

ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASI E SEKTÖRÜ'NÜN HİDROJEOLJİK MODELİ

HYDROGEOLOGICAL MODEL OF THE E-SECTOR OF AFŞİN-ELBİSTAN COAL BASIN

AHMET FUAT YARGICI

DR. LEVENT TEZCAN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Jeoloji (Hidrojeoloji) Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

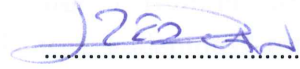
2018

AHMET FUAT YARGICI'NIN hazırladığı “Elbistan Kömür Havzası E Sektörü'nün Hidrojeolojik Modeli” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLojİ (HİDROJEOLojİ) MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

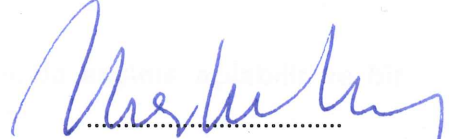
Doç Dr. Koray K. YILMAZ
Başkan



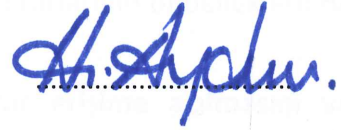
Dr. Levent TEZCAN
Danışman



Prof. Dr. Mehmet EKMEKÇİ
Üye



Doç. Dr. Harun AYDIN
Üye



Dr. Türker KURTTAŞ
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☒ **Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- ☐ **Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ **Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- ☐ **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

11 / 07 / 2018

(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı

Ahmet Fust Yargıcı

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

11/07/2018

Ahmet Fuat Yargıcı

ÖZET

ELBİSTAN KÖMÜR HAVZASI E SEKTÖRÜ'NÜN HİDROJEOLOJİK MODELİ

Ahmet Fuat YARGICI

Yüksek Lisans, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Dr. Levent TEZCAN

Haziran 2018, 76 Sayfa

Elbistan Kömür havzasında bulunan ve işletmeye açılması planlanan E sektörünün hidrojeolojisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda tez çalışmasının amacı, E sektörünün hidrojeolojik kavramsal modelini oluşturmak ve oluşturulan bu kavramsal modeli matematiksel bir yeraltısuyu akım model ile test etmektir.

Kavramsal modeli oluşturabilmek için öncelikle sayısal ortamda jeolojik model oluşturulmuştur. Bu modelin oluşturulmasında yaklaşık 700 kuyu logundan yararlanılmıştır. Jeolojik model kullanılarak yeraltısuyu taşıyan birimlerin ilişkileri hakkında bulgular ortaya koyulmuştur.

İzotop analizleri, pompa testleri, yeraltısuyu seviye ölçümleri gibi çalışmalardan faydalanılarak yeraltısuyu bulunduran birimlerin hidrojeolojik özellikleri tespit edilmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında Elbistan Kömür Havzası E Sektörünün kavramsal modeli elde edilmiştir. Kavramsal modelin matematiksel olarak doğruluğunun sınanması FEFLOW programı ile yapılmıştır.

Kavramsal modele göre E sektöründe bulunan Pliyosen-Pleyistosen yaşlı kömür ve gıda birimlerinin üzerinde yer alan tavan kili yüzey suları ve güncel yağışlar ile olan beslenimi sınırlarken, bu birimlerin tabanında bulunan taban kili de karbonatlı kayalar ile olan hidrolik ilişkiyi sınırlamaktadır. Benzer şekilde çalışma alanının doğu kısmında karbonatlı kayalar ve gıda/kömür arasındaki hidrolik ilişkiyi de görece olarak geçirimsiz olan Kemaliye formasyonu sınırlamaktadır.

Kavramsal modelde sistemin boşalımının model alanının güney-güneybatı kesiminden gerçekleştiği tespit edilmiş, bu durum yeraltısuyu akım modeli ile sınanmıştır. Buna göre karbonatlı kayaçlar içerisindeki yeraltısuyu dipten dolaşım ile sistemi terk etmektedir.

Yeraltısuyu akım modelinin kararlı akım koşullarında kalibrasyonu sahada ölçülen yeraltısuyu seviyeleri ile yapılırken; kararsız akım koşullarındaki kalibrasyonu pompa testleri sırasında kaydedilen düşüm/zaman eğrileri ile yapılmıştır. Kalibrasyonlar sonucunda mevcut durumu temsil eden yeraltısuyu akım modeli elde edilmiştir. Kararlı akım koşullarında yapılan kalibrasyonda gözlenen değerler ile hesaplanan değerler arasındaki artıkların ortalaması (RMS) yaklaşık 4 metre olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, matematiksel modelin kavramsal modeli oldukça başarılı şekilde temsil ettiğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında hassasiyet analizi yapılmış, sistemin belirsizlikleri tespit edilmiştir. Sistemin yatay yöndeki hidrolik iletkenlik katsayısı ve sınır koşullarını denetleyen parametrelerden birisi olan transfer katsayısı parametrelerinin değişimine hassas olduğu yapılan bu çalışma ile ortaya koyulmuştur. Bu durumun giderilmesi için farklı lokasyonlarda pompa testlerinin yapılmasında fayda görülmektedir.

Sistemi kontrol eden ve E Sektörünü çevreleyen karbonatlı kayaçlarda açılmış kuyu ve test sayısı oldukça yetersizdir. Benzer şekilde bugüne kadar sektör bazında yürütülen hidrojeolojik çalışmaların yanında Afşin-Elbistan Havzası'nı kapsayan detaylı bir hidrojeolojik çalışmanın tamamlanması gerekmektedir. İşletmeye alınması gündemde olan saha için bu eksikliklerin bir an önce giderilmesi önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Hidrojeoloji, kavramsal model, yeraltısuyu akım modeli, hidrojeolojik model, nümerik model

ABSTRACT

HYDROGEOLOGICAL MODEL OF THE E-SECTOR OF AFŞİN-ELBİSTAN COAL BASIN

Ahmet Fuat YARGICI

Master of Science, Geological (Hydrogeological) Engineering Department

Supervisor: Dr. Levent TEZCAN

June 2018, 76 pages

Hydrogeological characterization of E sector which is located at Elbistan coalfield and planned to be operated, was studied within the scope of thesis. The aim of the study is the development of the hydrogeological conceptual model of the site and validate the conceptual setting with mathematical groundwater flow model.

In order to have the conceptual model, geological model was constructed by 700 borehole logs. Interrelations among the groundwater bearing units were characterized by means of geological model.

Hydrogeological characteristics of groundwater bearing units were determined by isotope analysis, pump tests and groundwater level measurements. Afterwards, conceptual model of Elbistan-E Sector Coal Field was developed. The conceptual model was tested through numerical modelling using FEFLOW software.

According to conceptual model of E sector, Pliocene - Pleistocene aged coal and gyttja units are bounded by the top and bottom by impervious clay layers. Hydraulic relations between carbonate rocks at the east of the Site and gyttja/coal layers are controlled by less permeable Kemaliye formation.

Model calibration under steady state conditions was performed by using groundwater levels while transient conditions was performed by using drawdown/time curves data of pump tests. Average of the differences between measured and calculated values (RMS) are

evaluated as approximately 4 meters during steady state calibration phase. Representative groundwater flow model was obtained.

Sensitivity analysis was performed within the scope of work and uncertainties were determined. Results show that hydraulic conductivity and transfer rate which is one of the key parameters of boundary condition are sensitive parameters of the system. In order to eliminate this condition, more pumping tests on different locations should be carried out.

The wells located at carbonated rocks which are mainly controlling the system and surrounding the E sector are not sufficient. Beside the similar projects already performed on the field, it is highly recommended to conduct a comprehensive hydrogeological study for Afşin-Elbistan basin.

Keywords: Hydrogeology, conceptual model, groundwater flow model, hydrogeological model, numerical model

TEŞEKKÜR

Tez süresince desteğini hiç esirgemeyen, öğrencilerini motive etmek için daima elinden gelenin fazlasını yapan pek kıymetli danışman hocam Sayın Levent TEZCAN'a, mesleki görgümün şekillenmesinde büyük emeği olan değerli hocam Sayın Mehmet EKMEKÇİ'ye, gerek verdiği destekler gerekse izotop analizlerinin yapımı sırasında gösterdiği özveri için değerli hocam Sayın Türker KURTTAŞ'a, sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde her türlü teknik desteği sunan EÜAŞ Genel Müdürlüğü Maden Sahaları Daire Başkanlığına ve Cumhuriyet Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünden Dr. Yavuz Gül, Prof.Dr. Kazım Görgülü ve arazi çalışmalarında desteğini esirgemeyen Bahadır Şengün'e teşekkür ediyorum.

Tez süresi boyunca birlikte yaşadığımız zorluklardan keyif almamı sağlayan hayat arkadaşım Tuğçe YARGICI'ya, benim ben olmama sebep kıymetli anneciğim Alev ERKİŞİ'ye ve tüm aileme teşekkür ediyorum.

Tezimi bitirmem için beni her zaman motive eden ve destekleyen Sayın Burcu DURU ve Sayın Serkan GÜNER'e, çalışma arkadaşlarıma ve Fugro Sial Yer Bilimleri Mühendislik ve Müşavirlik Firması yöneticileri Sayın Orhan ŞİMŞEK ve Sayın Behiç ÇONGAR'a şükranlarımı iletiyorum.

Bu süreçte yol arkadaşlığı yaptığım arkadaşım Mehmetcan ÖZKADIOĞLU'na ve aynı zamanda arazi çalışmalarında da yanımda olan arkadaşım Necati Erdem KALAYCIOĞLU'na ve diğer arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Bu çalışmayı, azimle çalışmakta olan tüm yer bilimleri emekçilerine ve bu uğurda hayatını kaybeden dostum Doğukan Hazar ALADAĞ'a adıyorum.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
1.2 İnceleme Alanının Tanıtılması.....	2
1.3 Önceki Çalışmalar.....	4
2 JEOLojİ	8
2.1 Temel Stratigrafi	8
2.1.1 Çayderesi Formasyonu (Pç)	8
2.1.2 Karaböğürtlen Formasyonu (Kka – Kkam).....	10
2.1.3 Köseyahya Napı (Mzk).....	12
2.1.4 Kemaliye Formasyonu (Kke)	14
2.1.5 Ahmetçik Formasyonu (TplQa)	15
2.1.6 Alüvyon Yelpazeleri (Qaly)	17
2.1.7 Yamaç Molozları (Qym)	17
2.1.8 Alüvyon (Qal).....	17
2.2 Yapısal Jeoloji ve Tektonik	18
2.3 Jeolojik Model	21
3 HİDROJEOLojİ	24
3.1 Su Noktaları	24
3.1.1 Akarsular	24
3.1.2 Kanallar	25

3.1.3	Kaynaklar	26
3.2	Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri	29
3.2.1	Hidrojeolojik Parametreler	29
3.2.2	Yeraltısuyu Seviyeleri	33
3.2.3	İzotop Analizleri	37
4	KAVRAMSAL MODEL	50
4.1	Yüzey Suyu – Yeraltısuyu İlişkisi	50
4.2	Yeraltısuyu Bulunduran Birimlerin Beslenme Mekanizmaları	50
4.3	Yeraltısuyu Bulunduran Birimlerin Boşalım Mekanizması	51
5	YERALTISUYU AKIM MODELİ	54
5.1	Model Tanımlaması	54
5.2	Kodun Seçimi	54
5.3	Grid Yapısı ve Katmanlar	54
5.4	Başlangıç koşulları.....	55
5.5	Sınır koşulları.....	56
5.6	Model Kalibrasyonu ve Hidrolik Parametrelerin Dağılımı	57
5.7	Hassasiyet Analizi.....	68
6	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	72
	KAYNAKLAR.....	74
	ÖZGEÇMİŞ.....	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 1.2. Malatya Erhaç havalimanı – çalışma sahası güzergahını gösterir harita.....	4
Şekil 2.1. Kuşkayası köyünün güneydoğusunda mostra veren Çayderesi formasyonu	9
Şekil 2.2. Karagöz köyü yolu üzerinde bulunan yol yarmasında gözlenen Çayderesi formasyonunun yakın çekim görüntüsü	9
Şekil 2.3. Karaböğürtlen formasyonu ve Çayderesi formasyonu arasındaki dokanak ilişkisinin görünümü ([3]'den alınmıştır)	10
Şekil 2.4. Kuşkayası köyünün güneydoğusunda gözlenen Karaböğürtlen formasyonu	11
Şekil 2.5. Kuşkayası köyünün güneydoğusunda gözlenen Karaböğürtlen formasyonu ve Çayderesi formasyonu	12
Şekil 2.6. Köseyahya napının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti ([3]'den alınmıştır)	13
Şekil 2.7. Küçükkışla köyü yamacında bulunan Kemaliye formasyonu	15
Şekil 2.8. Doğanköy'ün kuzeybatı istikametinde bir yol yarmasında gözlenen Ahmetçik formasyonunun gölsel çökelleri (Alt birim)	16
Şekil 2.9. Kışlaköy'ün güneybatı istikametinde görülen Ahmetçik formasyonunun karasal çökelleri (Üst birim)	17
Şekil 2.10. Kışlaköy ve Hurman fayları ile Ahmetçik formasyonunu gösteren şematik kesit ([3]'den alınmıştır)	19
Şekil 2.11. Afşin-Elbistan Havzasının şematik Neotektonik evrimi (Tms: Salyan fm; Tmk: Kepezdağı volkanitleri; Tmg: Gövdelidağ fm; Tmka: Karamağara fm; TplQa: Ahmetçik fm.) ([3]'den alınmıştır).....	20
Şekil 2.12 E sektörü ve çevresine açılmış kuyular	21
Şekil 2.13 Model alanının üç boyutlu jeolojik modeli	22
Şekil 2.14 Model alanında farklı doğrultularda alınmış jeolojik kesitler	23
Şekil 3.1. Hurman Çayı, Kuşkayası mevki	24

Şekil 3.2. Kışlaköy sektöründe bulunan drenaj kanalı	25
Şekil 3.3. İkiye ayrılan ve beton kaplamasız devam eden kanallar	25
Şekil 3.4. Küçükkişla köyünün yamacında köylüler tarafından kapte edilmiş kaynak	26
Şekil 3.5. Karagöz köyünde bulunan kaynağın beslediği göl/gölet	27
Şekil 3.6. Kaynağın yakınında mostra veren Çayderesi formasyonu.....	27
Şekil 3.7 Çalışma sahası ve çevresindeki kaynaklar	28
Şekil 3.8. E sektöründe bulunan kuyularda Gül vd. (2017) [9] tarafından yapılan pompa testlerinin harita üzerinde görünümü.....	31
Şekil 3.9. Ölçüm yapılan kuyuların birimlere göre yeraltısuyu seviye dağılımları.....	35
Şekil 3.10. İzotop örnek noktalarının harita üzerinde gösterimi	39
Şekil 3.11 $^{18}\text{O} - ^2\text{H}$ ilişkisini gösteren grafik	43
Şekil 3.12 Örneklerin karşılık geldiği doğruları gösteren $^{18}\text{O} - ^2\text{H}$ grafiği.....	44
Şekil 3.13 Kuyularda filtrelere karşılık gelen birimlerin gösterildiği $^{18}\text{O} - ^2\text{H}$ grafiği.....	45
Şekil 3.14 Çalışma alanı ve çevresindeki meteoroloji istasyonları	46
Şekil 3.15. Kota bağlı sıcaklık grafiği	47
Şekil 3.16. Havza Geneline Oluşturulan Sıcaklık Dağılımı	48
Şekil 3.17. Numunelerin ve yağışın ^{18}O dağılımı.....	49
Şekil 4.1. E sektöründe yeraltısuyu akım sisteminin şematik kavramsal modeli.....	53
Şekil 5.1 Model alanının alt ve üst sınırlarının görünümü	55
Şekil 5.2 Cauchy tipi sınır koşullarının model alanındaki dağılımı ve yük değerleri	57
Şekil 5.3 Model alanındaki kalibrasyon alanları	58
Şekil 5.4 Cauchy tipi sınır koşulları için atanan transfer katsayısı değerleri	59
Şekil 5.5 Kalibrasyon sonucu birimlerin hidrolik iletkenlik katsayısı dağılımı	61
Şekil 5.6 Kalibrasyon sonucu elde edilen hidrolik iletkenlik katsayısının konumsal dağılımı	62
Şekil 5.7 Kararlı akım koşullarında kalibrasyon sonucu elde edilen değerlerin kıyaslanması	63

Şekil 5.8 Kalibrasyon sonucu elde edilen kararlı hidrolik yük değerlerinin dağılımı	64
Şekil 5.9. Kararsız akım koşullarında kalibrasyon için kullanılan pompa kuyularının dağılımı	65
Şekil 5.10 PCD7 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.11. PGG11 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.12 PBG12 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması.....	67
Şekil 5.13 PGG13 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması.....	67
Şekil 5.14. Kx Parametresi için hassasiyet analizi	69
Şekil 5.15 Kz Parametresi için hassasiyet analizi.....	70
Şekil 5.16. Transfer katsayısı için hassasiyet analizi.....	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Pompa testi sonucu elde edilen hidrolik parametreler ([9]'dan alınmıştır).....	32
Çizelge 3.2. Slug testleri sonucu elde edilen hidrolik parametreler ([9]'dan alınmıştır) ...	33
Çizelge 3.3. En düşük ve en yüksek yeraltısuyu seviyeleri.....	36
Çizelge 3.4. Filtre ortalama kotlarına karşılık gelen hidrolik yük değerleri (m).....	36
Çizelge 3.5. Örnek noktalarına ait o-18 ve d sonuçları (AE kodlu numuneler tez kapsamında, diğer numuneler ise Gül ve diğerleri (2018) [10] tarafından örneklenmiştir).....	40
Çizelge 5.1. Kararsız akım koşullarında kalibrasyon sonucu belirlenen hidrolik parametrelerin en büyük, ortalama ve en küçük değerleri.....	68

1 GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Afşin-Elbistan kömür havzasında madencilik faaliyetleri sırasında yeraltısuyundan kaynaklanan problemler büyük önem taşımaktadır. Farklı ruhsat alanlarına (sektörlere) bölümlenen kömür havzasında; işletmeye geçmiş sektörlerde susuzlaştırma, heyelan, oturma-çökme ve obruk gelişimi gibi yeraltısuyundan kaynaklanan sorunlar, madencilik faaliyetlerinin aksamasına ve can kayıplarına yol açmıştır. Güvenli bir madencilik çalışması ve yeraltısuyu yönetimi için havzanın hidrojeolojik özelliklerinin ortaya konması, yeraltısuyu dolaşım sisteminin tanımlanması esastır.

Havzada hidrojeolojik çalışmalar, günümüze kadar her bir sektör için ayrı çalışmalar halinde gerçekleştirilmiş ve havza ölçeğinde bütünleşik bir hidrojeolojik tanımlama yapılmamıştır. Sektör sınırları tamamen idari sınırlar olup, sınırlar boyunca yeraltısuyu dinamiği ile ilgili araştırma ya da gözlem yapılmamaktadır.

Bu çalışmada kömür havzasında bulunan ve işletmeye açılması planlanan E sektörünün hidrojeolojisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. İşletmeye geçmiş diğer sektörlerde olduğu gibi bu çalışma da sektör özelinde ve sınır ilişkileri belirsizliği ile yürütülmek durumunda kalmıştır. Havzada sistematik bir yeraltısuyu izleme alışkanlığı bulunmaması, mevcut ölçümlerin düzenli bir arşivde yer almaması ve işletmelerin verilerini paylaşmaya açık olmamaları nedeniyle havza ölçeğinde bir çalışma yürütülememiştir. Bu kapsamda tez çalışmasının amacı, E sektörünün hidrojeolojik kavramsal modelini oluşturmak ve oluşturulan bu kavramsal modeli matematiksel bir yeraltısuyu akım model ile test etmektir.

Elbistan kömür havzasında daha önce birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmalar sonucunda birçok araştırmacı jeolojik ve hidrojeolojik yapıyı tartışmıştır. 2014 yılında E sektörü için hidrojeolojik bir model hazırlanmıştır. Çelişkiler, belirsizlikler ve eksiklikler içeren bu çalışmalar, raporlar ve hidrojeolojik model ile ilgili tespitler, bu tezin ilgili bölümlerinde detaylandırılmıştır.

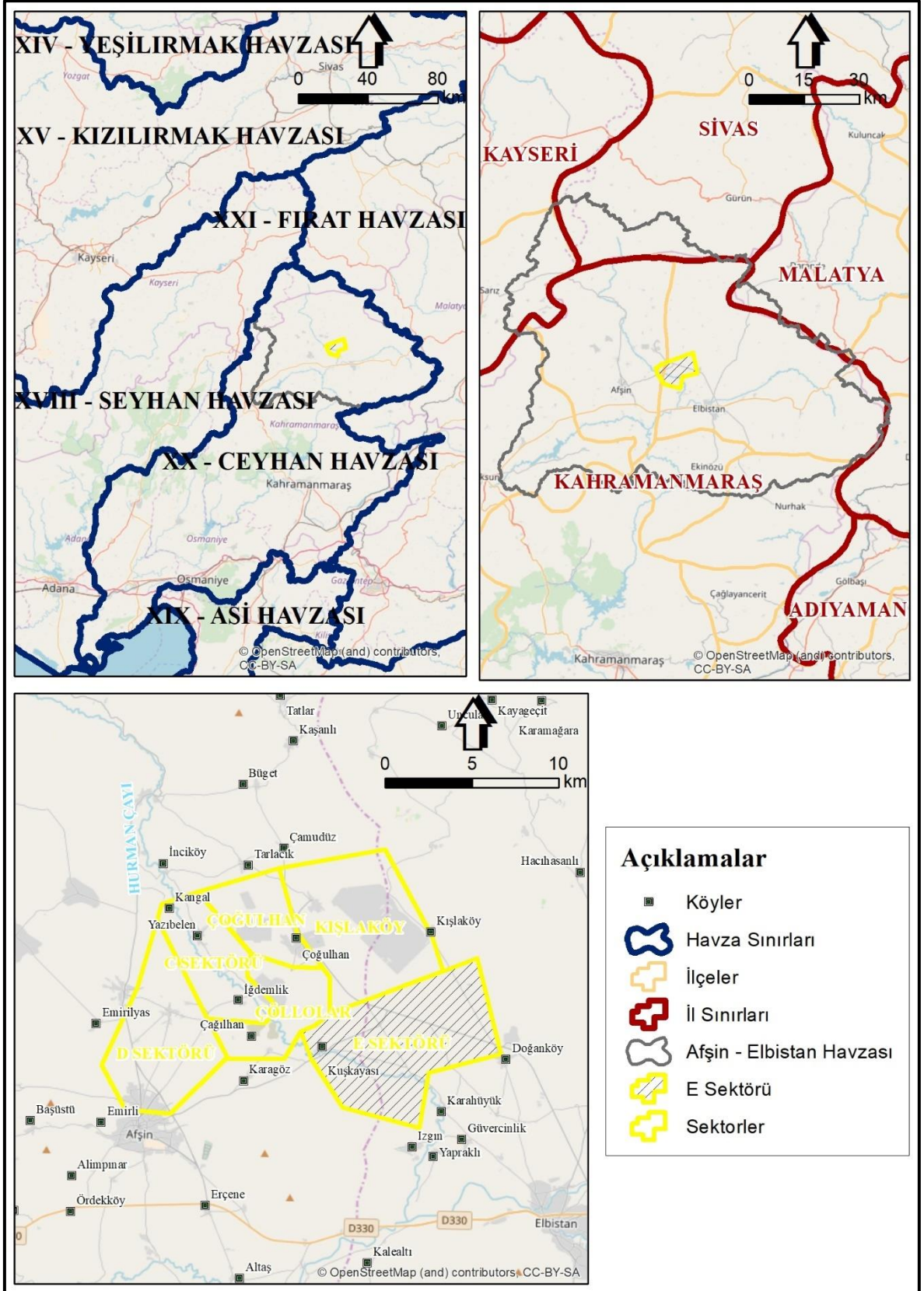
Elbistan kömür havzası, E sektörünün kavramsal modelini ortaya koyabilmek adına sektör içerisinde açılmış 700'den fazla kuyu logundan yararlanılarak jeolojik model ortaya koyulmuştur. Tez kapsamında kullanılan veriler başlıca Cumhuriyet Üniversitesi danışmanlığında toplanmış olup EÜAŞ tarafından sağlanmıştır. Bu verilere ek olarak, bölgede daha önce yapılmış çalışmalara ait raporlarda sunulan veriler de değerlendirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, yeraltısuyunun kökenini ve beslenme bölgesini tespit edebilmek amacıyla farklı yükseltilerdeki kaynaklardan duraylı çevresel izotop örnekleri alınmış ve Hacettepe Üniversitesi laboratuvarlarında analiz edilmiştir.

Tüm bu verilerin değerlendirilmesi ile kavramsal model elde edilmiş, yeraltısuyu akım sistemi sonlu elemanlar yaklaşımını kullanan FEFLOW programı sayesinde sınanmış ve sonuç olarak E sektörünün yeraltısuyu akım modeli ortaya koyulmuştur.

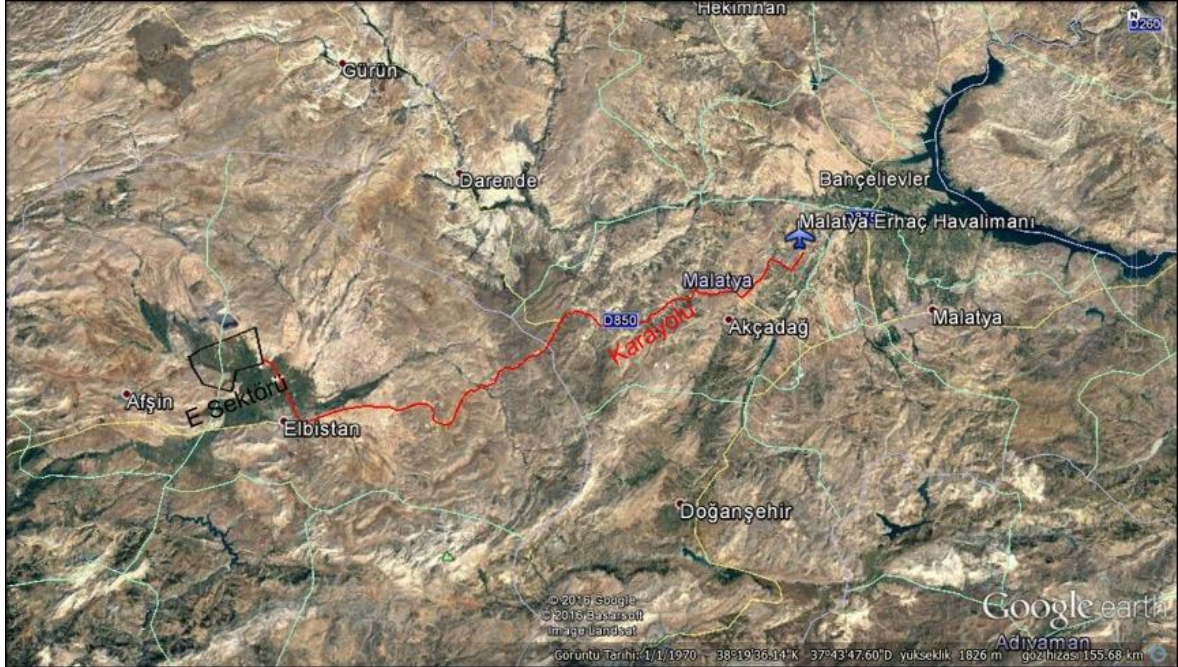
1.2 İnceleme Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı Afşin ve Elbistan ilçe sınırları içerisinde olup 1/25000'lik L38a4 ve L38a3 paftalarında yer almaktadır. Afşin ilçe merkezine kuş uçuşu yaklaşık 11 km mesafede iken Elbistan ilçe merkezine kuş uçuşu yaklaşık 10 km uzaklıktadır. Çalışma alanı Doğu Anadolu bölgesi sınırları içerisinde olup, Ceyhan Havzası'nda yer almaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası

Çalışma sahasına, Malatya Erhaç Havalimanı'ndan ulaşım mümkündür. Malatya Erhaç Havalimanı'ndan yola çıkarak Malatya – Elbistan yoluna D300/D850 üzerinden bağlanılır ise; daha sonra Elbistan – Çoğulhan yolu takip edilerek çalışma sahasına yaklaşık 1.5 – 2 saatte varılabilir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Malatya Erhaç havalimanı – çalışma sahası güzergahını gösterir harita

1.3 Önceki Çalışmalar

Raporun bu bölümünde E sektörü ve Afşin-Elbistan Kömür Havzası'nda yapılan çalışmalar ile ilgili özet bilgiler yer almaktadır. Önceki çalışmalarda elde edilen bilgilerin ayrıntıları ve eleştiriler, ilgili konu başlıklarında paylaşılmıştır.

Schloemer (1972) [1], Elbistan kömür sahası ile ilgili yaptığı hidrojeolojik ön araştırmalar kapsamında, kömür sahasının hidrolojik ve hidrojeolojik yapısını incelemiş, aynı zamanda işletme süresince kullanılacak endüstriyel su ihtiyacı ile ilgili çalışmalar sunmuştur.

Özbek ve Güçlüer (1977) [2], “Maraş-Elbistan- Çöllolar-B Linyit Sektörü 1977 Yılı Faaliyet Raporu”nda, inceleme alanındaki Permokarbonifer, Üst Kretase ve Eosen kireçtaşlarının temeli oluşturduğunu ve akifer özelliğinde olduklarını ifade etmektedirler. Raporlarında detaylı bir jeolojinin yanı sıra hidrolik eğim, geçirgenlik gibi hidrolik parametrelerden de söz etmişlerdir.

Bedi ve diğerkleri tarafından (2009) [3] tamamlanan “Doğru Toroslar’ın Jeodinamik Evrimi (Afşin-Elbistan- Gökşun-Sarız Dolayı)” isimli raporda, Türkiye güneyini batıdan doğuya kat eden Toros kuşağının doğu bölümünün jeolojisi, tektonik yapı ve jeomorfolojisi detaylı bir şekilde incelenmiş ve yeni bulgular belirtilmiştir. Yazarlar raporlarında, Afşin Elbistan dolayının detaylı jeoloji haritasını ve neotektonik haritasını da hazırlamışlardır. Çalışma kapsamında detaylı stratigrafi ortaya koyulmuş ve birimlerin genel tanımlarının yanı sıra kaya türü özellikleri, dağılım ve tip kesiti, diğerk birimlerle olan dokanak ilişkileri, kalınlıkları ve yanal değişimleri, yaş ile ilgili detaylar, tektonik ortamı ve denestirme ile ilgili bilgiler de sunulmuştur.

