



**KEMALPAŞA OVASININ ÜÇ BOYUTLU İNTERAKTİF  
HİDROJEOLOJİK MODELİ**  
**(THREE DIMENSIONAL INTERACTIVE HYDROGEOLOGICAL  
MODEL OF THE KEMALPASA PLAIN)**

**Celalettin ŞİMŞEK\***, **Zülfü DEMİRKİRAN\***, **Levent ÇETİNER\*\***,  
**Orhan GÜNDÜZ\*\*\***, **Gökhan ÖCAL\*\*\*\***

**ÖZET/ ABSTRACT**

Kemalpaşa Ovası, Türkiye'nin batısında İzmir ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Her geçen gün artan su talebinin yüzeysel akiferden karşılanamaması üzerine birçok orta ve büyük ölçekli sanayi tesisi derin kuyular açtırarak derin akiferlerden su temini yoluna gitmektedir. Yapılan jeolojik etüdlere ovada üç farklı kaya grubunun varlığı tespit edilmiştir. Çalışma alanının temelinde, Mesozoyik yaşlı Bornova Karmaşığı bulunmaktadır. Bornova Karmaşığı, allohton rekristalize kireçtaşları, kumtaşı-şeyl, killi şistler ve fillitlerden oluşmaktadır. Konsolide olmuş Neojen tortullarını oluşturan kumtaşı, kiltası ve kireçtaşları uyumsuz olarak temel kayalarını örtmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyonel çökeller en üstte yer almaktadır. Ovada, bu üç formasyonda oluşmuş dört farklı akifer tespit edilmiştir. Bunlar, (i) Bornova karmaşığı içerisindeki Mesozoyik yaşlı allohton rekristalize kireçtaşları, (ii) Neojen birimler içerisindeki kumtaşları ve çakıltaşı tabakaları, (iii) Neojen kireçtaşları; ve, (iv) en üstte yer alan konsolide olmamış alüvyon sedimanlar olarak tanımlanabilir. Bu çalışma ile, Kemalpaşa ovasında yer alan farklı niteliklerdeki akiferlerin hidrojeolojik karakterizasyonları yapılmış ve akiferlerin üç boyutlu interaktif modeli hazırlanmıştır.

*The Kemalpaşa Plain is located within the boundaries of the province of İzmir Province in western Turkey. The irrigational water demands of the farmers and the process water requirements of the industrial establishments are most supplied from groundwater resources of the plain. This ever-increasing demands for water could no longer be satisfied by the alluvial surficial aquifer and, hence, numerous deep wells are being drilled in the lower aquifers to supply these high demands. Based on the geological surveys performed in the plain, three different rock formations are observed in the plain. The Mesozoic-aged Bornova Complex forms the foundation of the study area. The Bornova Complex is composed of allochthonous limestone, sandstone, clayey schist and phyllite. The consolidated Neogene sediment units overlay the basement rock by discordance. These sedimentary units are composed of sandstone, claystone and limestone. Finally, as the youngest units of the region, the Quaternary aged alluvial sediments overlay all other units. In accordance with this geological structure, four different aquifers are determined in the plain. These are classified as: (i) Mesozoic-aged allochthonous limestone in Bornova Complex, (ii) Neogene-aged sandstone and gravel, (iii) Neogene-aged limestone; and, (iv) Quaternary-aged unconsolidated alluvial sediments. In this study, hydrogeological characterization of Kemalpaşa plain aquifers discussed above will be conducted and a three dimensional interactive model of these layers is prepared. Finally, a three dimensional hydrogeological model of Kemalpaşa plain is prepared.*

**ANAHTAR KELİMELER/ KEY WORDS**

Üç boyutlu görüntüleme, hidrojeolojik model, Kemalpaşa ovası, İzmir  
Three dimensional visualization, hydrogeological model, Kemalpaşa plain, İzmir

\*Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı/İzmir

\*\*Su-San Sondajcılık A.Ş. İzmir

\*\*\*Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe/İzmir

\*\*\*\*İzmir İl özel İdaresi, Konak/İzmir

## 1. GİRİŞ

Günümüzde hızla artan nüfus artışına paralel olarak su gereksinimi de aynı hızla artmaktadır. Özellikle, yüzeysel su kaynaklarının aşırı tüketilmesi ve/veya kirlenmesi sonucunda, sulama ve kullanma sularının büyük bir bölümü yeraltı sularından sağlanmaktadır. Dünya üzerindeki su rezervlerinin % 0.61'lik bölümü yeraltı suyu olarak bulunmaktadır. Bu oran göller ve nehirlerdeki suyun toplamının otuz katıdır (Plummer vd., 2007). Bu nedenle son yıllarda yeraltı suların araştırılması büyük önem kazanmıştır. Türkiye dünya üzerinde yaşayan insanların kişi başına düşen su miktarına göre su azlığı çeken ülkeler arasında kalmaktadır. DSİ tarafından yapılan Türkiye su potansiyeli çalışmasında Gediz Havzası 1.95 milyar m<sup>3</sup>'lük bir potansiyele sahiptir.

