İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURDUR - AĞLASUN HAVZASININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Meral ERDOĞAN

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURDUR - AĞLASUN HAVZASININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Meral ERDOĞAN
(505101305)

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505101305 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **MERAL ERDOĞAN** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"BURDUR - AĞLASUN HAVZASININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Ali Malik GÖZÜBOL** İstanbul Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. H. Tolga YALÇIN** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **3 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **5 Haziran 2013**

aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında bana verdiği desteği ile bugünlere gelmemi sağlayan engin bilgi birikimi ve tecrübeleriyle yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL'e, çalışmalarımın sürdürülmesi sırasında bilimsel yardımları ile bana destek olan değerli hocalarım Doç. Dr. Tolga YALÇIN ve Dr. Muhterem DEMİROĞLU'na, çalışma arkadaşlarım Yük. Müh. Zeynep AKTUNA ve Yük. Müh. İrem ELİTEZ'e, ayrıca saha çalışmalarımda ve tez yazımında beni yalnız bırakmayan her daim desteklerini benden esirgemeyen arkadaşlarım Öymen AKIN'a ve Berfu ALPAY'a, ayrıca Ağlasun Belediye Başkanı Sayın Aydın KAPLAN'a ve çalışanları ile TÜBİTAK MAM'a,

Sevgi ve desteklerini yalnızca yanımdayken değil her anımda bana hissettiren canım annem, canım babam ve biricik kardeşime,

Çok teşekkür ederim.

Mayıs 2013

Meral Erdoğan
Jeoloji Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Amacı 2
1.2 Çalışma Yöntemleri 2
2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI **5**
2.1 Coğrafik Konum ve Ulaşım 5
2.2 Morfoloji ve Akarsular 5
2.3 İklim ve Bitki Örtüsü 7
2.4 Ekonomik Durum 7
3. GENEL JEOLOJİ **9**
3.1 Önceki Çalışmalar 9
3.2 Bölgesel Jeoloji 13
3.3 İnceleme Alanının Jeolojisi 16
3.3.1 Otokton birimler 17
3.3.2 Allokton birimler 19
3.4 Yapısal Jeoloji 22
3.5 Jeolojik Evrim 24
4. HİDROLOJİ **25**
4.1 Yağış 27
4.2 Buharlaşma 29
4.3 Akış 34
4.4 Süzülme 38
4.5 Su Bilançosu 38
5. HİDROJEOLOJİ **41**
5.1 Su Noktaları 41
5.1.1 Kaynaklar 41
5.1.2 Sondaj kuyuları 49
5.1.2 Göletler 49
5.2 Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri 54
5.2.1 Pekişmemiş formasyonlar 54
5.2.2 Pekişmiş formasyonlar 55
5.3 Akiferlerin Hidrolik Parametreleri 56
5.3.1 Dupuit yöntemi 56
5.3.2 Ampirik yöntemler 60
6. SU KİMYASI **63**

6.1 Yeraltısularının Genel Kimyasal Özellikleri 63
6.2 Sularının Anyon-Katyon Özellikleri 66
6.2.1 Kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri 68
6.2.2 Sondajlardan alınan yeraltısularının hidrojeokimyasal özellikleri 68
6.3 Yeraltısularının Kimyasal Sınıflaması 72
6.3.1 Piper'e göre suların sınıflaması 72
6.3.2 Schoeller'e (1955) göre suların sınıflaması 75
6.4 Suların Kullanım Özellikleri 76
6.4.1 Suların içilebilirlik özellikleri 76
6.4.2 Suların Scholler'e göre içilebilirlik özellikleri 78
6.4.3 Suların kullanılabilirlik özellikleri 79
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 83
KAYNAKLAR 85
EKLER 93
ÖZGEÇMİŞ 109

KISALTMALAR

°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
DMİ:	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ:	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel İletkenlik
Fr	: Fransız Sertliği
GD	: Güneydoğu
GPS	: **(**Global Positioning System) Küresel Konumlama Sistemi
KB	: Kuzeybatı
km	: Kilometre
l/sn	: Litre / saniye
m	: Metre
m^3/yıl	: Metreküp / yıl
mek/l	: Miliekivalen / litre
mg/l	: Milgram / litre
mm	: Milimetre
pH	: H^+ iyonu aktivitesi
ppm	: Milyonda bir
SAR	: Sodyum Adsobsiyon Oranı
sn	: Saniye
t	: Sıcaklık
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
WHO	: **(**World Health Organization) Dünya Sağlık Örgütü
µS/cm	: Mikrosiemens / santimetre
µg/l	: Mikrogram / litre

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Çalışmalarda kullanılan in-situ ölçüm cihazları ve özellikleri 3
Çizelge 3.1 : İnceleme alanında bulunan formasyonların hakim tabaka eğim ve doğrultuları (Yalçınkaya, 1989). 23
Çizelge 4.1 : Ağlasun DMİ'ye ait meteorolojik elemanların aylık ortalama değerleri (1972-1992) 26
Çizelge 4.2 : Çalışma alanında bulunan Ağlasun meteoroloji istasyonuna ait yıllık yağış verileri (1972-1992) 28
Çizelge 4.3 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için PENMAN yöntemi ile hazırlanan potansiyel buharlaşma hesap çizelgesi (1972/1992). 31
Çizelge 4.4 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için PENMAN yöntemi ile hazırlanan gerçek buharlaşma değerleri (1972/1992). 32
Çizelge 4.5 : Ağlasun Çayı yıllık akış değerleri 36
Çizelge 4.6 : Ağlasun Havzası Su Bilançosu 39
Çizelge 5.1 : İnceleme alanında yer alan önemli kaynaklar 41
Çizelge 5.2 : Gürleyik kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri 43
Çizelge 5.3 : Beypınarı kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri ... 44
Çizelge 5.4 : Küllük kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri 45
Çizelge 5.5 : Pınarbaşı kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri 46
Çizelge 5.6 : Eyneağzı kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri 47
Çizelge 5.7 : Ağlasun Gölyeri Göleti teknik bilgileri 49
Çizelge 5.8 : Ağlasun Havzası içerisinde DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış olan kuyuların teknik verileri (DSİ, 1979 – 1992) 53
Çizelge 5.9 : Çalışma alanında bulunan akiferlerin Dupuit yöntemine göre Transmisibilite (T) ve Permeabilite (K) değerleri 60
Çizelge 5.10 : Çalışma alanında bulunan akiferlerin ampirik yönteme göre Transmisibilite (T) ve Permeabilite (K) değerleri 62
Çizelge 6.1 : Suların Fransız Sertlik Derecesine Göre Sınıflanması 64
Çizelge 6.2 : Suların pH Değerine Göre Sınıflaması 64
Çizelge 6.3 : SAR Oranına göre Sulama Suları Sınıflaması 65
Çizelge 6.4 : İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların hidrojeokimyasal özellikleri 69
Çizelge 6.5 : İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların minör iyon ve eser element içerikleri 70
Çizelge 6.6 : İnceleme alanındaki sondaj kuyularından alınan suların hidrojeokimyasal özellikleri 71
Çizelge 6.7 : İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların % mek/l cinsinden anyon-katyon dağılımları 73
Çizelge 6.8 : Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre suların sınıflaması 75
Çizelge 6.9 : Türk (TSE-266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) İçmesuyu Standartlarının tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değerleri 77

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çalışma alanının yer bulduru haritası 6
Şekil 1.2 : İnceleme alanının Kuzeyden görünüşü 8
Şekil 3.1 : Türkiye ve yakın çevresini etkileyen belli başlı aktif tektonik yapılar(Yağmurlu vd., 2005) 13
Şekil 3.2 : Isparta Açısı ve Güneybatı Anadolu'nun temel jeolojik yapısı (Şenel 1984). (1) Peleozoyik yaşlı metamorfik kayalar,(2) Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayalar, (3) Antalya napları, (4) Likya napları, (5) Beyşehir-Hoyran napları, (6) Denizel Tersiyer tortulları, (7) Karasal Neojen tortulları, (8) Neojen volkanitleri, (9)Antalya travertenleri, (10) Normal faylar, (11) Bindirme fayları 15
Şekil 3.3 : İnceleme alanınında yer alan kaya birimlerinin genelleştirilmiş sütun kesiti (Karaman,1990'dan sadeleştirilmiştir) 16
Şekil 3.4 : Ağlasun Formasyonuna ait kumtaşı-şeyl ardalanması. 19
Şekil 3.5 : Akdağ Kireçtaşı genel görünümü ve bindirme fayı görünümü 20
Şekil 3.6 : Ofiyolitli Karmaşığın genel görünümü 22
Şekil 3.7 : Ağlasun Formasyonunda izlenen kalsit dolgulu çatlak sistemleri 24
Şekil 4.1 : Suyun hidrolik dolaşımı (http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle**)** 25
Şekil 4.2 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için yıllık yağış dağılım grafiği 27
Şekil 4.3 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiği 28
Şekil 4.4 : PENMAN yöntemi ile hazırlanan yağış (P) ve potansiyel buharlaşmanın (Ep) aylık değişim grafiği 33
Şekil 4.5 : Akış komponentlerinin şematik gösterimi 34
Şekil 4.6 : 1992 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 36
Şekil 4.7 : Ağlasun Havzası drenaj ağı haritası 37
Şekil 5.1 : Gürleyik Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri 43
Şekil 5.2 : Beypınarı Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri 44
Şekil 5.3 : Küllük Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri 45
Şekil 5.4 : Pınarbaşı Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri 46
Şekil 5.5 : EyneağzıKaynağının uydu görüntüsündeki yeri 47
Şekil 5.6 : Sagalassos Kaynağından bir foto ve uydu görüntüsü 48
Şekil 5.7 : Ağlasun Havzasında açılmış olan sondaj kuyularına ait loglar (a) 50
Şekil 5.8 : Ağlasun Havzasında açılmış olan sondaj kuyularına ait logların devamı (b) 51
Şekil 5.9 : Ağlasun Havzasında açılmış olan sondaj kuyularına ait logların devamı (c) 52
Şekil 5.10 : Serbest akiferlerde dengeli rejim 57
Şekil 5.11 : Basınçlı akiferlerde dengeli rejim 58
Şekil 6.1 : Piper Diyagramına göre suların sınıflandırılması (Back, 1961) 72
Şekil 6.2 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Piper Diyagramı üzerinde gösterimi (%mek/l) 74

Şekil 6.3 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Schoeller Diyagramı üzerinde gösterimi 76
Şekil 6.4 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Schoeller içilebilirlik Diyagramı üzerinde gösterimi 78
Şekil 6.5 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Wilcox Diyagramı üzerinde gösterimi (Wilcox,1955) 79
Şekil 6.6 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının ABD Tuzluluk Diyagramı üzerinde gösterimi (Richards,1954) 80
Şekil D.1 : 1991 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 97
Şekil D.2 : 1978 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 97
Şekil D.3 : 1977 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 98
Şekil D.4 : 1976 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 98
Şekil D.5 : 1975 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 99
Şekil D.6 : 1974 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 99
Şekil D.7 : 1973 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 100
Şekil D.8 : 1972 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği 100
Şekil E.1 : 33250 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 103
Şekil E.2 : 46194 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 103
Şekil E.3 : 35612 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 104
Şekil E.4 : 36765 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 104
Şekil E.5 : 42110 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 105
Şekil E.6 : 42111 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 105
Şekil E.7 : 26818A numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 106
Şekil E.8 : 42112 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 106
Şekil E.9 : 26818B numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 107
Şekil E.10 : 36426 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 107
Şekil E.11 : 21528 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 108
Şekil E.12 : 36425 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği 108

BURDUR - AĞLASUN HAVZASININ HİDROJEOLOJİ İNCELEMESİ

ÖZET

Burdur – Ağlasun Havzasının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini aydınlatmak amacı taşıyan bu çalışma; İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilimdalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritada Isparta M 24 c2, c3; M25 d1, d2, d3, ve d4 paftaları içinde kalmaktadır. Saha çalışmalarında bölgenin 1 / 25.000 ölçekli jeoloji haritası revize edilmiştir.

Jeoloji haritasının hazırlanmasında 1 / 25.000 ölçekli topoğrafik haritalar, jeolog pusulası, jeolog çekici, ve GPS kullanılmıştır. Saha çalışmalarında özellikle bütün bölgenin jeolojisi araştırılmış, birimlerin formasyon sınırları belirlenmiş, mevcut birimlere ait fotoğraflar çekilmiş ve yorumlamaya gidilmiştir. Arazi ölçüm ve gözlemlerinden faydalanılarak bölgenin sistematik jeolojik kesitleri hazırlanmıştır.

Bölgede yer alan kaya birimleri allokton ve otokton konumlu birimler olmak üzere iki grup altında toplanmıştır. Otokton Birimler yaşlıdan gence doğru Erenler Kireçtaşı, Yazır Formasyonu, Ağlasun Formasyonu ve Alüvyondan oluşmaktadır. Bölgede Allokton birimler olarak Akdağ Kireçtaşı ve Ofiyolitli Karmaşık bulunmaktadır.

İnceleme alanında bulunan Ağlasun meteoroloji istasyonuna ait çeşitli parametreler ve hidrolojik ölçümler değerlendirilerek Ağlasun Havzası için su bilançosu hazırlanmıştır. Havzada hesaplanan toplam beslenim 25,2 x 10^6 m^3/yıl ve toplam boşalım 32,0 x 10^6 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanında litolojik ve yapısal özellikleri göz önünde tutularak birimler; boşluklar, boşlukların boyutları, boşluklar arası ilişkiler ve bu ilişkilerin derecesi gibi yeraltısuyunu geçirebilme ve iletebilme özelliklerine göre farklı hidrojeolojik özelliklere sahip olan ortamlara ayrılmıştır. Çalışma alanında yer alan jeolojik birimler fiziksel ve hidrojeolojik özelliklerine göre Pekişmemiş Formasyonlar (Yaygın-zengin akiferler, Bölgesel ilişkisiz (yerel) akiferler) ve Pekişmiş Formasyonlar (Bölgesel-ilişkisiz (yerel) Akiferler, Zayıf akiferler, Çok zayıf akiferler) olmak üzere gruplara ayrılıp, değerlendirilmiştir. Bu bilgiler ışığında bölgenin hidrojeoloji haritası yapılmıştır.

Çalışma alanında bulunan akiferlerin hidrolojik parametrelerini (Transmisibilite ve Hidrolik iletkenlik) belirlermek amacı ile sondaj kuyularında yapılan pompaj deneylerinden elde edilen zaman-düşüm değerlerinden yararlanılmıştır. Hidrolik parametrelerin hesaplama yönteminin seçiminde öncelikle veri analizi yapılarak kuyuların dengeli rejime ulaştığı tespit edilmiştir. Dengeli rejim için geçerli olan Dupuit formülleri kullanılarak akifer parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca pompaj deney verilerine ulaşılmayan kuyularda statik-dinamik seviyeler-debi ve akifer kalınlığı belirlenmiştir. Bunlardan ampirik yöntemlerle hidrolik parametreler hesaplanmıştır.

