





**ALTINOVA AKİFERİNDE (ANTALYA) YERALTISUYU  
KÖKENİNİN ÇEVRESEL İZLEYİCİ VE HİDROKİMYA  
TEKNİKLERİ İLE ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF THE ORIGIN OF GROUNDWATER  
IN ALTINOVA (ANTALYA) AQUIFER BY MEANS OF  
ENVIRONMENTAL TRACER AND HYDROCHEMISTRY  
TECHNIQUES**

**ÖZÜMCAN ALARA KAYA**

**PROF. DR NACİYE NUR ÖZYURT**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.



**ÖZÜMCAN ALARA KAYA'nın hazırladığı "Altınova Akiferinde (Antalya) Yeraltısuyu Kökeninin Çevresel İzleyici ve Hidrokimya Teknikleri ile Araştırılması" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.**

Prof. Dr. Celal Serdar BAYARI

Başkan

Prof. Dr. Naciye Nur ÖZYURT

Danışman

Doç. Dr. Zübeyde HATİPOĞLU BAĞCI

Üye

Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Didem YASİN

Üye

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

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## 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 yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28 / 05 / 2019

ÖZÜMCAN ALARA KAYA







## YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKKLARI 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.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .... ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

28... / 05 / 2019

(İmza)

ÖZÜMCAN ALARA KAYA



## ÖZET

### ALTINOVA AKİFERİNDE (ANTALYA) YERALTISUYU KÖKENİNİN ÇEVRESEL İZLEYİCİ VE HİDROKİMYA TEKNİKLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

ÖZÜMCAN ALARA KAYA

Yüksek Lisans, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Naciye Nur ÖZYURT

Mayıs 2019, 88 sayfa

Antalya Traverten Plato'su (ATP) dünyanın en büyük tatlı su travertenidir. Antalya şehrinin içme-kullanma suyu ve sulama suyunun da sağlandığı ATP'su çok sayıda farklı araştırmaya konu olmuştur. Bölge için önemli bir su kaynağı olan travertenin plato üzerine düşen yağışın yanısıra belli oranda komşu Mesozoyik kireçtaşlarından beslendiği öngörülmektedir.

Bu çalışmada, ATP'su içinde yeralan Altınova bölgesinde ağırlıklı olarak sulama suyu sağlamak için açılmış kuyularda kimyasal ve çevresel izleyici gözlemleri yapılarak traverten akiferinin beslenme bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kimyasal kompozisyon ve çevresel izleyiciler ile beslenimin kökeninin belirlenmesi yaygın bir yöntem olmakla birlikte yöntemin başarısı beslenime katkısı olan uç bileşenlerin çalışmaya dâhil edilmiş olmasına bağlıdır. Bu nedenle Mesozoyik kireçtaşlarından boşalan Kırkgöz ve traverten platosu içinden boşalan en yüksek debili kaynak olan Düdenbaşı Kaynaklarında da gözlemler yapılmıştır.

Seçilen noktalarda Mayıs ve Eylül 2016 dönemlerinde yeraltısuyu seviye gözlemi, fiziksel-kimyasal özelliklerin ölçümü ve örnekleme yapılmıştır. Yeraltısuyu örneklerinde majör iyon, iz element, duraylı izotop ve trityum analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular çalışmanın amacı doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bulguların değerlendirilmesi sonucunda çalışma kapsamındaki yeraltısuyu örnekleme noktaları 3 gruba ayrılmıştır. İnci Grup Mesozoyik kireçtaşlarını temsil eden kaynaklardan, 2inci Grup traverten akifer örneklerinden ve 3üncü Grup Pliyosen yaşlı granüler akifer örneklerinden oluşmaktadır.

Majör iyon ve iz element sonuçları ile farklı akiferleri temsil eden örnek grupları birbirinden ayrılmıştır.  $Mg^{+2}$  derişimleri kullanılarak traverten akiferinde %50'ye varan oranlarda kireçtaşlarında yan al beslenim olduğu belirlenebilmiştir.

Beslenimin kökeni konusunda en kesin ve sayısal olarak ifade edilebilen sonuçlar duraylı izotoplar ile belirlenmiştir.  $^{18}O$  içerikleri ile yapılan değerlendirmeler sonucunda traverten akiferinde %45'e varan farklı oranlarda kireçtaşı akiferinden yan al katkı belirlenmiştir. Bu katkı oranı plato üzerine düşen yağış miktarı azaldığından kurak aylarda daha yüksek olmaktadır.

Çalışma alanı için belirlenen bu katkı oranlarının ATP'su için genellenmesinin mümkün olup olmadığının belirlenmesi için yapılan hidrolojik bütçe hesaplamasına göre traverten akiferin besleniminin yıllık ortalama  $211 Mm^3$  'ü yağıştan,  $176 Mm^3$  'ü ise yan al beslenim ile karşılandığı belirlenmiştir. Bu katkı oranları duraylı izotop ve  $Mg^{+2}$  derişimleri ile yapılan hesaplamaları desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeraltısuyu beslenimi, Antalya Traverten Platosu, duraylı izotoplar, trityum.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF THE ORIGIN OF GROUNDWATER IN ALTINOVA (ANTALYA) AQUIFER WITH ENVIRONMENTAL TRACER AND HYDROCHEMISTRY TECHNIQUES**

**ÖZÜMCAN ALARA KAYA**

**Master of Science, Geological (Hydrogeological) Engineering Department**

**Supervisor: Prof. Dr. Naciye Nur ÖZYURT**

**May 2019, 88 pages**

Antalya Travertine Plateu (ATP) is the largest fresh water travertine deposits of the World. Travertine is the main potable and irrigation water source for Antalya City. Travertine, the major water resource of the region, has been assumed to be recharged by precipitation over the plateau and lateral flow through neighboring limestones.

The main objective of this study is to investigate recharge components of travertine aquifer based on groundwater sampling for chemical and environmental isotope analysis from irrigation wells. However, investigation of origin of recharge based on chemical composition and environmental isotopes is a common approach; the success of the approach depends on the detailed characterization of each recharge components (end-

member). Because of this, Kırkgöz discharged from Mesozoic limestones and Düdenbaşı which is the highest flow source discharged from the traverten plateau were included to the study for sampling.

Groundwater levels were observed, physical-chemical parameters were measured, and groundwater samples were collected at selected points at May and September 2016. Outputs of all observations were evaluated according to objectives of the study. After evaluation of outputs groundwater sampling points separated into three group. First group consists of Mesozoic limestone springs, travertine aquifers samples gathered in 2nd group and 3rd group contains Pliocene aged granular aquifer samples.

Samples of variable aquifers differentiated by major ion and trace element contents. Lateral recharge contribution from limestones up to 50 % to the travertine aquifer defined by  $Mg^{+2}$  concentrations.

Robust and numerical outputs on the origin of groundwater were identified by the stable isotope observations. Lateral recharge contribution from limestones to the travertine aquifer defined as 45 % by  $^{18}O$  contents. This contribution increases during the dry season that the precipitation over the plateau ceased.

Validity of those finding on the contribution from variable origins tested by simplified hydrologic budget of all ATP. Based on the hydrologic budget calculations recharge obtained from precipitation and lateral recharge are  $211 \text{ Mm}^3$  and  $176 \text{ Mm}^3$ , respectively. Those contribution ratios are comparable with calculations based on stable isotopes and  $Mg^{+2}$ .

**Keywords:** Groundwater recharge, Antalya Travertine Plateau, stable isotopes, tritium.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösterici olan tezin her aşamasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli tez danışmanım Prof. Dr. N. Nur ÖZYURT'a (HÜ) çok teşekkür ederim.

Prof. Dr. C. Serdar BAYARI'ya (HÜ) katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Dr. Pınar AVCI'ya (HÜ) çok teşekkür ederim.

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi (Proje no: FHD-2015-8936) ve TÜBİTAK (Proje no: 114Y696) tarafından sağlanan destekler ile gerçekleştirilmiştir. Sağladıkları destekler için HU BAP birimi yetkililerine ve TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Sayın Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU'na (Akdeniz Ü) ve Çevre Yüksek Mühendisi Ahmet ÇİL'e teşekkür ederim.

Arazi ve ofis çalışmalarında yardımcı olan Dr. Gizem ERKAN'a (HÜ), Harita Kadastro Teknikeri Bülent TOPUZ'a (HÜ), Hidrojeoloji Yüksek Mühendisi Ayşenur Amil'e teşekkür ederim.

Majör iyon, iz element ve trityum analizlerini gerçekleştiren Prof. Dr. N. Nur ÖZYURT'a (HÜ), Kimya Müh. Füsun MUSLU'ya (HÜ) ve Kimyager Esin ORHAN'a (HÜ) teşekkür ederim.

Son olarak; her zaman kalbimde olan bana yol gösteren annem Belkıs KAYA'ya ve desteğiyle, sonsuz güveniyle bana güç veren babam Sami KAYA'ya teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç.....	1
1.2. Kapsam.....	2
1.3. Önceki Çalışmalar.....	3
1.3.1. Çalışma Alanı İle İlgili Çalışmalar .....	3
1.3.2. Yöntem İle İlgili Çalışmalar .....	5
2. ÇALIŞMA ALANI .....	8
2.1. Coğrafi Konum .....	8
2.2. Hidroloji .....	9
2.3. Jeoloji ve Hidrojeoloji .....	11
2.3.1. Bölgesel Jeoloji.....	11
2.3.2. Antalya Travertenleri .....	16
2.3.3. Kaynaklar .....	18
2.3.4. Altınova Bölgesinin Jeolojisi ve Hidrojeolojisi .....	22
3. YÖNTEM .....	25
4. BULGULAR .....	30
4.1. Yeraltısuyu Kotu Gözlemleri.....	30
4.2. Yerinde Yapılan Gözlemler .....	34
4.3. Majör İyonlar .....	40
4.4. İz Elementler .....	50



4.5. Çevresel İzleyici Gözlemleri.....	57
4.5.1. Oksijen-18 ve Döteryum.....	58
4.5.2. Tritiyum .....	64
4.5.3. Çevresel İzleyicilerin Geçmiş Gözlemler İle Karşılaştırılması.....	66
4.6. ATP'nun Hidrolojik Bütçesi .....	71
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	73
6. KAYNAKLAR.....	76
EKLER .....	79
EK 1 – İz Element Analiz Sonuçları .....	79
EK 2 – Tezden Türetilmiş Yayınlar .....	85
EK 3 – Tezden Türetilmiş Bildiriler.....	86
EK 4 - Tez Çalışması Orjinallik Raporu .....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	88

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çalışma alanı yerbulduru haritası. ....	9
Şekil 2.2. Antalya meteoroloji istasyonunda uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış gözlemleri. ....	10
Şekil 2.3. 1970-2015 yılları için yıllık toplam yağış ve eklenik sapma grafiği. ....	10
Şekil 2.4. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası. ....	14
Şekil 2.5. Çalışma alanının genelleştirilmiş jeolojik kesiti (Amil, 2018'den değiştirilerek alınmıştır). .....	15
Şekil 3.1. Örneklem noktaları ve hidrojeolojisi haritası. ....	26
Şekil 3.2. Arazide yeraltısuyu kotu ölçümleri. ....	28
Şekil 3.3. Yerinde ölçüm çalışması. ....	28
Şekil 4.1. Gözlem noktalarında YAS kotlarının zaman içinde değişimi. ....	32
Şekil 4.2. Altınova akiferi YAS kotu haritası (Kasım-2015). ....	33
Şekil 4.3. Yağışlı ve kurak dönemde yeraltısuyu sıcaklığının değişimi. ....	36
Şekil 4.4. Yağışlı ve kurak dönemde yeraltısuyu ÖEİ değerlerinin değişimi. ....	38
Şekil 4.5. Yağışlı ve kurak dönemde yeraltısuyu ÇO değerlerinin değişimi. ....	40
Şekil 4.6. Mayıs ayı Scholler diyagramı. ....	42
Şekil 4.7. Eylül ayı Scholler diyagramı. ....	42
Şekil 4.8. 2016 yılı Mayıs ayı örneklerine ait Piper Diyagramı. ....	45
Şekil 4.9. 2016 yılı Eylül ayı örneklerine ait Piper Diyagramı. ....	45
Şekil 4.10. Yağışlı ve kurak dönemlerde $SO_4^{2-}$ derişimlerinin değişimi. ....	47
Şekil 4.11. Yağışlı ve kurak dönemlerde $Mg^{+2}$ derişimlerinin değişimi ve kireçtaşlarından yanal beslenme katkı oranları. ....	48
Şekil 4.12. Yağışlı ve kurak dönemlerde $Mg^{+2}$ derişimlerinin alansal değişimi. ....	49
Şekil 4.13. Yağışlı ve kurak dönemlerde Sr, Ba ve Rb derişimlerinin değişimi. ....	52
Şekil 4.14. Yağışlı ve kurak dönemlerde Li ve B derişimlerinin değişimi. ....	54
Şekil 4.15. Çalışma alanında Li derişimlerinin alansal değişimi. ....	55
Şekil 4.16. Çalışma alanında B derişimlerinin alansal değişimi. ....	56
Şekil 4.17. Altınova $\delta^{18}O$ - $\delta^2H$ Mayıs-Eylül ayı grafiği. ....	59
Şekil 4.18. Traverten akiferinde $^{18}O$ içeriklerine göre yağıştan ve kireçtaşlarından beslenime katkı oranlarının yağışlı ve kurak dönemlerdeki değişimi. ....	62
Şekil 4.19. Çalışma alanında $^{18}O$ içeriklerinin yağışlı ve kurak dönemlerde alansal değişimi. ....	63
Şekil 4.20. $^3H$ içeriklerinin Mayıs ve Eylül dönemlerinde değişimi. ....	65
Şekil 4.21. Çalışma alanına ait $^3H$ ve $^{18}O$ analiz sonuçlarının karşılaştırılması. ....	66
Şekil 4.22. 1995 ve 2016 yılı duraylı izotop gözlemlerinin karşılaştırılması. ....	68
Şekil 4.23. 1995 ve 2016 yılı $^{18}O$ ve $^3H$ gözlemlerinin karşılaştırılması. ....	70
Şekil 5.1. Bulguların özetlendiği kavramsal hidrojeolojik model. ....	75

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. ATP'su kaynakları ve debileri (Debiler m <sup>3</sup> /s olarak sunulmuştur).....	18
Çizelge 3.2. Ölçüm yapılan su noktalarının koordinatları (UTM 36 zon).....	27
Çizelge 4.3. Ölçüm yapılan su noktalarının koordinatları (UTM 36 zon).....	31
Çizelge 4. 2. 2016 yılı Mayıs ve Eylül ayına ait yerinde ölçülen parametreler. ....	34
Çizelge 4.3. 2016 yılı Mayıs ayına ait majör iyon derişimleri.....	43
Çizelge 4.4. 2016 yılı Eylül ayına ait majör iyon derişimleri. ....	44
Çizelge 4.5. İz Element (Li, B, Sr, Ba ve Rb) derişimleri (derişimler ppb olarak sunulmuştur).....	50
Çizelge 4.6. Mayıs-Eylül dönemi <sup>2</sup> H, <sup>18</sup> O ve <sup>3</sup> H analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.7. Traverten akiferinde <sup>18</sup> O içeriklerine göre yağıştan ve kireçtaşlarından beslenime katkı oranları. ....	61
Çizelge 4.8. 1995 yılında ATP'su ve çevresindeki kaynaklarda çevresel izleyici gözlemleri (Atilla 1996'dan alınmıştır).....	67

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

mek/l	miliekivelan/litre
mg/l	miligram/litre
$\mu\text{g/l}$	mikrogram/litre
Mm <sup>3</sup>	Milyon metreküp

### Kısaltmalar

ATP	Antalya Traverten Platosu
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇO	Çözünmüş Oksijen
DSİ	Devlet Su İşleri
GIS	Geographic Information System
HES	Hidroelektrik Santrali
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik ve Arama
OMGİ	Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu
ÖEİ	Özgül Elektriksel İletkenlik
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Amaç

Günümüzde hızla artan dünya nüfusu ile birlikte içme-kullanma ve sulama suyu ihtiyacı çoğalmaktadır. Dünyada tatlı su, yüzey ve yeraltılarından sağlanmaktadır. Tatlı suyun önemli bir bölümü sulama için kullanılmaktadır. Yeraltısu kaynakları özellikle yüzey su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde kritik öneme sahiptir. Ülkemiz gibi yarı kurak iklim koşullarının etkili olduğu ve yağış olaylarının sadece yılın belirli dönemlerinde gerçekleştiği ülkelerde tatlı suyun, yüzey suyu kaynaklarından karşılanması oldukça güçtür. Bu nedenle dünya genelinde tatlı su ihtiyacının önemli bir bölümü yeraltılarından karşılanmaktadır. Kirlilik tehdidine karşı korunaklı olduğu düşünülen yeraltısu kaynaklarının beslenimi iklim değişimleri ile doğrudan ilişkili olduğundan bu önemli tatlı su kaynağının sürdürülebilirliği önemli bir tartışma konusu olarak gündeme gelmektedir. Bu denli önemli olan yeraltısu kullanımının doğru ve etkin bir şekilde kullanmak ve korumak için akiferlerin beslenme mekanizmalarının anlaşılması gerekmektedir.

Ülkemizin jeolojik yapısı sonucunda; alüvyonlar ile kaplı ovalar, iri taneli sedimanter çökeller ve özellikle karstlaşmanın geliştiği karbonatlı kayaçlar verimli akiferleri oluşturmaktadır. Ülkemizin yaklaşık 1/3'ünü kaplayan karbonatlı kayaçlar, yayılım gösterdikleri geniş alanlar ve yüksek debili boşalmaları ile tatlı su kaynağı olarak önemli bir yer tutmaktadır. Karst akiferleri hidrojeolojik özellikleri nedeni ile diğer kırıntılı malzemelerden oluşan (granüler) akiferlere oranla jeo-hidrojeolojik özellikler açısından çok daha heterojendir ve beslenme-boşalım süreçleri daha dinamiklidir. Dolayısıyla karst akiferlerinin karakterizasyonu için klasik araştırma yöntemleri dışında kimyasal ve izotopik izleyici çalışmaları yaygın olarak kullanılmaktadır. İzleyici olarak çevresel izleyiciler; duraylı izotoplar ve trityum sıklıkla tercih edilmektedir. Çevresel izleyiciler ile yeraltısu oluşumunu oluşturan suyun beslenme kotu/sıcaklığı dolayısıyla beslenme kökeninin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Yeraltısu kullanımının beslenme mekanizmasının ortaya konulması sonucunda yeraltısu kullanımının sürdürülebilir kullanımı için olası kirlilik ve aşırı çekim ile tükenme tehditlerinin önceden öngörülmesi mümkündür.

Bu çalışma, Antalya Traverten Platosu (ATP) içinde yer alan Altınova bölgesinde gerçekleştirilmiştir. ATP'su dünyanın en büyük tatlı su travertenidir. Traverten, Mesozoyik kireçtaşlarının doğal boşalımı olan kaynak sularından itibaren çökmüştür. ATP'su hidrojeolojik, morfolojik, travertenin jeolojik/mineralojik özellikleri, jeoteknik yapısı ve yaşlandırmasını içeren çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Antalya şehri jeolojik olarak ATP üzerinde kuruludur. Kentleşmenin yanı sıra uygun iklim koşulları ve sulama suyu olanakları nedeni ile plato aynı zamanda yeraltısuyu kirliliği tehdidine de oldukça açıktır. Traverten akiferi içme-kullanma ve sulama suyu sağlanması için uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak, ATP'nda yürütülen hidrojeolojik çalışmalar genellikle plato içi ve çevresindeki karst kaynaklarında yapılan gözlemlere dayanmaktadır. Bunun temel nedeni plato içerisinde yeraltısuyu gözlem imkanının sınırlı olmasıdır. Sınırlı gözlem olanağına karşılık traverten akiferinin beslenme süreçleri uzun süredir tartışmalıdır. Traverten akiferinin plato üzerine düşen yağışın yanısıra yanal dokanaklı olduğu karstik kireçtaşlarından beslendiği öngörülmektedir. Plato üzerinde yoğun olarak tarım yapılan ve traverten akiferinden sulama suyu sağlanan Altınova bölgesi, traverten akiferinde doğrudan gözlem yapılarak beslenimin kökeninin araştırılmasına uygunluğu nedeni ile bu çalışmaya konu olmuştur.

## **1.2. Kapsam**

Altınova bölgesinde yapılan gözlemler ile ATP'nu oluşturan traverten akiferinde beslenimin kökeninin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmanın kapsamı aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Altınova bölgesi, plato içinde sulama suyunun traverten akiferinden sağlandığı tek bölgedir. Ağırlıklı olarak örtü altı tarım yapılan bölgede çok sayıda yeraltısuyu üretim kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan çalışma alanına olabildiğince homojen olarak dağılacak şekilde seçilen 24 tane şahıs kuyusunda yağışlı (Mayıs 2016) ve kurak (Eylül 2016) dönemlerde yerinde su seviyesi ve fiziksel-kimyasal parametre gözlemleri ve örnekleme yapılmıştır. Gözlem çalışmalarına karstik kireçtaşının boşalımlarından Kırkgöz ve Düdenbaşı Kaynakları olası beslenme bileşeni olarak dâhil edilmiştir. Düdenbaşı kaynağı yakınında DSİ tarafından işletilen 457868 No.lu kuyu ise çalışma kapsamında örneklenen bir diğer noktadır. Arazi çalışması kapsamında yerinde ölçülen

fiziksel ve kimyasal parametreler, kimyasal ve çevresel izleyici analiz sonuçları çalışmanın amacı doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Tez, çalışma alanının jeolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerini içerecek şekilde tanıtılması ile başlayıp yapılan gözlemlerde izlenen yöntem ve bulguların sunulması ile devam edecektir. Sonuç olarak traverten akiferinin beslenimi ile ilgili değerlendirmeler sunulacaktır.

### **1.3. Önceki Çalışmalar**

ATP oluşumu, jeolojik yapısı, hidrojeolojisi ve yeraltısularının kirliliğe karşı korunması gibi farklı konularda birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu araştırmalardan bir bölümünün kısa tanıtımları ve yeraltısuyu besleniminin kökeninin belirlenmesi ile ilgili önceki çalışmalar aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

#### **1.3.1. Çalışma Alanı İle İlgili Çalışmalar**

Coşkun (1972), travertenlerin oluşum süreçlerini ve Kırkgöz Kaynaklarının düdenler ile ilişkisini araştırmıştır. Traverten içindeki çözünme boşluklarının belirlenmesinde ise jeofizik yöntemler kullanılmıştır.

DSİ, Kırkgözler Raporu'nda (1985) ATP ve Kırkgöz Kaynaklarının; jeolojik, hidrojeolojik özelliklerinin yanı sıra hidrolojik, jeofizik ve su kimyası verilerine de yer verilmiştir. Karstik Mesozoyik kireçtaşı ve traverten akifer olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada Kırkgöz Kaynakları akiferinden 10 m<sup>3</sup>/s suyun içe akışla travertene geçmekte olduğu öne sürülerek, ATP'nda açılmış işletme kuyularından içme-kullanma ve sulama suyu elde edildiği belirtilmiştir. Bu bilgilere ek olarak, alanda kanalizasyon şebekesinin yetersizliğinin önemli bir kirlilik tehdidi olduğu vurgulanmıştır.

Denizman (1989), "Kırkgöz Kaynakları ve Antalya Traverten Platosunun Hidrojeolojik Etüdü" başlıklı tez çalışmasında Kırkgöz Kaynakları boşalımı ile traverten platosundaki yeraltısuyu boşalımının büyük bir kısmını karşılayan beslenimin yalnızca olası beslenim alanından değil, komşu havzalardan da gerçekleştiği sonucuna varmıştır.

Özüş (1992), tarafından ATP'nun jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik ve hidrokimyasal özellikleri incelenmiştir.  $\text{CaHCO}_3^-$ ca zengin suların karasal ve çok sığ bataklık ortamlarında çökmesi sonucu oluşan ve yaklaşık 630 km<sup>2</sup> yayılıma sahip olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Antalya traverteni üst ve alt plato olarak ikiye ayrılmıştır. Çalışmada üst platonun akifer özelliği taşımayıp alt platoya su ileten özellikte olup ortalama kalınlığının 250 m olduğu, işletme sahalarının bulunduğu ve serbest akifer özelliğinde olan alt platonun ise, yaklaşık 150 m kalınlığında olduğu belirtilmiştir. Su kimyası analizlerinde Kırkgöz Kaynakları ile travertende bulunan kaynak ve yeraltısularında kalsiyum iyonları açısından farkın, Kırkgöz Kaynaklarının traverten içerisinde  $\text{CaCO}_3$  çözmeyip, çökelttiğini vurgulamıştır.

Atilla (1996), çalışmalarında ATP'nda bulunan sondaj kuyuları ve kaynakların kurak ve yağışlı dönemde hidrojeokimyasal özellikler ile çevresel izleyicilerin (duraylı izotoplar ve trityum) içeriğindeki değişimi incelenmiştir. Çevresel izotop gözlemleri Kırkgöz Kaynak grubu, Düden ve Varsak su noktalarının en yüksek beslenme kotuna sahip olduğunu, Kemerağzı kaynağının ise daha düşük kotlardan beslendiği ortaya koymuştur.

Başal (1999), tarafından yapılan çalışmada ise ATP'nda traverten akiferi üzerinde bulunan toprak zonunun, yeraltısuyu kirliliği açısından önemi incelenmiştir. Toprak örneklerinde; organik madde içerikleri, tane boyu, X ışınları yöntemiyle toprakların doğal arındırma kapasitelerini oluşturan süreçler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ATP'nda yeraltısuyu kirliliğinin beklenen düzeyin altında olmasının nedeni olarak vadoz zonu oluşturan toprağın kirleticilere karşı arındırma kapasitesine sahip olması gösterilmiştir.

Koşun vd. (2005) ve Koşun et al. (2019) çalışmalarında ATP'nda bataklık, göl ve şelale-baraj ortamlarında çökelmiş farklı litofasiyeler tanımlanmıştır. Tanımlanan litofasiyeler çökelim süresince değişen ortam koşullarının (akarsu, bataklık, göl vb) göstergesi olmaları açısından önem taşımaktadır. Çalışmada ATP'nun 3. kademesinin oluşumunda buzul dönemlerinin etkili olduğu belirtilmiştir.



Batı Antalya bölgesi hidrojeolojik etüt raporunda (DSİ, 2006), bölgenin jeolojik, hidrojeolojik özelliklerinin yanısıra su kimyasını belirlemeye yönelik çalışmalar da yapılmıştır. Sonuç olarak Duraliler, Boğaçay, Gürkavak, Doyran, Tekerpınar ve Yemişpınarı-Kargılıçeşme kaynaklarının koruma alanları belirlenmiş ve bu alanlar için alınması gereken önlemler tanımlanmıştır.

Sönmez vd. (2007), yaptıkları çalışmada Altınova bölgesi için CBS tabanlı sürdürülebilir arazi yönetimi ve toprak koruma planı oluşturmuşlardır.

Özyurt (2008), Kırkgöz karst kaynaklarında trityum ( $^3\text{H}$ ), kloroflorokarbon (CFC) ve tritiyojenik helyum ( $^3\text{He}$ ) çevresel izleyicilerini kullanarak karst akiferi için yeraltısuyu geçiş süresini 120 yıl olarak belirlemiştir.

Akçal (2011), çalışmasında Antalya travertenlerinin mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemiştir. Travertenleri masif, bitki dokulu ve gözenekli olmak üzere gruplandırmıştır.

Amil (2018) ve Çil (2017), yoğun tarımsal faaliyetin gerçekleştiği Antalya-Altınova bölgesinde DRASTIC, SINTACS, COP, EPIK ve PI yöntemlerini kullanılarak yeraltısuyu duyarlılık haritalarını oluşturmuşlardır. Çalışma alanında yapılan yeraltısuyu duyarlılık değerlendirmesinde traverten akiferin yüksek duyarlılık sınıfında olduğu belirlenmiştir. Yeraltısuyu kirlilik risk analizinde ise kanalizasyon sistemi olmayan alanların yüksek kirlilik riski taşıdığı belirlenmiştir.

### **1.3.2. Yöntem İle İlgili Çalışmalar**

Yeraltısuyu sistemlerinin beslenme mekanizmalarının belirlenmesi hidrojeoloji disipliniinde her zaman geçerli bir araştırma konusudur. Hidrolojik bütçe yaklaşımı ile başlayan beslenme çalışmaları zaman içinde izleyicilerin kullanımı ve sayısal modelleme uygulamalarını da kapsayacak şekilde çeşitlenmiştir. Çevresel izleyicilerin bu amaçla kullanımı ulaşılan başarılı sonuçlar ile her geçen gün yaygınlaşmaktadır (Cartwrighta et al, 2017). Bu çalışmanın amacı doğrultusunda beslenimin kökenin belirlenmesi için

yeraltısuyunun kimyasal ve izotopik kompozisyonu kullanıldığından az sayıda benzer araştırmaya bu bölümde değinilmiştir.

Kepegli et al.(2015), Batı Afrika-Kandi Havzasında yüzeysuları ile birlikte farklı derinlik ve yaştaki akiferleri temsil edecek yeraltısuyu örneklerinin kimyasal ve duraylı izotop içeriklerini incelemiştir. Kimyasal analiz sonuçları ile havzadaki yeraltısularının kimyasal fasiyesleri belirlenmiştir. Duraylı izotop içeriklerine göre yeraltısularının genellikle güncel yağıştan beslendiği ancak yer yer yüzeysularının yeraltısuyunu beslediğini ortaya koymuştur.

Tamez-Melendez et al. (2016), Baja California yarımadasında bulunan La Paz bölgesinde evsel, sulama ve endüstriyel kullanım amacıyla La Paz akiferinden yeraltısuyu sağlanmaktadır. Bir kıyı akiferi olan La Paz akiferindeki yeraltısuyu dolaşımı ve kökenini açıklamak için su kimyası, çevresel izotoplar ve gaz izleyiciler kullanılmıştır. Yeraltısularının kimyasal kompozisyonlarına göre kıyı şeridinde yakın sular NaCl, diğer örnekler ise  $\text{CaHCO}_3^-$  ve  $\text{NaHCO}_3$  fasiyesindedir. Yüksek  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{Cl}^-$  derişimleri ise sulama yapılan kuyularda gözlenmiştir. Duraylı izotop içeriklerine göre, yeraltısuyunun kökeninin güncel yağışlar olduğu ancak geniş alanlarda yeraltısuyundan buharlaşma gerçekleştiği sonucuna varmışlardır.

Ayadi et al. (2017), Tunus'un güneydoğusunda yarı-kurak iklime sahip Staf bölgesindeki yeraltısuyunun beslenme alanlarını tanımlamak için kimya, duraylı izotop ve radyojenik izotoplar ( $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre hidrokimyasal olarak Ca-Na-SO<sub>4</sub>, Ca-Na-Cl-SO<sub>4</sub> olmak üzere iki ana yeraltısuyu tipi belirlemişlerdir. Duraylı izotop içeriklerine göre alınan örneklerin büyük kısmı küresel meteorik su doğrusunun altında kalırken, diğer örnekler ise yerel ve küresel meteorik su doğrusu arasında saçılım göstermektedir. Bu verilere göre örnekler 3 gruba ayrılmıştır:1.grup. Buharlaşmamış suyun hızlı bir şekilde süzülmesiyle, 2.grup yüzeyde ve/veya doymun olmayan zonda buharlaşmaya uğrayarak ağır izotop içeriğince zenginleşen ve 3.grup duraylı izotop içeriğince daha negatif olan eski su ve günümüz su içeriklerinin karışması sonucu oluşan sular olarak tanımlamışlardır. Tritiyum verilerine göre akiferdeki yeraltısuyu kökenine

göre ikiye ayrılmıştır; günümüz yeraltısuyu ( $^3\text{H}>1\text{TU}$ ), görece yaşlı yeraltısuyu ( $^3\text{H}<1\text{TU}$ ).  $^{14}\text{C}$  verilerine göre akiferdeki yeraltısuyu Pliyosen ve Holosen dönemleri boyunca akifere ulaşmıştır.

Sarker et al.(2018), Bangladeş'in güneybatı kısmında bulunan Ganj (Bengal Körfezini çevreleyen) bölgesindeki kıyı akiferinde deniz suyu girişimini, tuzluluğun kaynağını ve mekânsal değişimini hidrokimyasal, iyonik oranlar ve izotop verileri kullanarak değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda çalışma alanını temsil edici; nehir (yağışlı ve kurak mevsimi temsil edici), 3 farklı akifer türünden (üst sığ akifer (<100m), düşük sığ akifer (100m) ve derin akifer (200-300m) ve deniz suyundan örnekler alınmıştır. Üst sığ akiferde hakim fasiyes NaCl olup bu durumun kaynağı deniz suyu girişimi olmayıp evaporitik tuzların çözünmesi ile gerçekleştiği, derin akiferden alınan su örneğinin ise  $\text{NaHCO}_3$  tipinde olup bunun nedenini ise kanyon değişimi olduğu belirtilmiştir. İzotopik verilere göre örnekler yerel meteorik su doğrusu etrafında toplanmışlardır. Nehir ve sığ akifer örnekleri benzer izotopik kompozisyona sahip olup yağıştan beslenmektedir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI

### 2.1. Coğrafi Konum

Antalya, Türkiye'nin güneybatısında yer alan, güneyinde Akdeniz ve kuzeyinde denize paralel Toros Dağları ile çevrili bir ilimizdir. İl genelinin 3/4'ünü kaplayan Toros dağlarının topografik kotu 2500-3000 m'dir. Çoğunlukla kireçtaşıdan oluşmuş bu dağlarda yoğun karstlaşma görülmektedir. Karstlaşma sonucunda oluşan mağara, düden, dolin, uvala ve polye gibi tipik karst morfolojisi yapıları bölgede yaygın olarak gözlenmektedir. Antalya ilinde uygun iklim koşulları nedeni ile tarımsal üretim ülke ve bölge ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

ATP, ilin hemen hemen ortasında şehir merkezinin kurulu olduğu yaklaşık 630 km<sup>2</sup>'lik alana yayılmıştır. ATP; doğuda Aksu vadisi, batıda Boğaçay ve Beydağları, güneyde Akdeniz ve kuzeyde Toros Dağları ile çevrilidir. Mesozoyik kireçtaşlarından boşalan kaynaklardan sağlanan karbonata doymun yeraltısuyundan karbonatın çökelişi sonucunda oluşan ATP tektonizma ve iklim nedeni ile üç farklı basamak halinde oluşmuştur.

