



## Su talep seviyesine göre kurak veya sulak dönem analizi

### Eyüp ŞİŞMAN

*İstanbul Medipol Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.  
İstanbul Medipol Üniversitesi, İklim Değişikliği Uygulama ve Araştırma Merkezi (İKLİMER), Kavacık, 34810, İstanbul.  
[esisman@medipol.edu.tr](mailto:esisman@medipol.edu.tr) ORCID: 0000-0003-3696-9967, Tel: (216) 681 56 20*

Geliş: 31.07.2018, Kabul Tarihi: 08.09.2018

### Öz

*Sulaklık ve kuraklık su talebinin, yağış ve akış miktarları ile kıyaslanması sonucunda, ortaya çıkan fazlalık veya eksikliklerin birer fonksiyonudur. İhtiyaç seviyesine göre dengeli olması için çalışılan bu iki durum, bilimsel yöntemler kullanılarak üretilen bilgi ile yönetilemediğinde beraberinde pek çok soruna sebep olabilir. Sulaklık durumunda ortaya çıkan problemler, nispeten daha kısa sürelerde ve kendiliğinden ortadan kalkabilirken, özellikle iklim değişikliği ile etkileri daha da artan kuraklık problemlerine zamanla çözüm bulunmadığında çok daha karmaşık bir duruma gelecektir. Sulaklık ve kuraklık sorunlarının ortadan kaldırılması veya etkilerinin azaltılması için, bu iki husus çözümde birlikte ele alınıp değerlendirilmeli ve denge kurulmalıdır. Eğer denge sağlanamaz ise, meteorolojik kuraklık ile başlayan süreç hidrolojik, tarımsal ve sosyal kuraklık şeklinde birçok alanda geri dönülemeyecek tahribata sebep olacaktır. Başlangıçta az bilinmeyenli denklemler ile ifade edilebilecek bu problemler ve süreç, iyi yönetilemediğinde sonraları karmaşıklaşarak çok bilinmeyenli duruma dönüşecektir. Bu çalışma ile sulaklık ve kuraklık özellikleriyle ilgili problemlerin başında ihtiyaç duyulacak, dengeye yönelik bazı matematik denklemlerin elde edilmesine çalışılmıştır. Talep (eşik-kesme) seviyesi ile kuraklık ve sulaklık özellikleri arasında kurulabilecek ilişkiler araştırılmıştır. Araştırma sonucunda yağış ve akış verileri kullanılarak, talep ile kuraklık ve sulaklık süreleri, ortalama yıllık eksiklik ve fazlalık miktarları arasındaki geometrik ilişkiler polinom, üssel ve kuvvet fonksiyonları ile tanımlanmıştır. Su konusunda çalışan uzmanlar burada sunulan model yaklaşımı ile bölgesel talep seviyeleri ve gözlenen verilere uygun sulaklık ve kuraklık özellikleri arasındaki ilişkilere ait grafikleri elde ederek daha etkin tasarım, planlama, işletme ve su yönetimi sağlayabilirler.*

**Anahtar Kelimeler:** Hidroloji; Matematik Modelleme, Kuraklık; Sulaklık; Talep seviyesi; Su Kaynakları Planlaması

\*Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI: 10.24012/dumf.449592

## Giriş

Günümüzün küresel sorunları arasında en önemlilerinden biri iklim değişikliğidir. En önemli denilmesinin sebebi sorunun çözümü ile de ilgili bir durumdur. Bu sorunun çözümü için, uluslararası mutabakata ve önlemlere, uzun bir süreye, en önemlisi de üretim ve tüketim alışkanlıklarımızın gözden geçirilmesine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Çözüme ilişkin sıralanan tüm bu önerilerin uygulamaya konulmasındaki güçlüklerden ötürü, bu şekilde devam edilirse bugün olmasa da yakın gelecekte iklim değişikliği en önemli küresel sorun olacaktır. İklim değişikliğine bağlı problemlere çözüm bulunmaması, özellikle su kaynakları üzerinde pek çok olumsuz etkiye sebep olmaktadır. Bu nedenle su kaynakların her zamankinden daha fazla, sayısal ve sözel veriler ışığında üretilecek bilimsel bilgi ile yönetilmesi ve politikaların belirlenmesi gerekir. Su ihtiyacının arttığı ve değerlendirildiği içinde bulunduğumuz dönemde, belli zamanlarda ihtiyaçtan fazla olan su, özellikle aşırı kurak dönemler için depolanmalıdır. Bu önlemin uygulaması ve su kullanımına yönelik her geçen gün artan taleple birlikte iklim değişikliğinin bu talebi arttıran etkisine karşı, gerek su kaynaklarının ve su sistemlerinin tasarımında ve gerekse mevcut sistemlerin işletilmesi, bakımı, yenilenmesi için bölgesel veri kaynaklı yeni yaklaşım ve araştırmalara ihtiyaç vardır.

