



STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDEKSİ (SYİ) YÖNTEMİ İLE KURAKLIK ANALİZİ VE KAKLIK (HONAZ-DENİZLİ) OVASINDAKİ YERALTISUYU DEĞİŞİMİ

Fatma AKSEVER*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Kaklık,
(Honaz-Denizli) ovası,
Yeraltısuyu değişimi,
Standartlaştırılmış
yağış indeksi (SYİ),
Kuraklık analizi.

Öz

Kaklık (Honaz) Ovası, Ege Bölgesi'nde Denizli ilinin doğusunda bulunmaktadır. Kaklık Ovası, Batı Anadolu'nun en büyük nehri olan Büyük Menderes Nehir havzasının alt havzası konumundaki Yukarı Çürüksu havzasında bulunan Honaz alt havzası içerisinde yer alır. Çalışma alanının temelini otokton konumlu Üst Jura yaşlı Babadağ kireçtaşı oluşturmaktadır. Bölgede Bodrum Napı'na ait Mesozoyik yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı, kristalize kireçtaşı ve mermerlerden oluşan Ortadağ formasyonu allokton birimdir. Kuvaterner yaşlı birimler ile kumtaşı, kiltası, silttaşı, kireçtaşı, konglomera ve marndan oluşan Senozoyik yaşlı birimler çalışma alanının örtü kayalarındır. Çalışma alanında alüvyon, konglomera, traverten ve kireçtaşı birimlerinden yeraltısuyu alınmaktadır. Bu çalışmada Kaklık ovasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile 1975-2018 yılları arasında 44 yıllık kuraklık analizi yapılmıştır. 12 aylık SYİ değerlerine göre; 44 yıl süresince toplam 13 ay "çok kurak" kategorisinde gözlenmiştir. 2003-2015 yılları arasında sondaj kuyularında ölçülen statik seviye değerlerine göre ovadaki yeraltısuyu miktarı 1-3 m arasında değişmektedir.

DROUGHT ANALYSIS WITH STANDARD PRECIPITATION INDEX (SPI) METHOD AND GROUNDWATER EXCHANGE IN THE KAKLIK (HONAZ-DENİZLİ) PLAIN

Keywords

Kaklık,
(Honaz-Denizli) plain,
Groundwater exchange,
Standard precipitation
index (SPI),
Drought analysis.

Abstract

Kaklık (Honaz-Denizli) plain is located in the Aegean Region and in the east of the Denizli province. The location of the plain is the Honaz sub-basin of the Yukarı Çürüksu sub-basin. The basin is sub-basin of the Büyük Menderes River basin, which is the largest river basin in Western Anatolia. The basement of the study area is the Upper Jurassic aged autochthonous Babadağ limestone consisting of clayey limestone, sandy limestone and chertic-micritic limestones. The allochthonous unit is Mesozoic aged Ortadağ formation which consists of the dolomite, dolomitic limestone, crystallized limestone and marbles of the Bodrum Nappe. Quaternary units and Cenozoic units which is comprised sandstones, claystones, siltstones, limestone, conglomerate and marl is the cover rocks of the study area. In this study, 44 year drought analysis was performed between 1975-2018 years with Standardized Precipitation Index method (SPI). According to the 12-month SPI values; during the 44 years, a total of 13 months was "very dry" category. According to the static level measurements in 2003-2015 years, the groundwater levels in the plain varies between 1-3 m.

Alıntı / Cite

Aksever, F., (2019). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi İle Kuraklık Analizi Ve Kaklık (Honaz-Denizli) Ovasındaki Yeraltısuyu Değişimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(1), 152-160.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

F. Aksever, 0000-0002-9907-8451

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	20.12.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	09.01.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	10.01.2019
Yayın Tarihi / Published Date	25.03.2019

1. Giriş

Büyük Menderes Nehir havzası Türkiye'nin en geniş

nehir havzasıdır. Yüzeysel suyu açısından oldukça verimli bir yapıya sahip olan havza çok sayıda alt havzaya ayrılmaktadır. Çalışma alanı, Aşağı Büyük

* İlgili yazar / Corresponding author: fatmaaksever@sdu.edu.tr, +90-246-211-1322

Menderes nehir havzasına ait Yukarı Çürüksu alt havzasının doğusunda yer alan Honaz alt havzasında yer almaktadır. Honaz alt havzası batıda Honaz ovası doğuda Kaklık ovası olmak üzere 2 ayrı ovidan oluşmaktadır. Kaklık ovası, Kocabaş yerleşim merkezinin kuzeyinden başlayarak doğuya doğru uzanır. Ova doğuda Bozkurt ovasına güneybatıda ise Honaz ovasına açılır (Şekil 1). Ovanın yüzölçümü 60 km² iken, denizden yüksekliği 600 m civarındadır (DÇDR, 2015).

