağış yüksekliği ortalaması (mm)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
YA	73,28	57,94	53,39	45,49	40,33	31,40	19,39	16,53	31,55	46,46	66,01	87,10	576,20
Thiessen Metodu	75,86	59,93	54,8	46,98	41,68	35,03	20,38	16,74	32,82	49,27	70,93	92,34	596,76
Aritmetik ortalama	73,88	58,37	53,34	45,8	40,77	34,47	20	16,28	31,98	48,19	69	89,66	581,74
İzohiyet Metodu	75,44	58,96	56,04	48,95	45,32	32,69	21,68	17,95	35,81	48,75	68,34	91,03	600,96