İnceleme alanında yeraltısuyu kalitesini belirlemek amacı ile bu çalışma kapsamında temsili noktalardan alınan su örneklerinin analizlerinden ve sondaj kuyularının açıldıkları tarihlerde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları kullanılarak hidrojeokimya haritası oluşturulmuştur. Ayrıca yeraltısuları içilebilirilik ve çeşitli kullanılabilirlik amaçlarına yönelik (Piper, Scholler ve Scholler içilebilirlik diyagramları; Wilcox ve ABD Tuzluluk laboratuvarı) göre sınıflandırılmıştır.

Piper diyagramına göre bölgedeki sular genel olarak Ca-HCO_3 tipi sular sınıfındadır. Bölgedeki suların sulamaya uygunluğunu belirlemek amacıyla ABD Tuzluluk laboratuarı ve Wilcox diyagramlarına göre sınıflandırma yapılmıştır. ABD Tuzluluk laboratuarı sınıflamasına göre; çalışma alanında bulunan yeraltısuları C_1S_1, C_2S_1ve C_3S_1 sınıflarındadır. Wilcox diyagramı sınıflamasında ise; çalışma alanındaki kaynaklardan alınan sular ‘çok iyi sular’ ve ‘iyi kullanılabilir sular’ sınıfındadır.

HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE BURDUR-AGLASUN BASIN

SUMMARY

This study has been prepared as master of science thesis to clarify geological and hydrogeological characteristics of Burdur - Ağlasun Basin in Applied Geology Engineering Department of the Institute of Science and Technology of Istanbul Technical University.

The study area is located in the so-called Isparta Angle, in the SW Turkey.1:25,000 scaled Isparta M 24 c2, c3, M25, d1, d2, d3, and d4 sheets were used . The study area is in the south east region of Burdur. As is known, nativ and foreign geologists have been investigating on the SW Anatolian since very early ages. The completion of the studies conducted so far and the accomplishment of incomplete studies display the significance of the issue.

In this study, a hydrogeological investigation of Aglasun Basin (Burdur) and surrounding area has been performed. The obtained results were given on related tables and charts.In this study, it has been investigated as detailed geological, hydrological and hydrogeological features of Aglasun Plain which has semi-closed basin properties. During the field study, 1/25 000 scaled geological map of the region has been revised.

In order to prepare the geological map, 1/25 000 scaled topographic maps, geological compass, geologist hammer and GPS is used. The geology of the whole region was investigated by field studies. The formation of boundaries were determined, also the photographs of the existing units were taken during this stage and interpreted. Within the scope of this study, the previously-conducted General Geology data of a region including the Aglasun Basin have been transferred to the digital medium by using Arc Map program. Systematic geological cross-sections of the region were prepared by using field measurements and observations for the Aglasun Basin.

In the research, the geological units were grouped into two parts : autochthonous and allocthonous. These parts were presented in a 1 / 25 000 scaled geological map.

Autochtonous Units are: Erenler Formation, Yazır Formation, Aglasun Formation, and alluvium. Allocthonous Units are : Akdag Formations and Ophiolite Complex. In the research area. The oldest rock of the autochthonous units is Erenler limestone of Cretaceous. This unit is overlain disconformably by Yazır formation of Aquitanian and its main lithology is reefal limestones. This formation is overlain by comformably by Aglasun formation of Burdigalian. Aglasun formation consists mainly of sandstone and shale. In the Middle Miocene, Akdag limestone unit and ophiolitic melange are thrusted and overlies tectonically onto Aglasun formation. The ophiolithic melange and Akdağ limestone units (Jurassic-Cretaceous) are the

allochthonous rocks in this region. The Quaternary alluvium deposits are the youngest units of the study area.

Allochthonous rocks were primarily emplaced in the region during Late Cretaceous to Early Paleocene period. All these units are covered by Quaternary alluvial deposits.This event is the most important tectonic feature in the region and this resulted of many folds and faults.

In the study area, the common tectonic structures such as reverse or overthrust faults and fold axis are extending along the NW-SE direction. On the other hand, the dominant normal faults and fracture systems are trending along the NE-SW direction. It is possible that all these structural features in this region resulted under the NE-SW compressional forces, and NW-SE tensional forces.

According to various parameters and hydrological measurements from Ağlasun Meteorological Stations in the study area, groundwater budget was calculated for Aglasun Basin.The study area covers an area of 93 km^2 with an annual precipitation of 718,3 mm. The total estimated recharge of the basin is 25,2 x 10^6 m^3 per year and discharge is calculated as 32,0 x 10^6 m^3 per year.

Taking into consideration lithological and structural characteristics in the study area, the units are divided into different hydrogeological areas according to the characteristics such as pores, pore sizes, voids, the degree of effective permeability and hydraulic conductivty.

Geological units in the study area, based on their physical and hydrological characteristics, are grouped as unconsolidated formations (common - rich aquifers, unrelated to regional (local) aquifers), and consolidated formations (Regional - unbound (local) aquifers, aquifers are weak, very weak aquifers) to be evaluated. Hydrogeological map of the region were made in the light of this information.

The time-drawdown values obtained from the pumping tests were used to determine hydraulic parameters (transmissibility and hydraulic conductivity) of the aquifers in the study area. Before selecting the calculation method, hydraulic parameters of wells were found to be steady state regime. Using Dupuit steady state regime formul, aquifer parameters were determined.

In addition, wells without pumping test data, their static and dynamic levels and aquifer thickness of the hydraulic parameters were determined and calculated using empirical method. According to these methodological findings, transmissibility and permeability were calculated.

The groundwater quality in the different aquifers was described by chemical analyses of the water obtained from springs and wells. Using these data an attempt was made to present a synopsis of the hydrochemical conditions in the investigated area.Water samples from the wells and springs were collected at June-July and October of 2012. In order to find out the hydrogeochemical features and groundwater quality and groundwater samples taken from representative locations in the Aglasun plain were analysed.

In-situ analyses such as T, pH, and electrical conductivity have been performed during field studies. In order to represent aquifer charactersitic, samples obtained from springs and wells within the research area from 13 locations, have been examined. The groundwater have pH values ranging from 7 to 8.5, electrical conductivity changes 191 µs/cm (EK-6) ile 980 µs/cm (K-10). Moreover, water samples have been analysed for their anions, cations and some trace element contents.

Hydrogeochemistry map was constructed by using the results of chemical analysis. Furthermore, hydrochemical map gives an insight in the quality of water in the investigation area.

To determine the quality of the groundwater, results of chemical analysis were used by using groundwater samples and boreholes in the studied area. According to the chemical analysis results Wilcox, USA Salinity Laboratory, Piper and Schoeller Diyagram has been used and classified.

Hydrochemical analysis results of water are evalatued using Piper diagram and water types are determined. Piper and Schoeller Semi-logaritmic diyagrams are both used in order to specify the dominant lithology in the formation chemical composition, and to classify water samples with respect to their chemical composition.

Results indicate that they generally have Ca>Mg>Na>K and HCO_3> SO_4>Cl anions and cations which show that carbonate rocks are dominant in the formation of chemical composition.

The groundwater in the studied area are of calcium bicarbonate type. According to Schoeller diyagram which was made as a result of the chemical analysis of the samples which were taken from the sources in the investigation area, sources are same origin.

In the region, in order to determine the suitability of water for irrigation U.S. Salinity Laboratory and Wilcox diagrams are used. In respect to Wilcox classification, water from the resources are grouped as very good-good. As to USA Salinity Laboratory they are grouped as C_1S_1, C_2S_1 and C_3S_1.

1. GİRİŞ

Su, canlı yaşamının sürdürülebilmesi için gerekli olan temel kaynaklardan biridir. Dünyadaki su kaynaklarının % 97,2'sini okyanuslardaki tuzlu sular oluşturur. Geriye kalan % 2,8 oranında bulunan tatlı suların; % 2,14'ü buzulları, % 0,61'i yeraltısularını, % 0,005'i zemin nemini, % 0,009'u yüzeysularını, % 0,001'i ise atmosferdeki su buharını oluşturur.

Günümüzde yüzeysularının hızla kirlenmesi ve debilerinin azalması sonucu yeraltısularına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Canlılar içme ve kullanma amaçlarına yönelik olarak daha uygun özellikler taşıdığı için su ihtiyaçlarının büyük çoğunluğunu yeraltısularından karşılamaktadırlar.

Ülkeler, yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre, yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1000 m^3'ten az ise su fakiri, 1000-2000 m^3 arasında su azlığı çeken ve 2000 m^3'ten çok ise su zengini ülkeler olarak nitelendirilirler. Bugün ülke nüfusumuzun tahmini 72 milyon olduğu kabul edilirse, kişi başına düşen 1555 m^3'lük yıllık kullanılabilir su miktarıyla su azlığı yaşayan bir ülke olduğumuz söylenebilir (Atalık, 2006, Burak ve ark., 1997).

Türkiye'nin gelecek nesillerine sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir. Gelecekteki kullanımlar için yeterli miktar ve kalitede suyun olup olmadığını belirlemek ve bu sırada karşılaşılabilecek havza problemlerini çözmek amacıyla hidrojeolojik havza etüdlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır.

Bu bölümde; yapılan çalışmalar ile ilgili olarak, çalışmanın amacı ve çalışma yöntemleri ile ilgili ayrıntılı bilgi verilecektir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada; Ağlasun Havzası'nın hidrojeoloji incelemesi yapılarak, havzadaki yeraltısuyu potansiyeli ve kalite özelliklerinin belirlemesi amaçlanmaktadır.

1.2 Çalışma Yöntemleri

Ağlasun Havzası'nın hidrojeolojik olarak incelenmesini amaçlayan bu çalışmada, havzadaki yeraltısuyu potansiyeli ve kalitesini belirlemek için çalışmalar yapılmıştır. Jeolojik, Hidrolojik, Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal çalışma yöntemleri büro, saha ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

Büro araştırmalarında ilk olarak bölge hakkında ayrıntılı bir çalışma yapmak için literatür araştırması yapılmış, ilgili tezler ve raporlar incelenmiş; gerekli bilgiler derlenmiştir.

Saha çalışmalarında bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası revize edilmiş, çalışma alanında bulunan birimler, litolojik özellikleri göz önüne alınarak ayıklanmıştır. Jeoloji haritasının yapımında 1 / 25.000 ölçekli topoğrafik haritalar, jeolog pusulası, jeolog çekici, lup ve GPS kullanılmıştır. Saha çalışmalarında özellikle bütün bölgenin jeolojisi araştırılmış, birimlerin formasyon sınırları belirlenmiş, mevcut birimlere ait numuneler alınmıştır. Arazi ölçüm ve gözlemlerinden faydalanılarak bölgenin ayrıntılı jeoloji haritası revize edilmiş, jeolojik kesitleri hazırlanmıştır (EK-A, A1, A2 ve A3). İnceleme alanında birimlerin litolojik ve yapısal özellikleri göz önünde tutularak birimler; boşluk bulundurma, boşlukların boyutları, boşluklar arası ilişkiler ve bu ilişkilerin derecesi gibi yeraltısuyunu geçirebilme ve iletebilme özelliklerine göre farklı hidrojeolojik özelliklere sahip olan ortamlara ayrılmıştır. Çalışma alanında yer alan jeolojik birimler fiziksel ve hidrojeolojik özelliklerine göre Pekişmemiş Formasyonlar (Yaygın-Zengin Akiferler, Bölgesel İlişkisiz (Yerel) Akiferler) ve Pekişmiş Formasyonlar (Bölgesel–İlişkisiz (Yerel) Akiferler, Zayıf Akiferler, Çok Zayıf Akiferler) olmak üzere gruplara ayrılıp, değerlendirilmiştir. Bu bilgiler ışığında bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (EK-B). Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonundan sağlanan yıllık sıcaklık, yağış gibi meteorolojik veriler kullanılarak, yıllık yeraltısuyu bilançosu hazırlanmıştır (Çizelge 4.6).

Çalışma alanındaki akiferler tanımlanarak, akiferlerin hidrolojik parametreleri tespit edilmiştir. Daha önceki yıllarda bölgede yapılmış olan çalışmalardan da yararlanılarak jeolojik birimlerin, çalışmanın amacı doğrultusunda özellikleri araştırılmış, akifer türleri, yayılımı ve hidrolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu parametrelerin tespitinde Devlet Su İşleri kuyularına ait pompaj deney sonuçları ile hazırlanan zaman-düşüm değerleri kullanılarak akiferlerin K (Permeabilite), T (Transmisibilite) katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 5.9).

Laboratuvar çalışmaları kapsamında, yeraltısularının kimyasal yapısı ve kalitesinin belirlenmesi amacıyla havza bazında farklı kuyu ve kaynaklardan alınan su örneklerinin kimyasal analizleri yaptırılmıştır. Ayrıca, suların arazide sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC) ve hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH) değerleri ölçülmüştür. Hidrojeokimyasal değerlendirmeler için kullanılan diyagramların hazırlanmasında Aquachem v.3.7 (Waterloo Hydro., 1999) ve Grapher 9 yazılımı, bu verilere ait tematik haritaların hazırlanmasında ArcGIS 10.1 (Environmental Systems Research Institute) yazılımından yararlanılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında (Temmuz 2012 ve Ekim 2012) toplam 13 adet kaynaktan örnek alınmıştır (EK-B). İnceleme alanında 2 adet belediye kuyusu, 1 adet şahıs kuyusu ve DSİ'ne ait 15 derin sondaj kuyusu bulunmaktadır. Arazide örnek alımı, örneğin laboratuvara getirilmesi ve korunması belirli standartlara uygun olarak yapılmıştır. Ortamı temsil edecek doğru örneğin alınması büyük önem taşımaktadır. Örnek alınmadan önce, steril edilmiş şişenin ağzının açılmamasına ve hava ile temas etmemesine özen gösterilmiştir. Örnekler şişelendikten ve etiketlendikten sonra $+4^0$C'de muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir. Kimyasal analizler TUBİTAK Marmara Araştırma Müdürlüğü laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Arazide yapılan in-situ analizler suyun sıcaklığı (T), hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), elektriksel iletkenliği (EC)'dir. Çizelge 1.1'de in-situ ölçüm cihazları ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1.1 : Çalışmalarda kullanılan in-situ ölçüm cihazları ve özellikleri

In-situ parametresi	Ölçüm Birimi	Cihazın adı ve markası
Sıcaklık	^{0}C	Multi-thermometer
pH	-	HANNA
EC	µS/cm	HANNA

2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

Bu bölümde; inceleme alanının coğrafik konumu ve ulaşımı, morfolojisi ve akarsuları, iklim-bitki örtüsü, ekonomik durumu değerlendirilecektir.