Türkiye’ de toplam su tüketiminin, 2004’ ten 2030 yılına kadar yaklaşık olarak üç kat artacağı tahmin edilmektedir (Silkin, 2014). Bu oranda bir su tüketim artışının karşılanabilmesi için, yakın gelecekte havza içi ve havzalar arası su transferler planlarının yapılması gerekecektir. Şartlara bağlı olarak öncelikle, su talebi olan bölgeye en yakın düşen yağış fazlalığı ihtiyaç ölçüsünde tutulmalı ve depolanmalıdır. Plan için ilk olarak gelecek talep tahminlerinin bilinmesi gerekir. Bu tahminlere göre belli süreli meteorolojik ve/veya hidrometeorolojik kayıtlar incelenip, uygun matematik modeller yardımıyla istenen ve/veya mümkün en iyi plan ortaya konulur. Uygulanabilir planlar için, hidrometeorolojik yağış ve akış verilerini kullanan, basit matematik modeller geliştirmek

önemlidir. Ölçülen verilerin sık sık analizi yerine, tercihen zaman zaman güncellenen bilimsel temelli matematik modeller hem iyi bir alternatif hem de uzmanlar açısından daha pratik olacaktır. Ayrıca bu matematik modeller yeterince veri ile doğru ve uygun şekilde oluşturulduğunda gelecek öngörülerinde bulunulabilir.

Matematik modelleme sonucunda pratikte kullanılacak grafiklerin elde edilmesi için, hidrometeoroloji istasyonlarının geçmiş gözlemlerine ve bölgenin talep tahminlerine ihtiyaç vardır. Araştırılan modelde sulaklık ve kuraklık büyüklükleri, rastgele seçilen değişken talep seviyelerine göre tanımlanmıştır. Akış veya yağış verilerinden oluşan bir zaman serisinde, kayıt uzunluğu boyunca, kurak (sulak) dönemlerden sulak (kurak) dönemlere rastgele aralıklarla sıralı sürekli bir geçiş söz konusudur. Bu geçişler ne kadar sık ise bölge o kadar çok sulaklık veya kuraklığa maruz kalır. Kurak dönemlerin sulak dönemler ile dengelenmesi ve bölge insanların ihtiyaçlarının kesintisiz şekilde karşılanabilmesi için, uzmanlar mevcut durumu iyi analiz edip, bölgesel basit ve aynı zamanda pratik modeller geliştirilmelidir. Kuraklık ile karşı karşıya kalındığında, fazla suyun olduğu zamanların önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Sulak zamanlar iyi değerlendirilebilse kuraklık bile yaşansa şiddetini azaltmak mümkün olacaktır.

Kuraklık konusunda literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, genel olarak kuraklık olaylarının içerdiği belirsizliklerden ötürü hesaplamalarda istatistik, ihtimal ve stokastik yöntemlere ağırlık verilmiştir. İlk olarak kuraklıkla ilgili herkesin üzerinde hem fikir olacağı bir tanımlamayı gidişler yöntemi ile Yevjevich (1967)’ de ortaya koymuştur. Zaman içerisinde kuraklık süresi, şiddeti ve çeşitli kuraklık özellikleri üzerine önemli pek çok araştırma yapılmıştır (Yevjevich, 1975; Yevjevich, 1976; Şen, 1976; Şen, 1977; Şen, 1978; Şen, 1980; Şen, 1989; Şen, 1990; Şen, 1998; Beyazıt ve Önöz, 2005).

Kuraklıkla ilgili son dönem çalışmalarında özellikle kuraklığı tanımlamak ve izlemek için genelde uygulamada indislerin üzerinde durulduğu görülmektedir. Bunlar içerisinde çok bilinen ve kullanılanları, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PKŞİ) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisidir (SYİ) (Palmer, 1965; McKee vd., 1993). Ülkemizde de bu indisler kullanılarak çok sayıda araştırma yapılmıştır (Kömüşçü vd, 2003; Yeğnidemir, 2005; Atmaca, 2011; Akbaş, 2013; Tatlı ve Türkeş, 2011; Türkeş vd, 2009).

Bu model çalışmasında kesme seviyesi teorisi gidişler yönteminden esinlenilmiştir (Rodriguez-Iturbe, 1969; Yevjevich, 1967). Çalışma kapsamında değişen ihtiyaç seviyelerine göre, suyun dengelenmesine yönelik sulaklık ve kuraklık özelliklerinin belirlenebildiği, bölgesel kullanılabilir basit ve pratikte uygulanabilir bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Eksiklik (kuraklık) ile fazlalık (sulaklık) çözümlerinin kalıcı ve sürdürülebilir olması için, birlikte mütalaa edilmesinin gerekli olduğu düşünüldüğünden, bu çalışmada bu iki durum da model yaklaşımında dikkate alınmıştır. Çalışmanın temel amacı model kurulumu için yeterli ölçüm verisine sahip bölgelerdeki, kuraklık ve sulaklık özelliklerini ortaya koyan her bir değişken arasında kavramsal, rasyonel ve ampirik eşitliklerin elde edilerek pratik kullanıma sunulmasıdır. Model çözümleri sonucunda elde edilen polinom, üssel ve kuvvet fonksiyonları eşitlikleri yardımıyla kuraklık ve sulaklık özellikleri arasındaki ilişkiler tanımlanmıştır.

## Yöntem

İlk olarak, kuraklık ve sulaklık özelliklerini sayısal değerler üzerinden tanımlayabilmek için, talep miktarı, eşik değer, kritik tasarım seviyesi ve benzer ölçütlere göre, referans kesme seviyesi değerleri belirlenir. Sonra, Şekil 1’ den görüldüğü gibi,  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  değerlerine sahip yağış ve/ya akış verilerinden oluşan bir zaman serisi kullanılarak, belirlenen referans kesme seviyelerine ( $X_K$ ) göre, kuraklık ve

sulaklık dönemleri için modelin diğer değişkenleri (toplam sulak süre, toplam kurak süre, ortalama fazla su miktarı, ortalama eksik su miktarı) elde edilir. Zaman serisine göre değişkenin aldığı her bir değer, belirlenen referans kesme seviyesinden büyükse sulaklık, küçükse kuraklık özellikleri tanımlanmaktadır.