2. Araştırma Bulguları

2.1. Jeoloji

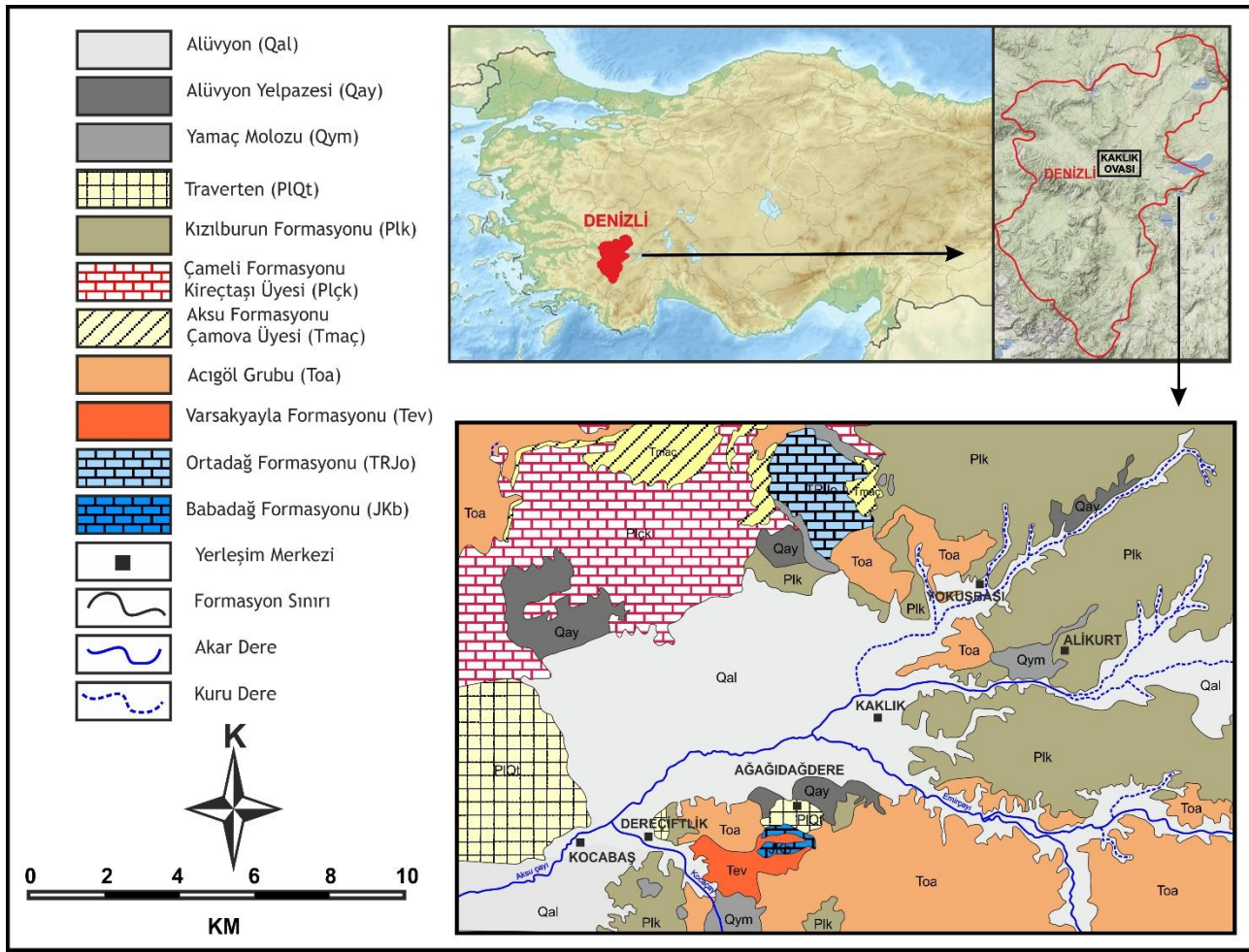
Çalışma alanında otokton, Bodrum napı, örtü kayaları ve neotokton konumlu kayalar bulunmaktadır. Çalışma alanındaki otokton birim, temel kaya olan Babadağ formasyonu (JKb)'dur. Ortadağ (TRJo) formasyonu ise Bodrum napını temsil etmektedir. Varsakyayla formasyonu (Tev) ve Acıgöl grubuna (Toa) ait birimler örtü kayalarını oluşturmaktadır. Aksu formasyonuna ait Çamova üyesi (Tmaç), Çameli formasyonuna ait Kireçtaşı üyesi (Plçk), Kızılburun formasyonu (Plk), traverten (PlQt), yamaç molozu (Qym), alüvyon yelpazesi (Qal) ve alüvyon (Qal) birimleri çalışma alanında geniş mostralara veren neotokton konumlu kayalardır (Şekil 2).

Çalışma alanının temel kayası otokton konumlu Babadağ formasyonu (Erakman vd., 1982)' dur. Üst Jura-Üst Kretase yaşlı birim, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve çört bantlı mikritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bodrum napına ait Ortadağ formasyonu (Öztürk, 1981), orta-kalın tabakalı, külrengi kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşı ile başlar. Orta kalın tabakalı, koyu kül rengi mikritik kireçtaşlarına geçer ve mikrit ile kalkarenitler ile son bulur (Öcal ve Göktaş, 1982). Orta Triyas-Jura yaşlı birim çalışma alanının kuzey ve kuzeybatısında oldukça geniş alanlarda yayılım göstermektedir. Kötü boylanmalı, genelde ofiyolitlerden türeme koyu gri, yeşil renkli konglomera ve resifal kireçtaşı ile başlayıp üste doğru kumtaşı-şeyl ardalanması ve yer yer kiltası, silttaşı, marn ve kumlu kireçtaşı ile sonlanan Üst Eosen yaşlı Varsakyayla formasyonu (Poisson, 1977), Ortadağ formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen örtü kayalardandır. Orta Oligosen yaşlı Acıgöl grubu (Göktaş vd., 1989), masif, çok kalın tabakalı, koyu renkli, orta-kötü boylanmalı, kısmen derecelenmeli konglomeralar ile başlar, üstte gri, bej, yeşil, sarımsı kahve ve kırmızı renge dönüşür. Yer yer kumtaşı ile çakıllı çamurtaşları seviyeleri içeren Acıgöl grubu Varsakyayla formasyonunu açısız uyumsuzlukla örtmektedir. Konglomeralardan oluşan Aksu formasyonunun üyesi olan Çamova üyesi (Yalçınkaya vd., 1986), karasal karakterde kumtaşı, çamurtaşı ve marnlardan oluşmaktadır (Şenel, 1997a). Üst Miyosen

yaşlı birim çalışma alanının kuzeybatısında dar alanlarda yayılım göstermektedir. Çalışma alanında neotokton konumlu Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı çeşitli karasal sistemlerde gelişmiş kayalar da bulunmaktadır. Tabanda kötü boylanmış, genelde blok boyutlu çakiltası ve kumtaşı ile başlayan Kızılburun formasyonu (Simşek, 1984), üst seviyelere doğru silttaşı ve kiltası ile sonlanır. Birimin yaşı Üst Miyosen-Pliyosen'dir. Kiltası, marn, kumtaşı, çakiltası, konglomera, çamurtaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve travertenden oluşan Çameli formasyonu (Erakman vd., 1982), çalışma alanında Kireçtaşı üyesi şeklinde geniş yayılımlar sunmaktadır. Pliyosen yaşlı Çameli formasyonunun en üst seviyesi olan Kireçtaşı üyesi, kirli beyaz, bej, gri renkli ince-orta tabakalı, kireçtaşı ve travertenlerle temsil edilir. Çalışma alanındaki travertenler masif mostralara haricinde gevşek tutturulmuş, yuvarlak çakıllı konglomera, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Eski akarsu ve göl kenarlarında depolanan karasal, karbonatlı kayaç Üst Pliyosen - Pleyistosen'dir. Dağ yamaç ve eteklerinde köşeli çakıllı, gevşek veya az derecede tutturulmuş malzemeden oluşan yamaç molozu, ova kenarlarında gevşek, köşeli, veya yuvarlak çakıl, kum ve çamurtaşlarından oluşan alüvyon yelpazesi ve akarsu yataklarında, çöküntü alanlarında ve ovada kum, çakıl ve çamur birikintilerinin oluşturduğu alüvyon çalışma alanındaki Kuvaterner yaşlı birimlerdir (Özler, 1996; Şenel, 1997b), (Şekil 2).