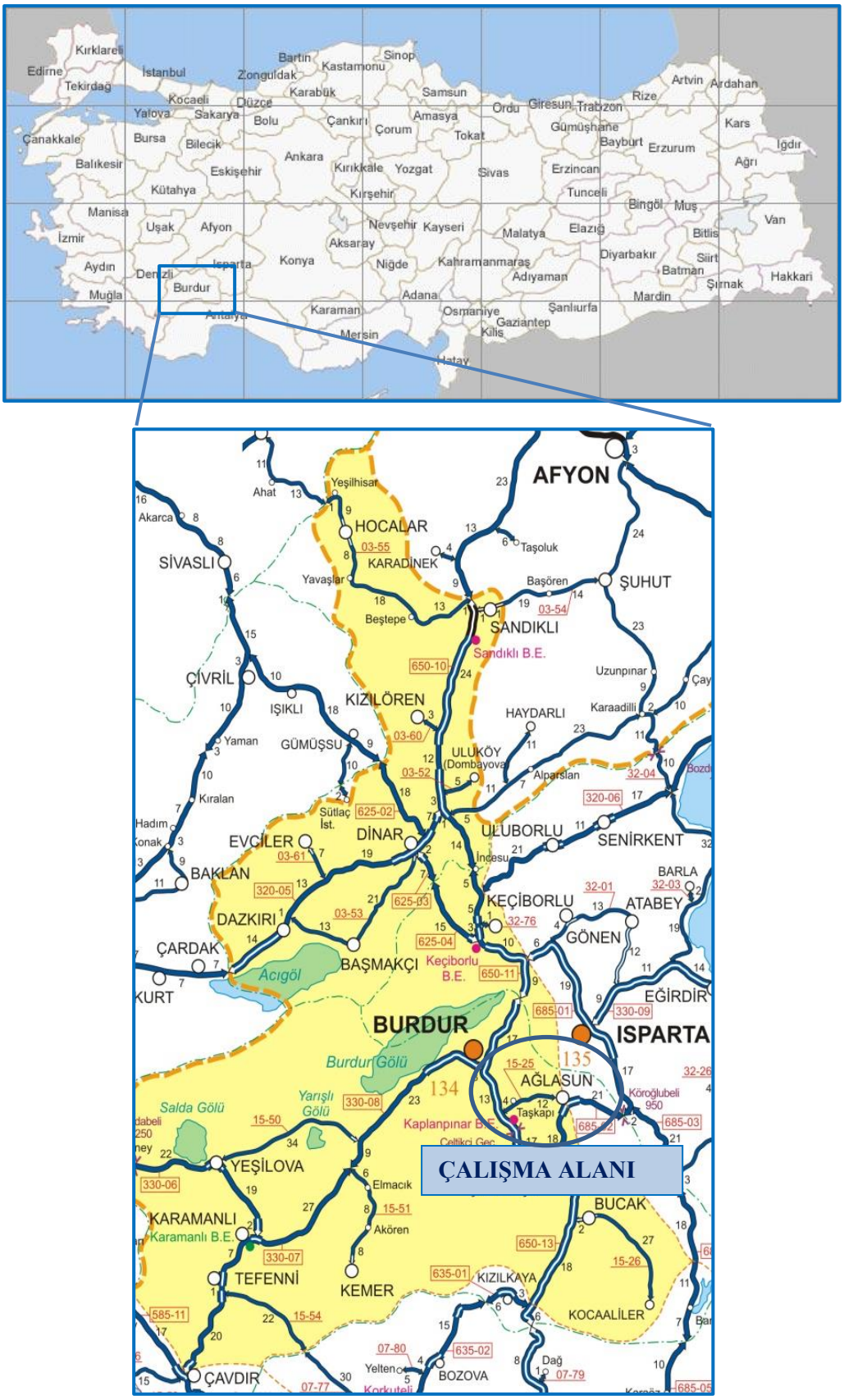
2.1 Coğrafik Konum ve Ulaşım

Çalışma alanı, Batı Akdeniz Bölgesinde, Burdur İli sınırları içinde yer alır. Ağlasun; Burdur İli'nin güneydoğusunda olup, Batı Torosların iç kısımında bulunan 2276 m yüksekliğindeki Akdağ'ın güney yamaçlarına kurulmuştur.

İlçenin batısında Burdur ili, kuzey doğusunda Isparta ili, güneyinde Bucak ilçesi ve Peçenek Beli, güney batısında Antalya İli, kuzeyinde Akdağ, doğusunda Dereboğazı Dere, batısında ise Yaylacık Dağı ve Çatak Beli Dağı bulunmaktadır. Antalya-Isparta karayolu ilçeden geçtiği için çalışma alanına ulaşım karayolundan oldukça kolay sağlanabilir. Çalışma alanının genel konumunu gösteren yer bulduru haritası Şekil 1.1'de verilmiştir.

2.2 Morfoloji ve Akarsular

Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritada Isparta M 24 c2, c3; M25 d1, d2, d3, ve d4 paftaları içinde kalmaktadır. İlçenin kuzeyinde Akdağ (2276m), Tekne Tepe (1882m), Çinçinkırık Tepe (1945m), Kartal Tepe, Akkır Tepe (1994m), Çiğdemlik Tepe (1662m), Çatak Tepe (1969m), Çatalsivri Tepe; güneyinde alçak ve yeni ağaçlandırılmış tepeler Körpınar Tepe (1533m), Iğdişkırı Tepe (1833m), Delikkaya Tepe(1754m), Köseyatağı Tepe (1746m), ve Peçenek Geçiti, Alçıalan Tepe, Yağmureseri Tepe (1274m), Korumuntaş Tepe (1281m), Gavurcukbelen Tepe (1171m), Çakmaklı Tepe, Siyazın Tepe (1249m) Ercekdağı Tepe (1509m); doğusunda Gölcük Tepe (1496m), Arpalık Tepe (1356m) bulunmaktadır.



Şekil 1.1 : Çalışma alanının yer bulduru haritası

93 km^2'lik alana sahip olan Ağlasun Havzası içerisinde sürekli akışa sahip dereler Ağlasun Çayı, Gürleyik Dere, Ulualan Deresi'dir. Koz Dere, Bayır Dere, Derebogazı Dere, Ergenoluk Dere, Karaçamboğazı Dere, Koca Dere, Karaenik Dere, Gölyere Dere, İlbiz Dere mevsimsel olarak akan derelerdir. İnceleme alanının kuzeyden görünüşü Şekil 1.2'de verilmiştir.

2.3 İklim-Bitki Örtüsü

İnceleme alanında Akdeniz iklimi ile İç Anadolu'nun yayla tipi ikliminin karışımı görülmektedir. Ağlasun İlçesi'nin etrafı yüksek dağlar ile çevrili olduğu için kendine özgü bir iklimi vardır. İklimi sert olmakla beraber, karasal iklimden yumuşaktır. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kuraktır. Ağlasun meteoroloji istasyonu verilerine göre Ağlasun'daki yıllık ortalama yağış 718,3 mm ve ortalama sıcaklık 10.8 °C'dir. En sıcak ay ortalaması 21,4 °C ile Temmuz, en soğuk ay ortalaması 1,2 °C ile Ocak ayıdır. En fazla aylık ortalama yağış 104,3 mm ile Ocak, en az ortalama yağış 15,2 mm ile Ağustos ayıdır. Ağlasun topraklarının kuzey, güney ve doğusu dağlık, batısı ise alçak olup yer yer ovalıktır. Dağlar ise çam ormanları ile kaplıdır.

2.4 Ekonomik Durum

İlçe ekonomisi tarım, meyvecilik ve hayvancılığa dayanmaktadır. Pazarlaması yapılmamakla birlikte napolyon türü kiraz üretimi ve çilek potansiyeli vardır. Halkının büyük bir çoğunluğu tarım ve hayvancılıkla uğraşmaktadır. Ağlasun; gül bahçeleri, asırlık çınarı, alabalık yetiştirme tesisleri ile ünlüdür. İlçede kiraz, vişne, ceviz, elma, buğday, mısır yetiştirilmektedir.

İlçenin 7 km. kuzeydoğusunda Sagalassos antik kenti bulunmaktadır. Sagalassos'daki düzenli kazılara 1989 yılında başlanmıştır. Henüz % 5'lik bölümü çıkarılan Roma ve Helenistik çağa ait mimari süslemeler ve taş eserler, Burdur Arkeoloji Müzesinde sergilenmektedir. Sagalassos antik kenti onarımla açık hava müzesi olabilecek özelliktedir.



Şekil 1.2 : İnceleme Alanın Kuzeyden Görünüşü

3. GENEL JEOLOJİ

Bu bölümde önceki çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, bölgesel jeoloji ve inceleme alanınıın jeolojisi, bölgenin yapısal jeolojisi ve jeolojik evrimi açıklanmıştır.

3.1 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanının jeolojik gelişiminin ve evriminin daha iyi anlaşılması amacıyla, birimlerin stratigrafik dizilimleri üzerinde literatür çalışması yapılmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, inceleme alanı ve çevresinde yerli ve yabancı birçok bilim adamı tarafından yapılan çalışmalar kronolojik sıra ile aşağıda özetlenmiştir.

Parejas (1942): Çalışmada Sandıklı-Dinar-Burdur-Isprta-Eğirdir dolaylarının 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yapılmıştır. Bölgenin statigrafisinin Paleozoik, Mesozoik, Tersiyer ve Neojen'den meydana geldiğini belirtmiştir. İnceleme alanının; Alp jeosenklinalinin, Torid çukurunun kuzey sahilinde (Sandıklı-Başören-Çay) olabileceğinden bahsedilmiştir.

Altınlılı (1944): Araştırmacı, Antalya-Burdur-Isparta bölgelerinde yaptığı çalışmalarda bölgedeki fasiyeslerin birbirine benzediğinden stratigrafik birliklerin ayrılmasında güçlükler olduğunu savunmuştur. Jura yaşlı kumtaşı, radyolarit, silisli şist ve kuvarsit topluluğu ile temsil edilen filişimsi serinin üzerine Senomaniyen yaşlı rudist ve actaeonella'lı kireçtaşlarının geldiğini ifade etmiştir. Birimleri diskordasla örten Eosen'in varlığına değinmiştir.

Dumont (1974): Çalışmada, Isparta kıvrımının orta kısmı ile Batı Torosların allokton ve paraotokton ünitelerindeki mevcut yapısal istiflenmeler arasındaki benzerlikler ele almıştır. Dumont sonuç olarak Isparta kıvrımı ile Antalya naplarının eşiğinin birbirine bağlantılı olabileceğini saptamıştır.

Dumont ve Kerey (1975): Orta ve batı Toroslar arasında kalan bölgenin temel jeolojik özelliklerini ortaya koyma amacı taşıyan bu çalışma, bölgede değişik havzalarda oluşmuş kayaları kapsayan ayrı birlikler saptanmıştır. Bu birlikler sırasıyla Karacahisar Birliği, Ofiyolitli Birlik ve Dulup Birliği olarak ifade edilmiştir. Karacahisar Birliği; şistler ve kireçtaşları ile başladığı; Üstte Mezosoik yaşlı Bahçeevleri Formasyonu, Hacıilyas Formasyonu, Kasımlar Formasyonu, Menteşe Dolomiti, Alakilise Kireçtaşı, Eşekini Kireçtaşı bulunduğu savunulmuştur. Bu birimlerin üzerine allokton Ofiyolitli Birlik ve Dulup Birliği geldiği ifade edilmiştir.

Dumont (1976): Araştırmacı, Isparta Açısının kuzeye doğru meydana getirdiği V 'de eski paleocoğrafik hiçbir ize rastlanmadığını ve Üst Kretase üzerinde yer almış olan napların tek bir allokton sistem tarafından meydana getirildiğini savunur.

Özgül (1976): Torosların değişik kesimlerinde incelemeler yapan çalışmacı, sürdürdüğü bu çalışmalara dayanarak Toros kuşağının bazı temel ve jeolojik özelliklerini belirtmeyi amaçlamaktadır. Torosların ayırtman stratigrafik özellikleri ve kapsadıkları kaya birimleri açısından değişik kaya birimi topluluklarını yansıttığını belirtmiştir. Birlikler, iyi görüldükleri yüksek dağlar veya yerleşme merkezleri gözönüne alınarak, yazar tarafından Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olarak adlandırılmıştır.

Poisson (1977): Araştırmacı, Beydağlarını oluşturan karbonat kayalarının stratigrafisini ortaya koymayı amaçlamıştır. Karbonat kayalarının Liyas'tan Senoniyen'e kadar resifal kireçtaşları olarak devam ettiğini, Senoniyen'in ise pelajik kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmiştir. Üst Paleosen-Alt Eosen yaşında bir olistostromun varlığını, bunların üzerinde Lütesiyen kireçtaşlarının uyumsuz olduğunu, Akitaniyen'de resifal kireçtaşları, Burdigaliyen'de fılış olarak devam ettiğini savunmuştur. Antalya Napları'nın üç ana naptan oluştuğunu belirten yazar, alt napın Çataltepe ve Tahtalıdağ ünitesinden oluştuğunu ve Çataltepe ünitesinin Antalya Napları'nın temel parçasını oluşturduğunu belirtmiştir Bu nedenle daha çok Çataltepe ünitesinin stratigrafisini ortaya koymaya çalışmıştır.

Akbulut (1980): Eğirdir Gölü güneyinde yapılmış olan bu çalışmada, Senomaniyen sonunda Çandır Formasyonunun Davras Kireçtaşı üzerine bindirdiği ve allokton Sütçüler Formasyonu tarafından da örtüldüğü belirtilmiştir.

Koçyiğit (1981): Isparta Büklümü kuzey iç kenarında Liyas sırasında yaklaşık D-B doğrultulu çekim fayı özelliğinde bir kırığın gelişmesiyle Hoyran neritik karbonat platformunun biçim kazandığını ve bunun da Toros karbonat platformunun, özellikle Mesozoyik-Alt Tersiyer sırasında oluşan örnek istiflerinden biri olduğunu belirtmiştir. Isparta Büklümü kuzey iç kenarında, ilki Maestrihtiyen'de başlayan blok faylanmanın, aralıklı olarak Üst Lütesiyen sonu ve Oligosen boyunca geliştiğini ve Orta Oligosen'den sonra günümüze kadar sürdüğünü belirtilen çalışmada, özellikle Oligosen sonu ile günümüz arasında etkinliği artan çekme gerilimi tektoniği denetiminde, riftleşmenin bölgesel yükselme, faylanma ve volkanizma gibi evrelerinin geliştiğini ifade eder.

Yalçınkaya vd. (1986): "Batı Torosların Jeolojisi" adlı raporunda Triyas yaşlı kireçtaşlarının Burdigaliyen yaşlı Ağlasun formasyonunun üzerine Miyosende etkili olan basınç gerilmeleri sonucunda bindirdiğini belirtmiştir.