Şekil 1’ de görüldüğü gibi kesme seviyelerine göre, kurak süreler  $S_{K1}, S_{K2}, S_{K3}, \dots$  sulak süreler ise  $S_{S1}, S_{S2}, \dots$  şeklinde tanımlanmıştır. Belirlenen kesme seviyeleri için, zaman serisi boyunca olan toplam kuraklık süresi, parça parça her bir kuraklık süresinin toplanması ile “ $S_{KT}=S_{K1}+S_{K2}+S_{K3}+\dots$ ” şeklinde, toplam sulaklık süresi ise benzer şekilde sulak sürelerin “ $S_{ST}=S_{S1}+S_{S2}+\dots$ ” toplamı olarak ifade edilir.

Her bir kurak ve sulak süreye karşı gelen eksiklik (eksik kalan su miktarlarının toplamı) ve fazlalık değerleri ise (fazla gelen su miktarlarının toplamı)  $E_T=E_{T1}+E_{T2}+E_{T3}+\dots$  ve  $F_T=F_{T1}+F_{T2}+\dots$  şeklinde talep kesme seviyesinin altında ve üstünde kalan alanların kendi içinde toplanması ile hesaplanmıştır (Şekil 1).

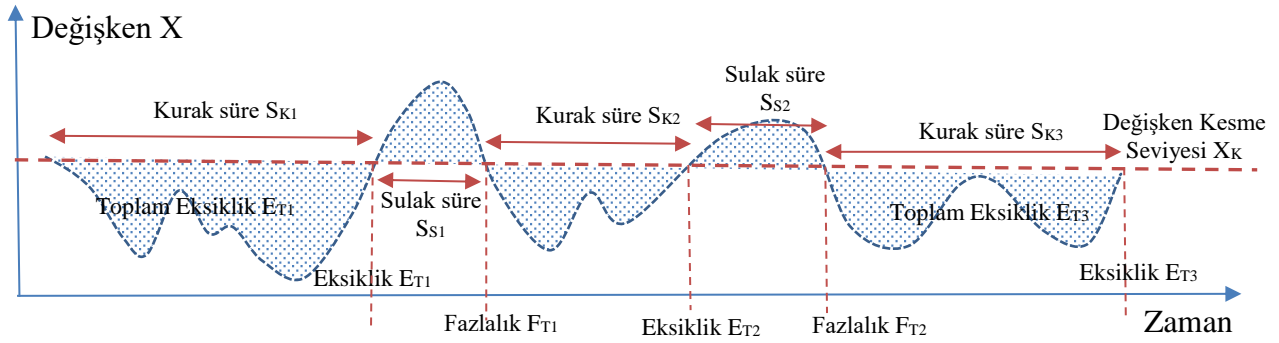
Ortalama fazlalık ve eksiklik miktarı, 1 numaralı eşitlik ile ifade edilmiştir.

$$E_M = \frac{E_T}{S_{KT}}; F_M = \frac{F_T}{S_{ST}} \quad (1)$$

Ortalama yıllık sulaklık süresi ve kuraklık süresi ise 2 numaralı denklem ile verilmiştir. N yıl olarak zaman serisi kayıt uzunluğudur.

$$S_S = \frac{S_{ST}}{N}; S_K = \frac{S_{KT}}{N} \quad (2)$$

Modelde kullanılan bağımsız değişken  $X_K$  ile bağımlı değişkenler  $S_K, S_S, E_M$  ve  $F_M$  arasındaki ilişkiler, kartezyen koordinat takımında ortaya çıkan geometriye uygun, matematik eşitlikler yardımıyla kurala bağlanmıştır.



Şekil 1. Kuraklık ve sulaklık gidiş bileşenleri

Uygulama için her bir referans kesme seviyesi baştan yapılan kabul ile belirlenmiştir. Bunun için verilere uygun, %5, %10, ... , %95 değişim aralıkları istatistiksel yöntemler yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan uygulamalarda, modelin aşırı uç olaylar için bilinen ve yaygın kullanılan matematik fonksiyonlar (üssel, kuvvet, polinom) ile ifade edilemediği görülmüştür. Uç olayları temsil eden aşırı kurak ve aşırı sulak durumlar, %5 altı ve %95 üzeri değerler, için farklı modeller ve matematik fonksiyonlar araştırılabilir.

### Çalışma Alanı

Modelin uygulama bölümü için Türkiye' den üç istasyon seçilmiştir. Bunların ikisi meteoroloji yağış gözlem istasyonu ve biri akım gözlem istasyonudur. Yağış istasyonları Diyarbakır ve Ankara illerinde yer almaktadır. Akım istasyonu ise Ergene havzasında Kırklareli ili Lüleburgaz ilçesindedir. Yağış verileri 1931-2010 yılları arasındaki, akım verileri ise 1957-2013 yılları arasındaki aylık verilerden oluşmaktadır.

Diyarbakır ili Güneydoğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Yaz ayları sıcak, kış ayları bir hayli soğuk geçer. 1931-2010 yılları ortalama aylık yağış kayıtları incelendiğinde en fazla yağış Ocak ayında 73.09 (mm/ay), en az yağış ise Ağustos ayında 1.89 (mm/ay) görülmüştür. Yağışlar Ekim ayından başlayarak Mayıs ayına kadar devam eder. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları oldukça kurak geçer. Hatta bazı yıllarda bu aylarda hiç yağış olmamıştır.

