



Denizli ili sınırlarındaki yeraltı su seviyelerinin alansal değişimi Spatial variation of groundwater levels in Denizli

Mehmet Ali ÇILDİR¹, Fatih DİKBAŞ², Mahmud GÜNGÖR³, Abdullah Cem KOÇ⁴

¹Denizli Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (DESKİ), Denizli, Türkiye.
mehmetalicildir@hotmail.com

^{2,3,4}İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.
f_dikbas@pau.edu.tr; gungormahmud@gmail.com; a_c_koc@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 22.02.2019, Kabul Tarihi/Accepted: 10.12.2019

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.07348

Özel Sayı Makalesi/Special Issue Article

Öz

Hızlı bir şekilde azalmakta olan temiz yeraltı su kaynakları, gelecek yüzyılların en büyük savaş nedeni olmak üzeredir. Devletler, su kaynaklarını kaybettikçe ehemmiyetinin farkına varmaktadır. İnsanoğlu, temiz suya muhtaç olmasına karşın, gerekli hassasiyeti gösterememekte, elinden çok değerli olan bu varlığı kaybetmek üzeredir. Bundan dolayı su kaynaklarının düzenli bir şekilde takip edilmesi ve gözlemlenmesi işi bir zorunluluk haline gelmiş bulunmaktadır. Ülkemizde ve Denizli’de çeşitli yeraltı suyu seviyesi ölçme çalışmaları yapılmış olmasına karşın, Denizli ili sınırlarının tamamını içeren bir yeraltı su seviyesi ölçme çalışması yapılmamış olup, yapılan çalışma ile bu alandaki eksikliği gidermek hedeflenmiştir. Bununla birlikte, sonraki dönemlerde geliştirilecek araştırmalar için veri kaynağı oluşturulması amaçlanmıştır. Gözlemlerle toparlanan bilgiler ışığında, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) programıyla bir su haritası oluşturulmuştur. Çizim ile su seviyelerinde oluşan alansal değişimlerin kısa yoldan gözlemlenmesine katkı sağlanacaktır. Aynı zamanda harita, il sınırlarında işleme alınacak ayrı bir kuyunun nerede açılmasının uygun olacağı konusunda ekonomi, zaman ve konum gibi farklı açılardan ipucu olacaktır. Araştırma iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci bölümde, Denizli ili sınırları üzerinde yer alan arazi tabanındaki yüksek kuyuların statik su seviyeleri, su seviye ölçer ile ölçülmüştür. Sonraki safhada ise, kısa bir sürede edinmiş olduğumuz su seviye gözlem bilgileri, CBS’ye aktarılmıştır. Bu aşamada bilgiler, dijital ortama aktarılmış ve yeraltı su seviye haritası çizilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yeraltı su seviyesi, Denizli, Coğrafi bilgi sistemleri

Abstract

Fastly on the wane fresh underground water resources is about to be the cause of the greatest war of the future centuries. While the states are losing ground water resources, they begin to understand its significance better. Although humans are in need of fresh water, they don't act responsible enough and this invaluable source is continuously lost. Consequently, routine investigation and control of the water resources gradually transforms into an essentiality. Although there are some studies about the groundwater level determination in Turkey and Denizli, no one has a study about the groundwater level determination over whole Denizli city to this day, so this work aims to fill the gap in this field. In addition, another aim is to generate a data source for future researches. In the light of data from the observations, water levels map is generated by Geographic Information Systems (GIS) analysis. The generated map is going to contribute to basic scanning of areal changes in water levels. At the same time, the study is going to provide guideline on determining for appropriate location to a new well drilling within Denizli city in view of economy, time and location. The study consists of two steps and in the beginning, the static water grades in deep wells at the provincial border of Denizli were gauged by a groundwater level meter. In the next step, the evaluated water level information was passed on to the GIS. At this stage, the data were converted into computer, so the groundwater level map was generated.

Keywords: Groundwater level, Denizli, Geographic information systems

1 Giriş

Gündelik hayatımızda canlı yaşamı için vazgeçilmez olan varlıklardan biri sudur. Dünyanın birçok yerinde yeryüzüne göre yeraltı suyu, farklı seviye ve miktarlarda bulunabilen bir su kaynağı türüdür. Metrekareye düşen ortalama toplam yağışın 574 mm olduğu ülkemizde yağışlar zaman ve bölge faktörüne bağlı olarak değişebilmektedir [1]. Değişen yağış miktarlarına bağlı olarak yeraltına sızan ve depolanan su miktarı da farklılık göstermektedir. Bazı bölgelerde su, yeraltına sürekli sızarak yeraltı suyu beslenmektedir. Ancak günümüz dünyasında, insanın doğaya etkileri ile birlikte su, yüzeysel akışlarla direkt derelere, denizlere karışmakta ve yeraltı suyu, yer yüzeyinden daha derinlere çekilmektedir. Dünyada hızla artan su talebine karşılık, yeraltı suyunun azalıyor olması, mevcut kaynakların öncelikle güvenilir ve kontrol edilebilir bir veri tabanı ile belirlenmesine yol açmıştır.

Araştırma ile Denizli ili sınırlarında mevcut olan yeraltı suyu seviyelerini gösteren haritaların oluşturulması amaçlanmıştır.

1.1 Önceki çalışmalar

Çalışma bölgesinde Taşdelen ve diğ. [2] tarafından Pamukkale ilçesi, Cankurtaran Mahallesi, Çukurköy Mevkii ve yakın çevresinde, sığ yeraltı suyu dağılımı, potansiyeli ve doğal su kaynakları hakkında inceleme yapılmıştır [2]. Çukurköy Mevkii’nde yapılan çalışma ile farklı problem ve durumlardan dolayı kuruyan su kaynaklarının lokal olarak konularının tespit edilmesi ve tulumba ya da keson su kuyularıyla çalıştırılabilecek ve kullanılabilir kadar yüzeyde olan yeraltı suyunun yüksekliği, beslenme ve boşalım bölgeleri ve işletim imkanlarının ortaya konulması hedeflenmiştir. Bölgede Devlet Su İşleri’ne (DSİ) ve şahıslara ait kuyularda su seviye ölçümleri yapılmış ve elde edilen veriler ile su seviyeleri, uydu görüntüsü üzerine eklenerek yeraltı su seviyelerindeki değişimlerin hangi yönde olduğu incelenmiştir. Aynı zamanda su derinlikleri eş

derinlik haritası üzerine çizilmiştir. Yeraltı su kaybını azaltabilmek için sığ suların küçük ve bireysel amaçlı işletmeler tarafından kullanılabilmesi ancak daha büyük işletmeler için daha güvenilir, sürdürülebilir, derin kuyuların açılması gerektiği ortaya konulmuştur.