Bedi (2009) [3] yaptığı çalışmada, Andırın kireçtaşı olarak tanımlanan kireçtaşı kütesinin önceki çalışmalarda tanımlanandan daha farklı özelliklere sahip olduğunu belirtmiştir. Farklı stratigrafik ve yapısal özellikler göstermesi sebebiyle bu birim Köseyahya napı ve Munzur napı olmak üzere iki farklı napa ayrılmıştır.

Bedi (2009) [3], kuzeyde yer alan Karamağara havzası ile birlikte değerkendirilen Afşin-Elbistan havzasının, stratigrafik, sedimantolojik ve yapısal yönden farklı olduğunu belirtmiş, havzanın bölgesel ölçekte Neotektonik dönem başlangıcıyla oluşan doğrultu atımlı fay sistemlerinin etkisinde, Erken Pliyosen’den beri gelişimini sürdüren bir havza olduğunu söylemiştir. Hazırlanan bu tez kapsamında jeolojik tanımlamalar, stratigrafi ve havzanın yapısal jeolojisi ile ilgili konularda, bu rapor rehber doküman olarak kullanılmıştır.

Besbelli ve diğerklerinin [4] hazırlamış olduğu “Afşin-Elbistan Kömür Havzası HB ve HD Sektörlerinin Jeoloji, Rezerv ve Hidrojeoloji Raporu” 2009 yılında yayınlanmış olup, çalışmalarında kömürün oluşum mekanizmasını, istifin ve kömürlü zonun kalınlığını ortaya koymuşlardır. Raporda aynı zamanda havzanın “su bütçesi” de verilmiş olup, beslenim ve boşalım mekanizmalarından da bahsedilmektedir.

Uçar ve diğerkleri tarafından 2010 yılında hazırlanan “Afşin-Elbistan Kışlaköy Sektörü Drenaj Amaçlı Sondaj Çalışması Hidrojeoloji Raporu”nda [5] hidrolik parametreler hesaplanmış olup havzanın temelini oluşturan Mesozoyik yaşlı birimlerin özellikle tektonik hatlar boyunca hidrostatik basınç nedeni ile sorunlar oluşturduğundan ve bu sorunun çözümüne yönelik çalışmalar yapıldığından bahsedilmiştir. Raporda jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri incelenmiş, pompa testleri yapılmış ve yeraltısuyundan kimyasal analiz amaçlı numuneler alınmıştır. Çalışmalarının sonunda bazı kuyuların karstik akiferden beslendiği, bazılarının ise Ahmetçik formasyonu ve kömür altı Karamağara formasyonundan

beslendiğini söylemiştir. Uçar, aynı zamanda drenaj amaçlı açılan kuyular vasıtasıyla drenaj kanalına aktarılan suyun tekrar sulama amaçlı kullanılmaması gerektiğini savunmuştur.

2012 yılında Gökmenoğlu tarafından hazırlanan “Afşin Elbistan Kömür Havzası Hidrojeolojik İncelemesi Projesi Kışlaköy Sektörü Batı Şevi Pompa Testi Raporu” [6] kapsamında, bir kısmı E sektöründe de devam eden birimlerin hidrojeolojik parametrelerini ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışmanın başlıca amacını “drenaj kuyularının derinliklerinin ve etki yarıçaplarının yeterliliğini araştırmak” olarak tanımlamıştır. Proje kapsamında toplam 10 farklı grupta pompa testleri yapılmış ve testlerde elde edilen düşüm-zaman değerleri analiz edilmiştir.

Gökmenoğlu (2012) [6], bu çalışmasında hidrojeolojik istifi; en üstte serbest akifer özelliği gösteren alüvyon ve karbonat istifi, altında geçirimsiz marn-kil aralanması ve altında yarı geçirimli gıda akiferi şeklinde belirtmiştir. Kömür zonunun ikincil poroziteye sahip olduğunu söylemiş ve yarı geçirimli akifer özelliği gösterdiğinden bahsetmiştir.

Gökmenoğlu ve Aslan, 2013 yılında hazırladıkları “Kahramanmaraş Afşin-Elbistan Kömür Havzası Hidrojeoloji İncelemesi Projesi Hurman Çayı Doğu Bölgesi Drenaj Raporu”nda [7] drenaj kuyularının lokasyonlarını belirlediklerini ve mevcut yapılan drenaja ilave kuyuların üretime alınmasının sağlandığını ifade etmişlerdir. Raporda Hurman Çayı’nın oluşturacağı olumsuzlukları bertaraf etmek amacıyla, akış yatağının değiştirilmesi veya yatak tabanının uygun malzemeler ile sızdırmazlığının sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Gökmenoğlu, 2014 yılında hazırladığı “Kahramanmaraş Afşin-Elbistan Kömür Havzası E Sektörü Hidrojeoloji Etüt ve Kışlaköy Sektörü Sondajları Raporu”nda [8] daha önce yapılan çalışmalardan düzenledikleri jeoloji haritasının yanı sıra hidrojeoloji haritası ve eş yeraltı suyu seviye haritalarını da sunmuşlardır. Sahada tespit edilen 9 kuyuda pompa testleri yaparak hidrolik parametrelerin yanıl değişimlerini belirleyen Gökmenoğlu, 20 adet su örnekleme noktasından yağışlı ve kurak dönemlerde iyon ve izotop analizleri amaçlı numuneler toplamış ve Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan Su Kimyası Laboratuvarında majör iyon analizlerini yaptırmıştır. Aynı zamanda havzaya yönelik yeraltı suyu akım modeli de oluşturulmuştur.

Gül ve diğerleri (2017) [9] tarafından tamamlanan “Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Akifer Katmanlarının Hidrojeolojik Parametrelerinin Belirlenmesi” projesi kapsamında, E Sektöründe 12 ayrı noktada 12 pompa kuyusu ve 35 tane gözlem kuyusu açılmıştır. Birimlerin hidrojeolojik parametrelerini tanımlayabilmek adına tüm pompa

kuyularında iki farklı (birinci test göreceli olarak kısa süreli, ikinci test ise daha uzun süreli) dönemde pompa testi yapılmıştır. Aynı amaçla toplam 40 adet slug test gerçekleştirilmiştir. Test yapılan kuyuların tamamı belirli derinlikleri ve belirli birimleri izlemektedir. Çalışmanın sonucu olarak her birimin hidrojeolojik parametreleri, akifer tipleri ve sınır koşulları ortaya konulmuştur.

Gül ve diğerleri (2018) [10], “Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Susuzlaştırma Planı” projesi kapsamında taslak olarak verdikleri raporda, E sektöründe yeraltı suyu akım modelini sonlu farklar yaklaşımına dayanan MODFLOW ile ortaya koymuş ve bu matematiksel model ile E sektörü için belirlenen kazı planına uygun bir susuzlaştırma planı hazırlamıştır.



2 JEOLojİ

2.1 Temel Stratigrafi

Çalışma sahasında karşılaşılan birimler aşağıda tanımlanmıştır. Birimlerin litolojik özellikleri, dokanak ilişkileri ile ilgili bilgiler konusunda Bedi (2009) [3]'nin çalışmasından faydalanılmıştır.

2.1.1 Çayderesi Formasyonu (Pç)

Bedi (2009) yaptığı çalışmada Özgül ve diğ. (1981) [11] tarafından “Çayderesi kireçtaşı” olarak tanımlanan birimi “Çayderesi formasyonu” olarak adlandırmıştır. Çalışma alanının güneybatı bölümünde, Kuşkayası köyünün güney – güneydoğu taraflarında mostra veren Çayderesi formasyonu dolomit, rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve mermer aralanmasından oluşmaktadır. Seyrek oranda da şist, kalkşist arakatkıları görülmektedir [3].

Çalışmada dolomit ve dolomitik kireçtaşlarında metamorfizma etkilerine rağmen fosillerin bulunabileceği söylenmiş ve Çayderesi formasyonunun yaşı Geç Permian olarak belirlenmiştir [3].

Çayderesi formasyonu çalışma alanı içerisinde, aşıl uyumsuzluk ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı Ahmetçik formasyonu ve Kuvaterner yaşlı birimler tarafından örtülür. Çayderesi formasyonu, Geç Kretase yaşlı Karaböğürtlen formasyonunun üzerine bindirmeli tektonik dokanak ile gelir. Birimin kalınlığı 400 – 600 m arasındadır ve yanal yönde değişmektedir [3]. Çayderesi formasyonunun sahada gözlemlendiği noktalara ait fotoğraflar Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de paylaşılmıştır.



Şekil 2.1. Kuşkayası köyünün güneydoğusunda mostra veren Çayderesi formasyonu



Şekil 2.2. Karagöz köyü yolu üzerinde bulunan yol yarmasında gözlenen Çayderesi formasyonunun yakın çekim görüntüsü

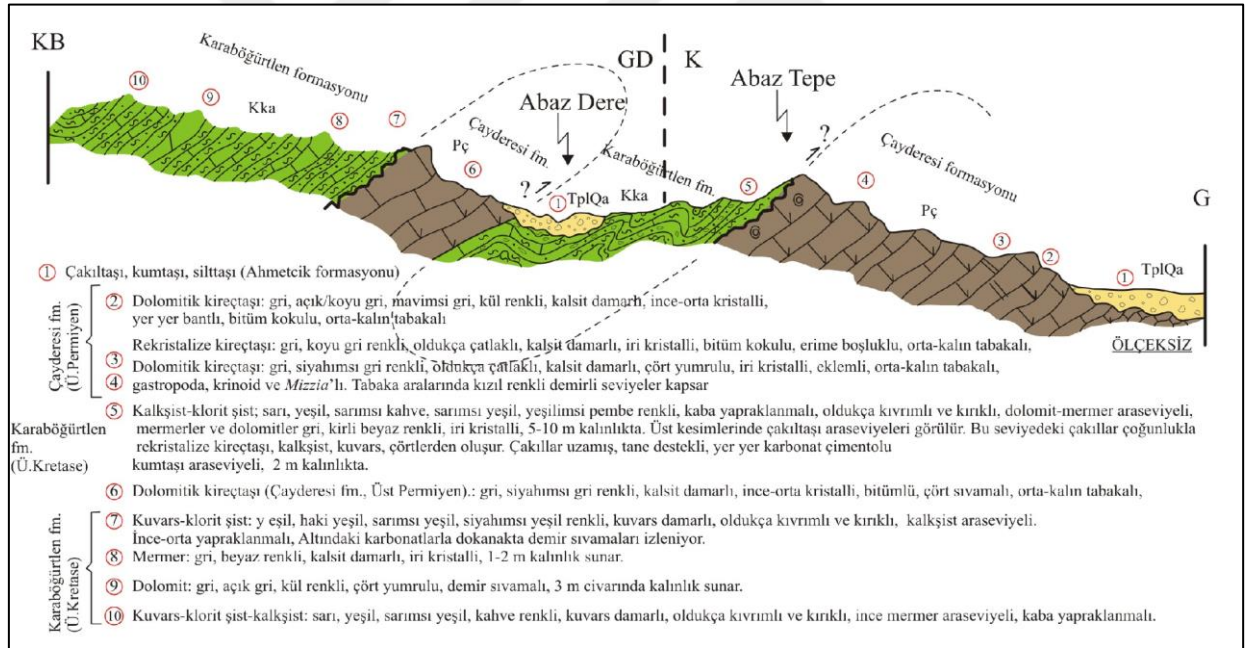
2.1.2 Karaböğürtlen Formasyonu (Kka – Kkam)

Karaböğürtlen formasyonu çalışma sahasının güneyinde, Kuşkayası köyünün güney – güneydoğu tarafında mostra vermektedir.

Birimin hakim kaya türü şist ve kalkışist ardalıdır. Bunun dışında kuvars şist, bazik bileşimli şist ve metakonglomera ardalıdır. İçeren birimde çörtlü mermer, rekrystalize kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşları da bulunmaktadır [3].

Yer yer şistlerle beraber kıvrımlı yapı gösteren rekrystalize kireçtaşı ve mermerler, formasyonda farklı stratigrafik seviyelerde yer alır ve kalınlıkları 20 m’yi bulur, bu birimler rekrystalize kireçtaşı – mermer üyesi (Kkam) olarak tanımlanmıştır [3].

Geç Permiyen yaşlı Çayderesi formasyonu ile tektonik dokanakla üzerlenen Karaböğürtlen formasyonunun üzerine, açılal uyumsuzluk ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı Ahmetçik formasyonu gelmektedir. Karaböğürtlen formasyonu ve Çayderesi formasyonu arasındaki dokanak ilişkisinin görünümü Şekil 2.3’de verilmiştir.



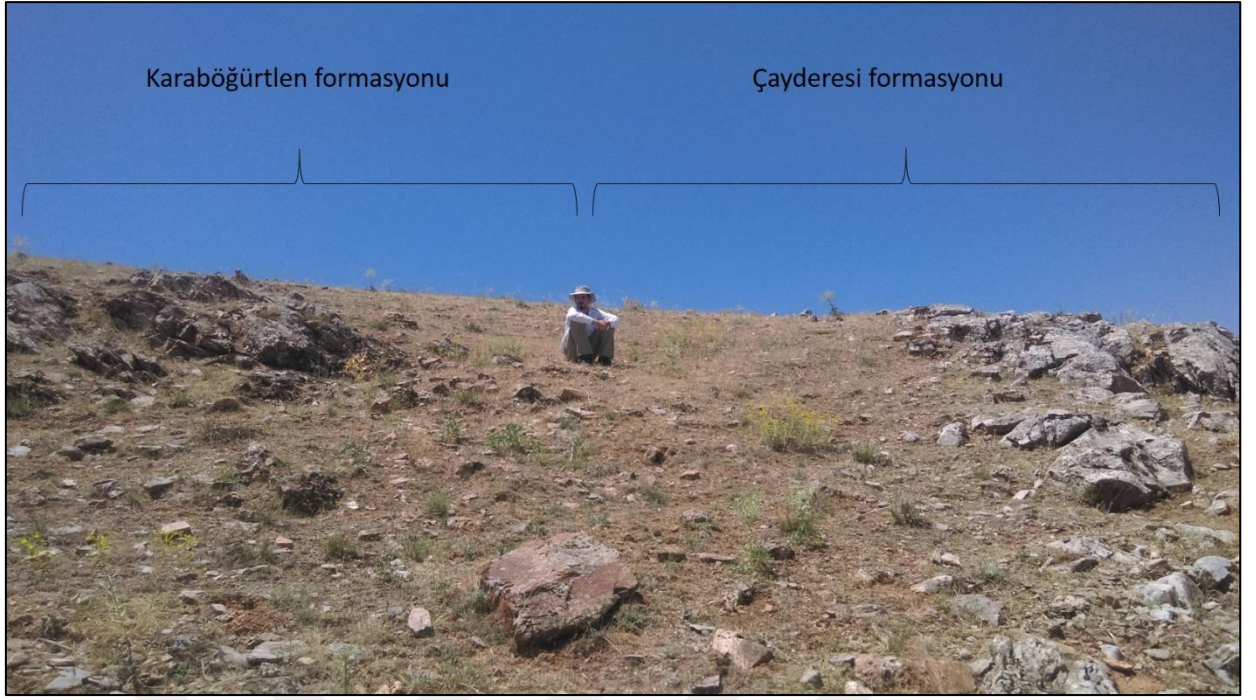
Şekil 2.3. Karaböğürtlen formasyonu ve Çayderesi formasyonu arasındaki dokanak ilişkisinin görünümü ([3]'den alınmıştır)

Bedi (2009) [3], yaptığı çalışmada yaş verebilecek bir fosile rastlamamasına rağmen dokanak ilişkilerini gözden geçirerek birimin Geç Kretase yaşlı olabileceğini söylemiştir.

Çalışma sahası genelinde birimin kalınlığı yaklaşık 200 – 300 m'dir [8]. Sahadan Karaböğürtlen formasyonuna ait görünüm Şekil 2.4'de, Karaböğürtlen formasyonu-Çayderesi formasyonu arasında sahadaki geçişin görülebileceği fotoğraf ise Şekil 2.5'de görülebilir.



Şekil 2.4. Kuşkayası köyünün güneydoğusunda gözlenen Karaböğürtlen formasyonu



Şekil 2.5. Kuşkayası köyünün güneydoğusunda gözlenen Karaböğürtlen formasyonu ve Çayderesi formasyonu

2.1.3 Köseyahya Napı (Mzk)

Çalışma sahasında Küçükkişla köyünün kuzey ve doğu kesimlerinde bulunan Köseyahya Napı, en altta Ladiniyen – Karniyen yaşlı yumrulu kireçtaşı ve sparitik kireçtaşları ile başlayıp, üste doğru sırasıyla orta Karniyen yaşlı killi-çörtlü kireçtaşı, geç Karniyen yaşlı Ammonitico-rosso fasiyesi, Hallstatt kireçtaşı, Dachstein kireçtaşı ve bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelen Liyas yaşlı Ammonitico-rosso fasiyesi, Dogger yaşlı oolitik kireçtaşı ve kalsitürbiditler, Oxfordiyen-Kimmericiyen yaşlı Demirlitepe formasyonu, bunlarla yanal ve düşey yönde geçişli gelen Titoniye-Senomaniyen yaşlı Özbey formasyonu bulunmaktadır. Bu formasyonun üzerinde yanal ve düşey yönde geçişli Albiyen-Santoniyen yaşlı Kızılkandil formasyonu ve en üstte de açısız uyumsuz olarak gelen Kampaniyen-geç Maastrichtiyen yaşlı Kemaliye formasyonundan oluşmaktadır. Çoğu bölümde Köseyahya napı ayrılmamıştır [3]. Köseyahya napına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit Şekil 2.6'da verilmiştir.

Küçükkışla köyü civarında ise; Köseyahya napının Dachstein kireçtaşları bulunmaktadır. Dachstein kireçtaşları içerisinde 26 ve 18 cm kalınlığında iki seviyede tuf gözlenmiştir. Bindirmeli tektonik dokanak ile geç Kampaniyen-geç Maastrichtiyen yaşlı Kemaliye formasyonunun üzerinde yer alır ve napın alt bölümü tıraşlanmış olup, yanal devamlarında kırmızı, pembe renkli Hallstatt kireçtaşının da yer aldığı belirtilmiştir [3].

2.1.4 Kemaliye Formasyonu (Kke)

Kemaliye formasyonu çalışma alanının kuzeydoğu kısmında, Küçükkışla köyünün civarında görülmekte olup, formasyon tabanda düzenli fliş özelliği gösteren kaya birimleri ile başlamaktadır. Üstünde ise değişik yaş, tür ve boyutlarda kayaçların blok ve tektonik dilimlerini kapsayan bloklu fliş bulunmaktadır [3].

İnceleme alanında Köseyahya napı tarafından ikincil ilişkili olarak bindirmeli tektonik dokanakla üzerlenen Kemaliye formasyonu üzerine Pliyo-Kuvaterner yaşlı Ahmetçik formasyonu, Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozları da açısız uyumsuzluk ile gelmektedir [3].

Kemaliye formasyonunun içinde bulunan fosiller incelenerek, geç Kampaniyen- geç Maastrichtiyen yaşlı olduğu belirtilmiştir [3].

Kemaliye formasyonu genellikle eksikli olarak gözlenir ve kalınlığı 10 – 300 m arasında değişmektedir. Kısa mesafelerde sıkça fasiyes değişimi gözlenmektedir [3]. Küçükkışla köyü yamacında bulunan Kemaliye formasyonu Şekil 2.7’de görülebilir.



Şekil 2.7. Küçükkışla köyü yamacında bulunan Kemaliye formasyonu

2.1.5 Ahmetçik Formasyonu (T_{pl}Qa)

Çakıлтаşı, kumтаşı ve kılтаşı içeren Ahmetçik formasyonu ilk defa Baydar (1989) tarafından adlandırılmıştır. Yusufoglu ve diğ. (2005) [12] tarafından yapılan çalışmada ise Afşin – Elbistan havzasındaki kömürlü göl çökellerine “Alt birim”, üzerine gelen akarsu çökellerine ise “Üst” birim denmiştir. Yusufoglu ve diğ. (2005) [12] her ne kadar bu birimleri ayırsa da haritalarken tek bir birim olarak göstermiştir. Bu çalışmada da Yusufoglu ve diğ. (2005) [12] tarafından tanımlandığı gibi “Alt birim” ve “Üst birim” olarak ayrı incelenecektir. Ahmetçik formasyonu çalışma alanının hemen hemen her kısmında gözlenmektedir.

Ahmetçik formasyonunda Alt birim, genellikle kalın marn, kılтаşı, gıdya, seyrek siltтаşı ve linyit içermektedir. Buna göre; bu dönemde kapalı göl ortamının, çevresinde sık ormanlar bulunması sebebiyle, nemli bir iklim etkisinde geliştiğini gösterir [3]. Üste doğru kaba taneli karasal kırıntılılardan (siltтаşı, kumтаşı ve çakıлтаşı şeklinde) oluşan Üst birime geçilmesi, iklimsel değişiklikler ile birlikte tektonizmanın göl çevresindeki alanları yükselterek aşındırması ve aşınan birimlerin de göle boşalarak ortamın akarsu denetimine geçtiğini göstermektedir [3].

Ahmetçik formasyonu, çalışma alanında temel kaya birimleri üzerine açısal uyumsuzluk ile gelmektedir [3]. Ahmetçik formasyonuna ait gölsel çökeller (Alt Birim), şekil 2.8’de, st Birim ise şekil 2.9’da görülebilir.

Alınan fosil örnekleri incelendiğinde, Ahmetçik formasyonunun Erken Pliyosen yaşlı olduğu saptanmıştır [3].

Bedi (2009) [3], yaptığı çalışmalarda, gerek stratigrafik kesitlerde gerekse ulaşabildiği sondaj loglarından faydalanarak, Alt birimin kalınlığını 100 – 200 m, st birimin kalınlığını ise 50 – 250 m olarak tespit etmiştir.



şekil 2.8. Doğanköy’n kuzeybatı istikametinde bir yol yarmasında gözlenen Ahmetçik formasyonunun gölsel kelleri (Alt birim)



Şekil 2.9. Kışlaköy'ün güneybatı istikametinde görülen Ahmetçik formasyonunun karasal çökelleri (Üst birim)

2.1.6 Alüvyon Yelpazeleri (Qaly)

Alüvyon yelpazeleri çalışma sahasının güney ve kuzey kısımlarında, Küçükkışla köyünde ve Kuşkayası köyünün güneydoğusunda bulunmaktadır.

Normal faylar ve havza kenarında yüksek topoğrafik alanların basamak yerlerinde çökelmektedir ve baskın olarak uzaktaki kesime doğru tane boyu küçülerek çakıltaşı, kumtaşı, kalışli silttaşı ve çamurtaşı şeklinde oluşmaktadır [3].

2.1.7 Yamaç Molozları (Qym)

Yamaç molozları çalışma sahasında Küçükkışla köyünün doğusunda gözlenmektedir.

Yamaç molozları blok boyutunda çok kötü boylanmalı, tane destekli ve yarı tutturulmuş köşeli çakıllardan oluşmaktadır [3].

2.1.8 Alüvyon (Qal)

Çalışma sahasında mevsimsel akarsu debilerine göre çökelimini sürdürmekte olan alüvyon genelde tutturulmamış çakıl, kum, silt, kil ve çamurdan oluşmaktadır. Hurman Çayı, çalışma alanında kalın alüvyonları oluşturmaktadır [3].

2.2 Yapısal Jeoloji ve Tektonik

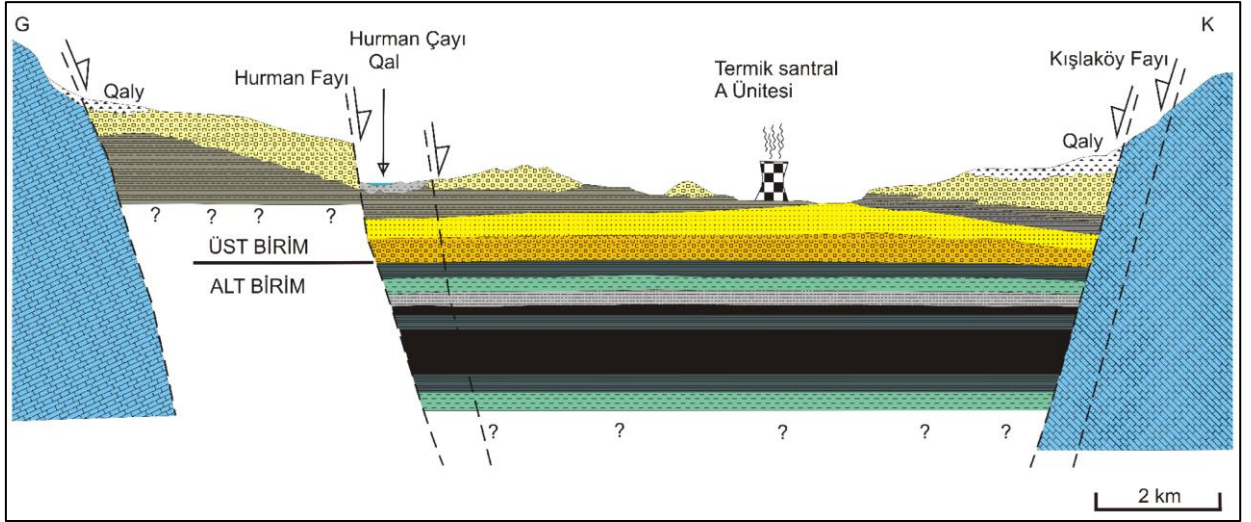
Bedi (2009) [3], yaptığı çalışmada, Paleotektonik döneme ait kıvrımların geliştiğini ve bu kıvrımların K-G yönlü sıkışmaya bağlı olarak KD-GB gidişli olduğunu belirtmiştir

Bedi (2009) [3], çalışma sahasında Neojen havzasında herhangi bir kıvrımdan bahsetmemiştir. Aynı çalışmada havzanın açılmasında etkin olan ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı Ahmetçik formasyonunun çökelişini sağlayan önemli fayları açıklamıştır. Çalışmasında bahsettiği bu önemli faylardan Hurman ve Kışlaköy fayları çalışma sahası için önem taşımaktadır.

Kışlaköy fayı, Doğanköy, Kışlaköy ve Kaşanlı köyü hattı boyunca çalışma sahasının kuzey bölümünü kat eder ve KB-GD doğrultulu, GB 'ya eğimlidir [3]. Araştırmacı, yaptığı çalışma sırasında fayın K35°B doğrultulu, 81°GB'ya eğimli olduğunu tespit etmiş ve sağ yanal atım bileşenli olduğunu belirtmiştir [3].

Kışlaköy fayının yaklaşık uzunluğu 20 km'dir ve genelde Ahmetçik formasyonunu temel birimler ile sınırlamaktadır. Fay, Ahmetçik formasyonunda yer alan Üst birimin üst seviyelerindeki çökeller ve alüvyon yelpazeleri tarafından örtülmüştür [3].

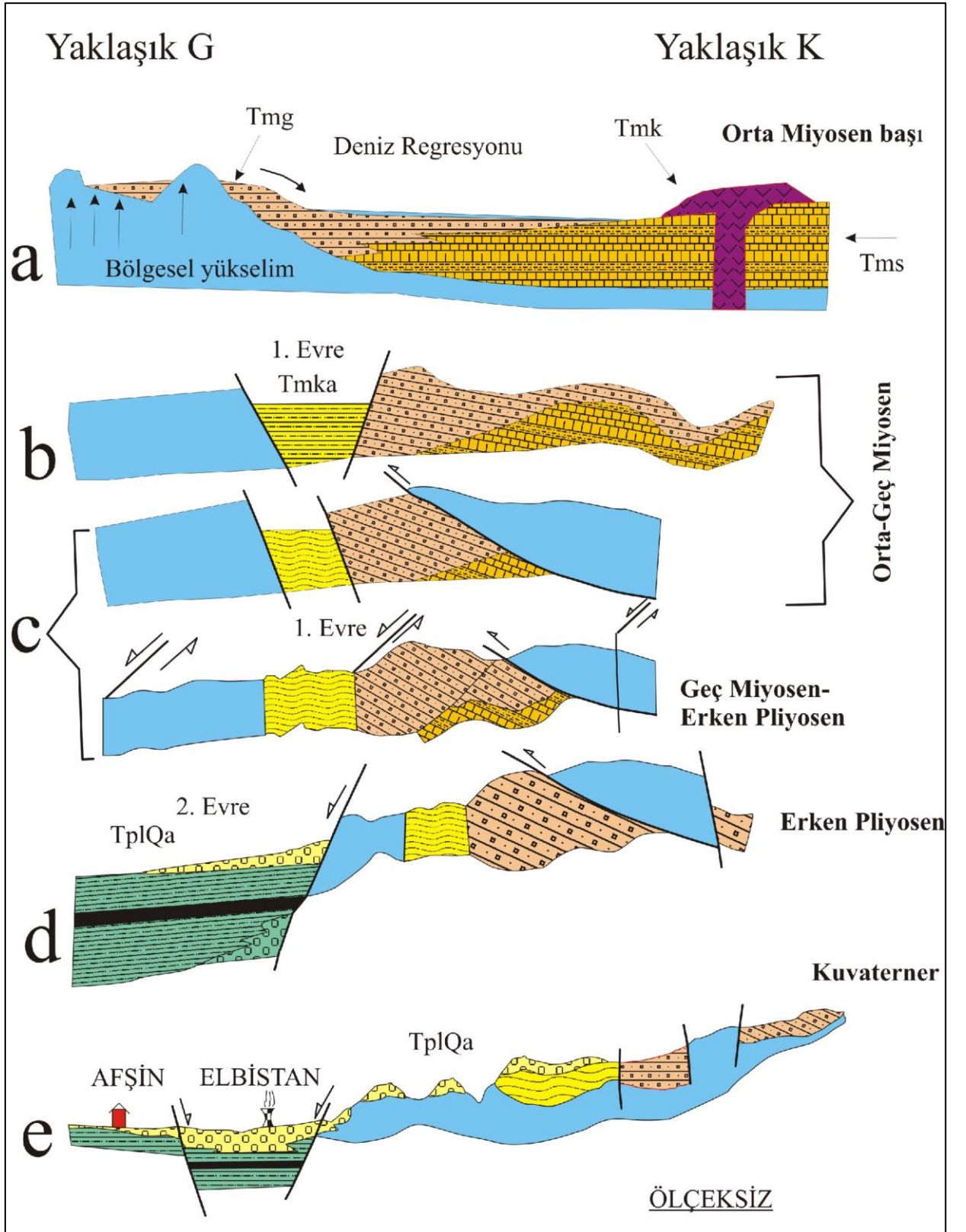
Hurman fayı inceleme alanının güney kısmını KB-GD doğrultuda, Hurman çayı boyunca kat etmektedir. Kesikli gözlenen fayın yaklaşık uzunluğu 30 km'dir. Temel birimler ile Ahmetçik formasyonunu yan yana getiren kesikli çizgisellik Hurman fayının normal fay olduğunu göstermektedir. Jeolojik ve morfolojik veriler incelendiğinde fayın aynı zamanda sağ yönlü bir fay olduğu anlaşılmaktadır. Fayın KB-GD doğrultulu, KD 'ya eğimli, sağ yanal atımlı normal fay olduğu tespit edilmiştir. Hurman çayı da Hurman fayının düşen bloğu üzerinde yatağını oluşturmuştur [3]. Kışlaköy ve Hurman fayları ile Ahmetçik formasyonunu gösteren şematik kesit Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10. Kışlaköy ve Hurman fayları ile Ahmetçik formasyonunu gösteren şematik kesit ([3]'den alınmıştır)

Ahmetçik formasyonunun oluştuğu erken Pliyosen'de Elbistan ve yakın civarında KKB-GGD yönlü derinleşen havza kenarlarında, yanal-atım bileşenli normal faylar kontrolünde bir açılma zonuyla havza oluşmaya başlamıştır. Havzada bulunan eski bir göl, çöküntü kenarlarını aşındırıp linyit içerikli kırıntılı-karbonatlardan oluşan Ahmetçik formasyonu Alt biriminin çökmesine sebep olmuştur. Bu eski gölün etrafında bulunan yüksek bölgeler, uygun koşullarda aşınarak göle malzeme gelmesine yol açmış ve göl alanında geçici göller içeren akarsu istiflerinden oluşan Ahmetçik formasyonu Üst birimi çökelmiştir [3].