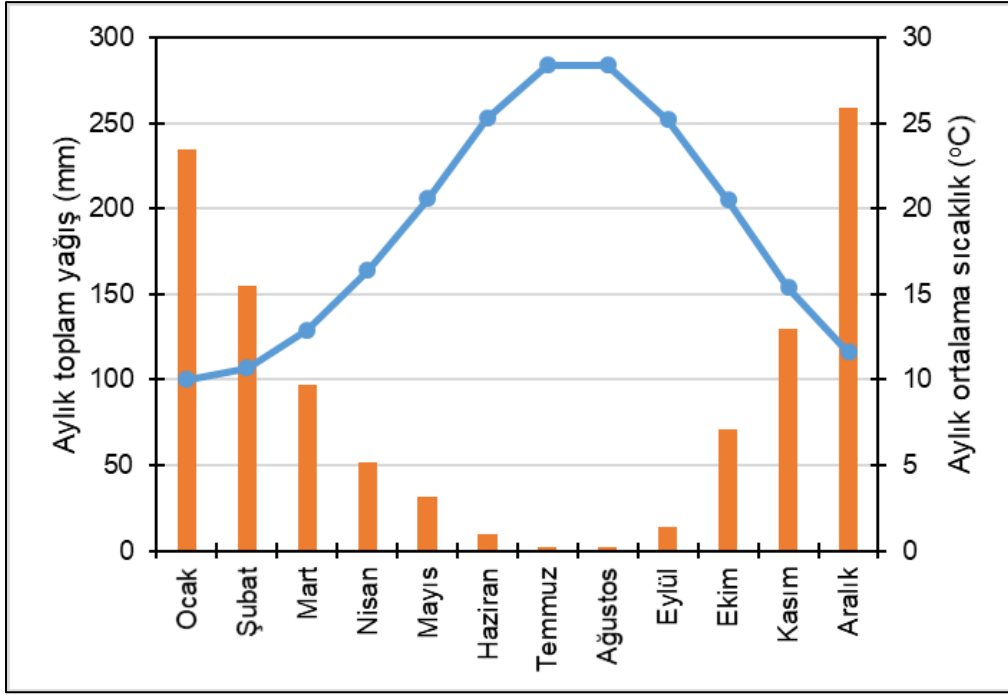
Altınova bölgesi, Antalya il merkezinin doğusunda UTM 36.zonda 299000-305000 ile 4088000-4100000 koordinatlarında 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritaların N25 ve O25 paftalarında yer almaktadır (Şekil 2.1). Çalışma alanı, ATP'nun ikinci basamağında batıda Düden Çayı ve doğuda traverten çökelişi sınırı ile sınırlanan alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı, 72.8 km<sup>2</sup> lik alanı kaplamaktadır ve topografik kot 42.8 m ile 154.2 m arasında değişmektedir Bu bölge, plato üzerinde yoğun olarak tarım yapılan ve traverten akiferinden sulama suyu sağlanan tek alan olduğundan çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Altınova bölgesinde son yıllarda değişen arazi kullanımı sonucunda yoğun örtü altı tarım yapılmaktadır.



Şekil 2.1. Çalışma alanı yerbulduru haritası.

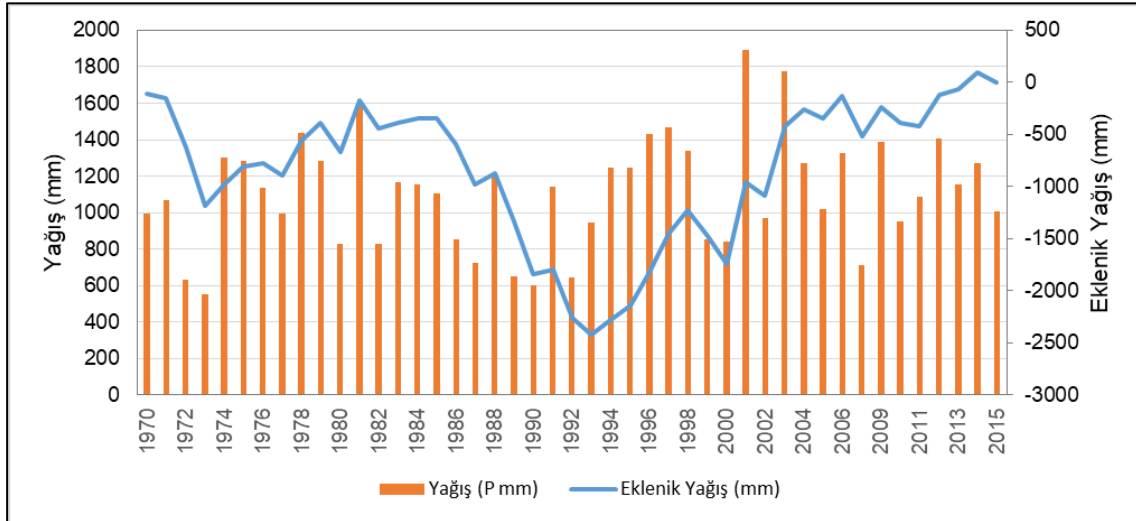
## 2.2. Hidroloji

Çalışma alanında tipik Akdeniz iklimi etkilidir. Akdeniz ikliminde yaz ayları sıcak ve nemli, kış ayları ise ılık ve bol yağışlıdır. Altınova bölgesinin yağış ve sıcaklık verileri MGM Antalya OMGI'nin 1970-2015 yıllarından elde edilmiştir. Bölgede; ortalama hava sıcaklığı 18.5 °C, yıllık ortalama yağış 1106.1 mm ve Turc yöntemine göre yıllık gerçek buharlaşma miktarı 771.2 mm'dir (Turc,1954). 1930-2018 dönemi aylık ortalama yağış ve sıcaklıkla gözlemlerine göre çalışma alanı ve çevresinde Haziran-Eylül dönemi kurak dönem olarak belirlenmektedir (<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ANTALYA>). En yağışlı aylar ise Aralık-Şubat dönemi olarak belirlenmiştir (Şekil 2.2). Kar yağışları beslenme alanının yüksek (>~1000 m) kesimlerinde etkilidir. MGM Antalya OMGI Altınova bölgesinin güney sınırında havaalanında kurulu olduğundan gözlemler çalışma alanı için temsil edicidir.



Şekil 2.2. Antalya meteoroloji istasyonunda uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış gözlemleri.

Altınova için ortalama yağış 1106.1 mm olup, her bir yıl için ortalamadan sapma (P-Port) ve eklenik sapma değerleri hesaplanmıştır. 1970-2015 yılları için yıllık toplam yağış histogramı ve eklenik sapma eğrisi Şekil 2.3 'de verilmiştir. Bu verilere göre bölgede 1980-2000 yılları arasında kurak bir dönem yaşandığı gözlenmektedir. Çalışma alanında yaşanan kurak ve yağışlı yıllar yeraltısuyu beslenimini belirlemesi açısından önemlidir.



Şekil 2.3. 1970-2015 yılları için yıllık toplam yağış ve eklenik sapma grafiği.

Altınova bölgesinde yüzeysel akış gösteren herhangi bir akarsu bulunmamaktadır. Ancak çalışma alanının güneybatı sınırında Düden Çayı ve doğu sınırında Aksu Çayı bulunmaktadır. Düden Çayı traverten platosunun 88-90 m kotlarından çıkmaktadır ve Lara yakınlarında 40 m kotundan şelale yaparak Akdeniz'e dökülmektedir. Düdençayı, Düdenbaşı kaynağının boşalımlarından oluşmaktadır ve çayın suyu sulamada kullanılmaktadır. Isparta'nın güneyindeki Akdağ'dan doğan 140 km uzunluğundaki Aksu Çayı, Değirmendere, Göksu, Tehneli Çayı ve Soğucaksu dereleri ile birleşip, Aksu ilçesinin doğusundan Akdeniz'e dökülür. Uzun yıllar ortalama debisi 40.9 m<sup>3</sup>/s olan akarsuda debi Temmuz-Ekim aylarında 2 m<sup>3</sup>/s'ye kadar düşmektedir. Traverten platosunun doğusundaki Aksu Çayının travertenin hidrolojik bütçesine bir etkisi bulunmamaktadır.

### **2.3. Jeoloji ve Hidrojeoloji**

#### **2.3.1. Bölgesel Jeoloji**

Çalışma alanının jeolojisi olası beslenme alanlarını kapsaması amacı ile geniş bir alan için özetlenmiştir. Çalışma alanı ve çevresini kapsayan jeoloji haritası Şekil 2.4'te ve çalışma alanı için çizilmiş genelleştirilmiş jeolojik kesit Şekil 2.5'te sunulmuştur. Jeoloji haritasının oluşturulmasında MTA tarafından hazırlanan (MTA,1997) 1:100000 ölçekli jeoloji haritalarının N25 ve O25 paftalarından yararlanılmıştır.

Çalışma alanını içine alan bölgede Prekambriyen'den Kuvaterner'e kadar geniş zaman aralığında oluşmuş jeolojik birimler bulunmaktadır. Bölge, Anadolu'nun yükselmesi ile sonuçlanan dalma-batma zonunda bulunmaktadır. Bu nedenle bölgede otokton (yerli), ve allokton (taşınmış) kayalar bir arada bulunmaktadır. Antalya bölgesinin batı ve kuzeybatısında Beydağları otoktonu, kuzeydoğusunda ise Anamas-Akseki otoktonu yer almaktadır (Erdoğan,1999). Beydağı Otoktonu genel olarak platform tipi karbonatlardan oluşmuştur. Allokton Antalya Napları ise okyanusal kabuk, havza, yamaç ve platform tipi kaya birimlerinden oluşmaktadır. İstifin devamında ise Miyosen yaşlı kilaşları, Pliyosen yaşlı konglomeralar ve Üst Pliyosen-Kuvaterner yaşlı travertenler gelmektedir (DSİ 2005).

Beydağları Otoktonu olarak adlandırılan neritik kireçtaşları, inceleme alanının kuzeyinde, güneybatıda Termessos Antik Kentinden başlayan Bucağın doğusuna kadar uzanan geniş bölgede yüzeilenmektedir. Jura-Kretase yaşlı Beydağları otoktonu, orta kalın katmanlı neritik kireçtaşlarından oluşmaktadır ve kalınlığının yer yer 1000 m olduğu belirlenmiştir. Beydağları otoktonunu oluşturan kireçtaşlarında Akdeniz tipi derin karstlaşma gelişmiştir.

Antalya Napları; Beydağları otoktonun kuzeydoğusu ve doğusuna Daniyen'de yerleşmiştir. Napları oluşturan jeolojik birimler Eosen sonunda ve Miyosen'de gelişmiş olan bindirmeler ile hareket etmiştir. Farklı ortamlarda oluşmuş birimlerin tektonik hareketlerle bir araya geldiği Antalya Napları; Çataltepe Napları, Alakırçay Napları ve Tahtalıdağ Napları olarak adlandırılmaktadır. Bu napların üzerinde ofiyolitik kayalardan oluşan geçirimsiz Tekirova Napı bulunmaktadır. Beydağları otoktonu, Çataltepe Napı ve Tahtalıdağ Naplarının özellikle karbonatlı birimleri verimli akifer oluşturmaktadır.

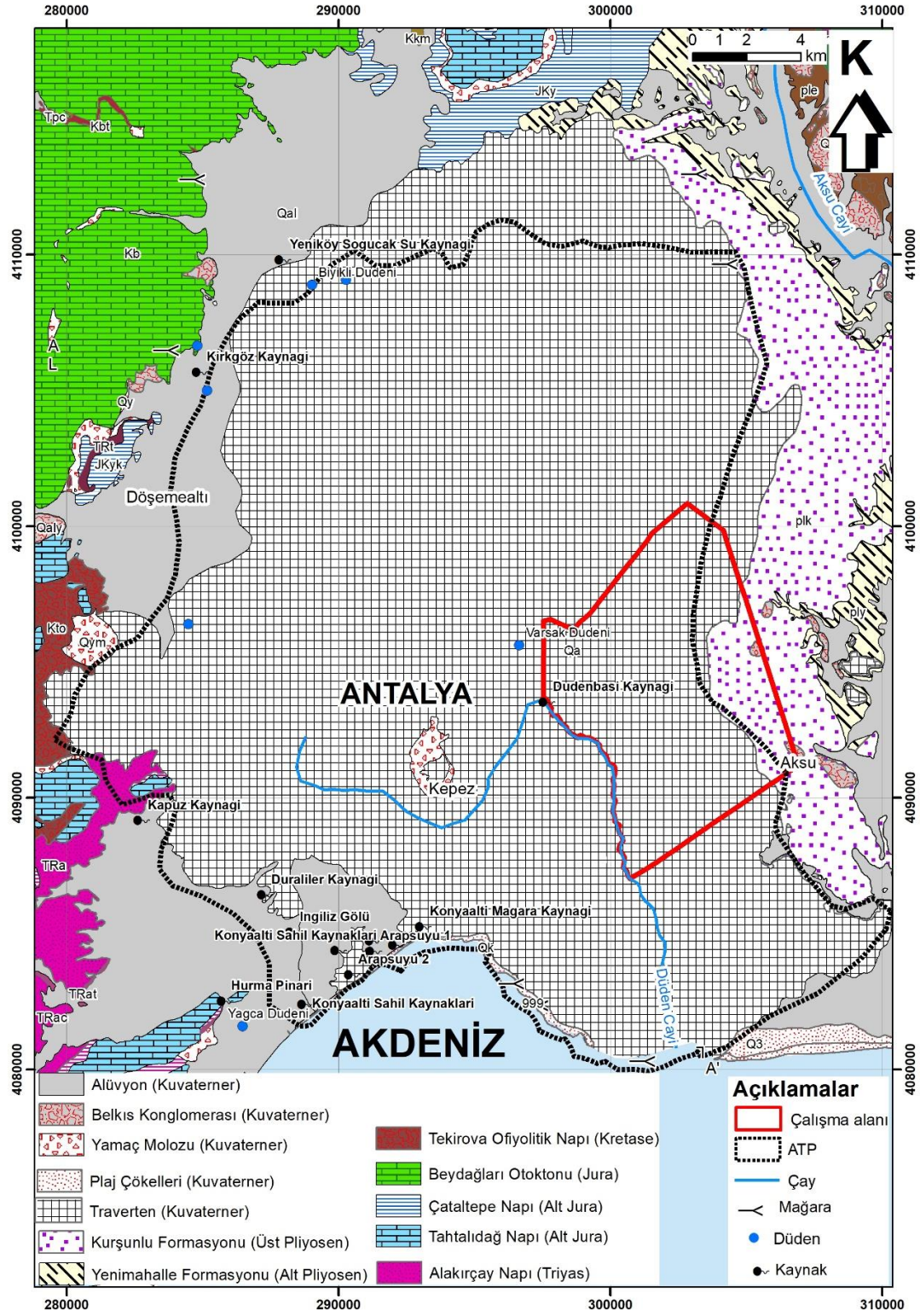
Antalya Napları üzerinde Pliyosen yaşlı Yenimahalle Formasyonu, Kurşunlu Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı traverten kayaçları yer almaktadır. Ayrıca alüvyonlar, yamaç molozu ve plaj oluşukları çalışma alanı ve çevresinde yüzeilen diğer örtü birimleridir.

Yenimahalle Formasyonu; kiltası, siltaşı ve kumtaşlarından oluşan formasyon traverten platosunun doğusunda yüzeilenir. Kalınlığı 150 metreyi geçen birimin paleontolojik bulgulara göre yaşlı Pliyosendir. Yenimahalle Formasyonu geçirimsiz kaya özelliğindedir.

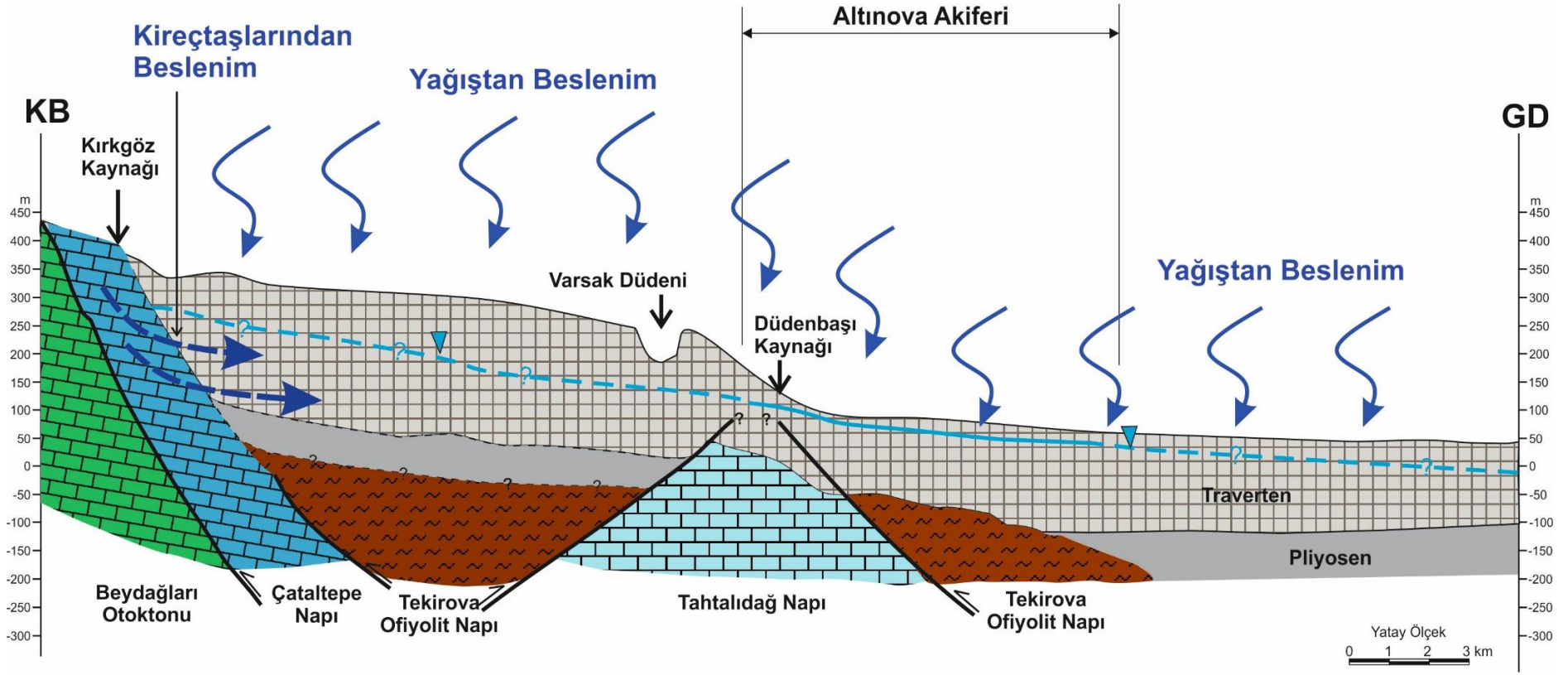
Kurşunlu Formasyonu; ince-orta katmanlı, çamurtaşı, kumtaşı ve konglomeralardan oluşur. Yer yer volkanik tuf ara katkılıdır. Alttan Yenimahalle Formasyonu ile uyumlu üste Antalya travertenleri tarafından uyumsuz olarak örtülür. Formasyonun MTA tarafından yapılan çalışmalarda kalınlığının 150 metreyi bulduğu ve Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır. Formasyon içerisindeki konglomera seviyeleri akifer kaya özelliği gösterir (DSİ, 2005).



Çalışma alanı ve çevresindeki topografyanın şekillenmesinde karstlaşmanın önemli bir rolü vardır. Karstlaşma, tektonizma sonucu oluşan kırık çatlak sistemlerini takip ederek gelişirken, akarsular karstlaşma taban seviyesini kontrol etmektedir. Antalya Naplarının karbonatlı birimlerinden oluşmuş 2000 m ve üstünde kota sahip Toros Dağlarında ve dağ arası ovalarda çok sayıda dolin, uvala, polye, mağara, düden ve karst kaynakları bulunmaktadır. Traverten ise bu sistemin en çarpıcı karstik çökeltim ürünüdür ve kalınlığı 200 metreyi bulmaktadır. Kahve renkli, yer yer ince-orta katmanlı, yersel masif veya kalın tabakalı, sık erime boşluklu, yer yer süngerimsi dokulu traverten Antalya Napları, Pliyosen yaşlı Yenimahalle Formasyonun ve Kurşunlu Formasyonun üzerine uyumsuz olarak çökelmiştir. Traverten ile ilgili ayrıntılar çalışma için önemi nedeni ile aşağıdaki bölümde sunulmuştur.



Şekil 2.4. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası.



Şekil 2.5. Çalışma alanının genelleştirilmiş jeolojik kesiti (Amil, 2018'den değiştirilerek alınmıştır).

### 2.3.2. Antalya Travertenleri

Çalışma alanında en geniş alanda yayılım gösteren birim travertendir. Traverten, Antalya şehir merkezinin 30 km kuzeyinde bulunan Kırkgöz Kaynak guruplarından çıkan bikarbonatça zengin yeraltısularının, az eğimli ve kısmen geçirimli tabanda üzerinde akışı sırasında çökelttiği karbonatlardan oluşmuştur. Kalsiyuma ( $Ca^{2+}$ ) doymuş yeraltısuyunun yüzeye çıktığı noktada  $CO_2$  basıncının azalmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde  $CaCO_3$  çökeltmesiyle traverten oluşturmaktadır.

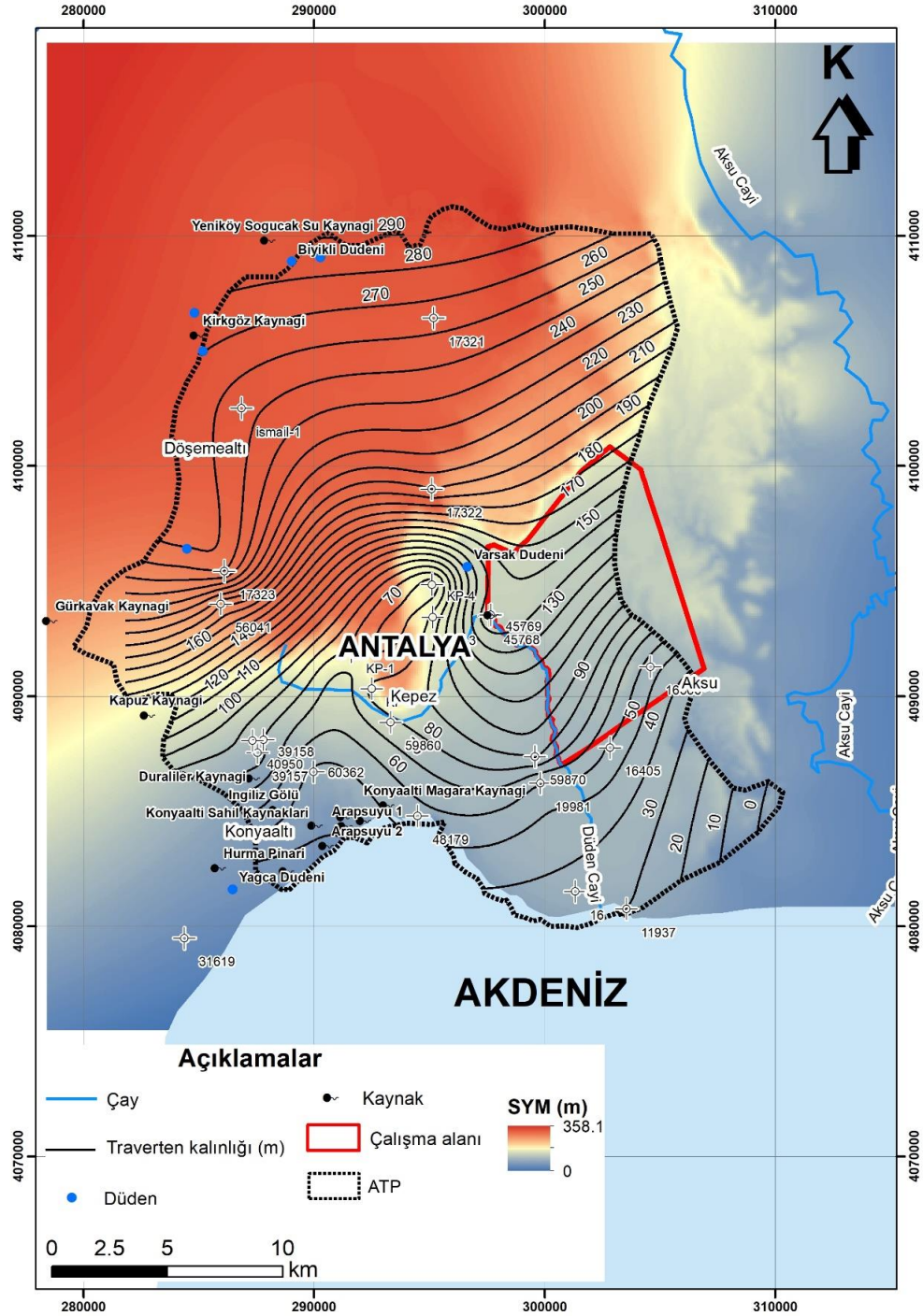
ATP olarak adlandırılan dünyanın en büyük traverten çökelişi, doğuda Aksu Çayından, batıda Beydağları, güneyde Akdeniz kıyı şeridi, kuzeyde Kırkgöz Kaynaklarına kadar yayılan 630 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmıştır. ATP'sunu oluşturan traverten hipojenik karstlaşma sonucu oluşmuş olan Kırkgöz Karst Sisteminin çökelişi ürünüdür (Bayarı et al. 2016). ATP'nun yayılımını, kalınlığını ve üzerindeki karstik yapıları gösteren harita Şekil 2.6'da sunulmuştur.

Travertenler bazı bölgelerde ince veya kalın tabakalı, bazı bölgelerde ise tabakasız olarak çökelişirler. Su kaynağının yavaş akımlı olduğu sığ sulara kalın tabakalı travertenler, akım hızı arttıkça tabakalanma göstermeyen ya da ince tabakalı travertenler oluşur (Akçal, 2011). Traverten çökelleri kaynak kotuna ulaştığında yeraltısuyu traverten içinde akarak yeni bir kaynak oluşturur.  $CaHCO_3$  genellikle çökeliş bölgesinde yer alan çakıl, bitki v.b cisimleri kabuklar halinde sararak kongresyonlar meydana getirir. ATP'ni oluşturan traverten genel olarak verimli akifer özelliğini taşımaktadır. Travertenin gözenekliliği, hidrolik iletkenlik katsayısı heterojen ve anizotropdur.

Karasal ve çok sığ bataklık ortamın ürünü olan ATP, günümüzde karada alt ve üst plato olarak adlandırılan iki basamakta gözlenmektedir. 250-300 m. kotları arasında yer alan Döşemealtı ovası "üst plato"; 50-150 m. kotları arasında yer alan Düden ovası ile Varsak ovası "alt plato" olarak tanımlanmaktadır. Travertenin üçüncü basamağı deniz altında devam etmektedir. Traverten kalınlığı, ATP'su içinde açılmış kuyuların loglarından itibaren oluşturulmuştur (Amil, 2018). Bu verilere göre travertenin kalınlığı kuzeyde 290 m'den Akdeniz kıyısına doğru incelmektedir. Traverten paleo-topografyanın üzerine



uyumsuz olarak çöklediğinden Düdenbaşı kaynağının batısında kalınlık 70 m'ye kadar düşmektedir. Traverten içinde ve traverten sınırında çok sayıda karstik kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklar ile ilgili ayrıntılar "Kaynaklar" bölümünde verilmiştir. Kaynakların yanısıra ATP'sü içinde çok sayıda düden ve mağara bulunmaktadır (Amil, 2018).



Şekil 2.6. ATP traverten kalınlığı ve karst yapıları haritası (Amil, 2018'den).

### 2.3.3. Kaynaklar

Çalışma alanı çevresindeki kaynaklar, kaynağın boşaldığı akifer kayaca göre Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından boşalan kaynaklar ve travertenden boşalan kaynaklar olarak sınıflandırılmıştır. Bu kaynak gruplarının genel özellikleri aşağıdaki bölümde ATP hidrolojik bütçesi açısından toplu olarak değerlendirilmiştir. Kaynaklar ile ilgili bilgiler “DSİ Antalya Kırkgözler Projesi” (2005) raporundan alınmıştır. Kaynakların debileri Çizelge 2.1 ‘de ve kaynakların ATP içindeki konumları Şekil 2.6’da sunulmuştur.

Çizelge 2.1. ATP’su kaynakları ve debileri (Debiler m<sup>3</sup>/s olarak sunulmuştur).

Traverten Kaynakları	Debi	Mesozoyik Kaynakları	Kireçtaşı	Debi
Kapuz Kaynakları	2.275	Kırkgöz Kaynakları		15.5
Duraliler Kaynakları	1.940	Soğucaksu Kaynakları		0.376
İngilizgölü Kaynakları	0.2*10 <sup>-3</sup>	Gürkavak Kaynakları		0.290
Arapsuyu Kaynakları	0.924	Hurma Kaynakları		0.490
Mağara Kaynakları	0.350			
Sahil Kaynakları	5			
Düdenbaşı kaynağı	10			
Kemerağzı Kaynakları	1.461			
İncik Pınarı	0.205			
Kalabathlı Kaynağı	0.124			
Toplam Debi >>>>	22.279			16.656

#### 2.3.3.1. Mesozoyik Kireçtaşlarından Boşalan Kaynaklar

Kırkgöz Kaynakları, Gürkavak Kaynakları, Soğucaksu Kaynakları, Hurma Kaynakları Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından boşalırlar.

Kırkgöz Kaynakları, Beydağlarının güneydoğu eteğinden 1 km’lik bir zon boyunca ve 300 metre kotundan boşalmaktadır. Kaynaklar,

Mesozoyik yaşı kireçtaşları ile Antalya Napının geçirimsiz Ispartaçay Formasyonu dokanağından boşalmaktadır. Kırkgöz Kaynaklarının boşalımları; Pınarbaşı, Karagöz, İncirliğöz, Boynuzlugöz ve Kocain olarak adlandırılmaktadır.

Kırkgöz Kaynaklarının suyu Vakıf kanalına, Kepez HES kanalına ve Bıyıklı Düdenine akmaktadır. 3-4 km'lik kaynak boşalım zonunun önünde oluşan gölden Vakıf kanalına alınan su sulama döneminde Döşemealtı ve Çığlık sulamasında kullanıldıktan sonra artan su Kepez HES ana kanalına aktarılmaktadır. Kırkgöz Kaynaklarının debisi Kepez HES ana kanalı ve Vakıf Kanalı üzerindeki istasyonlardan ölçülmektedir. Kaynağın uzun yıllar ortalama boşalımı 15.5 m<sup>3</sup>/s'dir.

Kırkgöz Kaynaklarının devamı şeklindeki Soğucaksu Kaynakları, Kırkgöz Kaynaklarının önündeki gölün kuzeydoğusunda alüvyondan çıkmasına rağmen aslında kaynak Mesozoyik yaşı kireçtaşlarından boşalmaktadır. Kaynağın boşalım kotu 290 m ve ortalama debisi 376 l/s'dir. Kaynağın sulama döneminde suyu pompa istasyonu ile Aşağıova sulamasına verilmektedir. Sulama mevsimi dışında kaynak suları Bıyıklı düdenine aktarılmaktadır.

Gürkavak Kaynakları, Termessos Antik Kentinin güneydoğusunda Jura Kretase yaşı kireçtaşları ile geçirimsiz ofiyolitik birimlerin kantağından 255 metre kotunda bulunmaktadır. Kaynakta 1984-2000 yılları arasında yapılan düzenli akım gözlemlerine göre kaynağın ortalama boşalımı 290 l/s'dir. Kaynağın suyu cazibeli olarak Antalya kentine içme suyu için verilmektedir. Kaynağın kaptaj dışına akan suyu Boğaçay'a boşalmaktadır.

Hurma Kaynakları, Boğaçay alüvyonları ile Jura Kretase yaşı kireçtaşların dokanağından 30-32 m kotundan boşalmaktadır. Kaynaklar boşaldığı kireçtaşlarının kuzeyinde yer alan polyeden beslenmektedir. Antalya şehrinin su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan kaynağın ortalama debisi 490 l/s'dir.

### 2.3.3.2. Travertenden Boşalan Kaynaklar

ATP'ndan boşalan kaynaklar genellikle travertenin güneyinde, traverten alüvyon sınırından boşalmaktadır. ATP'ndan boşalan başlıca kaynaklar; Kapuz Kaynakları, Duraliler Kaynakları, Arapsuyu I ve Arapsuyu II Kaynakları, İngilizgölü Kaynakları, Mağara Kaynakları, Düdenbaşı Kaynakları, Kemerağzı Kaynakları, İncikpınarı, Kalabatlı Kaynakları, Traverten denizaltı kaynaklarıdır.