Denizli ilinin yanı sıra ülkemizde ve dünyada yeraltı su seviyeleri ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Ülkemizde yapılan bir diğer çalışma da Öztürk ve Çelik'in [3], Diyarbakır Ovasının Yeraltı Su Seviye Haritalarının CBS İle Tespiti adlı çalışmasıdır [3]. Çalışma ile Diyarbakır Ovası'nın havza bazında genel jeolojik, meteorolojik özellikleri, doğal su kaynaklarıyla ilgili genel bilgileri verilmiş ve haritaların oluşumuna temel oluşturan su kuyusu verileri yardımıyla tematik haritalar oluşturulmuştur. Aynı zamanda Diyarbakır havzasının yeraltı su statik seviye haritası, dinamik su seviye haritası, pompa verimlilik haritaları CBS yardımıyla çıkarılmış ve bölgenin yeraltı su veri tabanı oluşturulmuştur. İnceleme ile alandaki alüvyon ve Eosen kalkerlerin yeraltı suyu işletmesine uygun akiferler olduğu, bazalt çatlaklarından çıkarılan suların ise zirai uygulama için verim veremeyeceği bilgisine ulaşılmıştır.

Atlı'nın [4], Yeraltı Suyu (YAS) Kirlenme Potansiyelinin, CBS Tabanlı Drastic Modeli Kullanılarak Belirlenmesi ve Erzin Ovası Hassasiyet Haritalarının Geliştirilmesi adlı doktora tezi çalışmasında, mevsimlik ve yıllık YAS hassasiyet haritalarının geliştirilmesini amaçlamıştır [4]. 2016 ve 2017 yıllarının farklı 4 ayında YAS derinlikleri ölçülmüş; su örnekleri alınarak elektriksel iletkenlikleri ölçülmüş, nitrat (NO₃) ve anyon-kasyon analizleri yapılmıştır. Su kalitesi sonuçları değerlendirilmiş; YAS derinliği, elektriksel iletkenlik değerleri ve nitrat değişkenleri jeostatistiksel yöntemlerle haritalanmıştır.

Demir Yetiş [5], Ceylanpınar Ovası, Yeraltı Suyu Kalitesinin ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi adlı doktora tezi çalışmasında, Adana Ceylanpınar Ovası'nda Yeraltı suyu (YASS) kalitesini izlemek ve kirlenme potansiyelini tespit etmek amacıyla bir çalışma yapmıştır [5]. 2012 ve 2013 yılının farklı dönemlerinde riskli ve hassas olan bölgelerde ortalama YAS dağılım haritalarını oluşturmuştur. Alınan yeraltı suyu örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık, pH gibi parametreler yerinde (in-situ); Mn, Al, Co, Fe, Si, Ba vs. gibi bir takım ağır metaller ve Ca, Mg, Na, K, vs. gibi anyon ve kasyonlar laboratuvarında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, çeşitli ulusal ve uluslararası standart ve sınıflamalara tabi tutulmuş olup yeraltı sularına ait sulama suyu kalitesi ve ABD Tuzluluk diyagramına göre sınıflamaları yapılmıştır.

Charles ve William [6], Ground-Water-Level Monitoring and the Importance of Long-Term Water-Level Data adlı çalışmasında Amerika'nın Tennessee, Texas, Louisiana, Pennsylvania, Massachusetts, Rhode Island, New Jersey, Oregon, Michigan, Utah, Montana şehirlerine ait içme suyu ve gözlem kuyularından elde edilen veriler ile su seviye ve kalitesini gözlemlemiş olup CBS ile çeşitli haritalar oluşturmuşlardır [6]. Bununla birlikte çalışma ile gözlem verilerinin saklanması, gelecekteki çalışmalara ışık tutması açısından önemi vurgulanmıştır.

1.2 Çalışma alanı

Çalışma, DESKİ'ye ait içme suyu kuyuları üzerinde yapılmış olup, bu kuyular tüm Denizli ili sınırlarını kapsamaktadır. Denizli Valiliği [4] verilerine göre, Denizli ilinin coğrafi konumu Şekil 1'de görüldüğü gibi, 37°12' ve 38°12' kuzey enlemleri ile 28°30' ve 29°30' doğu boylamları arasında olup yüzölçümü

11.868 km²'dir. Denizli ili, Anadolu yarımadasının güneybatısında, Ege Bölgesinin doğusunda, Ege-İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri kesişme noktasında bulunur.



Şekil 1: İnceleme alanının mülki haritası.

1.3 Çalışmanın amacı

Yeraltı suyu, bir ülkenin en önemli doğal kaynaklarından biridir. İnsanlığı, bu temiz su kaynakları ile hayatını idame ettirmekte ve gündelik hayatında çeşitli alanlarda kullanmaktadır. Ancak, çeşitli nedenlerle kaynaklar hızla tüketilmekte ve kirlenmektedir. Derelerde, göllerde ve sulak alanlardaki birçok su debisi, özellikle kuru ve sıcak hava dönemlerinde yeraltı suyu seviyesi, farklı sebeplerle düşmektedir. Bu nedenle azalmakta olan yeraltı suyunun kontrol edilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Denizli ilinin bütününe ele alan su seviye haritası bu zamana kadar yapılmamış olup yapılacak bu çalışma ile bir ilki gerçekleştirmek hedeflenmiştir. Bununla birlikte, sonuçlar, sonraki çalışmalar için veri kaynağı niteliğindedir. Çalışma sonucunda, CBS ile bir harita oluşturulmuş ve yeraltı su seviyelerinde meydana gelen bölgesel değişimler belirlenmiştir.