Karaman (1990): Çalışmada, Isparta ile Ağlasun arasında kalan yaklaşık 150 $km^{2'}$lik alanın jeoloji haritası yapılmış ve bölgedeki kayaç toplulukları otokton ve allokton olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu birimlerin birbirleri ile olan stratigrafik-tektonik ilişkileri açıklanmaya çalışılmıştır. Bölgenin jeolojik yapısını ve tektonik morfolojisini önemli ölçüde değiştiren bindirme olayının Orta Miyosen'de gerçekleştiği belirlenmiştir. Bölgedeki ilk volkanizma faaliyetininin de Miyosen-Pliyosen geçişine rastladığı belirtilmektedir. Başlıca iki evrede faaliyet gösteren volkanizmanın oluşumuna, Akdağ bindirmesi ile eş yaşlı yanal atımlı fayların sebep olabileceği düşünülmektedir.

Karaman (1994): Isparta ile Burdur Gölü arasında yer alan inceleme alanındaki kaya birimlerini allokton ve otokton olmak üzere başlıca iki gruba ayrılmıştır. Kretase yaşlı karbonat istifi bölgenin en yaşlı otokton kaya birimi olduğu belirtilmiştir. Tüm Kretase yaşlı kaya birimlerinin Tersiyer yaşlı kırıntılı sedimentlerle örtülü olduğu ifade edilmiştir. Bölgedeki Gölcük Volkanizmasının Geç Miyosen-Erken Pliyosen'de meydana geldiği ortaya konulmuştur. Kuvaterner

yaşlı alüvyonun bölgenin en genç birimi olduğu belirtilmektedir. Bölgedeki yapısal özellikler KB-GD sıkıştırma, KB-GD çekme kuvvetleri etkisi sonucu gelişmiş olabileceği tahmin edilmiştir.

Görmüş ve Özkul (1995): Isparta-Gönen ve Burdur-Ağlasun arasındaki istiflerin stratigrafisini yeniden değerlendirilmiş; istif adlandırmalarında, yaşlandırmalarında ve ortamsal yorumlarında bazı bulgular sunulmuştur. Değişik litolojik ünitelerden oluşan İncesu formasyonunun yaşını Eosen, Volkanizmanın yaşını da Plio-Kuvaterner olarak belirlemişlerdir.

Şenel (1997): Çalışmaya ait 1/100000 ölçekli jeolojik paftada olduğu gibi, daha önceki araştırmacılar tarafından Erken Miyosen yaşlı olarak belirlenen tortullar kendi içerisinde bir tektonik dokanakla (bindirme) ayrılmıştır. Akdağ-Direkli Köyü arasındaki tortulları da kapsayan geniş bir alanı Eosen yaşlı olarak haritalanmıştır.

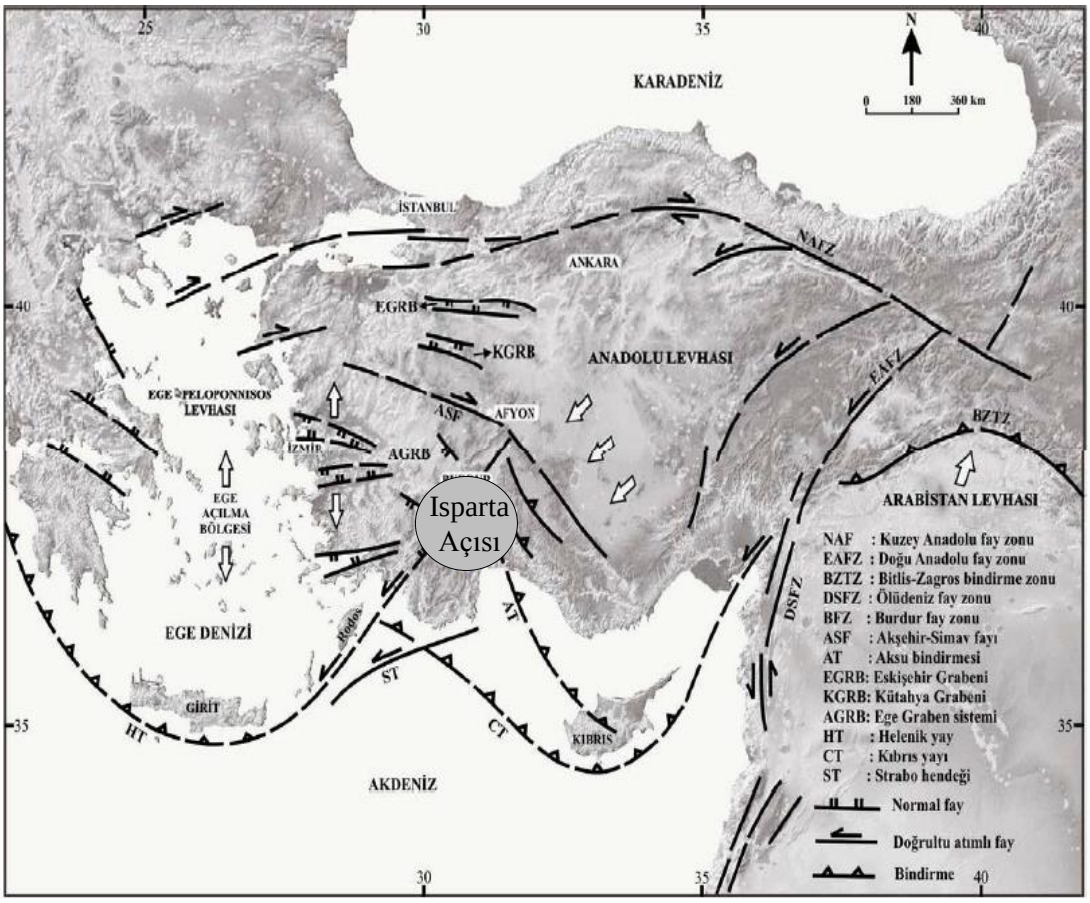
Poisson vd. (2003): Isparta Büklümü'nün tektonik gelişimi ile ilgili yaptıkları jeolojik yorumda; tabandan en üste doğru, önce Bey Dağları otoktonunun Çamlıdere olistostomu tarafından üzerlendiği, sonra Geç Kretase-Paleosen'de Antalya Napı'nın (Isparta Çay formasyonu) bölgeye yerleştiği, Erken-Orta Miyosen'de denizel tortullaşmanın Antalya Napı ve Bey Dağları karbonat platformu üzerinde uyumsuz olarak geliştiği, Langiyen'de ise bölgeye Lisiyen Napları'nın yerleştiği ve son olarakta Aksu konglomeralarının Serravaliyen-Tortoniyen zamanında Bey Dağları ve Lisiyen Napları üzerini kapladığını belirtmişlerdir. Bu modele göre Erken Miyosen tortullarının Lisiyen napları tarafından bindirmeli olarak üzerlendiği ifade edilmektedir.

Davraz vd. (2009): Beydağları otokton kireçtaşının, araştırma alanında bulunan önemli bir akifer olduğu belirtilmektedir. Isparta-Atabey, Ağlasun ve Bucak havzalarında Yeraltısuyu akımı doğrudan otokton kireçtaşlarına doğru olduğunu belirtilmiştir. Bölgede yeraltısuyu akış dinamiklerinin kırık, fay sistemleri ve karstik yapılar tarafından kontrol edildiği belirtilmektedir.

3.2 Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Batı Toroslar'da Isparta Açısı olarak isimlendirilen bir yapı içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Antalya Körfezi kuzeyinde, Toroslar'ın sivri ucu kuzeye doğru yönelmiş, ters "V" biçimli olan bu kesim, Blumenthal (1963) ve Koçyiğit (1981) tarafından "Isparta Büklümü" olarak adlandırılmıştır. Aynı yöre için Brunn (1976) ve Şengör (1980) "Isparta Açısı" terimini kullanmıştır.

Isparta açısını batıdan KD gidişli Fethiye–Burdur Fay zonu, doğudan ise KB gidişli Akşehir-Simav Fay zonu (Koçyiğit, 2000) sınırlamaktadır. Yağmurlu vd. (1997) GB-Anadolu'da Isparta Açısı olarak bilinen bu coğrafik bölgenin K-G yönde yaklaşık 180 km, D-B yönde 100 km genişliğinde olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Türkiye ve yakın çevresini etkileyen belli başlı aktif tektonik yapılar (Yağmurlu vd., 2005)

Isparta Açısı birbirleriyle farklı stratigrafik istiflenmelere sahip otokton birimler ile otokton birimler üzerine farklı zamanlarda yerleşmiş allokton birimlerden oluştuğu savunulmaktadır (Şekil 3.2).

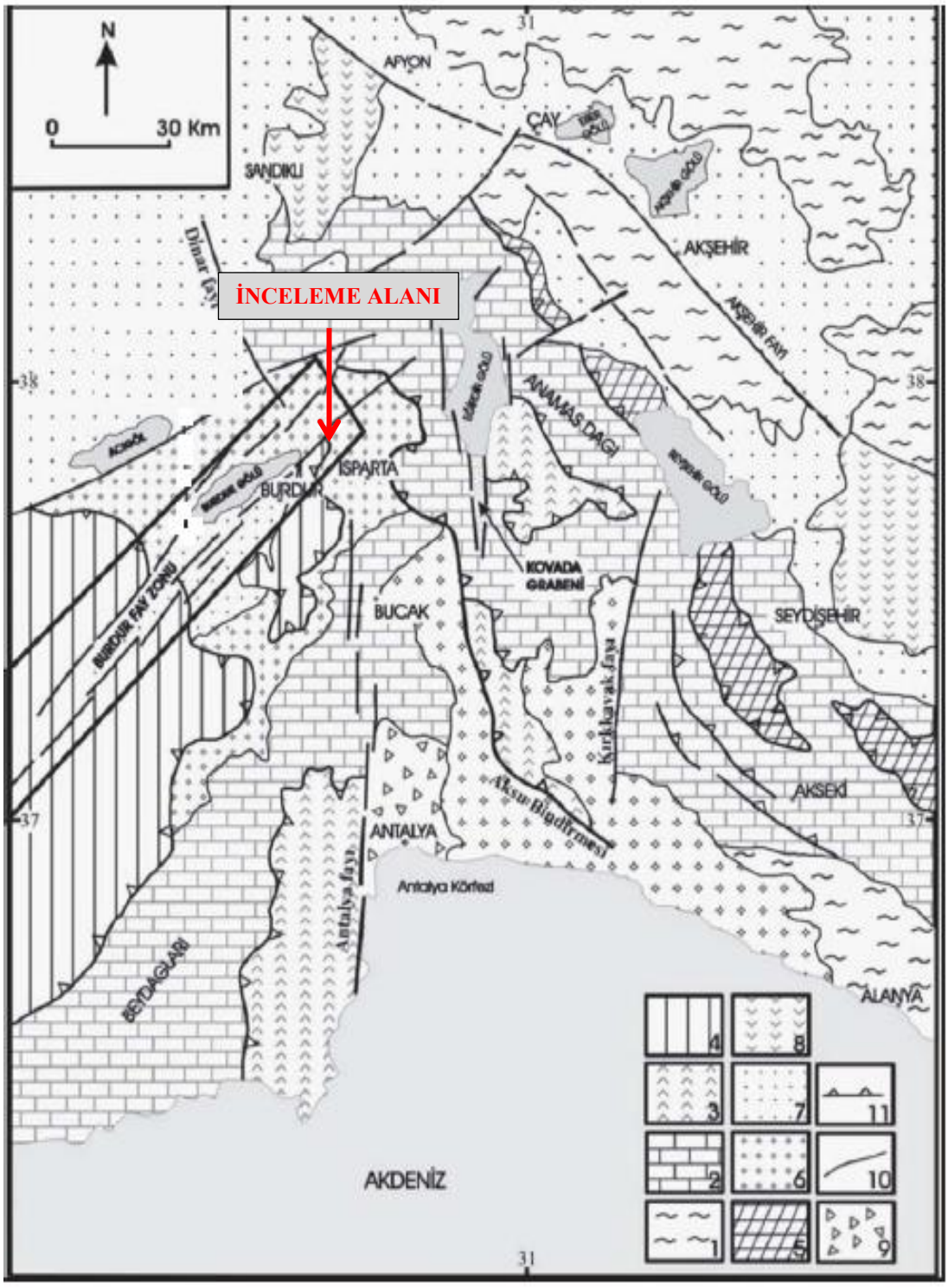
Isparta açısını, otokton birimler (batıda Beydağları otoktonu, doğuda Anamas-Akseki otoktonu) ve allokton birimler (Antalya napları, Beyşehir-Hoyran napları, Likya napları) oluşturmaktadır.

Isparta Açısı ve yakın çevresinde yeralan allokton kaya toplulukları, bileşimi, konumu, yerleşim yaşları ve kökenleri göz önünde tutularak batıdan doğuya doğru Likya, Antalya ve Beyşehir–Hoyran napları olmak üzere başlıca üç gruba ayrılmışlardır (Poisson, 1984; Şenel, 1984; Robertson ve Woodcock, 1984).

Isparta Açısının batı kanadı üzerine gelen Likya napları ile doğu kanadını üzerleyen Beyşehir–Hoyran napları için Orta–Geç Eosen ile Geç Miyosen yerleşim yaşı öngörülmesine karşın, Antalya naplarının yerleşimi için Geç Kretase–Erken Paleosen yaşı uygun görülmüştür (Şenel, 1984; Dilek ve Rowland, 1993; Glover ve Robertson, 1998).

Kissel ve Poisson (1986) ile Piper ve diğ. (2002), paleomanyetik verilere dayanarak, Isparta Açısının batı kanadını oluşturan Beydağları karbonat masifini Miyosen dönemi boyunca saat dönüşünün tersi yönde yaklaşık 35-40 derecelik bir rotasyona uğramış olabileceğini belirtirler. Buna karşın başlıca Akseki-Anamas karbonat platformu tarafından oluşturulan Isparta Açısının doğu kanadı, Eosen döneminden bu yana saatin dönüş yönünde olmak üzere yaklaşık 45 derecelik bir rotasyona uğradığını savunmuştur (Poisson, 1984).

Napları meydana getiren farklı stratigrafik ve yapısal özellikteki kaya birimleri ile ofiyolitik bileşenler yaygın olarak bulunmaktadır.