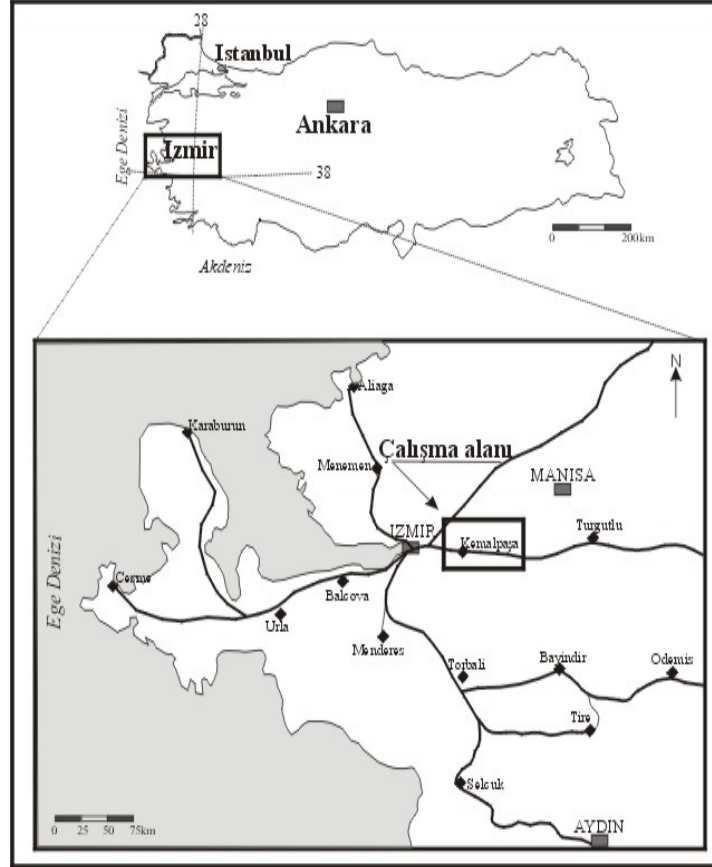
Ege Bölgesinde gelişmekte olan sanayi tesislerinin son yıllarda su gereksinimi oldukça artmaktadır. Sığ akifer sistemleri özellikle de alüvyondan alınan yeraltı sularının tükenme noktasına geldiği ve alüvyona açılan kuyuların yaz aylarında kuruması nedeniyle, derin akifer sistemlerinin araştırılması hız kazandığı belirtilmektedir (Şimşek vd., 2009). Bu doğrultuda sığ akiferdeki yeraltı suyu açısından kısıtlı sahalara daha derin kuyular delinerek talep karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla inşa edilen derin sondaj kuyuları, yeraltı su seviyesinin hızla düşmesine ve yeraltı suyu depolayan akiferlerin yeraltı su potansiyelinin azalmasına ve su kalitesinin kötüleşmesine neden olmaktadır. Plansız yapılan su kuyuları gerek ekonomimize gerekse akifer sistemlerine geri dönüşümü mümkün olmayan zararlar vermektedir. Yeraltı suların korunması için sondaj yapan firmaların denetlenmesi ve yeraltı suyundan emniyetli şekilde çekim yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, havza bazında bireysel çalışmalardan elde edilen verilerin planlı bir şekilde depolanamaması nedeniyle, ilgili alanlardaki akiferlere yönelik önemli bir veri kaybı da ortaya çıkmaktadır.

Akiferlerin hidrolik parametrelerini jeolojik yapı kontrol etmektedir (Şen, 1995). Düzgün tabakalanmış sedimanter kayalar içerisindeki akiferlerin belirlenmesi ve ortaya çıkartılması daha kolay iken, aktif tektonik kuşak bölgelerinde yer alan veya heterojen birimler içerisinde bulunan akiferlerin ortaya çıkartılması oldukça zordur. Özellikle de çok derinde yer almaları halinde, belirlenmeleri çok daha zordur. Bu nedenle, derin akifer sistemlerinin belirlenmesinde, sondaj verileri ve jeofizik verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Havza bazında yapılan bu çalışmaların, su kaynaklarından sorumlu kuruluşlar tarafından sürekli olarak toplanması ve bir veri bankasının oluşturulması ülke ve havza ekonomisi için büyük yarar sağlayacaktır. Günümüz bilgisayar teknolojisinin hızlı gelişimine bağlı olarak, kullanılan programlar sayesinde, özellikle yeraltı jeolojik yapıları veya akifer sistemleri daha kolay modellenebilmekte ve sorunların çözümüne yönelik yorumlar daha hızlı ve çok yönlü yapılabilmektedir. Özellikle Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programları çalışma yapılan alanlar için bir veri bankasının oluşmasını, verilerin daha hızlı değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Bu çalışmada, karmaşık bir jeolojik yapıya sahip olan İzmir-Kemalpaşa Ovası'nda yer alan, derin akifer sistemlerinin belirlenmesine yönelik, interaktif üç boyutlu modelleme yapılmıştır. İnteraktif modelleme, aslında sürekli olarak güncel verilerle yenilenen model anlamına gelmektedir. Bu jeolojik ve hidrojeolojik model sayesinde ekonomik yeraltı suyu alınabilecek alanlar belirlenebilmektedir. Ayrıca model bölgede yeraltı suyu kirliliğine yönelik çalışmalara ve sondaj yeri belirleme çalışmalarına baz teşkil edebilecektir. Sürekli olarak güncellenebilen bu model sayesinde, yeni açılacak sondaj yerlerinin ve derinliklerin belirlenmesine imkân sağlayabilecektir. Ayrıca, havza bazında verilerin toplanması ile havza yönetimi ve planlanması konusunda da yardımcı olacaktır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanında yapılan sondaj kuyu verileri özel bir firmadan sağlanmıştır. Elde edilen kuyu loglarından; kuyu derinlikleri, akifer derinlikleri, statik ve dinamik su seviyeleri, debi, özgül debi parametreleri elde edilmiştir. Kuyuların koordinatları ölçülerek CBS ortamında veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veritabanı kullanılarak çalışma alanının üç boyutlu jeolojik ve hidrojeolojik modeli yapılmıştır. Üç boyutlu modelin hazırlanması için RockWorks programı kullanılmıştır.