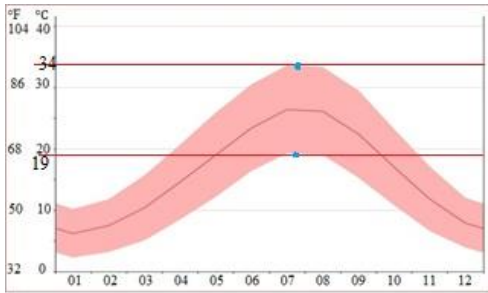
Bu noktada çalışmamızın öncelikli amacı da oluşturulan yeraltı su haritası ile ihtiyaç halinde açılacak olan kuyularda açılmadan önce suyun derinliğinin hangi noktada veya noktalarda daha istenilen seviyede olabileceği kolayca bilinmiş olacak ve verimli suya erişim mümkün olacaktır. Bu sayede daha az maliyetle daha çok su elde edilebilecektir. Yapılan gözlemler, aylık bir ölçüm sisteminin hayata geçirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

1.4 İklim ve hava durumu

Denizli ili coğrafi konumu itibarıyla Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit teşkil ettiğinden iklimi, değişiklik

arz etmektedir. Genellikle İç Anadolu Bölgesi'nde hakim olan karasal iklimin ve Akdeniz ikliminin yaygın özellikleri görülmektedir. Yazları gölgede 44.4 °C'ye varan sıcaklıklar, kış aylarında ise -11 °C'ye kadar düşebilmekte ve bu nedenle Ege Bölgesi ikliminden farklılık göstermektedir. Denizli ilinde dağlar ekseriyetle denize dik olarak uzanmakta olduğundan denizden gelen rüzgârlara açık bulunmaktadır. Çameli, Beyağaç ve Kale İlçeleri Akdeniz; Sarayköy, kısmen Buldan ve Denizli Merkez'de Çürüksu Vadisi Ege, diğer ilçeler ise İç Anadolu Bölgesi iklim özelliklerini taşımaktadır [5].

Denizli ili, genel olarak yarı kurak az nemli bir iklime sahip olmakla birlikte kışları serin ve yağışlı, yazları sıcak ve kuraktır. Yaz aylarında Basra Alçak Basınç Merkezinin etkisi nedeniyle sıcaklıklar bir hayli yükselmektedir. Yılın en az 9 ayında Şekil 2'de olduğu gibi ortalama sıcaklık 10 °C'den fazladır.



Şekil 2: Denizli ili yıllık sıcaklık ortalama verileri [6].

Son 30 yıllık (1981-2010) yağış ortalaması için Şekil 3'e bakıldığında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2017 [1] verilerine göre metrekareye 583.8 mm yağış düştüğü görülmektedir. Yağışların %70'i Ekim-Mart (kış) periyodundadır. Hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır (NW). Kuvvetli esen hâkim yön ise güneydir (S) [5].



Şekil 3: Denizli ili yıllık yağış ortalama verileri [1].

2 Materyal ve yöntem

2.1 Su seviye ölçer ile su seviyesi ölçümü

Düdüklü metre yani su seviye ölçer, üzerinde mesafeleri cm cinsinden yazılı kablo ve ucunda *prob* adı verilen metal bölümden oluşan ve su seviyesi ölçmeye yarayan bir araçtır. Uç kısmındaki metal bölümün muayyen nispette suya temas etmesiyle sinyal sesi çıkaran ve bu sayede suyun seviyesini ölçen alettir. Sinyal sesinin çıktığı andaki kabloda okunan santimetre cinsinden değer, suyun zemin yüzeyinden derinliğini gösterir.

2.2 Verilerin coğrafi bilgi sistemine aktarılması

Arazide belirli bir süre içerisinde toparlanan yeraltı su derinliği bilgileri, coğrafi bilgi sistemine aktarılmıştır. Günümüzde

haritalamada yaygın olarak kullanılan ArcMap programı kullanılmıştır.

2.3 Koordinatların alınması

Ölçülen kuyuların koordinatları Şekil 4'teki gibi GPS alıcısı ile alınmıştır.



Şekil 4: GPS.

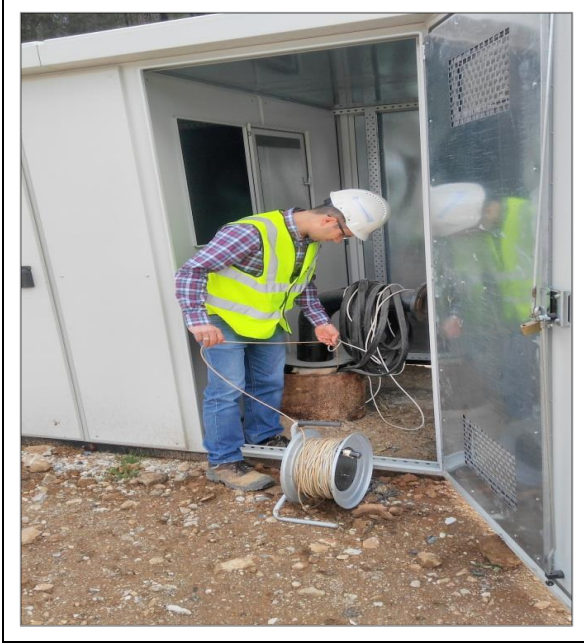
2.4 Ölçümlerde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri

1. Ölçümler su seviye ölçer ile yapılmış olup su kuyusunun üzerinden aşağıya probu sallama ve suya temasıyla ses çıkarması ile belirlenmiştir. Bazı kuyularda probu aşağıya sallayacak delik bulunmamaktadır. Bu gibi durumlarda çekiç veya manivela gibi bir aletle kuyunun üstündeki flanşı kaydırma usulüyle oluşan küçük delikten ölçüm sağlanmıştır,
2. Birkaç kuyuda seviye ölçerin probu sallandığı kuyuda sıkışmış olup ne yaptysak kurtarılamamıştır. Saatlerce kuyunun üst kısmından farklı itme, çevirme, gevşetme gibi hareketlerle kablo çıkmayınca son çare koparmak ya da vinç çağırıp sıkıştığı noktaya kadar boruların çıkarılması suretiyle kablo kurtarıma yöntemi uygulanmıştır,
3. Dördüncü maddedeki soruna çözüm olarak vincin gelmesi zor olduğu için satın alınan prob uçları bu soruna alternatif çözüm olarak üretilmiştir. Bu problemleri, kablonun sıkıştığı, uğraşlara rağmen çıkmadığı noktalarda kabloyu asılarak probtan kopartıp yeni probu ucuna eklemek planlanmış ama sonraki ölçümlerde ihtiyaç duyulmamıştır,
4. Tüm bu sıkıntılara karşı teknolojinin getirdiği yeni ölçüm teknikleri de mevcut olup uygulanmakta olan güzel kesin bir çözümümüz ilimizde bulunmaktadır. DESKİ kısa zamanda yaptığı hızlı çalışmalarla depolara entegre ettiği su seviye ölçümlerinin bir uygulamasına merkezde bazı kuyularda da başlamıştır. Uygulanan bu çözümle dalgıç üzerine bir şamandıra bağlanmakta ve suyun dalgıçtan ne kadar yukarıda olduğu göstergede görülmektedir. Dalgıcın seviyesi de bilindiği zaman statik ve dinamik su seviyesi kolayca bulunabilmektedir. Kuyu sayısının çevre ilçe, köy ve kırsalda da çok olduğu hesaba alındığında bunun tüm kuyularda uygulanmasının öncelik sırasına göre en kısa zamanda yapılacağını tahmin ediyoruz.
5. Bununla beraber arazide karşılaşılan bu ölçüm sıkıntılarının çıkarılan bir çözüm de şu şekildedir. Tüm kuyulara iç çapı 2 cm olan plastik evsel ince borulardan sallanıp dalgıcın olduğu seviyelere kadar indirilmelidir. Böylece, kuyunun içine sabitlenecek olan bu boru kılavuz vazifesi görecektir olup periyodik olarak seviye ölçerin bu ince borudan aşağı sallanacak ve önceden karşılaştığımız sıkışma vs. problemlerle karşılaşmayacaktır. Böylelikle istediğimiz zaman dilimindeki yeraltı su seviye durumu kolayca gözlemlenebilecektir.

3 Gözlemlenen kuyular hakkında genel bilgiler ve su seviye ölçümleri

DESKİ'ye ait kuyular, tüm il sınırları içerisindeki vatandaşların içme suyu ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak yeni açılmış olan ve İl Özel İdaresi zamanından bugüne kalan ilçe ve köylerde bulunan kuyulardır. Tamamı içme suyu sağlamaya yöneliktir. Suyun yetmediği durumlarda pompalar aşağıya indirilmekte ya da farklı noktalarda daha derin kuyular açılabilir.

İl Özel İdaresi zamanından kayıtlı olan 420 kaynak ve 430 kuyu mevcuttur. DESKİ Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile birlikte 2014 yılında 16 adet, 2015 yılında 31 ve 2016 yılında 72 adet olmak üzere toplam 119 kuyu açılmıştır. Bunlardan 24 tanesi tecrübe yapıp verimliliği kontrol edilecek olup diğerleri kullanıma geçmiş bulunmaktadır. DESKİ Genel Müdürlüğü'nün açtığı kuyularla birlikte toplam 539 adet kuyu bulunmaktadır [7]. DESKİ Genel Müdürlüğü'nün bünyesinde bulunan birçok kuyu, kapalı sistem ile koruma altında olup, açıkta olanlar ise güvenlik ve sağlık için Şekil 5'teki gibi kabin veya yapı ile koruma altına alınmaktadır.



Şekil 5: Ölçümlerde görülen kabin sistemi örneği.

Tüm kuyularda yeterli klor ekipleri mevcut olup 3 yıl gibi kısa bir süre içinde otomasyonlu sistemlere geçilmiştir ve ayarlanabilir makinelerle Şekil 6'da görüleceği üzere kuyudan çıkan su klorlanmaktadır.



Şekil 6: Uygulanan klorlama otomasyon sistemi.

Aynı zamanda Şekil 7'de olduğu gibi pompaların şalterlerine yeni bir sistem entegre edilmiş olup tüm pompaların çalışma durumu, fatura bilgileri ve sayaç bilgileri uzaktan takip edilmektedir. Bu sayede birkaç sorumlu personel ile tüm bölgedeki depo ve pompalar izlenebilmekte ve gerektiğinde uzaktan müdahalede bulunulabilmektedir. Bununla birlikte vatandaşın susuz kalma ve mağduriyet durumları da minimuma indirilmektedir.

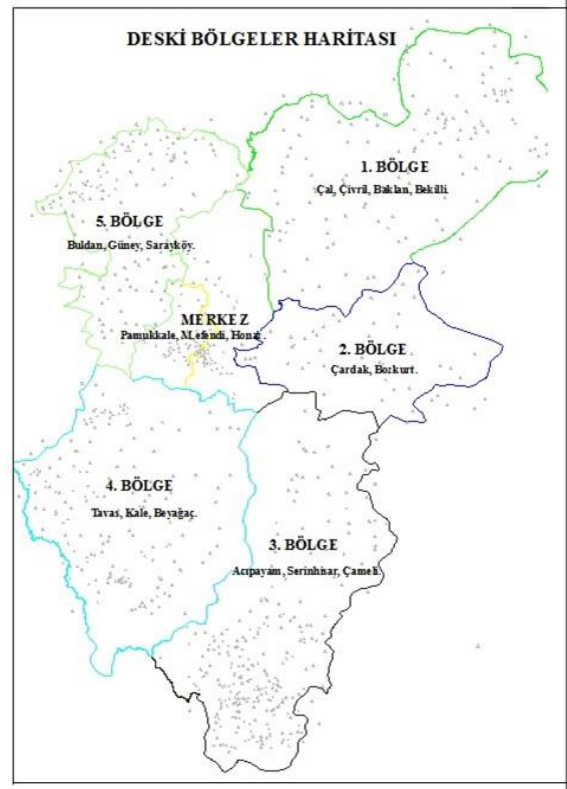


Şekil 7: Pompa kontrol akıllı sistemi önyüzü.

Arıza durumunda gelen uyarı ile arızalı pompaya müdahale edilebilmekte veya istenildiğinde telefonda manuele alınıp duran pompa çalıştırılabilir. Aynı zamanda tüm pompaların genel bilgileri görülebilmekte, su miktarı ve elektrik fatura durumları da gözlemlenebilmektedir.