Kapuz Kaynakları, travertenin güneybatı sınırında geçirimsiz ofiyolitik kayalar ile dokanak boyunca 105 metre kotundan boşalmaktadır. Kapuz Kaynaklarının ortalama boşalımı 2.275 m<sup>3</sup>/s'dir. Kaynağın suyu sulama döneminde sulamada kullanılırken, sulama mevsimi dışında Boğaçay'a akmaktadır.

Duraliler Kaynakları, traverten platosunun güneybatısında traverten ile Boğaçay alüvyonlarının sınırında 20-22 metre kotundan boşalmaktadır. 1974-1993 yılları arasında kaynağın ortalama debisi 1.940 m<sup>3</sup>/s'dir. Gözlem süresi boyunca kaynağın en yüksek ve en düşük debileri sırası ile 3.986 m<sup>3</sup>/s (Nisan, 1993) ve 0.242 m<sup>3</sup>/s (Eylül, 1992) olarak ölçülmüştür. Kaynağın hemen kuzeyinde Duraliler Yeraltısuyu işletme sahasında 1990 yılında 15 adet kuyudan toplam 850 l/s su çekilmeye başlanmıştır. Duraliler yeraltısuyu işletmesi ile 2030 yılına kadar şehrin içme-kullanma suyunun sağlanması planlanmaktadır (<http://temelsu.net/antalya-kenti-icme-kullanma-ve-endustri-suyu-temini-kati-proje-yapimi/> TEMELSU, Antalya Kenti İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Projesi). Yeraltısuyu işletmesinden kaynakların boşalımları büyük oranda etkilenmiştir.

İngilizgölü Kaynakları, Duraliler Kaynaklarının 2 km güneybatısından traverten alüvyon dokunağından yaklaşık 15 metre kotundan çıkmaktadır. 1977 ile 1995 yılı arasında yapılan rasatlarda kaynağın ortalama boşalımı 0.215 l/s olarak belirlenmiştir. Kaynak grubunun suları denize boşalmaktadır.

Arapsuyu I ve Arapsuyu II Kaynakları, traverten platosunun güneybatısında Arapsuyu köyünden çıkmaktadır. Traverten alüvyon dokunağından Arapsuyu I Kaynakları İndere



mevkiinde 10-12 metre kotundan, Arapsuyu II kaynağı 10 metre kotundan çıkmaktadır. Kaynakların ortalama debileri Arapsuyu I kaynağının 0.520 m<sup>3</sup>/s, Arapsuyu II 0.404 m<sup>3</sup>/s'dir. Kaynakların suları Konyaaltı plajından denize boşalmaktadır.

Mağara Kaynakları, Konyaaltı plajında 12 Eylül koruluğunun içerisinde Traverten alüvyon kontağından çıkmaktadır. Bu kaynaklardan Antalya kentine 2000'li yıllara kadar 350 l/s su verilmiştir ancak kaynak günümüzde terk edilmiştir. Kaynağın su kotu 2 metre civarındadır ve kaynağın debisinin ölçülmesi mümkün değildir.

Traverten Sahil Kaynakları, Mağara kaynağı ile Düden Çayının denize boşaldığı Karpuzkaldıran şelalesi arasında irili ufaklı 59 adet kaynak belirlenmiştir. Bu kaynakların ortalama boşalımı 5.0 m<sup>3</sup>/s olduğu tahmin edilmektedir.

Çalışma alanı olarak seçilen Altınova bölgesinin batı sınırında bulunan Düdenbaşı kaynağı, traverten taban topoğrafyasının yükseldiği 89 m kotundan boşalmaktadır. Düden şelalesinin tabanında bulunan kaynağın debisi ortalama 10 m<sup>3</sup>/s'dir. Kaynağın suyu Kepez HES'ten gelen su ile birleşerek Düden Çayını oluşturur ve Karpuzkaldıran'dan denize dökülür.

Kemerağzı Kaynakları, travertenin güneydoğu sınırında 5-6 metre kotundaki traverten alüvyon kontağında 400-500 metrelik bir bölgeden boşalmaktadır. Kaynak grubunun debisi 1977 yılından günümüze değin düzenli olarak ölçülmektedir. Kaynağın ortalama debisi 1.461 m<sup>3</sup>/s'dir. Kaynağın suyu Kepez HES ana kanalından gelen su ile birleşerek Düden Çayını katılarak Karpuzkaldıran'da denize dökülmektedir.

İncik Pınarı, travertenin doğu ucunda 50 metre kotunda traverten Pliyosen yaşlı killerin sınırından çıkmaktadır. 1977 ile 1981 yılları arasında yapılan ölçümlere göre ortalama kaynak boşalımı 0.205 m<sup>3</sup>/s'dir.

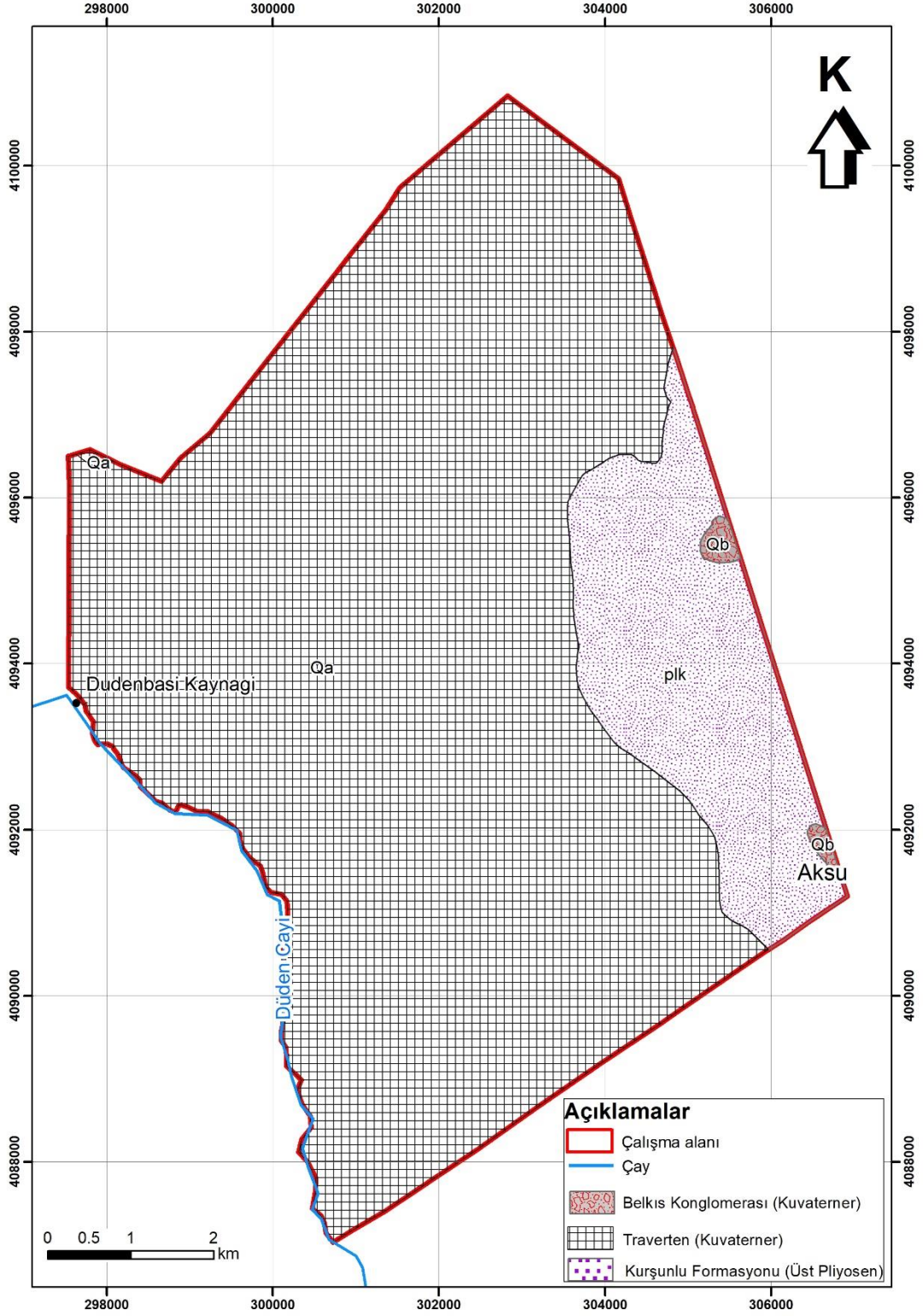
Kalabatlı Kaynağı, travertenin doğu bölümünde travertenin Pliyosen yaşlı killi kayalarla sınırından Aksu beldesinin kuzeybatısında yaklaşık 90 metre kotundan boşalmaktadır. Kaynakta yapılan ölçümlere göre ortalama boşalım  $0.124 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Kaynağın suyu Kurşunlu Şelalesi'ne ulaşmaktadır.

#### **2.3.4. Altınova Bölgesinin Jeolojisi ve Hidrojeolojisi**

Bu çalışma kapsamında gözlem ve örnekleme yapılan Altınova bölgesinde; Antalya traverteni (Qa), Kurşunlu Formasyonu (Plk) ve Belkıs Kongloması (Qb) yüzeylenmektedir. Altınova bölgesinin jeoloji haritası Şekli 2.7'de verilmiştir.

Çalışma alanının doğusunda ve yaklaşık %15'lik bir kısmında Kurşunlu Formasyonu ve Belkıs Kongloması gözlenmektedir. Bunun dışında bölgenin geri kalanında traverten gözlenmektedir. Altınova bölgesinde travertenin kalınlığı 50-150 metre arasında değişmektedir. Yüzeyleyen birimlerin tamamı akifer özelliğindedir ve yeraltısuyu ağırlıklı olarak sulama suyu olarak kullanılmaktadır.

Antalya Traverten Platosunda sulama ve içme suyu kaynağı olarak kullanılmak üzere DSİ Genel Müdürlüğü tarafından açılmış derinlikleri ve debileri sırasıyla 40-250 m, 16-210 l/s arasında değişen çok sayıda kuyu bulunmaktadır. Bu kayıtlı işletme kuyularının dışında özellikle Altınova bölgesinde sulama suyu temini için açılmış çok sayıda şahıs kuyusu bulunmaktadır. Şahıs kuyuları bu çalışma kapsamında veri üretilen kuyular olduğundan ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Şahıs kuyularının derinlikleri, pompaj debileri ve kuyu logları kayıt altında değildir. Ancak çalışma alanını oluşturan Altınova bölgesinde kuyuların su aldıkları akiferler yüzeyleyen jeolojik birimler ile uyumludur. Akifer olan jeolojik birimlerin kalınlıkları olası kuyu derinliğinden daha büyüktür. Altınova bölgesinin hidrojeoloji haritası ve örnekleme noktaları "Yöntem" bölümünde Şekil 3.1'de sunulmuştur. Hidrojeoloji haritasında bölgede yüzeyleyen jeolojik birimler iletkenlik ve gözenekliliklerine göre karstlaşmanın yaygın olduğu traverten koyu yeşil ve granüler akifer ise açık yeşil renk ile gösterilmiştir.



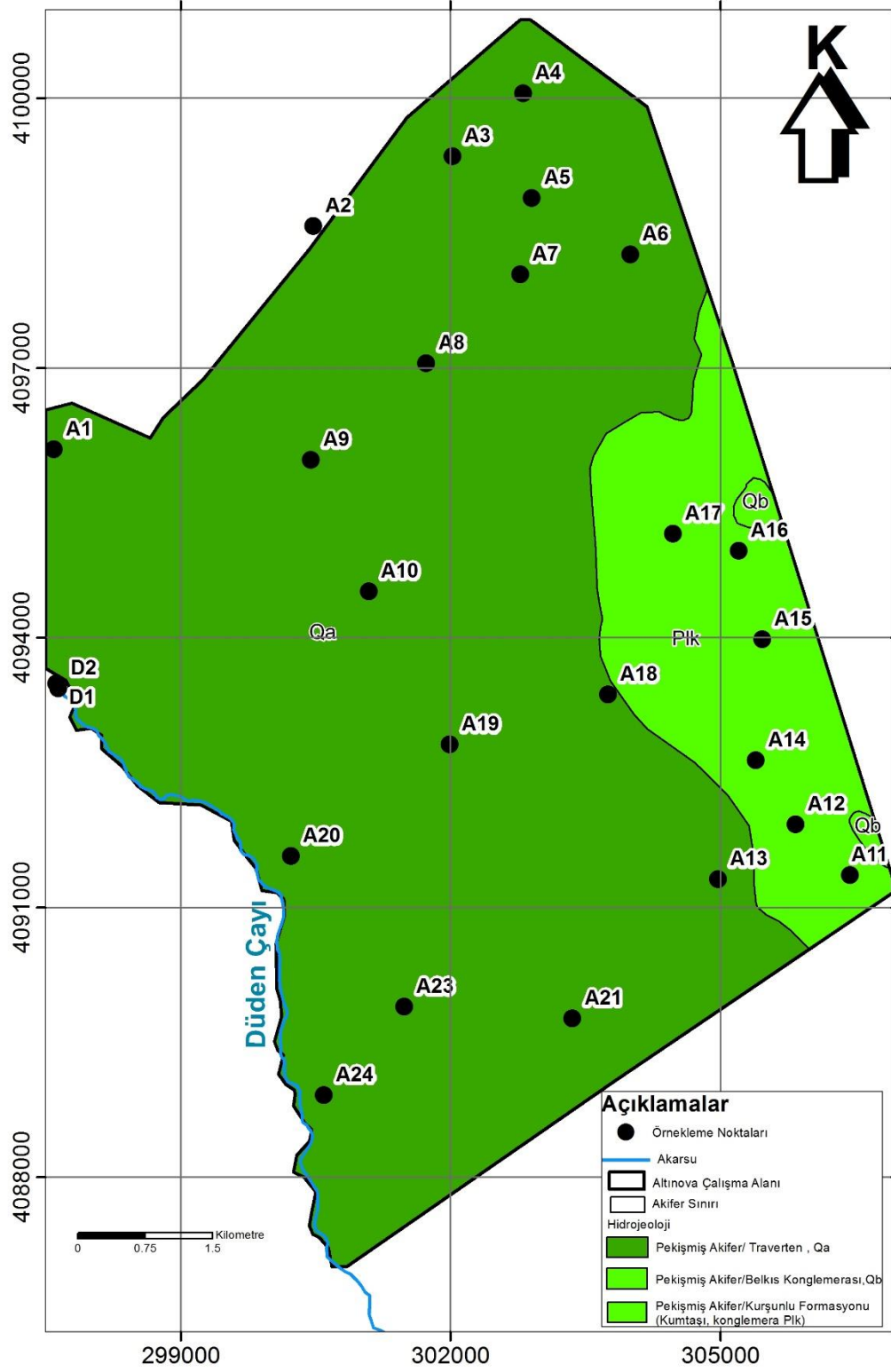
Şekil 2.7. Altınova bölgesinin jeoloji haritası.

Traverten, oluşum ortamına göre litolojik olarak heterojen ve anizotropdur, dolayısıyla travertende açılmış kuyuların hidrojeolojik özellikleri birbirlerinden oldukça farklı olabilmektedir. Örneğin Duraliler yeraltısuyu işletme bölgesinde açılan kuyularda iletimlilik katsayısı 2500-2750 m<sup>3</sup>/gün/m arasında belirlenmiştir. Bu çalışmada traverten akiferin ortalama hidrolik iletkenlik katsayısı (K) literatür verisine dayanılarak 864 mm/gün olarak kabul edilmiştir (Fetter, 2001). Travertenin etkin gözenekliliği % 2-22 arasında değişmektedir. Amil 2018'de 5.38\*10<sup>-3</sup> hidrolik gradyan için traverten akiferin gerçek yeraltısuyu akım hızının 21.1-232 mm/gün arasında değiştiğini belirlenmiştir. Hidrolik gradyan, Kasım 2015 döneminde A1 ve A21 noktalarında yapılan yeraltısuyu seviye gözlemlerine göre belirlenmiştir. Çalışma alanının doğusunda yüzeylenen granüler akiferde hidrojeolojik özelliklerin belirlenmesine yönelik herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

### 3. YÖNTEM

Ekonominin tarıma dayalı olduğu Altınova bölgesinde çok sayıda şahıs kuyusu bulunmaktadır. Bu çalışması kapsamında 25 şahıs ve işletme kuyusu ve Düdenbaşı ve Kırkgöz kaynağında yerinde ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. Kuyuların ova içine temsil edici olarak dağılımına dikkat edilmiştir. Örnekleme yapılan noktaların koordinatları Çizelge 3.1’de çalışma alanı içindeki dağılımları Şekil 3.1’de sunulmuştur. Şahıs kuyularına ait kuyu logları bulunmadığından kuyuların hangi birimleri kestiği ve su aldığı jeolojik birim kayıt altında değildir. Çalışma alanı dışında olmasına rağmen Kırkgöz Kaynağı da araştırmaya beslenimin kökeni için bir uç bileşen olduğundan dâhil edilmiştir (bkz Şekil 2.6).

Çalışmanın amacı doğrultusunda yüzey ve yeraltı suyu kimyasında yağışlı dönem başlangıcı ve sonunda oluşabilecek alansal ve zamansal değişimlerin belirlenmesi için 2016 yılı Mayıs ve Eylül aylarında su seviyesi ölçümleri, yerinde fiziksel-kimyasal parametre ölçümleri, majör anyon-katyon, iz element ve izotop analizi örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında seçilen şahıs kuyularında su seviyeleri Eijelkamp marka elektrikli metre ile ölçülmüştür. Bu değerler, kuyu başı GPS kotları kullanılarak ortalama deniz seviyesine göre yeraltısu kotu değerlerine dönüştürülmüştür. Arazi çalışmaları sırasında yeraltı suyu seviye gözlemi ve yerinde ölçüm çalışmalarına ait fotoğraflar sırası ile Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Örnekleme noktaları ve hidrojeolojisi haritası.

Çizelge 3.2. Ölçüm yapılan su noktalarının koordinatları (UTM 36 zon).

Örnekleme noktası	Açıklama	Koordinat		
		X	Y	Z(m)
K1	Kırgöz Kaynakları	297670.96	4093572.15	312.80
D1	45768 No.lu DSİ işletme kuyusu	297616.37	4093489.62	87.73
D2	Düdenbaşı kaynağı	297635.60	4093437.15	70.50
A1	Şahıs kuyusu	297587.22	4096094.66	103.25
A2	Şahıs kuyusu	300472.63	4098580.43	108.90
A3	Şahıs kuyusu	302022.37	4099354.15	106.06
A4	Şahıs kuyusu	302806.16	4100056.07	112.49
A5	Şahıs kuyusu	302904.37	4098891.05	94.79
A6	Şahıs kuyusu	303998.65	4098261.74	86.41
A7	Şahıs kuyusu	302774.85	4098044.41	87.82
A8	Şahıs kuyusu	301729.93	4097054.16	84.85
A9	Şahıs kuyusu	300447.42	4095978.05	86.55
A10	Şahıs kuyusu	301090.40	4094514.46	81.24
A11	Şahıs kuyusu	306442.16	4091358.30	53.21
A12	Şahıs kuyusu	305835.71	4091923.05	53.92
A13	Şahıs kuyusu	304976.59	4091311.75	55.60
A14	Şahıs kuyusu	305397.50	4092635.21	60.51
A15	Şahıs kuyusu	305466.81	4093982.05	82.92
A16	Şahıs kuyusu	305205.72	4094964.99	84.87
A17	Şahıs kuyusu	304474.03	4095156.49	81.08
A18	Şahıs kuyusu	303750.76	4093367.51	70.03
A19	Şahıs kuyusu	301990.56	4092812.85	72.56
A20	Şahıs kuyusu	300224.22	4091571.65	69.50
A21	Şahıs kuyusu	303355.88	4089764.50	50.27
A22	Şahıs kuyusu	301633.94	4088142.35	52.90
A23	Şahıs kuyusu	301485.62	4089896.94	58.87
A24	Şahıs kuyusu	300591.71	4088913.22	55.15





Şekil 3.2. Arazide yeraltısuyu kotu ölçümleri.



Şekil 3.3. Yerde ölçüm çalışması.



Majör anyon-kasyon ve iz element içeriğinin belirlenebilmesi için 300 ml'lik, trityum içeriğinin belirlenebilmesi için 500 ml'lik, duraylı izotop içeriğinin belirlenebilmesi için 30 ml'lik polietilen şişelere hava içermeyecek şekilde örnekler alınmıştır. Örnekleme noktalarının sıcaklık, ÖEİ, pH ve çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri YSI MPS556 model çok parametrelili su kalitesi ölçüm cihazı ile yerinde ölçülmüştür. Cihazın arazi çalışmaları öncesi kalibrasyonunda pH 7 ve 10 tamponlar ile 1413 µS/cm'lik iletkenlik çözeltisi kullanılmış, ÇO içeriği ise her örnekleme noktasında ölçülen barometrik basınca bağlı olarak yapılmıştır.

Standartlara uygun olarak hava içermeyecek şekilde alınan örneklerde majör kasyon-anyon, ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{PO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2$ ), trityum ve iz element içerikleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası, İz Element ve Çevresel Trityum Laboratuvarlarında belirlenmiştir. Duraylı izotop ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ) analizleri Utah Üniversitesi Sirfer Laboratuvarında,  $^3\text{H}$  analizleri Hacettepe Üniversitesi Çevresel Trityum Laboratuvarında yapılmıştır.  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^2\text{H}$  analizlerinin toplam analitik hatası sırasıyla 0.15 ‰ VSMOW ve 1.1 ‰ VSMOW düzeyindedir.  $^3\text{H}$  analizi, elektrolitik zenginleştirmenin ardından sıvı parıldama sayım cihazında yapılan sayım ile gerçekleştirilmiştir. 2016 yılının Mayıs ayında A22 nolu kuyuda, Eylül ayında ise A5 nolu kuyudan örnekleme yapılamamıştır.

Bulguların değerlendirilmesine katkı sağlayacağı düşünülen bazı gözlemler için ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılarak interpolasyon 'Topo to Raster' yöntemiyle 25 m çözünürlüklü alansal dağılım haritaları oluşturulmuş ve ilgili bölümlerde sunulmuştur.

## 4. BULGULAR

Çalışma alanında yapılan ölçüm ve analiz sonuçları ve çalışma amacı doğrultusunda değerlendirmeler yeraltısuyu kot gözlemleri, majör iyon analizleri, iz element analizleri, duraylı izotop ve trityum analizleri başlıklı alt bölümlerde sunulmuştur.

### 4.1.Yeraltısuyu Kotu Gözlemleri

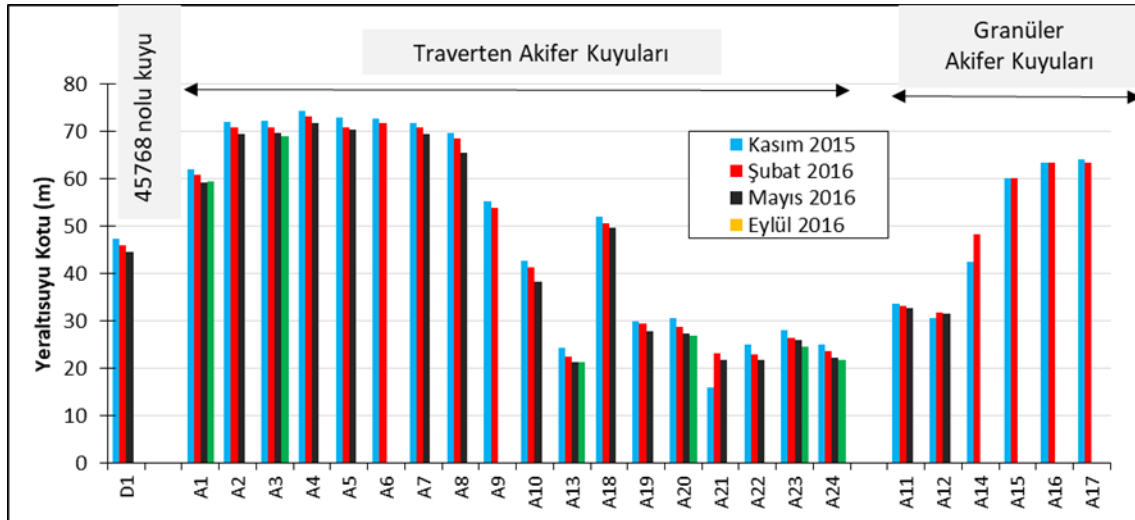
Çalışma kapsamında 2015 yılı Kasım, 2016 yılı Şubat, Mayıs ve Eylül aylarında yeraltısuyu kotu ölçümleri yapılmıştır, yeraltısuyu kotu (YAS kotu) değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Akiferde YAS kotu Kasım ayında 15.82-74.3 m arasında değişmekte iken Şubat ayında 22.82-73.07 m olarak ölçülmüştür. Mayıs 2016 döneminde ise 21.25 ile 69.59 m arasında değişen YAS kotları belirlenmiştir. Çalışma alanı içinde en yüksek ve en düşük YAS kotları traverten akifer içindeki kuyularda gözlenmiştir. Gözlem noktalarında YAS kotunun zaman içinde değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ölçüm yapılan su noktalarının koordinatları (UTM 36 zon).

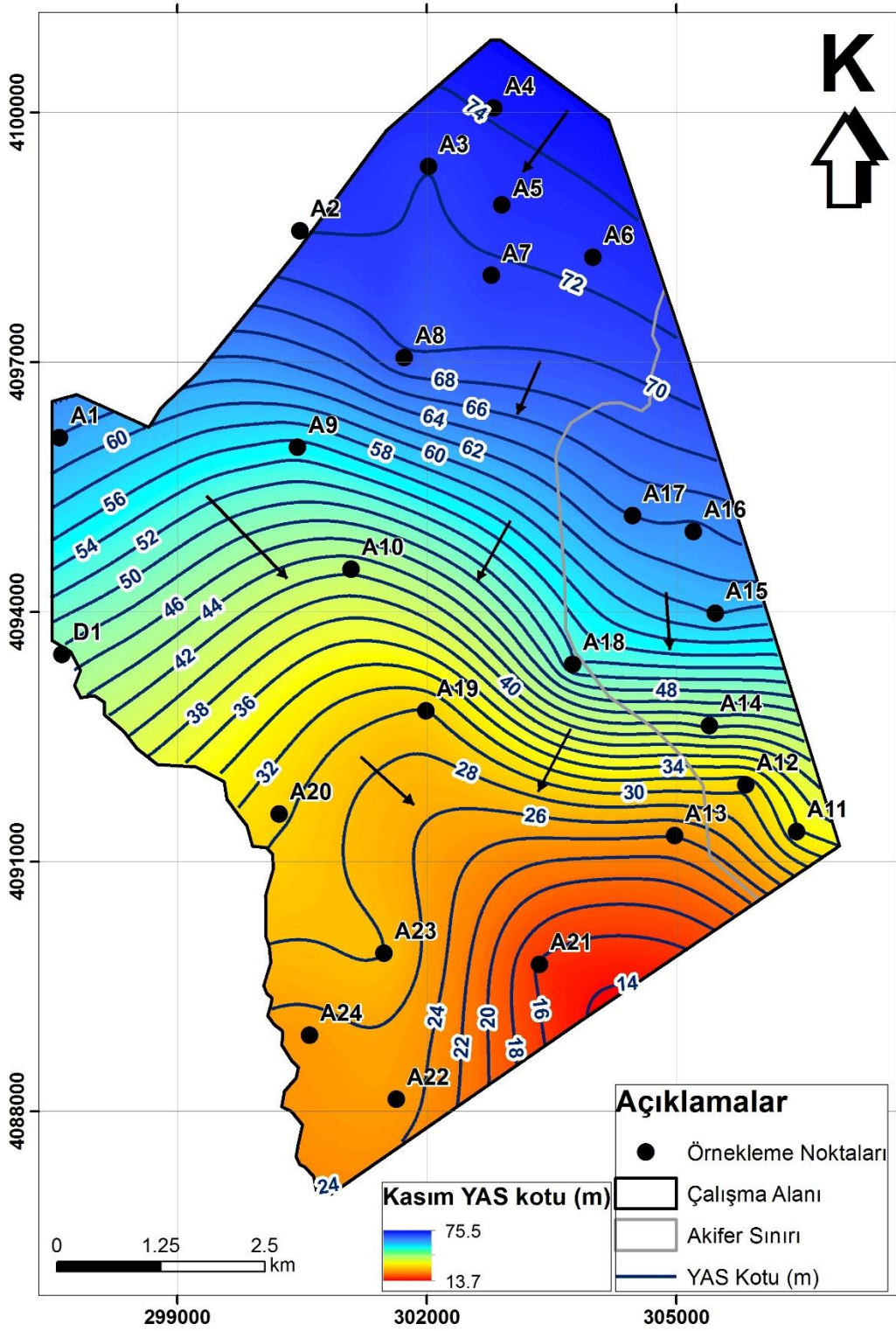
Örnekleme noktası	Açıklama	Yeraltısuyu Kotu (m)			
		Kasım 2015	Şubat 2016	Mayıs 2016	Eylül 2016
D1	45768 No.lu DSİ İşletme Kuyusu	47.39	45.95	44.51	*
A1	Şahıs Kuyusu	61.89	60.73	59.05	59.32
A2	Şahıs Kuyusu	72.02	70.69	69.44	*
A3	Şahıs Kuyusu	72.07	70.8	69.59	68.83
A4	Şahıs Kuyusu	74.3	73.07	71.73	*
A5	Şahıs Kuyusu	72.82	70.71	70.42	*
A6	Şahıs Kuyusu	72.65	71.61	*	*
A7	Şahıs Kuyusu	71.73	70.7	69.39	*
A8	Şahıs Kuyusu	69.54	68.43	65.52	*
A9	Şahıs Kuyusu	55.2	53.82	*	*
A10	Şahıs Kuyusu	42.54	41.24	38.24	*
A11	Şahıs Kuyusu	33.69	33.21	32.56	*
A12	Şahıs Kuyusu	30.52	31.83	31.44	*
A13	Şahıs Kuyusu	24.19	22.45	21.25	21.22
A14	Şahıs Kuyusu	42.51	48.27	42.11	*
A15	Şahıs Kuyusu	60.02	60.01	55.29	*
A16	Şahıs Kuyusu	63.31	63.38	61.7	*
A17	Şahıs Kuyusu	64.03	63.42	61.7	*
A18	Şahıs Kuyusu	51.94	50.62	49.54	*
A19	Şahıs Kuyusu	29.96	29.44	27.65	*
A20	Şahıs Kuyusu	30.48	28.76	27.27	26.84
A21	Şahıs Kuyusu	15.82	23.12	21.75	*
A22	Şahıs Kuyusu	25.03	22.82	21.63	*
A23	Şahıs Kuyusu	27.97	26.41	25.83	24.57
A24	Şahıs Kuyusu	25.02	23.54	22.11	21.79
En düşük >>		15.82	22.45	21.25	21.22
En Yüksek >>		74.30	73.07	71.73	68.83

\*: Ölçüm yapılamayan noktalar.



Şekil 4.1. Gözlem noktalarında YAS kotlarının zaman içinde değişimi.

Çalışma alanının batı sınırını oluşturan Düden Çay'ındaki su kotu yaklaşık 70 m iken D1 kuyusundaki yeraltısuyu kotunun 45 m olması, traverten akiferinden çaya yeraltısuyu akışı olmadığını göstermektedir. Eksiksiz verisi bulunan Kasım 2015 dönemi için YAS kotu dağılım haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.2). Çalışma alanında yeraltısuyu akım yönü çalışma alanının doğu sınırında kuzeydoğudan güney batıya doğru ve batı sınırında ise kuzey batıdan Akdeniz'e doğrudur. Farklı gözlem dönemlerinde yeraltısuyu akım yönü değişmemekle birlikte artan-azalan yeraltısuyu çekimi nedeni ile noktasal olarak 6 m (A14) - 7 m (A21)'ye ulaşan YAS kotu farklılıkları gözlenmiştir. Zaman çözünürlüğü düşük yeraltısuyu seviye gözlemleri ile akiferin beslenme mekanizması konusunda daha fazla bilgi üretilmesi güçtür. Çalışma alanında litoloji sınırına yakın A18 ve A13 kuyularında kısmen Pliyosen yaşlı granüler akiferden gelen yeraltısuyu katkısı olası görülmektedir.



Şekil 4.2. Altınova akiferi YAS kotu haritası (Kasım-2015).

#### 4.2. Yerinde Yapılan Gözlemler

2016 yılı Mayıs ve Eylül aylarında yapılan arazi çalışmalarında yerinde ölçülen; sıcaklık, ÖEİ, pH ve ÇO değerleri ile bunlara ilişkin ortalama değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Yerinde yapılan gözlemlerde traverten akiferini yanal olarak beslediği düşünülen Mesozoyik kireçtaşlarından boşalımı temsil etmesi için çalışma alanı içerisinde yer almayan Kırkgöz kaynağında yapılan gözlemlerde sunulmuştur.