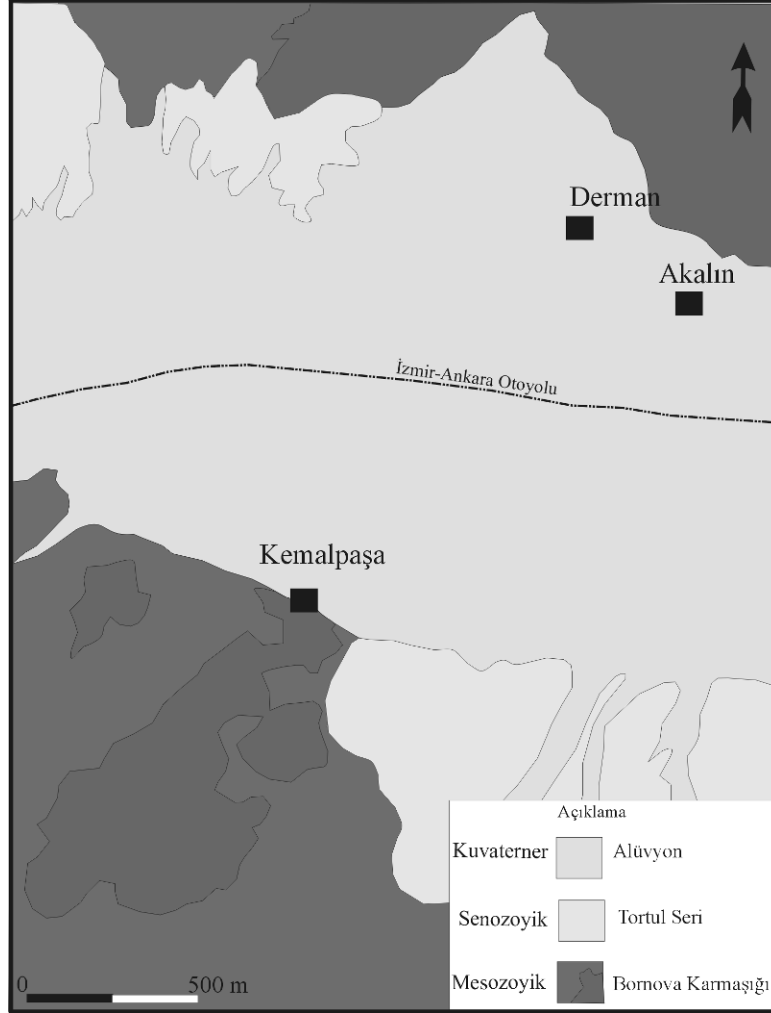


Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

## 3. ÇALIŞMA ALANI

Ege Bölgesi'nde, İzmir ili'ne bağlı bir ilçe olan Kemalpaşa, kuzey ve doğusunda Manisa, güneyinde Bayındır ve Torbalı, batısında Buca ve Bornova ile çevrilidir (Şekil 1). İzmir İli'nin orta kesiminde yer alan Kemalpaşa'nın kuzey ve güney kesimi dağlıktır. Kuzey kesimini Spil (Manisa) Dağı'nın güney uzantıları, güney kesimini de Bozdağlar'ın batı uzantısı olan Mahmut Dağı (1.382 m.), Nif (Kemalpaşa) Dağı (1.446 m.) oluşturur. Bu dağlar kızılçam ve karaçam ormanları ile kaplıdır. İlçenin orta kesimi ovalıktır (Şekil 2). Buradaki Nif Ovası Belkahve eşiğine kadar uzanır, aynı zamanda bu ova Gediz Ovası'nın uzantısıdır. İlçe topraklarını Nif Dağı'nın doğu yamaçlarından kaynaklanan ve ilçe sınırları dışında Gediz Nehri'ne katılan Nif Çayı sulamaktadır. İl merkezine 20 km uzaklıktaki ilçenin yüzölçümü 658 km<sup>2</sup> olup, 2000 Yılı Genel Nüfus Sayım sonuçlarına göre; toplam nüfusu 73114'tür. Nüfusun büyük bir çoğunluğu tarım ve sanayi alanlarında faaliyet göstermektedir. İzmir iline yakınlığı nedeniyle, sanayi her geçen yıl daha da gelişmektedir. Çalışma sahası ve havza,

Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır. Akdeniz ikliminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Çalışma sahasındaki Yiğitler Deresi DMİ verilerine göre yıllık ortalama yağış 613 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 17.2 °C olarak belirtilmektedir (Berker, 2005).



Şekil 2. Çalışma alanının genel jeoloji haritası (Baba ve Sözbilir (2001) ve Şimşek vd (2008)'den sadeleştirilerek)

### 3.1. Jeolojik ve Hidrojeolojik Yapı

Çalışma alanında litolojik birimleri, Bornova karmaşığı, Neojen tortul serileri ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır.

#### 3.1.1. Bornova Karmaşığı

Çalışma alanının temelini Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova Karmaşığı oluşturmaktadır (Erdoğan, 1990; Berker, 2005; Şimşek vd, 2008). Bornova Karmaşığı fillit, metakumtaşı, kireçtaşı ve denizaltı volkanizmasının oluşturduğu bir litolojiye sahiptir (Erdoğan, 1990). Allohton kireçtaşları, oldukça geçirimli olup önemli akifer kayalarını oluşturur. Özellikle,

alanın kuzeyindeki yüksek alanlarda gözlenmektedir. Allohton kireçtaşları, boyutları değişken, yanal ve düşey olarak devamlılığı ani değişen kütleler oldukları için, yüzeyde olduğu gibi derinlerde de bu özelliğini devam ettirmektedir. İzmir ve çevresinde yer alan allohton kireçtaşlarının 20 km uzunluğa ulaşan mega boyutlu kireçtaşı bloklarından bahsedilmektedir (Erdoğan, 1990). Mega kireçtaşları, bol karstik yapısı ile çalışma alanı ve çevresinde en önemli akifer kayasını oluşturmaktadır. Çalışma alanının güneyinde yer alan Nif Dağı kesimlerindeki hidrojeolojik çalışmalarda allohton kireçtaşlarının kırık sistemlerinin KD-GB yönlü uzandığı ve bu doğrultuyu kesin kırık sistemlerinden debileri 1-250 lt/sn arasında değişen kaynakların çıktığı belirtilmektedir (Şimşek vd., 2008).

### 3.1.2. Neojen Tortul Serileri

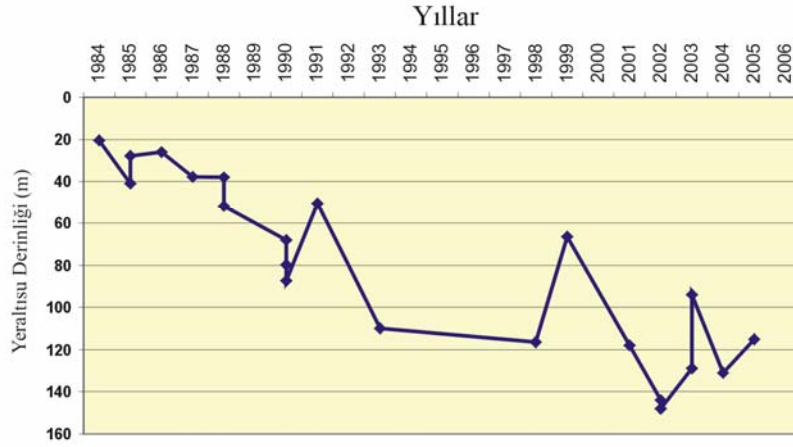
Bornova Karmaşığı üzerine, açısız uyumsuzlukla Neojen yaşlı birimler gelmektedir. Neojen birimlerini, tabandan başlayarak; kilitaşları, silttaşları, çakiltaşları ve en üst seviyede killi kireçtaşları oluşturmaktadır (Baba ve Sözbilir, 2001; İnci, 1991). Neojen serileri, çalışma alanının doğusunda hafif eğimli alanlarda gözlenmektedir. Birim, Kemalpaşa ve Torbalı arasında yaygın olarak gözlenmektedir. Birim içerisinde yer alan ve açık renkli killi kireçtaşları, bu serinin en önemli akifer kayasını oluşturmaktadır. İyi pekleşmiş ve orta/kalın katmanlı olan kireçtaşları, çalışma alanı ve yakın çevresinde kalınlığının 80 m ve oldukça geçirimli bir yapıya sahip olduğu belirtilmektedir (Şimşek, 2002). Neojen tortul serinin diğer üyesini oluşturan kilitaşları ve silttaşları ise geniş bir alanda geçirimsiz temel özelliği taşımaktadır. Bu birimler yeraltı suyunun depolanmasında önemli rol oynamaktadır.