3.1 Ölçüm metodolojisi

DESKİ, işletme olarak Şekil 8'de olduğu gibi 5 bölgeye ayrılmış olup ölçümler bu bölgelerde pompalardan sorumlu olan ekip başlarıyla kuyular Aralık-Nisan ayları arasında tek tek gezilip ölçümler yapılmıştır.



Şekil 8: DESKİ bölgeler haritası.

Ölçümler esnasında gerekli alet, edevat ve yerlerin bulunması noktasında bu personellerden destek alınmıştır. 291 adet kuyuda Şekil 9’da olduğu gibi yeraltı suyu statik seviye ölçümü yapılmıştır. Bu 5 bölgeyi sıralayacak olursak;

1. Bölge: Çal, Çivril, Baklan ve Bekilli ilçeleri.
2. Bölge: Çardak, Bozkurt ilçeleri.
3. Bölge: Acıpayam, Çameli, Serinhisar ilçeleri
4. Bölge: Tavas, Kale, Beyağaç ilçeleri.
5. Bölge: Buldan, Güney, Sarayköy ilçeleri ve

Merkez (Pamukkale, Merkezefendi ve Honaz) ilçeleridir.



Şekil 9: Çivril Reşadiye ve Irgılı-3 kuyuları ölçümleri.

Statik seviye ölçümleri için gidilecek bölgede önceden pompalar stabile alınmış depolar susuz kalmayacak şekilde pompalar kapalı tutulmuştur. Böylece suların statik seviyesine erişmesi sağlanmıştır. Ölçü olarak su seviye ölçer probunun (ucunun) suya teması ile çıkan sinyal sesi anındaki kabloda yazılı cm cinsinden su seviyesi kabul edilmiştir.

Çalışmalar ile elde edilen kuyunun bulunduğu ilçe, mevkii, koordinat, suyun derinliği ve ölçüm tarihi verileri Tablo 1’deki gibi liste haline getirilmiştir.

4 Coğrafi bilgi sistemi analizi

Arazide elde edilen ölçüm değerlerini bir sistem ve harita ve uydu görüntüsü üzerinde göstermek için coğrafi bilgi sistemi analizi yapılmıştır. Öncelikle araziden alınan tüm kuyu sayısal noktaları tek bir koordinat sistemine çevrilmiştir. ArcMap programında koordinat sistemi olarak, çalışmada kullanılan Denizli uydu haritasının koordinat sistemi olan 30. Dilim ITRF

3° seçilmiştir. Sonrasında tüm noktalar uydu görüntüsü üzerine atılarak kayma oluşup oluşmadığı incelenmiş ve tüm noktaların kuyular üzerinde olduğu teyit edilmiştir. Bu sayede noktalara yaklaşıldığında kabin veya bina benzeri yapılar görülebilmektedir.

4.1 Uydu görüntüsü seçimi ve kuyu koordinatlarının tanımlanması

DESKİ’den alınan Denizli uydu görüntüsü ArcMap programında Insert Add Data bölümünden seçilerek eklenmiştir. Sonrasında Add X, Y Data seçeneği ile kuyuların X, Y koordinatları ve isimleri tanımlanmıştır. Hazırlanan veriler .shp dosyası olarak kaydedilmiştir.

4.2 IDW ile alansal analiz işlemleri

IDW diğer adıyla Ters mesafe ağırlıklı interpolasyon tekniği, mevcut lokal verilerden yola çıkarak interpolasyonla aradaki alanın noktasal değerlerini belirlemede daha çok tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntem, değeri tahmin edilecek yüzeyde yakın mesafedeki noktaların uzak mesafedeki noktalardan daha büyük ağırlığa sahip olması temeline dayanır. Bu teknik tahmini yapılacak alandan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan çevredeki noktaların ağırlıklı ortalamasına göre belirlenen bir interpolasyon hesabı yapar. Birkaç IDW yöntemi olmasına karşın en bilinen ve kullanılanı Shaperd’s Metodu’dur [8].

Yüzeydeki dağınık şekilde olan nokta sayısı n , örnekleme noktalarını tanımlayan fonksiyon f_i suyun derinliği, x , y pikselleri ve mevcut noktaların ağırlıkları w_i olmak üzere Shaperd’s eşitliği aşağıdaki Denklem (1)’deki gibidir [9].

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (1)$$

w_i ağırlığı ise şöyledir:

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (2)$$

h_i uzaysal mesafesi ise;

$$h_i = \sqrt{((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2)} \quad (3)$$

Denklem (2)’de p “power parameter” (kuvvet parametresi) olarak bilinen bir değerdir ve genellikle 2 kabul edilen yani karesi anlamına gelen pozitif gerçel bir sayıdır. Denklem (3)’teki h_i ise örnekleme noktaları ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaysal mesafeyi ifade eder [9].

Tablo 1: DESKİ kuyu ölçüm verileri- Ölçüm yapılan kuyuların koordinatları, statik seviyeleri ve ölçüm tarihleri

No	İlçesi	Mah./Mevkii	Seviye (m)	Koordinat (X)	Koordinat (Y)	Ölçüm Tarihi
1	Acıpayam	Gölcük	41	431493	4115701	07.03.2017
2	Acıpayam	Pınaryazı	42.3	444073	4141475	07.03.2017
3	Acıpayam	Akalan	45.6	442343	4138145	07.03.2017
4	Acıpayam	Çakır	64.7	439453	4129248	07.03.2017
...
288	Tavas	Çiftlikköy Altınova-5	13	408532	4159626	07.02.3017
289	Tavas	(Ebecik’i besliyor- 1)	18	403320	4154634	07.02.3017
290	Tavas	Altınova-6 (Karaköy’ü besliyor-2)	18	403147	4154166	07.02.3017
291	Çardak	Sazköy	10	469860	4181915	30.12.2017

ArcToolbox penceresinden Geostatistical Analyst, Interpolation ve IDW seçilir. Input kısmına önceden kaydettiğimiz *.shp dosyası eklenir. "Z value" (Z değeri) olarak seviye, "Output cell size" (çıkış hücre boyutu) 100 m alınmıştır. "Power" (güç) bölümüne 2 yazılmış olup "Max. Neighbors" (maksimum komşu sayısına) da 15 girilmiştir. Bu sayede Şekil 10'daki gibi yeni bir segment (IDW segmenti) oluşturulmuştur.