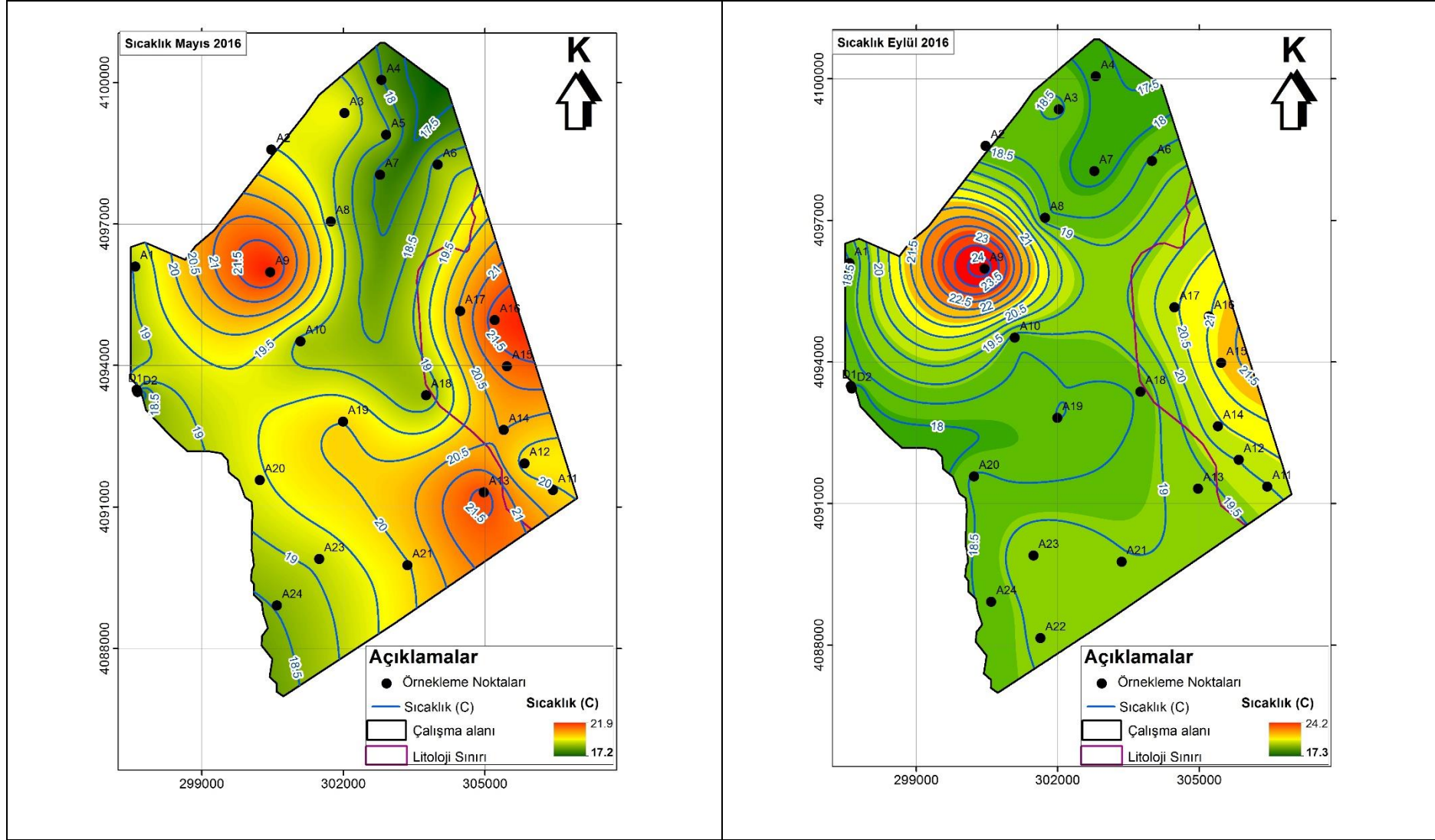
Çizelge 4. 2. 2016 yılı Mayıs ve Eylül ayına ait yerinde ölçülen parametreler.

Örnek No	2016 Mayıs				2016 Eylül			
	T (°C)	ÖEİ (µS/cm)	pH	ÇO (mg/l)	T (°C)	ÖEİ (µS/cm)	pH	ÇO (mg/l)
K1	15.74	777	6.57	9.81	15.64	775	6.81	6.04
D1	19.75	813	6.83	8.41	18.23	723	6.89	5.28
D2	17.34	875	6.56	6.56	17.53	888	6.34	*
A1	19.08	694	6.99	9.13	18.57	621	7.13	5.79
A2	19.53	421	7.21	9.04	18.41	432	7.11	5.75
A3	19.41	450	6.92	9.06	18.54	476	7.02	5.31
A4	18.03	474	6.87	9.31	17.82	478	7.26	6.22
A5	18.60	517	6.93	9.23		*		
A6	18.67	565	6.93	9.22	18.62	562	7.13	5.51
A7	17.90	519	7.10	9.37	17.86	520	7.16	6.15
A8	19.27	521	7.09	9.12	18.78	523	7.15	5.57
A9	21.90	560	6.96	8.10	24.26	565	7.22	4.83
A10	18.90	649	7.11	8.89	18.73	607	7.14	8.27
A11	20.08	965	6.84	5.23	19.99	973	6.65	2.36
A12	19.87	823	6.92	6.57	20.01	807	7.14	2.80
A13	21.57	695	6.78	4.63	19.31	825	6.68	3.98
A14	20.50	706	6.90	4.93	20.39	804	7.29	3.40
A15	21.26	824	6.87	3.88	21.21	858	6.94	2.65
A16	21.69	917	6.59	6.03	20.97	899	7.18	7.77
A17	20.56	896	7.20	6.55	20.41	937	6.95	7.86
A18	18.75	692	7.25	6.79	18.63	699	6.86	6.97
A19	19.98	535	6.87	6.13	18.51	542	7.20	8.41
A20	19.41	711	6.99	6.79	18.55	713	6.82	7.09
A21	19.96	680	7.02	6.24	19.04	652	6.89	8.05
A22			*		19.10	802	6.72	9.20
A23	19.13	631	6.87	7.07	19.34	624	6.64	4.60
A24	18.54	590	6.76	6.55	18.66	747	6.6	8.28
En düşük	15.74	421	6.56	3.88	15.64	432	6.34	2.36
En Yüksek	21.90	965	7.25	9.81	24.26	973	7.29	8.41
Ortalama	19.44	673	6.92	7.41	19.12	694	6.96	5.87

\*:Ölçüm yapılamayan noktalar.

2016 yılı Mayıs ayı yerinde ölçümlerinde; en düşük sıcaklık 15.67 °C ile K1 olarak numaralandırılan Kırkgöz kaynağında gözlenirken, en yüksek sıcaklık 21.9 °C ile A9 No.lu kuyuda belirlenmiştir. Eylül ayında en yüksek ve en düşük sıcaklık gözlenen kuyularda değişiklik olmamıştır. En düşük sıcaklık 15.63 °C ile Kırkgöz Kaynağında en yüksek sıcaklık ise 24.27 °C ile A9 No.lu kuyuda ölçülmüştür. ATP'su üzerine düşen yağışın yıllık ortalama hava sıcaklığı olan 18.8 °C ile dengede olacağı düşünüldüğünde, ATP'su üzerine düşen yağıştan beslenen yeraltısuyunda, ortalama hava sıcaklığına yakın su sıcaklıkları beklenmelidir. Traverten akiferi için uç bileşen olarak seçilen Kırkgöz kaynağından boşalan suyun sıcaklığının traverten içinde dolaşımında olan yeraltısuyundan oldukça düşük olması nedeni ile yeraltısuyu sıcaklığı beslenimin kökeni açısından gösterge bir karakter taşımaktadır.

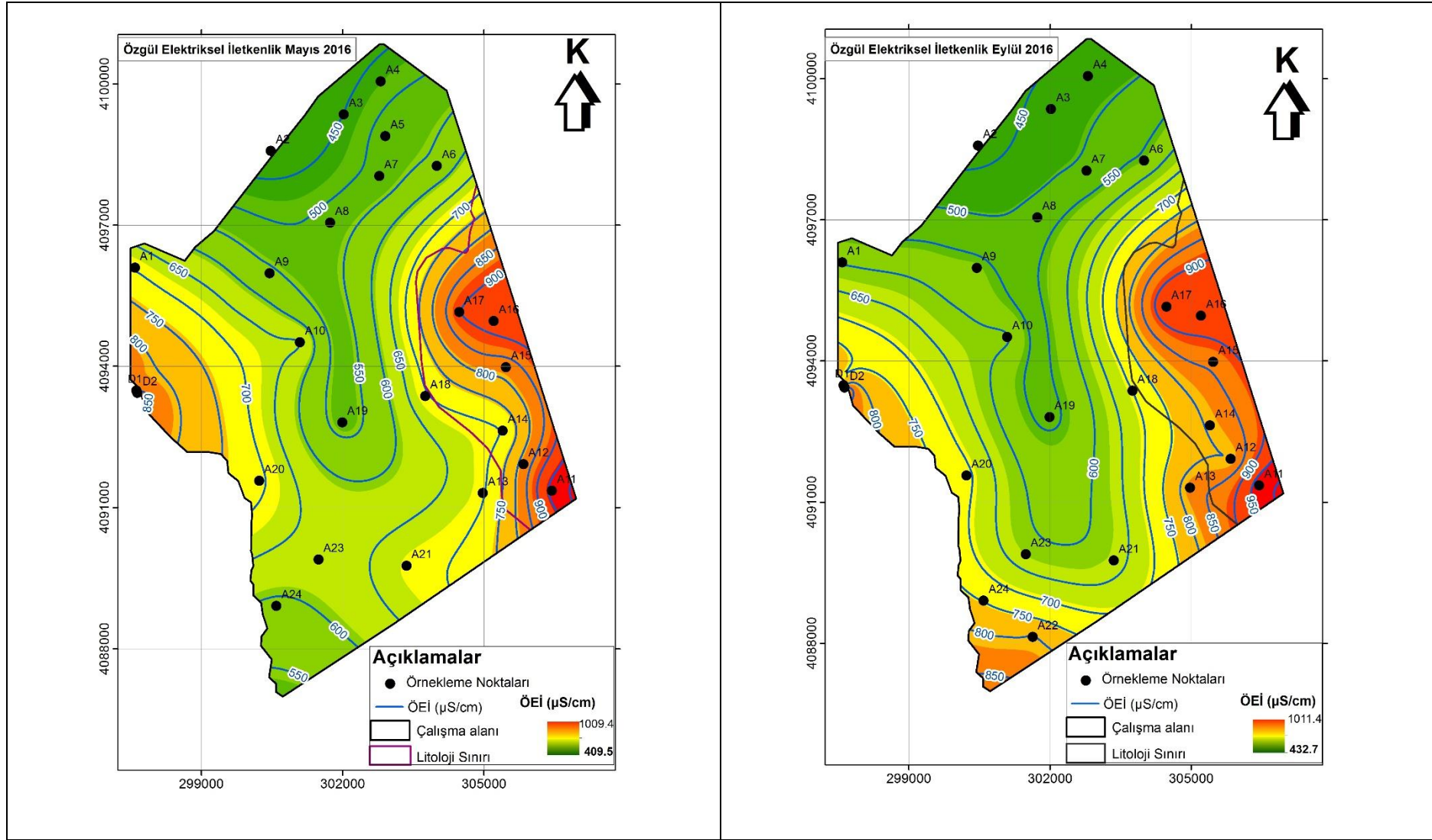
Altınova bölgesi için yağışlı (Mayıs) ve kurak (Eylül) ölçüm dönemleri için oluşturulan yeraltısuyu sıcaklık dağılım haritaları Şekil 4.3'de sunulmuştur. Sıcaklık dağılım haritalarında en düşük sıcaklıklar her iki gözlem döneminde de çalışma alanının kuzey doğusunda ölçülmüştür. Bu bölge üst plato sınırında olup, bölgesel yeraltısuyu akımının başladığı alanı temsil etmektedir. Dolayısıyla bu bölgede kireçtaşlarından beslenme katkısının görece daha fazla olduğu düşünülebilir. Yağışlı Mayıs ve Kurak Eylül ayı sıcaklık dağılımları karşılaştırıldığında ise Eylül ayında düşük sıcaklıklı yeraltısuyu bölgesinin genişlediği gözlenmektedir. Bu durum da Eylül ayı öncesinde gerçekleşen kurak aylar süresince yanal beslenimin katkısının arttığı söylenebilir. Aynı dönemde Düdenbaşı kaynağı ve çevresinde de yanal beslenme kaynaklı yeraltısuyu katkısı artmaktadır. Düdençayı hidrolik yükler incelendiğinde traverten akiferi ile bağlantılı gözükmemektedir (Amil, 2018). Dolayısıyla Düdenbaşı Çayından akifere yanal beslenme gerçekleşmemektedir.



Şekil 4.3. Yağışlı ve kurak dönemde yeraltısuyu sıcaklığının değişimi.



Yeraltısuyundaki çözünmüş madde içeriğinin göstergesi olan ÖEİ değerleri de farklı uç bileşenlerden beslenimin ayırt edilmesi için kullanılabilir. Mayıs ayında en yüksek ÖEİ değeri A11 No.lu kuyuda 965  $\mu\text{s}/\text{cm}$  olarak ölçülürken, en düşük ÖEİ A2 No.lu kuyuda 421  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ölçülmüştür. Eylül ayında da en yüksek ÖEİ değeri A11 No.lu kuyuda 972  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ölçülürken, en düşük değeri ise A2 No.lu kuyuda 432  $\mu\text{s}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür. Granüler akifer içinde dolaşımda olan yeraltısuyunun temas ettiği mineraller traverten akiferden farklı olduğundan her iki akiferi ÖEİ açısından farklı değerlendirmek gerekir. Granüler akiferdeki yeraltısuyunun ÖEİ değerlerinde yağışlı ve kurak dönemler arasında önemli bir farklılık gerçekleşmemiştir (Şekil 4.4). Oysa traverten akiferin özellikle güney bölümünde yağışlı dönemde yeraltısuyu güncel beslenme etkisi ile çözülmüş madde açısından seyrelmektedir. Yanal beslenme göstergesi olarak Kırkgöz kaynağının ÖEİ değeri 773  $\mu\text{s}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür ve yağışlı-kurak dönemlerde değişmemektedir. Bu durum da sıcaklık dağılımında yorumlandığı gibi artan yanal beslenme etkisi ile traverten akiferin güney bölümünde ÖEİ değerlerinin kurak dönem boyunca arttığı söylenebilir. Traverten yüzeyinden beslenme ile yanal beslenme bileşenlerinin birbirine benzer ÖEİ değerleri nedeni ile net bir ayırım yapılması mümkün olamamaktadır.

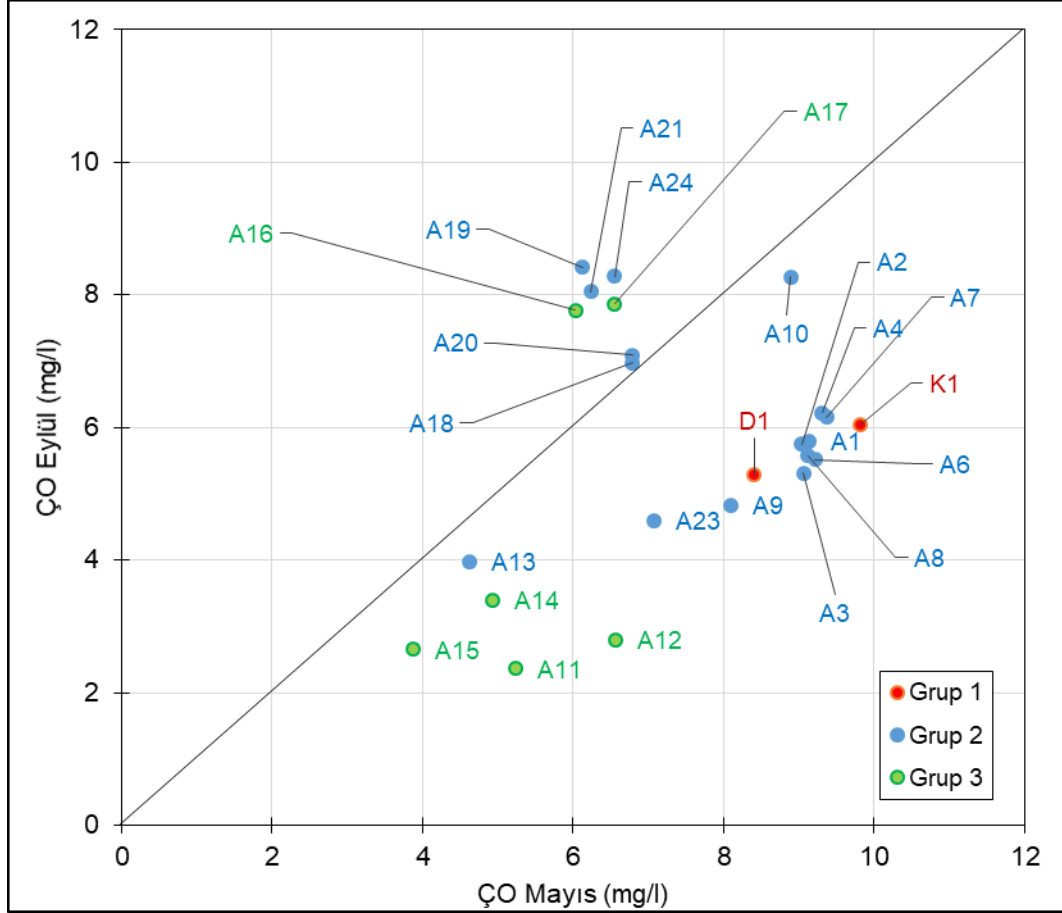


Şekil 4.4. Yağışlı ve kurak dönemde yeraltısuyu ÖEI değerlerinin değişimi.

Suda çözülmüş hidrojen iyon aktivitesi olan pH değerleri karmaşık kimyasal reaksiyonlar sonucunda farklılaşabilmektedir. Çalışma alanı için Mayıs ayı pH değerleri 6.56-7.21 arasında ölçülmüştür. Bu dönemde en yüksek pH değeri A2 No.lu kuyuda, en düşük değer ise D2 No.lu kuyuda Düdenbaşı kaynağında ölçülmüştür. Eylül 2016 dönemi ölçüm sonuçlarına göre pH değerleri 6.34-7.28 arasında gözlenmiştir. En düşük pH Düdenbaşı kaynağında (D2) ve en yüksek pH değeri ise A14 No.lu kuyuda ölçülmüştür. Uç bileşen ölçümleri arasında önemli bir farklılık gözlenmeyen yeraltısuyunun pH değerleri çalışma alanı içerisinde zamansal ve mekânsal olarak farklılaşmaktadır. Ancak bu farklılığın beslenimin kökeni ile ilişkilendirilmesi güç olmakla birlikte yağışlı döneme pH değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

Yeraltısuyundaki çözülmüş gazların bollukları beslenme koşulları hakkında bilgi üretebilmektedir. Ancak oksijen gibi atmosferde bol bulunan ve hemen hemen tüm kimyasal reaksiyonlarda yer alan gazların yeraltısuyundaki bollukları akım yolu boyunca sürekli değişmektedir. Gazların çözünürlüğü sıcaklık ve basınca bağlıdır. Gazların çözünürlüğü düşük sıcaklıklarda artmaktadır. Altınova bölgesi için ortalama kot 200 m ve ortalama hava sıcaklığı 18 °C olarak kabul edilirse plato üzerinden gerçekleşen beslenimde yeraltısuyununun 9.24 mg/l çözülmüş oksijen içermesi beklenmektedir. ÇO çalışma alanında yerinde ölçülen ÇO içerikleri yağışlı dönemde 3.88 mg/l ve 9.81 mg/l arasında değişmektedir. En yüksek ÇO Kırkgöz Kaynağında (K1) en düşük değer ise A15 nolu granüler akifer kuyusunda ölçülmüştür. Kurak dönem ölçümlerinin yapıldığı Eylül ayında ise ÇO içerikleri 2.36 mg/l ve 8.41 mg/l arasında değişmiştir. Kurak dönemde en yüksek ÇO A19 nolu traverten akifer kuyusunda en düşük değer ise A11 nolu granüler akifer kuyusunda ölçülmüştür. Şekil 4.5’de çalışma alanında yağışlı ve kurak dönemlerde ÇO içeriklerinin değişimi sunulmuştur. Yapılan karşılaştırma çalışma alanında mevsimsel olarak değişen beslenme koşulları ve hava sıcaklığı sonucunda yeraltısuyunda ÇO içeriğinin değişkenlik gösterdiğine işaret etmektedir. Granüler akifer örneklerinin tamamında ÇO içerikleri Mayıs ayında çalışma için beklenen (9.24 mg/l) altında ölçülmüştür. Ölçülen düşük ÇO içerikleri çalışma alanında organik madde oksidasyonu sonucunda yeraltısuyundaki oksijenin tüketildiğini göstermektedir. Granüler akiferin kuzeyinde yer alan A16 ve A17 noktalarında kurak dönem boyunca traverten akiferden gerçekleşen katkı sonucunda Eylül ayında ÇO içerikleri artmıştır. Grup 1 ve Grup 2 örneklerinin büyük bölümünde Mayıs döneminde ÇO içerikleri öngörülen atmosferik

doğunluk değerine yakın iken Eylül döneminde bu örnekleme noktalarında da ÇO değerlerinin düştüğü gözlenmektedir. Traverten akiferinin A18, A19, A20 , A21 ve A24 noktalarında ise kurak dönem sonunda ÇO içeriklerinde artış gözlenmektedir. Bu noktalar diğer gösterge parametreler ile kurak dönem sonunda kireçtaşından beslenimin artış gösterdiği noktalar ile uyumludur.



Şekil 4.5. Yağışlı ve kurak dönemde yeraltısuyu ÇO değerlerinin değişimi.

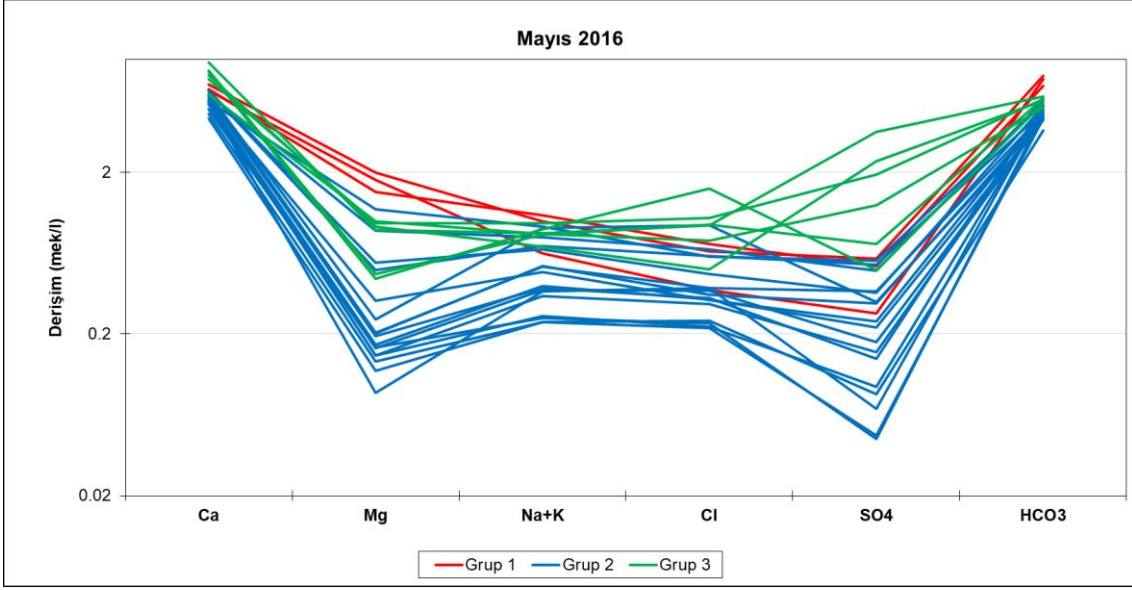
### 4.3. Majör İyonlar

Çalışma alanındaki örnekleme noktalarında 2016 yılı Mayıs ve Eylül dönemleri için suların majör iyon; sodyum ( $\text{Na}^+$ ), potasyum ( $\text{K}^+$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ), kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ), amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ), lityum ( $\text{Li}^+$ ), klorür ( $\text{Cl}^-$ ), sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), florür ( $\text{F}^-$ ), bromür ( $\text{Br}^-$ ), fosfat ( $\text{PO}_4^{-2}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) derişimleri belirlenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de sunulmuştur. Çok sayıda örneğe ait majör iyon değişiminin değerlendirilebilmesi için yaygın olarak Schoeller ve Piper diyagramları kullanılmaktadır. Bu çalışmada da her iki dönem örneklerinin majör iyon analiz sonuçları

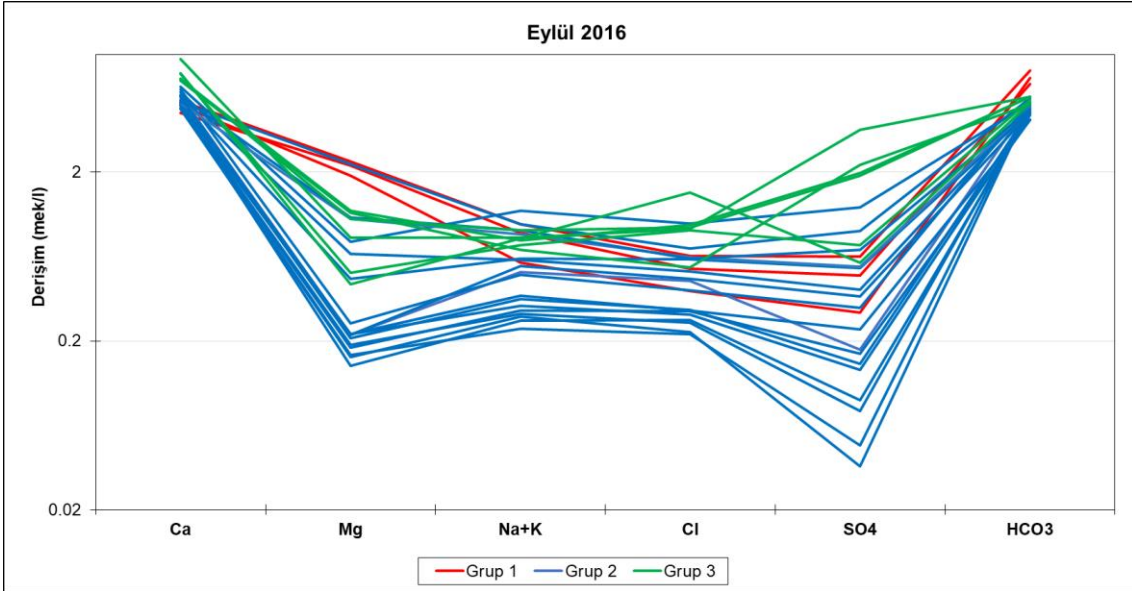
Schoeller ve Piper Diyagramında çizilmiştir (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Bunun yanı sıra seçili iyonlar için dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma alanındaki örnekler iyon derişimleri ve yeraltısuyunun dolaşımında olduğu akiferler temel alınarak 3 farklı gruba ayrılmıştır.1. Grup Düdenbaşı ve Mesozoyik kireçtaşından (Kırkgöz) boşalan karst kaynaklarından oluşmaktadır.2. Grup örnekler traverten içinde açılmış kuyulardan (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A13, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24), 3. Grup ise Pliyosen yaşlı birimlerden oluşan granüler akifer içinde açılmış kuyulardan (A11, A12, A14, A15, A16, A17) oluşmaktadır.

1inci Grup örnekleri  $\text{CaMgHCO}_3$  'ce zengindir. Traverten akiferi yeraltısuyunun örneklendiği 2nci Grup örneklerinin tamamı  $\text{CaCO}_3$  fasiyesindedir. 3üncü Grup örnekleri ise 2nci Grup örneklerine göre  $\text{SO}_4^{-2}$  açısından daha zengin olup  $\text{CaSO}_4$  fasiyesindedir (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Yeraltısuyunun  $\text{SO}_4^{-2}$  'ce zengin olması karbonat mineralleri dışında olasılıkla jips mineralleri içeren litolojiler ile temas ettiğini göstermektedir. Traverten ve kireçtaşı akiferlerinden alınan 1inci ve 2inci Grup örnekleri için çizilen Schoeller (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7) ve Piper (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9) Diyagramlarında, örneklerin tamamında hakim katyon ve anyonun  $\text{CaHCO}_3^-$  ve  $\text{CaMgHCO}_3^-$  olduğu gözlemlenmektedir. Piper diyagramı incelendiğinde A20 örneğinin; A13 ve D1 örneğinin karışımı ile oluşmuş olması olasıdır. Granüler akiferden alınan 3üncü Grup örnekleri için çizilen Schoeller (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7) ve Piper (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9) Diyagramlarında  $\text{SO}_4^{-2}$  içeriğinin ÖEİ değerine benzer şekilde  $\text{A11} > \text{A15} > \text{A12} > \text{A14}$  olduğu görülmektedir. Buna göre A15 ve A12 örnekleri A11 ve A14 karışımından oluşmuş olabilirler. Mayıs ve Eylül ayı sonuçları değerlendirildiğinde fasiyeslerin değişmediği belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Mayıs ayı Scholler diyagramı.



Şekil 4.7. Eylül ayı Scholler diyagramı.

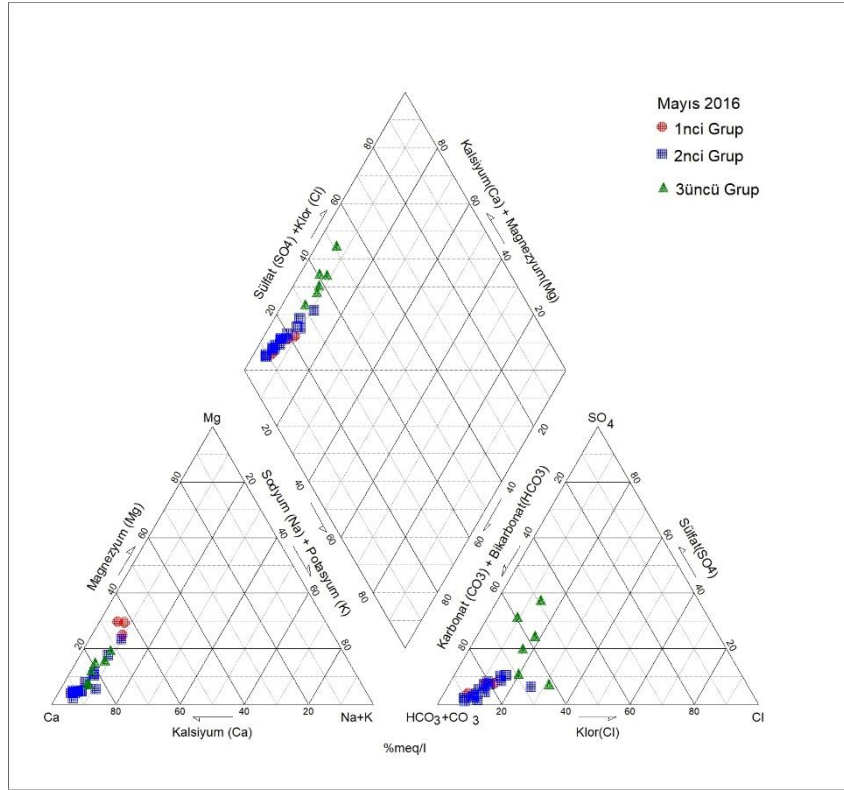
Çizelge 4.3. 2016 yılı Mayıs ayına ait majör iyon derişimleri.