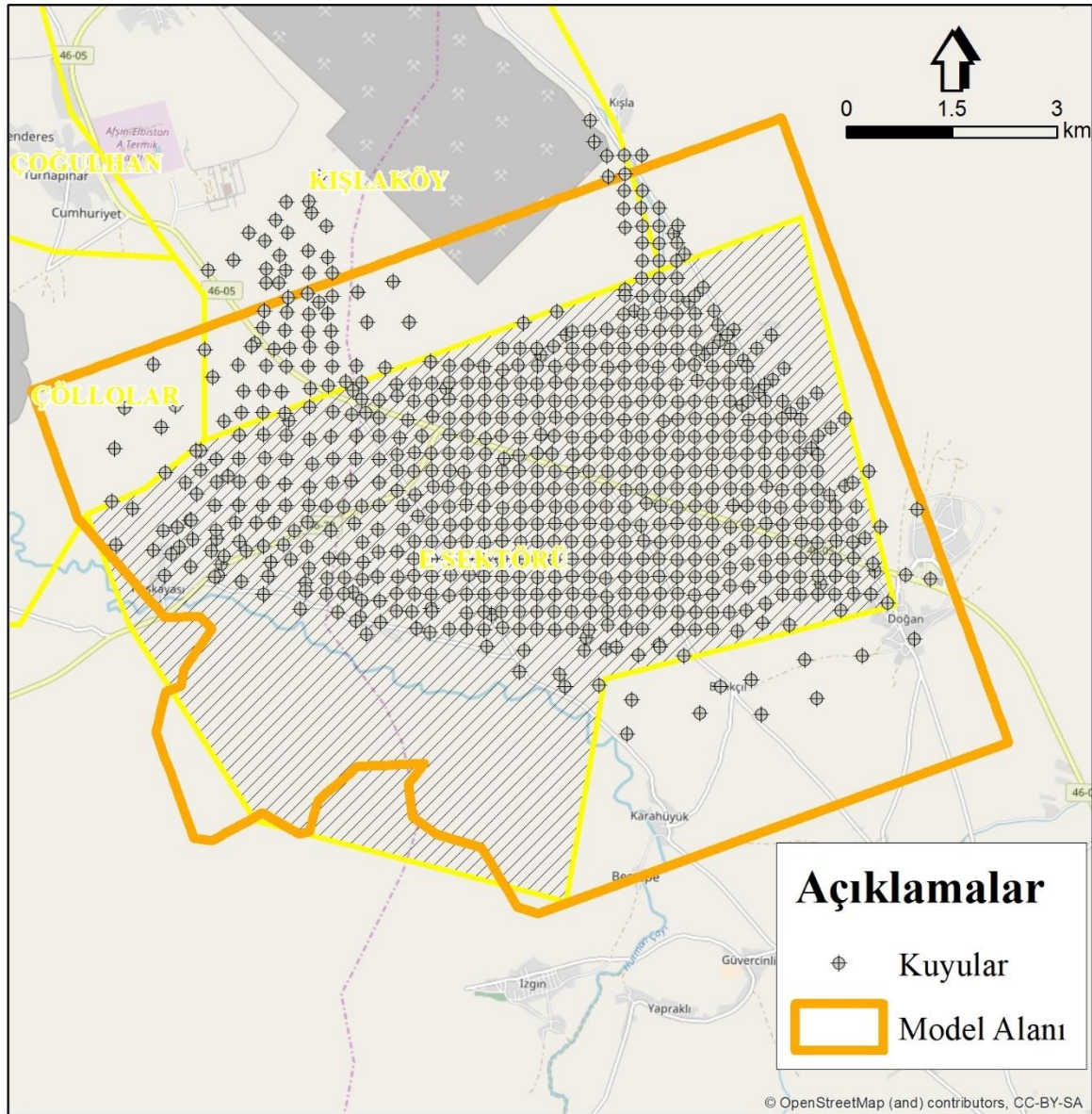
Şekil 2.11 Afşin-Elbistan Havzasının şematik Neotektonik evrimini göstermektedir.



Şekil 2.11. Afşin-Elbistan Havzasının şematik Neotektonik evrimi (Tms: Salyan fm; Tmk: Kepezdağı volkanitleri; Tmg: Gövdelidağ fm; Tmka: Karamağara fm; TplQa: Ahmetçik fm.) ([3]'den alınmıştır)

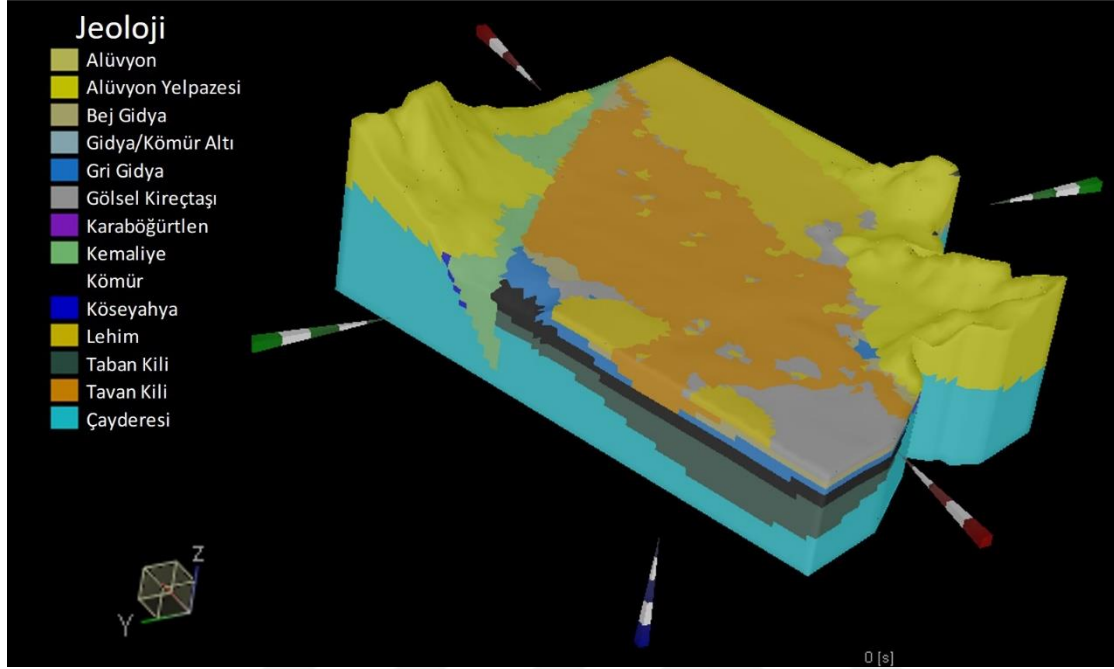
2.3 Jeolojik Model

Yeraltısuyu akım modelinin oluşturulabilmesi için üç boyutlu jeolojik model hazırlanmıştır. E sektörüne ve çevresine açılmış olan 727 adet kuyu bulunmaktadır (Şekil 2.12). Bu log bilgileri sayısal ortamda bir girdi olabilmesi için veritabanına aktarılmıştır. Logların tamamında kullanılan ortak bir dil bulunmamaktadır. Tek bir litolojik tanımlama yapabilmek için altlık olarak Bedi (2009) tarafından verilen isimler kullanılmıştır.



Şekil 2.12 E sektörü ve çevresine açılmış kuyular

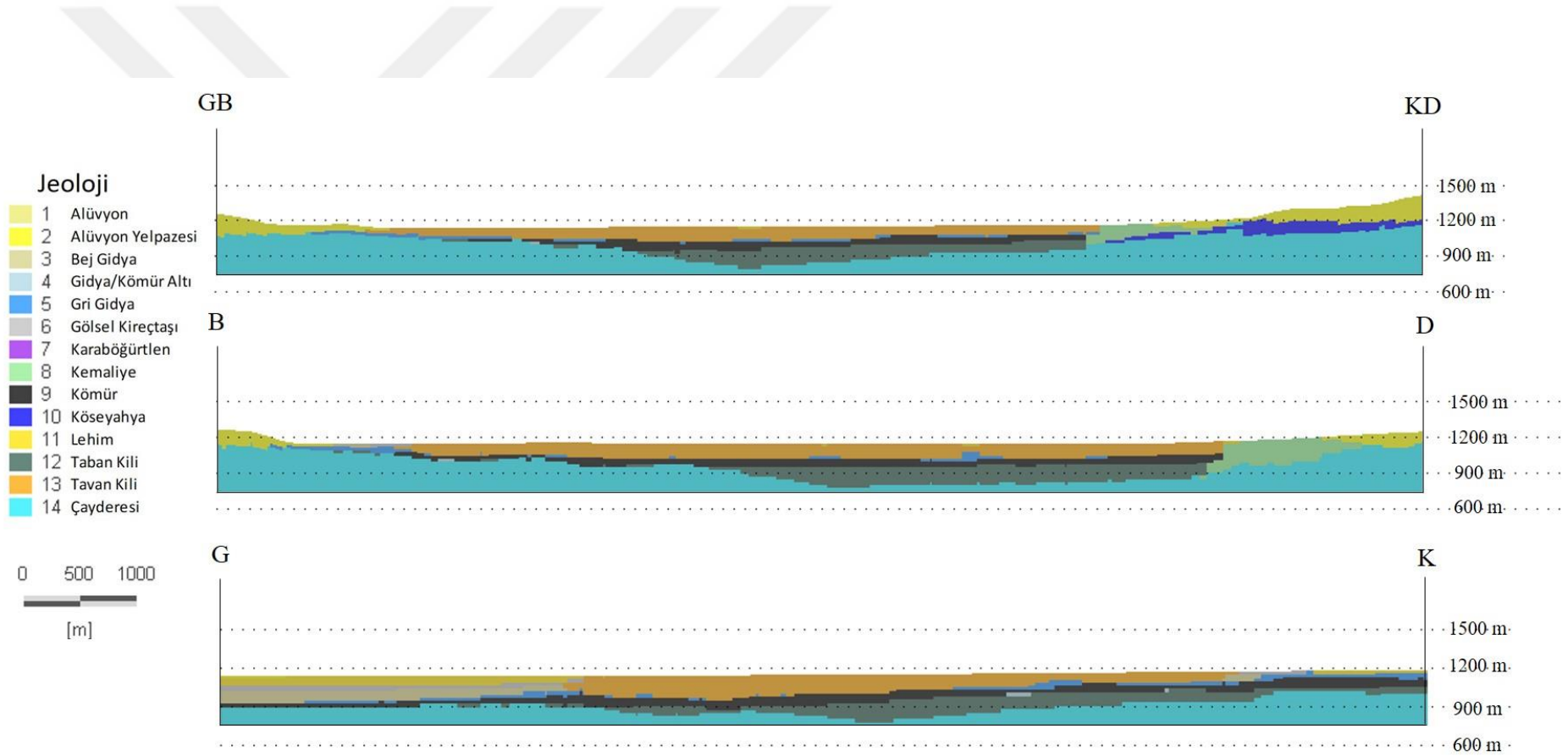
Jeolojik birimlerin derinlik değerleri her kuyuda veritabanına aktarıldıktan sonra, bu veriler sayısal ortama aktarılmış ve litolojik sınırların korelasyonu sayesinde üç boyutlu jeolojik model elde edilmiştir (şekil 2.13).



şekil 2.13 Model alanının üç boyutlu jeolojik modeli

Bu modele göre topografyanın düzleştiği bölümlerde en üst kısımda çoğunlukla tavan kili birimi mevcuttur. Model alanının batı/güneybatı kesiminde Çayderesi formasyonu ve Ahmetçik formasyonun alt üyeleri olan kömür ve gıdya birimleri ile kontak net bir şekilde gözlenirken, ovalık bölümün ortalarına doğru bu kontak taban kili birimi ile kesilmektedir.

Model alanının doğusunda ise Kışlaköy Fayı sebebiyle kömür ve gıdya katmanları ile karbonatlı kayaçların arasına geçirimsiz Kemaliye formasyonu gelmektedir. Bahsi geçen durumları temsil eden kesitler şekil 2.14'te görölmektedir.



Şekil 2.14 Model alanında farklı doğrultularda alınmış jeolojik kesitler

3 HİDROJEOLOJİ

Çalışmanın bu bölümünde, bölgede değerlendirmeler yapan araştırmacıların bulgularına ilgili alt başlıklarda yer verilmiş, çalışma kapsamında yapılan yeni değerlendirmeler paylaşılmıştır.

E sektöründe bulunan bütün su noktaları için araştırmacıların bugüne kadar elde ettikleri bilgiler derlenmiştir. Su yapılarının bir kısmı saha çalışmaları sırasında kayıt altına alınmış ve yapılan gözlemler de aktarılmıştır.

“2 JEOLojİ” bölümünde paylaşılan jeolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, araştırmacıların gözlemleri, testler sonucunda ortaya koydukları sonuçlar yine bu bölümde değerlendirilmiştir. Yeraltısuyu izotop verileri değerlendirilerek yeraltısuyu taşıyan birimlerin beslenme alanları tespit edilmiştir.

3.1 Su Noktaları

3.1.1 Akarsular

Çalışma sahasının güneyinde sürekli akıma sahip olan Hurman Çayı, batı – doğu doğrultusunda akışa sahiptir. Kuşkayası mevkiinde Hurman Çayı’nın geçişi Şekil 3.1’de görülebilir.



Şekil 3.1. Hurman Çayı, Kuşkayası mevki

3.1.2 Kanallar

Kışlaköy sektöründe susuzlaştırma amacıyla açılan kuyular, deşarjlarını Kışlaköy sektörü içerisinde geçerek E sektörü sınırları içerisinde devam eden drenaj kanalına bırakmaktadırlar. Kışlaköy sektöründe bulunan drenaj kanalı Şekil 3.2’de görülebilir.



Şekil 3.2. Kışlaköy sektöründe bulunan drenaj kanalı

Kışlaköy sektörünün büyük bir çoğunluğunda beton kaplama yapılmış olan drenaj kanalının E sektörü sınırlarına yakın kısmında kanal ikiye ayrılmaktadır ve daha sonra akış aşağısında herhangi bir beton kaplama bulunmamaktadır. Söz konusu kanallar Şekil 3.3’de görülebilir.



Şekil 3.3. İkiye ayrılan ve beton kaplamasız devam eden kanallar

3.1.3 Kaynaklar

Çalışma sahasının içinde ve çevresinde kaynak çıkışları mevcuttur. Küçükkışla köyü'nün hemen yamacında Kemaliye formasyonu ve Köseyahya napının kesiştiği bölgede bir kaynak çıkışı olduğu tespit edilmiştir. Kaynak çıkışı köylüler tarafından kapte edilmiş ve hayvanlar için yalak haline getirilmiştir. Kaynağın görünümü Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Küçükkışla köyünün yamacında köylüler tarafından kapte edilmiş kaynak

Karagöz köyü içerisinde bulunan ve göl haline getirilmiş olan kaynak, çalışma sahasına yaklaşık 3.5 km mesafededir. Çayderesi formasyonundan çıkış yapan kaynağın oluşturduğu gölün, arazi çalışması sırasında (Haziran 2016) tamamen kuru olduğu gözlenmiştir. Karagöz köyünde bulunan kaynağın beslediği göl/gölet Şekil 3.5'de, kaynağın yakınında mostra veren Çayderesi formasyonu ise Şekil 3.6'da görülebilir.

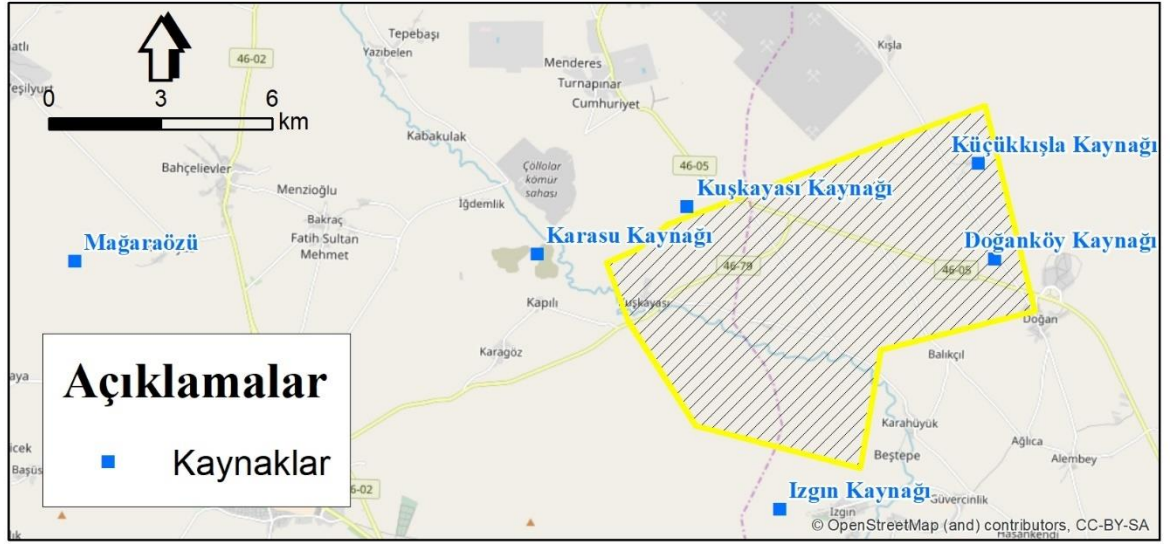


Şekil 3.5. Karagöz köyünde bulunan kaynağın beslediği göl/gölet



Şekil 3.6. Kaynağın yakınında mostra veren Çayderesi formasyonu

Çalışma sahasının çevresinde İğdemlik köyü güneyinde Kaynarca kaynağı, Izgın köyü batısında bulunan Izgın (Pınarbaşı) kaynakları da mevcuttur. Kaynakların debileri özellikle kurak dönem sonuna doğru değişmekte, %50-75 oranında düşmektedir [8]. Önemli kaynaklardan Izgın ve Mağaraözü kaynaklarının debileri sırasıyla ortalama 1797 ve 1148 l/s mertebesindedir [4].



Şekil 3.7 Çalışma sahası ve çevresindeki kaynaklar

3.2 Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Çalışma sahası ve çevresinde daha önce yapılan çalışmalarda, birimler hidrojeolojik özelliklerine göre geçirimsiz, yarı-g geçirimli, geçirimli olarak üç ayrı sınıfta değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerin dayandığı kriterler belirtilmemiş olmasına rağmen; testler sonucu elde edilmiş matematiksel değerlendirmeden ziyade tane boyları göz önünde bulundurularak sezgisel bir yaklaşım izlendiği düşünülmektedir.

Raporun bu bölümünde birimlerin hidrojeolojik özellikleri, sahada yapılmış testler ile elde edilmiş hidrojeolojik parametreler dikkate alınarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Farklı birimlerde ölçülen yeraltı su seviyelerinin düşey ve yatay yöndeki değişimleri yorumlanmış, beslenme mekanizmalarını anlayabilmek için kuyulardan ve kaynaklardan alınan örneklerin izotop analizleri incelenmiştir.

3.2.1 Hidrojeolojik Parametreler

Araştırmacılar, çalışma sahası ve çevresinde yeraltı suyu taşıyan birimlerin hidrojeolojik parametrelerini ortaya koyabilmek adına testler yapmıştır. Bu çalışmalar, çalışmalar ile ilgili değerlendirmeler ve elde edilen parametreler aşağıda özetlenmiştir.

Uçar ve diğerleri (2010) [5], Kışlaköy sektörü doğu şevinde hidrojeolojik parametreleri elde edebilmek için çalışmalar yürütmüştür. 32 adet pompa kuyusunda pompa testlerinin yapılması planlanmıştır; fakat çalışmada 17 kuyuda elde edilen hidrojeolojik parametreler mevcuttur. Pompa testlerinin değerlendirilmesinde Theis, 1935 (unconfined approximation) yöntemi kullanılmıştır.

Afşin-Elbistan Kışlaköy Sektörü Drenaj Amaçlı Sondaj Çalışması Hidrojeoloji Raporu [5] kapsamında dört farklı grupta pompa testleri gerçekleştirilmiştir. Birinci test grubunda dokuz kuyunun her birinden ortalama 60 l/s, dördüncü test grubunda yedi kuyunun her birinden 80 l/s su çekilmiş fakat her iki grupta da sadece birkaç metre düşüm elde edilmiştir. Bu durumun aksine üçüncü test grubunda bir kuyudan 3 l/s su çekilmiş ve 45 metre düşüm elde edilmiştir. Raporda pompa testlerinin yapıldığı kuyuların teçhiz planları da paylaşılmıştır.

Gökmenoğlu (2012) [6], Kışlaköy batı şevinde hidrojeolojik parametreleri tespit edebilmek için toplam 10 adet kuyuda pompa testlerini tamamlamıştır. Testler çoğunlukla 8-12 saat aralığında gerçekleştirilmiş ve 0.2 ile 2.7 l/s arasında çekim yapılmıştır. Pompa testleri analizi sırasında “Cooper-Jacob, Theis ve Double-Porosity” analiz yöntemleri kullanılmış,

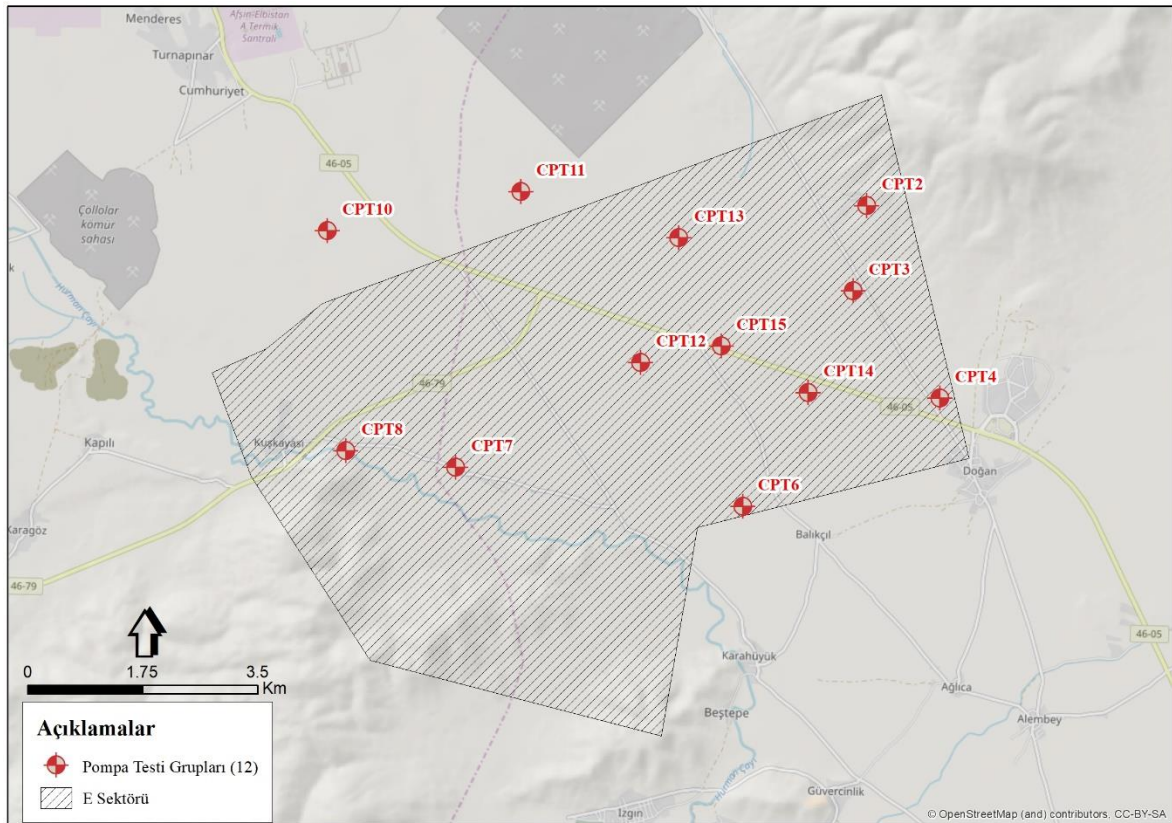
gecikmeli debi veya sızdırmalı akış tipi eğrilerinin gözlendiği belirtilmiştir. Analiz sonuçlarında depolama katsayılarının pratikte olası gözükmeyen yüksek değerlere (0.416, 0.5 vb) sahip olduğu görülmüştür.

Gökmenoğlu (2014) [8], E sektörünün hidrojeolojik parametrelerini ortaya koyabilmek adına toplam 9 adet pompa testi gerçekleştirmiştir. Bu kuyulardan üç tanesi, E sektöründe hali hazırda şahıslar tarafından kullanılmakta olan ve sulama amaçlı açılmış kuyulardır. Testler sonrasında yapılan analizlerde 10^{-12} mertebesinde, pratikte mümkün olmayan 0.5 mertebesinde depolama katsayısı değerleri elde edilmiş ve elde edilen parametreler ile hangi sonuçlara ulaşıldığı rapor içerisinde paylaşılmamıştır.

Gül ve diğerleri (2017) [9], E sektöründe toplam 12 kuyu grubunda pompa testleri gerçekleştirmiştir. Testlerin analizi sonucunda akifer özellikleri saptanmış, hidrolik özellikler ve sınır koşulları ortaya koyulmuştur. Pompa kuyuları ve gözlem kuyularında ayırtlanan her birim ayrı filtrelenmiş ve filtrelenen kısım dışında gerekli tecrit işlemleri uygulanmıştır. Bu sebeple, çalışma kapsamında elde edilen bilgiler, E sektörünün hidrojeolojik modelinin kurulmasında yol gösterici olarak kullanılmıştır. Diğer çalışmalarda pompa testi yapılan kuyular ve gözlem kuyusu olarak kullanılan kuyuların tamamında birden fazla birimin filtrelendiği görülmüş ve bu çalışmalarda elde edilen parametreler dikkate alınmamıştır.

Gül ve diğerleri (2018) [10], özgül debi değerleri üzerinden de bir değerlendirme yaparak, karbonatlı kayaçların oldukça geçirimli özellikte olduklarını fakat kırık-çatlak sisteminin gelişmediği lokasyonlarda düşük geçirimliliğe de rastlandığını belirtmiştir. Araştırmacılar tarafından kömür ve gıda birimlerinin kırıklı-çatlaklı kesimlerinin hidrolik iletkenlik katsayısı değerlerinin daha yüksek değerler aldığı ortaya koyulmuştur.

CPT olarak isimlendirilen kuyu gruplarının konumları Şekil 3.8’de verilmiştir.



Araştırmacılar pompa testlerinin yanı sıra, gözlem kuyularında gerçekleştirdikleri slug testler ile hidrojeolojik parametreleri belirlemiştir. Pompa testleri ve slug testlerde elde edilen hidrojeolojik parametreler aşağıda özetlenmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere; hidrojeolojik parametreler aynı birimde dahi konuma bağlı farklılıklar göstermektedir. Bu bilgi ile yeraltısuyu taşıyan birimlerin heterojenitesinin yüksek olduğu söylenebilir. Çizelge 3.1’de pompa testleri sonucu elde edilen parametreler paylaşılmıştır. Slug test sonuçları ise Çizelge 3.2’de paylaşılmıştır.

Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2 incelendiğinde, kömür ve gıda birimlerinin yer yer Çayderesi formasyonunun yüksek hidrolik iletkenlik katsayısı değerlerine benzer değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Pompa testi sonucu elde edilen hidrolik parametreler ([9]'dan alınmıştır)

Kuyu Adı	Formasyon	Pompa Testi					
		Test 1			Test 2		
		Kx (m/s)	Kz (m/s)	Ss (1/m)	Kx (m/s)	Kz (m/s)	Ss (1/m)
CPT2	Kemaliye	1.34E-06		3.15E-08	1.34E-06		5.48E-08
CPT4	Kömür	7.54E-07		9.81E-05	7.55E-07		9.81E-05
CPT7	Çayderesi	9.86E-06	9.96E-08	1.36E-07	1.01E-05	1.22E-07	1.52E-07
CPT8	Çayderesi	2.63E-06	5.05E-08	4.96E-05	2.60E-06	4.94E-08	5.00E-05
CPT9	Kömür	3.31E-08	2.05E-09	3.82E-06	3.50E-08	2.17E-09	4.01E-06
CPT11	Gri gıdya	1.22E-08	2.15E-09	2.89E-05	4.50E-08	1.80E-08	8.69E-05
CPT12	Gıdya	3.41E-06	2.27E-06	1.75E-07	3.70E-06	2.46E-06	3.00E-07
CPT13	Gri gıdya	1.22E-07	3.09E-08	2.03E-05	1.22E-07	2.20E-08	1.90E-05
CPT14	Bej Gıdya	1.11E-06	7.53E-07	5.28E-06	1.30E-06	3.13E-07	2.00E-05
CPT15	Gıdya/Kömür	1.57E-08		1.98E-06	1.88E-08		2.00E-06

Çizelge 3.2. Slug testleri sonucu elde edilen hidrolik parametreler ([9]'dan alınmıştır)

Kuyu Adı	Formasyon	Test	
		Test 1	Test 2
		Kx (m/s)	Kx (m/s)
GKY2	Kemaliye	2.99E-09	-
GGG3	Gri gıdya	1.02E-07	-
GKM3	Kömür	1.15E-08	6.25E-04
GBG4	Bej Gıdya	1.36E-08	2.40E-08
GGG4	Gri gıdya	1.70E-08	-
GKM4	Kömür	1.24E-09	1.20E-09
GBG7	Bej Gıdya	5.47E-05	-
GKM7	Kömür	1.11E-07	-
GCD7	Çayderesi	5.90E-08	-
GLH10	Lehim	7.89E-08	3.74E-08
GKM10	Kömür	1.11E-07	3.87E-07
GBG11	Bej gıdya	5.47E-09	-
GGG11	Gri gıdya	5.47E-09	-
GKM11	Kömür	2.63E-08	1.58E-08
GBG12	Gıdya/Kömür	3.30E-08	6.42E-08
GKM12	Kömür	5.47E-09	5.86E-09
GBG13	Bej gıdya	2.49E-07	9.24E-07
GKM13	Kömür	8.63E-10	-
GTK13	Taban kili	6.73E-11	-
GLH14	Lehim	3.25E-08	-

3.2.2 Yeraltısıyu Seviyeleri

Çalışma sahası civarında daha önce Uçar ve diğerleri (2010) [5], Kışlaköy doğu şevinde 36 kuyuda 16/05/2008 ve 29/04/2010 tarihleri arasında periyodik olmayan aralıklarla toplamda yedi kez yeraltısıyu seviye ölçümü yapmıştır. Bu kesimde yapılan yeraltısıyu seviye ölçümlerine göre hidrolik yük değerleri 1108.22 metre ile 1227.43 metre arasında farklılık göstermektedir. Kuyuların teçhizlerinde birden fazla birim filtrelendiği için, kuyularda ölçülen değer, hidrolik yük değeri en yüksek olan birimin hidrolik yük değerini temsil etmektedir.

Gökmenoğlu (2012) [6], Kışlaköy batı şevinde toplam 25 kuyuda bir sefere mahsus yeraltısıyu seviye ölçümleri yapmıştır. Bu ölçümlerde hidrolik yük değerleri 1142.09 metre ile 1193.81 metre arasında değişmektedir.

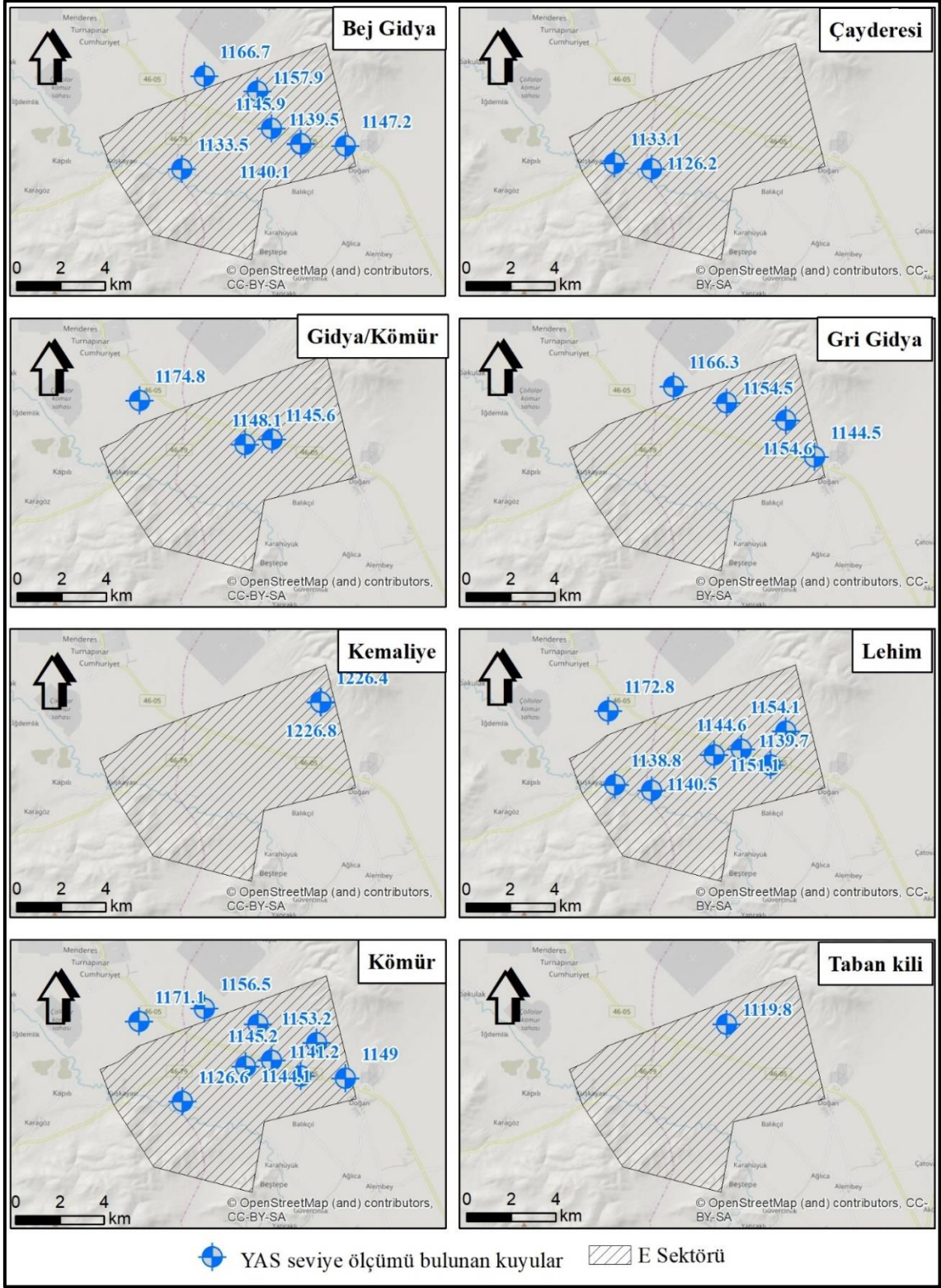
Gökmenoğlu (2014) [8], E sektöründe toplam 26 kuyuda sekiz ay içerisinde düzensiz aralıklarla yeraltısuyu seviye ölçümleri gerçekleştirmiştir. Bu kuyuları iki gruba ayırmış ve 4 kuyunun karstik akiferi temsil ettiğini, diğer noktaların ise üst akiferi temsil ettiğini belirtmektedir. Yeraltısuyu seviye ölçüm sonuçlarına göre hidrolik yük değerleri 1114.58 metre ile 1169.28 metre arasında değişmektedir ve araştırmacı; hidrolik yük değerlerinin mevsime bağlı olarak değişiklik göstermediğini belirtmiştir.

Gül ve diğerleri (2017) [9], etüt kapsamında açtıkları kuyulardan yeraltısuyu seviye ölçümü yapmıştır. Kuyuların tamamı farklı formasyonları filtrelediği ve uygun tecrit işlemleri yapıldığı için her kuyuda ölçülen su seviyesinin hangi formasyonu temsil ettiği belirlenebilmiştir. Ölçüm yapılan kuyuların birimlere göre yeraltısuyu seviye dağılımları Şekil 3.9'da, en düşük ve en yüksek yeraltısuyu seviyeleri ise Çizelge 3.3'de paylaşılmıştır.

Yeraltısuyu seviye ölçümlerinin en fazla olduğu birimler bej gıda, kömür ve lehimdir. Üç birimde de ölçülen en düşük yeraltısuyu seviyesi, sektörün batı-güneybatı kısmı iken, en yüksek yeraltısuyu seviyesinin ölçüldüğü nokta sektörün kuzeydoğu bölümüdür. Eldeki veriler ışığında, yeraltısuyu akım yönünün kuzeyden güney-güneydoğuya doğru olduğu söylenebilir. Kemaliye formasyonunda sadece bir bölgede, sektörün doğu bölümünde, yeraltısuyu seviyesi ölçümü yapılmıştır. Çayderesi formasyonunda ise iki bölgede, sektörün batı-güneybatı bölümünde, yeraltısuyu seviyesi ölçülmüştür (Şekil 3.9).

Sektörde ölçülen en yüksek yeraltısuyu seviyesi (1226.8 m) aynı zamanda sektörün en kuzeydoğusunda bulunan ve Kemaliye formasyonunu temsil eden kuyulardan ölçülmüştür. En düşük yeraltısuyu seviye ölçümü ise (1119.8 m) taban kili biriminde açılmış olan bir kuyuda yapılmıştır (Çizelge 3.3).

Yapılan çalışmalar ve derlenen veriler ışığında yeraltısuyu seviye haritasını oluşturabilmek güçtür. Kömür, bej gıda ve lehim birimlerini filtreleyen kuyuların yeraltısuyu seviyelerine bakarak, bu sistemlerdeki yeraltısuyu akım yönünün kabaca kuzeyden güneye ve doğudan batıya doğru olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 3.9. Ölçüm yapılan kuyuların birimlere göre yeraltısuyu seviye dağılımları

Çizelge 3.3. En düşük ve en yüksek yeraltısuyu seviyeleri

Formasyon	Hidrolik Yük (m)	
	En Düşük	En Yüksek
Bej Gıdya	1133,5	1166,6
Çayderesi	1126,1	1135,8
Gıdya	1148,1	1174,7
Gıdya/Kömür	1145,6	1149,7
Gri gıdya	1144,4	1167,1
Kemaliye	1226,4	1226,8
Kömür	1126,6	1171,1
Lehim	1138,7	1172,8
Taban kili	1119,8	

Birim bazında daha detaylı yorumlar yapabilmek adına, yeraltısuyu seviyelerinin x, y boyutunda dağılımlarının dışında aynı noktada farklı derinliklerde (z boyutunda) dağılımları da incelenmiştir (Çizelge 3.4). Aynı konumda farklı derinliklerde ölçülen yeraltısuyu seviyelerinde doğru/ters orantıya rastlanmamıştır.

Çizelge 3.4. Filtre ortalama kotlarına karşılık gelen hidrolik yük değerleri (m)

Grup	Kuyu Adı	Formasyon	Filtre Tavan Kotu (m)	Filtre Taban Kotu (m)	Filtre Ortalama Kotu (m)	Hidrolik Yük (m)
2	PKY2	Kemaliye	1184,071	1120,071	1152,071	1226,45
	GKY2	Kemaliye	1148,052	1128,052	1138,052	1226,81
3	PKM3	Kömür	1061,774	1003,774	1032,774	1154,09
	GLH3	Lehim	1150,265	1148,765	1149,515	1154,08
	GGG3	Gri gıdya	1080,182	1078,682	1079,432	1154,62
	GKM3	Kömür	1009,1855	1005,1855	1007,1855	1153,18
4	PKM4	Kömür	1054,195	1022,195	1038,195	1145,12
	GBG4	Bej Gıdya	1105,9745	1103,9745	1104,9745	1147,15
	GGG4	Gri gıdya	1080,303	1076,303	1078,303	1144,46
	GKM4	Kömür	1040,15	1038,15	1039,15	1149,02
7	PCD7	Çayderesi	1055,525	1023,525	1039,525	1126,165
	GLH7	Lehim	1118,944	1104,944	1111,944	1140,474
	GBG7	Bej Gıdya	1077,037	1069,037	1073,037	1133,517
	GKM7	Kömür	1065,301	1059,301	1062,301	1126,611
	GCD7	Çayderesi	1055,47	1043,47	1049,47	1126,32
8	PCD8	Çayderesi	1080,798	1000,798	1040,798	1133,09
	GLH8	Lehim	1144,576	1138,576	1141,576	1138,76
	GCD8-1	Çayderesi	1000,835	984,835	992,835	1132,67

Grup	Kuyu Adı	Formasyon	Filtre Tavan Kotu (m)	Filtre Taban Kotu (m)	Filtre Ortalama Kotu (m)	Hidrolik Yük (m)
	GCD8-2	Çayderesi	1094,692	1082,692	1088,692	1135,88
10	PKM10	Kömür	1077,3775	1009,3775	1043,3775	1171,13
	GLH10	Lehim	1165,274	1157,274	1161,274	1172,84
	GBG10	Gıdya	1101,3325	1093,3325	1097,3325	1174,78
	GKM10	Kömür	1015,5875	1011,5875	1013,5875	1169,95
11	PGG11	Gri gıdya	1115,28	1083,28	1099,28	1167,11
	GBG11	Bej gıdya	1112,305	1110,305	1111,305	1166,65
	GGG11	Gri gıdya	1090,432	1086,432	1088,432	1166,25
	GKM11	Kömür	1048,3275	1044,3275	1046,3275	1156,54
12	PBG12	Gıdya	1080,7265	1020,7265	1050,7265	1148,15
	GLH12	Lehim	1124,6825	1110,6825	1117,6825	1151,10
	GBG12	Gıdya/Kömür	1040,471	1008,471	1024,471	1149,72
	GKM12	Kömür	980,412	968,412	974,412	1144,07
13	PGG13	Gri gıdya	1090,4225	1050,4225	1070,4225	1154,52
	GBG13	Bej gıdya	1124,4955	1122,4955	1123,4955	1157,89
	GKM13	Kömür	1028,4355	1024,4355	1026,4355	1145,41
	GTK13	Taban kili	982,292	980,792	981,542	1119,82
14	PBG14	Bej Gıdya	1041,297	989,297	1015,297	1139,54
	GLH14	Lehim	1101,411	1089,411	1095,411	1139,67
	GBG14	Bej Gıdya	1001,411	985,411	993,411	1140,06
	GKM14	Kömür	975,4675	951,4675	963,4675	1141,23
15	PKM15	Gıdya/Kömür	1081,6285	973,6285	1027,6285	1145,60
	GLH15	Lehim	1133,699	1129,699	1131,699	1144,57
	GBG15	Bej Gıdya	1055,574	1025,574	1040,574	1145,86
	GKM15	Kömür	1003,556	983,556	993,556	1145,21

3.2.3 İzotop Analizleri

Sahada daha önce Gökmenoğlu (2014) [8] ve Gül ve diğerleri (2016) [13] tarafından gerçekleştirilmiş olan izotop analizleri bulunmaktadır. Gökmenoğlu (2014) [8] 20 noktada iki dönem izleme yapmıştır ancak örneklerinin 6 tanesini kaynaklardan, 2 tanesini Hurman Çayı'ndan, 2 tanesini drenaj kanalından ve geriye kalan 10 tanesini de kuyulardan toplamıştır. Bahsi geçen çalışmada, alınan numunelerin trityum, oksijen-18 (^{18}O) ve döteryum değerleri analiz sonuçları paylaşılmıştır.

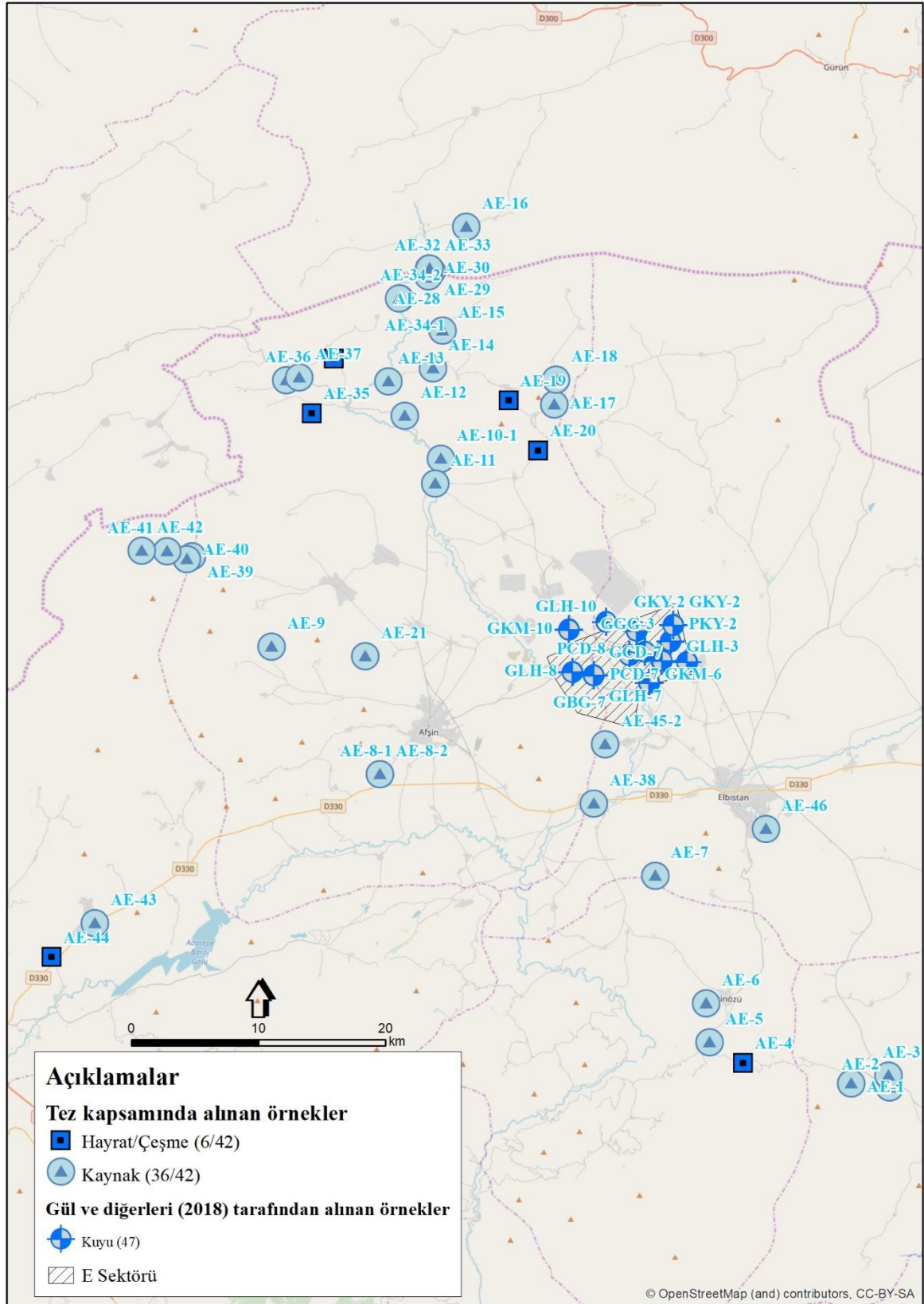
Gül ve diğerleri (2016) [13] toplam 20 noktada bir dönem örnekleme yapmıştır. Bu örneklerin 17 tanesi kuyulardan alınırken, 2 tanesi drenaj kanalından, 1 tanesi ise Hurman Çayı üzerinden alınmıştır. Alınan numunelerin trityum, oksijen-18 ve döteryum değerleri

belirlenmiştir. Bu kısımda belirtmek gerekir ki, Gökmenoğlu (2014) [8] ve Gül ve diğerleri (2016) [13], sonuçlarını paylaştıkları izotop değerlerinin yanı sıra kuyularının hangi birimleri filtrelediği ile ilgili bilgiyi bu raporlar kapsamında paylaşmamıştır. Bu sebeple kuyulardan alınan numunelerin hangi birimi temsil ettiği konusu net değildir. Bu nedenle araştırmacıların elde ettikleri sonuçlar, bu çalışma kapsamında değerlendirmeye alınmamıştır.

Gül ve diğerleri (2018) [10], çalışma kapsamında toplam 47 noktadan izotop örnekleri toplamıştır. Bu örneklerden tamamı çalışma kapsamında açılmış kuyulardan toplanmıştır. Alınan numunelerin kararlı izotop analizleri Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Duraylı İzotop Laboratuvarında yapılmıştır.

Tez kapsamında toplam 42 noktadan izotop örnekleri alınmıştır. Bu örneklerden 36 tanesi kaynak çıkışlarından, geriye kalan 6 adedi ise hayrat/çeşme gibi su noktalarından toplanmıştır. Analizler Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Duraylı İzotop Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

İzotop verilerinin değerlendirmesi kapsamında, Gül ve diğerleri (2018) [10] tarafından elde edilen analiz sonuçları ve tez kapsamında kaynak, hayrat/çeşme gibi su noktalarından alınan analizler kullanılmış olup, izotop örnek noktalarının dağılımı Şekil 3.10'da, örneklerin analiz sonuçları ise Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.10. İzotop örnek noktalarının harita üzerinde gösterimi

Çizelge 3.5. Örnek noktalarına ait o-18 ve d sonuçları (AE kodlu numuneler tez kapsamında, diğer numuneler ise Gül ve diğerleri (2018) [10] tarafından örneklenmiştir)

Su Noktası İsmi	Su Noktası Tipi	Numune Tarihi	Döteryum (permil)	Oksijen 18 (permil)
AE-4	Hayrat / Çeşme	28.08.2016	-61.66	-9.74
AE-19	Hayrat / Çeşme	30.08.2016	-61.70	-9.17
AE-20	Hayrat / Çeşme	30.08.2016	-67.28	-9.27
AE-22	Hayrat / Çeşme	30.08.2016	-69.98	-9.97
AE-35	Hayrat / Çeşme	31.08.2016	-65.88	-10.03
AE-44	Hayrat / Çeşme	01.09.2016	-68.80	-10.31
AE-1	Kaynak	28.08.2016	-55.89	-9.06
AE-2	Kaynak	28.08.2016	-59.09	-9.22
AE-3	Kaynak	28.08.2016	-62.07	-9.78
AE-5	Kaynak	28.08.2016	-62.32	-9.70
AE-6	Kaynak	28.08.2016	-54.47	-7.36
AE-7	Kaynak	28.08.2016	-66.48	-10.03
AE-8-1	Kaynak	28.08.2016	-63.05	-9.13
AE-8-2	Kaynak	28.08.2016	-68.19	-10.01
AE-9	Kaynak	28.08.2016	-72.59	-10.70
AE-10-1	Kaynak	29.08.2016	-71.59	-10.68
AE-11	Kaynak	29.08.2016	-72.02	-10.56
AE-12	Kaynak	29.08.2016	-69.65	-9.78
AE-13	Kaynak	29.08.2016	-67.70	-9.40
AE-14	Kaynak	29.08.2016	-69.17	-9.93
AE-15	Kaynak	29.08.2016	-74.53	-10.52
AE-16	Kaynak	29.08.2016	-75.03	-10.47
AE-17	Kaynak	30.08.2016	-67.33	-9.23
AE-18	Kaynak	30.08.2016	-60.00	-8.50
AE-21	Kaynak	30.08.2016	-65.60	-9.58
AE-28	Kaynak	31.08.2016	-75.93	-10.46
AE-29	Kaynak	31.08.2016	-79.37	-10.73
AE-30	Kaynak	31.08.2016	-80.98	-11.07
AE-32	Kaynak	31.08.2016	-80.92	-11.09
AE-33	Kaynak	31.08.2016	-79.49	-11.11
AE-34-1	Kaynak	31.08.2016	-72.87	-11.12
AE-34-2	Kaynak	31.08.2016	-72.04	-11.00
AE-36	Kaynak	31.08.2016	-70.00	-10.72
AE-37	Kaynak	31.08.2016	-68.03	-10.35
AE-38	Kaynak	01.09.2016	-63.97	-10.00
AE-39	Kaynak	01.09.2016	-63.95	-10.66
AE-40	Kaynak	01.09.2016	-64.02	-10.65
AE-41	Kaynak	01.09.2016	-67.54	-10.74
AE-42	Kaynak	01.09.2016	-69.50	-10.47
AE-43	Kaynak	01.09.2016	-68.32	-9.95

Su Noktası İsmi	Su Noktası Tipi	Numune Tarihi	Döteryum (permil)	Oksijen 18 (permil)
AE-45-1	Kaynak	02.09.2016	-67.47	-9.91
AE-45-2	Kaynak	02.09.2016	-67.02	-9.94
AE-46	Kaynak	02.09.2016	-62.78	-9.74
PKM-4	Kuyu	13.10.2016	-75.11	-10.56
GBG-4	Kuyu	13.10.2016	-85.63	-11.97
GGG-4	Kuyu	13.10.2016	-78.20	-10.99
GKM-4	Kuyu	13.10.2016	-76.69	-10.75
PBG-14	Kuyu	28.10.2016	-77.68	-10.64
GKM-14	Kuyu	28.10.2016	-82.48	-11.32
PKM-3	Kuyu	13.10.2016	-67.33	-9.48
GKM-3	Kuyu	13.10.2016	-81.19	-11.02
GGG-3	Kuyu	13.10.2016	-79.06	-10.58
GLH-3	Kuyu	13.10.2016	-64.45	-9.06
PGG-11	Kuyu	10.11.2016	-61.22	-7.86
GGG-11	Kuyu	10.11.2016	-88.54	-11.82
GKM-11	Kuyu	10.11.2016	-73.24	-10.10
GBG-11	Kuyu	10.11.2016	-81.81	-11.12
PBG-12	Kuyu	28.10.2016	-66.31	-8.95
GKM-12	Kuyu	28.10.2016	-84.94	-11.19
GBG-12	Kuyu	28.10.2016	-85.96	-11.25
GLH-12	Kuyu	28.10.2016	-67.96	-8.66
PKY-2	Kuyu	14.10.2016	-69.06	-9.60
GKY-2	Kuyu	14.10.2016	-70.55	-9.84
GKY-2	Kuyu	13.10.2016	-68.61	-10.78
PKM-10	Kuyu	10.11.2016	-86.73	-11.62
GGG-10	Kuyu	10.11.2016	-82.88	-11.07
GKM-10	Kuyu	10.11.2016	-85.37	-11.47
GLH-10	Kuyu	10.11.2016	-73.78	-9.97
PBG-6	Kuyu	12.11.2016	-86.86	-11.38
GBG-6	Kuyu	12.11.2016	-69.27	-9.76
GLH-6	Kuyu	12.11.2016	-63.18	-8.42
GKM-6	Kuyu	12.11.2016	-71.14	-9.99
GBG-14	Kuyu	28.10.2016	-77.24	-10.34
GLH-14	Kuyu	28.10.2016	-75.14	-10.00
PKM-15	Kuyu	28.10.2016	-87.66	-11.52
GBG-15	Kuyu	28.10.2016	-84.76	-11.28
GKM-15	Kuyu	28.10.2016	-76.05	-10.11
GLH-15	Kuyu	28.10.2016	-67.72	-9.21
PGG-13	Kuyu	10.11.2016	-87.82	-11.44
GTK-13	Kuyu	10.11.2016	-71.05	-9.75
GKM-13	Kuyu	10.11.2016	-84.01	-11.22
GBG-13	Kuyu	10.11.2016	-73.76	-9.83
GCD8-1	Kuyu	09.09.2016	-66.95	-9.62

Su Noktası İsmi	Su Noktası Tipi	Numune Tarihi	Döteryum (permil)	Oksijen 18 (permil)
GKM-7	Kuyu	09.09.2016	-66.33	-9.56
GLH-8	Kuyu	09.09.2016	-71.32	-10.60
GBG-7	Kuyu	09.09.2016	-69.25	-10.14
GLH-7	Kuyu	09.09.2016	-64.51	-9.83
PCD-7	Kuyu	09.09.2016	-70.68	-10.79
PCD-8	Kuyu	09.09.2016	-65.85	-10.32
GCD-7	Kuyu	09.09.2016	-68.90	-10.59

Dansgaard (1964) [14], yapmış olduğu çalışma sonucunda, ^{18}O değeri ile sıcaklık arasında bir denklem elde etmiştir. Bu denklemin bağımsız değişkeni ^{18}O iken, ^{18}O 'e bağımlı değişken ise sıcaklıktır. Bu sebeple analiz sonucu elde edilen ^{18}O değerinin hangi sıcaklığa karşılık geldiği tespit edilebilir. Dansgaard tarafından küresel ölçekte ortaya koyulan bu ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\delta_{18m} = 0.69 * t_a - 13.6 \text{ ‰}$$

δ_{18m} : Yağış içerisindeki yıllık ortalama ^{18}O değeri

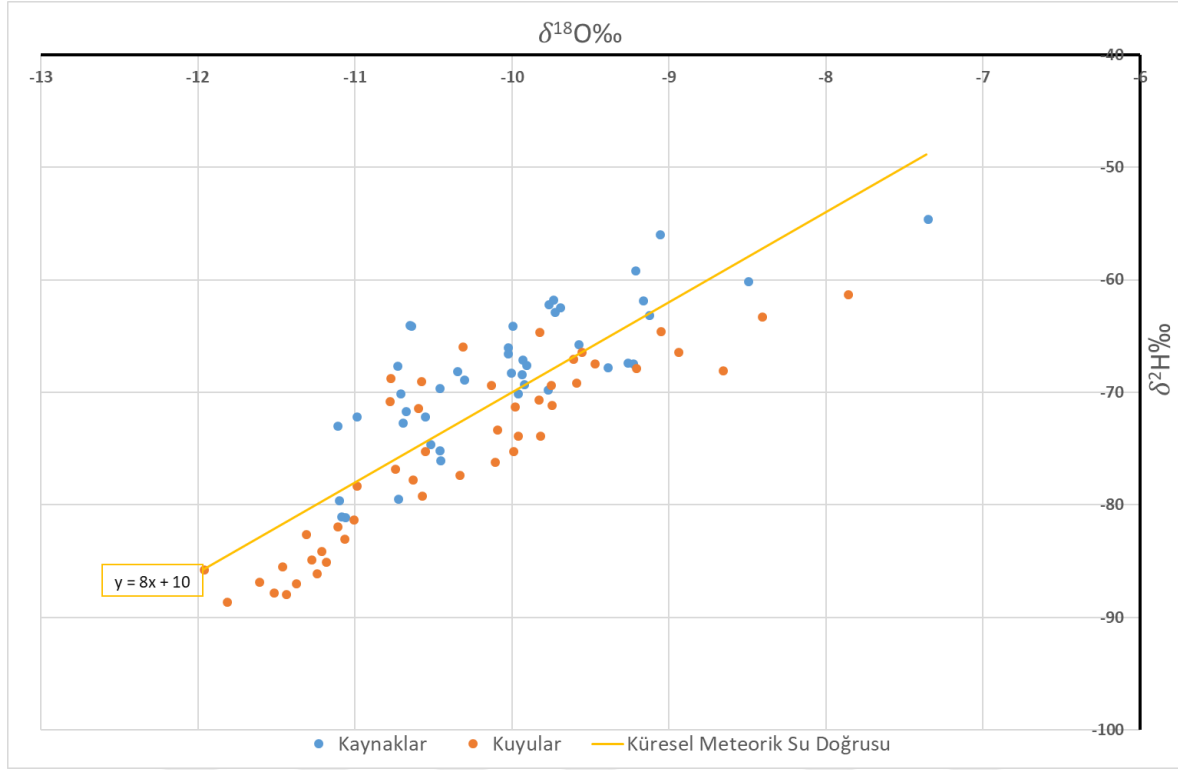
t_a : Yıllık ortalama hava sıcaklığı

Bu çalışma kapsamında havzaya en yakın ve benzer iklim özellikleri gösteren Ankara Meteoroloji İstasyonunda 1963-2016 yılları arasında Uluslararası Atom Enerji Ajansı tarafından ölçülmüş ^{18}O izotop içerikleri ile ortalama hava sıcaklığı arasında ilişki kurulmuştur.

$$\delta_{18m} = 0.472 * t_a - 13.92 \text{ ‰}$$

Bir bölgedeki yeraltısuyunun sıcaklığı beslenme bölgesindeki ortalama sıcaklık değerine yakındır. Bu bilgiler yardımıyla, herhangi bir ölçüm noktasında analizi yapılan ^{18}O değerinden, ikincil ayrışma sürecine uğramaz ise yeraltısuyunun sıcaklığı yani beslenme bölgesindeki ortalama sıcaklık değerinin elde edilebileceği söylenebilir. Buradan yola çıkarak, kota bağlı sıcaklığın konumsal değişimi elde edilir ise kaynağın beslenme kotu da elde edilebilir. Bu bilgiyi elde edebilmek için analiz sonucu elde edilen ^{18}O değerlerinden ikincil ayrışma sürecine uğramış olan değerlerin ayıklanması gereklidir. Gerek bu ayıklamayı yapabilmek gerekse sistem içerisinde güncel yeraltısuyu dolaşımına katılmayan yeraltısularını belirleyebilmek için ^{18}O ve ^2H ilişkisi incelenmiştir.