4.3 Eş potansiyel eğrileri (kontur)

İnterpolasyonun uygulanmasından sonra eş yükselti eğrileri (eş potansiyel eğrileri)-kontur çizimi aşamasına geçilmiştir. Girdi dosyası değeri olarak, bir önceki aşamada oluşturulan ve kaydedilen idw seçilir. Bunun için tekrar ArcToolbox seçeneğinin Spatial Analysis Tools, Surface ve sonrasında Contour biriminden seçim ve veri girişi yapılır. "Contour interval" (kontur aralığı) kaç metre aralıklarla eğri çizilmesi gerektiğini gösterir. Bu değer çalışmada 10 m alınmıştır. Diğer değerler için standart programın tanımladığı değerler alınmıştır. Oluşturulan haritada istenilen dizayn Layer Properties'ten yapılır.

4.4 Denizli ili sınırları ile haritanın sınırlandırılması

Eş potansiyel çizgileri adımıyla birlikte harita oluşturulmuştur. Ancak çalışma uydü görüntüsü üzerinde yapıldığı için dikdörtgen tablo olarak görünmektedir. Haritayı Denizli ili sınırları ile sınırlandırılması gerektiği için DESKİ'den alınan Bölgeler haritası çalışmaya entegre edilerek harita

sınırlandırılmıştır. Bunun için ArcToolbox'tan Spatial Analysis, Extraction ve Extract By Mask seçenekleri ile idw haritası Denizli ili sınırlarına göre yeniden oluşturulmuştur.

Eş potansiyel eğrilerinin kırılması için ise ArcToolbox, Analysis Tools, Extract ve sonrasında Clip seçimi yapılır. Bilgilerin girilmesinden sonra konturlar da Denizli ili sınırları ile sınırlandırılmış olur.

4.5 Lejantın hazırlanması

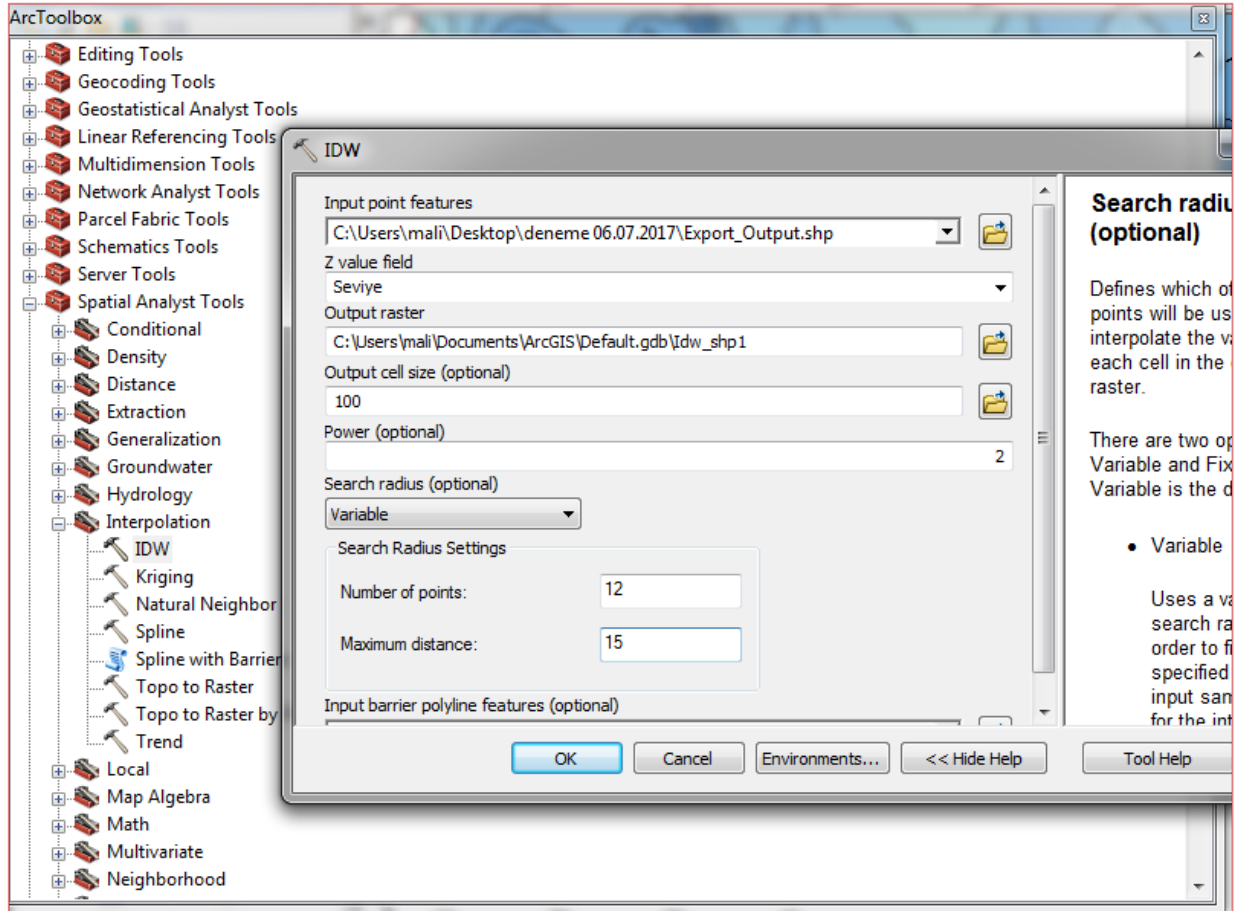
Her bir proje ve haritada olması gereken lejant, ölçek, kuzey işareti harita safhasının son adımıdır. Bunun için View bölümünden Layout View seçilir. İstenilen düzenlemeler kullanıcı tarafından düzenlenir.