Diğer yağış istasyonunun olduğu Ankara ilinde seçilen yağış istasyonu 1931-2010 verileri uzun yıllar ortalamasına göre Mayıs ayında 51.11(mm/ay) en fazla yağış görülmüştür. Sırasıyla Nisan ayı ortalamaları 44.71(mm/ay) ve Aralık ayı ortalaması ise 44.43 (mm/ay) dir. Ocak 39.56 (mm/ay), Şubat 36.25 (mm/ay), Mart 36.59 (mm/ay), Haziran 33.71 (mm/ay) ve Kasım 32.40 (mm/ay) ayları uzun dönem ortalama yağış miktarları hemen hemen birbirine yakın seyretmektedir. Ağustos ayı ortalama 10.40 (mm/ay) ile en az yağışın görüldüğü ay olmuştur.

Lüleburgaz Akım gözlem istasyonu Kırklareli ilinde Marmara bölgesinde yer almaktadır. Ergene havzasında bulunan istasyon 1948 yılında açılmıştır. Yaklaşık 2794 km<sup>2</sup> bir yağış alanına sahiptir. Uzun yıllar ortalamalarına göre Şubat ayı, akım debisinin 21.12 m<sup>3</sup>/sn en yüksek olduğu zamandır. Ocak, Mart ve Aralık aylarında ortalama akım debileri sırasıyla 17,87-17.24-16.82 m<sup>3</sup>/sn dir. Temmuz, Ağustos ve Eylül en kurak aylardır. Bu aylarda gözlenen ortalama akım debileri uzun dönem kayıtlarına göre 2.39-2,01 ve 2.60 m<sup>3</sup>/sn dir. Temmuz, Ağustos ve Eylül akım debileri incelendiğinde sifıra yakın değerler vardır. 1961, 1972 ve 1974 yılları Temmuz, Ağustos ve Eylül en kurak aylar olmuştur. 2013, 1963, 1966 ve 1998 Aralık, Ocak, Şubat ve Mart en sulak aylardır. 52 Yıllık veri kaydı içerisinde 1963 Şubat ayı 99.93 m<sup>3</sup>/sn debi ile en yüksek akımın görüldüğü ay olmuştur. 1962 Ağustos ayında istasyonun olduğu nehir kurduğu için, akım ölçüm debisi sıfır olarak kayıtlara geçmiştir.

Tablo 1. Seçilen istasyonlara ait bilgiler

İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem N°	Boylam E°	Yükseklik (m)
Ankara	17130	39,9727	32,8637	891
Diyarbakır	17280	37,8973	40,2027	674
Lüleburgaz	D01A008	41°21'3"	27°21'6"	38



Şekil 2. İstasyon yerleşim planı

## Uygulama

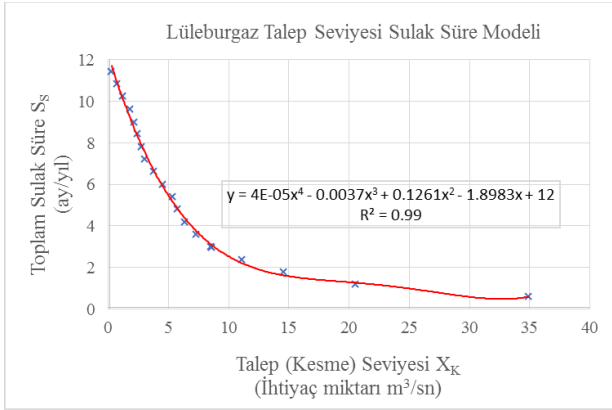
Bu makalede kuraklık ve sulaklık üzerine değerlendirmede bulunmak için, hidrometeorolojik değişkenler içerisinde yağış ve akış verileri seçilmiştir. Lüleburgaz, Diyarbakır ve Ankara istasyonları için, Tablo 2’de düzenlenen verilerin belli yüzdeliklerine karşı gelen kesim seviyeleri referans alınarak, kuraklık ve sulaklık özelliklerinin saçılımları ve modelleri elde edilmiştir. Ayrıca verilerin bazı istatistik özellikleri aynı tabloda görülmektedir. Akım verilerinin kullanıldığı model sonucu elde edilen sulaklık ve kuraklığa ait grafikler Şekil 3 ve Şekil 8 arasında gösterilmiştir. Talep seviyesi ile ortalama fazla su miktarı ve ortalama eksik su miktarı arasındaki ilişki Şekil 4 ve Şekil 6’da kuvvet fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Eksik su miktarı modelinin verileri daha iyi yansıttığı görülmüştür. Talep seviyesi ile sulak süre ve kurak süre modeli Şekil 3 ve Şekil 5’te görüldüğü gibi dördüncü dereceden polinom olarak ifade edilmiştir. Şekil 7’de talep seviyesi ile ortalama eksik ve fazla su miktarı ilişkisi, Şekil 8’de ise talep seviyesine göre kurak ve sulak süre grafikleri birlikte verilmiştir.