2.2. Hidrojeoloji

Çalışma alanındaki jeolojik birimler hidrojeolojik özelliklerine göre değerlendirildiğinde "taneli ortam akiferi, karstik kaya ortamı ve akitard ortam" olmak üzere 3 sınıfa ayrılmaktadır. Kaklık ovasını oluşturan ve oldukça geniş bir yayılıma sahip olan alüvyon ile yamaç molozu ve alüvyon yelpazesi gözenekli yapıları ile yüksek oranda su bulundurabilen ve ekonomik oranlarda yeraltı suyu alınabilen "taneli ortam akiferi" olarak nitelendirilmiştir. Killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve çört bantlı mikritik kireçtaşlarından oluşan Babadağ formasyonu, kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşından oluşan Ortadağ formasyonu, Çameli formasyonuna ait Kireçtaşı üyesi ve travertenler, bol kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklu karstik yapıları ile geçirimli özellik sunmaktadır ve "karstik kaya ortam" olarak tanımlanmıştır. Ovanın güneyini ile kuzeyini kaplayan ve benzer litolojilere sahip olan Varsakyayla formasyonu, Kızılburun formasyonu, Aksu formasyonuna ait Çamova üyesi ve Acıgöl grubu birimleri içerdiği çakiltası, kumtaşı ve kireçtaşı seviyeleri ile geçirimli iken kiltası, silttaşı, çamurtaşı ve marn seviyelerinin varlığı ile geçirimsizlikleri artmaktadır. Bu nedenle birimler yarı geçirimli özelliğe sahip olup, "akitard ortam" olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Şenel, 1997a, 1997b; FUGROSİAL, 2014)

2.3. Hidroloji

2.3.1. Su Noktaları

2.3.1.1. Yüzeysel Akış

Kaklık ovasındaki en önemli yüzeysel akış, Aksu çayıdır. Çalışma alanının doğusundan doğan Alikurt dere ile güneydoğudan gelen Emirçay birleşerek Aksu çayını meydana getirmektedir. Ayrıca yan kollar olarak kuzey ve güney yönünde akan çok sayıda küçük dereler ve kaynaklar da Aksu çayını besler konumdadır. Aksu çayı, Kaklık ovasını doğu-batı yönünde kat etmektedir. Batıda ovayı terk ederek Honaz ovasında Honaz çayı adını almaktadır. Honaz çayı ise Çömleksaz köyü civarında akarak Sarıçay ile birleşip Çürüksu çayı adı ile akmaya devam eder. Çürüksu çayı suları ise Sarayköy'ün 3 km kuzeyinde Büyük Menderes Nehri'ne karışmaktadır.

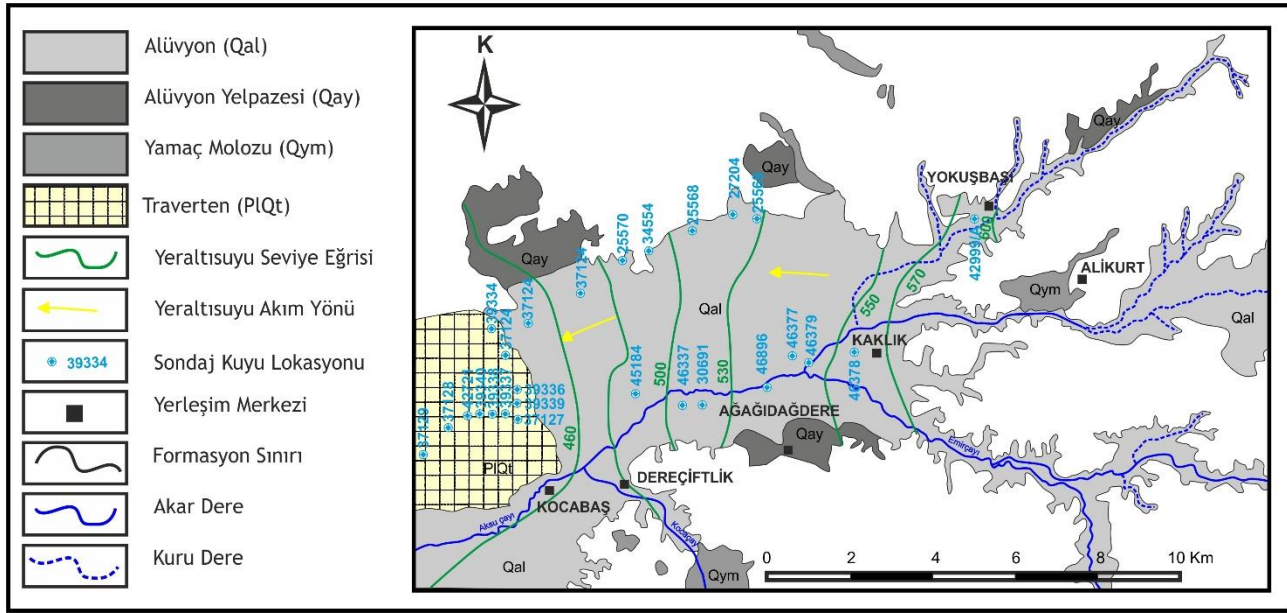
2.3.1.2. Sondaj Kuyuları ve Yeraltısu Dinamiği

Kaklık ovasında Aydın Devlet Su İşleri (DSİ) 21. Bölge Müdürlüğü, İl Özel İdaresi, İller Bankası ve özel şahıs tarafından açılmış çok sayıda sondaj kuyusu yer almaktadır. Ovada sondaj kuyuları içme, kullanma ve

sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ovada açılan sondaj kuyularının derinlikleri 34-300 m arasında değişmektedir. Sondaj kuyularında alüvyon, konglomera, traverten ve kireçtaşı birimlerinden su alınmaktadır (Tablo 1). Kaklık, Dereçiftlik ve Kocabaş köylerinde açılmış sondaj kuyularında hesaplanan iletimlilik değerlerine göre ovada genellikle traverten ve konglomera kesilmiş kuyularda iletimlilik yüksek iken, alüvyonun çakıllı-kumlu seviyelerinin kesildiği kuyularda iletimlilik orta düzeydedir (FUGROSİAL, 2014) (Tablo 2).

Ovada genellikle yaz aylarında sondaj kuyularından sulama amaçlı çekilen su miktarı artmaktadır. 2014-2015 yılı süresince DSİ 21. Aydın Bölge Müdürlüğü Denizli Toprak-Su Kooperatiflerince İşletilen Sulama birlikleri tarafından Kaklık mevkiinde 8 adet sondaj kuyusu ile 430 Ha, Yokuşbaşı mevkiinde 6 adet sondaj kuyusu ile 120 Ha olmak üzere toplam 550 Ha'lık alanda sulama gerçekleştirilmiştir (DÇDR, 2015).

Kaklık ovasında FUGRO-SİAL (2014) tarafından yapılan yeraltısu seviye haritasında yeraltısu akım yönü ovanın doğusundan batısına doğru olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanının yerlatisu seviyesi haritası (FUGROSİAL, 2014; DSİ, 2015)

2.3.2. İklim

Kaklık ovasında sıcak ve ılıman bir iklim hâkimdir; Ovada kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Çalışma alanında Kaklık ve Honaz'da bulunan Devlet Meteoroloji istasyonlarında 2015 yılından günümüze kadar sıcaklık ve yağış ölçümü yapılmadığı için veriler yetersizdir. Bu nedenle iklime bağlı trendlerin hesaplanmasında çalışma alanını temsilen Denizli iline ait Devlet Meteoroloji İstasyonu (DMİ) verileri kullanılmıştır.