Örnek	Açıklama	F <sup>-</sup> mek/l	Cl <sup>-</sup> mek/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mek/l	Br <sup>-</sup> mek/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mek/l	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mek/l	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mek/l	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> mek/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mek/l	Li <sup>+</sup> mek/l	Na <sup>+</sup> mek/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mek/l	K <sup>+</sup> mek/l	Mg <sup>+2</sup> mek/l	Ca <sup>+2</sup> mek/l
K1	Kırkgöz Kaynağı 45768 No.lı DSİ	0.009	0.374	0.000	0.001	0.052	0.000	0.269	0.000	7.549	0.003	0.565	0.013	0.064	1.791	6.438
D1	işletme Kuyusu	0.005	0.721	0.000	0.001	0.349	0.000	0.526	0.000	6.863	0.003	1.035	0.000	0.053	1.518	6.560
D2	Düdenbaşı Kaynağı	0.011	0.650	0.000	0.001	0.085	0.000	0.586	0.000	7.941	0.005	0.920	0.007	0.077	1.994	6.993
A1	Şahıs Kuyusu	0.140	0.938	0.000	0.001	1.450	0.000	0.315	0.000	4.216	0.000	0.872	0.000	0.036	0.247	6.121
A2	Şahıs Kuyusu	0.003	0.242	0.000	0.000	0.378	0.000	0.085	0.000	3.629	0.000	0.229	0.002	0.008	0.118	4.320
A3	Şahıs Kuyusu	0.003	0.218	0.000	0.000	0.053	0.000	0.047	0.000	4.314	0.000	0.226	0.004	0.011	0.136	4.594
A4	Şahıs Kuyusu	0.003	0.233	0.000	0.000	0.056	0.000	0.045	0.000	4.608	0.000	0.239	0.000	0.013	0.166	4.916
A5	Şahıs Kuyusu	0.003	0.223	0.000	0.001	0.255	0.000	0.094	0.000	4.808	0.000	0.240	0.002	0.019	0.147	5.469
A6	Şahıs Kuyusu	0.005	0.333	0.000	0.001	0.348	0.000	0.141	0.000	5.196	0.000	0.348	0.004	0.039	0.195	5.857
A7	Şahıs Kuyusu	0.003	0.385	0.000	0.001	0.193	0.000	0.069	0.000	4.902	0.000	0.323	0.042	0.043	0.087	5.464
A8	Şahıs Kuyusu	0.005	0.308	0.000	0.001	0.552	0.000	0.154	0.000	4.414	0.000	0.318	0.029	0.025	0.147	5.386
A9	Şahıs Kuyusu	0.003	0.329	0.000	0.001	0.900	0.000	0.220	0.000	4.216	0.000	0.384	0.032	0.013	0.172	5.525
A10	Şahıs Kuyusu	0.002	0.350	0.000	0.001	1.297	0.000	0.309	0.000	4.465	0.000	0.509	0.000	0.018	0.201	6.028
A11	Şahıs Kuyusu	0.006	0.946	0.000	0.004	0.290	0.000	3.554	0.000	5.882	0.000	0.781	0.056	0.063	0.879	9.619
A12	Şahıs Kuyusu	0.006	1.045	0.000	0.002	0.000	0.000	1.937	0.000	5.686	0.000	0.929	0.000	0.041	0.965	7.543
A13	Şahıs Kuyusu	0.011	0.669	0.000	0.002	0.302	0.000	0.494	0.000	5.592	0.000	0.737	0.000	0.059	0.876	5.995
A14	Şahıs Kuyusu	0.007	0.759	0.004	0.003	0.293	0.000	1.251	0.000	5.002	0.000	0.743	0.000	0.089	1.000	6.082
A15	Şahıs Kuyusu	0.007	0.503	0.000	0.002	0.444	0.000	2.340	0.000	5.588	0.000	0.654	0.000	0.039	0.924	8.019
A16	Şahıs Kuyusu	0.008	0.952	0.000	0.002	1.745	0.000	0.722	0.000	5.735	0.000	0.780	0.000	0.043	0.471	8.535
A17	Şahıs Kuyusu	0.004	1.590	0.000	0.002	1.517	0.000	0.500	0.000	5.392	0.000	0.835	0.000	0.055	0.440	8.376
A18	Şahıs Kuyusu	0.005	0.611	0.000	0.002	1.001	0.000	0.539	0.000	4.804	0.000	0.652	0.009	0.048	0.498	6.367
A19	Şahıs Kuyusu	0.004	0.370	0.000	0.002	0.843	0.000	0.179	0.000	4.216	0.000	0.352	0.034	0.022	0.164	5.274
A20	Şahıs Kuyusu	0.003	0.470	0.000	0.005	1.230	0.000	0.362	0.000	5.098	0.000	0.649	0.000	0.021	0.552	6.416
A21	Şahıs Kuyusu	0.005	0.603	0.000	0.001	0.586	0.000	0.568	0.000	5.294	0.000	0.870	0.000	0.058	1.179	5.513
A22	Şahıs Kuyusu	Örneklemedi														
A23	Şahıs Kuyusu	0.003	0.387	0.000	0.005	0.988	0.000	0.367	0.000	4.610	0.000	0.507	0.000	0.018	0.204	6.101
A24	Şahıs Kuyusu	0.004	0.324	0.000	0.003	0.851	0.000	0.240	0.000	4.608	0.000	0.465	0.000	0.021	0.321	5.697

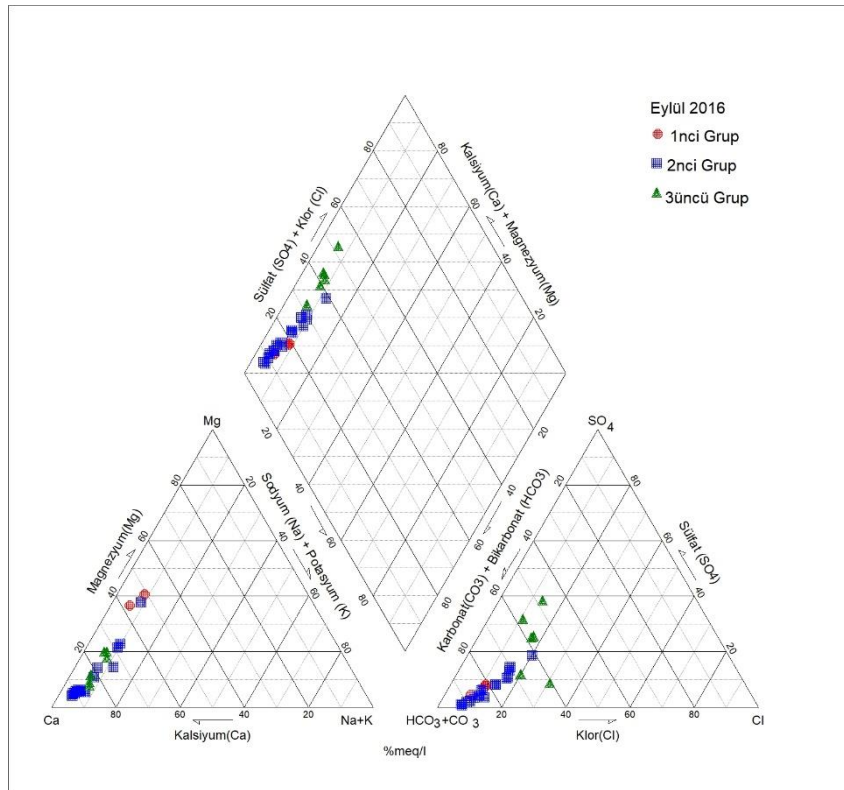
Çizelge 4.4. 2016 yılı Eylül ayına ait majör iyon derişimleri.

Örnek	Açıklama	F <sup>-</sup> mek/l	Cl <sup>-</sup> mek/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mek/l	Br <sup>-</sup> mek/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mek/l	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> mek/l	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> mek/l	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> mek/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mek/l	Li <sup>+</sup> mek/l	Na <sup>+</sup> mek/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mek/l	K <sup>+</sup> mek/l	Mg <sup>+2</sup> mek/l	Ca <sup>+2</sup> mek/l
K1	Kırkgöz Kaynağı 45768 No.lı DSİ	0.008	0.394	0.000	0.001	0.054	0.000	0.294	0.000	7.238	0.003	0.525	0.043	0.056	1.916	4.958
D1	işletme Kuyusu	0.003	0.535	0.000	0.000	0.040	0.000	0.488	0.000	6.667	0.001	0.804	0.013	0.067	2.187	4.514
D2	Düdenbaşı Kaynağı	0.012	0.639	0.000	0.001	0.087	0.000	0.635	0.000	8.000	0.006	0.898	0.000	0.087	2.318	5.296
A1	Şahıs Kuyusu	0.004	0.453	0.000	0.000	0.574	0.000	0.178	0.000	5.095	0.000	0.487	0.013	0.027	0.218	5.728
A2	Şahıs Kuyusu	0.005	0.266	0.000	0.001	0.245	0.000	0.089	0.000	4.476	0.000	0.246	0.037	0.017	0.143	5.045
A3	Şahıs Kuyusu	0.005	0.226	0.000	0.000	0.028	0.000	0.036	0.000	4.967	0.000	0.266	0.012	0.014	0.160	4.775
A4	Şahıs Kuyusu	0.007	0.219	0.000	0.000	0.053	0.000	0.048	0.000	5.048	0.000	0.216	0.025	0.021	0.165	4.747
A5	Şahıs Kuyusu	Örneklenmedi														
A6	Şahıs Kuyusu	0.005	0.306	0.000	0.001	0.358	0.000	0.146	0.000	4.667	0.000	0.332	0.026	0.023	0.208	5.396
A7	Şahıs Kuyusu	0.006	0.257	0.000	0.000	0.211	0.000	0.077	0.000	4.786	0.000	0.271	0.018	0.018	0.189	4.964
A8	Şahıs Kuyusu	0.004	0.299	0.000	0.000	0.567	0.000	0.168	0.000	4.095	0.000	0.283	0.033	0.021	0.183	4.810
A9	Şahıs Kuyusu	0.004	0.304	0.000	0.001	0.892	0.000	0.234	0.000	4.095	0.000	0.355	0.019	0.017	0.220	5.121
A10	Şahıs Kuyusu	0.003	0.399	0.000	0.001	1.176	0.000	0.313	0.000	5.214	0.000	0.468	0.042	0.024	0.254	6.197
A11	Şahıs Kuyusu	0.006	0.923	0.000	0.003	0.359	0.000	3.559	0.000	5.619	0.000	0.761	0.022	0.054	0.816	9.378
A12	Şahıs Kuyusu	0.007	0.939	0.000	0.001	0.000	0.000	1.917	0.000	5.619	0.002	0.861	0.009	0.044	1.064	7.189
A13	Şahıs Kuyusu	0.007	0.989	0.000	0.002	0.682	0.000	1.241	0.000	5.167	0.000	1.134	0.008	0.046	0.772	6.413
A14	Şahıs Kuyusu	0.008	0.978	0.000	0.003	0.565	0.000	1.987	0.000	5.619	0.000	0.699	0.015	0.088	1.182	7.094
A15	Şahıs Kuyusu	0.009	0.548	0.000	0.002	0.550	0.000	2.203	0.000	5.048	0.000	0.656	0.000	0.035	1.148	6.964
A16	Şahıs Kuyusu	0.005	0.908	0.000	0.001	1.928	0.000	0.739	0.000	5.333	0.000	0.700	0.012	0.040	0.508	7.665
A17	Şahıs Kuyusu	0.003	1.512	0.000	0.002	1.791	0.000	0.584	0.000	5.143	0.000	0.776	0.006	0.036	0.432	7.724
A18	Şahıs Kuyusu	0.006	0.609	0.000	0.001	1.018	0.000	0.543	0.000	4.571	0.000	0.569	0.041	0.044	0.465	5.759
A19	Şahıs Kuyusu	0.004	0.286	0.000	0.001	0.491	0.000	0.135	0.000	4.381	0.000	0.304	0.018	0.020	0.220	5.070
A20	Şahıs Kuyusu	0.004	0.517	0.000	0.003	1.257	0.000	0.403	0.000	4.857	0.000	0.577	0.021	0.029	0.654	5.962
A21	Şahıs Kuyusu	0.006	0.628	0.000	0.001	0.545	0.000	0.553	0.000	4.857	0.002	0.804	0.019	0.053	1.058	5.142
A22	Şahıs Kuyusu	0.009	0.705	0.000	0.001	1.027	0.000	0.897	0.000	5.524	0.004	0.886	0.015	0.095	2.230	5.193
A23	Şahıs Kuyusu	0.004	0.467	0.000	0.004	1.004	0.000	0.369	0.000	4.476	0.000	0.536	0.015	0.021	0.217	5.612
A24	Şahıs Kuyusu	0.006	0.613	0.000	0.008	1.459	0.000	0.696	0.000	4.762	0.003	0.860	0.000	0.047	1.075	5.668





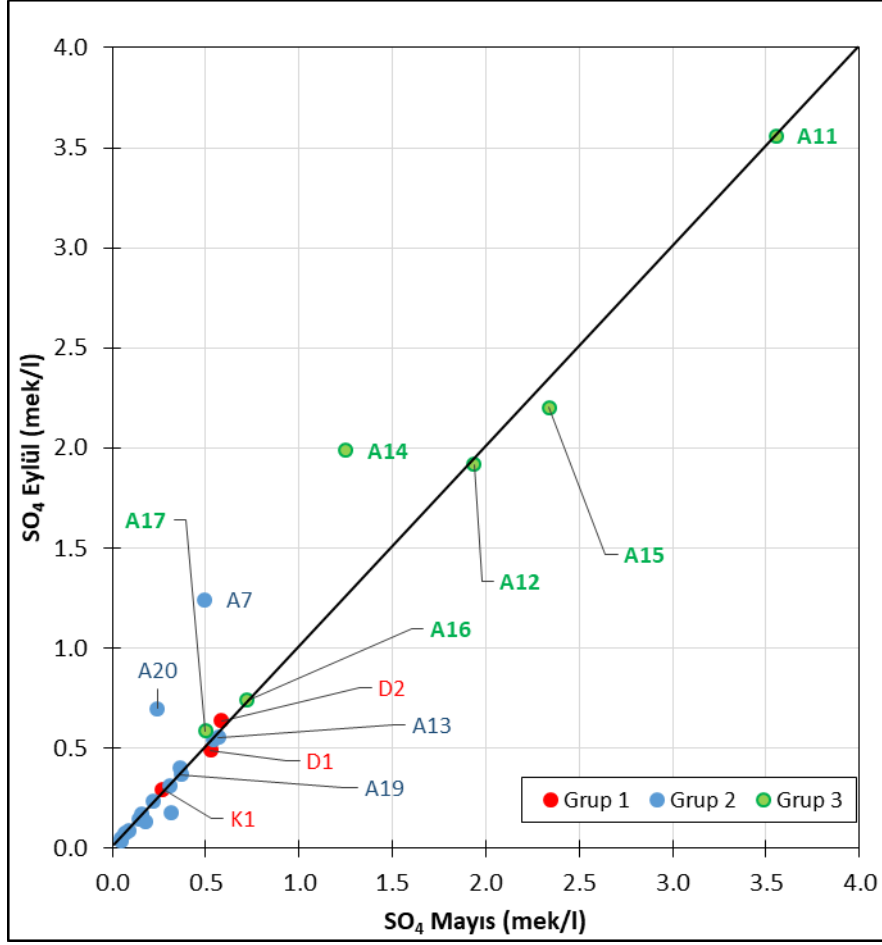
Şekil 4.8. 2016 yılı Mayıs ayı örneklerine ait Piper Diyagramı



Şekil 4.9. 2016 yılı Eylül ayı örneklerine ait Piper Diyagramı.

Majör iyonlar le birlikte iyon kromatografi yöntemi ile analizi yapılan kirlilik göstergesi  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{PO}_4^-$  derişimleri de bu bölüm içinde değerlendirilmiştir. Mayıs ve Eylül örneklerinde TSE 266 (1997) içme-kullanma suyu limit değeri olan 0.5 mg/l'yi aşan  $\text{NO}_2^-$  derişimi belirlenmemiştir.  $\text{NO}_3^-$  için içme kullanma ve sulama suyu limit değerleri sırası ile 50 mg/l (TSE 266, 1997) ve 30 mg/l (FAO,1985) 'dir.Çalışma alanında örnekleme yapılan noktaların büyük çoğunluğunda  $\text{NO}_3^-$  derişimleri 30 mg/l'yi aşmaktadır. Yoğun olarak tarım yapılan çalışma alanında  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{PO}_4^-$  'ün ana kaynağının kullanılan tarım ilaçları ve gübrelerdir. Eylül ayı analiz sonuçlarında  $\text{NO}_3^-$  içeriği 1 mek/l üzerinde olan 8 kuyu (A10, A16, A17, A18, A20, A22, A23, A24) tespit edilmiştir. Mayıs ayı analiz sonuçlarında 1 mek/l sınırının hemen altında bulunan üç kuyunun daha kirlilik sınırını aştığı görülmüştür. Bunun büyük ihtimalle yaz aylarında artan tarımsal aktivite ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır.

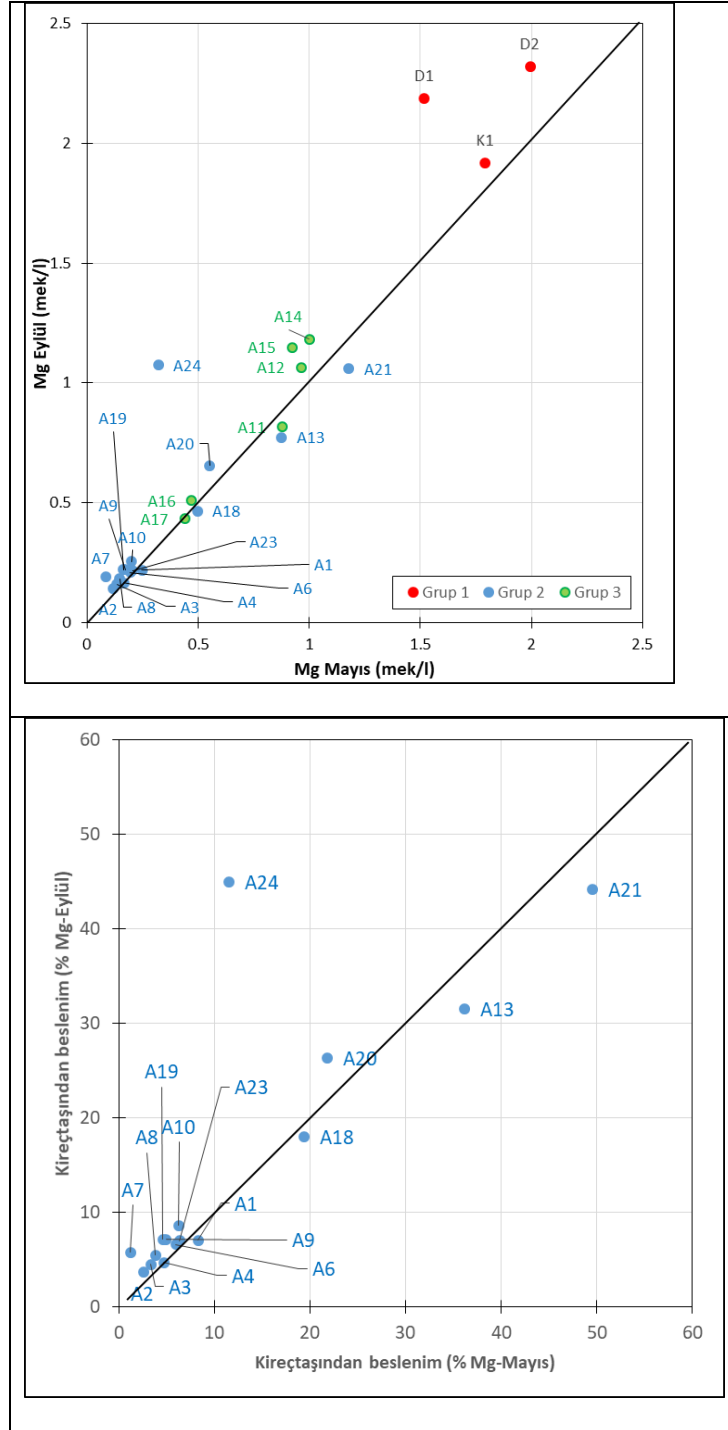
Kimyasal analiz sonuçlarına göre yapılan değerlendirmelere göre çalışma alanı için beslenimin kökeninin belirlenmesi açısından  $\text{Mg}^{+2}$  ve  $\text{SO}_4^{-2}$  'ın uç bileşen olarak tanımlanabileceği ortaya çıkmıştır.  $\text{SO}_4^{-2}$  derişimleri ile granüler akifer içindeki yeraltısularının tanımlanması mümkündür.  $\text{SO}_4^{-2}$  derişimlerinin yağışlı ve kurak dönemdeki değişimleri Şekil 4.10'da sunulmuştur. Granüler akifer örneklerinin  $\text{SO}_4^{-2}$  derişimleri diğer örneklerden belirgin olarak yüksektir. Traverten ve Pliyosen granüler akifer litoloji sınırındaki A13 noktası dışındaki tüm traverten örneklerinde  $\text{SO}_4^{-2}$  derişimleri 0.5 mek/l 'nin altındadır. Her iki akiferde de  $\text{SO}_4^{-2}$  derişimleri A14, A13 ve A24 noktaları dışında yağışlı ve kurak dönemlerde değişmemiştir. Bu sonuçlar ile  $\text{SO}_4^{-2}$  derişimlerinin traverten akiferin besleniminin kökeni açısından değerlendirilmesi mümkün değildir.



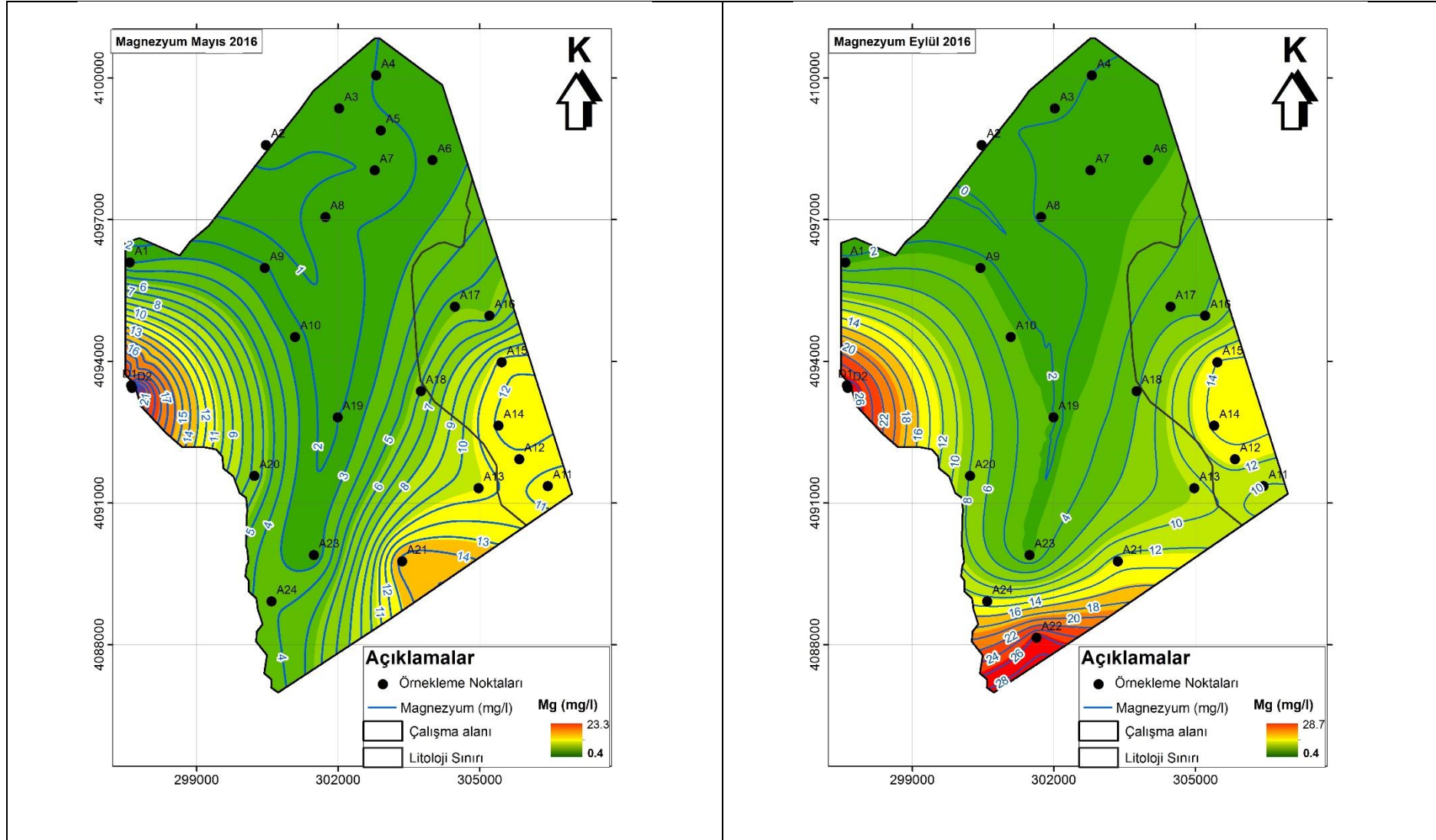
Şekil 4.10. Yağışlı ve kurak dönemlerde SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> derişimlerinin değişimi.

Mg<sup>+2</sup> iyonunun traverten içindeki kuyularda derişimi kireçtaşı boşalımı olan kuyulara oranla çok daha düşük olduğundan traverten akiferinde beslenme kökenini belirlemek için gösterge olarak kullanılabilir. Mg<sup>+2</sup> derişimlerinin çalışma alanındaki örneklerdeki bollukları ve yağışlı-kurak dönem arasındaki değişimleri Şekil 4.11’de verilmiştir. İnci Grup örnekleri (D1, D2 ve K1), A24 (2inci Grup) ve 3üncü Grup örneklerinden A12, A14 ve A15 dışındaki örneklerde mevsimsel değişim gözlenmemiştir. Mevsimsel değişim kurak dönemde Mg<sup>+2</sup> derişimlerinin artması yönünde olmuştur. Yağışlı ve kurak dönemde Mg<sup>+2</sup> derişimlerinin çalışma alanındaki değişimleri Şekil 4.12’de alansal dağılım olarak sunulmuştur. Eylül ayında Mg<sup>+2</sup> derişimleri çalışma alanının güneyinde yeraltısuyu akım yönüne paralel olarak artmaktadır. Bu durum ATP’su üzerine düşen yağışın kesilmesi ile yanal beslenme katkısının bölgesel akım yolu boyunca traverten içindeki artan katkısının göstergesidir. D2 No.lu Düdenbaşı kaynağının Eylül ayında ölçülmüş 2.3 mek/l yağış suyunun 0.06 mek/l için Mg<sup>+2</sup> derişimi kullanılarak (Appello and Postma, 2004) yapılan karışım hesaplamalarına göre %50 ye varan oranda yanal beslenme ile kireçtaşından beslenme gerçekleşmiş olması olasıdır (Şekil 4.11). Katkı

oranlarının hesaplanmasında kullanılan yaklaşım Bölüm 4.5.1'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Kireçtaşlarından yanal beslenimden katkı oranı çalışma alanının güneyindeki kuyularda daha yüksektir.  $Mg^{+2}$ 'un traverten içinde dolaşımı süresince çözünme ve çökeltme reaksiyonları ile derişiminin değışebileceğinden ve hesaplanan beslenime katkı oranları açısından mutlak değerler olarak kullanılamaz.



Şekil 4.11. Yağışlı ve kurak dönemlerde  $Mg^{+2}$  derişimlerinin değışimi ve kireçtaşlarından yanal beslenim katkı oranları.



Şekil 4.12. Yağışlı ve kurak dönemlerde  $Mg^{+2}$  derişimlerinin alansal değişimi.

#### 4.4. İz Elementler

Çalışma kapsamında 2016 yılı Mayıs ve Eylül aylarına çok sayıda iz elementin analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları toplu olarak EK-1'de sunulmuştur. Ancak çalışma kapsamında amaca uygun olarak uç bileşen olarak değerlendirilmesi mümkün olan Lityum (Li), Bor (B), Stronsiyum (Sr), Baryum (Ba), Rubidyum (Rb) elementlerine tez metni içinde yer verilmiştir. Seçilen iz elementlerin analiz sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. İz elementlerin değerlendirilmesinde de daha önce farklı akiferleri temsil edecek şekilde tanımlanan gruplar kullanılmıştır.

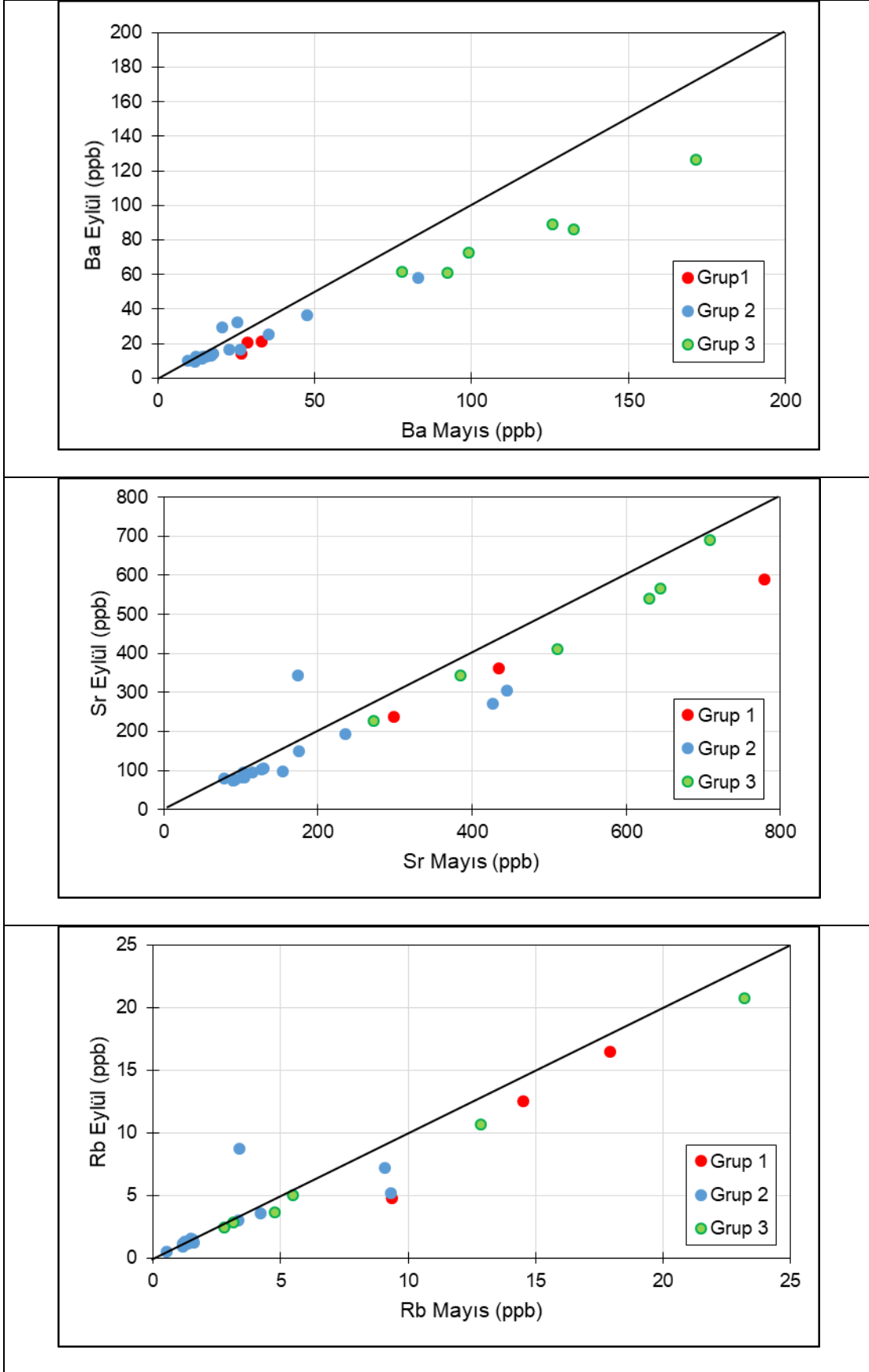
Çizelge 4.5. İz Element (Li, B, Sr, Ba ve Rb) derişimleri (derişimler ppb olarak sunulmuştur).

Örnek No	Mayıs					Eylül				
	Li	B	Sr	Ba	Rb	Li	B	Sr	Ba	Rb
K1	41.94	127.10	298.10	28.44	14.50	28.79	96.36	238.10	20.56	12.49
D1	37.54	132.00	434.30	26.70	9.37	11.29	129.00	362.00	14.07	4.75
D2	63.51	184.40	778.80	33.07	17.92	47.06	149.20	589.10	21.07	16.44
A1	4.18	36.14	154.70	26.11	1.60	2.24	17.76	97.83	16.41	1.25
A2	1.95	18.00	92.82	11.98	0.55	1.02	9.11	77.63	12.46	0.53
A3	4.80	11.48	78.12	9.41	1.50	4.38	7.89	78.56	10.27	1.54
A4	4.05	9.84	89.68	11.88	1.42	3.24	7.23	74.21	9.40	1.28
A5	3.10	8.83	87.26	13.61	1.08	*	*	*	*	*
A6	3.29	10.63	104.50	16.87	1.26	2.07	9.71	82.54	13.59	1.13
A7	2.68	7.34	90.37	14.14	1.18	2.38	7.68	74.23	11.20	0.89
A8	3.18	11.07	101.20	15.24	1.38	2.62	10.95	81.57	12.40	1.13
A9	3.54	13.47	127.30	16.86	1.24	3.13	12.84	102.70	13.07	1.09
A10	3.10	13.49	114.80	17.63	1.23	2.58	13.47	95.21	14.30	1.28
A13	17.91	26.69	445.80	83.09	9.32	6.54	32.10	304.40	57.78	5.20
A18	7.81	11.98	175.70	47.53	4.22	6.22	13.13	150.40	36.17	3.60
A19	3.30	7.22	103.00	14.40	1.15	2.53	9.67	94.51	12.69	1.13
A20	8.93	52.42	235.20	25.32	3.36	7.55	33.94	192.20	32.57	3.02
A21	28.12	116.30	426.50	35.37	9.08	16.69	69.97	271.00	25.36	7.20
A22	*	*	*	*	*	42.26	139.00	601.50	32.61	16.57
A23	5.65	10.88	129.30	22.85	1.56	3.58	10.13	106.10	16.61	1.45
A24	11.08	20.91	173.30	20.54	3.37	24.38	66.36	343.50	29.24	8.71
A11	9.87	20.83	630.20	132.40	12.86	8.42	16.53	539.30	86.38	10.67
A12	22.67	16.45	510.40	92.19	4.76	18.29	14.82	411.80	60.80	3.61
A14	9.82	10.34	708.10	171.60	23.20	6.52	10.61	689.60	126.40	20.78
A15	7.50	8.55	644.20	125.80	5.47	6.92	10.11	567.10	89.08	5.06
A16	6.13	11.41	384.70	98.97	3.15	4.86	11.66	344.80	72.72	2.84
A17	9.06	7.67	272.40	77.79	2.81	6.90	8.02	226.40	61.34	2.48
En düşük	1.95	7.22	78.12	9.41	0.55	1.02	7.23	74.21	9.40	0.53
En yüksek	63.51	184.40	778.80	171.60	23.20	47.06	149.20	689.60	126.40	20.78
Ortalama	12.49	34.83	284.26	45.76	5.33	10.48	35.28	261.40	34.94	5.24

\*Örnekleme yapılamamıştır.