Tablo 2. Uygulama bölgeleri istatistikleri

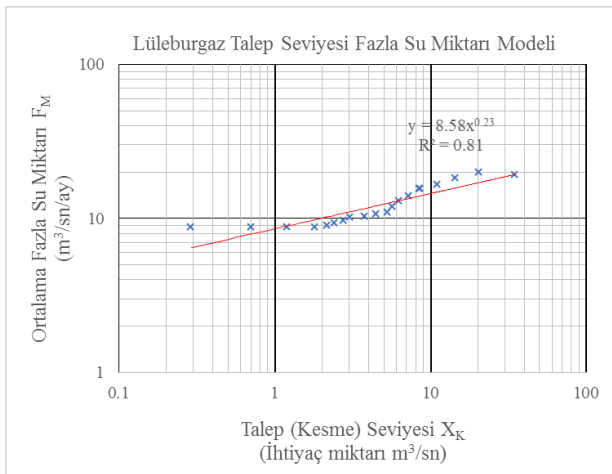
Bölgeler	Lüleburgaz	Diyarbakır	Ankara
Veri sayısı	684	960	960
Ortalama	8.596	41.18	32.41
Standart Hata	0.485	1.36	0.81
Ortanca Değeri	4.51	29.00	27.70
Mod	0.28	0	0
Standart Sapma	12.68	42.24	25.20
Varyans	161	1784	634
Çarpıklık	3.27	0.99	0.94
Basıklık	12.77	0.30	0.54
Veri aralığı	99.93	210.30	122.40
Minimum	0	0	0
Maksimum	99.93	210.30	122.40
<b>Yüzde</b>	<b>Referans Kesme Seviyeleri (X<sub>K</sub>)</b>		
5%	0.29	0	1.80
10%	0.71	0.50	3.90
15%	1.21	1.07	6.20
20%	1.82	1.90	8.80
25%	2.18	3.22	12.43
30%	2.44	5.39	15.13
35%	2.77	8.60	18.40
40%	3.07	13.60	20.94
45%	3.80	21.85	24.40
50%	4.51	29.00	27.70
55%	5.34	36.20	30.90
60%	5.76	45.26	34.78
65%	6.35	52.63	38.07
70%	7.32	59.60	41.59
75%	8.51	67.50	47.30
80%	11.09	80.48	52.00
85%	14.56	88.97	59.67
90%	20.55	102.84	67.50
95%	34.93	123.20	82.29
99%	67.16	160.66	109.02

Bu örnek grafikler üzerinden belirlenen 10 m<sup>3</sup>/sn lik bir talep için, yılda ortalama 9.7 ay kuraklık süresi, 2.3 ay sulaklık süresi ortaya çıkmıştır. Bu talep için Şekil 7 yardımıyla, aylık ortalama eksik ve fazla su miktarları tespit

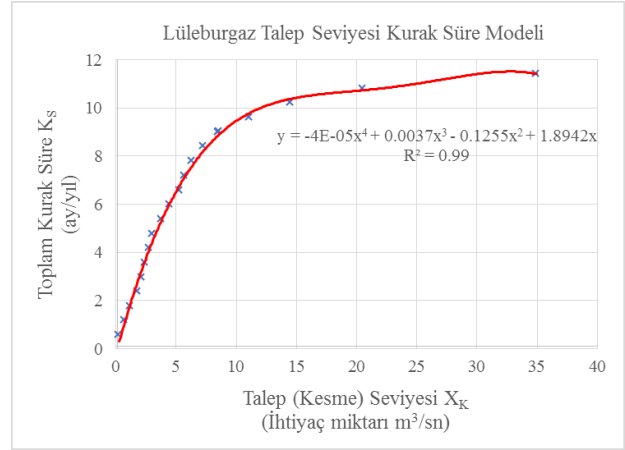
edilebilir. Modelde verilen tüm grafikler kullanılarak, talep seviyesine göre kurak dönem ve sulak dönem süreleri yıllık ortalama eksik ve fazla su miktarları ve tüm süreler boyunca denge durumu için gereken toplam miktarlar hesaplanabilir. Bu şekilde kuraklık ve sulaklık grafiklerinden faydalanarak bölgedeki talep seviyesine uygun planlama yapılabilir. Model grafiklerine ait  $R^2$  değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür.



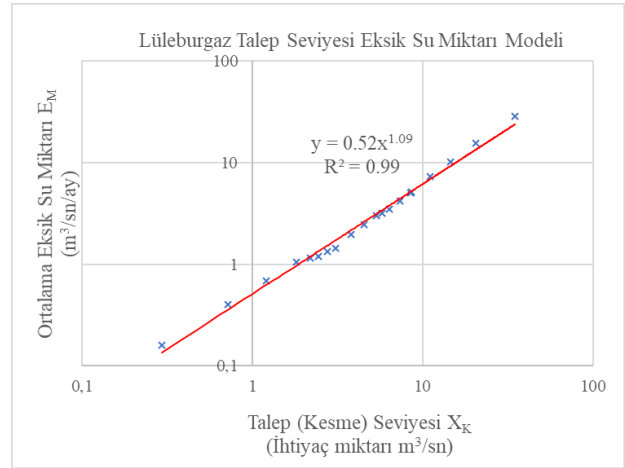
Şekil 3. Lüleburgaz talep seviyesi sulak süre modeli



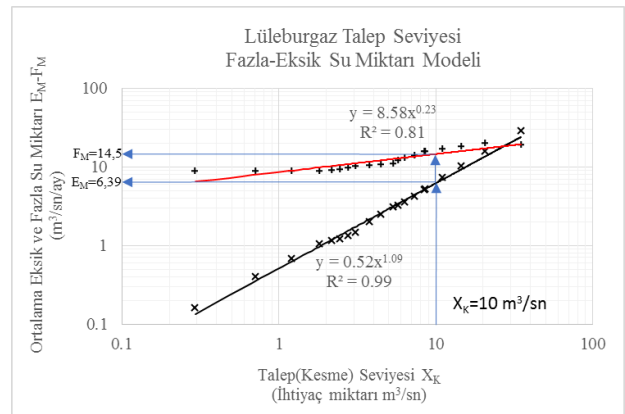
Şekil 4. Lüleburgaz talep seviyesi ortalama fazla su miktarı modeli