Tez kapsamında analizi yapılan örnekler ve Gül ve diğerleri (2018) [10] tarafından raporlanan örneklerle ait $^{18}\text{O} - ^2\text{H}$ grafiği (Şekil 3.11) incelendiğinde, kuyu ve kaynaklardan alınan numunelerin küresel meteorik su doğrusu [15] üzerinde yer almadığı görülmektedir.



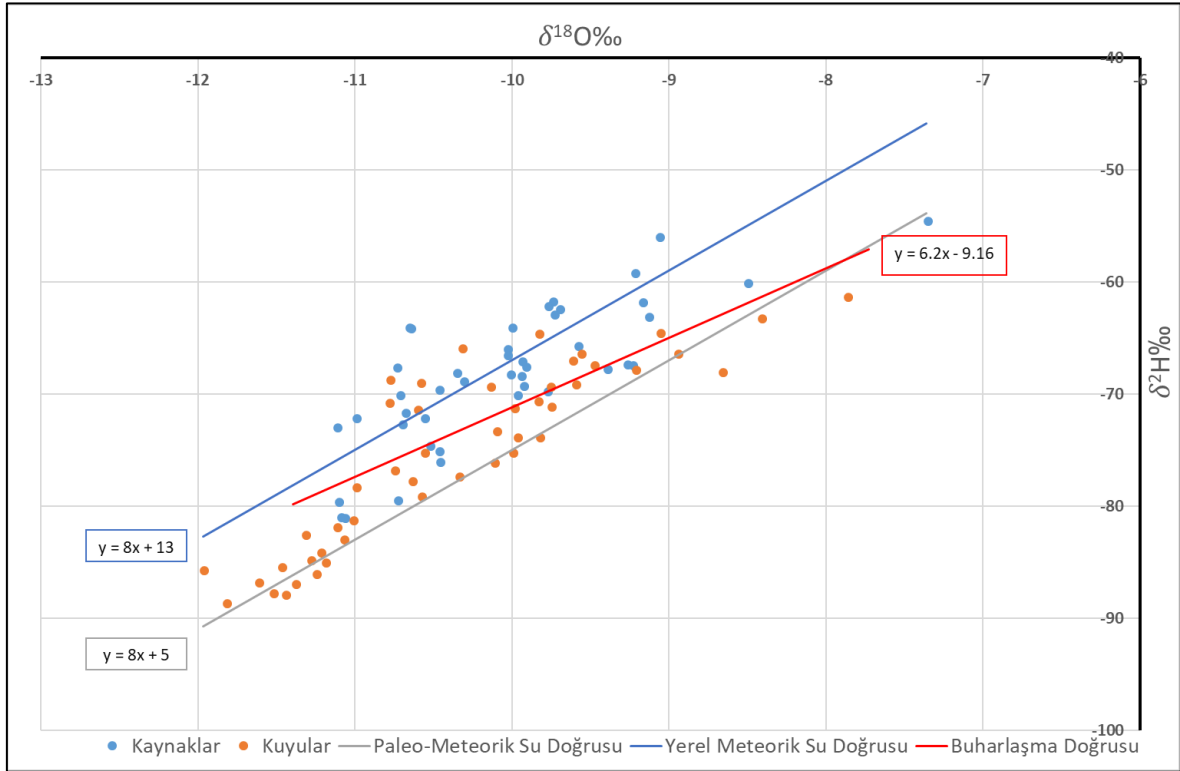
Şekil 3.11 $^{18}\text{O} - ^2\text{H}$ ilişkisini gösteren grafik

Çalışma sahasının yerel meteorik su doğrusu Gül ve diğerleri (2018) [10] tarafından oluşturulmuştur. Kaynaklardan alınan örneklerin ^{18}O ve ^2H değerlerinin bu doğru üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 3.12).

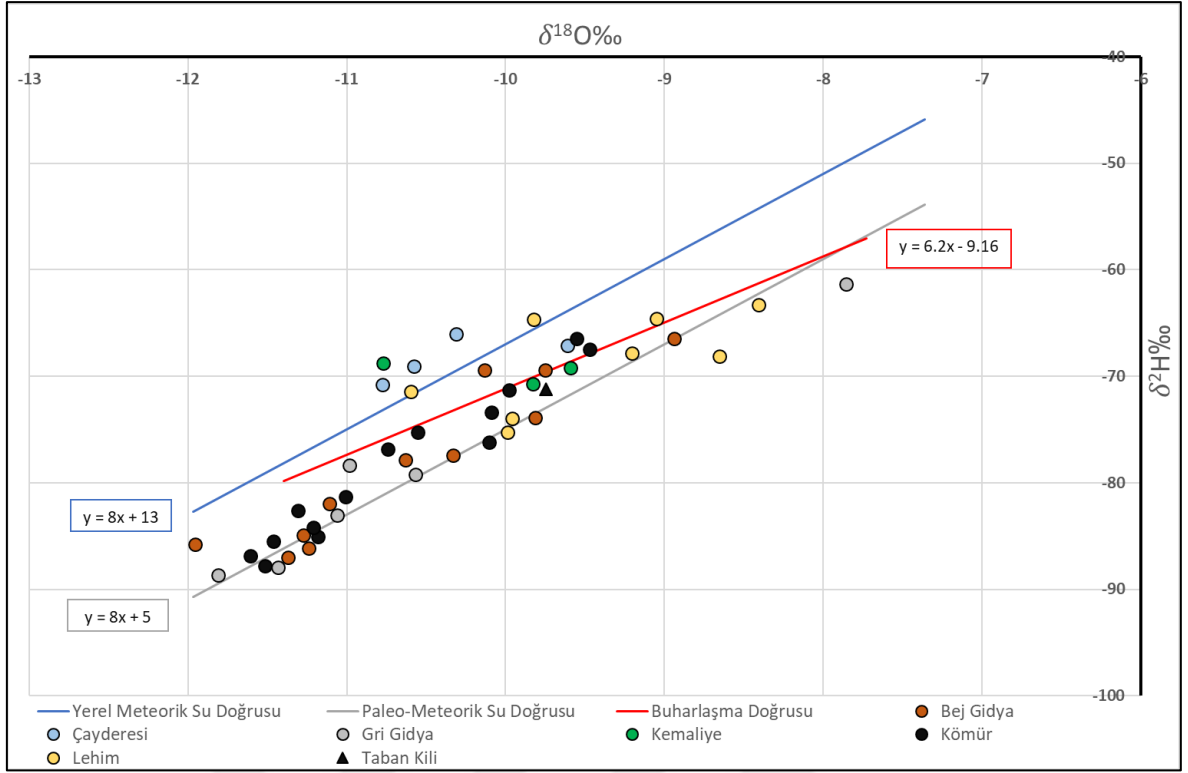
Kuyulardan alınan numuneler için, kuyuların karşılık geldiği birimler dikkate alınmış ve bu durum dikkate alınarak bir analiz yapılmıştır. Buna göre; kömür ve gıda birimlerinde yapılan örneklerin küresel ve yerel meteorik su doğrusunun altında olduğu görülmüştür. Döteryum fazlasının yaklaşık 5 olduğu tespit edilmiş ve bu doğru ($8x+5$) Paleo-Meteorik Su Doğrusu olarak adlandırılmıştır (Şekil 3.13). Werner, [16] buzul karotlarında, mağara ve sedimanter çökellerinde, organik çökellerde yapılan analizlerle Geç Pleyistosen döneminde döteryum fazlasının $+1 - +5.4$ arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu doğru dikkate alınarak kömür ve gıda birimlerinin oluşumu sırasında depoladıkları yeraltısuyunun, düşük hidrolik iletkenlik katsayıları, bölgede yeraltısuyu kullanımının fazla olmaması sebebiyle sistemden uzaklaşmadığı ve dolayısıyla bu sistemin güncel yeraltısuyu sistemine dahil olmadığı söylenebilir. Buharlaşma doğrusunun ($6.2x - 9.16$) ise daha düşük bir eğime sahip olduğu

ve bu sebeple bu doğru üzerinde bulunan örneklerin, analizler sırasında kullanılmaması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Karbonatlı kayaçların filtrelendiği kuyular ve kaynaklardan alınan örneklerin yerel meteorik su doğrusunun üzerine geldiği görülmüştür (Şekil 3.12, Şekil 3.13). Bu analiz ile kömür ve gıda birimlerinin karbonatlı kayaçlar ile olan hidrolik ilişkinin oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.



Şekil 3.12 Örneklerin karşılık geldiği doğruları gösteren $^{18}\text{O} - ^2\text{H}$ grafiği

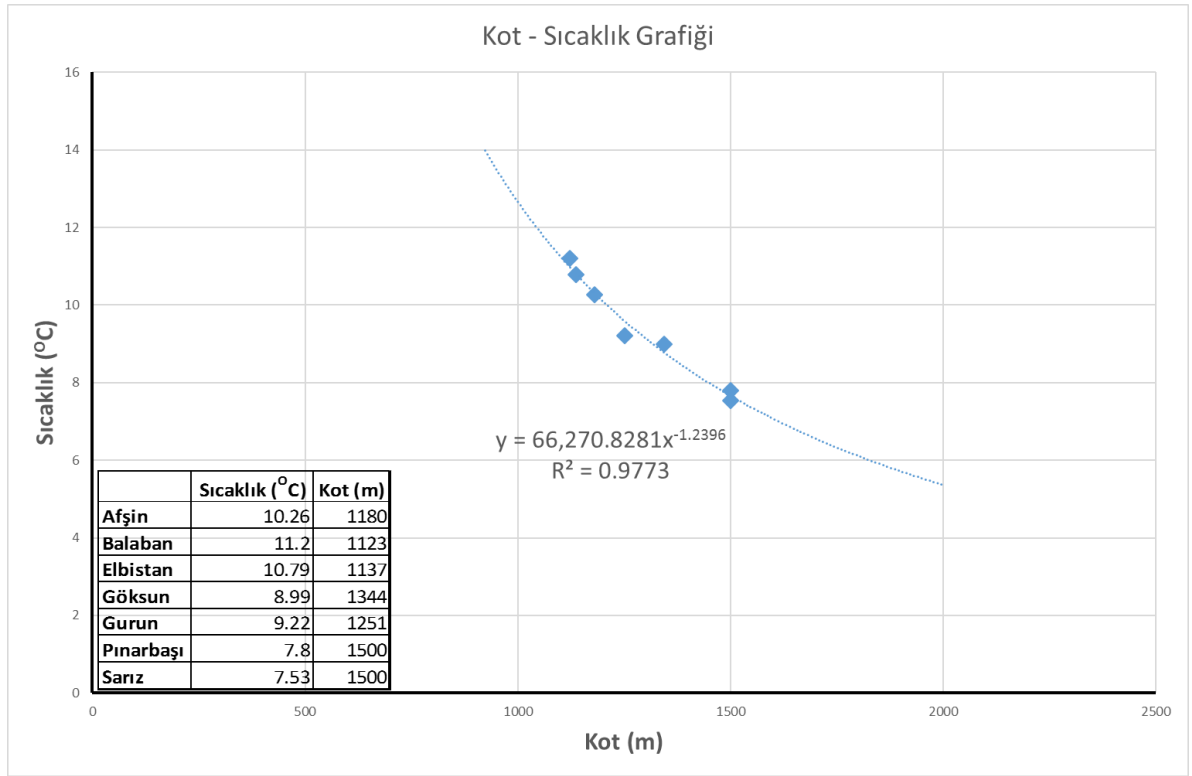


Şekil 3.13 Kuyularda filtrelere karşılık gelen birimlerin gösterildiği $^{18}\text{O} - ^2\text{H}$ grafiği

Çalışma sahasının çevresinde bulunan Afşin, Balaban, Elbistan, Göksun, Gurun, Pınarbaşı ve Sarız MGM istasyonlarından sıcaklık değerleri elde edilmiştir. MGM istasyonlarının genellikle yerleşim yerlerinin merkezlerine kurulması sebebiyle yüksek kotları temsil edici sıcaklık değerleri bulunmamaktadır. Yakınlarda bulunan DSİ meteoroloji istasyonlarında ise sıcaklık ölçümü yapılmamaktadır. Meteoroloji istasyonlarının havza ve çevresindeki dağılımı Şekil 3.14 kota bağlı sıcaklık grafiği Şekil 3.15’de sunulmuştur.



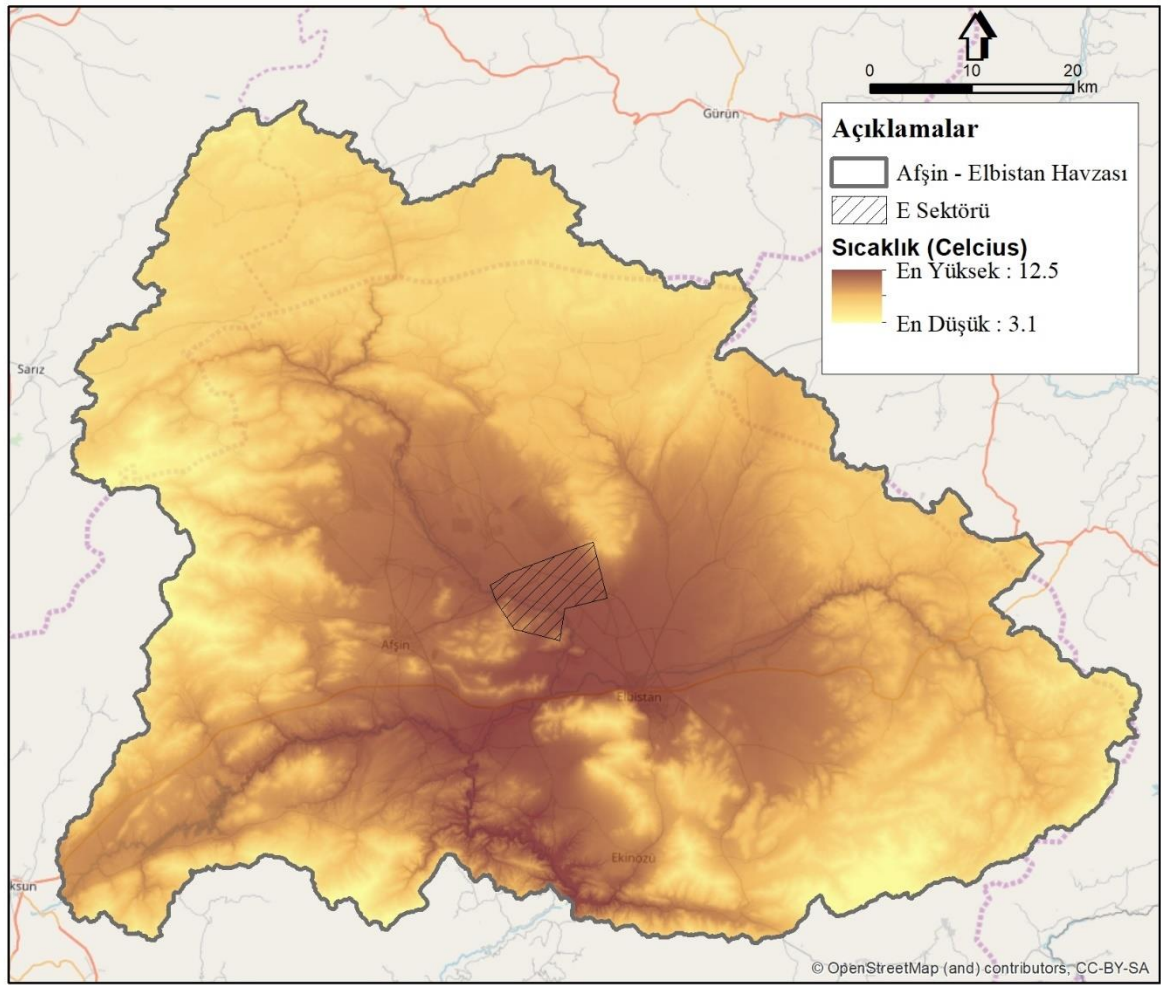
Şekil 3.14 Çalışma alanı ve çevresindeki meteoroloji istasyonları



Şekil 3.15. Kota bağlı sıcaklık grafiği

Grafikte de görüldüğü üzere MGM istasyonlarının temsil ediliği 1500 metre kotuna kadardır. Bu değer, havzanın sadece %46'sını temsil etmektedir.

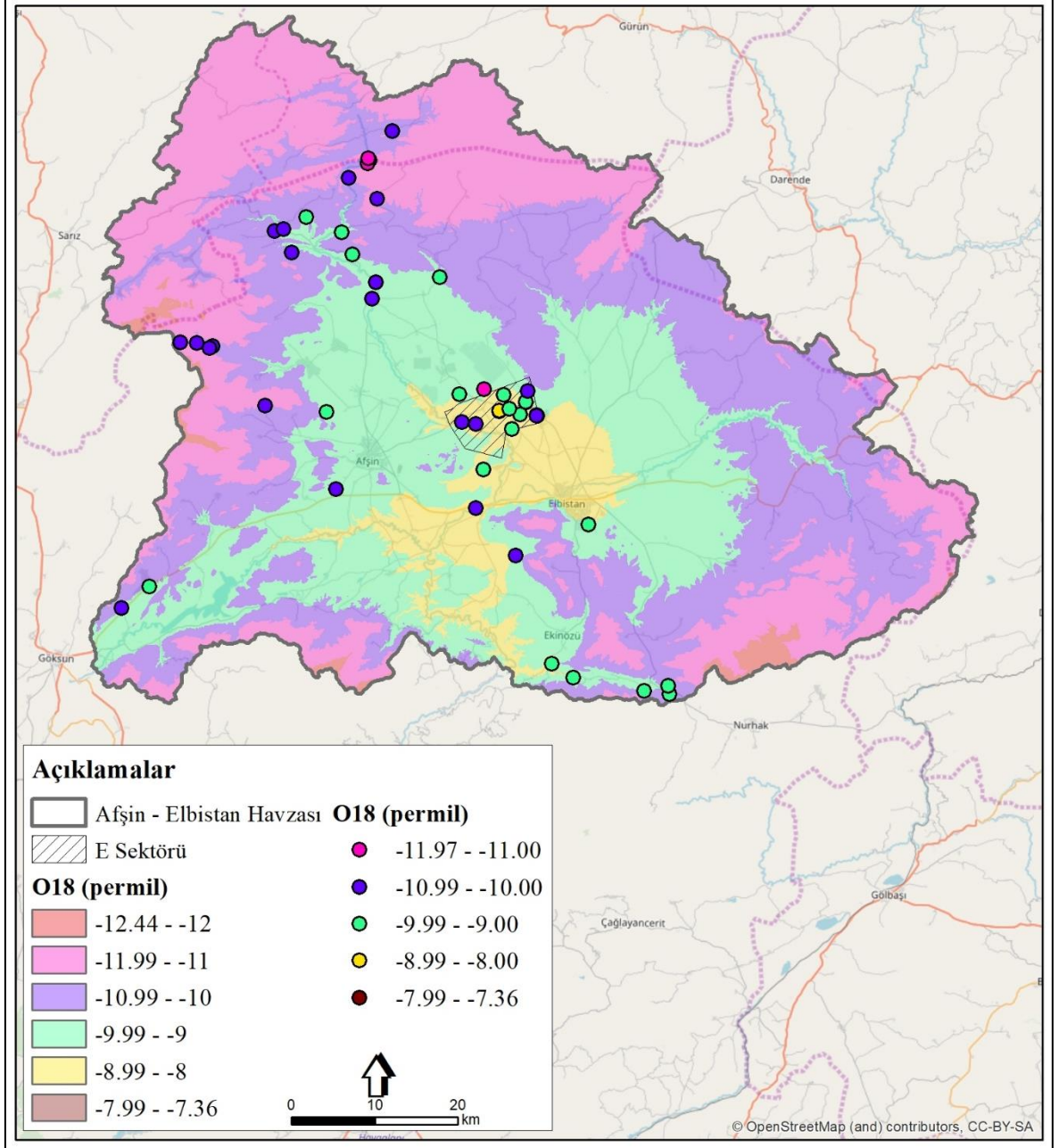
Sahada 1/25000'lik topoğrafik haritalardan elde edilmiş izohips değerleri mevcuttur. Bu değerler kullanılarak havzanın sayısal yükselti modeli oluşturulmuştur. Sayısal yükselti modelinde her hücre içerisinde kot değeri bulunmaktadır. Şekil 3.16'de verilen sayısal yükselti modeline entegre edilmiştir ve tüm havzanın sıcaklık dağılımı elde edilmiştir.



Şekil 3.16. Havza Geneline Oluşturulan Sıcaklık Dağılımı

Ankara yağışlarından elde edilen oksijen-18-sıcaklık ilişkisi havzanın genelinde hücre bazlı elde edilmiş sıcaklık değerleri için uygulanmıştır ve havzanın ^{18}O dağılım haritası elde edilmiştir (Şekil 3.17). Bu haritaya göre bir hücre üzerine gelen yağmur damlası, ikincil ayrışma süreçlerine uğramaz ise yaklaşık olarak ona karşılık gelen ^{18}O değerine sahip olmalıdır. Buna göre kuyu/kaynaklarda ölçülen ^{18}O değerlerinin hangi alandan gelebileceği de Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Kuyu ve kaynaklardan örneklenmiş örneklerin ağırlıklı olarak Afşin – Elbistan havzasının kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı kesiminde, havza sınırına yakın yüksek bölgelerden beslendiğini söylemek mümkündür. Havzanın güneydoğusunda yer alan yükseltilere düşen yağışın izotop içeriği de örneklerin izotop içeriğine benzese de genel yeraltısuyu akım yönü güneye doğru olduğu için, bu bölgeden bir beslenme beklenmemektedir.

Numune alınan noktalarda elde edilen ^{18}O değerlerinin 89 adedinden 83'ünün -9 permil değerinden daha küçük olduğu görülebilir. 1/500,000 ölçekli Sivas jeoloji haritasında bu değerler çoğunlukla karbonatlı kayaçların olduğu bölgelere karşılık gelmektedir.



Şekil 3.17. Numunelerin ve yağışın ^{18}O dağılımı

4 KAVRAMSAL MODEL

Kavramsal modelin oluşturulması kapsamında yüzey suyu-yeraltısuyu ilişkisi, yeraltısuyu bulunduran birimlerin beslenme ve boşalım mekanizmaları değerlendirilmiş olup, hidrojeolojik sistem, nümerik modele aktarılmaya hazır hale getirilmiştir.

4.1 Yüzey Suyu – Yeraltısuyu İlişkisi

Raporda verilen tüm jeolojik unsurlar (litolojik tanımlamalar, tektonik unsurlar) için, Doğu Toroslar'ın Jeodinamik Evrimi (Afşin-Elbistan- Göksun-Sarız Dolayı) raporuna bağlı kalınmıştır [8]. Araştırmacı, bölgede gelişen KG doğrultulu sıkışmalar ile ovalık bölümün çöktüğünü, daha sonra da bu çökelen alanın gölsel ve karasal çökeller tarafından doldurulduğunu belirtmektedir. Bu argüman ve değerlendirilen yaklaşık 700 kuyunun işlenmesi ile jeolojik model ortaya koyulmuştur. Bu jeolojik modele göre lehim birimi ile gidya ve kömür arasında Ahmetçik formasyonunun üst birimleri (karasal çökeller) içerisinde geçirimsiz tavan kili birimi bulunmaktadır.

Gül ve diğerleri (2017) [9] pompa testlerinden elde ettikleri bulgular dahilinde lehim birimi ile alttaki bej/gri gidya ve kömür arasında hidrolik bir ilişki tespit edememiştir. Aynı şekilde, yeraltısuyunun Hurman Çayı ve drenaj kanallarından beslenmediğini belirtmişlerdir.

“İzotop Analizleri” bölümünde kömür ve gidya birimlerinde bulunan yeraltısuyunun Pliyosen-Pleyistosen döneminde birimlerin çökelişi sırasında hapsettikleri sular olarak yorumlanmıştır. Buna göre bu birimler güncel yeraltısuyu sistemine dahil değildirler.

İzotop analizleri ile elde edilen sonuç ve diğer araştırmacıların ortaya koyduğu tüm bulgular dikkate alındığında; tavan kilinin yeraltısuyu akım sistemi için geçirimsiz bir örtü tabakası işlevi gördüğü ve yeraltısuyu sistemine yüzey suyu sisteminden bir katkı olmadığı söylenebilir.

4.2 Yeraltısuyu Bulunduran Birimlerin Beslenme Mekanizmaları

Jeolojik modelde havzanın tabanını Mesozoyik ve Paleozoik kireçtaşları oluşturmaktadır. Bahsi geçen bu karbonatlı kayaçlar ile Ahmetçik formasyonunun alt birimi (gölsel çökeller) içerisinde yer alan bej/gri gidya ve kömür birimi arasında yine aynı formasyonun taban kili birimi yer almaktadır. Taban kili, litolojik yapısı itibarıyla oldukça geçirimsiz bir yapıya sahiptir.

Bedi (2009) [3], çalışma sahasının kuzeydoğu bölümünde yüzeylenen Kemaliye Formasyonunda sıkça fasiyes değişimlerinin olduğunu ve birimin çoğunlukla eksikli gözlendiğini tespit etmiştir. Genellikle fliş özelliği gösteren bu birimin de yapısı itibariyle geçirimsiz olduğu söylenebilir.

Uçar ve diğerleri (2010) [5], Kışlaköy sektörü doğu şevinde Mesozoyik, Paleozoik yaşlı karbonatlı kayaçların hidrojeolojik parametrelerini elde edebilmek için dört farklı kuyu grubunda pompa testleri yapmış ve sonuçlarını paylaşmıştır. İki farklı grupta 7-10 kuyuda eş zamanlı olarak 60-80 l/s mertebesinde su çekilmesine rağmen sadece birkaç metre düşüm gerçekleşirken, diğer bir grupta tek kuyuda 3 l/s çekim ile yaklaşık 45 metre düşüm elde edilmiştir. Aynı birim içerisinde, birbirine bu kadar yakın mesafede açılan kuyularda farklı çekim/düşüm değerlerinin gözlenmesi, karbonatlı kayaçların heterojen yapısını göstermektedir.

“3.2.2 Yeraltısuyu Seviyeleri” bölümünde ölçülen hidrolik yük değerleri birim bazında incelenmiş ve yeraltısuyu akım yönü ile ilgili yorum yapılmıştır. E sektöründe ölçülen en düşük yeraltısuyu seviye değeri güney-güneybatı bölümünde iken, en yüksek değerler ise kuzey-kuzeydoğu bölümünde ölçülmüştür.

“3.2.3 İzotop Analizleri” bölümünde gıda ve kömür birimlerinin beslenme olanakları ile ilgili yorumlar bulunmaktadır. Aynı bölümde yeraltısuyu taşıyan formasyonların hangi alanlardan beslenmiş olabileceği belirtilmektedir. Şekil 3.17 incelendiğinde, yeraltısularının ovalık alandan ziyade bu ovalık alanı çevreleyen yükseltilerden beslendiği tespit edilmiştir. Bu bölgeler jeolojik birimler ile kesiştirildiğinde, çoğunlukla karbonatlı kayaçlara rastlanmaktadır. Bu bilgi Gül ve diğerlerinin (2018) [10] tespitini desteklemektedir.