Tablo 1. Kaklık ovasındaki sondaj kuyularının teknik özellikleri (DSİ, 2015)

No	Kuyu No	Koordinat			Derinlik (m)	Temsil Ettiği Akifer
		X(D)	Y(K)	Z(m)		
1	20020	700200	4186422	373	206	Kçt.+Kong.
2	25568	708839	4192534	486	182	Traverten
3	25569	709946	4192928	525	250	Kireçtaşı
4	25570	706795	4192559	484	245	Kireçtaşı
5	27204	709562	4192992	531	100	Al.+Kçt.
6	30691	710283	4187927	534	300	Trv.+Kçt.+Kong.
7	34554	707939	4192110	485	111	Traverten
8	34555	707365	4192287	483	87	Traverten
9	37124	706583	4191285	478	100	Trv.+Kçt.+Kong.
10	37125/B	705081	4190736	481	34	Traverten
11	37126	705061	4190120	479	114	Traverten
12	37127	705326	4188767	463	100	Traverten
13	37128	704119	4188834	465	99	Al.+Trav.
14	37129	703000	4188239	425	100	Traverten
15	39334	704810	4190571	480	60	Traverten
16	39336	705356	4189353	486	100	Traverten
17	39337	705058	4188884	465	100	Traverten
18	39338	704433	4188904	465	100	Traverten
19	39339/B	705319	4189085	467	100	Traverten
20	39340/B	704762	4188925	464	100	Traverten
21	42721	712219	4188788	535	143	Konglomera
22	42999/A	714399	4192256	600	103	Al.+Kong.
23	45184	707922	4188874	461	100	Al.+Trav.
24	46377	708636	4189028	488	100	Al.+Trav.
25	46378	712050	4190078	532	150	Al.+Kong.
26	46379	710826	4190010	512	150	Konglomera
27	46896	710340	4189502	512	152	Alüvyon

Tablo 2. Kaklık ovasındaki sondaj kuyularına ait iletililik değerleri (FUGROSİAL, 2014)

Mevkii	Sondaj No	Derinlik (m)	Statik Seviye (m)	Debi (l/s)	İletimlilik (m ² /g)
Kaklık	34349/B	52	5.4	48.19	1269
Kaklık	55137/B	152	16.2	50.08	304
Dereçiftlik	54093	94	5.83	55.19	622
Dereçiftlik	57065	80	7.25	55.36	874.6
Kocabaş	53784	104	15.4	63.44	2227

2.3.2.1. Sıcaklık

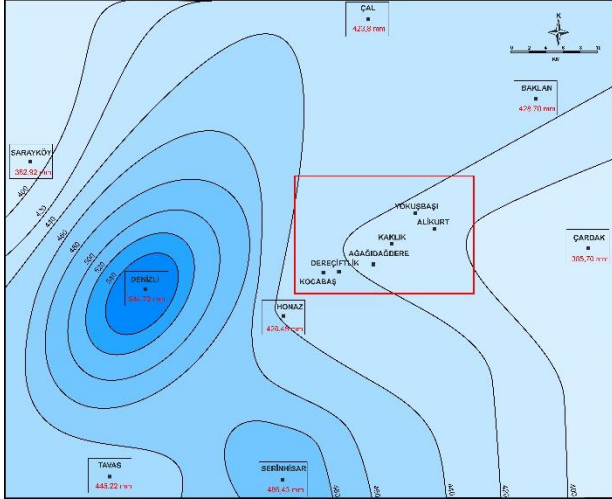
Kaklık ovasında 25.1 °C sıcaklıkla Temmuz ayı yılın en sıcak ayı iken Ocak ayında ortalama sıcaklık 4.9 °C olup yılın en düşük ortalamasıdır. Kaklık ovasının yıllık ortalama sıcaklığı 14.8 °C'dir. Denizli ilinde ise yılın en sıcak ayı Temmuz (26.4 °C) ve en soğuk ayı ise Ocak (6.2 °C) ayıdır. Denizli ilinin yıllık ortalama sıcaklığı da 16.1 °C'dir (<https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/denizli/kaklık-841577/>)

2.3.2.2. Yağış

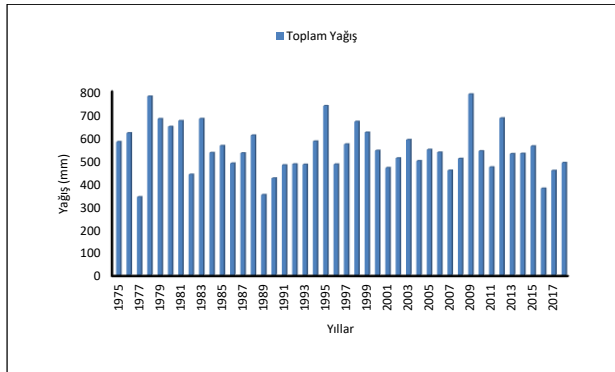
Kaklık Ovası için ortalama yağış miktarının belirlenmesi amacıyla çalışma alanı ve civarında yer alan DMİ'lerde ölçülen yıllık ortalama yağış verileri kullanılmıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde Denizli, Honaz, Baklan, Çal, Tavas, Çardak, Serinhisar, Babadağ ve Sarayköy yerleşim merkezlerinde gözlem istasyonları bulunmaktadır. Bu istasyonlardan elde edilen veriler ile ortalama yağış miktarı Eş Yağış Eğrileri (İzohyet) yöntemine göre hesaplanmıştır. Kaklık ovasının ortalama yıllık yağış miktarı ise 424,72 mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 3).

Yıllık toplam yağışların zamansal değişimlerinin belirlenmesi amacıyla ortalama yıllık yağıştan eklenik

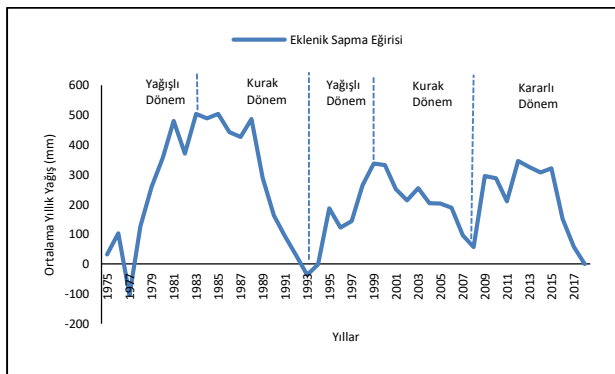
sapma analizleri gerçekleştirilmiştir. Denizli DMİ'ye ait 1975-2018 yılları arası toplam yağış verilerinin dağılımı Şekil 4'de verilmiştir. Eklenik sapma grafiğine göre; 1975-1983 yılları arası yağışlı dönem, 1983-1993 yılları arası kurak dönem, 1993-1999 yılları arası yağışlı dönem, 1999-2007 yılları arası kurak dönem ve 2007-2018 yılları arası kararlı dönemdir (Şekil 4, 5).