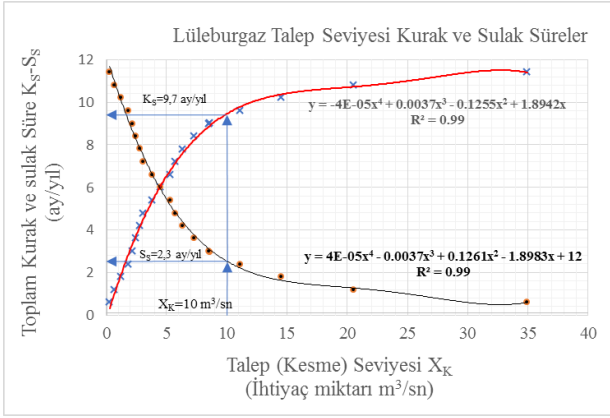
Şekil 5. Lüleburgaz talep seviyesi kurak süre modeli



Şekil 6. Lüleburgaz talep seviyesi ortalama eksik su miktarı modeli

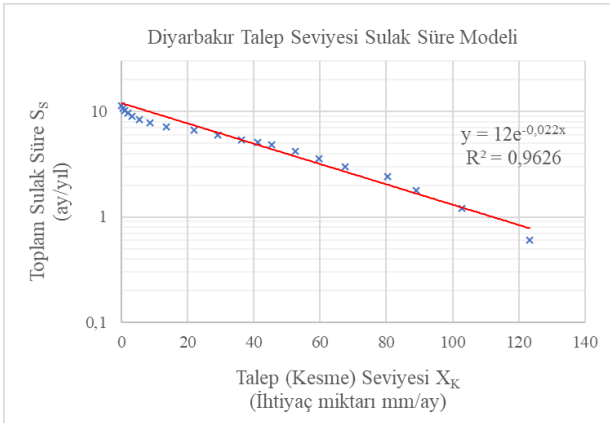


Şekil 7. Lüleburgaz talep seviyesi ortalama fazla ve eksik su miktarı modeli

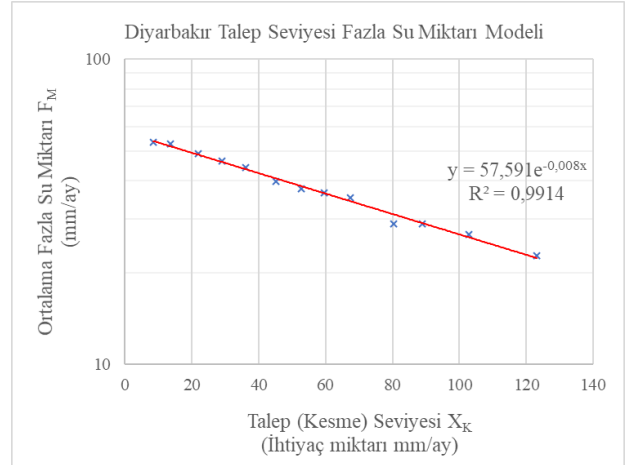


Şekil 8. Lüleburgaz talep seviyesi kurak ve sulak süre modeli

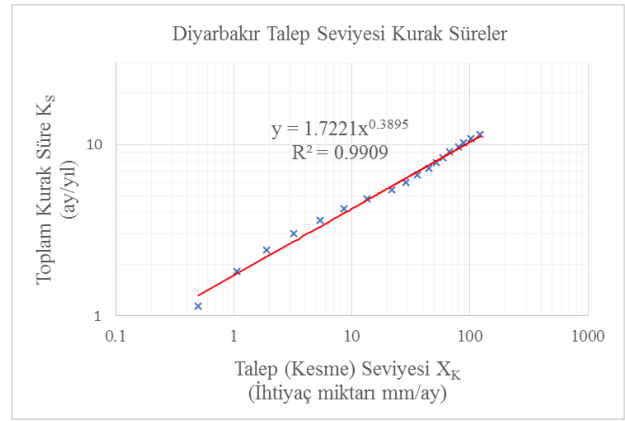
Diyarbakır model sonuç grafikleri Şekil 9 ile Şekil 12 arasında verilmiştir. Sulak süre modeli üssel fonksiyon ile ifade edilirken, kurak süreler kuvvet fonksiyonu ile tanımlanmıştır. Kesme seviyelerine göre fazla olan ve eksik kalan su miktarları arasındaki en iyi ilişkiye regresyon yardımıyla karar verilmiştir (Şekil 10 ve 12). İhtiyaç miktarı arttıkça sulak sürelerin azaldığı ve kurak sürelerin buna karşı arttığı Şekil 9 ve 11’ den açıkça görülebilmektedir.