### 3.1.3. Alüvyon

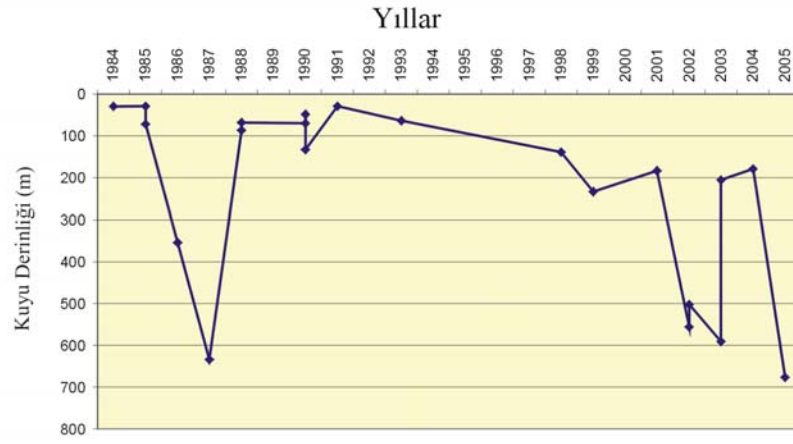
Kuvaterner yaşlı alüvyon, çalışma alanının büyük bir bölümünü oluşturur. Özellikle, Kemalpaşa ovası olarak adlandırılan düz alanlarda çakıl, kum, kil ve silt ağırlıklı pekleşmemiş sedimanlardan oluşur. Topoğrafyanın yükselmeye bağladığı kenar çizgisinde iri malzeme, ovanın orta kesimlerde ise ince malzemeler daha fazladır. Alüvyon üzerinde akan, Nif çayı ise en önemli yüzeysel su kaynağını oluşturmaktadır ve alüvyon içerisindeki yeraltı suyunu beslemektedir. Alüvyon, çalışma alanında yüzeysel akiferi oluşturmaktadır. Özellikle, çakıl ve kumlar, alüvyon malzemesi içerisinde su veren tabakalar bulunmaktadır.

## 3.2. Yeraltısu

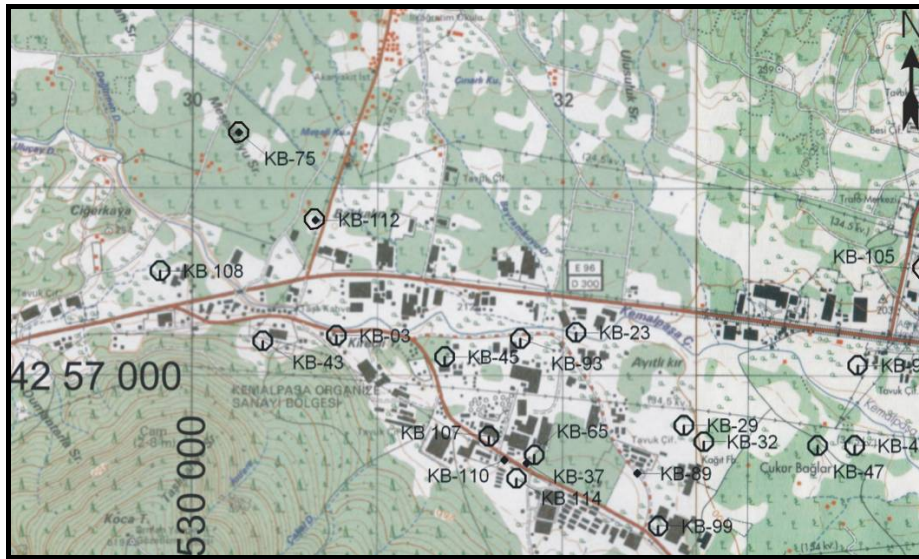
Çalışma alanında içme ve kullanma suyu yeraltı suyundan karşılanmaktadır. Ovaya açılan sayısız su kuyuları nedeniyle yer altı su seviyesi sürekli olarak düşmektedir. Ovada açılmış olan bazı kuyularda elde edilen su seviyelerine göre 1984 yılında günümüze kadar seviye sürekli olarak düşmektedir (Şekil 3). Tüm dünyada, artan su talebine bağlı olarak yeraltı suyundaki azalma ve kirlenme tüm bilimsel platformlarda tartışılmaktadır. Buna benzer bir çalışmada, Torbalı ovasında 1980 yıllardan beri yeraltı suyunda yıllık ortalama 1 m'lik bir düşüm belirlenmiştir (Şimşek ve Filiz, 2001). Yapılan bu çalışmada, Kemalpaşa ovasındaki yeraltı suyunda da önemli düşüşler belirlenmiştir. Şöyle ki, 1970 ve 1980 yıllarda açılmış olan ve derinliği 50-120m arasında değişen sondajlardaki su derinlikleri 3-5 m iken bu seviye 1990'lı yıllar boyunca 20-40 m arasında, 2000'li yıllarda ise daha fazla artarak 140-160m arasında değişen seviyeler kaydedilmiştir (Şekil 3). Diğer taraftan, artan su derinliğine karşılık sondaj derinliği artmış ve günümüzde 750 m derinliğe ulaşan sondajlar yapılmaktadır (Şekil 4). Yeraltı su seviyesindeki tehlikeli düşüş, önümüzdeki yüzyılda tüm canlıları yakından etkileyecek önemli etkileri beraberinde getirecektir.