Ba derişimleri granüler akifer örneklerinde diğer örneklerden daha yüksektir ve farklı akiferleri ayırt etmek için gösterge olarak kullanılabilir (Şekil 4.13). Granüler akifer yeraltısuyunda Ba derişimi 60 ppb ile 170 ppb arasında değişmektedir. 1inci Grup ve 2inci Grup örnekleri ise litoloji sınırındaki A13 noktası dışında 50 ppb'nin altındadır. Bu gözlem de önceki parametreler ile yapılan sınıflamayı desteklemektedir. Ancak 1inci Grup ve 2inci Grup örneklerindeki Ba derişimlerinin birbirlerine yakın olması traverten içindeki beslenim kökeninin hesaplanmasını engellemektedir. Ba derişimleri özellikle yağışlı dönemde granüler akifer örneklerinde daha yüksektir.

Sr derişimleri 50 ppb ile 800 ppb arasında değişmektedir (Şekil 4.13). 1inci Grup ve 2inci Grup örneklerinin Sr derişimleri ise 250-800 ppb arasındaki ölçülmüş en yüksek derişimlerdir. Yüksek Sr derişimi gözlenen 2inci Grup örnekleri ise A13 ve A21'dir. Olası uç bileşenlerde farklı derişimler ile ayırt edilen Sr derişimleri, Mesozoyik kireçtaşı katkısı açısından (K1, D1 ve D2 örneklerinde) geniş aralıkta değiştiğinden beslenim bileşenlerinin kökeninin belirlenmesi açısından değerlendirilememiştir. Benzer bir durum Rb gözlemleri için de geçerlidir. 2inci Grup örneklerinde Rb derişimleri 10 ppb'nin altında ölçülmüş iken 1inci Grup ve 3üncü Grup örneklerinin Rb derişimleri 2-20 ppb arasında değişkenlik göstermektedir.



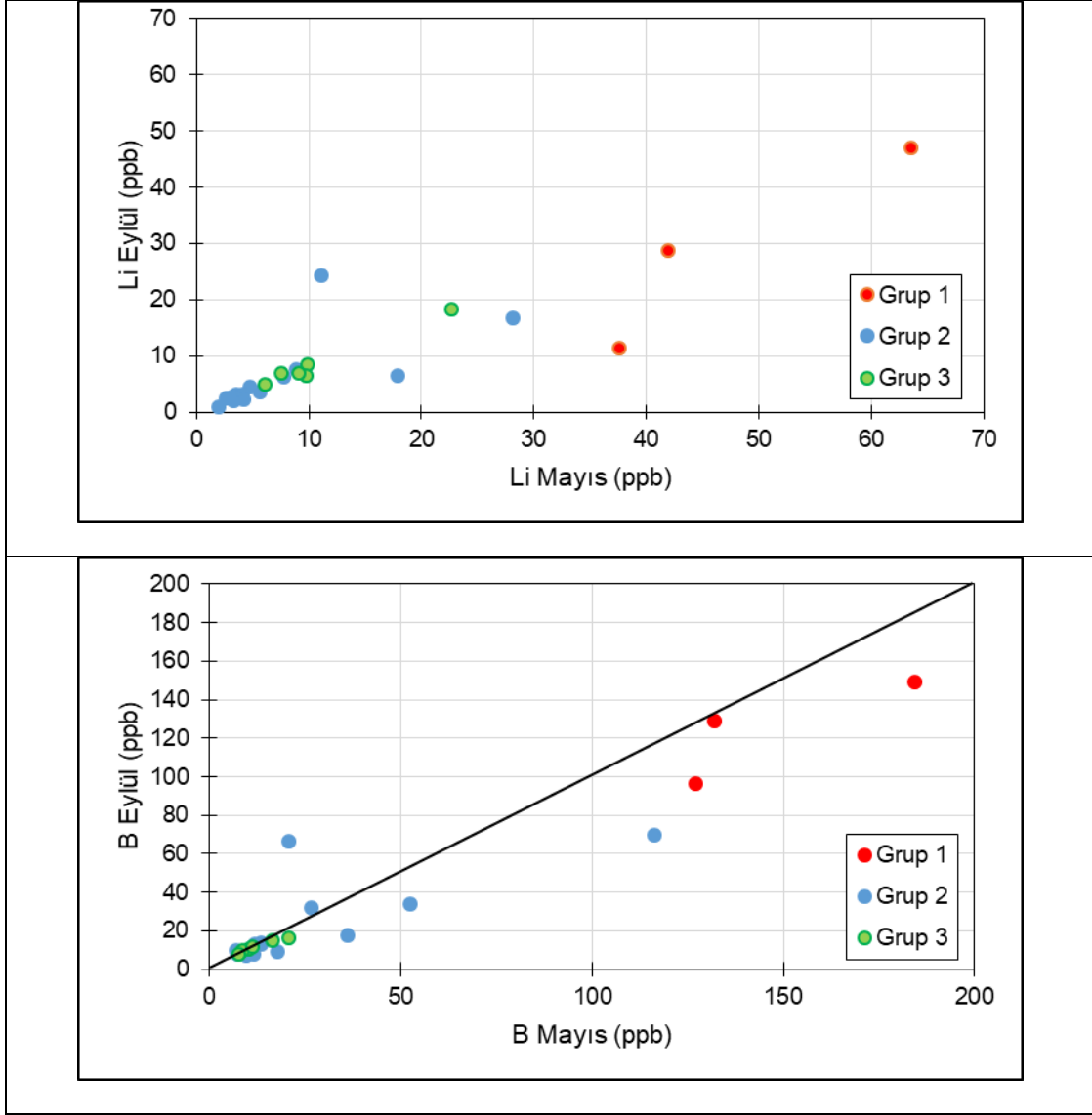
Şekil 4.13. Yağışlı ve kurak dönemlerde Sr, Ba ve Rb derişimlerinin değişimi.



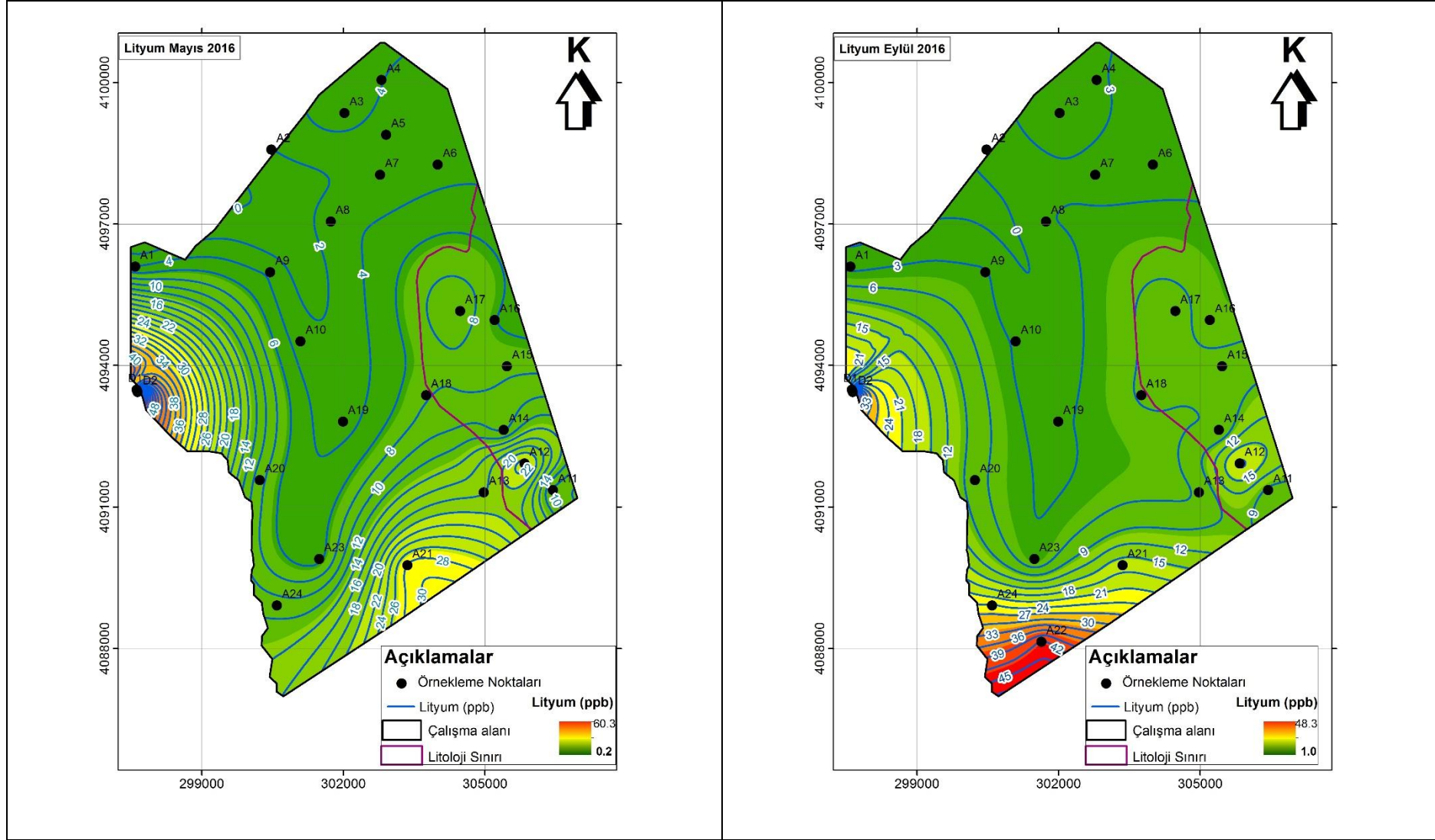
Çalışma kapsamında analizi yapılan B ve Li derişimleri ile Mesozoyik kireçtaşı akiferi örnekleri (1inci Grup) açık şekilde diğer örneklerden ayrılmaktadır. Çalışma kapsamında analizi yapılan B ve Li derişimlerinin mevsimsel değişimleri Şekil 4.14' de sunulmuştur.

Li derişimleri 40-70 ppb arasında değişen derişimler ile çalışma kapsamında ölçülmüş en yüksek derişimlerdir. 1inci Grup lityum derişimleri yağışlı örnekleme döneminde kurak döneme göre daha yüksektir. 10 ppb'nin üzerinde Li derişimi gözlenen noktalar A13 ve A21'dir. Çalışma alanının güneyinde yer alan A21 noktası gösterge parametrelerin birçoğu ile kireçtaşı katkısının en yüksek olduğu noktadır. Li derişimlerinin alansal dağılımı Şekil 4.15'de sunulmuştur.

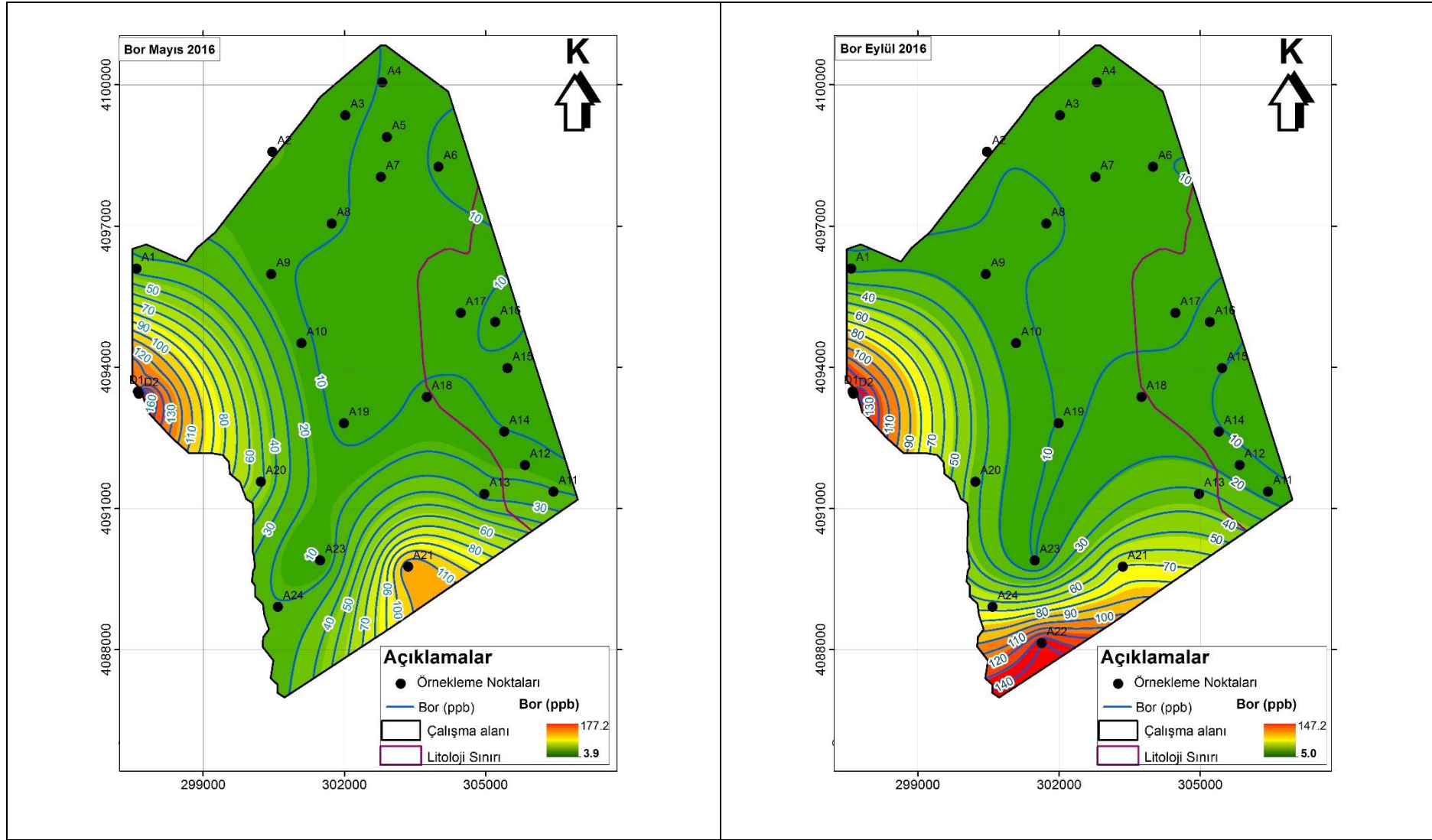
Kumlu ve killi kireçtaşlarında turmalinin bozunması sonucu yeraltısuyu B elementince zenginleşmektedir. Dolayısıyla B derişimleri kullanılarak beslenimin kökeninin belirlenmesi mümkündür. Çalışma alanındaki en düşük B derişimleri 2inci ve 3üncü Grup örneklerinde gözlenmiştir (Şekil 4.16).1inci Grup örneklerinin B derişimleri diğer örneklerden net olarak ayrılmaktadır. En düşük değerler 3üncü Grup örneklerinde yani pekişmiş kumtaşı ve konglomeradan oluşan granüler akiferde gözlenmiştir. En yüksek değerler ise 1inci Grup örneklerine aittir. B gözlemleri de 2inci Grup örneklerinde kireçtaşı katkısı olduğunu desteklemektedir. B tarım yapılan bölgelerde bitki besini olarak kullanıldığından yeraltısularında sıklıkla yüksek derişimlerde görülmektedir. Ancak B derişimin limit değerleri aşması durumunda bitki gelişimini engellediği de bilinmektedir.



Şekil 4.14. Yağışlı ve kurak dönemlerde Li ve B derişimlerinin değişimi



Şekil 4.15. Çalışma alanında Li derişimlerinin alansal değişimi.



Şekil 4.16. Çalışma alanında B derişimlerinin alansal değişimi.

#### 4.5. Çevresel İzleyici Gözlemleri

Çalışma alanında yeraltısuyunun kökeninin belirlenmesi amacı doğrultusunda örnekleme noktalarının çevresel izleyici içerikleri de belirlenmiştir. Çalışmada, çevresel izleyici olarak duraylı izotoplar olan Oksijen  $^{18}\text{O}$  ve Döteryum ( $^2\text{H}$ ) ve hidrojenin radyoaktif izotopu olan trityum ( $^3\text{H}$ ) içeriklerinden yararlanılmıştır. Çizelge 4.6’da 2016 yılı Mayıs ve Eylül ayı örneklerinin çevresel izleyici analiz sonuçları toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 4.6. Mayıs-Eylül dönemi  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  ve  $^3\text{H}$  analiz sonuçları.

Örnek no	Mayıs				Eylül			
	$\delta^2\text{H}$ VSMOW (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ VSMOW (‰)	$^3\text{H}$ (TU)	$^3\text{H}$ hata (TU)	$\delta^2\text{H}$ VSMOW (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ VSMOW (‰)	$^3\text{H}$ (TU)	$^3\text{H}$ hata (TU)
K1	-38.5	-7.2	2.15	0.25	-39.2	-7.4	0.84	0.25
D1	-38.9	-7.2	2.68	0.26	-39.2	-7.3	0.92	0.24
D2	-43.4	-7.7	1.29	0.23	-43.4	-7.7	1.85	0.23
A1	-30.7	-6.2	2.6	0.26	-29.6	-6.2	2.35	0.27
A2	-30.5	-6.1	2.09	0.25	-29.9	-6.2	1.35	0.25
A3	-29.1	-6.1	2.04	0.26	-28.9	-6.2	1.72	0.27
A4	-29.8	-6.1	1.79	0.25	-29.4	-6.2	2.62	0.31
A5	-28.5	-5.9	1.79	0.26	*	*	*	*
A6	-28.4	-5.8	1.89	0.27	-28.8	-6.0	1.64	0.27
A7	-29	-6	1.78	0.25	-28.8	-6.1	1.80	0.27
A8	-28.9	-6	1.85	0.25	-28.7	-6.0	2.17	0.27
A9	-29.2	-5.9	1.74	0.25	-28.9	-6.0	1.93	0.27
A10	-29.4	-6	1.32	0.24	-29.3	-6.0	2.54	0.28
A11	-27.6	-5.7	1.38	0.24	-27.8	-5.8	0.85	0.25
A12	-26.3	-5.4	0.62	0.22	-26.1	-5.5	1.29	0.27
A13	-27.8	-5.7	0.87	0.24	-28.6	-5.9	1.26	0.25
A14	-27.1	-5.7	0.07	0.21	-26.6	-5.6	1.18	0.27
A15	-26.9	-5.6	2.46	0.27	-27.1	-5.7	2.68	0.30
A16	-26.5	-5.4	2.18	0.28	-26.4	-5.5	0.98	0.25
A17	-27	-5.5	1.07	0.24	-28.0	-5.7	1.28	0.26
A18	-26.7	-5.6	1.4	0.24	-26.6	-5.6	1.95	0.27
A19	-29.4	-6	1.46	0.24	-29.4	-6.1	1.72	0.26
A20	-31	-6.2	1.77	0.24	-31.3	-6.3	2.48	0.28
A21	-33.3	-6.4	2.13	0.25	-33.2	-6.4	1.57	0.26
A22	*	*	*	*	-35.1	-6.7	1.22	0.26
A23	-31.7	-6.3	1.36	0.24	-30.9	-6.2	0.97	0.25
A24	-30.6	-6.2	1.57	0.25	-33.2	-6.5	0.93	0.26
En düşük	-43.4	-7.7	0.07		-43,4	-7,7	0,07	
En Yüksek	-26.3	-5.4	2.68		-26,1	-5,5	2,68	
Ortalama	-30.2	-6.1	1.66		-30,6	-6,2	1,62	

\* Örnekleme yapılamamıştır.

#### 4.5.1. Oksijen-18 ve Döteryum

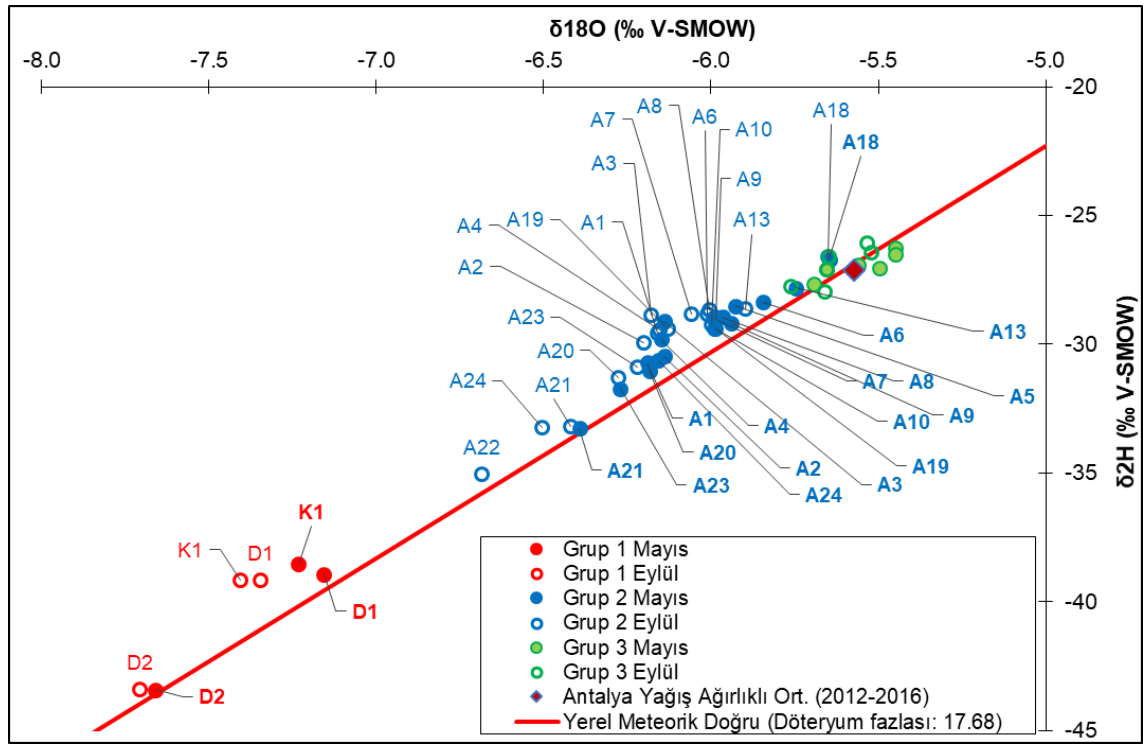
Mayıs dönemine ait 26 örnek içinde en yüksek  $\delta^{18}\text{O}$  içeriği -5.4‰ V-SMOW ile A12 ve A16 No.lu kuyularda, en düşük  $\delta^{18}\text{O}$  içeriği ise -7.7‰ V-SMOW ile D2 No.lu Düdenbaşı kaynağına aittir. En yüksek  $\delta^2\text{H}$  içerikleri ise -26.3‰ V-SMOW ile A12 No.lu kuyu örneğinde, en düşük  $\delta^2\text{H}$  içeriği ise -43.4‰ V-SMOW ile D2 No.lu Düden kaynağına ait örnektir. Örneklerin ortalama  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^2\text{H}$  içerikleri sırasıyla -6.1‰ V-SMOW ve -30.2‰ V-SMOW olarak belirlenmiştir.

2016 yılı Eylül ayı duraylı izotop analiz sonuçlarına göre en yüksek  $\delta^{18}\text{O}$  içeriği -5.5‰ V-SMOW ile A12 ve A16 No.lu kuyularda, en düşük  $\delta^{18}\text{O}$  içeriği ise -7.7‰ V-SMOW ile Düdenbaşı kaynağına ait su örneğindedir. En yüksek  $\delta^2\text{H}$  içerikleri ise -26.1‰ V-SMOW ile A12 No.lu kuyu örneğinde, en düşük  $\delta^2\text{H}$  içeriği ise -43,4‰ V-SMOW ile Düdenbaşı kaynağına aittir. Örneklerin ortalama  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^2\text{H}$  içerikleri sırasıyla -6.2‰ V-SMOW ve -30.6‰ V-SMOW olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanına ait duraylı izotop analiz sonuçlarının tamamı için oluşturulan  $\delta^{18}\text{O}$ -  $\delta^2\text{H}$  grafiği Şekil 4.17’de sunulmuştur. Grafik üzerinde Antalya meteoroloji istasyonunda yağışta gözlenen duraylı izotop içeriklerinden itibaren oluşturulan yerel meteorik doğru ve yağış ağırlıklı olarak hesaplanmış 2012-2016 dönemine ait yıllık ortalama duraylı izotop içerikleri gösterilmiştir. Yağışın izotop içeriğine ait veriler Dilaver vd., (2018) raporundan alınmıştır. Yağışlı ve kurak dönemlerde gözlenen yeraltısuyu duraylı izotop içerikleri birbirine oldukça yakındır. Ancak majör iyon kimyasına göre çalışma alanı için belirlenen örnek gruplarının birbirlerinden oldukça farklı izotop içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. İnci Grup olarak adlandırılan; Kırkgöz, Düdenbaşı kaynağı ve Düdenbaşı kuyusu (D1) çalışma kapsamında örneklenen tüm diğer noktalara göre daha düşük duraylı izotop içeriğine sahiptir. Pliyosen yaşlı granüler akiferde açılmış şahıs kuyularından oluşan Üçüncü Grup örnekleri ise çalışma kapsamındaki en yüksek duraylı izotop içeriklerine sahiptir. Traverten akiferindeki yeraltısuyunun örneklendiği İkinci Grup örneklerinde ise İnci ve Üçüncü Grup örnekleri arasında farklı duraylı izotop içerikleri belirlenmiştir. Duraylı izotoplar su molekülünün parçasıdır ve yeraltısuyunda beslenme anındaki bollukları dolaşım süresi boyunca korunmaktadır. Üst kotlardan görece düşük sıcaklıkta gerçekleşen yeraltısuyu besleniminin alt kotlardan gerçekleşen beslenime göre

daha düşük duraylı izotop içeriğine sahip olması beklenmektedir. Su buharının topografyayı takip ederek yükselmesi ve adiabatik olarak soğuması sonucunda oluşan orografik yağışların olduğu bölgelerde üst kotlarda gerçekleşen yağışlar izotopik olarak fakirleşirler. Bu izotopik fakirleşme dünya genelinde  $^{18}\text{O}$  için her 100 m’de -0.15 ‰ ila -0.5 ‰ ve  $^2\text{H}$  için ise -1 ‰ ila -4 ‰ arasında değişen fakirleşme ile tanımlanmaktadır (Clark and Fritz, 1997). Çalışma alanı için ağırlıklı olarak üst kotlardan beslendiği bilinen kireçtaşı boşalımının ATP’su kotunun 400 m ile 1400 m daha üst kotlardan beslendiği söylenebilir.

Beslenim sonrasında duraylı izotop içeriklerini etkileyen temel süreçler buharlaşma, su-kayaç izotop takası ve karışımdır. Altınova örneklerinde su-kayaç izotop takası ve buharlaşma süreçlerinin etkili olmadığı açıktır. Ancak traverten akiferi içindeki yeraltısuyu İnci ve 3üncü Grup örneklerinin karışımından oluşmaktadır. İnci Grup örnekleri yanal dokanak ile “kireçtaşlarından beslenimi” temsil etmektedir. Pliyosen yaşlı granüler akifer ise “ATP’su kotundaki yağıştan” beslenmektedir. Bu öngörü Şekil 4.17’de güncel yağışın yağış duraylı izotop içeriğinin 3üncü Grup örnekleri ile aynı bölgede yer alması ile desteklenmektedir.



Şekil 4.17. Altınova  $\delta^{18}\text{O}$ -  $\delta^2\text{H}$  Mayıs-Eylül ayı grafiği.

Uç bileşenlerin karışımdan oluşan traverten akiferi örneklerindeki “kireçtaşından” ve “ATP kotundaki yağıştan” beslenme bileşenlerinin oranlarının belirlenmesi için örneklerin  $^{18}\text{O}$  içerikleri kullanılarak iki uç bileşenli korunumlu karışım hesabı yapılmıştır. Hesaplama kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\delta^{18}\text{O}_{K\check{c}t} \cdot V_{K\check{c}t} + \delta^{18}\text{O}_{ATPYağış} \cdot V_{ATPYağış} = \delta^{18}\text{O}_{\text{örnek}} \cdot (V_{K\check{c}t} + V_{ATPYağış})$$

Eşitlikte;  $V_{K\check{c}t}$  ve  $V_{ATPYağış}$  sırası ile yanal beslenme ile kireçtaşlarından ve ATP kotundaki yağıştan beslenimin hacimlerini göstermektedir.  $\delta^{18}\text{O}_{K\check{c}t}$ , kireçtaşından beslenimi temsil eden D2 örneğinin  $^{18}\text{O}$  içeriği olan -7.66 ‰ olarak hesaplama katılmıştır.  $\delta^{18}\text{O}_{ATPYağış}$  ise -5.57 ‰ kabul edilmiştir.  $\delta^{18}\text{O}_{ATPYağış}$  uç bileşeni ATP üzerinde kurulu Antalya istasyonunda 2012-2016 döneminde yağışın ölçülmüş  $^{18}\text{O}$  içeriklerinin yağış ağırlıklı ortalamasıdır.

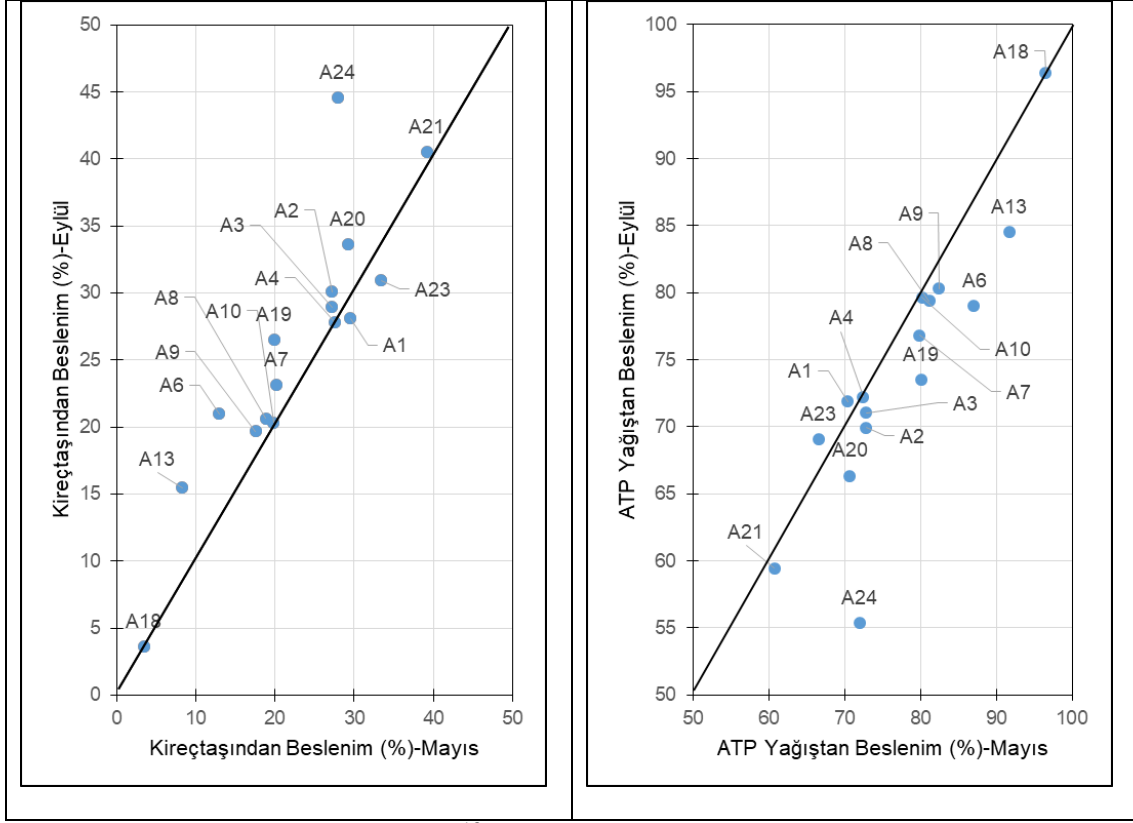
Traverten akiferi örnekleri için bu hesaplama ile Mayıs ve Eylül ayları için “kireçtaşından” ve “ATP kotundaki yağıştan” beslenme bileşenlerinin yüzde oranları Çizelge 4.7’de toplu olarak sunulmuştur. Mayıs ayında traverten örneklerinde % 3.5 ile % 39.3 arasında değişen oranlarda kireçtaşından yanal beslenme katkısı olduğu belirlenmiştir. Eylül ayında ise bu kireçtaşından beslenme oranları % 3.6 ile % 53.2 arasında değişen değerlerde hesaplanmıştır. Pliosen yaşlı granüler akifer sınırındaki A18 kuyusu dışındaki noktalarda %10-%40 arasında değişen oranlarda kireçtaşından beslenme olduğu gözlenmektedir. ATP’su kotunda yağışın gözlenmediği yaz ayları sonunda kireçtaşından beslenme büyük oranda artmaktadır (Şekil 4.18). En yüksek oranda kireçtaşından beslenme çalışma alanının güneyinde A21 ve A24 No.lu kuyularda gözlenmektedir.



Çizelge 4.7. Traverten akiferinde  $^{18}\text{O}$  içeriklerine göre yağıştan ve kireçtaşlarından beslenime katkı oranları.