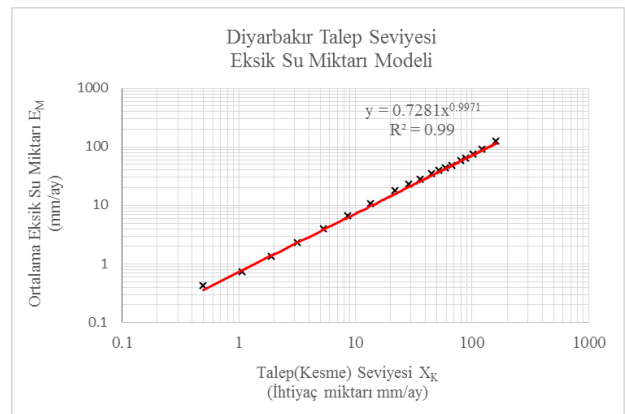
Şekil 9. Diyarbakır talep seviyesi sulak süre modeli



Şekil 10. Diyarbakır talep seviyesi ortalama fazla su miktarı modeli

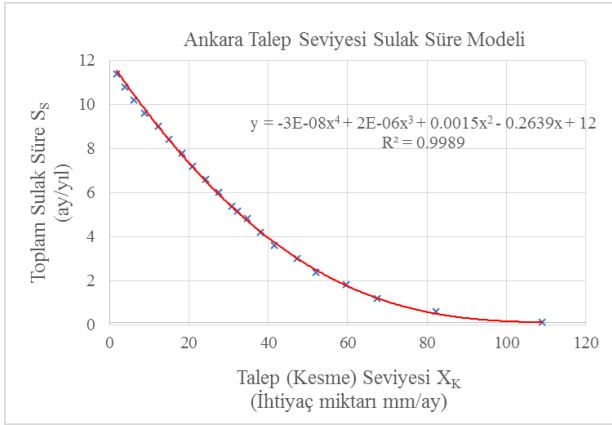


Şekil 11. Diyarbakır talep seviyesi kurak süre modeli

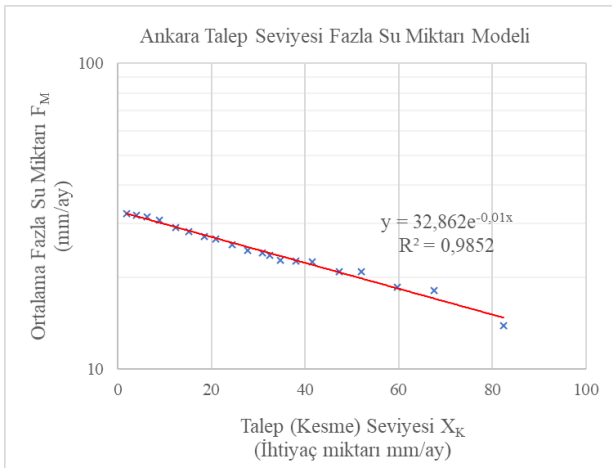


Şekil 12. Diyarbakır talep seviyesi ortalama eksik su miktarı modeli

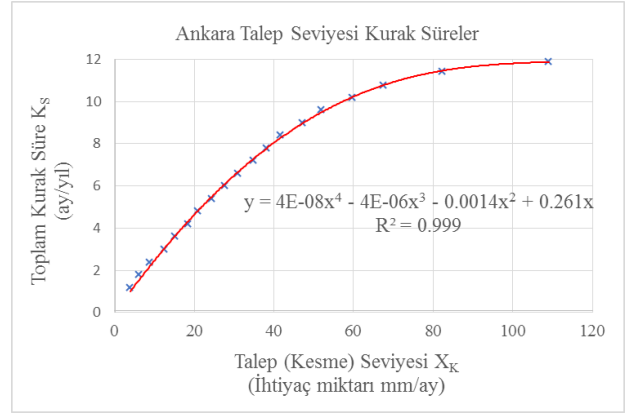
Ankara istasyonu içinde diğer iki istasyona benzer yorum ve değerlendirmelerde bulunulabilir. Talep seviyesine göre sulak süre ve kurak süre modelleri 4.dereceden polinom ile tanımlanmıştır. Ortalama eksik su miktarı kuvvet fonksiyonu ile fazla su miktarı ise üssel matematik eşitlikler ile ifade edilmiştir. Model sonucu  $R^2$  değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum model teorik eğrilerinin mekanik olarak verileri iyi temsil ettiğini göstermektedir.



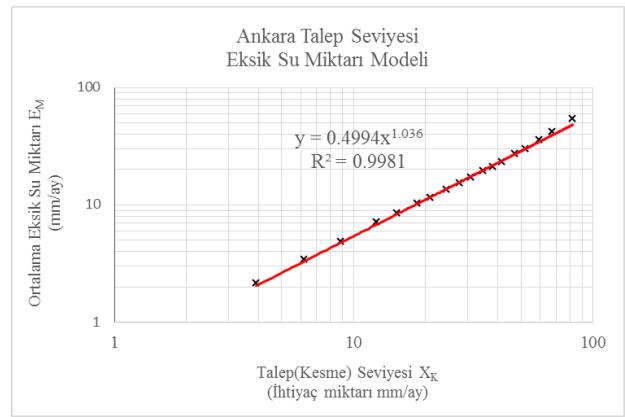
Şekil 13. Ankara talep seviyesi sulak süre modeli



Şekil 14. Ankara Talep seviyesi ortalama fazla su miktarı modeli



Şekil 15. Ankara Talep seviyesi kurak süre modeli



Şekil 16. Ankara Talep seviyesi ortalama eksik su miktarı modeli

## Sonuç ve Tartışma

Türkiye'nin de içinde bulunduğu birçok bölge iklim değişikliği ile kuraklık tehlikesi altında olup bu durum zamanla artan bir gidiş (trend) göstermektedir. Bu çalışma kuraklık analizlerinin çözümüne yönelik kullanılabilir aynı zamanda sulak durumda değerlendirmesini yapan yeni bir matematik model yaklaşımı sunmaktadır. Kuraklık ve sulaklık karakteristikleri ile talep arasındaki matematik ilişkiler toplanmış veriler yardımıyla yüksek açıklama bilirlirlikle ifade edilmiştir. Benzer modeller su kaynaklarının planlaması ve yönetimi için alternatif matematik fonksiyonlar denenerek de geliştirilmelidir.