4.6 Oluşturulan haritanın görüntülenmesi

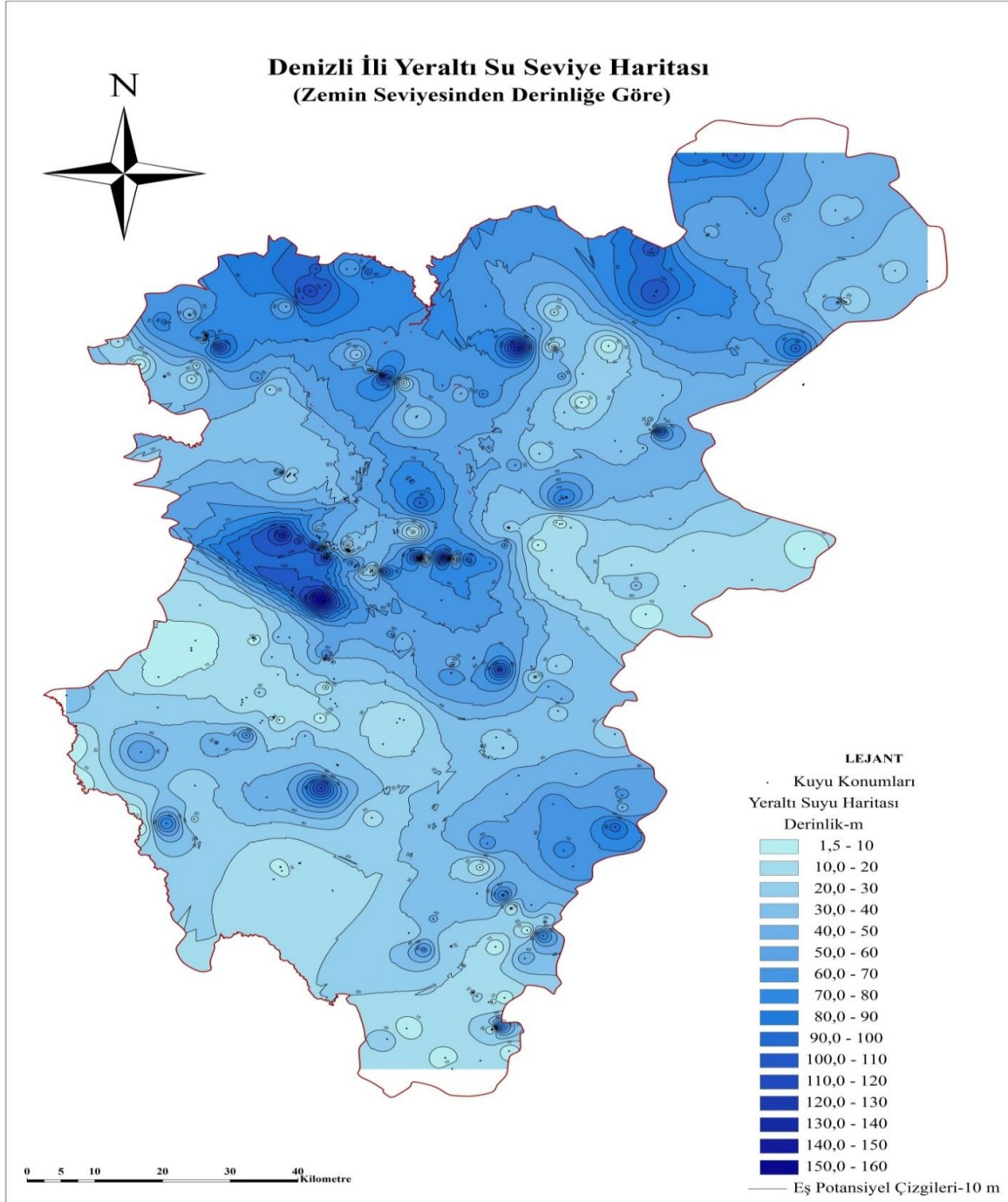
Lejantın eklenmesi ile Denizli İli Yeraltı Su Haritası Şekil 11'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

4.7 Kotlarla haritanın düzenlenmesi

Bir önceki safhada oluşturulan yeraltı su seviye haritası, su seviyesi ile zemin arasındaki kot farkıyla, yani kuyu derinlikleriyle oluşturulmuş bir haritadır. Bununla birlikte su seviyesinin kotları itibarıyla haritanın çizimi için kuyuların olduğu noktadaki bilinen zemin kotlarından aynı kuyudaki su seviyesi çıkartılarak su seviyesi kotları bulunmuştur. Bulunan değerler ile ArcMap programında yeni bir harita çizilmiştir.



Şekil 10: IDW verilerinin sisteme girişi.



Şekil 11: Denizli ili yeraltı su seviye haritası.

5 Sonuç ve öneriler

Denizli ili sınırları içinde yer alan 291 adet su kuyusunun statik su seviyeleri ölçülmüş, ArcMAP programı yardımı ile analiz edilmiş olup yeraltı su haritası oluşturulmuştur. Arazi ölçümleri çalışmanın öncelikli kısmı olup Aralık-Nisan ayları arasında tüm kuyularda tek tek yerinde ölçümler yapılmıştır. Bazı kuyularda zorluklar yaşanmış, hava şartları, vinç ve donanımın tamiri gibi sebeplerle tekrar tekrar ölçümler

yapılmıştır. Ölçümlerin tamamlanmasıyla çalışmanın ofis kısmı başlamış olup tüm veriler, koordinatları, kuyu isimleri ve fotoğraflarıyla birlikte düzenlenmiştir. Günümüzün güncel ve aktif kullanılan CBS programlarından ArcMap bu çalışmaya yön vermiştir. Yukarıda da izah edilen yöntemlerle gerekli adımlar atılıp değerler girilerek Denizli İli Yeraltı Su Seviye Haritası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu harita incelendiğinde Denizli ilinin doğu ve batı bölümlerinde yeraltı suyunun yüzeye daha yakın olduğu (ortalama 10-40 m), kuzey ve güney kısımlarda

ise biraz daha derinlerde olduğu görülmüştür. Bununla birlikte dikkat çeken bir durum da ilçe merkezlerini besleyen kuyu çevrelerinde yeraltı su seviyesinin genelde daha derinlerde olduğudur. Bu noktalarda su çekilme miktarının nüfusla orantılı olduğu görülmektedir. Buna çözüm olarak kaynaklardan daha fazla suya ulaşma anlamında çalışma geliştirilmeli, daha uzak noktalardan su temin edilmeli, ya da mümkünse nüfus yoğunluğu başka noktalara da eşit şekilde dağıtılmalıdır.