Önceki çalışmalar, pompa testleri, yeraltısuyu seviye ölçümleri ve izotop analizleri incelenmiş ve sonuç olarak gıda, kömür birimlerinin besleniminin karbonatlı kayaçlardan olduğu tespit edilmiştir. Aynı bilgiler kullanılarak, bu beslenimin yer yer geçirimsiz taban kili tarafından, yer yer de geçirimsiz Kemaliye formasyonu tarafından sınırlandığı ortaya koyulmuştur.

4.3 Yeraltısuyu Bulunduran Birimlerin Boşalım Mekanizması

Gül ve diğerleri (2018) [10], paylaştıkları izotop analizi sonuçlarında karbonatlı kayaçların derin dolaşıma sahip olduklarını ortaya koymuş ve bu kayaçların doğal boşalımının kömür

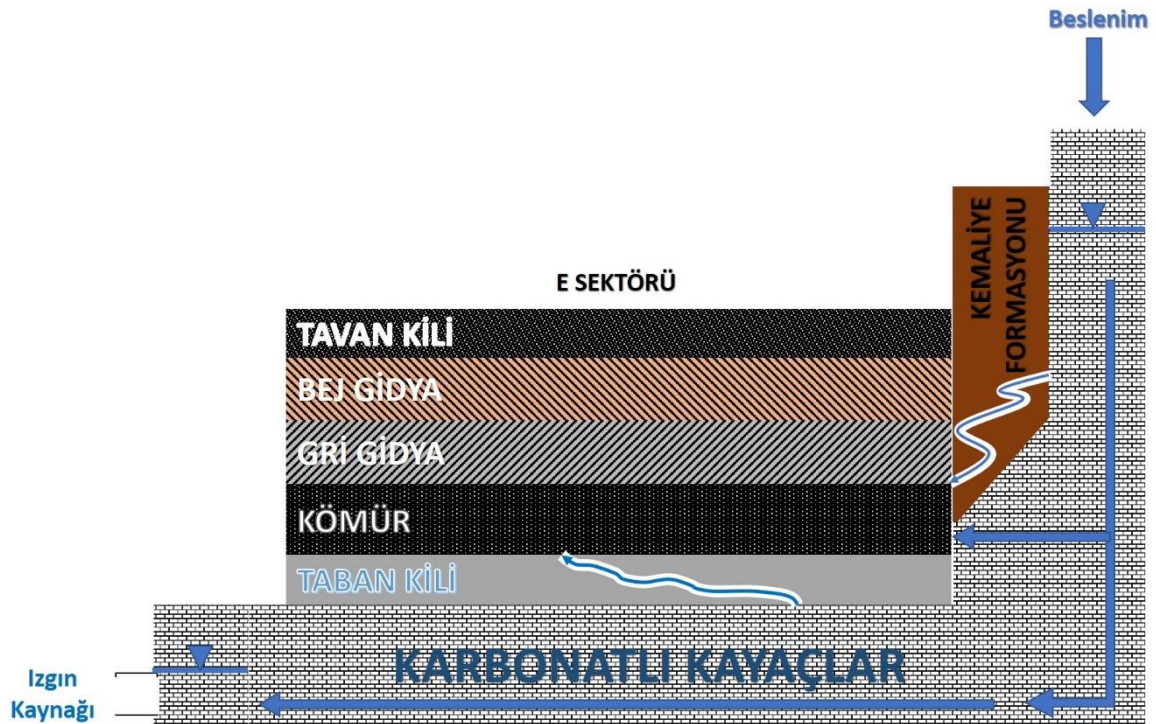
sahasının dışında bulunan Tanır, Izgın, Pınarbaşı, Mağaraözü, Karasu, Küçükkışla vb. kaynaklardan gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Yeraltısuyu seviye ölçümleri incelendiğinde, en düşük hidrolik yük değerinin E sektörünün güney-güneybatı bölümünde olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple karbonatlı kayalar içerisindeki yeraltısuyunun Ahmetçik formasyonunun tabanından, dipten dolaşım ile güney-güneybatı yönünde sahayı terk ettiğini düşünmek yanlış olmayacaktır.



Rapor kapsamında paylaşılan ve incelenen tüm bilgiler dikkate alındığında, E sektörünün beslenme/boşalım mekanizmalarını içeren kavramsal model şu şekilde özetlenebilir (Şekil 4.1):

- Lehim biriminin altında bulunan tavan kili, Hurman Çayı ve drenaj kanalı ile yeraltısuyu sistemi arasında bir bariyer oluşturmaktadır. Bu sebeple yüzey suyu unsurlarının yeraltısuyu sistemini etkilemediği düşünülmektedir.
- Karbonatlı kayaçlar, E sektöründe yeraltısuyu bulunduran birimlerin beslenme mekanizmasının ana kaynağını oluşturmaktadır. Beslenme yanal olarak sektörün kuzeydoğusu ve batısında yüzeyleyen karbonatlı kayaçlardan yanal olduğu gibi, taban kilinin olmadığı ya da ince olduğu kısımlarda dipten de gerçekleşebilmektedir.
- Karbonatlı kayaçlar ve Ahmetçik Formasyonu arasında gerçekleşen yeraltısuyu akımı, taban kili ve Kemaliye Formasyonunun geçirimsiz birimleri tarafından sınırlandırılmaktadır. Bununla birlikte, Kemaliye Formasyonu, sahanın kuzeybatısında yer yer geçirgen özellik taşımakta ve yanal beslenime izin vermektedir.
- Havzanın beslenme mekanizmasını oluşturan karbonatlı kayaçlarda bulunan yeraltısuyu, dipten dolaşım ile güney-güneybatı yönünde E sektörünü terk etmektedir.



Şekil 4.1. E sektöründe yeraltısuyu akım sisteminin şematik kavramsal modeli

5 YERALTISUYU AKIM MODELİ

5.1 Model Tanımlaması

Model, gerçek dünya sistemlerinin, etki – tepki süreçlerini dikkate alarak, basitleştirilmiş hali olarak tanımlanabilir. Gerçek dünya sistemleri fazla karmaşık olduğundan planlama ve yönetim kararlarını verebilmek için sistemin basitleştirilmesi gerekmektedir. Bu basitleştirme ile birlikte doğal sistemi tanımlayabilmek için varsayımlar geliştirilmelidir. Bu varsayımlar incelenen sistemin geometrisi, gözenekli ortamın doğası, akışkanın özelliği, akış rejimi gibi faktörler ile ilişkilidir. Model gerçek dünya sisteminin basitleştirilmiş bir versiyonu olduğu için herhangi bir yeraltısuyu sistemine özgün bir model bulunamaz. Modelleme sürecindeki ilk adım, sistemin kompozisyonunu tanımlayan kavramsal modelin kurulmasıyla başlar (Bear vd., 1992) [17]. Bu aşama bir önceki “Kavramsal Model” başlığında detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

5.2 Kodun Seçimi

Bir önceki “Model tanımlaması” başlığında bahsedildiği üzere, modelleme sürecindeki ilk adım kavramsal modelin kurulmasıdır. İkinci adım ise kavramsal modelin matematiksel temsilini ortaya koymak ve farklı çözüm teknikleri ile nümerik düzeni oluşturmaktır [18].

Sonlu elemanlar metodu oldukça yaygın ve pratik uygulamalarda kullanışlıdır. Geometrik esnekliğin ve uygun sınır koşullarının karmaşık ortamlarda isabetli kullanılabilir olması, sonlu elemanlar metodunu diğer nümerik yaklaşımlardan (sonlu hacim, sonlu farklar metodları gibi) daha üstün kılar [18].

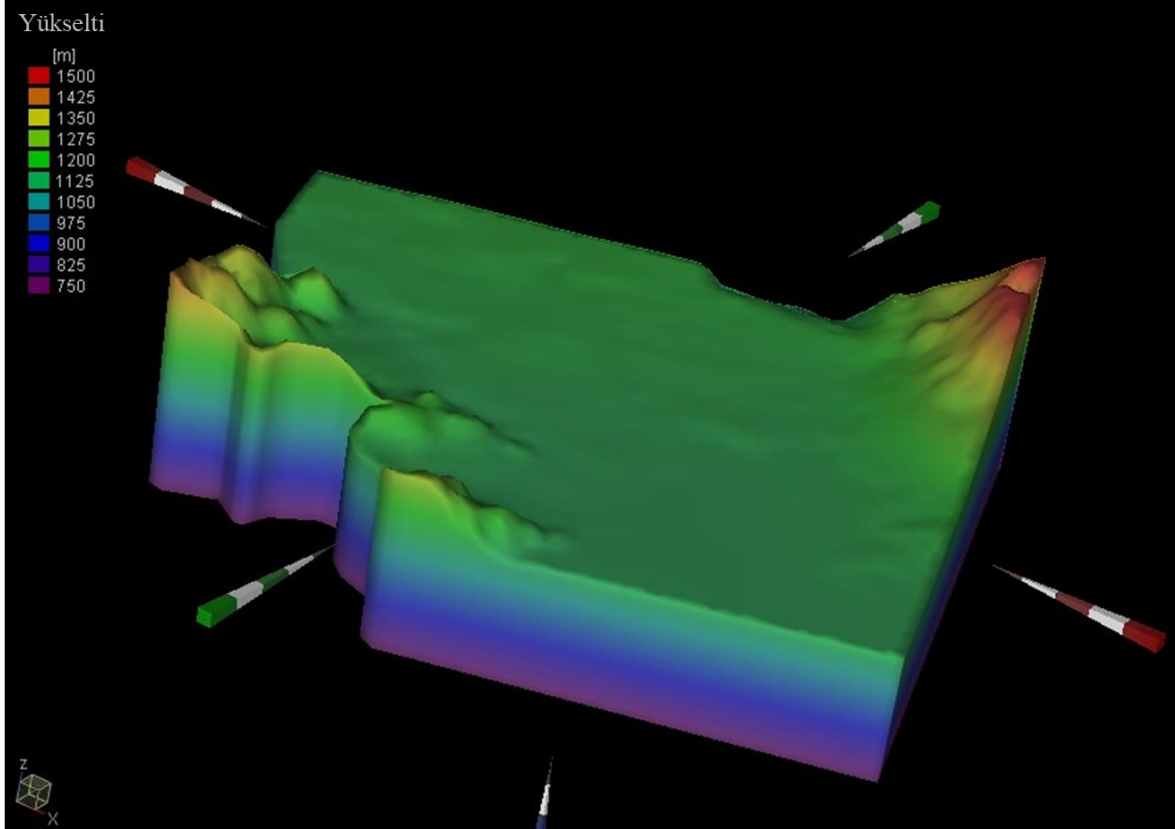
Bu çalışma kapsamında gözenekli ortam ve kırıklı sistemlerde yeraltısuyu akımını, kütle transferini ve ısı transferini çözümleyebilen FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW system) programı kullanılmıştır. Program sonlu elemanlar metodunu kullanarak yeraltısuyu akım denklemini çözmektedir.

5.3 Grid Yapısı ve Katmanlar

E sektörü için hazırlanan jeolojik modelde toplam 14 farklı birim bulunmaktadır. Bu birimlerin tamamı hidrojeolojik modele aktarılmıştır. Yeraltısuyu akım denkleminin sonlu elemanlar yöntemi ile çözüldüğü FEFLOW programında birbirinin aynısı olmayan grid elemanlarına sahip model alanının eni 13922.5 metre iken, boyu 11340.6 metredir. Toplam

4,212,005 düğüm noktası ve 7,896,004 grid elemanına sahip olan model alanı yaklaşık 97 km²'dir.

Raporun “4 KAVRAMSAL MODEL” kısmında da belirtildiği üzere karbonatlı kayaçlar tüm sektörü dipten dolaşmaktadır. Yeraltısuyu akımının düşey yöndeki hareketini temsil edebilmek için toplam 16 katman oluşturulmuştur. Model alanının tavanı topografya, tabanı ise 750 metre kotu ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 5.1 Model alanının alt ve üst sınırlarının görünümü

5.4 Başlangıç koşulları

Pompa testi analizleri, izotop sonuçlarının yorumlanması vb. birçok bilgiye dayanan kavramsal modeli sınamak için yeraltısuyu akım modeli kararlı akım koşulları altında çalıştırılmıştır.

Kavramsal modelde ortaya atılan savlar nümerik model ile desteklendikten sonra elde edilen kararlı akım koşullarında elde edilen hidrolik yük dağılımı, kararsız akım koşulları için başlangıç koşulu olarak kullanılmıştır.

5.5 Sınır koşulları

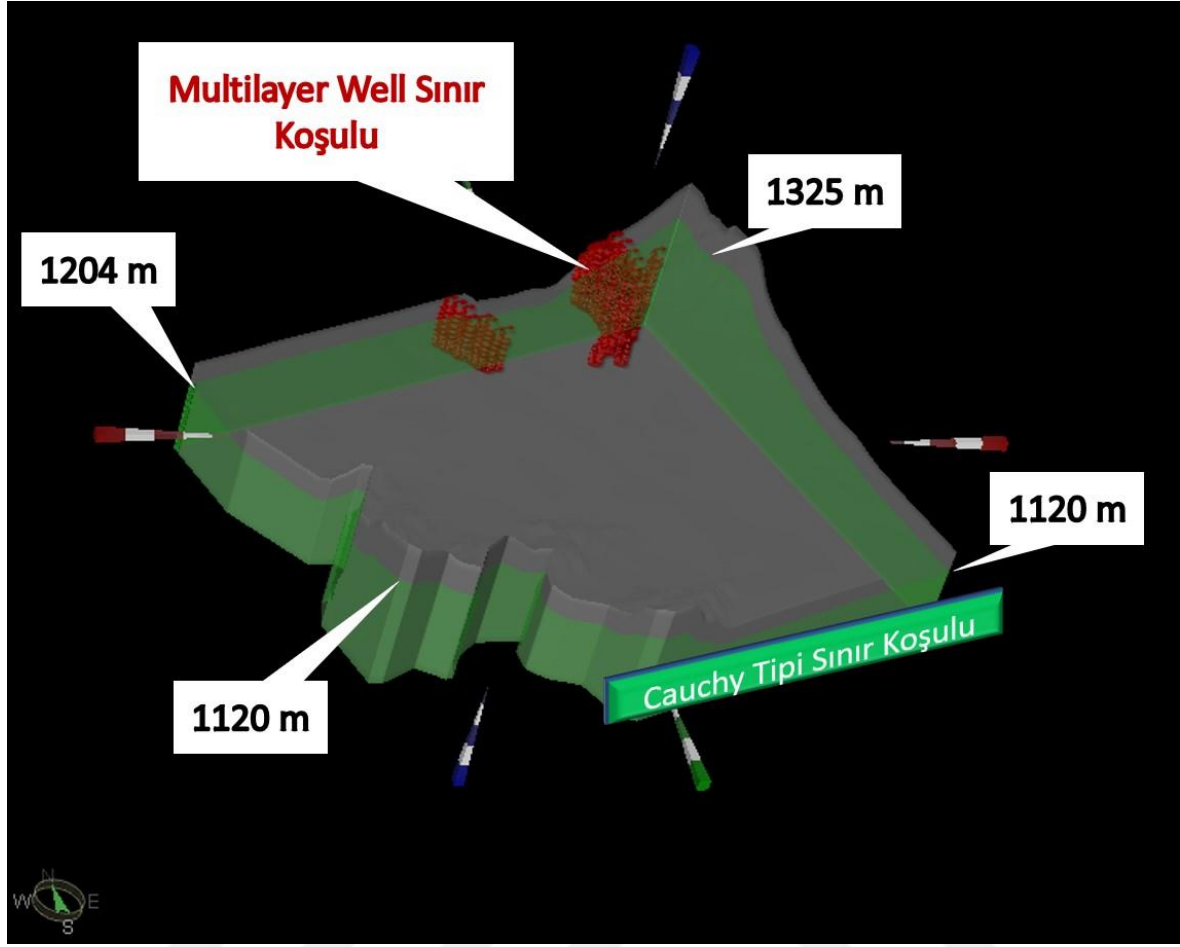
Bugüne kadar yapılan çalışmalar kapsamında sınır yük değerlerini temsil edebilecek bir araştırma yapılmamıştır. Önceki çalışmalar ve analizlerden elde edilen bilgiler ile sınır koşulları matematiksel modele aktarılmıştır.

Gül ve diğerleri (2018) [10], tıpkı Gökmenoğlu (2014) [8] gibi, sonlu farklar yaklaşımı ile yeraltısuyu akım denklemini çözen MODFLOW programı ile yeraltısuyu akım modelini hazırlamıştır. İki modelde de ortak olan tek sınır koşulu Hurman Çayı'dır. Hem bu sınır koşulunu destekleyen bir bulgunun olmayışı, hem de Gül ve diğerleri tarafından yeraltısuyu akım modeli sonucu elde edilen bütçede Hurman Çayı'ndan beslenimin bütçe bileşenlerinin sadece %0.17'sini oluşturması sebebiyle bu sınır koşulu dikkate alınmamıştır.

Model alanı içerisinde Kışlaköy sahasını susuzlaştırmak için kullanılan karst drenaj kuyuları da mevcuttur. Bu kuyular modele sınır koşulu olarak entegre edilmiştir. Bu sınır koşulu ise FEFLOW'da "Multilayer Well" modülü ile temsil edilebilmektedir. Toplam çekim/enjeksiyon miktarının katmanlara dağılımı, sınır koşulunu çevreleyen malzemenin özelliklerine ve hidrolik yüklerin dağılımına bağlı olarak simülasyon sırasında model tarafından belirlenmektedir.

Raporda, yeraltısuyu akımının kabaca kuzey-kuzeybatıdan güney-güneybatıya doğru gerçekleştiği belirtilmiştir. Sektör sınırlarının idari sınır olması ve sınırlar boyunca yeraltısuyu akımının olası olması nedeniyle, tüm model sınırlarına Cauchy tipi (3. Tip) sınır koşulu atanmıştır. Sınır koşullarındaki sınır yük değerlerinin bilinmediği noktalarda Cauchy tipi sınır koşulu, sınır yük değeri ve transfer katsayısı aracılığıyla hem sınırla akifer arasında gradyanı hem de akım miktarını kontrol etme avantajı sağladığı için kullanıcıya esneklik sağlamaktadır.

Bu sınır koşulunun iki parametresi olan transfer katsayısı ve hidrolik yük değerleri kalibrasyon aşamasında deneme yanılma yöntemi ile tespit edilmiştir. Sınır koşullarının yük değerleri model alanının neredeyse tamamında interpolasyon ile atanmıştır. Modelin sadece güney kısmında yük değerleri sınır boyunca sabit girilmiştir (Şekil 5.2).



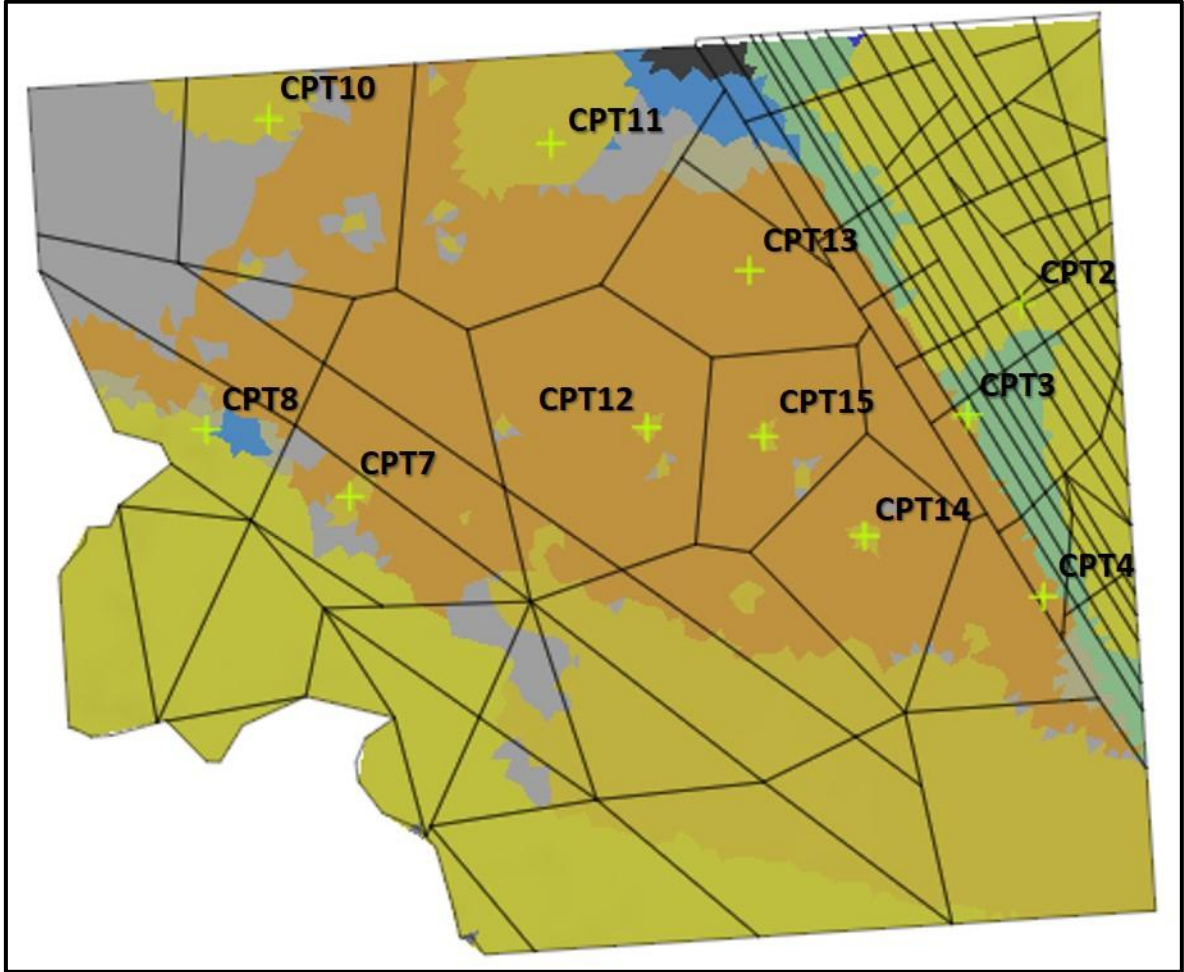
Şekil 5.2 Cauchy tipi sınır koşullarının model alanındaki dağılımı ve yük değerleri

5.6 Model Kalibrasyonu ve Hidrolik Parametrelerin Dağılımı

Tez kapsamında hem kararlı hem de kararsız akım koşullarında kalibrasyon yapılmıştır. Kararlı akım koşullarında kalibrasyon için Gül ve diğerleri (2018) [10] tarafından E sektöründe açılan pompa testi kuyularında, test öncesi ölçülmüş yeraltısuyu seviyeleri kullanılmıştır. E-sektöründe henüz bir yeraltısuyu kullanımı olmadığı için test öncesi hidrolik yüklerin kararlı akım koşullarını temsil ettiği varsayılmıştır. Kararsız akım koşullarında ise, Gül ve diğerleri (2017) [9] tarafından gerçekleştirilmiş akifer testleri sırasında kayıt edilmiş düşüm – zaman değerleri kullanılmıştır. Kalibrasyon parametreleri olarak hidrolik iletkenlik katsayısı, özgül depolama katsayısı (kararsız koşullarda), sınır yük değerleri ve sınır transfer katsayıları kullanılmıştır.

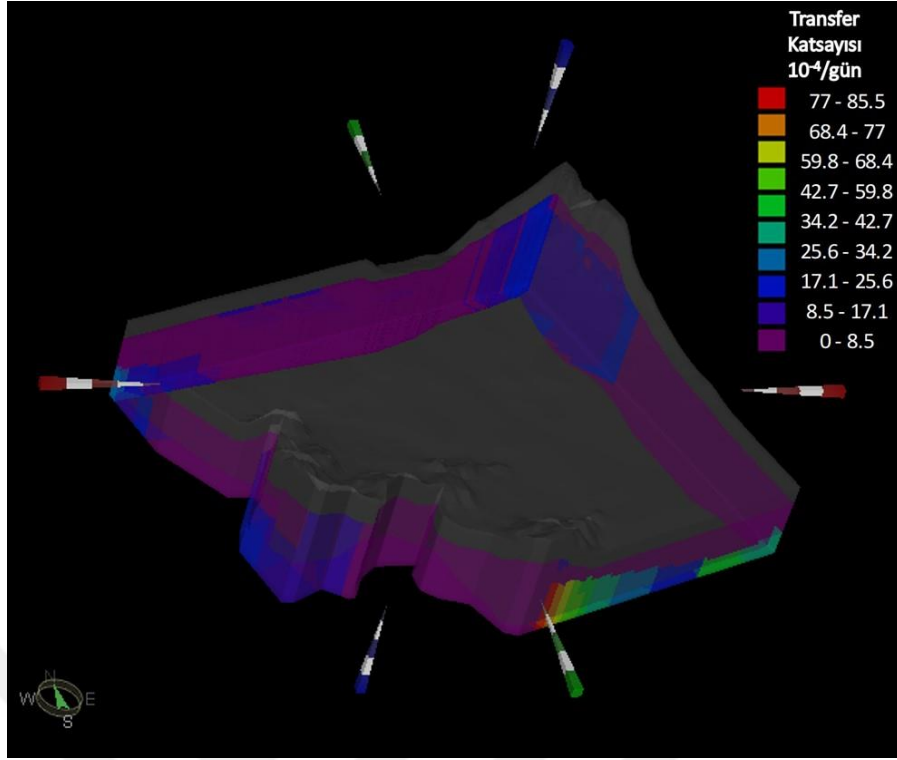
Kalibrasyon aşamasında öncelikle rapor kapsamında da paylaşılan, pompa testleri ile belirlenmiş hidrolik iletkenlik katsayısı değerleri tüm model alanına üç boyutlu interpolasyon yöntemi ile dağıtılmıştır. Test kuyularının çevresinde öncelikle Thiessen

poligonları oluşturulmuş ve bu poligonlarda Hurman ve Kışlaköy fay eksenlerine paralel bölümler yapılmıştır (Şekil 5.3). Sektörün kuzeybatısında, karbonatlı kayalar ve Kemaliye Formasyonunda, Kışlaköy sektörünün susuzlaştırılması için açılmış çok sayıda drenaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların bir kısmından oldukça yüksek debiler ile (>50 l/s) drenaj yapılırken bazılarında ise düşük debiler (<3 l/s) ile çekim yapılmaktadır. Bu nedenle bu bölgede Kışlaköy fayına paralel ve dik yönlerde daha çok bölümler yapılmış ve kalibrasyon sırasında her alan ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

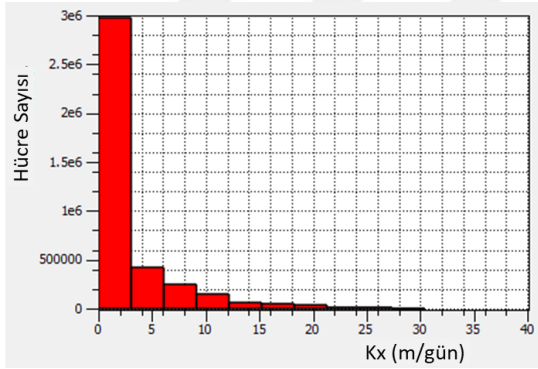


Şekil 5.3 Model alanındaki kalibrasyon alanları

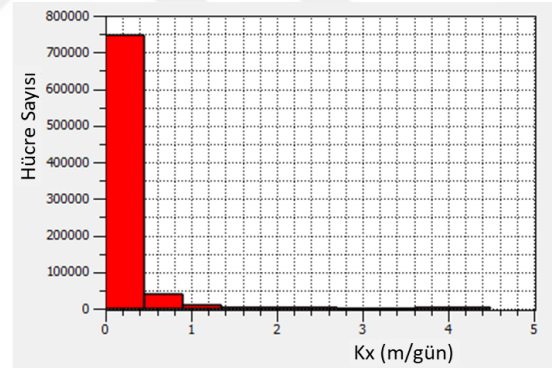
Kalibrasyon sonucunda hidrolik iletkenlik katsayısı ve sınır koşullarının yük değerleri ile transfer katsayısı (Şekil 5.4) değerlerinin nihai hali elde edilmiştir. Buna göre Çayderesi formasyonu çalışma sahasında en yüksek hidrolik iletkenlik katsayısı (30.3 m/gün) değerine sahiptir (Şekil 5.5).