Şekil 3. Yıllara göre yeraltı su derinlik eğrisi



Şekil 4. Yıllara göre sondaj derinlik eğrisi



Şekil 5. Sondaj lokasyon haritası

#### 4. İNTERAKTİF MODEL

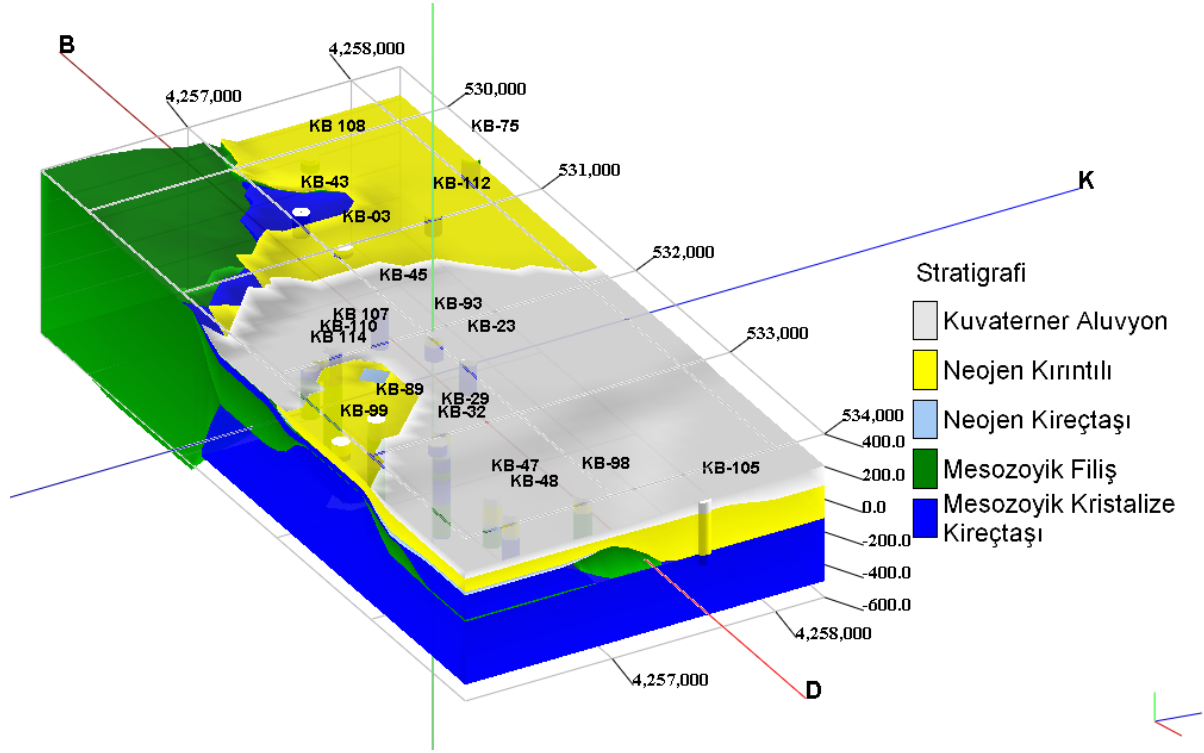
İnteraktif model bir CBS tabanlı veri tabanına göre yapılan ve güncellenen bir sunum biçimidir. Oluşturulan model, yeni verilerin girilmesi ile kendini bir bilgisayar programı ile yenilemektedir. Bu özelliği sayesinde bir hidrojeolojik havzada tüm parametrelerin izlenmesi ve güncellenmesi oldukça kolay ve anlaşılır olmaktadır. Günümüzde artan su ihtiyacına cevap verecek olan yeraltı suyundaki kalite değişimleri ve sondaj faaliyetleri rahatlıkla izlenebilecektir. Ayrıca, karmaşık hidrojeolojik yapıların üç boyutlu modeli yapılarak anlaşılması ve sorunların analizi ve çözümlenmesi daha kolay olacaktır.

Modellerin hazırlanmasında 18 adet sondaj su kuyusu kullanılmıştır (Şekil 5). Bölgede yapılan sondajlarda kesilen birimler yüzeyden derine Kuvaterner yaşlı alüvyon, Neojen yaşlı kilitaş ve kireçtaşları, Mesozoyik yaşlı Bornova Karmaşığı içerisindeki rekristalize kireçtaşı kesilmiştir. Çalışma alanında açılan su sondaj kuyularının loglarından faydalanılarak çalışma alanı için veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanı olarak her kuyu için statik su seviyeleri, dinamik su seviyeleri, akifer derinlikleri ve kalınlıkları, kuyu debileri ve kuyu özgül debi parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen jeolojik ve hidrojeolojik parametreler ışığında çalışma alanının üç boyutlu jeolojik ve hidrojeolojik modeli hazırlanmıştır. Kuyu üretim parametrelerinden özgül debi kullanılarak çalışma alanının yeraltısuyu akiferinin üç boyutlu modeli oluşturulmuştur.

##### 4.1. Üç Boyutlu Jeolojik Model

Elde edilen verilerin derlenmesiyle, oluşturulan modelde de görüldüğü gibi yüzeyde yer alan ve kalınlığı 25-45 m arasında değişen, çakıl kum ve kil ağırlıklı alüvyon örtü bulunmaktadır. Şekil 6'da alüvyonun kalınlığı, güneyde yer alan Kemalpaşa ilçesi kesimlerinde daha ince ve malzeme olarak ise iri taneli sedimentlerden oluşmaktadır. Yüksek yamaçlara yakın alüvyon malzeme dağılımı, iri boyutlu malzeme girdisinin fazla olduğunu göstermektedir. Diğer litolojik birimlerin kalınlığı ile karşılaştırıldığında alüvyon birim oldukça az bir kalınlığa sahiptir. Kuzey doğuya doğru alüvyon kalınlığı artmaktadır. Bölgedeki diğer önemli litolojik birimlerden biri olan Neojen seriler, alüvyon altında oldukça yaygın bir dağılım sunmaktadır. Hazırlanan modelde, birimlerin kalınlığı değişken olup, en kalın üyesini kilitaşları oluşturmaktadır (Şekil 6). Özellikle, KB-105 nolu sondajın bulunduğu doğu kesimlerde, serinin kalınlaşmakta olduğunu sondaj verileri ortaya koymuştur. Buna paralel olarak, alanın doğusunda kahverengi renkli kilitaşlarının hâkim olması, jeolojik modelle bir uyumluluk göstermektedir. Birim içerisinde, yer yer ve lokal ölçekte, çakilitaş ve kumtaşları seviyesi kesilmiştir. Buna karşılık seri içerisinde yer alan ve yeraltı suyu için önem taşıyan killi kireçtaşları ise çok az bir kalınlığa sahiptir (Şekil 6, Şekil 7).