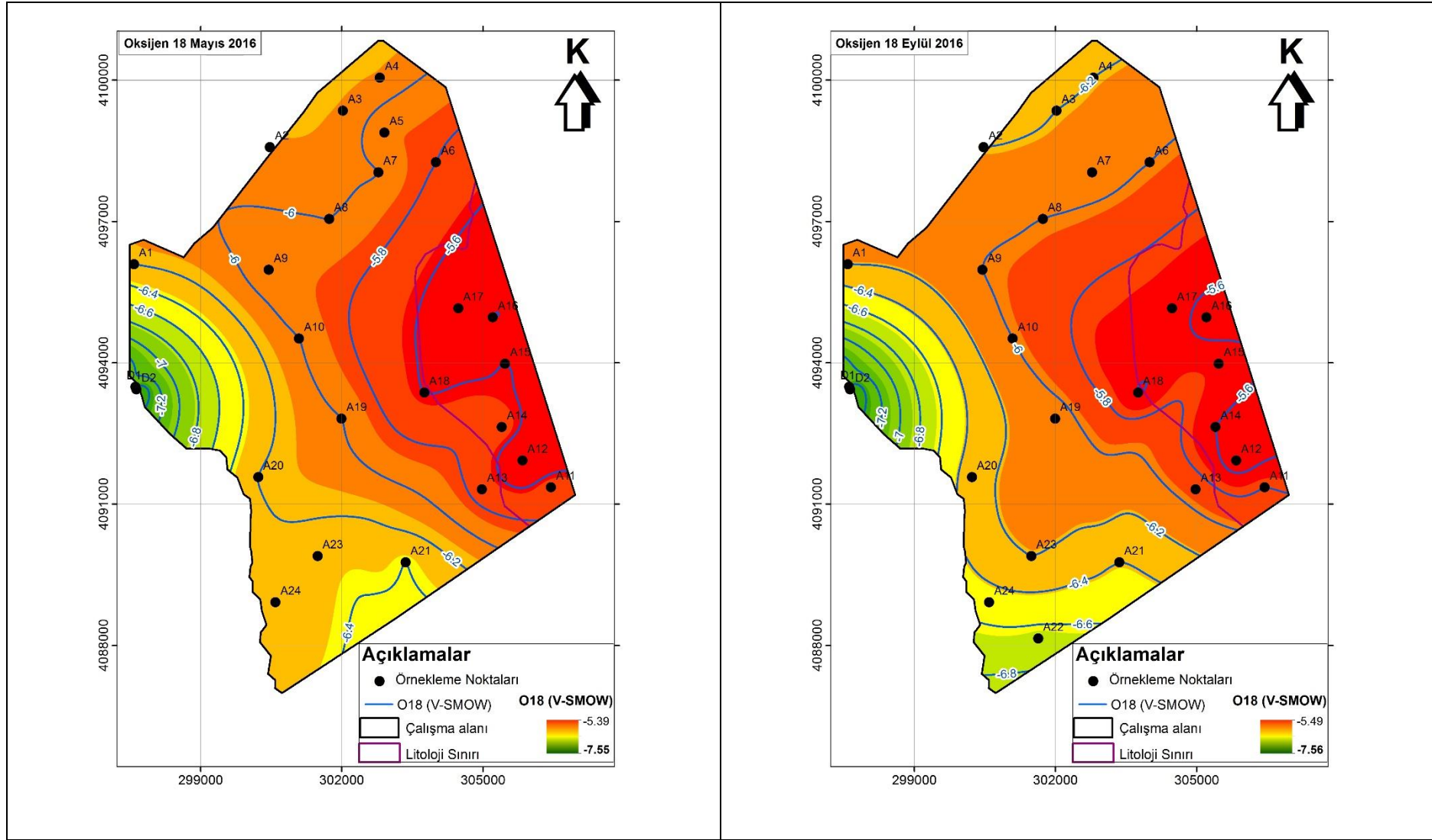
Kuyu NO	Mayıs		Eylül	
	ATP Kotunda Yağıştan Beslenim (%)	Kireçtaşından Beslenim (%)	ATP Kotunda Yağıştan Beslenim (%)	Kireçtaşından Beslenim (%)
A1	70.5	29.5	71.9	28.1
A2	72.8	27.2	69.9	30.1
A3	72.8	27.2	71.1	28.9
A4	72.4	27.6	72.2	27.8
A5	83.0	17.0	*	*
A6	87.1	12.9	79.0	21.0
A7	79.9	20.1	76.8	23.2
A8	81.2	18.8	79.4	20.6
A9	82.5	17.5	80.3	19.7
A10	80.2	19.8	79.7	20.3
A13	91.7	8.3	84.5	15.5
A18	96.5	3.5	96.4	3.6
A19	80.1	19.9	73.5	26.5
A20	70.7	29.3	66.4	33.6
A21	60.7	39.3	59.4	40.6
A22	*	*	46.8	53.2
A23	66.6	33.4	69.1	30.9
A24	72.0	28.0	55.4	44.6

\*Analiz sonucu bulunmamaktadır.



Şekil 4.18. Traverten akiferinde  $^{18}\text{O}$  içeriklerine göre yağıştan ve kireçtaşlarından beslenime katkı oranlarının yağışlı ve kurak dönemlerdeki değişimi.

Mayıs ve Eylül aylarında duraylı izotop içeriklerinde çok büyük değişiklikler gözlenmemiş olmasına rağmen beslenimin kökeni açısından önemli farkların olduğu gözlenmektedir. Bu değişimin çalışma alanındaki dağılımının gözlenmesi için Mayıs ve Eylül dönemleri için  $^{18}\text{O}$  içerikleri kullanılarak alansal dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.19). Yağışlı ve kurak dönemlerde Düdenbaşı kaynağında ve çalışma alanının doğusunda yüzeylenen granüler akiferde  $^{18}\text{O}$  içerikleri önemli oranda değişmezken traverten içinde düşük  $^{18}\text{O}$  içerikli alanın kurak dönemde arttığı gözlenmektedir. Azalan  $^{18}\text{O}$  bölgesinin traverten içindeki yeraltısuyu akım yönü ile uyumlu olduğu da gözlenmektedir. Benzer şekilde bu bölgede kurak dönemde çözülmüş madde içeriğinin ve yeraltısuyu sıcaklığının da arttığı önceki bölümlerde belirlenmiştir.



Şekil 4.19. Çalışma alanında  $^{18}\text{O}$  içeriklerinin yağışlı ve kurak dönemlerde alansal değişimi.

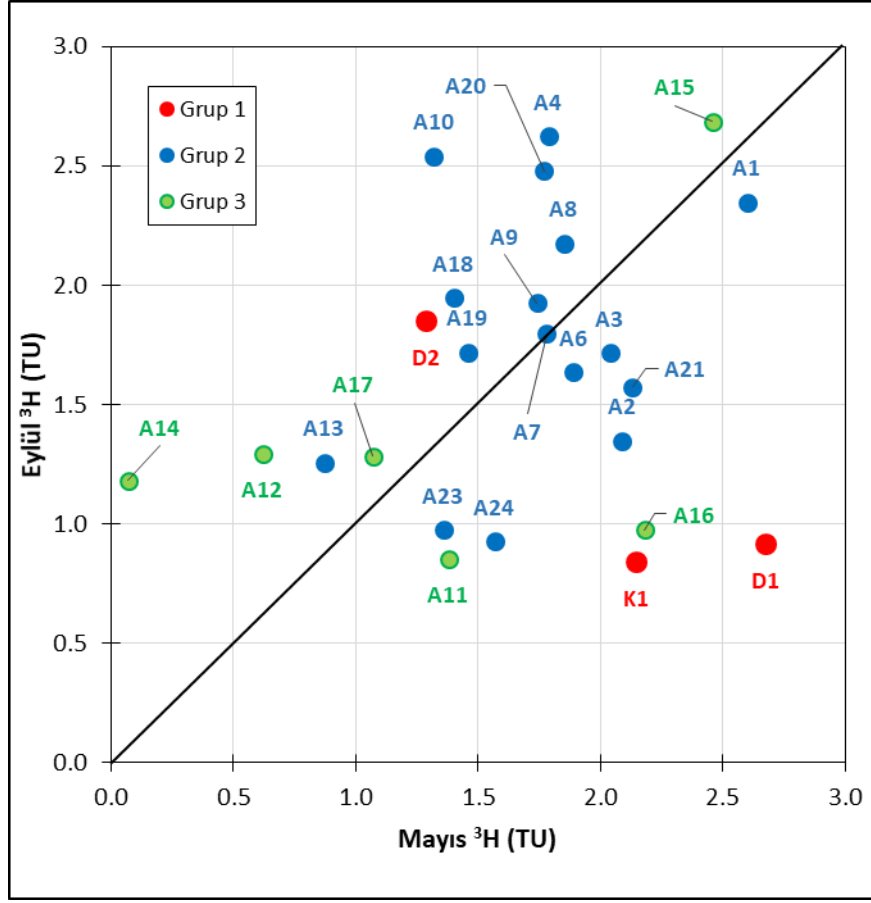
#### 4.5.2. Tritiyum

Çalışma kapsamında 2016 yılının Mayıs ve Eylül ayında örneklenen noktaların  $^3\text{H}$  içerikleri ve toplam analitik hataları Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Mayıs ayında en yüksek trityum içeriği 2.68 TU ile D1 No.lu kuyuda, en düşük trityum içeriği ise 0.07 TU ile A14 No.lu kuyudan alınan örnekte ölçülmüştür. Ortalama trityum içeriği 1.66 TU'dur. Çalışma alanında Eylül ayında  $^3\text{H}$  analiz sonuçlarına göre en yüksek trityum içeriği 2.68 TU ile A15 No.lu kuyuda, en düşük trityum içeriği ise 0.84 TU ile Kırkgöz Kaynağı (K1) alınan örneğinde ölçülmüştür. Ortalama trityum içeriği 1.62 TU'dur.

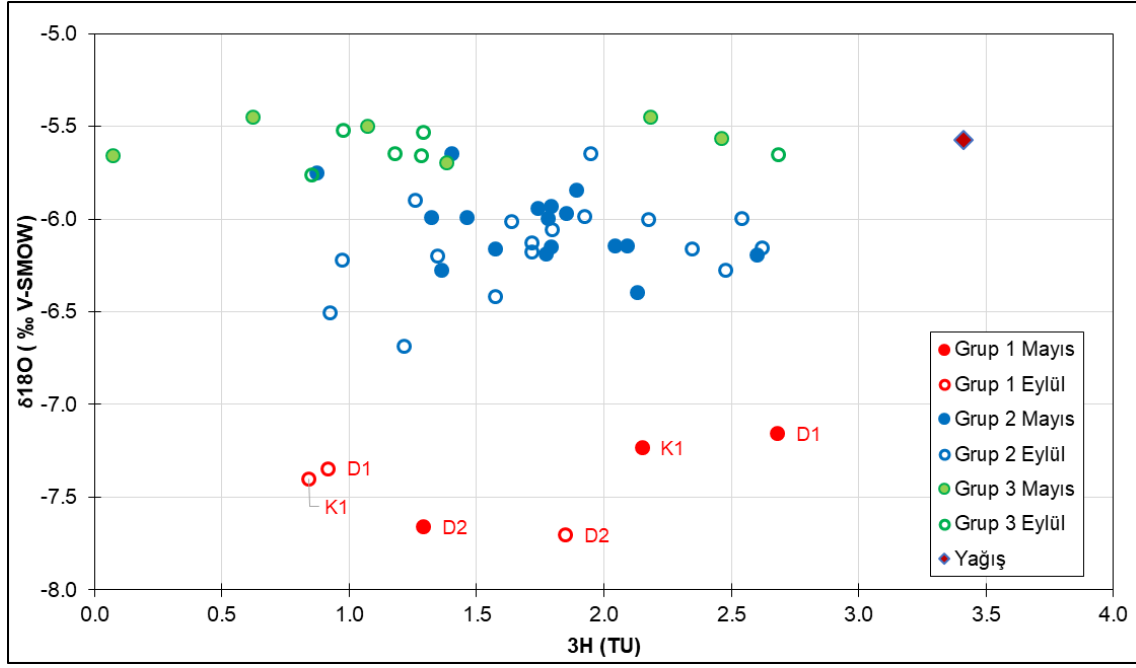
$^3\text{H}$  yeraltısularında beslenimin kökeninin belirlenmesinden çok genellikle yeraltısuyu dolaşım süresinin, bir diğer deyişle yeraltısuyu yaşının, göstergesi olarak kullanılmaktadır. Tritiyumun bu amaçla kullanımı için aynı noktada tarihsel kayıt olması beklenmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada ilk kez üretilen veriler ile bu tür bir değerlendirmenin yapılması mümkün değildir. Ancak yapılan gözlemler mevsimsel değişim ve diğer gözlemler ile karşılaştırılarak yeni bulgular ortaya konmaya çalışılmıştır. Dilaver vd. (2018) 'de paylaşılan verilere göre Antalya istasyonunda 2012-2016 döneminde yağışın  $^3\text{H}$  içeriği ortalama 3.85 TU'dur. Ancak yıl içinde yağışın  $^3\text{H}$  içeriğinin gözlem döneminde 1.50 TU ile 7.70 TU arasında değiştiği unutulmamalıdır. Mevsimsel bu değişim çalışma alanı gibi iletimliliği yüksek serbest akiferlerde beslenimin hızla su tablasına ulaştığı yeraltısuyu sistemlerinde büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle yağış  $^3\text{H}$  içeriklerinden itibaren yağış ağırlıklı  $^3\text{H}$  hesaplandığında yağışın  $^3\text{H}$  içeriği 3.41 TU olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında ölçülmüş yeraltısuyu  $^3\text{H}$  içeriklerinin tamamı 3 TU'nun altındadır (Şekil 4.20). Güncel yağışın altında gözlenen trityum içerikleri, yeraltısuyunun dolaşım sırasında radyoaktif olarak yarılanması ya da farklı geçiş süresine sahip akım yollarının karışımından kaynaklanabilir. Örneğin Kırkgöz Kaynağında yapılan bir çalışmada bu kaynak ile boşalan yeraltısuyunun ortalama geçiş süresinin 100 yılın üzerinde olduğu belirlenmiştir (Özyurt, 2008). Uzun geçiş süresine sahip olduğu bilenen Kırkgöz Kaynağında mevsimsel olarak 1 TU'nun üzerinde farklı  $^3\text{H}$  içerikleri gözlenebilmektedir. Sonuç olarak trityum gözlemlerinden hareket ile bu

koşullarda uç bileşenlerin ayırt edilmesi mümkün olmadığından beslenimin kökeninin tanımlanması mümkün değildir.



Şekil 4.20. <sup>3</sup>H içeriklerinin Mayıs ve Eylül dönemlerinde değişimi.

<sup>3</sup>H gözlemleri ile uç bileşenlerin tanımlanmasındaki güçlüğü rağmen uç bileşenlerin net olarak tanımlandığı <sup>18</sup>O içerikleri ile bir karşılaştırma yapılmıştır (Şekil 4.21). Beslenim kotu/sıcaklığı ile ilişkilendirilen <sup>18</sup>O, 1inci Grup örneklerini tüm diğer örneklerden ayırmaktadır. Ancak ölçülen <sup>3</sup>H içerikleri tüm gruplar için 0.5-2.7 TU arasında saçılmaktadır. Önceki çalışmalardan uzun geçiş süreli olduğu bilinen Kırkgöz Kaynağına benzerliği nedeni ile Düdenbaşı Kaynağının da benzer uzun geçiş süresine sahip olduğu söylenebilir. 100 yıl geçiş süreli yeraltısuları ile görece çok daha kısa süreli olması beklenen yeraltısularının günümüzde benzer <sup>3</sup>H içeriklerine sahip olmaları atmosferik <sup>3</sup>H sinyalinin doğal seviyelere inmesinden kaynaklanmaktadır.



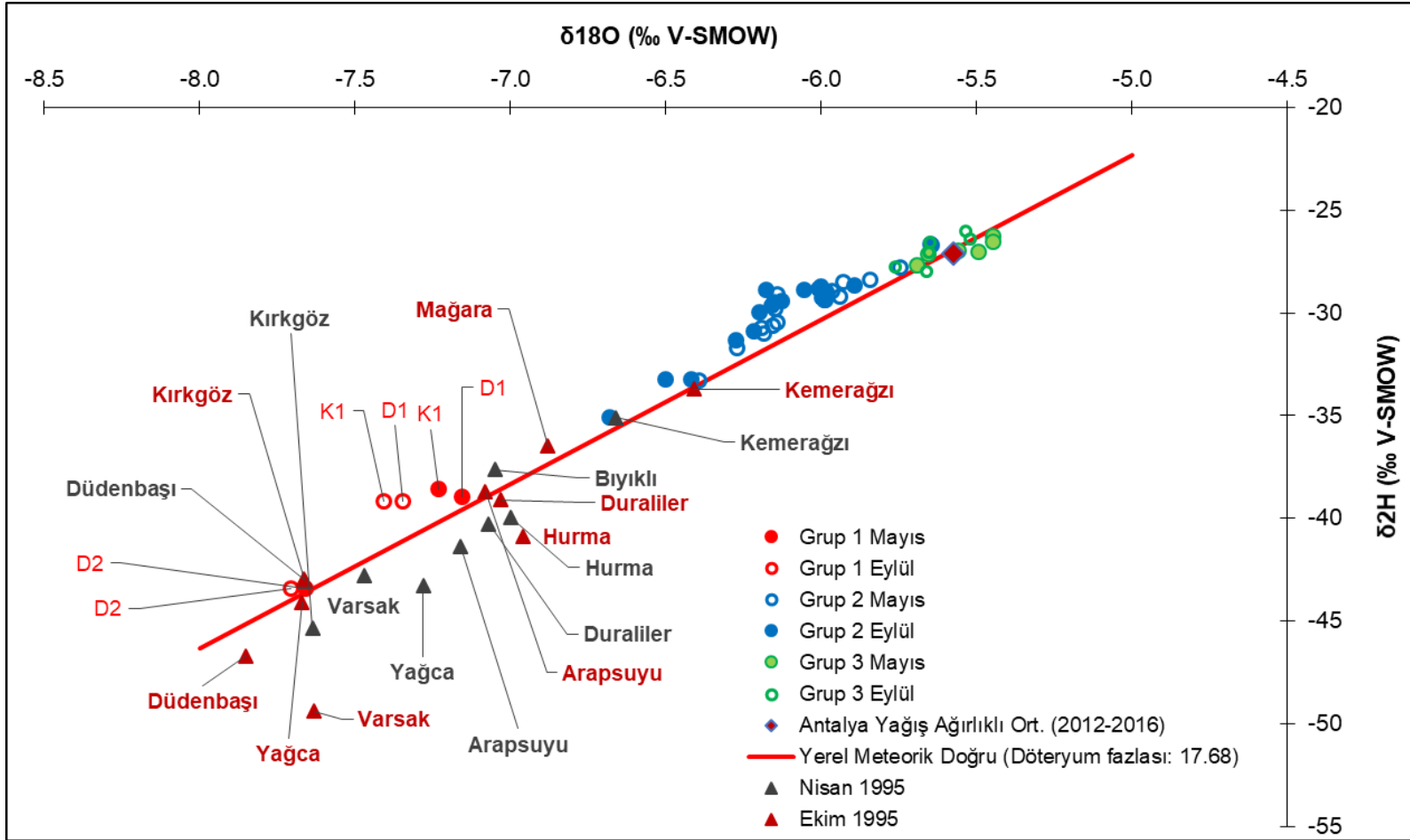
Şekil 4.21. Çalışma alanına ait  $^3\text{H}$  ve  $^{18}\text{O}$  analiz sonuçlarının karşılaştırılması.

#### 4.5.3. Çevresel İzleyicilerin Geçmiş Gözlemler İle Karşılaştırılması

Çalışma kapsamındaki çevresel izleyici gözlemlerinin ATP’nda geçmişte yapılan çalışmalardaki veriler kullanılarak yeniden değerlendirilmesi için Atilla (1995)’de sunulan verilerden yararlanılmıştır. Atilla (1995) bu bölgede yeraltısuyunda çevresel izleyicilerin kullanıldığı az sayıda çalışmadan en kapsamlı olanıdır. 1995 yılı yağışlı (Nisan) ve kurak (Ekim) dönemlerde ATP’su çevresi ve içindeki kaynaklardan örnekleme yapılarak duraylı izotop ve trityum analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Bu çalışmada örnekleme yapılan kaynakların konumları Şekil 2.6’da verilmiştir. Kaynaklardan Kırkgöz ve Hurma Kaynakları kireçtaşlarından boşalırken Duraliler, Arapsuyu, Düdenbaşı, ve Mağara Kaynakları traverten içinden boşalmaktadır. Yağca, Bıyıklı ve Varsak ise traverten içindeki düdenlerdir. Bu tez çalışması kapsamında analizi yapılan noktaların duraylı izotop içeriklerinin 1995 yılı gözlemleri ile karşılaştırılması Şekil 4.22’de sunulmuştur. 1995 yılı gözlemlerinde Kemerağzı dışındaki tüm noktaların duraylı izotop içerikleri İnci Grup (Mesozoyik kireçtaşından beslenen) örneklerine benzerlik göstermektedir. Her iki çalışmada da örneklenen Düdenbaşı ve Kırkgöz Kaynaklarının 1995 yılı duraylı izotop içeriklerinin daha negatif olduğu gözlenmektedir. ATP’su güneydoğusundaki Kemerağzı ve güneydeki Mağara kaynaklarının traverten akiferi ile Mesozoyik kireçtaşı yeraltısularının karışımından oluşmuş olması olasıdır.

Çizelge 4.8. 1995 yılında ATP'su ve çevresindeki kaynaklarda çevresel izleyici gözlemleri (Atilla 1996'dan alınmıştır).

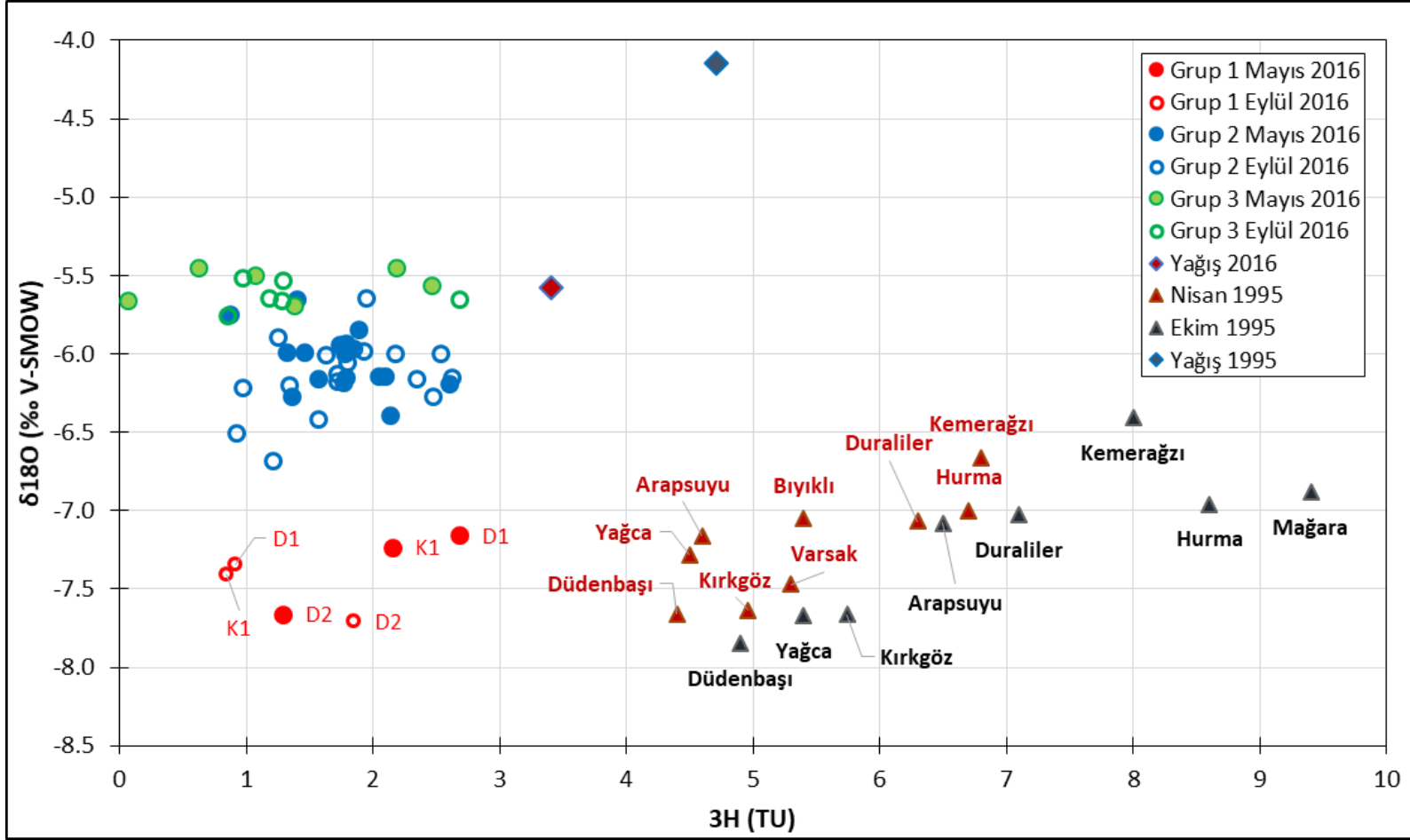
	Nisan 1995			Ekim 1995		
	<sup>18</sup> O (‰VSMOW)	<sup>2</sup> H (‰VSMOW)	<sup>3</sup> H (TU)	<sup>18</sup> O (‰VSMOW)	<sup>2</sup> H (‰VSMOW)	<sup>3</sup> H (TU)
Kırgöz	-7.64	-45.38	4.9	-7.66	-43.0	5.7
Hurma	-7.00	-39.95	6.7	-6.96	-40.9	8.6
Düdenbaşı	-7.66	-43.05	4.4	-7.85	-46.7	4.9
Arapsuyu	-7.16	-41.4	4.6	-7.08	-38.7	6.5
Mağara				-6.88	-36.5	9.4
Duraliler	-7.07	-40.27	6.3	-7.03	-39.1	7.1
Kemerağzı	-6.66	-35.11	6.8	-6.41	-33.7	8
Yağca	-7.28	-43.29	4.5	-7.67	-44.1	5.4
Bıyıklı	-7.05	-37.64	5.4			
Varsak	-7.47	-42.82	5.3	-7.63	-49.4	



Şekil 4.22. 1995 ve 2016 yılı duraylı izotop gözlemlerinin karşılaştırılması.



Farklı dönemlerde belirlenen  $^3\text{H}$  içerikleri duraylı izotoplara oranla daha fazla bilgi üretmektedir. 1995 ve 2016 dönemlerinde farklı beslenme kökenlerinin belirlendiği  $^{18}\text{O}$  içerikleri ile  $^3\text{H}$  gözlemlerinden oluşturulan grafik Şekil 4.23’de sunulmuştur. Aynı grafik üzerinde 1995 ve 2016 yılı yağışlarının yağış ağırlıklı ortalamaları da gösterilmiştir. 1995 yılı yağış izotopik içeriği GNIP veri tabanından elde edilmiştir (<https://nucleus.iaea.org/Pages/GNIPR.aspx>). 1995 yılı yağış  $^3\text{H}$  içeriği 4.70 TU iken yeraltısuyu örneklerinin  $^3\text{H}$  içerikleri 4.5-9.5 TU arasında değişmektedir. Yağış suyunun -4.14 ‰ olan  $^{18}\text{O}$  içeriği yeraltısuyu örneklerinde -6.5 ‰ ve altındadır. Duraylı izotop kompozisyonu açısından tüm yeraltısularının ATP’su kotu üstündeki kotlardan beslendiği ya da platoya düşen yağış ile üst kot besleniminin karışımından oluştuğu açıktır. 1995 yılından günümüze yeraltısuyundaki  $^3\text{H}$  içeriğinin önemli oranda azaldığı gözlenmektedir. 1995 yılında yağış  $^3\text{H}$  içeriğinin üstündeki yeraltısularının uzun geçiş süreli oldukları söylenebilirken, günümüzde aynı su noktalarında  $^3\text{H}$  içerikleri güncel atmosferik  $^3\text{H}$  içeriğinin altına düşmüştür. Bu durum  $^3\text{H}$  ile hidrojeolojik değerlendirmeler yapılabilmesi için uzun süreli gözlemlerini önemini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.23. 1995 ve 2016 yılı  $^{18}\text{O}$  ve  $^3\text{H}$  gözlemlerinin karşılaştırılması.

#### 4.6. ATP'nun Hidrolojik Bütçesi

Altınova Bölgesinde traverten akiferinde beslenimin kökeninin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen bulguların (köken oranlarının) ATP'su için geçerliliğinin kontrolü açısından basit bir hidrolojik bütçe hesaplaması yapılmıştır. Bütçe hesaplamasındaki veriler ortalama değerlerdir ve yıl içinde ya da iklim değişiklikleri nedeni ile ardışık yıllarda gerçekleşen salınımları kapsamamaktadır.

ATP'su üzerine düşen 1106 mm yıllık ortalama yağıştan Turc yöntemine göre yıllık 771 mm buharlaşma gerçekleşmesi durumunda yeraltısuyu ve yüzeysel akış için 335 mm kalmaktadır. ATP'nda yüzeysel akış gerçekleşmediğinden fazla suyun tamamının traverten akiferi beslediği kabul edilebilir. Bu durumda traverten yayılım alanı olan 630 km<sup>2</sup>'lik alandan yıllık 211 Mm<sup>3</sup> beslenim gerçekleşmektedir. Travertenden boşalan kaynakların toplam debisi 22.279 m<sup>3</sup>/s olup, bu boşalımın yaklaşık yarısı (10 m<sup>3</sup>/s) Düdenbaşı kaynağından gerçekleşmektedir. Bu durumda traverten kaynaklarından gerçekleşen yıllık boşalım 702 Mm<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır. Traverten akiferinin bir diğer önemli boşalım bileşeni denize boşalımdır. Altınova bölgesindeki hidrolik gradyanın ortalama olarak traverten akiferin tamamında geçerli olduğu kabul edilirse hidrolik gradyan yaklaşık 5.10<sup>-3</sup>'dür. Travertenin ortalama hidrolik iletkenlik katsayısı ise traverten içinde açılmış kuyularda yapılan gözlemlere göre 864 mm/gün olarak belirlenmiştir. Bu veriler kullanıldığında yaklaşık 50 m traverten kalınlığı ve 20 km'lik kıyı şeridinden gerçekleşecek yeraltısuyu boşalımı yıllık 1.5 Mm<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır. Denize yeraltısuyu boşalımı, öngörülen beslenim ve kaynak boşalımlarının yanında ihmal edilebilir büyüklüktedir. Bunun yanısıra yıllık çekim miktarı bilinmemekle birlikte kuyular ile yeraltısuyu işletmesi yapılmaktadır. Kuyular ile yapılan çekimin kaynak boşalımlarını etkilediği bilindiğinde yeraltısuyu işletme debisinin kaynak boşalımları ile temsil edildiği kabul edilebilir.

Bu çalışma kapsamında yapılan duraylı izotop ve kimyasal değerlendirmelerine göre Düdenbaşı Kaynağının traverten akiferinden değil doğrudan Mesozoyik kireçtaşlarında beslendiği açıktır. Düdenbaşı kaynağının ortalama 10 m<sup>3</sup>/s'lik debisi traverten boşalımlarından düşülürse traverten akiferinin boşalımı 12.279 m<sup>3</sup>/s'ye karşılık 387 Mm<sup>3</sup>

olmaktadır. Bu durumda ATP'sunda 211 Mm<sup>3</sup> yağıştan beslenime karşılık 387 Mm<sup>3</sup> ortalama kaynak boşalımı öngörülmektedir.

Traverten akiferden boşalımı karşılayamayan plato üzerine düşen yağıştan beslenimin 176 Mm<sup>3</sup> yanal beslenim ile karşılanıyor olması beklenmektedir. 176 Mm<sup>3</sup> yanal beslenim ise toplam beslenimin %45'ine karşılık gelmektedir. Mesozoyik kireçtaşlarından gerçekleşen bu beslenim duraylı izotop verileri ile belirlenen katkı oranına yakındır.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Dünyanın sayılı tatlı su travertenlerinden olan ATP'su jeolojik oluşumu ile çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. ATP'sunu oluşturan traverten Antalya şehrinin içme-kullanma suyu ve sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Travertenin plato üzerine düşen yağışın yanısıra belli oranda komşu Mesozoyik kireçtaşlarından beslendiği öngörülmektedir. Traverten akiferindeki yeraltısuyu bölge için kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada, ATP'su içinde yeralan Altınova bölgesinde ağırlıklı olarak sulama suyu sağlamak için açılmış kuyularda kimyasal ve çevresel izleyici gözlemleri yapılarak traverten akiferinin beslenme bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kimyasal kompozisyon ve çevresel izleyiciler ile beslenimin kökeninin belirlenmesi yaygın bir yöntem olmakla birlikte yöntemin başarısı beslenime katkısı olan uç bileşenlerin çalışmaya dâhil edilmiş olmasına bağlıdır. Bu nedenle Mesozoyik kireçtaşlarından boşalan Kırkgöz ve traverten platosu içinden boşalan en yüksek debili kaynak olan Düdenbaşı Kaynaklarında da gözlemler yapılmıştır.

Seçilen noktalarda Mayıs ve Eylül 2016 dönemlerinde yeraltısuyu seviye gözlemi, fiziksel-kimyasal özelliklerin ölçümü ve örnekleme yapılmıştır. Yeraltısuyu örneklerinde majör iyon, iz element, duraylı izotop ve trityum analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular çalışmanın amacı doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bulguların değerlendirilmesi sonucunda çalışma kapsamındaki yeraltısuyu örnekleme noktaları 3 gruba ayrılmıştır. İnci Grup Mesozoyik kireçtaşlarını temsil eden kaynaklardan, 2inci Grup traverten akifer örneklerinden ve 3üncü Grup Pliyosen yaşlı granüler akifer örneklerinden oluşmaktadır.