Şekil 3. Kaklık ovası izohyet haritası



Şekil 4. Denizli ili yıllık toplam yağış dağılımı

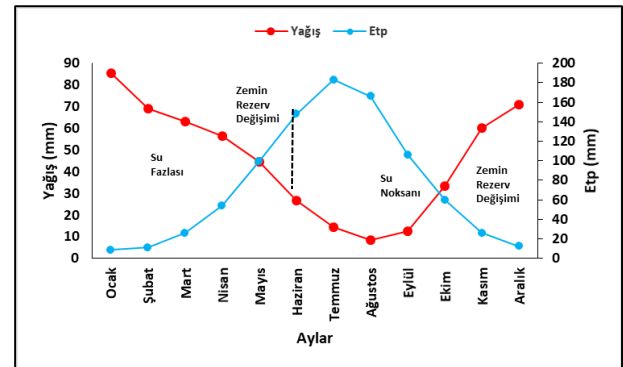


Şekil 5. Denizli ili eklenik sapma grafiği

2.3.2.3. Buharlaşma

Kaklık ovasında buharlaşmanın belirlenebilmesi için Thornthwaite (Thornthwaite ve Mather, 1957). yöntemi kullanılmıştır. Denizli'de bulunan DMİ'de 1975-2018 yılları arasında ölçülmüş sıcaklık ve yağış verileri ile ovanın potansiyel (Etp) ve gerçek (Etr) buharlaşma değerleri hesaplanmıştır.

Kaklık ovasının deneştirmeli su bilançosunda toplam ortalama yıllık yağış miktarı 544.75 mm, potansiyel buharlaşma (Etp) değeri 900.91 mm ve gerçek buharlaşma (Etr) değeri ise 378.26 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Ayrıca, bu verilerden yararlanılarak yağış ve potansiyel buharlaşma grafiği hazırlanmıştır (Şekil 6). Grafikte, Ocak ayından Nisan ayı sonlarına kadar yağışın (P) potansiyel buharlaşmadan (Etp) fazla olduğu görülmektedir. Bu dönemlerde Etp, Etr'ye eşittir ve bu dönem için su fazlası 174.00 mm olarak hesaplanmıştır. 100 mm olarak kabul edilen zemin nem rezervi Mayıs ayının başından Kasım ayı sonuna kadar harcanmıştır. Sıcaklıkların artmasıyla Haziran ayı başından Ekim ayı sonlarına kadar gerçekleşen su noksanı ise 404.92 mm'dir. Aralık ayında ise sıcaklığın düşmesi ve yağışın artmasıyla 92.49 mm zemin rezerv değişimi gerçekleşmiştir. Tüm bu verilere göre; 544.75 mm olan yıllık yağışın 378.26 mm'lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönmektedir (Tablo 3).



Şekil 6. Aylık Yağış-Etp (mm) değişim grafiği

Tablo 3. Denizli ili denestirmeli su bütçesi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık (°C)	6.02	7.16	10.23	14.92	19.91	24.83	27.80	27.30	22.76	16.99	11.44	7.53	196.89
Aylık endeks (i)	1.32	1.72	2.96	5.23	8.10	11.32	13.43	13.07	9.92	6.37	3.50	1.86	78.80
Etp (mm)	8.57	11.36	26.06	54.01	99.45	147.78	183.15	166.05	106.20	59.84	26.18	12.26	900.91
Yağış (mm)	85.59	69.06	63.12	56.24	44.38	26.74	14.27	8.58	12.63	33.21	59.98	70.95	544.75
Etr (mm)	8.58	11.37	26.05	54.01	99.45	71.67	14.27	8.58	12.63	33.21	26.18	12.26	378.26
Zemin Rezervi	100	100	100	100	45.00	0	0	0	0	33.80	92.49	571.23	
Zemin Rzrv. Değ.	-	-	-	-	-55.07	-44.93	-	-	-	-	-	92.49	
Su Noksanı	-	-	-	-	-	76.11	168.88	157.47	93.57	26.63	-	-	522.66
Su Fazlası	77.01	57.69	37.07	2.23	-	-	-	-	-	-	-	-	174.00
Enlem Düz. Kat.	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83	-

2.3.2.4. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ)

Yağışı değerlendirerek kuraklığın belirlenmesinde genellikle Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılmaktadır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ), belirlenen bir zaman dilimi içinde yağış ortalamaları arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee vd., 1993),

$$SYİ = \frac{x_i - x_m}{\sigma} \quad (\text{McKee vd., 1993}). \quad (1)$$

Eşitlikte;

SYİ = Standartlaştırılmış yağış indeksini

x_i = istasyonda gözlenen aylık yağışı (mm),

x_m = uzun dönem yağış ortalamasını (mm),

σ = standart sapmayı, göstermektedir.

SYİ değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri hazırlanmaktadır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indekslerdeki değişimlerin gözleneceği 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 saat gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. SYİ değeri 0'ın altına düştüğü zaman kuraklık başlar. Kuraklık olayı, SYİ'nin sürekli olarak negatif olduğu ve -1.0 veya daha düşük bir değere ulaştığı dönem olarak tanımlanır. SYİ değerinin pozitif değerlere ulaştığı aralıklar yağışlı dönemler olarak sınıflandırılır (Tsakiris ve Vangelis, 2004).

SYİ yöntemi ile yağış ve kuraklık şiddeti Tablo 4'de gösterilen iklim kategorileri şeklinde sınıflandırılmıştır (McKee vd., 1993; Tsakiris ve Vangelis, 2004).

Tablo 4. SYİ yöntemi ile iklimin sınıflandırılması (McKee vd., 1993; Tsakiris ve Vangelis, 2004).

SYİ değerleri	İklim kategorisi
≥2.0	Aşırı yağışlı
1.50 ~ 1.99	Çok yağışlı
1.00 ~ 1.49	Orta yağışlı
-0.99 ~ 0.99	Normale yakın
0.00 ~ -0.99	Hafif Kurak
-1.00 ~ -1.49	Orta kurak
-1.50 ~ -1.99	Çok kurak
≤-2	Aşırı kurak