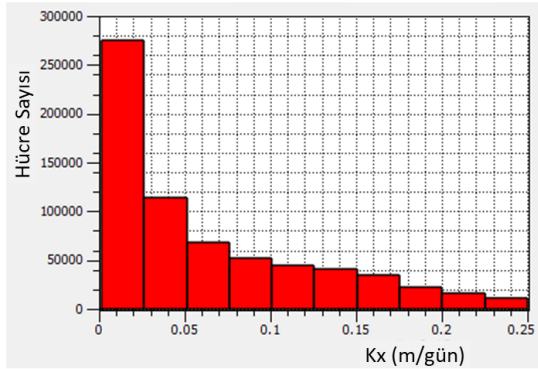
Şekil 5.4 Cauchy tipi sınır koşulları için atanan transfer katsayısı değerleri



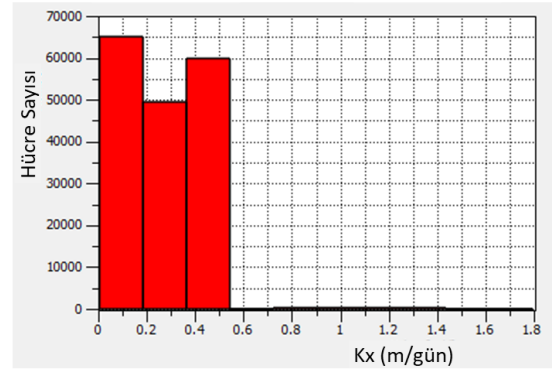
Çayderesi



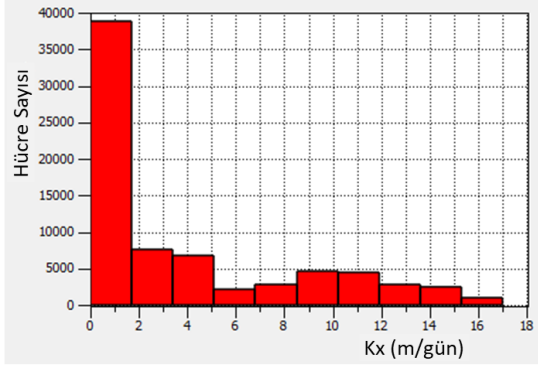
Tavan Kili



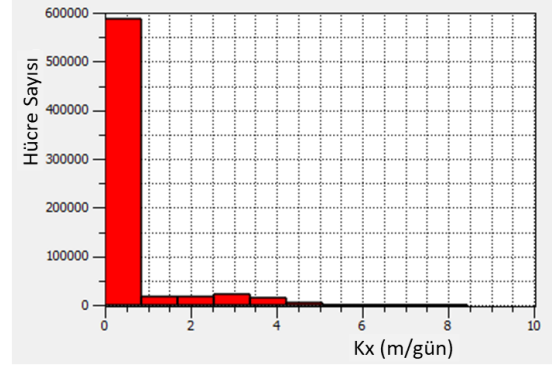
Taban Kili



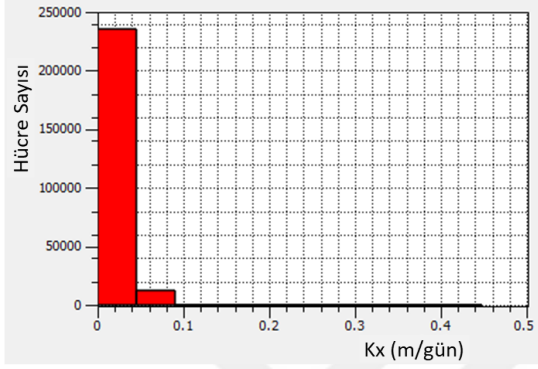
Lehim



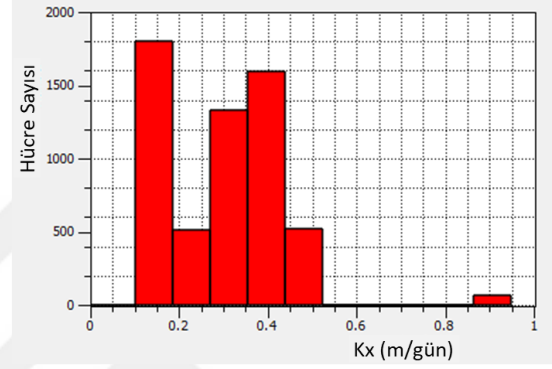
Köseyahya



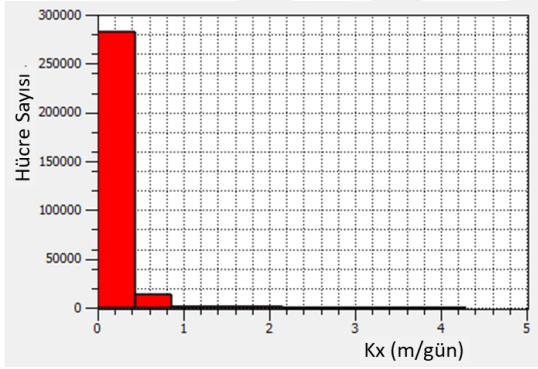
Kömür



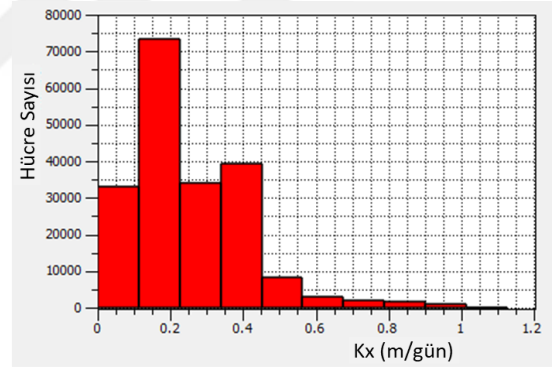
Kemaliye



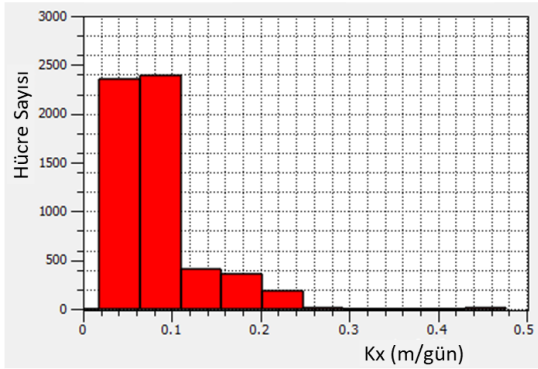
Karaböğürtlen



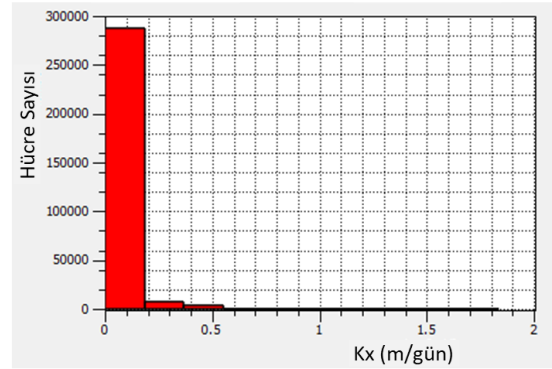
Gri Gidya



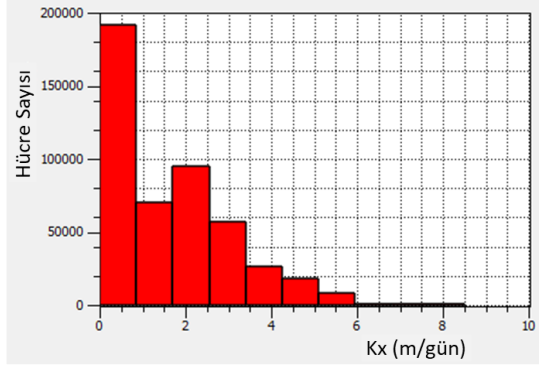
Gölsel Kireçtaşı



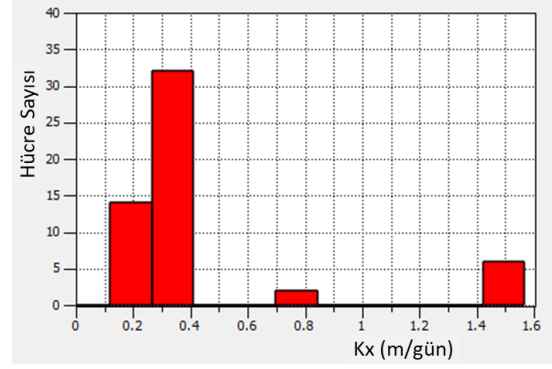
Gidya/Kömür



Bej Gidya



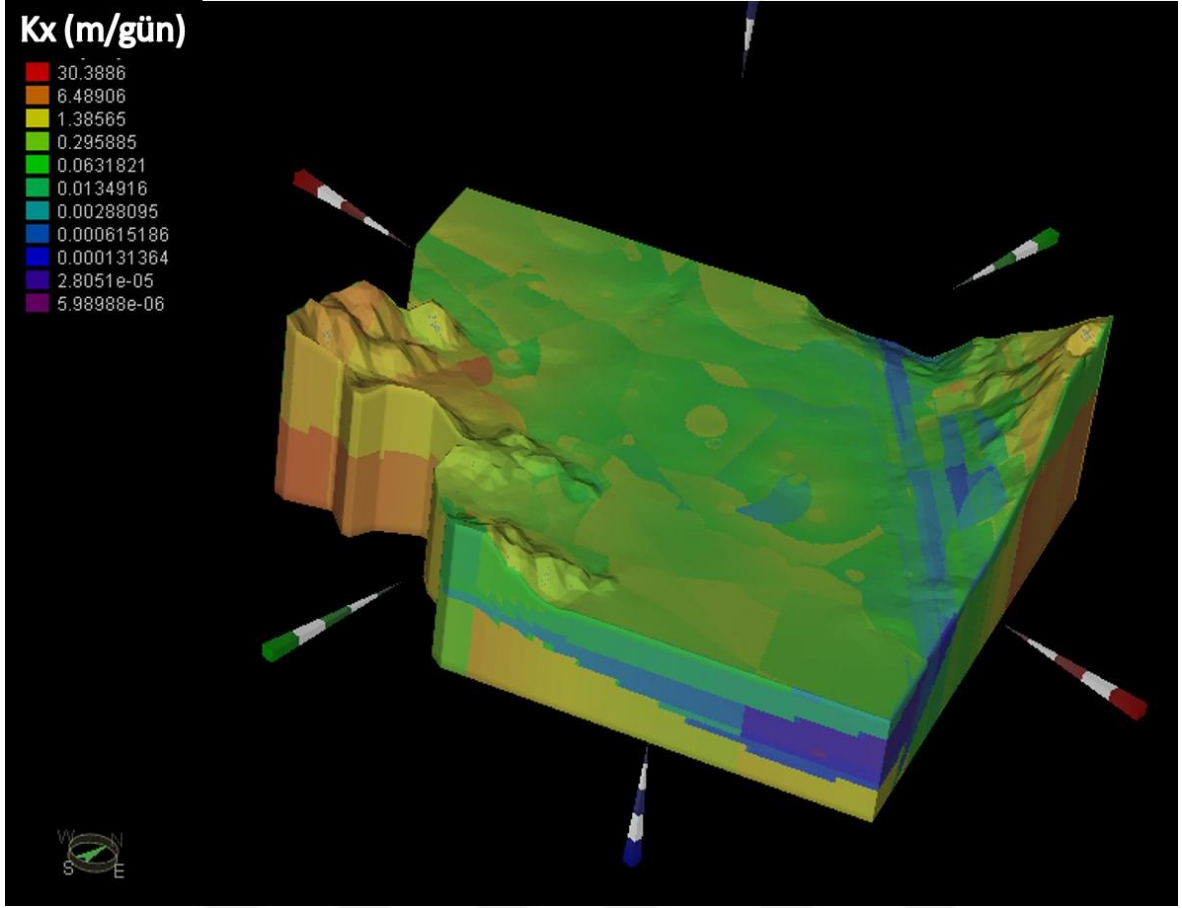
Alüvyon Yelpazesi



Alüvyon

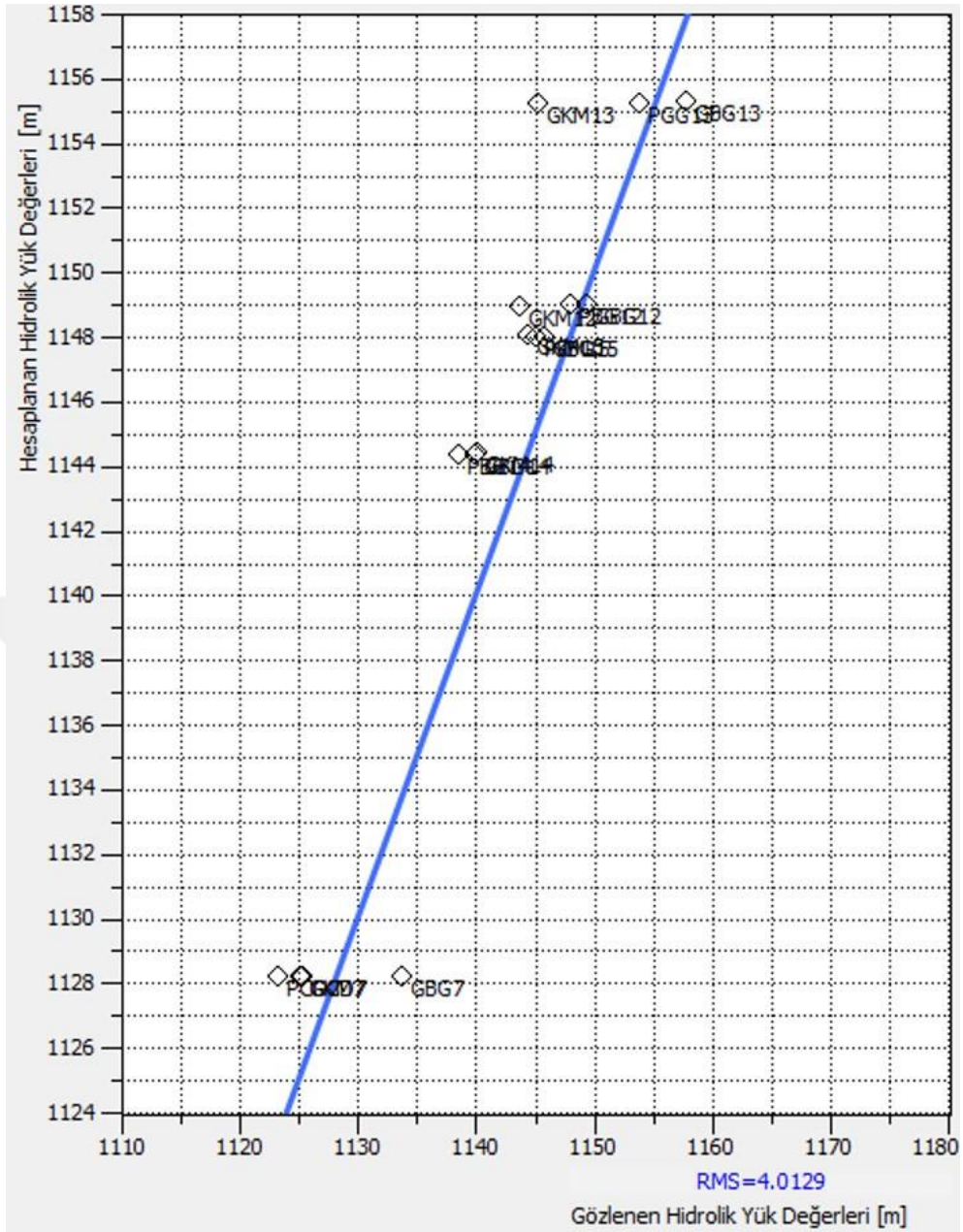
Şekil 5.5 Kalibrasyon sonucu birimlerin hidrolik iletkenlik katsayısı dağılımı

Kararlı akım koşullarında kalibrasyon sonucu birimlerin hidrolik iletkenlik katsayısı dağılımı Şekil 5.6'da verilmiştir. Kalibrasyon sonucu elde edilen hidrolik iletkenlik katsayısı değerlerinin dağılımı değerlendirildiğinde, Hurman fayının batısı ve Kışlaköy fayının doğusunda yüksek hidrolik iletkenlik katsayısına sahip alanlar bulunmaktadır. Ancak Kışlaköy fayı boyunca görülen Kemaliye formasyonu oldukça düşük hidrolik iletkenlik katsayısına sahiptir (Şekil 5.6).



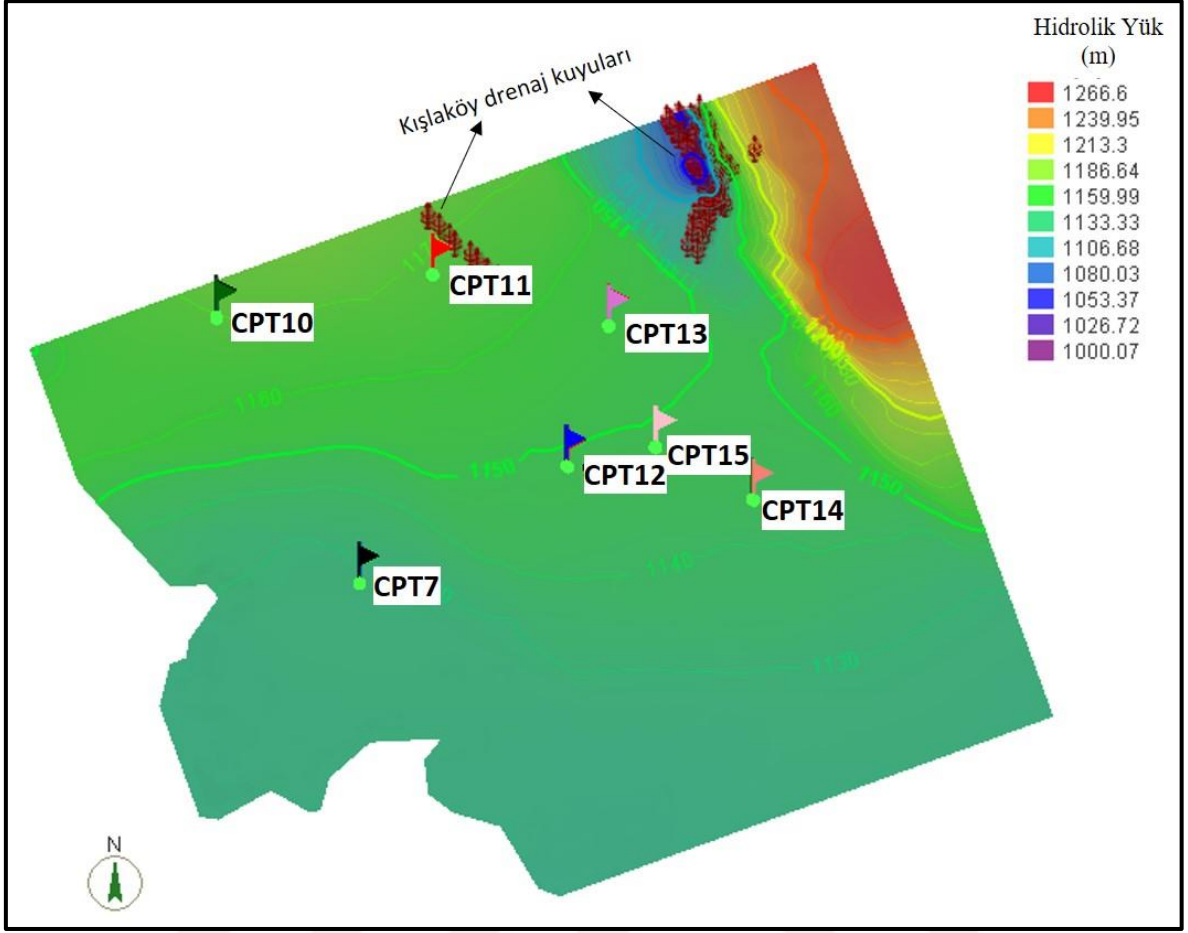
Şekil 5.6 Kalibrasyon sonucu elde edilen hidrolik iletkenlik katsayısının konumsal dağılımı

Kararlı akım koşullarında kalibrasyon sırasında elde edilen hesaplanan ve gözlenen hidrolik yük değerlerinin kıyaslandığı grafik Şekil 5.7'deki gibidir. Gözlenen ve hesaplanan değerler arasındaki farkı ortaya koyabilmek amacıyla RMS değeri hesaplanmıştır. RMS değeri yaklaşık 4 metre olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, test kuyularında ölçülen değerlere oldukça yakın sonuçlar elde edildiğini ve kabul edilebilir bir model ortaya konulduğunu göstermiştir.



Şekil 5.7 Kararlı akım koşullarında kalibrasyon sonucu elde edilen değerlerin kıyaslanması

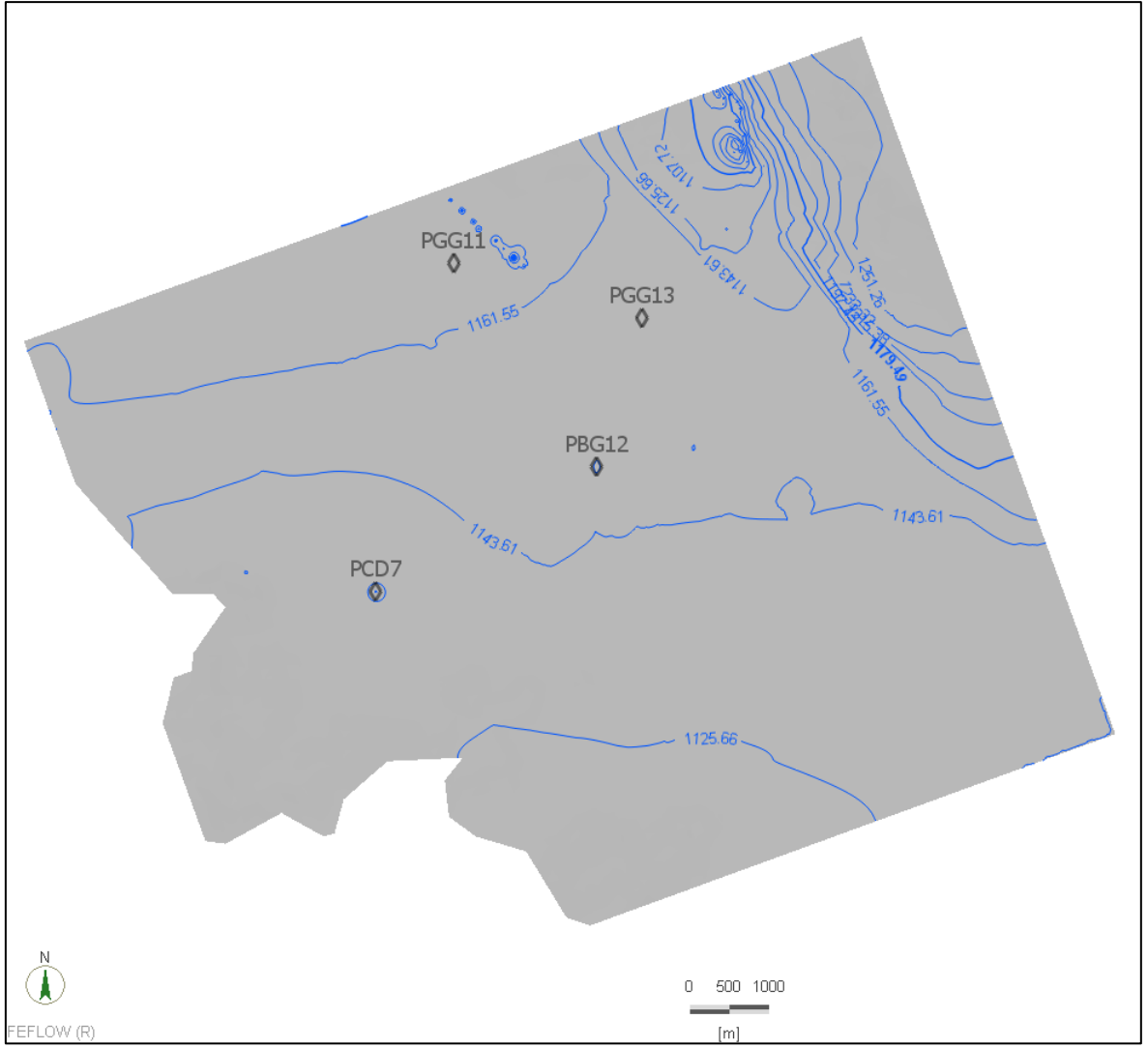
Kararlı akım koşullarında kalibrasyon sonucu elde edilen hidrolik yük değerleri (Şekil 5.8), aynı zamanda kararsız akım koşulları kalibrasyonu için ilksel hidrolik yük değeri olarak kullanılmıştır.



Şekil 5.8 Kalibrasyon sonucu elde edilen kararlı hidrolik yük değerlerinin dağılımı

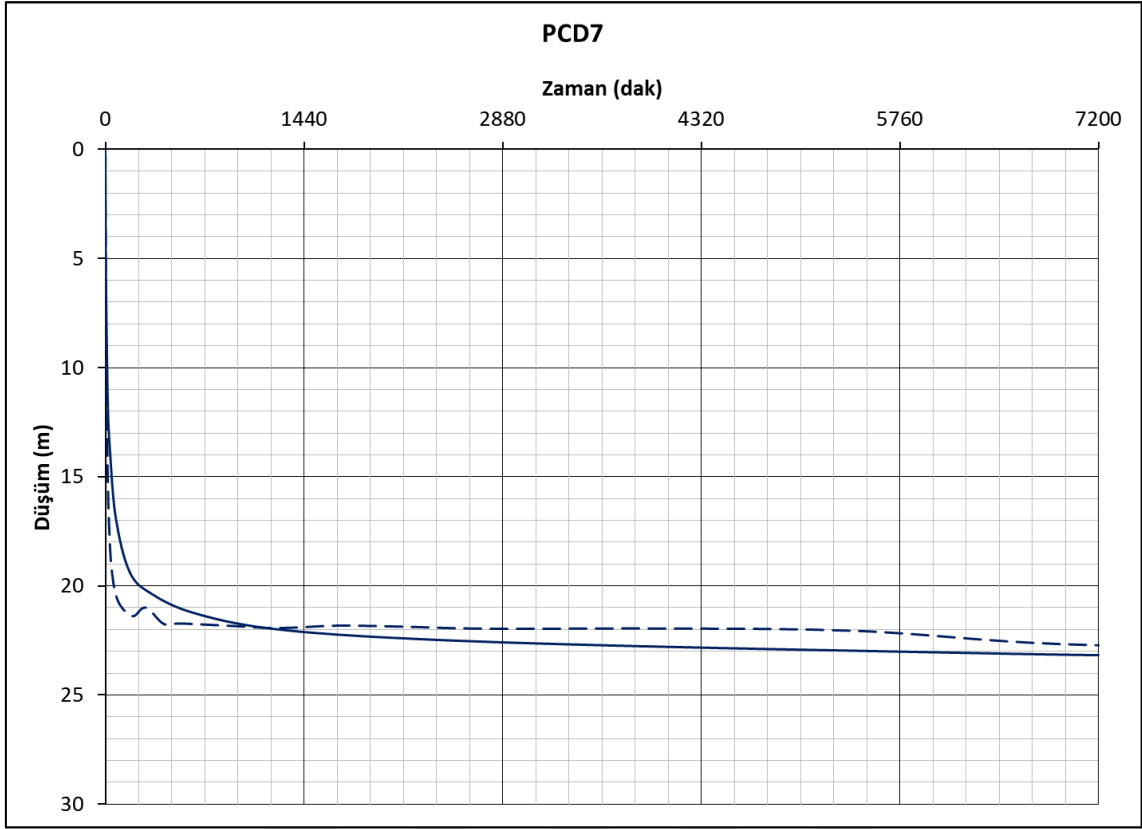
Kararsız akım koşullarında kalibrasyon için Gül ve diğerleri (2017) [9] tarafından raporlanan akifer testlerine ait düşüm – zaman değerleri kullanılmıştır. Gül ve diğerleri (2017) [9], E sektöründe yer alan Çayderesi, kömür ve gıda birimlerinde, sadece tek bir jeolojik birimden su alan test kuyuları açtırarak her kuyuda kısa ve uzun süreli testler tamamlamışlardır. Testler 24 saat ile 30 saat arasında değişen sürelerde gerçekleştirilmiştir [9]. Bu çalışmada uzun süreli testlerden en az 5 günlük verisi olan kuyular kullanılmıştır. Kalibrasyon için 5 günlük veriye sahip olan 4 kuyu kullanılmıştır. Bu kuyulardan biri Çayderesi, ikisi Gri Gıda ve diğeri Bej Gıda birimini denemek üzere tasarlanmışlardır. Kalibrasyon amacıyla kullanılan bu kuyuların model alanında dağılımları Şekil 5.9’da sunulmuştur.

Kararsız akım koşullarında kalibrasyon için hidrolik iletkenlik katsayısının yatay ve düşey bileşenleri ile özgül depolama katsayısı kullanılmış, kararlı akım koşullarında belirlenmiş sınır yük değerleri ile transfer katsayıları sabit tutulmuştur. Hidrolik iletkenlik katsayısının yatay bileşeni en etkili kalibrasyon parametresi olmuştur.