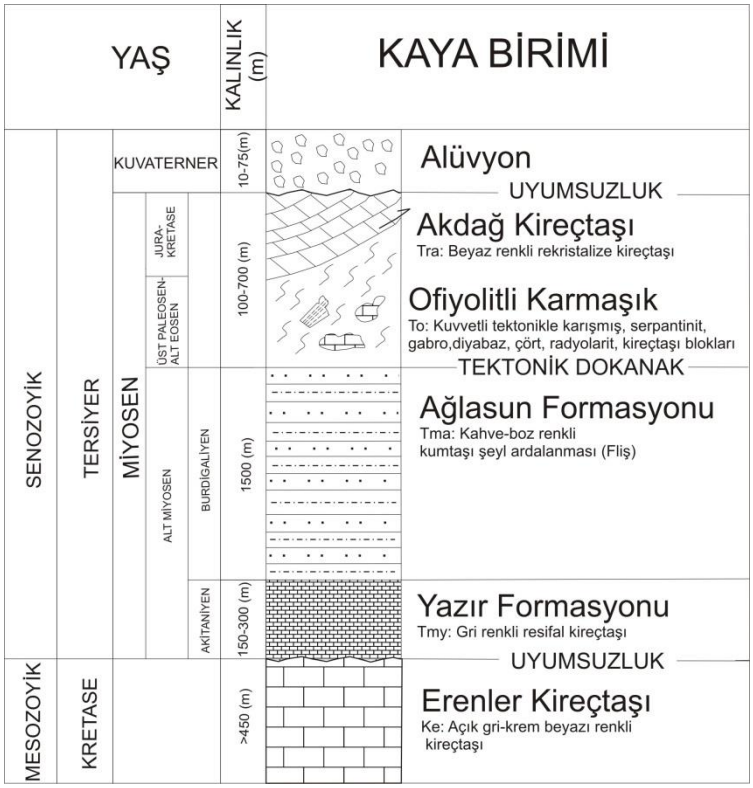


Şekil 3.2 : Isparta Açısı ve Güneybatı Anadolu'nun temel jeolojik yapısı (Şenel 1984). (1) Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar, (2) Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayalar, (3) Antalya napları, (4) Likya napları, (5) Beyşehir-Hoyran napları, (6) Denizel Tersiyer tortulları, (7) Karasal Neojen tortulları, (8) Neojen volkanitleri, (9)Antalya travertenleri, (10) Normal faylar, (11) Bindirme fayları.

3.3 İnceleme Alanının Jeolojisi

Jeolojik yapı; bölgedeki yeraltısularının oluşumunu, hareketini, kalitesini ve kullanılabilirliğini kontrol eden en önemli etkendir. Hidrojeoloji incelemesi yapılan Burdur – Ağlasun bölgesinin jeolojisini aydınlatmak amacıyla, önceki çalışmalar incelenmiş, kaya birimlerinin özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri göz önünde bulundurularak çalışma alanı ve çevresinin 1/ 25000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır (EK-A). Yeraltı jeolojisine açıklık getirmek amacıyla jeolojik kesitler hazırlanmıştır (EK A1, A2 ve A3). Formasyon adlamalarında bölgede daha önce yapılan çalışmalarda kullanılan isimler tercih edilmiştir.

Bölgede yer alan kaya birimleri allokton ve otokton konumlu birimler olmak üzere iki grup altında toplanmıştır. Otokton Birimler yaşlıdan gence doğru Erenler Kireçtaşı, Yazır Formasyonu, Ağlasun Formasyonu ve Alüvyondan oluşmaktadır. Bölgede Allokton birimler olarak Ofiyolitli Karmaşık ve Akdağ Kireçtaşı bulunmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : İnceleme alanınında yer alan kaya birimlerinin genelleştirilmiş sütun kesiti (Karaman, 1990'dan sadeleştirilmiştir).

3.3.1 Otokton birimler

Erenler Kireçtaşı (Ke)

Çalışma alanın güneydoğusunda gözlenen Erenler Kireçtaşı, adını inceleme alanının dışındaki Erenler Tepe'sinden almıştır.

Birimi oluşturan kireçtaşı, arazi gözlemlerinde açık gri, taze kırılmış yüzeyinde ise krem beyazı renktedir. Genel olarak mikritik-sparitik bir dokuya sahip olan bu kireçtaşları içerisinde çok fazla oranda karstik erime boşlukları görülür. Birim yörede etkili olan tektonik deformasyondan fazlaca etkilenmiş olup, değişik istikametli çatlak düzlemleri ve faylar tarafından kesilmiştir (Karaman,1990).

Erenler Kireçtaşı, harita alanında izlenen otokton konumlu kayaçların en yaşlısıdır. Bu kireçtaşlannın alt seviyelerindeki daha yaşlı kayaçlarla olan dokanak ilişkisi yörede izlenememiştir. Harita alanı güneydoğusunda üzerinde uyumsuz olarak Alt Miyosen yaşlı Yazır formasyonunun resifal kireçtaşları bulunur.

Bölgede daha önce çalışma yapan Poisson (1977), birimin yaşını Kretase olarak önermiştir.

Yazır Formasyonu (Tmy)

Birim adını inceleme alanının doğusundaki Yazır köyünden almıştır.

Egemen olarak koyu gri renkli resifal kireçtaşları tarafından temsil edilmektedir. Genel olarak masif görünümlü, yer yer ise orta-kalın katmanlıdır. Değişik istikametli çatlak düzlemleri ve faylar ile kesilmiş olan birim içerisindeki çatlaklar, çoğunlukla kalsit ve aragonit kristalleri ile doldurulmuştur. Birim içerisinde koyu gri renkli kireçtaşlarının yanısıra daha az oranlarda koyu gri-siyah renkli kumlu kireçtaşı, ince katmanlı laminalı killi kireçtaşı, kiltaşı ve şeyl seviyeleri de görmek mümkündür (Karaman, 1990).

Birim, 150-300 m arasında değişen kalınlık gösterir (Karaman, 1990). Birim harita alanında dar bir alanda yüzeyleme vermesine karşılık, harita alanının doğusunda ve dışında Miyosen tabanını yansıtan sürekli yayılımlı ve düzgün bir formasyon

şeklinde izlenir. Birimin altında uyumsuz olarak Erenler Kireçtaşı, üstünde ise uyumlu olarak Alt Miyosen yaşlı Ağlasun formasyonu yer almaktadır.

Yazır formasyonunun yaşı Alt Miyosen olarak belirlenmiştir (Karaman, 1990).

Ağlasun Formasyonu (Tma)

Birim, adını özelliklerinin en iyi gözlemlendiği ve yayılımının en geniş olduğu Ağlasun dolayından almıştır. Bu formasyon Eğirdir, Isparta ve güneyinde çalışan Akbulut (1980), Sipahi (1984), Yalçın (1993) ile Görmüş ve Özkul (1995) tarafından Güneyce formasyonu, Gölcük ve civarında çalışan Bilgin ve diğ. (1989) tarafından Isparta Filişi, Batı Toroslar ve civarında çalışan Yalçınkaya ve diğ. (1986), Karaman (1990) ve Yağmurlu (1994) tarafından da Ağlasun formasyonu olarak isimlendirmiştir. Bu çalışmada ise birim Ağlasun formasyonu ismi ile kullanılmıştır.

Bölgede filiş niteliğinde izlenen birimin egemen kaya türünü kumtaşı ve kumtaşları ile arakatkılı şeyller oluşturur (Şekil 3.4). Ağlasun formasyonunu oluşturan litolojiler son derece düzgün katmanlanma sunmakta, şeyller laminalı, kumtaşlan ise ince-orta tabakalanma göstermektedir. Kumtaşları açık sarı, beyaz, gri, nadiren de kahverengimsi olarak gözlenmekte olup bol çatlaklıdır. Kumtaşı - şeyl ardalanmasında kumtaşından şeyle geçiş derecelidir. Fakat şeylden kumtaşına geçiş keskin sınırlıdır. Şeyler yeşilimsi sarı ve gri renkte, ayrışma rengi ise açık yeşilimsi, kirli gri ve sarımsı renkli olarak izlenirler.

Ağlasun Formasyonu'nun kalınlığı 1500 m civarındadır. Bölgede Orta Miyosen'de gerçekleşen tektonizma olayları sonucu (Karaman, 1988), Akdağ Kireçtaşı Birliği ve Ofiyolitli Karmaşık tarafından tektonik olarak üstlenir. Ağlasun formasyonu, tektonik deformasyondan çok fazla oranda etkilenmiş, bunun sonucunda kıvrım yapılar, bindirmeler, faylanmalar, çatlaklar gelişmiştir. Bindirme dokanakları boyunca şiddetli makaslama ve ezilme zonları açığa çıkmıştır. Alt sınırında uyumlu olarak Yazır Formasyonu, üzerinde ise bindirmeli bir dokanakla allokton konumlu Akdağ Kireçtaşı ve Ofiyolitli Karmaşık bulunmaktadır.

Ağlasun formasyonun yaşı (Burdigaliyen) Alt Miyosen olarak belirlenmiştir (Karaman,1990).



Şekil 3.4 : Ağlasun Formasyonuna ait kumtaşı-şeyl ardalanması.

Alüvyon (Qal)

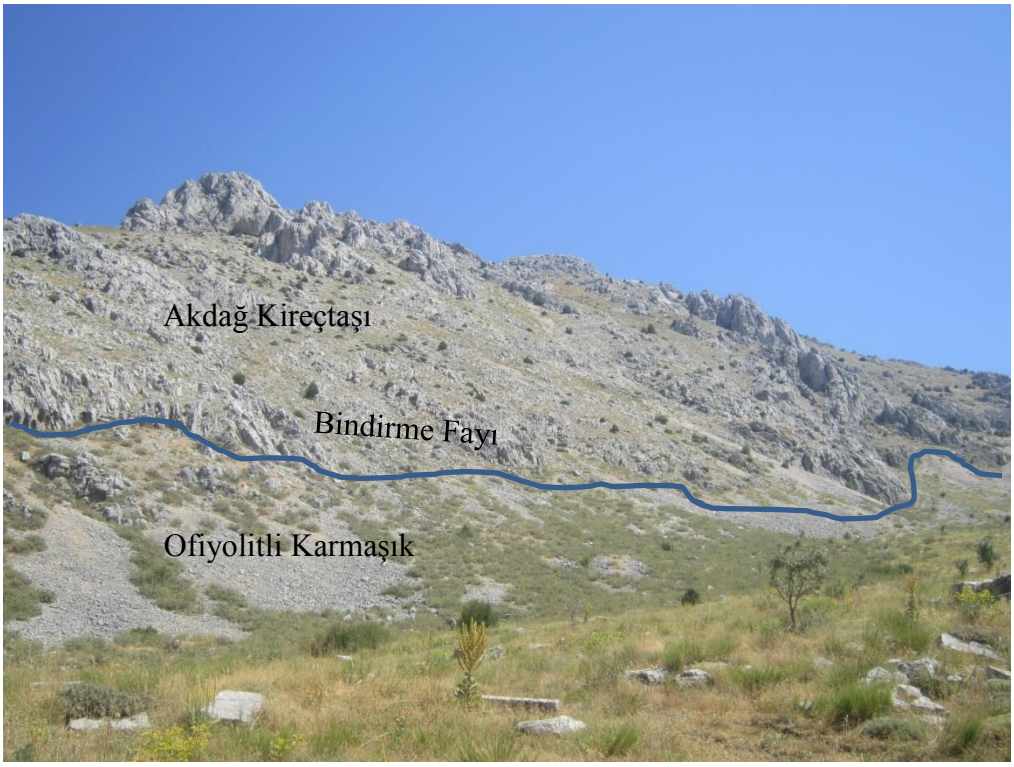
İnceleme alanının ortasında düşük kotlarda ve batı-doğu uzantılı Ağlasun çayı yatağında yaygın olarak alüvyonlar haritalanmıştır. Gevşek tutturulmuş veya tutturulmamış kil, silt, kum, çakıl ve blok boyutunda malzemelerden oluşan güncel çökeller alüvyonu oluşturmaktadır. Kuvaterner yaşlı birimin malzemesi ise bölgedeki kireçtaşları ve diğer temel kayaların iç ve dış kuvvetlerin etkisiyle ayrışmaları ve taşınmaları sonucunda oluşmuşlardır. Havzanın ortasında 75 m kalınlığa ulaşan alüvyonlar kenar bölgelerde incelerek yamaç molozları ile geçişlidir.

3.3.2 Allokton birimler

Akdağ Kiraçtaşı (TRa)

Akdağ Kireçtaşı adını inceleme alanının kuzey kesimindeki Akdağ mevkiinden almıştır. Formasyonun adı ilk kez Karaman (1990) tarafından kullanılmıştır. Akdağ Kireçtaşı, Akdağ Tepe civarında geniş bir alanda yüzeyleme verir ve bölgenin en yüksek dağlık kesimlerini oluşturur. Birim arazide doğal halde gri, taze kırılmış yüzeylerde ise açık krem ve beyaz renklerdeki kalın tabakalı masif ve monoton bir kireçtaşı istifi ile temsil edilmektedir. Akdağ Kireçtaşı, muhtemelen Orta Miyosen'de

gerçekleşen sıkışma tektoniği sonucu bölgeye yerleşmiştir (Karaman, 1988). Alt Miyosen yaşlı birimleri üstleyen bu büyük bindirme olayı sonucu, bölgenin yapısı önemli ölçüde değişmiş, bol kıvrımlı, bindirmeli ve kırıklı bir yapı kazanılmıştır. Akdağ kireçtaşları üst düzeylere doğru büyük ölçüde mikritik-sparitik dokulu, alt kesimlerde ise genel olarak kristalize bir yapıya sahiptir. Kuvvetli deformasyona bağlı olarak gelişen ezilme, makaslama ve breş zonları birim içerisinde yaygın olarak izlenir (Karaman, 1994).



Şekil 3.5 : Akdağ Kireçtaşı genel görünümü ve bindirme fayı görünümü

Kireçtaşlarının harita yorumuna dayalı görünür kalınlığı 500 m den fazladır. Akdağ kireçtaşlarının irili ufaklı parçalarının Ofiyolitik Karmaşık içerisinde yoğrulmuş bir hamur şeklinde gözlenmesi, ofiyolitlerdeki deformasyon çizgileri ile aynı çizgileri sunması, onlarla beraber deformasyona maruz kaldığına işaret etmektedir Akdağ Kireçtaşlarının Likya napının bir bölümünü oluşturduğu belirtilmektedir (Yalçınkaya, 1989).

Akdağ Kireçtaşı birliği yörede allokton konumlu olup, ofiyolitik karmaşık ile birlikte harita alanında Alt Miyosen yaşlı Ağlasun formasyonunun şeyl arakatkılı

kumtaşlarını bindirmeli bir dokanak boyunca üstler. Bu ilişki Ağlasun kuzeyinde Sagalassos antik kenti civarında açık ve belirgin bir şekilde izlenir (Şekil 3.5).

Akdağ kireçtaşı birliğinin yaşı Karaman (1990) tarafından Jura-Kretase olarak verilmiştir.

Ofiyolitli Karmaşık (To)

Ofiyolitli Karmaşık, havzanın batısında ve kuzeyinde Akdağ Kireçtaşlarının tabanında doğu batı doğrultusu boyunca geniş bir şerit halinde haritalanmıştır (EK A).