Bu çalışmada Türkiye'nin güneydoğusunda bulunan Denizli DMİ'ye ait 44 yıllık (1975-2018) yağış verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Kuraklığın belirlenmesinde Standart Yağış indeksi (SYİ) yöntemi kullanılmıştır. Denizli istasyonundaki kurak ve yağışlı dönemlerin şiddeti, büyüklüğü ve dağılımı belirlenmiştir. Ovaryı temsil eden aylık ve yıllık toplam yağışlar kullanılarak elde edilen seri SYİ değerleri Tablo 5'de sunulmuştur. SYİ değerlerinin 12 aylık olarak zamansal dağılımı ise Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 5'de ele alınan 12 aylık SYİ değerlerine göre; 1977-1989 yılları arasında geçen 13 yıl süre içerisinde 5 ayda, 1999-2004 yılları arasındaki 6 yıl süresince 2 ayda ve 2010-2018 yılları arasında geçen 9 yıllık süre içerisinde 6 ay "çok kurak" (SYİ=-1.50~-1.99) iklim kategorisinde yer almaktadır. 1975-2018 yılları arasında geçen 44 yıl boyunca en yüksek SYİ değerine sahip dönem 1986 yılı Mart ayıdır (SYİ=-1.83). Ayrıca tüm zaman ölçeklerine göre en fazla kuraklık yaşanan aylar Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Kasım ve Aralık aylarıdır. 1978-2017 yılları arasında bulunan 40 yıl süresince 1980, 1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998, 1999, 2002 ve 2009 yılları hariç toplam 39 ay "orta kurak" kategorisindedir. 1975-2018 yılları arası 44 yıl süresince geçen ayların %53'ünde "hafif kurak" dönem gözlenmektedir (Tablo 5; Şekil 5).

1978-2018 yılları arasındaki 41 yılda toplam 21 ay "çok yağışlı" dönemdir. Bu dönem içerisinde en yağışlı aylar 1995 yılı Temmuz ayı (SYİ=5.77) ve 1999 yılı Ağustos ayında (SYİ=5.33) yaşanmıştır. 1979-1984 yılları arası 3 ay, 1988-1989 yıllarında 2 ay, 1992-1999 yıllarında 7 ay, 2002-2004 yıllarında 3 ay ve 2008-2016 yılları arasında 4 ayda "çok yağışlı" dönem gözlenmiştir. 1975-2017 yılları arasındaki 43 yılda, 34 ay "orta yağışlı" dönem kategorisinde bulunmaktadır (Tablo 5; Şekil 5).

2.3.3. İklimin Ovadaki Yeraltısuyuna Etkisi

Aydın DSİ 21. Bölge Müdürlüğü tarafından Kaklık ovasında 27 adet kuyuda 2003-2015 yılları arasında periyodik olarak yeraltısuyu statik seviye ölçümleri yapılmıştır.

Ova için yağışlı (Nisan) ve kurak (Eylül) dönemler dikkate alınarak yıllara göre seviye değişim grafikleri

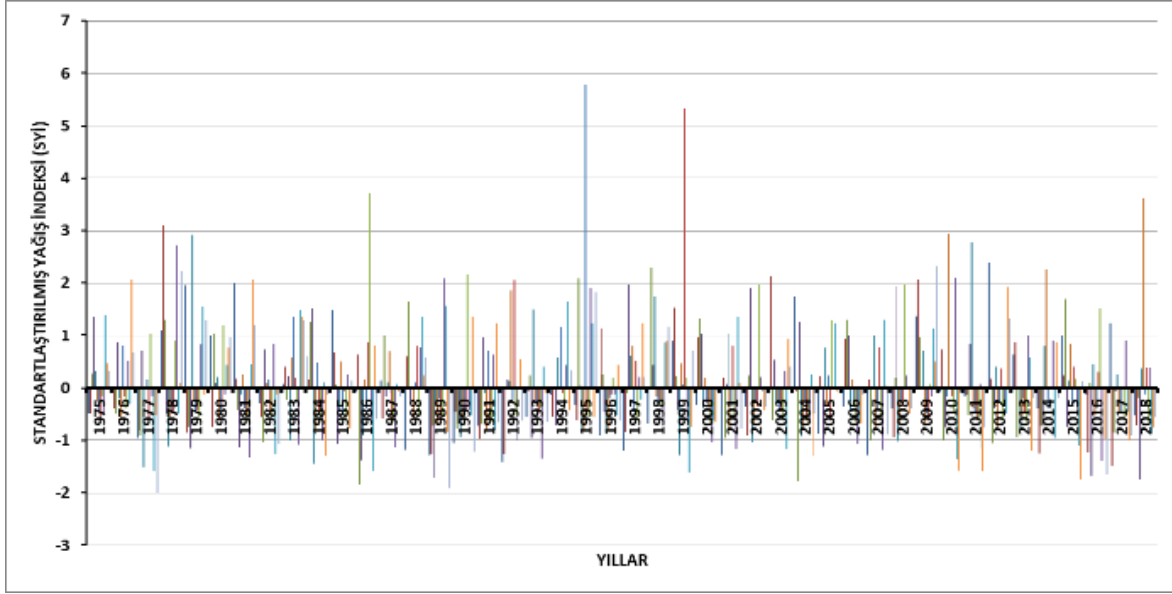
hazırlanmıştır (Şekil 8, 9). Grafiklerde Nisan ayı statik seviye değerlerinin Eylül ayı ölçümlerine göre yüksek olduğu görülmektedir.

Bu durum uzun yıllar bazında yağıştan yeraltısuyunun beslendiğini ve su seviyesinin arttığını

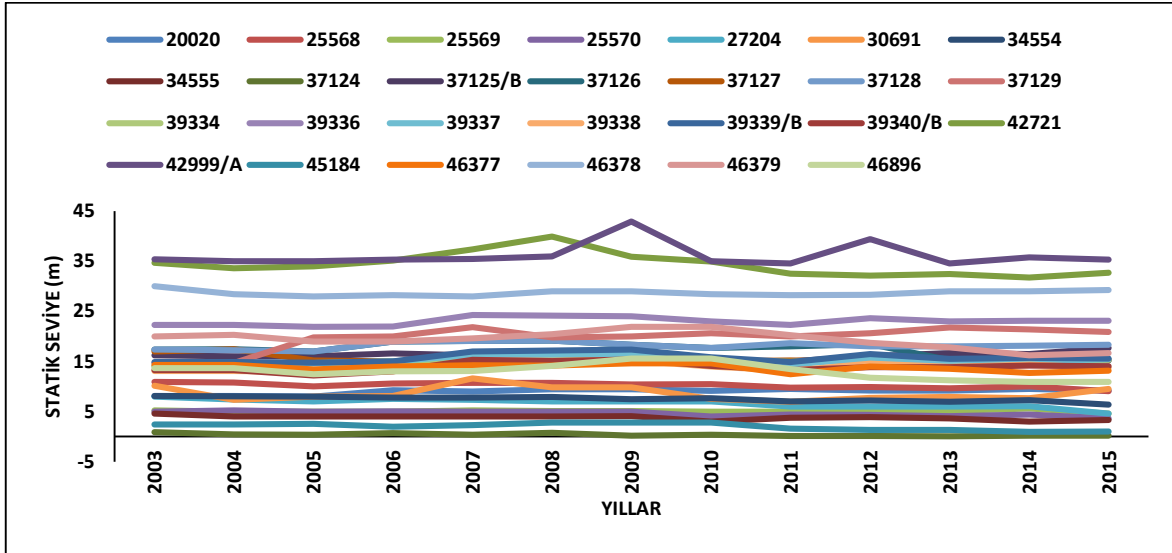
göstermektedir. Kurak dönemde hem yağıştan beslenme miktarının azalması hem de kuyulardan yeraltısuyu çekilmesi statik seviyeyi düşürmektedir. Ovada 13 yıl (2003-2015) süresince takip edilen bütün kuyularda genel olarak yeraltısuyu seviyesinde 1-3 m arasında değişim gözlenmiştir.