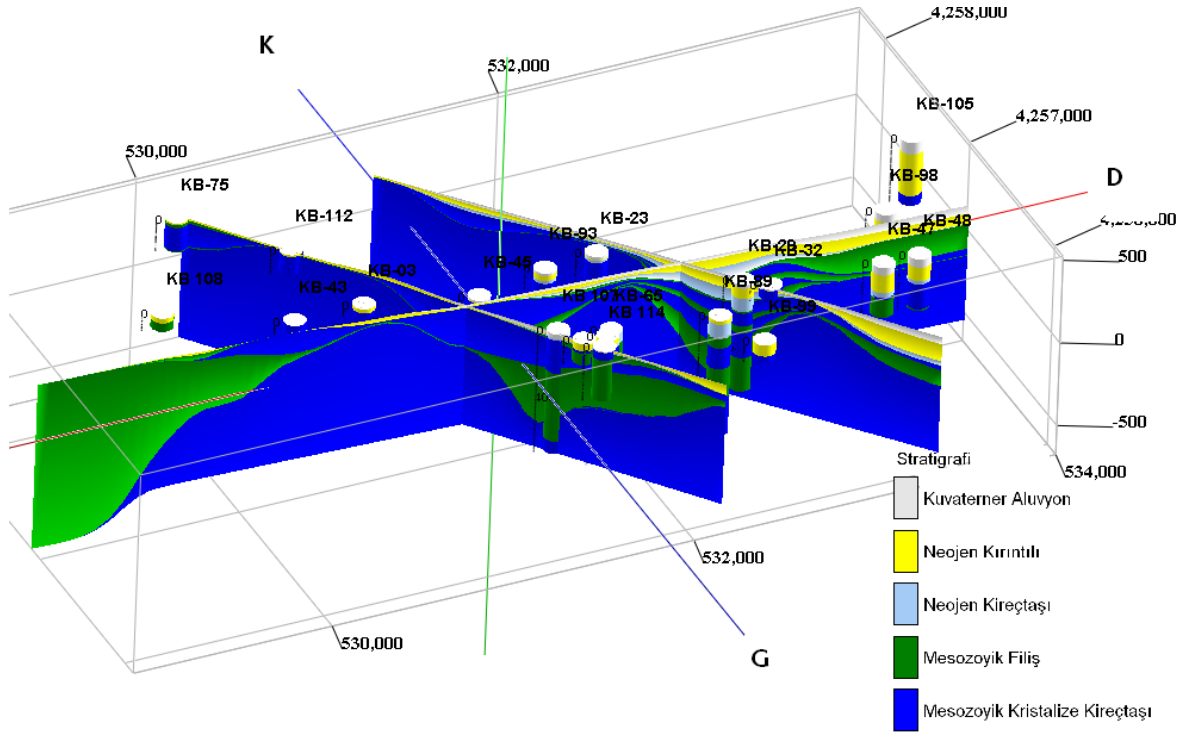
Şekil 6. Üç Boyutlu Jeolojik model

Değerlendirmeye alınan hemen hemen tüm kuyularda Bornova Karmaşığı kesilmiştir. Temel kayası olan Bornova Karmaşığı biriminin tavan düzlemine bakıldığında, özellikle KB-29, 89 ve 99 nolu sondaj kuyularının yer aldığı kesimlerde bir çukurluk belirlenmiştir (Şekil 7). Bu çukurluk birim üzerinde açılacak uyumsuzlukla yer alan Neojen serileri ile dolduğu kuyuların korelasyonundan anlaşılmaktadır. Bu çukurlukta açılan kuyuların özgül debilerinde yüksektir (Şekil7). Temelin üzerinde yer alan bu çukurluğun, Neojen seri altında yer alan ezilme veya kırılma zonları olarak veya kireçtaşı-şeyl kalınlaşması olarak yorumlanabilir. Çalışmanın temelini oluşturan, önceki araştırmacıların Bornova Karmaşığı olarak adlandırdıkları birimin içerisinde yer alan kumtaşı-şeyl ardalanması ve rekristalize kireçtaşları ayrı ayrı modellenmiştir. Bilindiği gibi kumtaşı- şeyl olarak adlandırılan birim yeraltısuyu açısından geçirimsiz olarak kabul edilir. Alloktan kireçtaşları ise kırıklı ve çatlaklı olmasından dolayı oldukça geçirimli bir yapıya sahip olup bölgenin önemli akiferini oluşturur (Şimşek vd., 2008). Model içerisinde bu iki birim ayrı birer tabaka olarak ele alınmıştır. Özellikle, Bornova Karmaşığının ana temel bileşeni olan şeyller ve meta-kumtaşlarını, bu çalışmada kullanılan bir çok kuyuda kesilmiştir. Şeyller ve meta kumtaşları, model içerisinde alanın güney kesimlerinde Kemalpaşa ilçesi ve güneyine doğru kalın olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, Kemalpaşa güney sırtlarında yaygın olarak şeyller ve meta-kumtaşları ve bu birimler içerisinde yer alan lokal ölçekte kireçtaşı olistolitleri göze çarpmaktadır. Aynı özelliklere sahip olan birimlerin çok değişkenli kotlarda bulunması, bölgede bir graben fayının varlığını açıkça göstermektedir.

Modelin doğusunda gözlenen ikinci bir çukurluk ise, yine aynı şekilde şeyllerin bu bölgede egemen olduğunu yada bir ezilme zonunu yansıtmaktadır. Bornova Karmaşığının Diğer bir üyesi olan kristalize kireçtaşları ise, Kemalpaşa ovasını altında oldukça yaygın olduğu modelden anlaşılmaktadır (Şekil 6). Model içerisinde yer alan kireçtaşı tabakasının, kuzey kesimlerinde sırt yaptığı görülmektedir. Yüzey de ise çalışma alanının kuzeyinde oldukça kalın ve yaygın bir kireçtaşı kütlesi yer almaktadır. Birbirinin devamı olan bu kütlelerin, ova sınırında muhtemelen bir fayla düşey olarak atıma uğradığı düşünülmektedir.