Elde edilen bu harita ile öncelikli hedeflerden biri olan DESKİ'nin yeni kuyu açma çalışmalarında büyük kolaylık ve ekonomik tasarruf sağlamasına yönelik amaca ulaşılmıştır. Bir mahalle veya bölgede su ihtiyacı olduğunda, kuyu açılması gerektiğinde harita yardımıyla suyun yüzeye en yakın ve debisi verimli olan noktası daha kolay tespit edilmiş olacaktır.

Bununla birlikte suyun yeraltındaki dağılımı görülebilecek olup daha sonraki akademik ve hidrojeolojik çalışmalara ışık tutacaktır. Aynı zamanda aşağıda ülkemiz ve Denizli sularıyla ilgili bazı açıklama ve tavsiyeler yer almakta olup bunlara geçmeden önce çalışma ile yeraltı su seviye ölçümlerinin istenilen seviyede olmadığı görülmüştür. İmkanlar nispetinde mümkünse tüm kuyularda ya da lokal her bölgede veya noktada belli kuyulara uygulanacak bir sistemle mümkünse sürekli olmasa bile belli periyotlarda yeraltı su seviye ölçümleriyle yeraltı suyu gözlemlenmeli ve kontrol altına alınmalıdır. Aksi takdirde yeraltı suyu takip edilemez, gelecek sıkıntılara hazırlıklı olunamaz ve aynı zamanda bu kuyuların tek tek ölçülmesi hem uzun zaman alabilir, hem de ölçüm zor gerçekleştirilebilir. Denizli ilinde ortaya çıkan çevresel, iklimsel, ekolojik nedenler ve izinsiz kaçak kuyu açılmalarıyla meydana gelen yeraltı su derinliklerindeki alçalmalardan dolayı ilgili alanda yıllık bazda su kaybı gerçekleşmekte ve su miktarında önemli ölçüde azalmalar yaşanmaktadır. Özellikle yeraltı sularının kontrol edilmesi güvenlik altına alınması için aşağıdaki öneri ve tedbirler daha geç olmadan alınmalıdır;

1. Suyun dünya genelinde tükenen bir kaynak olması dolayısıyla suyun takip ve yönetimine ivedi bir şekilde müdahalede bulunulmalıdır. Zemin ve su kaynaklarının tasarrufu ve idare edilmesinde ülke çapında özel politikalar üretilmeli, tüm Türkiye'de devam ettirilebilir bir havza yönetimi konusunda kurumlar arası birliktelik sağlanmalı, ülke çapında bir bilgi merkezi geliştirilmeli ve veri akışı çok yönlü olarak temin edilmelidir [10]. Bu noktadan yola çıkarak yeraltı sularının CBS ve SCADA gibi kontrol materyalleriyle gözleme işlemleri yaygınlaştırılmalıdır.
2. Çalışma ile yeraltı su seviye ölçümlerinin periyodik olarak tüm kuyularda yapılmadığı görülmüş olup belirlenecek belirli kuyularda en azından ayda bir statik ve dinamik su seviyelerinin ölçümleri yapılmalıdır.
3. Acilen yeraltından su çekimleri kontrol altına alınmalıdır. Yani isteyen, prosedürleri yerine getirdikten sonra ruhsatlı dahi olsa kuyu açmamalıdır. İlgili kurumların alacağı karar ve düzenlemelerle gerekirse cezai işlem uygulayarak yeraltından serbest ve sınırsız su çekilmesinin önüne geçilmelidir.

4. Sulama sistemlerinin yeni modern yöntemlere geçmek (damla sulama vb.) zorundadır. Bu sayede daha az bir su ile eşit büyüklükteki arazinin sulanması sağlanacaktır.
5. Devlet Su İşleri ve diğer kurumlar kapalı ağ basınçlı sulama sistemlerine yatırımı artırmalı ve bu sayede kaçakların ve buharlaşmaların önüne geçilmelidir.
6. Ruhsatsız veya halk arasında kaçak olarak adlandırılan su kuyularının önüne geçilmeli, izinsiz kuyular için yaptırımlar artırılmalı ve kaçak kullanılan kuyular kapatılmalı veya şartlara uygunsuz ruhsatlanmalıdır.
7. Devlet Su İşleri ve diğer kurumlar kapalı ağ basınçlı sulama sistemlerine yatırımı artırmalı ve bu sayede kaçakların ve buharlaşmaların önüne geçilmelidir.
8. Ruhsatsız veya halk arasında kaçak olarak adlandırılan su kuyularının önüne geçilmeli, izinsiz kuyular için yaptırımlar artırılmalı ve kaçak kullanılan kuyular kapatılmalı veya şartlara uygunsuz ruhsatlanmalıdır.

6 Kaynaklar

- [1] Meteoroloji Genel Müdürlüğü. "Yıllık Toplam Alansal Yağış Verileri". <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx> (01.09.2017).
- [2] Taşdelen S, Güngör M, Aydın A. "Çukurköy (Denizli) Dolayının Sığ Yeraltı Suyu Hidrojeoloji İncelemesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 206-212, 2016.
- [3] Öztürk M, Çelik R. "Diyarbakır Ovasının Yeraltı Su Seviye Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Tespiti". *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, Ankara, Türkiye, Mart 2008.
- [4] Denizli Valiliği. "Coğrafi Yapı Konumu". <http://www.denizli.gov.tr/coGRAFI-konum> (02.09.2017).
- [5] Çed ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü. "Denizli İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu". 1. Baskı. Denizli, Türkiye, 2016.
- [6] Climate-data. "Denizli İklimi". <https://tr.climate-data.org/location/186/> (04.09.2017).
- [7] DESKİ. "Stratejik Plan (2015-2019)". <http://www.deski.gov.tr/sayfalar.aspx?nr=43> (01.09.2017).
- [8] Özpınar Y ve diğ. "Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri". Denizli, Türkiye, Denizli Belediyesi'ne Rapor, 1, 2002.
- [9] Arslanoğlu M, Özçelik M. "Sayısal Arazi Verilerinin İyileştirilmesi". Harita Genel Komutanlığı, Bilgi Sistem Destek Dairesi Başkanlığı, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Denizli, Türkiye 28 Mart- 1 Nisan 2005.
- [10] Başçıftı F, Durduran S.S, İnal C. "Konya Kapalı Havzasında Yeraltı Su Seviyelerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Haritalanması". *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 1-15, 2013.