Tablo 5. Denizli ili 12 aylık SYİ değerleri

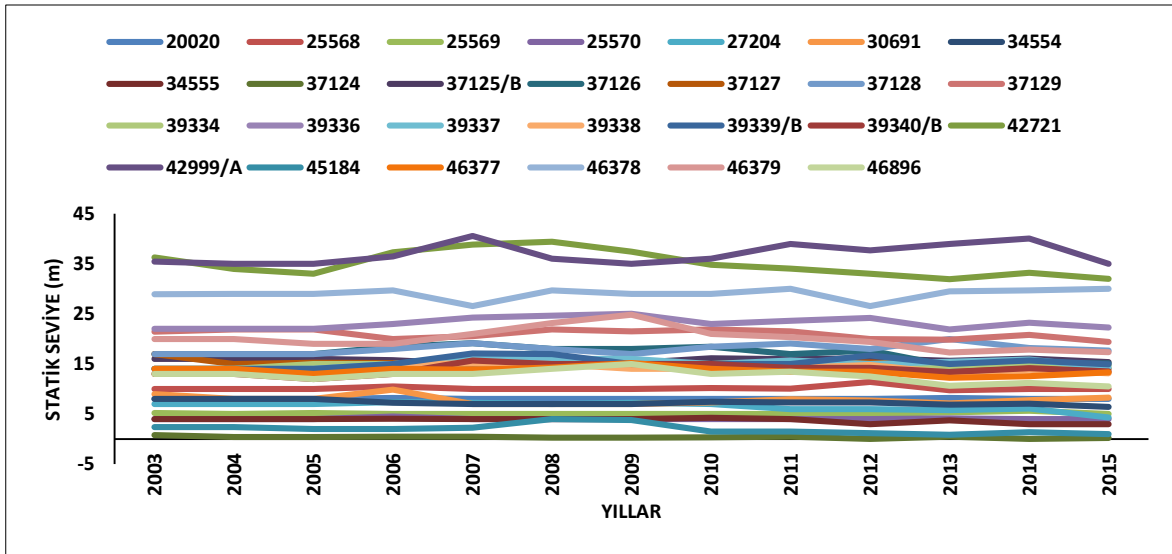
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
1975	-0,48	-0,47	0,28	1,35	0,33	-0,26	-0,47	-0,61	-0,14	-0,48	1,38	0,47
1976	-0,02	-0,38	-0,50	0,88	-0,20	-0,59	0,82	-0,17	-0,40	0,53	-0,28	2,07
1977	-0,94	-0,81	-0,90	0,71	-1,50	-0,03	0,16	-0,62	1,02	-0,15	-1,59	-0,51
1978	1,09	3,10	1,30	-0,49	-1,12	-0,59	-0,48	-0,49	0,89	2,72	-0,50	0,09
1979	1,96	-0,85	-0,73	-1,15	2,92	-0,24	-0,45	-0,42	-0,56	0,83	1,54	-0,14
1980	1,02	-0,74	1,05	0,10	0,20	-0,62	-0,42	-0,34	1,18	-0,13	0,44	0,77
1981	2,00	0,18	-0,41	-1,13	-0,12	0,25	-0,38	-0,55	-0,66	-1,33	0,45	2,07
1982	-0,30	-0,56	-1,03	0,74	-0,69	0,10	0,16	-0,49	-0,55	0,85	-1,26	-0,12
1983	0,07	0,40	-0,23	0,23	-1,00	0,58	1,35	0,19	-0,25	-1,08	1,49	1,35
1984	0,60	0,15	1,25	1,52	-1,45	-0,81	0,48	-0,49	-0,65	-0,98	0,11	-1,30
1985	1,48	0,68	0,06	-1,07	-0,46	0,50	-0,45	-0,06	-0,61	0,26	-0,73	-0,78
1986	-0,06	0,63	-1,83	-1,37	-0,91	0,16	-0,38	0,88	3,72	-0,59	-1,60	0,81
1987	0,14	-0,57	1,00	-0,17	0,11	0,70	-0,10	-0,64	-0,66	-1,13	0,08	-0,07
1988	-1,19	0,60	1,65	-0,25	0,00	-0,58	0,11	0,79	-0,51	0,79	1,35	0,24
1989	-1,29	-1,26	-0,72	-1,71	-0,31	-0,68	-0,20	-0,59	-0,55	2,08	1,56	-0,84
1990	-1,04	-0,46	-0,77	-0,67	-0,94	-0,59	-0,48	-0,42	2,17	-0,40	-0,53	1,36
1991	-0,72	-0,96	-0,69	0,96	-0,11	-0,78	0,72	-0,57	-0,64	0,63	-0,80	1,23
1992	-1,40	-1,27	-0,02	0,15	0,13	1,85	-0,22	2,05	-0,51	-1,00	0,00	0,55
1993	-0,54	-0,06	0,24	-0,95	1,50	-0,23	-0,25	-0,49	-0,40	-1,34	0,40	-0,09
1994	-0,13	-0,54	-0,04	-0,71	0,58	-0,01	1,16	-0,10	-0,39	0,43	1,65	-0,43
1995	-0,33	-0,61	2,08	0,04	-0,87	-0,79	5,77	-0,44	-0,55	1,91	1,24	-0,55
1996	-0,90	1,15	0,25	-0,44	-0,86	-0,82	-0,19	-0,12	0,18	-0,13	-0,51	0,44
1997	-1,19	-0,83	-0,10	1,96	0,61	0,80	-0,47	0,52	-0,57	0,20	-0,21	1,23
1998	-0,67	-0,01	2,30	0,44	1,74	-0,17	-0,25	-0,27	-0,35	-0,73	0,86	0,90
1999	0,90	1,53	0,23	-0,43	-1,29	0,47	0,06	5,33	0,18	-0,62	-1,60	-0,75
2000	-0,34	0,96	1,31	1,02	-0,38	0,18	-0,30	-0,32	-0,66	-1,04	-0,61	-0,64
2001	-1,28	0,19	-0,95	0,08	1,03	-0,75	-0,37	0,79	-0,61	-1,17	1,35	0,09
2002	-0,37	-0,90	0,24	1,90	-1,04	-0,69	-0,28	-0,36	1,97	0,20	-0,05	-0,43
2003	-0,21	2,14	-0,61	0,53	-0,28	-0,24	-0,46	-0,45	-0,61	0,33	-1,17	0,93
2004	1,74	-0,06	-1,76	1,26	-0,91	-0,75	-0,26	-0,63	-0,65	-0,64	0,26	-1,29
2005	-0,87	0,23	0,03	-1,11	0,77	-0,31	0,24	-0,63	1,28	-0,01	1,23	-0,06
2006	-0,34	0,94	1,30	1,01	-0,41	0,16	-0,31	-0,34	-0,66	-1,06	-0,66	-0,68
2007	-1,29	0,15	-0,99	0,02	0,98	-0,76	-0,38	0,78	-0,61	-1,19	1,30	0,05
2008	-0,39	-0,94	0,19	1,94	-1,01	-0,70	-0,28	-0,34	1,98	0,24	0,00	-0,49
2009	1,37	2,06	0,97	0,01	0,71	-0,73	-0,48	-0,62	0,08	-0,17	1,14	0,51
2010	-0,07	0,73	-0,98	-0,76	-0,16	2,93	-0,03	-0,15	-0,45	2,11	-1,35	-1,57
2011	-0,17	-0,13	-0,51	0,85	2,77	-0,40	-0,48	-0,61	-0,60	0,08	-1,15	-1,59
2012	2,38	0,17	-1,06	-0,39	0,41	-0,74	-0,27	0,37	-0,61	-0,24	-0,48	1,93
2013	0,64	0,88	-0,94	0,02	-0,80	-0,55	-0,21	-0,45	-0,66	0,99	0,58	-1,20
2014	-0,40	-1,25	-0,73	-0,72	0,80	2,27	-0,39	-0,01	0,00	0,89	-0,95	0,87
2015	1,00	0,25	1,70	-0,74	0,14	0,85	-0,36	0,40	0,18	-0,38	-1,09	-1,73
2016	-0,13	-1,22	0,09	-1,66	0,45	-0,53	-0,39	0,30	1,52	-1,40	0,00	-0,97
2017	1,23	-1,50	-0,86	-0,07	0,26	-0,47	-0,48	-0,01	-0,61	0,90	-0,44	-1,00
2018	-0,53	-0,71	-0,19	-1,74	0,38	3,63	-0,12	0,38	-0,65	0,39	-0,86	-0,75
		≥2.0	Aşırı yağışlı	1.00 ~ 1.49	Orta yağışlı	0.00 ~ 0.99	Hafif Kurak	-1.50 ~ -1.99	Çok kurak			
		1.50 ~ 1.99	Çok yağışlı	-0.99 ~ 0.99	Normale yakın	-1.00 ~ -1.49	Orta kurak	≤-2	Aşırı kurak			