Ofiyolitli Karmaşık, başlıca serpantinit, gabro, diyabaz, çört, radyolarit ile kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Birimin en yaygın bileşenlerinden birisini oluşturan serpantinitler, kaygan yapılı, ayrışma yüzeyinde açık yeşilimsi, taze yüzeyinde ise mat gri, yeşilimsi masif yapılı bir görünümdedir. Gabro ve diyabazlar çoğu dayklar şeklinde izlenmekte olup, koyu gri-yeşil renklidirler. Radyoloritler ayrışma yüzeyinde kırmızımsı, taze yüzeyinde ise daha koyu kırmızı renklidir. Olistolit konumlu kireçtaşları açık gri-bej renklidir (Şekil 3.6).

Ofiyolitli karmaşık Alt Miyosen yaşlı Ağlasun formasyonunun üzerine tektonik olarak birdirmiştir. Bindirme fayı, Akdağ eteklerinde belirgin ve açık bir şekilde izlenir. İstifin kalınlığı jeolojik kesitlerde 150-200 m olduğu tahmin edilmektedir (EK-A1-A2-A3).

Özgür vd. (1992) birimin tektonik yerleşim yaşını Paleosen olarak vermektedir. Yörede ilk ofiyolit kırıntıları Üst Paleosen-Alt Eosen serilerinde gözlendiği için birimin bölgeye yerleşim yaşının Üst Paleosen-Alt Eosen olduğu belirtilmektedir (Yalçınkaya vd., 1986; Yalçınkaya, 1989; Görmüş ve Özkul, 1995). Lütesiyen'de ikinci ilerlemesini yapan karmaşık, Burdigaliyen'deki hareketi ile son yerleşimini yapmıştır (Yalçınkaya, 1989).



Şekil 3.6 : Ofiyolitli Karmaşığın genel görünümü

3.4 Yapısal Jeoloji

Jeolojik açıdan önemli ve aktif olan Alpin Himalaya Dağ Kuşağı içersinde yer alan Türkiye, eski jeolojik devirlerden günümüze kadar değişik tektonik kuvvetlerin etkisinde kalmış, Alpin orojenezinin çeşitli fazlarından etkilenmiştir. Çalışma alanındaki en önemli yapısal etkinlik, allokton konumlu kayaçların bölgeye yerleşimi ve bölgede meydana getirdikleri yapısal değişikliklerdir. İnceleme alanında yapılan çalışmalarda saptanan yapısal özellikler; tabakalanmalar, uyumsuzluklar, kıvrımlar, bindirmeler ve çatlak sistemleridir.

Tabakalanmalar

Alt Miyosen yaşlı Ağlasun Formasyonunda tabakalanma, fliş seviyelerinin uğramış olduğu deformasyonlara bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Allokton birimler ise bölgeye tektonik kuvvetler sonucu yerleştiklerinden dolayı tabakalanma sunmazlar. İnceleme alanında bulunan formasyonların hakim tabaka eğim ve doğrultuları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : İnceleme alanında bulunan formasyonların hakim tabaka eğim ve doğrultuları (Yalçınkaya, 1989).

Formasyonun adı	Doğrultu	Eğim
Akdağ Kireçtaşı	K15-25D	60-75 GD
Ofiyolitli Karmaşık	-	-
Ağlasun Formasyonu	K15-25D	40-55 KB
Yazır Kireçtaşı	K15-25D	45-50 KB
Erenler Kireçtaşı	K15-25D	20-40 KD

Uyumsuzluklar

İnceleme alanında yer alan Kreatase yaşlı Erenler Kireçtaşını, Yazır Formasyonu uyumsuz olarak örter. Bütün birimler ise en genç birim olan Kuvaterner yaşlı alüvyon tarafından uyumsuz olarak örtülür.

Kıvrımlar

Çalışma alanındaki otokton birimlerden, Alt Miyosen yaşlı Ağlasun Formasyonunu oluşturan tabakalarda kıvrımlanmalar, tektonik kuvvetlerin etkisi sonucunda oluşmuştur. Ağlasun formasyonunda oluşan kıvrım eksenleri değişik istikametlerde olup, ortalama K40-50B doğrultulu, kıvrım kanatları ise 50˚-60˚ arasında eğimlidir (Hançer, 1996). Filiş fasiyesindeki Ağlasun Formasyonunda küçük ölçekte birçok kıvrıma rastlamak mümkündür. Çalışma alanında ölçülebilecek büyük ölçekli herhangi bir kıvrıma rastlanamıştır.

Bindirmeler

İnceleme alanında görülen en önemli bindirme, Akdağ Bindirmesidir. İnceleme alanının kuzeyinde yer alan Akdağ Bindirmesini, Alt Miyosen yaşlı Ağlasun Formasyonu üzerindeki Ofiyolitli Karmaşık ile Akdağ Kireçtaşları oluşturur. Mesozoyik yaşlı Akdağ Kireçtaşı ile Ofiyolitli Karmaşık, batı/güneybatıdan hareketle bindirmeli bir dokanak boyunca Burdigaliyen yaşlı Ağlasun Formasyonunu üstler. Bölgedeki bindirme hareketleri güneybatı-kuzeydoğu istikametindeki kuvvetlerin etkisi ile gelişmiştir (Karaman, 1988).

Çatlak Sistemleri

Ağlasun Formasyonunda, kumtaşı seviyelerinde çatlaklar gözlenir. Çatlak açıklığı 0,5-10 cm arasında olup, çoğunlukla kumlu-killi malzemelerle doludur. Yer yer kalsit dolgusu da bulunur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : Ağlasun Formasyonunda izlenen kalsit dolgulu çatlak sistemleri

3.5 Jeolojik Evrim

Alpin orojenezinin, hakim olduğu inceleme alanı, oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bölgedeki otokton konumlu kayaçların en eskisini Kretase yaşlı Erenler Kireçtaşıdır. Erenler kireçtaşının üzerine bölgedeki Alt Miyosen (Akitaniyen) yaşlı Yazır Formasyonuna ait resifal kireçtaşları gelmiştir. Bu kireçtaşlarını, uyumlu olarak Alt Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı Ağlasun Formasyonuna ait şeyl arakatkılı kumtaşları takip eder. Alt Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı Ağlasun Formasyonunun çökeliminden sonra bölgenin tektono-morfolojisini önemli ölçüde değiştiren büyük bindirme olayları meydana gelmiştir. Bölgenin tektonik ve morfolojik yapısının değişmesinde en önemli katkıyı sağlayan yapısal gelişme Miyosen içerisinde gerçekleşmiştir. Muhtemelen Orta Miyosen'de gerçekleşen (Karaman, 1990) sıkışma kuvvetleri sonucu batı/güneybatıdan devinen ofiyolitli karmaşık ile birlikte Jura-Kretase yaşlı Akdağ kireçtaşı birliği, Alt Miyosen (Burdigaliyen) yaşlı Ağlasun Formasyonunun tektonik bir dokanak boyunca üstleyerek inceleme alanında konumlanır. Kuvaterner yaşlı alüvyon ile birlikte havza bugünkü konumunu almıştır.

4. HİDROLOJİ

Yeryüzünde sular sürekli bir dolaşım halinde bulunmaktadır. Bu dolaşım sırasında suların bir kısmı yüzeyde akar ve yüzeysularını oluşturur. Bir kısmı ise yeraltına süzülür, birikir ve yeraltısularını meydana getirir. Yağışın; buharlaşma, akış ve süzülme şeklindeki bu dolaşımına hidrolik dolaşım denir (Şekil 4.1). Bu döngüde 4 ayrı faz bulunmaktadır. Bunlar yağış, buharlaşma-terleme, akış ve süzülmedir. Bu fazlar arasında geliştirilmiş denkleme göre yağış (Y); buharlaşma (B), akış (A) ve süzülme (S) değerlerinin toplamına eşittir (Y= B+A+S). Bölgedeki yeraltısuyu bilançosu için öncelikle bu parametrelerin sayısal olarak belirlenmesi gerekir.



Şekil 4.1 : Suyun Hidrolik Dolaşımı (http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html)

İnceleme alanının meteorolojik özelliklerinin değerlendirilmesi için gereken sayısal veriler Ağlasun Meteoroloji İstasyonundan alınmıştır. Hesaplar için alınan zorunlu kayıt tipleri ve aylık değerler Çizelge 4.1'de listelenmiştir. Ağlasun Havzası meterolojik su bilançosu meteoroloji istasyonunun faaliyettte olduğu 1972-1992 arasındaki yıllara ait ölçümler değerlendirilerek hazırlanmştır.

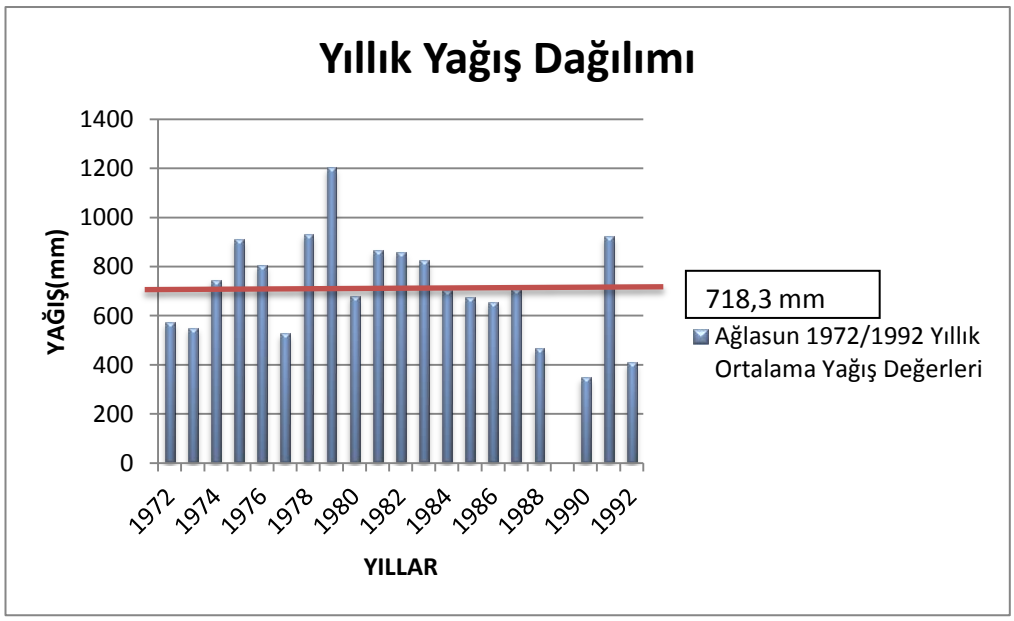
Çizelge 4.1 : Ağlasun DMİ'ye ait meteorolojik elemanların aylık ortalama değerleri (1972-1992).

İstasyon adı:	**Ağlasun /7186**
Enlem:	37
Boylam:	30
Yükseklik:	1033m

Parametre	**Rasat S. (YIL)**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Mayıs**	**Haziran**	**Temmuz**	**Ağustos**	**Eylül**	**Ekim**	**Kasım**	**Aralık**	**Ort**	**Yıllık**
Ortalama Sıcaklık (°C)	20	1,2	1,8	5,2	9,3	13,8	18,2	21,4	20,8	17	11,7	6,2	2,5	10,8	
Maksimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	20	6,5	7	11,1	15,3	20,5	25	28,4	28,8	25,9	20,2	13,3	8,2	17,5	
Minimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	20	-2,7	-2,2	0,2	3,6	7	10,9	14	13,2	9,6	5,7	1,4	-1,4	4,9	
Maksimum Sıcaklık (°C)	20	15,5	19	26	27	30	33	35	35,5	32,5	30	24,5	18	35,5	
Minimum Sıcaklık (°C)	20	-12	-14,5	-14,2	-3,5	-0,5	3,2	6,5	7,5	1,5	-4,4	-8	-13		
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	20	104,3	98	70,8	87,5	69,8	41,1	16	15,2	16,8	54,2	57	87,6	59,8	718,3
Ortalama Nem (%)	20	74,5	74,2	66,9	62,5	60,7	56	49,4	50,2	55,3	64,2	71,2	74,9	63,3	
Minimum Nem (%)	20	3	1	0	3	2	10	3	1	1	3	2	3		
Ortalama Rüzgar Hızı (m_sec)	20	1,9	2,2	2,2	1,9	1,7	1,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,8	1,7	1,9	
Maksimum Rüzgar Hızı (m_sec) ve Yönü	20	15.5 N	22.6 N	22.6 N	12.3 S	9.4 N	12.3 N	9.4 W	9.4 N	9.4 N	9.4 SE	12.3 N	12.3 N		

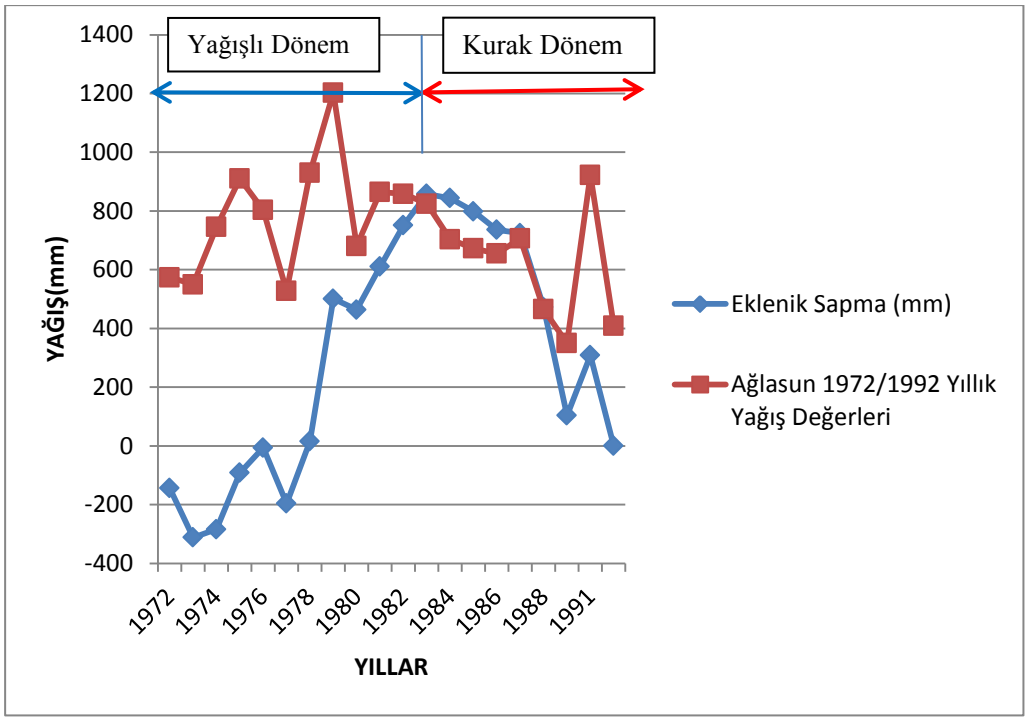
4.1 Yağış

Yağış, yeraltısularının esas kaynağıdır. Atmosferde bulunan su buharının katı veya sıvı halinde yeryüzüne düşmesi yağışı oluşturur. Yağış, birim zamanda birim yüzeye düşen su yüksekliği (mm) ile ifade edilir. Yeryüzüne düşen yağış yükseklik, denize uzaklık veya yöne bağlı olarak değişmektedir. Yağış; özel şekilde yapılmış ve bugün standart hale getirilmiş aletlerle (Pluviometre, Pluviograf) ölçülür. Bu ölçümler, Devlet Meteoroloji İstasyonları tarafından yapılmaktadır. Bir istasyonda ölçülen yağış, bize o nokta ve çevresi hakkında bilgi vermektedir. Yüzey alanı 93 km^2 olan inceleme alanında Ağlasun DMİ bulunmaktadır. Havzanın küçük olması ve ortasında bir DMİ bulunması nedeniyle hidrolojik hesaplamalarda bu istasyonun verilerinin dikkate alınması uygun görülmüştür. Ağlasun Meteoroloji İstasyonunda kaydedilen 20 yıllık verilerden ortalama yıllık yağış miktarı dağılımı Şekil 4.2'de verilmiştir. Ölçüm yapılan yılların ortalama yağış değeri 718.3 mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.2 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için yıllık yağış dağılım grafiği