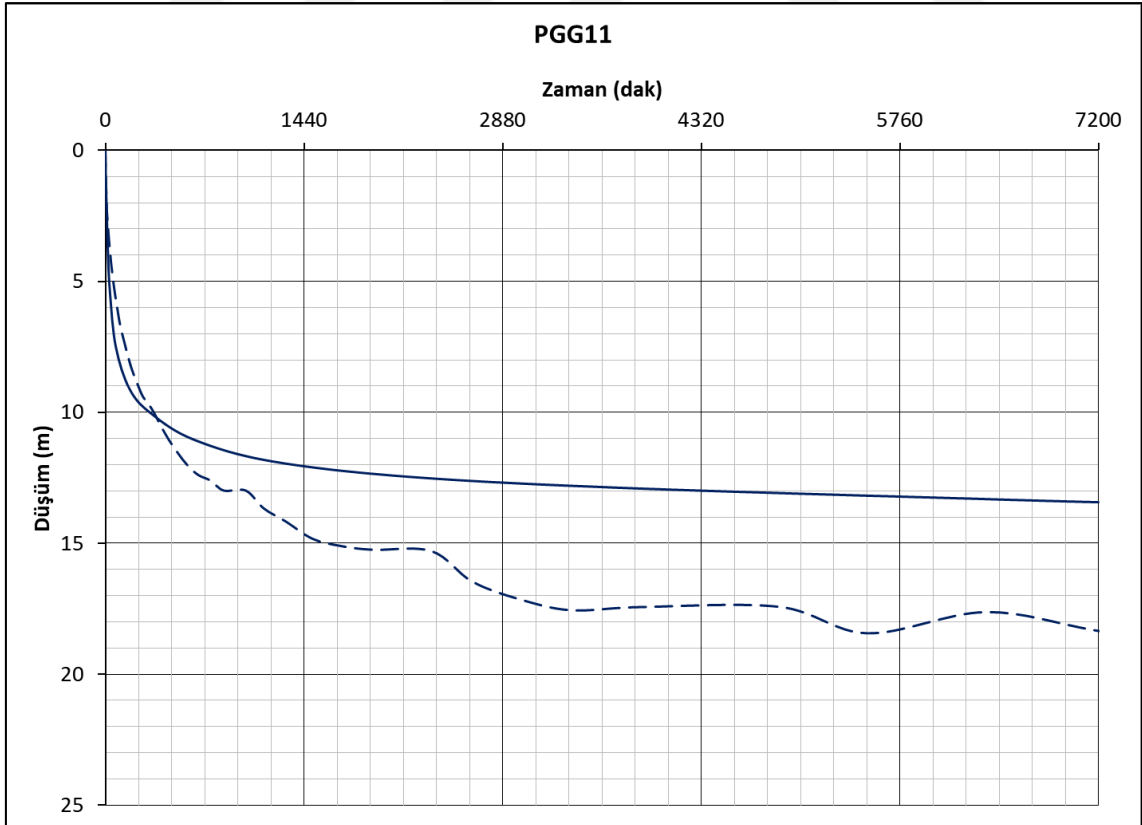


Şekil 5.9. Kararsız akım koşullarında kalibrasyon için kullanılan pompa kuyularının dağılımı

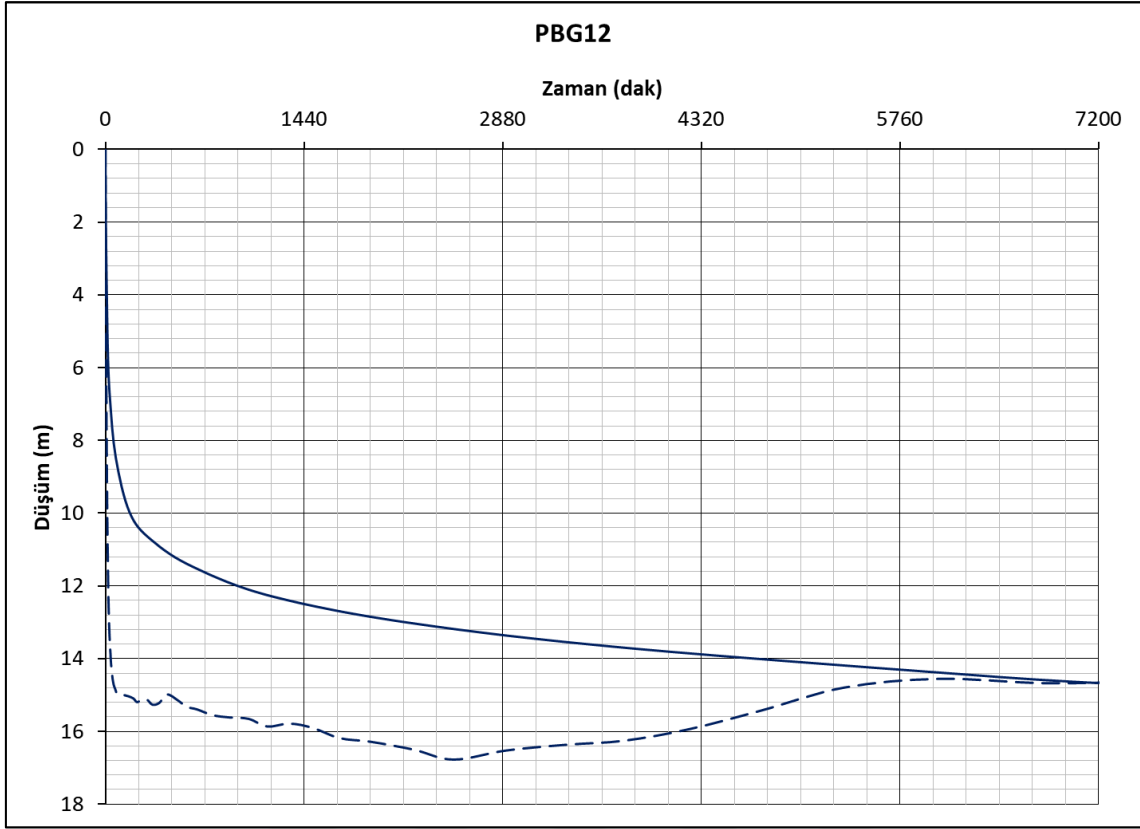
Kalibrasyon sonucu test kuyularında gözlenen ve hesaplanan düşüm değerleri her bir kuyu için Şekil 5.10 - Şekil 5.13 arasında sunulmuştur. Modelde, testler sırasında çekim miktarında meydana gelen salınımlar dikkate alınmadan sabit bir değer atandığı için, gözlenen değerlerde karşılaşılan salınımlar dikkate alınmamış ve ortalama debi ile hesaplama yapılmıştır. Her bir kuyunun etrafında Şekil 5.3'te sunulan kalibrasyon alanlarında hesaplanan en büyük, ortalama ve en küçük hidrolik parametreler Çizelge 5.1'de sunulmuştur.



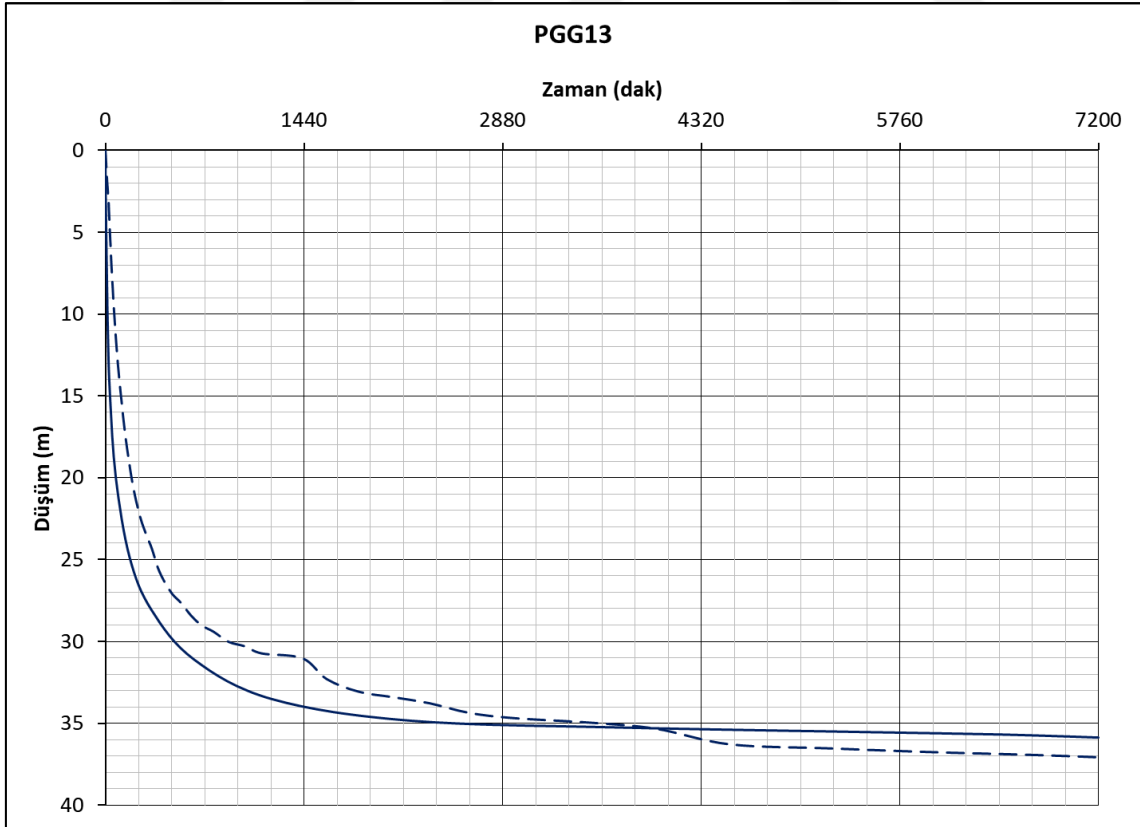
Şekil 5.10 PCD7 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.11. PGG11 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.12 PBG12 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.13 PGG13 kuyusunda kararsız koşullarda hesaplanan (sürekli çizgi) ve gözlenen (kesikli çizgi) düşüm değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.1. Kararsız akım koşullarında kalibrasyon sonucu belirlenen hidrolik parametrelerin en büyük, ortalama ve en küçük değerleri

Test Kuyusu	Litoloji		K_x (m/g)	K_z (m/s)	S_s (1/m)
PCD7	Çayderesi	En Büyük	0.799	0.156	1×10^{-4}
		Ortalama	0.274	0.044	6.2×10^{-5}
		En Küçük	0.0001	1.5×10^{-6}	1.6×10^{-5}
PGG11	Gri Gidya	En Büyük	0.0049	0.0098	1×10^{-4}
		Ortalama	0.0026	0.0022	2.8×10^{-5}
		En Küçük	1.0×10^{-5}	2.3×10^{-6}	5×10^{-7}
PBG12	Bej Gidya	En Büyük	0.378	0.143	1×10^{-4}
		Ortalama	0.261	0.004	5.7×10^{-5}
		En Küçük	0.006	1.3×10^{-5}	9×10^{-8}
PGG13	Gri Gidya	En Büyük	0.0058	0.014	1×10^{-4}
		Ortalama	0.0011	0.0011	3.5×10^{-5}
		En Küçük	6×10^{-5}	3×10^{-5}	5×10^{-7}

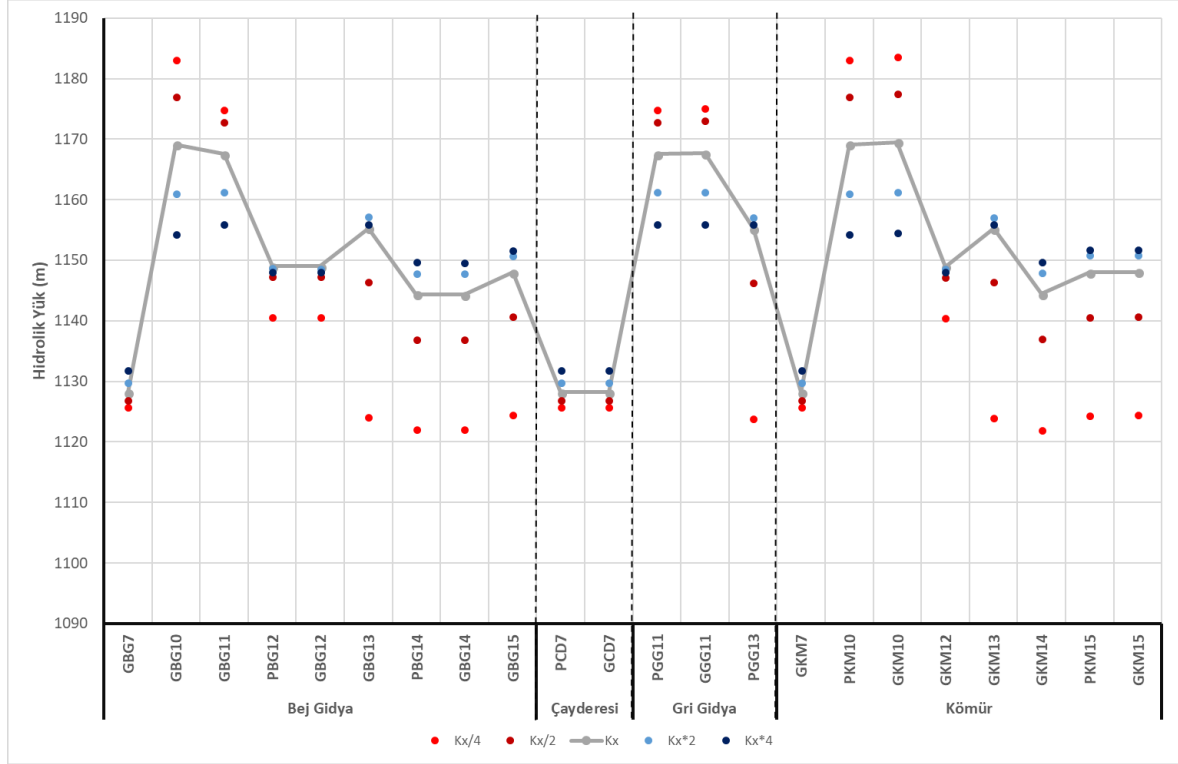
5.7 Hassasiyet Analizi

Model kalibrasyonu gerçekleştirildikten sonra, nümerik model için seçilen parametrelerin değişiminin model sonuçlarına etkisini görmek amacıyla hassasiyet analizi yapılmıştır.

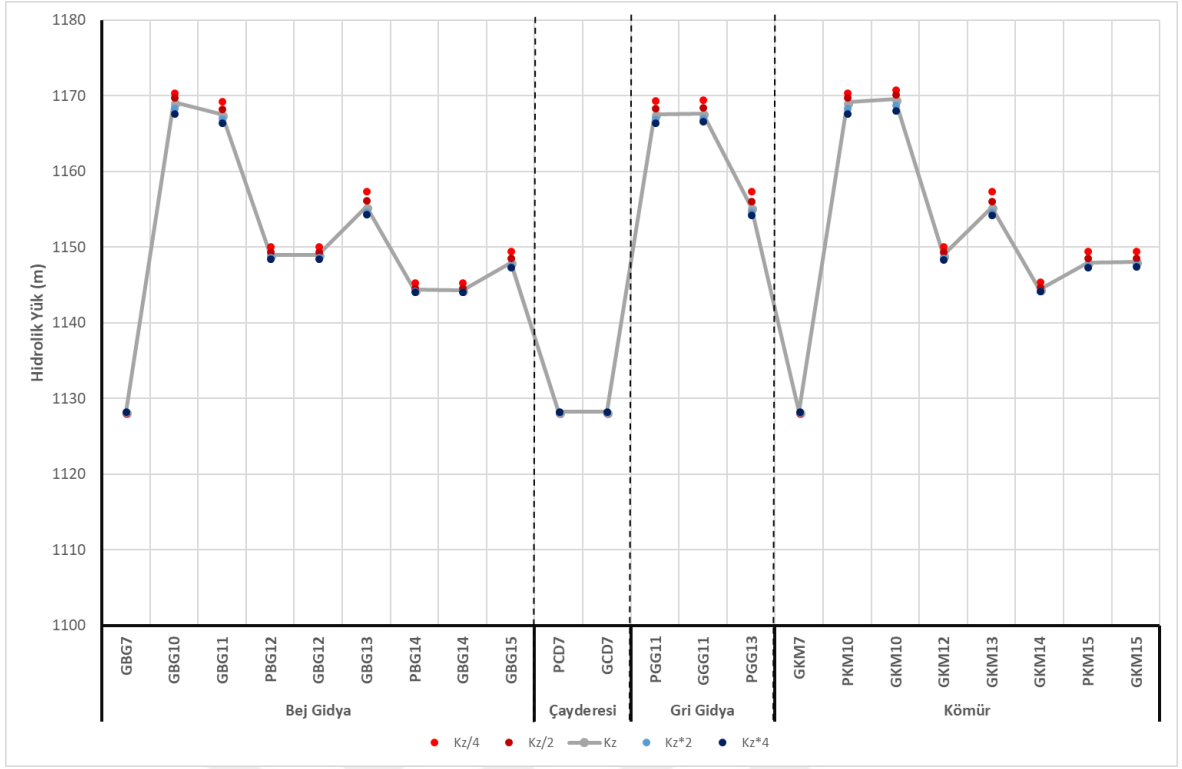
Hassasiyet analizi, yatay yöndeki hidrolik iletkenlik katsayısı (K_{xx} , K_{yy}), düşey yöndeki hidrolik iletkenlik katsayısı (K_{zz}) ve sınır koşulları için tanımlanan transfer katsayısı değerleri için yapılmıştır.

Analizde, her değer belirli bir katsayı ile ağırlıklandırılarak model alanına yeniden tanımlanmış ve model yeniden çalıştırılmıştır. Her çalıştırma sonucunda, gözlem kuyularında gözlenen ve hesaplanan değerler arasındaki ilişki incelenmiştir.

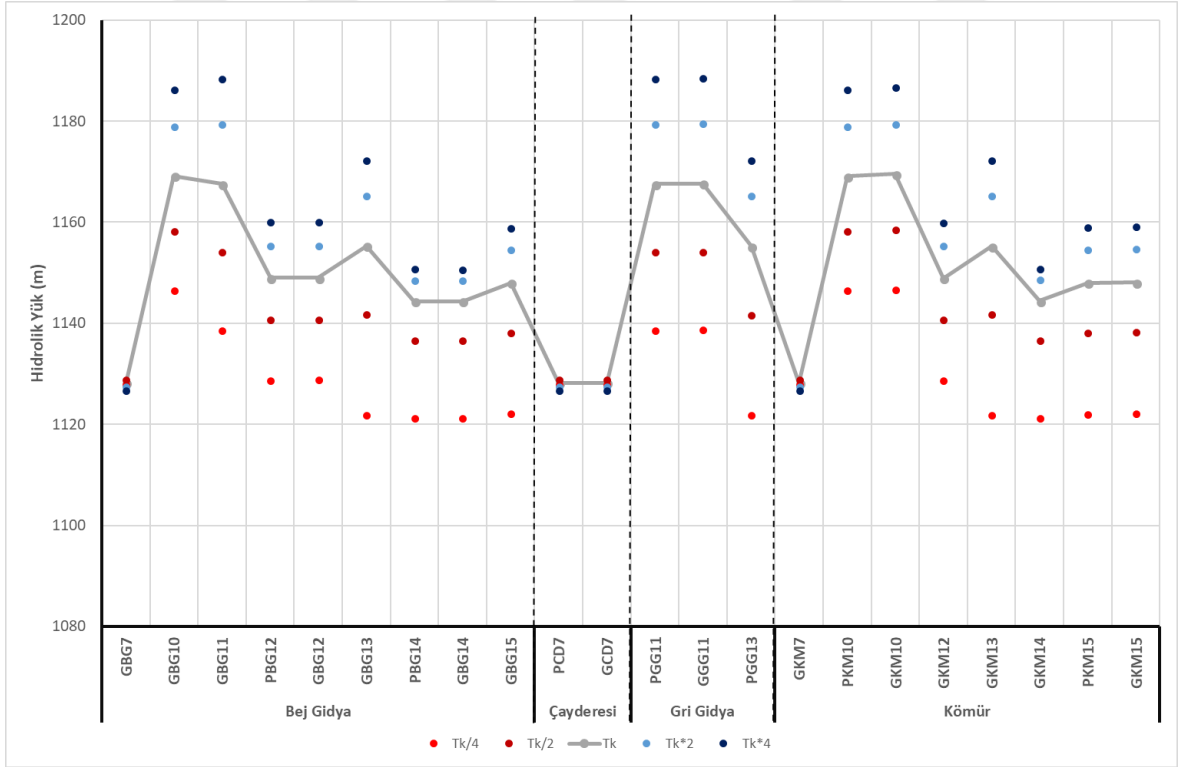
Yatay yöndeki hidrolik iletkenlik katsayısı (K_{xx} , K_{yy}) için yapılan hassasiyet analizi sonuçları Şekil 5.14’da düşey yöndeki hidrolik iletkenlik katsayısı (K_{zz}) için gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 5.15’de ve transfer katsayısı için gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 5.16’de verilmiştir.



Şekil 5.14. Kx Parametresi için hassasiyet analizi



Şekil 5.15 Kz Parametresi için hassasiyet analizi



Şekil 5.16. Transfer katsayısı için hassasiyet analizi

Grafikler incelendiğinde, sistemin düşey hidrolik iletkenlik parametresi üzerinde yapılan değişikliklere göreli olarak daha az hassasiyeti olduğu görülmektedir. Yatay hidrolik iletkenlik parametresi ve transfer katsayısı üzerinde yapılan değişimler ise hidrolik yük değişimlerinde benzer etki yaratmaktadır.

Sistemin yatay hidrolik iletkenlik katsayısı parametresinin değişmesi ile 7 numaralı kuyuların bulunduğu lokasyonda ciddi değişimler olmazken, 10 ve 11 numaralı kuyuların bulunduğu lokasyonlarda parametre ile ters orantılı, diğer lokasyonlarda ise parametre ile doğru orantılı bir değişim söz konusudur.



6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında eldeki bulgular ve yapılan analizler sonucunda E sektörünün kavramsal modeli ortaya koyulmuş ve nümerik model ile test edilmiştir.

Kavramsal modelin oluşturulmasında, Bedi tarafından 2009 yılında tamamlanan “Doğu Toroslar’ın Jeodinamik Evrimi (Afşin-Elbistan- Göksun-Sarız Dolayı)” raporu ile Gül ve diğerlerinin 2017 ve 2018 tarihinde gerçekleştikleri pompa testleri ve izotop analizleri yol gösterici olmuştur.

Kavramsal model ve yeraltısuyu akım modelini elde edebilmek için üç boyutlu jeolojik model kurulmuştur. Ortaya koyulan bu jeolojik model ile sistemin beslenme ve boşalım mekanizmaları için ilksel fikir elde edilmiştir. Yeraltısuyu akım modeli oluşturulurken hidrolik parametrelerin dağılımı için jeolojik model esas alınmıştır.

Sistemde hidrolik iletkenlik katsayısı en yüksek birim Çayderesi formasyonudur. Kışlaköy doğu şevinde Uçar tarafından 2010 yılında yapılan pompa testleri sırasında, birbirine çok yakın lokasyonlarda çok farklı debi/düşüm değerleri elde edilmiştir. Bu durum karbonatlı kayaçların heterojenitesini göstermektedir.

Çalışma sahasında gerçekleştirilen testler sonucu kömür ve gidya birimlerinin yer yer Çayderesi formasyonunun yüksek hidrolik iletkenlik katsayısı değerlerine benzer değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu bilgiyi dikkate alarak; yakın zamanda işletmeye geçilmesi planlanan E sektöründe kömür/gidya birimlerinden kuyular vasıtasıyla susuzlaştırma yapılabileceği söylenebilir.

Tez kapsamında yapılan analizler sonucu kömür ve gidya birimlerin içerisinde bulunan yeraltısuyunun, bu birimlerin çökelmeleri sırasında hapsedtikleri sular olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; bu birimlerin güncel yeraltısuyu sistemi ile bir ilişkisinin olmadığı ortaya koyulmuştur. Buna rağmen; sahada yeraltısuyu kullanımının sınırlı olduğu düşünülür ise karbonatlı kayaçlar ve kömür/gidya birimleri arasında hidrolik gradyan değeri, sahanın işletme döneminde yapılacak susuzlaştırma faaliyetleri ile artacağı için karbonatlı kayaçlardan sahaya yeraltısuyu katkısının artacağını belirtmek yanlış olmayacaktır.

E sektöründe kömür ve gidya birimleri hem alt hem de üst kısımdan geçirimsiz tavan ve taban kili birimleri ile sınırlandırılmıştır. Sistemin karbonatlı kayaçlar ve yüzey unsurları arasındaki hidrolik ilişkisi tabandan ve tavandan geçirimsiz birimlerin hidrojeolojik özellikleri tarafından kontrol edilirken, benzer şekilde E sektörünün doğu kısmında

karbonatlı kayaçlar ve gıdya/kömür arasındaki hidrolik ilişkiyi de Kemaliye formasyonu denetlemektedir.

Kavramsal modelde sistemin boşalımının model alanının güney-güneybatı kesiminden gerçekleştiği tespit edilmiş, bu durum yeraltısuyu akım modeli ile sınanmıştır. Buna göre karbonatlı kayaçlar içerisindeki yeraltısuyu dipten dolaşım ile sistemi terk etmektedir.

Yeraltısuyu akım modelinin kalibrasyonu hem kararlı akım koşullarında hem de kararsız akım koşullarında gerçekleştirilmiştir. Kararlı akım koşullarında yapılan kalibrasyonda gözlenen değerler ile hesaplanan değerler arasındaki artıkların ortalaması (RMS) yaklaşık 4 metre olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, matematiksel modelin kavramsal modeli oldukça başarılı temsil ettiğini göstermektedir.

Sistemin yatay hidrolik iletkenlik katsayısı ve transfer katsayısına hassas olduğu yapılan hassasiyet analizleri ile ortaya koyulmuştur. Bu durumun giderilmesi için farklı lokasyonlarda pompa testlerinin yapılmasında fayda görülmektedir.

Sistemin sürükleyici kuvveti olan ve bütün sektörü çevreleyen karbonatlı kayaçlar yeterli sayıda kuyu ve test bulunmamaktadır. Sahanın sadece güneybatı kısmında iki farklı lokasyonda Çayderesi formasyonu sınanmıştır. Hidrojeolojik özellikleri ve kavramsal modeldeki yeri dikkate alındığında, karbonatlı kayaçlarda farklı lokasyonlarda gözlem kuyularının açılmasının ve uzun dönem pompa testleri ile karbonatlı kayaçlar ve kömür/gıdya birimleri arasındaki ilişkinin netleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

E sektöründe açılmış olan kuyular ile yeraltısuyu izlemelerine devam edilmeli, belirsizliklerin giderilmesi için izleme ağına yeni kuyular eklenmelidir.

Bu çalışma göstermektedir ki; idari sınırları dikkate alan bu ve diğer araştırmacılar tarafından tamamlanan çalışmaların dışında, Afşin-Elbistan Kömür Havzası'nın hidrolojik sınırlarını dikkate alan bir hidrojeolojik etüt çalışmasının ortaya konulması şarttır.

KAYNAKLAR

- [1] Schloemer, W. Hydrogeologische Voruntersuchung im Bereich des zukünftigen Braunkohlen-Tagebaues bei Elbistan. Hannover. **1972**
- [2] Özbek, T., Güçlüer, S. Maraş Elbistan Çöllolar-B linyit sektörü 1977 yılı faaliyet raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 6352, Ankara (Yayımlanmamış). **1977**
- [3] Bedi, Y., Yusufoglu, H., Beyazpirinç, M., Özkan, M.K., Usta, D., Yıldız, H. Doğu Toroslar'ın jeodinamik evrimi (Afşin-Elbistan-Göksu-Sarız dolayı). MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 11150, Ankara (Yayımlanmamış). **2009**
- [4] Besbelli, B., Karaca K., Gökmenoğlu O. Afşin-Elbistan kömür havzası HB ve HD sektörlerinin jeoloji, rezerv ve hidrojeoloji raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 11238, 235s., Ankara (Yayımlanmamış). **2009**
- [5] Uçar, K., Bayram, A., Erdoğan H. İ. Afşin-Elbistan Kışlaköy sektörü drenaj amaçlı sondaj çalışması hidrojeoloji raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 11335, 77s., Ankara (Yayımlanmamış). **2010**
- [6] Gökmenoğlu, O., Bayram, A., Zeyrek, C., vd. Afşin Elbistan Kömür Havzası Hidrojeolojik İncelemesi Projesi Kışlaköy Sektörü Batı Şevi Pompa Testi Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 39 s. **2012**
- [7] Gökmenoğlu, O., Aslan, M. Kahramanmaraş Afşin-Elbistan kömür havzası hidrojeoloji incelemesi projesi Hurman Çayı doğu bölgesi drenaj raporu. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi Arşiv No: 1346, 236s., Ankara (Yayımlanmamış). **2013**
- [8] Gökmenoğlu, O., Uyanık, M., Yıldız, H. Afşin-Elbistan Kömür Havzası E Sektörü Hidrojeoloji Etüt ve Kışlaköy Sektörü Sondajları Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 162 s. **2014**
- [9] Gül, Y., Görgülü, K., Tezcan, L., Durutürk, Y.S., Demirci, A., Şengün, B., Kalaycıoğlu, N.E. Afşin-Elbistan Kömür Havzası E-Sektörü Akifer Katmanlarının Hidrojeolojik Parametrelerinin Belirlenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi, Cumhuriyet Teknokent Teknoloji Transfer Ofisi, Sivas, 186 s. **2017**
- [10] Gül, Y., Görgülü, K., Durutürk, Y.S., Demirci, A., Şengün, B. Afşin-Elbistan Kömür Havzası Susuzlaştırma Planı (Yayımlanmamış). Cumhuriyet Üniversitesi, Cumhuriyet Teknokent Teknoloji Transfer Ofisi, Sivas, 163 s. **2018**

- [11] Özgöl, N., Turşucu, A., Özyardımcı, N., Şenol, M., Bingöl, İ., Uysal, Ş. Munzur Dağları'nın jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 6995 Ankara (Yayımlanmamış). **1981**
- [12] Yusufoglu, H., Bedi, Y., Usta, D., Özkan, M. K., Beyazpırcı, M., Yıldız, H. Afşin-Elbistan Neojen havzasının tektonik evrimi, Doğu Toroslar, Türkiye. 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2005, Ankara, 264-265. **2005**
- [13] Gül, Y., Görgülü, K. Yeraltı Suyu Dolaşımı, Hurman Çayı Debi Ölçümlerinin Değerlendirilmesi ve Su Örneklemelerine Dönük Çalışmalar. Cumhuriyet Üniversitesi, Cumhuriyet Teknokent Teknoloji Transfer Ofisi, Sivas. **2016**
- [14] Dansgaard, W. Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, 16: 436–468. **1964**
- [15] H. Craig, “Isotopic variations in meteoric waters,” *Science* (80-.), vol. 133, pp. 1702–1703, **1961**.
- [16] M. Werner, B. Haese, X. Xu, X. Zhang, M. Butzin, and G. Lohmann, “Glacial–interglacial changes in H₂¹⁸O, HDO and deuterium excess – results from the fully coupled ECHAM5/MPI-OM Earth system model,” *Geosci. Model Dev.*, vol. 9, no. 2, pp. 647–670, 2016.
- [17] Bear, J., Beljin, M. S., Ross, R. R. “Ground Water Issue”. **1992**
- [18] Diersch, H.-J. G. FEFLOW. Berlin. **2014**

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Ahmet Fuat YARGICI

Doğum Yeri: Ankara

Medeni Hali: Evli

E-posta: fuatyargici@gmail.com

Eğitim

- **Lise, 2003-2007:** Alanya Ayşe Melahat Erkin Anadolu Lisesi
- **Lisans, 2007-2012:** Hacettepe Üniversitesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil ve Düzeyi:

- **İngilizce:** İyi
- **İspanyolca:** Orta

İş Deneyimi

- **Fugro Sial Yer Bilimleri: 01.2018- Halen:** Su Kaynakları Bölüm Yöneticisi
- **Fugro Sial Yer Bilimleri: 11.2012-01.2018:** Hidrojeoloji Mühendisi
- **İşlem GIS (ESRI Türkiye): 09.2012-10.2012**

Deneyim Alanları

Hidrojeolojik Etüt Raporları, Yeraltısularının Kalite ve Miktar Değerlendirmesi Projeleri, Susuzlaştırma Projeleri, Su Temini Projeleri.

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ (HİDROJEOLojİ) MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 11/07/2018

Tez Başlığı / Konusu: Elbistan Kömür Havzası E Sektörü'nün Hidrojeolojik Modeli

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 90 sayfalık kısmına ilişkin 11/07/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ahmet Fuat YARGICI
Öğrenci No: N13124672
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı: Hidrojeoloji Mühendisliği
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

11/07/2018

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Dr. Levent TEZCAN
(Unvan, Ad Soyad, İmza)