## Kaynaklar

- Akbaş, A., (2013). Türkiye’de Palmer kuraklık indisine göre kuraklığın alansal ve zamansal değişiminin incelenmesi, *Yüksek lisans tezi*, Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Atmaca, D., (2011). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Konya ilinde bölgesel kuraklık analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.
- Beyazıt, M., ve Önöz, B., (2005). Probabilities and return periods of multisite droughts, *Hydrological Sciences Journal*, **50**, 4, 605-615.
- Kömüşçü, A, Ü., Erkan, A., ve Turgu, E., (2003). Normalleştirilmiş yağış indeksi (SPI) metodu ile Türkiye’ de kuraklık oluşum oranlarının bölgesel dağılımı, *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, İstanbul.
- McKee, T, B., Doesken, N, J., Kleist, J., (1993). The relationship of drought frequency and duration of time scales, *Presented at the Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society.
- Palmer, W, C., (1965). Meteorological Drought. Weather Bureau Research Paper, No. 45, U.S. Department of Commerce, Washington. D.C.
- Rodríguez-Iturbe, I., (1969). Applications of the theory of runs to hydrology, *Water Resources Research*, **5**, 6, 1422-1426.
- Silkin, H., (2014). İklim Değişikliğine Uyum Özelinde Bazı Uygulamaların Türkiye Açısından Değerlendirilmesi, *Uzmanlık Tezi*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Şen, Z., (1976). Wet and dry periods of annual flow series, *Journal of the Hydraulics Division*, **102**, 10, 1503-1514.
- Şen, Z., (1977). Run-Sums of Annual Flow Series, *Journal of Hydrology*, **35**, 311-324.
- Şen, Z., (1978). Autorun analysis of hydrologic time series, *Journal of Hydrology*, **36**, 75-85.
- Şen, Z., (1980). Regional drought and flood frequency analysis, *Journal of hydrology*, **46**, 3-4, 265-279.
- Şen, Z., (1989). The Theory of Runs With Applications to Drought Prediction-Comment, *Journal of Hydrology*, **110**, 383-391.
- Şen, Z., (1990). Critical drought analysis by second order Markov chain, *Journal of Hydrologic Engineering*, **120**, 183-202.
- Şen, Z., (1998). Probabilistic formulation of spatio-temporal drought Pattern, *Theor Apply Climatology*, **61**, 197-206.
- Tatlı, H., ve Türkeş, M., (2011). Empirical orthogonal function analysis of the Palmer Drought Indices, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 981-991.
- Türkeş, M., Akgündüz, A, S., ve Demirörs, Z., (2009). Palmer Kuraklık İndisi’ ne göre İç Anadolu Bölgesi’nin Konya Bölümü’ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7, 129-144.
- Yeğnidemir, M, K., (2005). İç Anadolu Bölgesinin standartlaştırılmış yağış indis metodu ile kuraklık analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Yevjevich, V., (1967). An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts, *Hydrology Papers*, 23.
- Yevjevich, V., (1975). Analytical Investigation of Drought of Stationary Time Series Using Negative Runs, *Hydrology Paper*, Colorado State University. Fort Collins. Colorado.
- Yevjevich, V., (1976). Area-Deficit-Intensity Characteristics Of Drought. *Hydrology Paper*, No:87, Colorado State University.

## Dry and wet period analysis by demand level

### Extended abstract

*In order to eliminate the problems of drought or to reduce their adverse impact, they are needed to be subjected to further research for better balance with least damage. If equilibrium cannot be ensured, then drought process starts with meteorological type leading to hydrological and then agricultural and social droughts. Due to increasing population and water use, drought events have increased in occurrence and severity indicating their importance. Researchers and experts work more efficiently for harvesting and storing more water for solution of drought deficit water.*

*In this research, some mathematical equations of significant importance for drought mitigation are derived. Furthermore, mathematical relations are also derived between drought (dry) and wet spell features based on a set of demand (threshold-cut) levels. It has been observed that the geometric relation between demand quantities, drought and wet periods, average total deficit and surplus amounts in the forms of exponential, polynomial and power functions.*

*Three stations are selected for model applications in this research study. The two precipitation stations are in Diyarbakır and Ankara. The stream gauging station is located in the Lüleburgaz. Mathematical relations between drought and wet characteristics are expressed with the help of equations which are theoretically developed with high clarity with the help of data.*

*At each truncation (threshold) level, the duration of drought and wet, in addition the average total deficit and the average total surplus values are determined. In order to examine the relation between the threshold level ( $X_K$ ) and each variable ( $S_K$ ,  $S_S$ ,  $E_O$ ,  $F_O$ ), the most appropriate functional forms determined by regression analysis within a confidence interval of 5%.*

*Based on the Lüleburgaz station data, mathematical expressions according to threshold level are expressed as power and polynomial function after applying regression method. Within the graphs, the mathematical expression of the function between the threshold level and drought duration model appears*

*as fourth degree polynomial equation type. The wet model for Diyarbakır is has also exponential function, but the law mathematical equaiton is valid for drought condition. It is possible to make similar comments for Ankara station according to the other two stations. In the application for the Ankara station,  $R^2$  values are more than 98%.*

*This work includes a new mathematical approach to analysis of drought that can be used also to solve wet spell analyzes. With the improving of the equations obtained in this research one can make estimations for future concerning dry and wet spell features.*

**Keywords:** Hydrology; Mathematical Modeling; Drought; Wet; Demand Level; Water Resources Planning