Yıllara göre ortalama yağıştan eklenik sapma değerleri Çizelge 4.2'de ve eklenik sapma grafiği ise Şekil 4.2 verilmiştir. Bu grafikten bölgede 1972-1982 yılları arası yağışlı dönem, 1982-1992 yılları arasının ise kurak dönemin etkin olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafiği

Çizelge 4.2 : Çalışma alanında bulunan Ağlasun meteoroloji istasyonuna ait yıllık yağış verileri (1972-1992)

YILLAR	Yıllık Toplam Yağış (mm)	Ortalama Yıllık Yağıştan Eklenik Sapma
1972	573,9	-143,935
1973	550	-311,77
1974	745,7	-283,905
1975	910,2	-91,54
1976	803,4	-5,975
1977	527,7	-196,11
1978	929,8	15,855
1979	1203	501,02
1980	680,7	463,885
1981	864,6	610,65
1982	858,4	751,215
1983	824,6	857,98
1984	703,5	843,645
1985	672,6	798,41
1986	655	735,575
1987	706,5	724,24
1988	465,3	471,705
1990	349,6	103,47
1991	922,8	308,435
1992	409,4	0,00

4.2 Buharlaşma

Sıvı ya da katı haldeki suyun ısı enerjisinin transferi yardımı ile gaz haline geçmesi olayına "Buharlaşma" denir. Serbest yüzeylerden olan kayıplara "Evaporasyon", bitkilerden olan terlemeye "Transpirasyon" denir. Yeraltısuları jeolojisinde su kaybına sebep olan buharlaşma (Evaporasyon) ile bitkilerdeki terleme (Transpirasyon) birleşerek "Evapo-transpiration" olarak birarada incelenir.

Serbest su yüzeyinden olan buharlaşma; yükseklik, sıcaklık, hava akımları ile doğru, havanın nemlilik derecesi atmosfer basıncı, erimiş tuzların miktarı ve su derinliği ile ters orantılı olarak değişmektedir. Zeminlerdeki buharlaşma ise daha karışık etkenlerle meydana gelmektedir. Zemindeki su miktarı; bitki sıklığı, buz ve karla kaplı olma ve zeminin güneşlenme miktarı buharlaşmaya etki yapan en önemli faktörlerdendir. Buharlaşma miktarının tayini için bu faktörler göz önünde tutularak farklı metodlar geliştirilmiştir.

Çalışma alanında potansiyel ve gerçek buharlaşma değerlerini tespit edebilmek amacı ile TURC (Turc, 1954) ve Penman (Penman,1948) yöntemleri kullanılmıştır.

Buharlaşma (Er) kayıplarının hesaplanması amacıyla Turc eşitliğinden (Turc, 1954) yararlanılmıştır. Turc yöntemi aşağıda verilen formül ile hesaplanır (4.1)

$$Er=P/\sqrt{[\mathbf{0,9+(P^2/L^2)}]} \quad \textbf{(4.1)}$$

$$L=300+(25*T)+(0,5*T^2) \quad \textbf{(4.2)}$$

Burada;

Er=Gerçek buharlaşma değeri

P=Yağış

T= Sıcaklık

L=Sıcaklığa bağlı katsayı'dır.

İnceleme alanı için toplam ortalama yıllık yağış miktarı 718,3 mm, ortalama sıcaklık değeri 10,8 ^{0}C olarak hesaplanmıştır. Turc yöntemine göre gerçek buharlaşma değeri 485,64 mm olarak bulunmuştur.

Enerji dengesi ve kütle transferi eşitliklerine dayanan Penman Yöntemi, hidrolojik araştırmalarda en doğru sonucu veren yöntemdir. Temel bağlantıda yer alan ve yöntemin uygulanmasında kullanılan veriler ile bunların hangi kaynaklardan sağlandığı aşağıda kısaca özetlenmiştir. Kullanılan aylık sıcaklık ve yağış verileri Ağlasun ilçesine ait Devlet Meteoroloji İstasyonundan elde edilmiştir (Çizelge 4.1).

Penman yöntemine göre; bölgede gerçekleşen toplam ortalama yıllık yağış miktarı 718,3 mm, potansiyel buharlaşma değeri olan (Ep) 714,58 mm ve gerçek buharlaşma değeri (Er) 447,63 mm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3 ve 4.4). Elde edilen bu veriler ışığında yağış ve potansiyel buharlaşma ilişkisini gösteren grafik hazırlanmıştır (Şekil 4.4).

Grafikte Ocak ayından itibaren Mayıs ayının sonuna kadar olan yağış miktarı ve Ekim - Aralık aylarındaki yağış miktarı çalışma alanında hesaplanan potansiyel buharlaşma (Ep) değerinden fazladır (Çizelge 4.4). 100 mm olarak kabul edilen zemin rezervi Mayıs ayından Haziran sonuna kadar tüketilmiştir. Haziran- Eylül dönemindeki su noksanı 266,95 mm'dir. Bu miktar tarımsal sulama suyu talebi olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.3 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için PENMAN yöntemi ile hazırlanan potansiyel buharlaşma hesap çizelgesi (1972/1992).

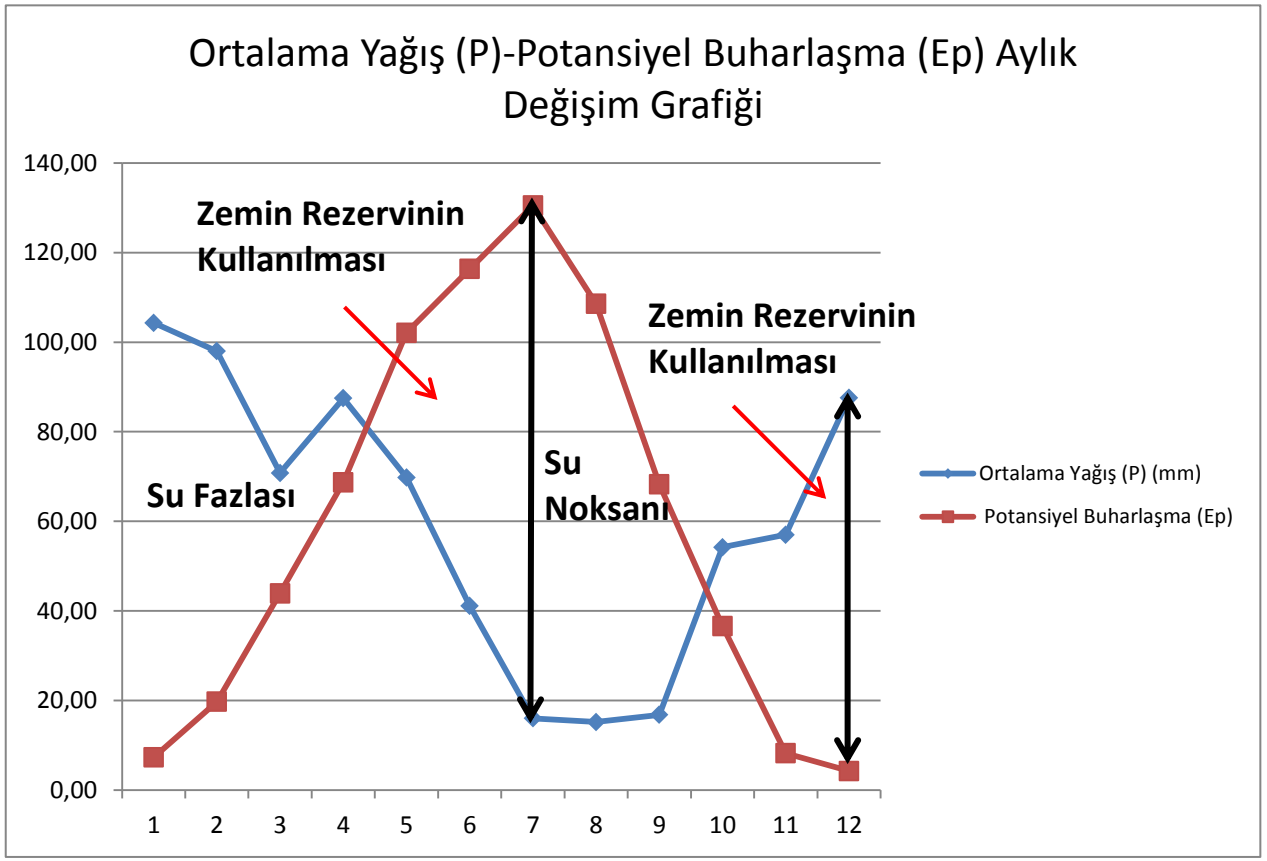
POTANSİYEL BUHARLAŞMA												
HESAPLAMA	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
SICAKLIK(C)	1,20	1,80	5,20	9,30	13,80	18,20	21,40	20,80	17,00	11,70	6,20	2,50
A	0,797	0,822	0,981	1,218	1,551	1,971	2,349	2,273	1,846	1,385	1,034	0,853
RA(mm.su/gün)	7,00	9,20	11,90	14,30	16,20	16,70	16,40	14,90	12,60	10,20	7,50	6,40
n(saat/gün)	3,59	4,40	5,42	7,28	9,20	10,57	12,26	11,34	9,44	7,41	5,49	3,22
N(saat/gün)	10,00	10,80	11,90	13,20	14,10	14,60	14,40	13,50	12,40	11,30	10,30	9,70
Rc(mmsu/gün)	1,98	2,79	3,84	5,18	6,55	7,24	7,97	7,17	5,66	4,14	2,66	1,74
B	11,24	11,36	12,04	12,86	13,76	14,64	15,28	15,16	14,40	13,34	12,24	11,50
RH	0,75	0,74	0,67	0,63	0,61	0,56	0,49	0,50	0,55	0,64	0,71	0,75
ea(mmHg)	4,99	5,22	6,63	8,78	11,82	15,66	19,10	18,41	14,52	10,30	7,11	5,48
RB	1,82	2,01	2,25	2,64	2,96	3,16	3,67	3,64	3,38	2,98	2,51	1,71
U10(m/sn)	1,90	2,20	2,20	1,90	1,70	1,90	2,10	1,80	1,60	1,50	1,80	1,70
U2(m/sn)	0,72	0,97	0,97	0,72	0,58	0,72	0,88	0,65	0,51	0,45	0,65	0,58
Ea	0,449	0,475	0,775	1,160	1,635	2,429	3,412	3,229	2,283	1,297	0,721	0,484
E(mm.su/gün)	0,235	0,704	1,417	2,291	3,294	3,879	4,210	3,504	2,275	1,181	0,273	0,137
Ep(mm.su/ay)	7,28	19,71	43,93	68,74	102,10	116,37	130,51	108,62	68,24	36,62	8,20	4,25
Ep(mm.su/yıl)	714,58											

$$E= A[RA(1-r)(0,18 +0,55n/N)-B(0,56–0, 92) \sqrt{} ed) (0,10+0,90 n/N]+0,27*0,35(ea - ed)(1+0,0098U2) A+0,27 \quad \textbf{(4.3)}$$

Burada; A : Mutlak sıcaklıktaki doygun su buharı ile günlük sıcaklık arasındaki ilişkiyi belirleyen katsayı (boyutsuz), RA : Atmosferüstü güneş enerjisi, E : Günlük potansiyel buharlaşma (mm. su/gün), t : Ortalama günlük sıcaklık (^{o}C), RH: Bağıl nem (%), U: Rüzgar hızı (m/sn), r : Albedo değeri, (mm. su/gün), ea: Havzanın su buharı basıncı (mm.Hg), n : Ortalama güneşleme süresi (saat), B: Boltzman katsayısı (mm.su/gün), N:Astronomik güneşleme süresi (saat), ed: Günlük ortalama sıcaklıktaki havanın doygun su buharı basıncı (mm.Hg)'dır.

Çizelge 4.4 : Ağlasun Meteoroloji İstasyonu için PENMAN yöntemi ile hazırlanan gerçek buharlaşma değerleri (1972/1992).