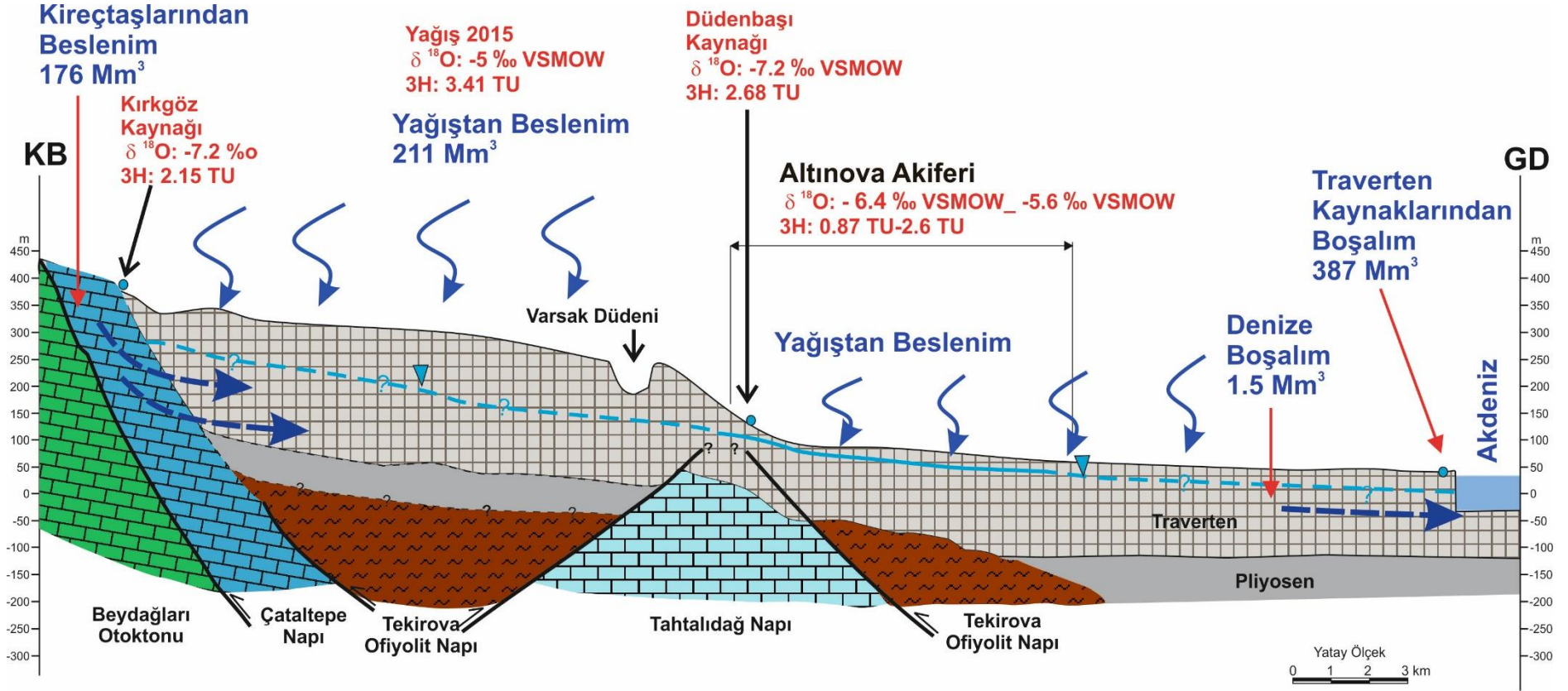
Majör iyon ve iz element sonuçları ile farklı akiferleri temsil eden örnek grupları birbirinden ayrılmıştır. Ancak kimyasal göstergeler ile yeraltısuyunun besleniminde katkısı olan farklı uç bileşenlerin katkı oranlarının belirlenmesi açısından yetersiz kalmıştır. Kireçtaşı ve traverten akifer kompozisyonlarının birbirlerine benzemeleri ve gösterge parametrelerin dolaşım süresince reaksiyonlara girerek derişimlerinin değişmesi hesaplama yapılmasını güçleştirmektedir. Sadece  $Mg^{+2}$  derişimleri kullanılarak traverten

akiferinde %50'ye varan oranlarda kireçtaşlarında yanal beslenme olduğu belirlenebilmiştir.

Beslenimin kökeni konusunda en kesin ve sayısal olarak ifade edilebilen sonuçlar duraylı izotoplar ile belirlenmiştir. Suyun duraylı izotopları olan  $^{18}\text{O}$  ve  $^2\text{H}$ 'ın yeraltısuyundaki bollukları doğrudan beslenme koşullarını göstermektedir. Duraylı izotop sinyali yeraltısuyu dolaşımı süresince karışım süreci dışında değişmemektedir.  $^{18}\text{O}$  içerikleri ile yapılan değerlendirmeler sonucunda traverten akiferinde %45'e varan farklı oranlarda kireçtaşı akiferinden yanal katkı belirlenmiştir. Bu katkı oranı plato üzerine düşen yağış miktarı azaldığından kurak aylarda daha yüksek olmaktadır.  $^3\text{H}$  ile köken belirleme çalışmaları için uzun süreli gözlemin önemi ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamındaki bulguların özetlendiği kavramsal hidrojeolojik model Şekil 5.1'de sunulmuştur.

Çalışma alanı için belirlenen bu katkı oranlarının ATP'su için genellenmesinin mümkün olup olmadığının belirlenmesi için ortalama değerler üzerinden bir hidrolojik bütçe hesaplaması yapılmıştır. Sonuç olarak traverten akiferin besleniminin yıllık ortalama  $211\text{Mm}^3$  'ü yağıştan,  $176\text{Mm}^3$  'ü ise yanal beslenme ile karşılandığı belirlenmiştir. Bu katkı oranları duraylı izotop ve  $\text{Mg}^{+2}$  derişimleri ile yapılan hesaplamaları desteklemektedir.

Sonuç olarak kritik öneme sahip traverten akiferinin kalite ve miktar açısından sürdürülebilir kullanımı için alınacak önlemlerin Mesozoyik kireçtaşlarını da kapsamı gereklidir. Traverten platosunda yapılan sürekli gözlemler çevresel izleyicileri kapsayacak şekilde sürdürülmelidir.



Şekil 5.1. Bulguların özetlendiği kavramsal hidrojeolojik model.

## 6. KAYNAKLAR

- Akçal, A.N., Antalya İli Travertenlerinin Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, **2011**.
- Amil, A., Altınova Akiferinin (Antalya) Kirliliğe Duyarlılığının Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2018**.
- Appelo, C.A.J., Postma, D., Geochemistry, Groundwater and Pollution, Second Edition, **2004**.
- Atilla, A.Ö., Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Verileri Kullanılarak Hidrojeokimyasal Verilerin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1996**.
- Ayadi, R., Trabelsi, R., Zouari, K., Saibi, H., Itoi, R., Khanfir, H., Hydrogeological and hydrochemical investigation of groundwater using environmental isotopes ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) and chemical tracers: a case study of the intermediate aquifer, Sfax, southeastern Tunisia, Hydrogeology Journal, 26 (**2017**) 983–1007,.
- Başal, A., Antalya Traverten Platosu Toprak Zonunun Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1999**.
- Bayari, C.S, Özyurt, N.N., Klimchouck, A., Törk, K, Nazik, L., Evidence of hypogenic karst development in the Taurus Mountain Range, Turkey, DeepKarst 2016 Symposium, 11-14 April 2016, Calsbad-New Mexico, **2016**.
- Cartwright, I., Cendon, D., Currell, M., Meredith, K., A review of radioactive isotopes and other residence time tracers in understanding groundwater recharge: Possibilities, challenges, and limitations, Journal of Hydrology, 555 (**2017**) 797-811.
- Clark , I.D., Fritz, P., *Environmental Isotopes in Hydrogeology*, Lewis Publishers, **1997**.
- Coşkun, N., Antalya Travertenleri ile Kırkgöz Kaynakları ve Bıyıklı-Varsak Düdençayı, Türkiye 26. Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kongresi , Ankara, **1972**.



- Çil, A., Tarımsal Karstik Bölgeler İçin Yeraltısuyu Kirlilik Riski Değerlendirmesi: Antalya-Altınova Bölgesi Uygulaması, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, **2017**.
- Denizman, C., Kırkgöz Kaynakları Ve Antalya Traverten Platosunun Hidrojeolojik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1989**.
- Dilaver, A.T., Aydın, B., Özyurt, N.N. ve Bayarı, C.S., 2018, Türkiye Yağışlarının İzotop İçerikleri (2012-2016), DSİ-TAKK ve MGM-AD, Ankara, **2018**.
- DSİ, Antalya-Kırkgöz Kaynakları ve Traverten Platosu Karst Hidrojeolojik Etüt Raporu, Antalya, **1985**.
- DSİ, Antalya Kırkgözler Projesi (Antalya Kenti Su Kaynakları Koruma Alanları) Ön İnceleme Raporu, Antalya, **2005**.
- DSİ, Batı Antalya Bölgesi Hidrojeolojik Etüt Raporu, Antalya, **2006**.
- Erdoğan, S., Antalya Traverten Platosu Toprak Örtüsünün Jeohidrolojik Özelliklerinin Alansal Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1999**.
- FAO, Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, ISBN 92-5-102263-1, **1985**.
- Fetter C.W., Applied Hydrogeology 4th Edition, Editor Patrick Lynch, **2001**.
- GNIP, Global Networks of Isotopes in Precipitation and Rivers (GNIP, GNIR) <https://nucleus.iaea.org/Pages/GNIPR.aspx> (Erişim tarihi: **Nisan, 2019**).
- Koşun, E., Sarıgül, A., Varol, B., Antalya Tufalarının Litofasiyes Özellikleri, MTA Dergisi, 130, 57-70, **2005**.
- Koşun, E., Varol, B., Taşkırın H., The Antalya Tufas: Landscapes, Morphologies, Age, Formation Processes and Early Human Activities. In: Kuzucuoğlu C., Çiner A., Kazancı N. (eds) Landscapes and Landforms of Turkey. World Geomorphological Landscapes. Springer, Cham, 207-219, **2019**.
- Kpegli, K.A.R., Alassane, A., Trabelsi, R., Zouari, K., Boukari, M., Mama, D., Dovonon, F.L., Yoxi, Y.V., Toro-Espitia L.E., Geochemical process in Kandi Basin, Benin, West Africa: A combined hydrochemistry and stable isotopes approach, Quaternary International, 369 (2015) 99-109.
- MGM, Antalya Yağışlı Gün Sayısı: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ANTALYA> (Erişim tarihi: **Ekim, 2018**).
- MTA, 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 11 Isparta N-25 Paftası, **1997**.

- MTA, 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 11 Isparta O-25 Paftası, **1997**.
- Özüş, A.S., Antalya Traverten Platosunun Jeolojik, Hidrolojik, Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **1992**.
- Özyurt, N.N., Residence time distribution in the Kirkgoz karst springs (Antalya-Turkey) as a tool for contamination vulnerability assessment, *Environmental Geology*, 53-7 (2008) 1571-1583.
- Sarker, M.M.R., Camp, M.V., Islam, M., Ahmed, N., Walraevens, K., Hydrochemistry in coastal aquifer of southwest Bangladesh: origin of salinity, *Environmental Earth Sciences*, 77 (2018) 39-59.
- Sönmez, N.K., Sarı, M., Aksoy, E., Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Ve Toprak Koruma Planının Oluşturulması: Antalya-Altınova Örneği, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20-1 (2007) 11-22.
- Tamez-Meléndez, C., Hernández-Antonio, A., Gaona-Zanella, P.C., Ornelas-Soto, N., Mahlkecht, J., 2016. Isotope signatures and hydrochemistry as tools in assessing groundwater occurrence and dynamics in a coastal arid aquifer. *Environ. Earth Sci.* 75 (2016) 830.
- TEMELSU, Antalya Kenti İçme, Kullanma ve Endüstri Suyu Temini Projesi).(<http://temelsu.net/antalya-kenti-icme-kullanma-ve-endustri-suyu-temini-kati-proje-yapimi/>) (Erişim tarihi: **Nisan,2019**)
- TSE 266, İçme Suyu Limit Değerleri <https://www.saglik.gov.tr/TR%2C10473/insani-tuketim-amacli-sular-hakkinda-yonetmelik.html>, (Erişim tarihi: **Ekim, 2018**).
- Turc, L., Le bilan d'eau des sols; relations entre les precipitations, l'évaporation et l'écoulement, La Hauille Blanche L'union Hydrotechnique de France, Paris, France, **1954**.

## EKLER

### EK 1 – İz Element Analiz Sonuçları

MAYIS 2016 (Değişimler ppb olarak verilmiştir)											
ÖRNEK	6Li	11B	27Al	47Ti	51V	52Cr	57Fe	59Co	60Ni	66Zn	69Ga
A1	4.18	36.14	17.10	1.14	0.93	1.40	38.20	0.67	4.18	143.30	0.48
A2	1.95	18.00	15.45	11.63	0.43	0.98	28.10	0.43	3.34	6.70	0.16
A3	4.80	11.48	16.40	11.43	0.49	1.85	225.10	0.44	1.59	379.70	0.80
A4	4.50	9.84	14.86	11.14	0.58	1.59	211.65	0.38	0.57	6.49	0.13
A5	3.14	8.83	15.35	11.72	0.48	1.47	311.50	0.72	1.64	10.00	0.18
A6	3.29	1.63	17.75	11.85	0.63	1.68	293.90	0.64	2.27	6.21	0.30
A7	2.68	7.34	15.82	13.82	0.42	1.27	319.75	0.58	2.15	152.30	0.24
A8	3.18	11.70	15.76	13.68	0.52	2.99	283.50	0.58	2.53	1.13	0.27
A9	3.54	13.47	15.60	13.23	0.51	1.42	295.80	0.56	1.79	27.80	0.31
A10	3.10	13.49	14.95	13.93	0.40	1.82	38.90	0.62	2.11	25.11	0.32
A11	9.87	2.83	17.22	12.29	0.34	1.25	546.00	1.78	4.82	77.10	3.52
A12	22.67	16.45	17.83	12.14	0.39	0.89	43.00	0.83	3.55	16.85	2.61
A13	17.91	26.69	14.73	12.73	1.11	1.43	34.20	0.82	14.65	1.74	1.93
A14	9.82	1.34	14.10	12.81	1.48	0.74	31.55	0.63	2.45	19.90	3.97
A15	7.50	8.55	14.60	12.19	0.52	1.54	41.20	0.88	7.43	188.50	2.78
A16	6.13	11.41	14.36	13.40	0.72	1.91	479.80	1.13	4.84	15.38	2.18
A17	9.64	7.67	14.92	13.55	0.97	3.98	471.80	0.96	5.13	28.66	1.85
A18	7.81	11.98	13.81	13.81	0.54	4.49	356.30	0.74	2.35	5.97	1.17
A19	3.30	7.22	14.11	13.80	0.46	1.11	3.50	0.57	1.61	5.41	0.20
A20	8.93	52.42	15.23	13.73	0.84	1.35	372.40	0.72	3.50	8.74	0.53
A21	28.12	116.30	14.72	14.48	1.37	1.84	325.50	0.67	2.27	66.40	0.75
A23	5.65	1.88	15.19	15.30	0.66	1.61	282.25	0.60	2.45	1.26	0.41
A24	11.80	2.91	17.67	15.66	0.99	1.81	34.30	0.60	2.28	92.44	0.40

ÖRNEK										
NO	75As	82Se	85Rb	88Sr	89Y	90Zr	98Mo	14Ru	15Pd	111Cd
A1	3.35	<0.001	1.60	154.70	0.28	0.58	<0.001	0.221	0.519	0.318
A2	0.75	<0.001	0.55	92.82	0.70	0.34	<0.001	0.148	0.327	0.285
A3	1.65	<0.001	1.52	78.12	0.13	0.37	<0.001	0.89	0.293	0.2
A4	2.38	<0.001	1.42	89.68	0.11	0.35	<0.001	0.133	0.358	0.228
A5	1.68	<0.001	1.80	87.26	0.26	0.52	<0.001	0.119	0.296	0.35
A6	2.44	<0.001	1.26	14.50	0.31	0.56	<0.001	0.132	0.328	0.385
A7	1.67	<0.001	1.18	9.37	0.19	0.50	<0.001	0.149	0.291	0.319
A8	1.66	0.14	1.38	11.20	0.14	0.47	<0.001	0.125	0.364	0.31
A9	1.45	0.66	1.24	127.30	0.12	0.53	<0.001	0.157	0.396	0.348
A10	1.63	0.24	1.23	114.80	0.28	0.57	<0.001	0.163	0.416	0.28
A11	0.99	1.57	12.86	63.20	0.74	1.15	4.12	0.785	1.999	0.55
A12	0.57	0.52	4.76	51.40	0.41	0.75	3.41	0.633	1.62	0.393
A13	0.65	3.79	9.32	445.80	0.42	0.65	0.54	0.559	1.332	0.319
A14	7.84	0.64	23.20	78.10	0.36	0.55	9.63	0.9	2.285	0.317
A15	0.95	0.88	5.47	644.20	0.49	0.84	1.45	0.785	1.919	0.365
A16	0.86	1.78	3.15	384.70	0.63	0.87	<0.001	0.476	1.182	0.319
A17	0.44	1.27	2.81	272.40	0.30	0.89	<0.001	0.395	0.83	0.418
A18	0.76	0.17	4.22	175.70	0.22	0.59	<0.001	0.24	0.585	0.296
A19	1.16	0.60	1.15	13.00	0.11	0.43	<0.001	0.159	0.3	0.272
A20	2.12	1.38	3.36	235.20	0.34	0.59	<0.001	0.322	0.79	0.316
A21	0.56	0.28	9.76	426.50	0.31	0.49	0.92	0.628	1.248	0.285
A23	1.59	1.73	1.56	129.30	0.16	0.56	<0.001	0.181	0.369	0.251
A24	1.47	1.15	3.37	173.30	0.20	0.65	<0.001	0.234	0.492	0.342

ÖRNEK											
NO	121Sb	125Te	133Cs	137Ba	147Sm	153Eu	181Ta	197Au	205Tl	209Bi	238U
A1	0.36	0.179	1.184	26.11	0.4	0.15	5.949	0.12	0.13	0.7886	0.313
A2	<0.001	0.2	0.182	11.98	<0.001	0.6	6.12	0.14	0.7	0.888	0.125
A3	<0.001	0.91	0.685	9.413	<0.001	0.5	8.182	0.13	0.11	0.8176	
A4	0.22	0.53	0.714	11.88	<0.001	0.6	37.32	0.7	0.7	0.8322	0.131
A5	0.1	0.45	0.376	13.61	<0.001	0.6	8.1	0.7	0.5	0.855	0.136
A6	0.46	0.46	0.681	16.87	0.1	0.8	9.314	0.14	0.12	0.8215	0.176
A7	<0.001	0.13	0.434	14.14	<0.001	0.7	7.823	0.16	0.7	0.8133	0.152
A8	<0.001	0.146	0.485	15.24	0.2	0.6	8.343	0.16	0.12	0.8185	0.149
A9	<0.001	0.154	0.678	16.86	0.2	0.7	7.21	0.2	0.14	0.8185	0.247
A10	<0.001	0.139	0.524	17.63	0.3	0.9	5.376	0.6	0.7	0.832	0.264
A11	0.138	0.241	0.941	132.4	0.2	0.56	6.681	0.14	0.6	0.7288	2.392
A12	0.23	0.117	0.561	92.19	0.4	0.45	6.164	0.5	0.3	0.729	3.119
A13	0.27	0.93	1.87	83.9	<0.001	0.4	4.91	0.54	0.4	0.785	1.377
A14	0.433	0.116	1.13	171.6	0.5	0.82	6.14	0.16	0.48	0.797	1.3
A15	0.114	0.13	0.44	125.8	0.1	0.53	6.671	0.8	0.5	0.699	5.531
A16	0.42	0.224	0.559	98.97	0.1	0.46	7.438	0.3	0.1	0.6977	1.792
A17	<0.001	0.21	0.855	77.79	<0.001	0.39	5.168	0.4	0.3	0.747	1.58
A18	<0.001	0.56	0.935	47.53	<0.001	0.22	6.361	0.12	0.4	0.7219	0.553
A19	<0.001	0.164	0.421	14.4	<0.001	0.7	4.894	0.19	0.5	0.7474	0.161
A20	0.16	0.195	1.29	25.32	0.3	0.13	1.51	0.7	0.8	0.7346	0.332
A21	<0.001	0.14	2.238	35.37	0.7	0.2	7.54	0.1	0.6	0.7261	0.819
A23	0.26	0.154	0.69	22.85	0.1	0.12	5.781	0.1	0.6	0.7535	0.253
A24	0.19	0.153	0.92	2.54	0.4	0.9	6.678	0.13	0.11	0.751	0.357

## Eylül 2016 (Değişimler ppb olarak verilmiştir)

ÖRNEK NO	6Li	9Be	11B	27Al	50Ti	51V	52Cr	56Fe	59Co	60Ni	66Zn	69Ga
K1	28.79	0.01	96.36	24.49	<0.001	2.02	<0.001	28.76	<0.001	<0.001	5.98	0.32
D1	11.29	0.02	129.00	23.82	<0.001	7.47	<0.001	28.81	0.03	<0.001	5.75	0.10
D2	47.06	0.01	149.20	23.63	<0.001	2.06	<0.001	28.99	<0.001	<0.001	7.40	0.30
A1	2.24	0.01	17.76	24.66	<0.001	1.01	<0.001	28.84	0.06	<0.001	6.60	0.14
A2	1.02	<0.001	9.11	22.80	<0.001	0.55	<0.001	28.28	<0.001	<0.001	5.60	0.05
A3	4.38	<0.001	7.89	23.07	<0.001	0.85	<0.001	28.63	<0.001	<0.001	15.01	-0.04
A4	3.24	<0.001	7.23	23.89	<0.001	0.81	<0.001	29.00	<0.001	<0.001	6.82	-0.05
A6	2.07	<0.001	9.71	24.82	<0.001	0.83	<0.001	28.89	0.04	<0.001	5.01	0.07
A7	2.38	<0.001	7.68	22.49	<0.001	0.64	<0.001	28.28	<0.001	<0.001	5.39	-0.02
A8	2.62	<0.001	10.95	24.13	<0.001	0.72	<0.001	29.34	0.15	<0.001	5.87	0.07
A9	3.13	0.02	12.84	23.22	<0.001	0.80	<0.001	38.33	0.20	0.79	18.28	0.06
A10	2.58	<0.001	13.47	24.92	<0.001	0.56	<0.001	28.86	0.09	<0.001	6.48	0.08
A11	8.42	<0.001	16.53	22.61	<0.001	0.51	<0.001	40.60	0.41	1.46	6.54	2.30
A12	18.29	0.02	14.82	21.26	<0.001	0.33	<0.001	37.55	0.23	2.23	6.45	1.52
A13	6.54	-0.02	32.10	22.71	<0.001	1.11	<0.001	28.43	0.23	1.91	5.35	1.35
A14	6.52	0.02	10.61	24.42	<0.001	2.04	<0.001	50.69	0.19	0.29	6.27	3.43
A15	6.92	0.08	10.11	21.55	<0.001	0.68	<0.001	26.19	0.18	1.73	6.68	2.32
A16	4.86	<0.001	11.66	27.52	<0.001	0.83	<0.001	32.02	0.33	0.93	6.31	1.87
A17	6.90	0.02	8.02	21.73	<0.001	1.03	<0.001	27.33	0.27	0.31	5.56	1.49
A18	6.22	0.02	13.13	27.59	<0.001	0.80	<0.001	28.12	0.08	<0.001	5.52	0.77
A19	2.53	<0.001	9.67	21.52	<0.001	0.73	<0.001	27.73	0.05	<0.001	7.65	-0.03
A20	7.55	<0.001	33.94	32.01	<0.001	1.01	<0.001	30.38	0.56	<0.001	8.18	0.64
A21	16.69	<0.001	69.97	21.84	<0.001	1.61	<0.001	27.39	0.12	0.17	5.40	0.41
A22	42.26	0.03	139.00	22.68	<0.001	3.13	<0.001	28.20	0.06	1.06	8.08	0.61
A23	3.58	<0.001	10.13	22.06	<0.001	0.27	<0.001	46.14	0.09	0.77	6.62	0.13
A24	24.38	0.01	66.36	21.55	<0.001	1.55	<0.001	28.65	0.17	0.74	10.57	0.56

ÖRNEK NO	75As	82Se	85Rb	88Sr	89Y	90Zr	95Mo	101Ru	105Pd	111Cd
K1	4.36	<0.001	12.49	238.10	0.02	0.21	1.32	<0.001	0.95	<0.001
D1	49.94	<0.001	4.75	362.00	0.01	0.14	<0.001	<0.001	1.32	<0.001
D2	7.36	<0.001	16.44	589.10	0.02	0.14	1.64	<0.001	2.22	<0.001
A1	2.50	<0.001	1.25	97.83	0.00	0.22	<0.001	<0.001	0.37	<0.001
A2	0.53	<0.001	0.53	77.63	0.00	0.15	<0.001	<0.001	0.29	<0.001
A3	1.88	<0.001	1.54	78.56	0.00	0.15	<0.001	<0.001	0.36	<0.001
A4	1.79	<0.001	1.28	74.21	0.01	0.10	<0.001	<0.001	0.32	<0.001
A6	2.10	<0.001	1.13	82.54	0.01	0.20	<0.001	<0.001	0.33	<0.001
A7	1.04	<0.001	0.89	74.23	0.00	0.17	<0.001	<0.001	0.25	<0.001
A8	1.23	<0.001	1.13	81.57	0.01	0.21	<0.001	<0.001	0.33	<0.001
A9	2.13	<0.001	1.09	102.70	0.02	0.40	<0.001	<0.001	0.41	<0.001
A10	1.28	<0.001	1.28	95.21	0.02	0.27	<0.001	<0.001	0.35	<0.001
A11	1.01	<0.001	10.67	539.30	0.03	0.57	3.13	<0.001	2.04	<0.001
A12	0.33	<0.001	3.61	411.80	0.01	0.40	0.92	<0.001	1.55	<0.001
A13	0.53	<0.001	5.20	304.40	0.02	0.35	<0.001	<0.001	1.11	<0.001
A14	7.51	<0.001	20.78	689.60	0.03	0.42	14.02	<0.001	2.44	<0.001
A15	0.57	<0.001	5.06	567.10	0.02	0.34	<0.001	<0.001	2.06	<0.001
A16	0.38	<0.001	2.84	344.80	0.03	0.39	<0.001	<0.001	1.46	<0.001
A17	0.35	<0.001	2.48	226.40	0.02	0.43	<0.001	<0.001	0.86	<0.001
A18	0.83	<0.001	3.60	150.40	0.02	0.31	<0.001	<0.001	0.51	<0.001
A19	0.91	<0.001	1.13	94.51	0.01	0.19	<0.001	<0.001	0.32	<0.001
A20	1.54	<0.001	3.02	192.20	0.02	0.27	<0.001	<0.001	0.65	<0.001
A21	0.67	<0.001	7.20	271.00	0.00	0.27	<0.001	<0.001	0.97	<0.001
A22	0.38	<0.001	16.57	601.50	0.01	0.28	<0.001	<0.001	2.10	<0.001
A23	0.41	<0.001	1.45	106.10	0.01	0.39	<0.001	<0.001	0.39	<0.001
A24	1.092	<0.001	8.71	343.50	0.01	0.48	0.51	<0.001	1.15	<0.001

ÖRNEK NO	121Sb	125Te	133Cs	137Ba	147Sm	153Eu	181Ta	197Au	205Tl	238U
K1	0.18	<0.001	3.02	20.56	0.00	0.01	2.68	-0.04	0.02	0.58
D1	0.15	<0.001	0.89	14.07	0.01	0.01	0.53	-0.05	0.01	0.13
D2	0.24	<0.001	4.16	21.07	0.01	0.01	2.82	-0.07	0.03	0.70
A1	0.06	<0.001	0.70	16.41	0.00	0.01	15.36	0.15	0.01	0.12
A2	0.10	<0.001	0.16	12.46	0.00	0.01	13.41	0.16	0.00	0.06
A3	0.09	<0.001	0.68	10.27	0.00	0.01	11.10	0.16	0.01	0.06
A4	0.14	<0.001	0.57	9.40	0.00	0.01	11.30	0.14	0.01	0.08
A6	0.13	<0.001	0.56	13.59	0.00	0.01	12.39	0.09	0.01	0.09
A7	0.07	<0.001	0.35	11.20	0.00	0.01	7.30	0.07	0.00	0.07
A8	0.15	<0.001	0.43	12.40	0.01	0.01	13.60	0.13	0.01	0.07
A9	0.10	<0.001	0.49	13.07	0.00	0.01	8.31	0.03	0.01	0.15
A10	0.10	<0.001	0.46	14.30	0.00	0.01	9.77	0.04	0.01	0.17
A11	0.13	<0.001	0.80	86.38	0.01	0.04	8.90	0.05	0.01	1.74
A12	3.01	<0.001	0.34	60.80	0.00	0.03	15.33	0.14	0.00	0.76
A13	0.08	<0.001	0.77	57.78	0.00	0.03	8.49	0.17	0.00	2.06
A14	0.54	<0.001	0.92	126.40	0.01	0.07	11.94	0.15	0.06	10.51
A15	0.12	<0.001	0.23	89.08	0.00	0.05	6.40	0.08	0.01	1.54
A16	0.16	<0.001	0.46	72.72	0.01	0.04	9.89	0.15	0.01	1.33
A17	0.09	<0.001	0.67	61.34	0.00	0.03	8.87	0.09	0.01	0.84
A18	0.15	<0.001	0.74	36.17	0.01	0.02	7.46	0.15	0.00	0.44
A19	0.68	<0.001	0.32	12.69	0.00	0.01	10.55	0.13	0.00	0.10
A20	0.23	<0.001	0.77	32.57	0.01	0.02	9.66	0.29	0.01	0.23
A21	0.10	<0.001	1.61	25.36	0.00	0.01	8.36	0.05	0.01	0.41
A22	0.21	<0.001	2.82	32.61	0.01	0.02	14.37	0.10	0.01	0.92
A23	0.21	<0.001	0.54	16.61	0.00	0.01	4.28	0.08	0.01	0.15
A24	0.10	<0.001	1.41	29.24	0.00	0.02	5.64	0.09	0.03	0.64






## **EK 2 – Tezden Türetilmiş Yayınlar**

ÖZYURT, N.N., AVCI, P., ERKAN, G., TOPUZ, B., AMİL, A., KAYA, Ö.A., Altınova Akiferinde (Antalya) Yeraltısuyu Kökeninin Çevresel İzleyici ve Hidrokimya Teknikleri ile Araştırılması Rapor No.FHD-2015-8936, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, (2016).

### **EK 3 – Tezden Türetilmiş Bildiriler**

ÖZYURT, N.N., AVCI, P., MUHAMMEDOĞLU, A., KAYA, Ö.A., Antalya Traverten Platosu Akiferinde Yeraltısuyu Kökeninin Su İzotopları ile Araştırılması, 5.ULUSAL HİDROLOJİDE İZOTOP TEKNİKLERİ SEMPOZYUMU, 16-18 Ekim 2019 İstanbul.

## EK 4 - Tez Çalışması Orjinallik Raporu

	<b>HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU</b>
<b>HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA</b>	
Tarih: 15/05/2019	
Tez Başlığı / Konusu: ALTINOVA AKİFERİNDE (ANTALYA) YERALTISUYU KÖKENİNİN ÇEVRESEL İZLEYİCİ VE HİDROKİMYA TEKNİKLERİ İLE ARAŞTIRILMASI	
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 77 sayfalık kısmına ilişkin, 15/05/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından <i>Turnitin</i> adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orjinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6 'dır.	
Uygulanan filtrelemeler: 1- Kaynakça hariç 2- Alıntılar hariç/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.	 15/05/2019
<b>Adı Soyadı:</b> Özümcan Alara Kaya	_____
<b>Öğrenci No:</b> N14225920	_____
<b>Anabilim Dalı:</b> Jeoloji Mühendisliği	_____
<b>Programı:</b> Hidrojeoloji	_____
<b>Statüsü:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Y.Lisans <input type="checkbox"/> Doktora <input type="checkbox"/> Bütünleşik Dr.	_____
<b>DANIŞMAN ONAYI</b>	
UYGUNDUR.	
	
Prof. Dr. N. Nur ÖZYURT	

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Özümcan Alara Kaya  
Doğum yeri :Ankara  
Doğum tarihi :1993  
Medeni hali :Bekar  
Yazışma adresi :Perge2 Sitesi Burçak Apt. 3/2 Yaşamkent Çankaya/ANK.  
Telefon :0532 178 14 89  
Elektronik posta adresi :ozumcanalarakaya@gmail.com  
Yabancı dili : İngilizce (B)

### EĞİTİM DURUMU

Lisans : (2010-2014) Hacettepe Üniversitesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Müh. Bölümü

Yüksek Lisans : (2014-2019) Hacettepe Üniversitesi Jeoloji (Hidrojeoloji) Müh. Bölümü.

### İş Tecrübesi

Ağustos 2017 - Haziran 2018: RK SOFT MAKS Projesinde İlçe Ekip Lideri

Ocak 2016 - Temmuz 2017: Assystem Company & ENVY Enerji ve Çevre Yatırım Ortaklığı, LPIS Projesi, Kalite Kontrol ve Mozaik Operatörü