Şekil 7. Denizli ili 12 aylık SYİ değerlerinin dağılımı



Şekil 8. Ovadaki sondaj kuyularının yağışlı dönem yeraltısuyu seviye değişim grafiği (Nisan)



Şekil 9. Ovadaki sondaj kuyularının kurak dönem yeraltısuyu seviye değişim grafiği (Eylül)

3. Sonuç ve Tartışma

Denizli ili Honaz ilçe sınırları içerisinde yer alan Kaklık (Honaz) ovası, Yukarı Çürüksu alt havzasına ait Honaz alt havzasındadır. Çalışma alanının temelinde bulunan otokton konumlu Üst Jura yaşlı Babadağ kireçtaşı ile Bodrum Napı'na ait Mesozoyik yaşlı Ortadağ formasyonu ovanın en yaşlı birimleri olup karstik akifer niteliğindedir. Senozoyik yaşlı birimler ise ovaya hakim olan ve geniş yayılım sunan örtü kayalarındır. Kuvaterner yaşlı birimler ise verimli yapıları ile taneli akifer özelliği sunarlar. Çalışma alanının en önemli yüzeysel akışı Aksu çayıdır. Ovanın yeraltısuyu akım yönü doğudan batıya doğrudur. Ovadaki ortalama yağış miktarı 424,72 mm iken gerçek buharlaşma değeri ise 378.26 mm'dir. Ovada Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile 1975-2018 yılları arasında yapılan 44 yıllık veri ile kuraklık analizi yapılmıştır. 12 aylık SYİ değerlendirmesine göre Kaklık ovasında 44 yıl süresince toplam 13 ay "çok kurak" olarak belirlenmiştir. 2003-2015 yılları arasında sondaj kuyularında ölçülen statik seviye değerlerine göre ovadaki yeraltısuyu miktarı 1-3 m arasında değişmektedir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Aydın Devlet Su İşleri (DSİ) 21. Bölge Müdürlüğü, 2015. Aydın.

DÇDR, 2015. T.C. Denizli Valiliği Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Denizli İli 2014 Yılı Çevre Durum Raporu, 166 s., ÇED Ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü, Denizli.

Erakman, B., Meşhur, M., Gül, M. A., Alkan, H., Öztaş, Y., & Akpınar, M. 1982. Fethiye-Köyceğiz-Tefenni-Elmalı-Kalkan arasında kalan alanın jeolojisi. Türkiye, 6, 4-7.

FUGROSİAL, 2014, Aşağı Büyük Menderes Havzası (Çürüksu Alt Havzası) Yeraltısuyu Planlama (Hidrojeolojik Etüt) Raporu, 105s., FUGRO SİAL Yerbilimleri Müş. ve Müh. Ltd. Sti., Ankara.

Göktaş, F., Çakmakoğlu, A., Tarı, E., Sütçü, Y. F., & Sarıkaya, H. 1989. Çivril-Çardak arasının jeolojisi. Maden Tetkik Arama, Ankara, Türkiye, 8701.

<https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/denizli/kaklık-841577/>, Erişim Tarihi: 14.12.2018

McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, in Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, pp. 179-183.

Öcal, H., Göktaş, F. 1982. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Afyon-K24 Paftası; No:158, MTA Yayınları; Ankara.

Özler, H. M. 1996. Büyük menderes Havzası Yukarı Çürüksu kesiminin hidrojeoloji incelemesi, İstanbul Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 175s.(Yayımlanmamış).

Öztürk, A. 1981. Homa-Akdağ (Denizli) yöresinin stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Korumu Bülteni, 24, 75-84.

Poisson, A. 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie). Université de Paris-Sud (Centre D'orsay).

Simsek, S. 1984. Geology and geothermal energy possibilities of Denizli-Sarayköy-Buldan area. IU, Ground Sci Faculty Bull, 3, 145-162.

Şenel, M. 1997a. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Isparta-J 10 paftası. No:13, MTA Yayınları; Ankara.

Şenel, M., 1997b. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Denizli-J 9 Paftası, No:16, MTA Yayınları; Ankara.

Thorntwaite, C.W., Mather, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance; Publ. Climatol. 10 185-311.

Tsakiris, G., & Vangelis, H. 2004. Towards a drought watch system based on spatial SPI. Water resources management, 18(1), 1-12.

Yalçınkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P., Taner, K., & Dalkılıç, H. 1986. Batı Torosların jeolojisi, Isparta projesi raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü raporları (yayımlanmamış), Ankara.