Ayrıca, Bornova Karmaşığının tavan düzlemindeki dalgalanma ile birimin yüzeyde mostralarda sunduğu jeolojik yapıya'ya benzemektedir. Özellikle, çalışma alanının güneyinde yer alan birimin, inişli çıkışlı olması, yüksek alanlarda kireçtaşlarının egemen olması, jeolojik modeldeki yapı ile uyumludur. Bununla birlikte, kireçtaşı bloğu arasındaki şeyller ve meta kumtaşları, Kemalpaşa ovası altında yer alan Bornova Karmaşığının geniş bir alana yayıldığı ayrıca kireçtaşı bloğu ile aralanmalı bir yapı sunduğu kuyuların korelasyonu sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Model hazırlanmasında kullanılan sondaj verileri arttıkça, jeolojik modeldeki detaylar daha ayrıntılı olarak belirlenebilecektir. Model incelendiğinde çalışma alanında bir kireçtaşı bloğu yerine birkaç kireçtaşı bloğunun yer almış olması da muhtemel olasılıklar arasında olduğu görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alanına ait blok diyagramı

#### 4.2. Üç Boyutlu Hidrojeolojik Model

Bir çalışma alanında jeolojik ve hidrojeolojik modelin ortaya çıkartılması, yapılacak daha sonraki çalışmalara büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Birimler arasındaki yapısal ilişki, dokanak bağlantıları, kırık sistemleri ve kayaç litolojisi hidrojeolojik sistemlerin çözümünde büyük yarar sağlayan parametrelerdir. Özellikle, yapısal ve litolojik olarak karmaşık bir sisteme sahip olan Bornova Karmaşığı gibi birimlerin hidrojeolojik yapısının belirlenmesi için detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Düşey olarak istiflenen birimlerin arasında yer alan sayısız akifer ve geçirimsiz tabakaların belirlenmesi ve büyük ölçekte su sağlayacak akiferlerin hidrojeolojik yapısının ve katı modelinin belirlenmesi, günümüz teknolojisinde kullanılan programlarla kolaylaşmaktadır. Bu bağlamda, hazırlanan jeolojik model ve bu model üzerine eklenen birimlerin akifer kalınlıkları, derinlikleri ve özgül debileri kullanılarak kavramsal hidrojeolojik yapı ortaya konmuştur. Yapılan hidrojeolojik modelde dört tip akifer

tanımlanmıştır. Yüzeysel akiferi oluşturan alüvyon akifer, Neojen seri içerisindeki killi kireçtaşları ve kırıntılı birimler, Bornova Karmaşığı içerisindeki alokton kireçtaşlarıdır (Şekil 6).

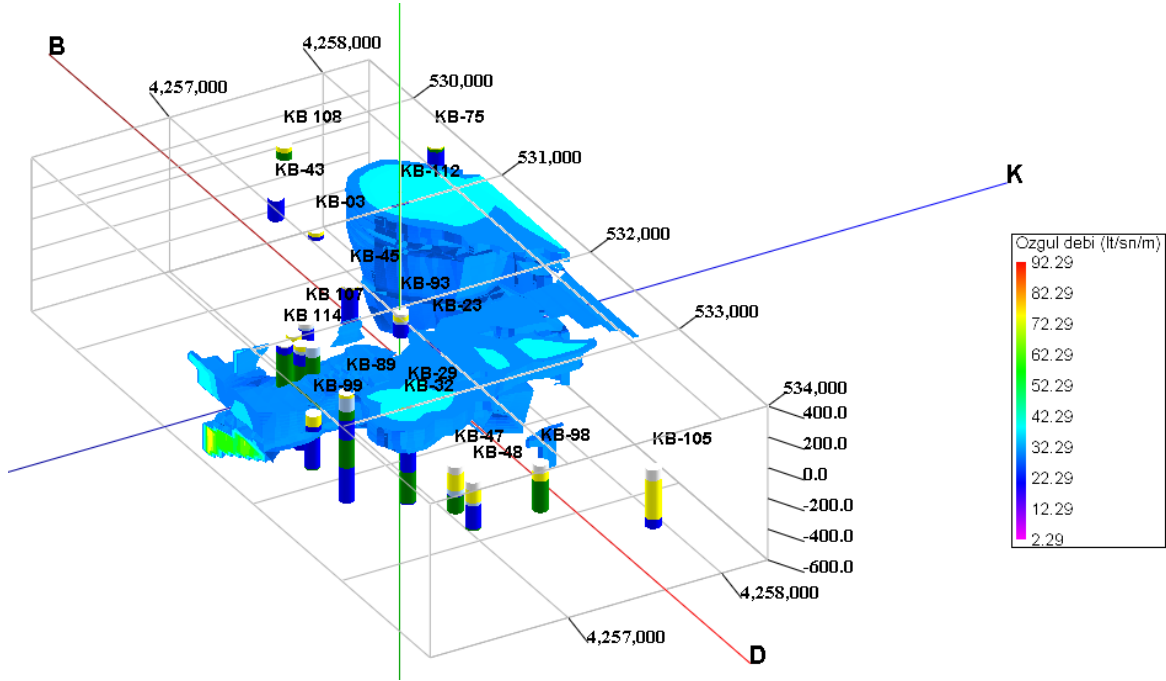
Sondaj verilerinden elde edilen özgül debi modeli, çalışma alanındaki akiferlerin verimini yansıttığı gibi özgül debisinin yüksek olduğu kuyuların graben fayına yakın olduğunu ortaya koymaktadır. Derinliği fazla olan kristalize kireçtaşlarının özgül verimi, diğer akiferleri oluşturan Neojen killi kireçtaşı ve alüvyondan daha yüksektir. Ayrıca, modeldeki özgül debi dağılımının alanın güneyinde ve kuzeybatısında yoğunlaşması ve KB-GD yönlü uzanması, bu doğrultuda açılmış olan kuyuların, daha geçirimli ve olası kırık sistemlerini kesen kuyular olduğu görülmektedir (Şekil 8). Ayrıca bu zon su bulduran karstik sistemlerinin yoğunlaştığı alanları da göstermektedir. Özgül debinin topoğrafyaya yakın kesimlerde yüksek değer vermesi ve sondaj loglarında rastlanılan kırıkların muhtemel faylara bağlı ezilme zonlarını olduğu yüksek verimli su üretim zonlarını göstermektedir.

Çalışma alanında yüzeysel akiferi oluşturan alüvyonda açılmış olan ve derinliği 60 m den az sondajların verimleri düşük olup, ancak lokal ölçekte sulamada kullanılmaktadır. Neojen seri içerisindeki killi kireçtaşları ve kırıntılı serinin özgül debilerinin düşük olmaları nedeniyle bu birimlerden su almak ekonomik olmamaktadır. Ayrıca yüzeysel akiferlerin kalınlıklarının çok az olması da su yeraltısuyu üretimini denetlemektedir. Bu nedenlerden dolayı, bölgedeki su ihtiyacının karşılanması için derin akiferlerin araştırılması hız kazanmıştır. Bu doğrultuda yapılan jeofizik ve sondaj çalışmalarında olumlu sonuçlar alınmış ve bazı sanayi kuruluşlarının su ihtiyacı derinde yer alan allokton kireçtaşlarından sağlanmaktadır. Allokton kireçtaşlarının boyutlarının değişken olmasına karşın, çalışma alanında diğer akiferlere oranla kalın olması nedeniyle yeraltısuyu potansiyeli açısından önemli bir yere sahiptir.

## 5. MODELİN AVANTAJLARI

Günümüzde artan bilgisayar teknolojisi sayesinde özellikle jeolojik çalışmalarda yeraltının modellenmesi, maden ve yeraltı su kaynaklarının belirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Üç boyutlu model ve özellikle interaktif olarak sürekli güncellenen veri tabanlarında, model üzerindeki detay giderek artmakta ve hata sınırları azalmaktadır. Modeldeki kazanımlar, daha önceden hazırlanan jeolojik kesitlere göre daha detaylı olarak 3 boyutlu görüntülü olarak sunulmaktadır. Böylelikle, bir çalışma alanını amaca yönelik değerlendirmek daha hızlı ve daha verimli olmaktadır. Kullanılan interaktif model bir havzada, sondaj yeri belirleme konularında ve akifer belirleme çalışmalarının daha ekonomik olmasına katkı koyacaktır.

Bir proje başlangıcında karşılaşılan güçlüklerin başında veri eksikliği veya veriye ulaşılamaması gelmektedir. Bu nedenle bu tür veri tabanlarının oluşturulmasıyla, benzer çalışmaların, aynı bölgede defalarca yapılmasının önüne geçilmiş olacaktır. Ayrıca daha önce sondaj yapılmış ancak yeterli su sağlanamamış alanlara başkaları tarafından tekrar sondaj açılması gibi hem ekonomik hem de akifer sistemine zarar verecek faaliyetlerin önüne geçilmiş olacaktır. Bu nedenle havza planlanması ve veri tabanının oluşturulması konusunda ilgili kamu kuruluşlarına büyük görev düşmektedir. Modelin dezavantajları arasında en büyük kısmı veri eksikliği oluşturmaktadır. Bir çalışma alanında homojen dağılımı olmayan veya belli bölgelerdeki eksik veriler ile kurulan modelin hata payını daha yüksek olacağı unutulmamalıdır.



Şekil 8. Çalışma alanına ait üç boyutlu özgül debi modeli (özgül debi; l/s/m)

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

CBS teknikleri jeolojik araştırmalarda veri tabanının oluşturulmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda örnek bir çalışma olarak yapılan Kemalpaşa havzasında, jeolojik yapının üç boyutlu modeli yapılmıştır. Modelde jeolojik olarak üç ana birim ayırtlanmıştır. Bunlar; Kuvaterner yaşlı alüvyon, Neojen tortul seriler ve Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova Karmaşığıdır. Bornova karmaşığı içerisinde yer alan allokton kireçtaşlarının Kemalpaşa ovası altında geniş bir alanda dağılım sunmaktadır. Sondaj verilerinden yararlanılarak oluşturulan jeolojik modelde en kalın birim olarak Bornova Karmaşığı belirlenmiştir. Üç jeolojik birim içerisinde ise alüvyonları Neojen seriler içerisindeki kırıntılılar ve killi kireçtaşları ile karmaşık içerisindeki allokton kireçtaşları olmak üzere dört akifer tesbit edilmiştir. Yeraltısuyunun verimli olduğu kesimleri kestirmek için kuyuların özgül debileri kullanarak saha modellenmiştir. Yapılan üç boyutlu özgül debi modelinde, yoğunlaşmanın allokton kireçtaşlarının hakim olduğu kesimlerde olduğu belirlenmiştir. Özgül debi verilerine göre en verimli akiferi allokton kireçtaşları oluşturmaktadır. Çalışma sahasındaki derin su kuyularının belli alanlarda yoğunlaşması, allokton kireçtaşlarının bu alanlarda kırıklı ve karstik yapıya sahip olduğunu ifade etmektedir. Alüvyon ve Neojen serilerinin özgül debilerinin allokton kireçtaşlarına göre daha düşük değerler vermektedir. Aşırı su gereksinimi olan sanayi tesisleri için bu akiferlerden su temin etmek ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle derin karstik akiferlerin araştırılmasına önem verilmektedir.

Yapılan modelin Kemalpaşa havzasında yapılacak olan derin sondajlara ve derin akiferlerin araştırılmasına ışık tutacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu tür modellerin diğer su havzalarında uygulanması ile verimli akiferlerin ve sondaj yeri belirleme çalışmalarına katkı sağlayacaktır. Üç boyutlu jeolojik modeli bilinen bir sahada yapılacak planlı sondajlar ile akifer sistemine ve yeraltısularına verilecek hasarlar da en aza indirilmiş olacaktır.

**Teşekkür**

Bu çalışmada kullanılan tüm kuyu verileri Su-San Sondajcılık A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Bu çalışmanın temelini oluşturan ve bu verileri kullanmamıza olanak sağlayan firma sahibi Sayın Mehmet Türköver'e teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- Baba A., ve Sözbilir H. (2001): KB Doğrultulu Kemalpaşa-Torbalı Havzasının Jeolojisi ve Yeraltısuyu Kalitesi, Batı Anadolu, Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (ÇEVJEO-2001), İzmir.
- Berker U. (2005): Yiğitler (Kemalpaşa) Havzasının Hidrolojisi, Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Erdogan B. (1990): İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının Tektonik İlişkisi, MTA Dergisi, 119, 1-15.
- İnci U. (1991): Torbalı (İzmir) Kuzeyindeki Miyosen Tortul İstifinin Fasiyes ve Çökelme Ortamları. MTA Dergisi, No:112. pp 44
- Şen Z. (1995): Applied Hydrogeology for Scientists and Engineering. CRS Press, Florida, pp 444.
- Şimşek C, Demirkıran Z, Erdoğan B, Ulutaş U (2009): İzmir Çevresinde Derin Akiferlerin Araştırılmasına Yönelik Çalışmalar. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı. 13-16 Nisan, Ankara
- Şimşek C. (2002): Torbalı Ovasının Katı Atık Depolama Tesisleri Yer Seçimine Yönelik Hidrojeoloji İncelemesi, Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimler Enstitüsü. İzmir.
- Şimşek C., Filiz Ş. (2001): Torbalı Ovasının Hidrojeolojik İncelemesi, Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (ÇEVJEO-2001), İzmir.
- Simsek C., Elci, A., Gunduz, O. ve Erdogan, B. (2008): Hydrogeological and Hydrogeochemical Characterization of a Karstic Mountain Region, Environmental Geology, 54, 291-308.
- Plummer C.C., Carlson D.H., McGeary D. (2007): Physical Geology. Eleventh Edition. McGraw Hill, 617, Buston