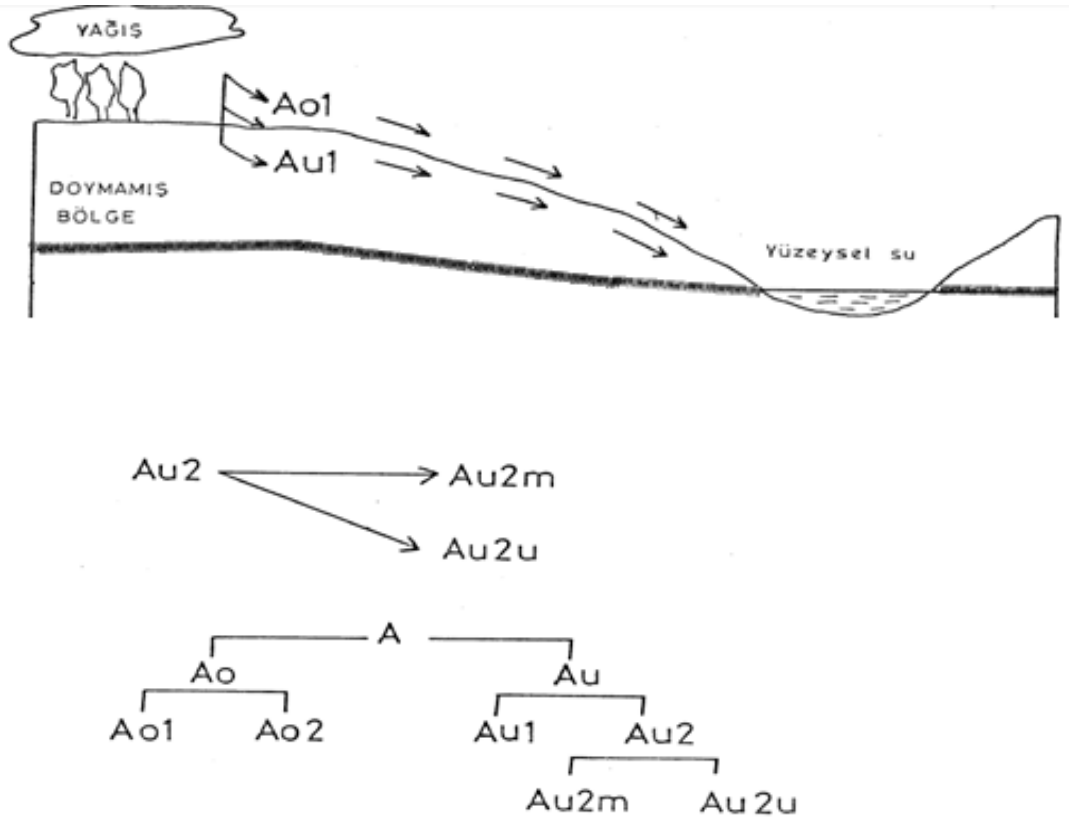
HESAPLAMA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
SICAKLIK	1,20	1,80	5,20	9,30	13,80	18,20	21,40	20,80	17,00	11,70	6,20	2,50	
Yağış (P) (mm)	104,30	98,00	70,80	87,50	69,80	41,10	16,00	15,20	16,80	54,20	57,00	87,60	718,30
EP	7,28	19,71	43,93	68,74	102,10	116,37	130,51	108,62	68,24	36,62	8,20	4,25	714,58
(P-Ep)	97,02	78,29	26,87	18,76	-32,30	-75,27	-114,51	-93,42	-51,44	17,58	48,80	83,35	-
Rezervuar Suyu (R)	100,00	100,00	100,00	100,00	67,70	0,00	0,00	0,00	0,00	17,58	66,38	100,00	-
Gerçek Buharlaşma (Er)	7,28	19,71	43,93	68,74	102,10	108,80	16,00	15,20	16,80	36,62	8,20	4,25	447,63
Eksik Su (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,58	114,51	93,42	51,44	0,00	0,00	0,00	266,95
Fazla Su (mm)	97,02	78,29	26,87	18,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,73	270,67
Akış (A)	60,94	69,62	48,24	33,50	16,75	8,38	4,19	2,09	1,05	0,52	0,00	24,87	270,15
Yağışın akışa göre açığı	43,36	28,38	22,56	54,00	53,05	32,72	11,81	13,11	15,75	53,68	57,00	62,73	448,15



Şekil 4.4 : PENMAN yöntemi ile hazırlanan yağış (P) ve potansiyel buharlaşmanın(Ep) aylık değişim grafiği

4.3 Akış

Yağışın buharlaşmayan ve yeraltına sızmayan kısmı yeryüzünde, arazinin eğimi boyunca akar, akan sularla birleşir ve değişik büyüklükte akarsuları meydana getirir(Ao1). Yeraltına sızan suyun bir kısmı ise geçirimsiz seviye sebebiyşe su tablasına ulaşamadan akarsuya boşalır (Au2m). Şekil 4.5'de akış komponentleri şematik olarak gösterilmiştir.



A-Toplam Akış
Ao-Yüzeysel Akış
- Ao1-Yeryüzünde Akış
- Ao2- Yüzeysel Sularda Akış

Au- Yeraltında Akış
- Au1-Yüzeye yakın yeraltı Akışı
- Au2-Yeraltısuyu Akımı
  - Au2m-Yüzeysel sularda ölçülebilen yeraltısuyu akışı
  - Au2u-Ölçülemeyen yeraltısuyu akışı

Şekil 4.5: Akış komponentlerinin şematik gösterimi (Hölting, 1984).

Çalışma alanındaki yüzeysel akışları göstermek amacı ile drenaj ağı haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.7). İnceleme alanından drene olan yüzey suları Ağlasun Çayı tarafından toplanmakta ve batıdan doğuya toplam 40 km sürekli bir akışla Isparta Çayına boşalmaktadır.

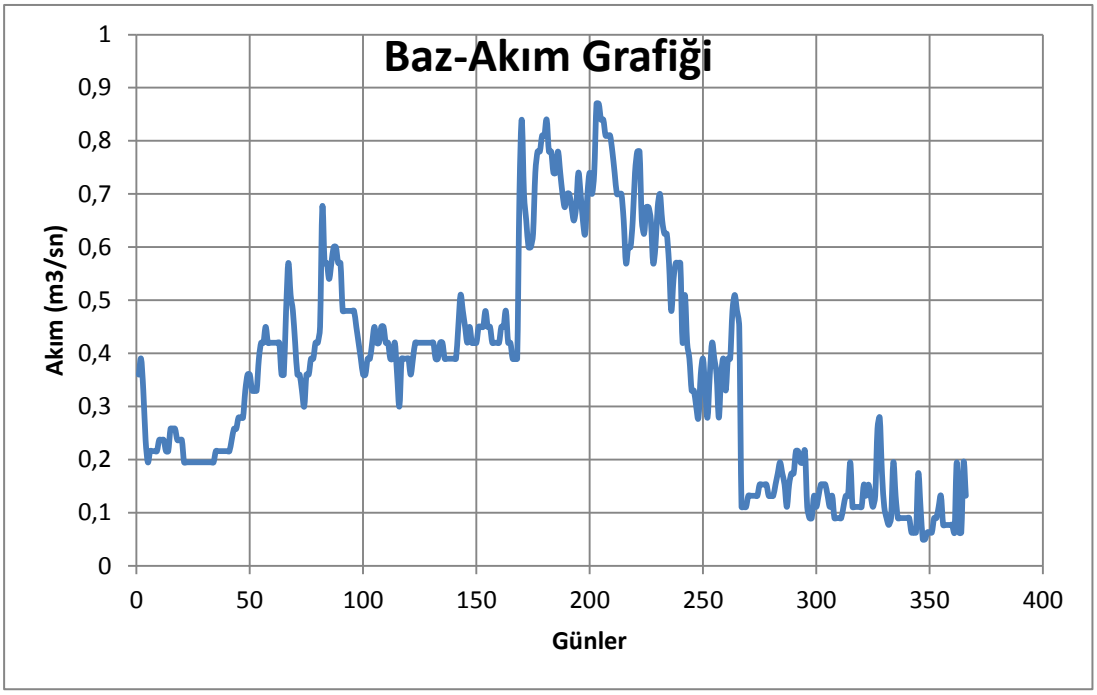
Akarsuların debisi (m^3/sn), havzanın hidrolojik özellikleri ve drenaj sistemleri dikkate alınarak akarsuyun çeşitli yerlerine konulan eşellerde periyodik olarak ölçülür (Şekil 4.7). Böylece akarsuların günlük, aylık, yıllık ve ortalama debileri hesaplanabilir.

Ağlasun Çayı, Isparta Çayı'nın en büyük yan kollarındandır. Ağlasun Çayının, Gürleyik Dere ve Ulualan Deresi sürekli akan; Koz Dere, Bayır Dere, Dereboğazı Dere, Ergenoluk Dere, Karaçamboğazı Dere, Koval Dere, Karaenik Dere, Gölyere Dere, İlbiz Dere ise mevsimsel akan yan kollarıdır. Bu yan kollar Akdağ'ın güney yamaçlarında, Yeşilbaşköy dolayında genellikle kireçtaşı-ofiyolit dokanaklarından boşalan kaynaklar tarafından beslenmektedir (Şekil 4.7). Kaynak suları balık üretim çiftliklerinde tesis ve tarımsal üretimde sulama suyu olarak kullanılmaktadır.

Ağlasun Çayının akış debisi ölçümleri, DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından kurulmuş akım rasat istasyonunda yapılmaktadır (Şekil 4.6). Bu çalışma kapsamında 1972-1992 yılları arasındaki dönemde toplam 9 yıl düzenli olarak ölçülen yıllık yüzeysel akış verilerinden yararlanılmıştır.

DSİ'den temin edilen günlük akım rasat verilerinden debi-zaman grafikleri çizilmiş, bu grafiklerde çizilen eğrinin altında kalan kısım hesaplanarak yıllık baz akım değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.6).

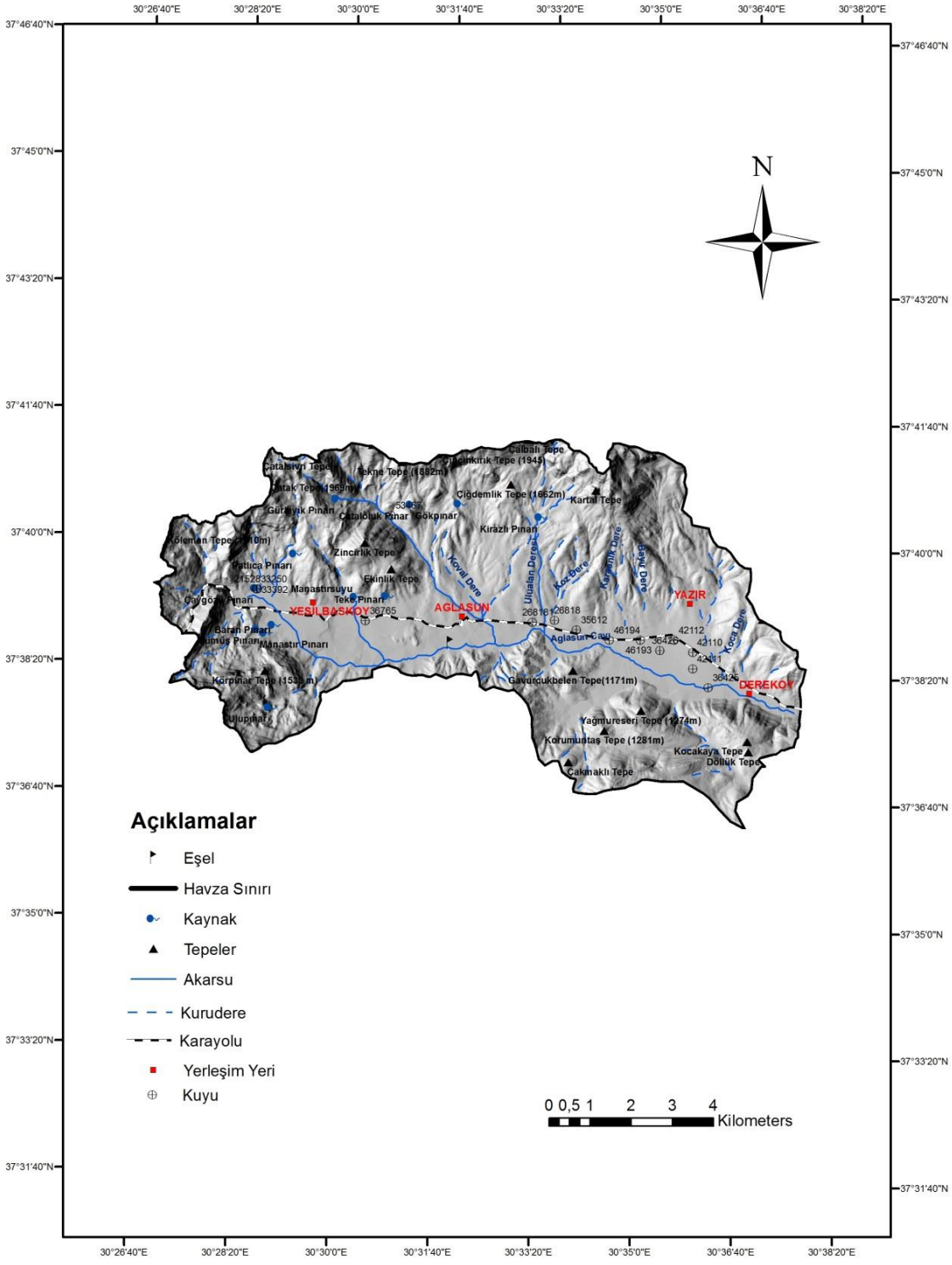
Hesaplanan bu değerlerden havzadan ölçüm yapılan istasyonun yüzey drenaj alanı 48 km^2'lik bir bölümü için Ağlasun Çayının yıllık ortalama baz akımı 14,18 $x10^6$ m^3/yıl olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). İnceleme alanının 1992 yılına ait baz akım grafiği Şekil 4.6'da diğer yıllara ait grafikler ise EK D'de sunulmuştur. Burada hesaplanan baz akımlar Bölüm 5'de verilen ve Ağlasun Çayını besleyen kaynak boşalımlarını da kapsamaktadır.



Şekil 4.6 : 1992 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği

Çizelge 4.5 : Ağlasun Çayı yıllık akış değerleri

Yıllar	Baz Akım (Yeraltı Akışı) (x 10^6 m^3)	Sellenme (x 10^6 m^3)	Baz Akım+ Sellenme (x 10^6 m^3)	Kuyularla çekim (x 10^6 m^3)
1992	10,04	1,65	11,69	1,34
1991	8,03	1,21	9,24	1,24
1978	16,91	4,37	21,28	1,02
1977	11,26	1,01	12,26	2,06
1976	21,51		20,13	1,86
1975	18,73	1,72	20,44	1,53
1974	14,04	1,02	15,06	1,25
1973	10,68	2,88	13,55	0,75
1972	16,41	0,50	16,91	1,46
Ortalama	**14,18**	**1,59**	**15,62**	**1,39**



Şekil 4.7: Ağlasun Havzası drenaj ağı haritası

4.4 Süzülme

Havzalara düşen yağışın önemli bir kısmı buharlaşır, bir kısmı da yüzeysel akış ile havza dışına boşalır. Geriye kalan sular ise yeryüzünden zemine süzülerek yeraltısularını oluşturur. Süzülme hidrolojik dolaşımın en önemli safhasıdır. Ancak, süzülen miktar her zaman her yerde ölçülemediğinden değerlendirilmesi en zor olanıdır. Yeraltına süzülen suyu dolaylı olarak belirlemek için baz akım analizleri ve yeraltısuyu bilançosu yapılmaktadır.

4.5 Yeraltısuyu Bilançosu

Bu bölümde, Ağlasun Havzası için kullanılabilir su potansiyelinin belirlenmesine bir yaklaşım amacıyla yeraltısuyu bilançosu hazırlanmıştır (Çizelge 4.6).

Ağlasun Havzasının yarı kapalı olması nedeniyle yeraltısuyunun en önemli beslenim kaynağı yağıştan süzülmedir. Yüzey drenaj alanı büyüklüğü 93 km^2 ve ortalama yağış 718,3 mm olan Ağlasun Havzasına düşen ortalama yağış miktarı 66,8 x 10^6 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır.

Ağlasun Havzasında en önemli boşalım elemanı buharlaşmadır. Penman yöntemine göre ortalama gerçek buharlaşma (Er) 447,63 mm olarak hesaplanmıştır. Buna göre havzadan yıllık 41,6 x 10^6 m^3/yıl su buharlaşma yoluyla boşalmaktadır. Buradan havzada 25,2 x 10^6 m^3/yıl suyun akışa geçtiği belirlenmiştir.

Havzadaki akış sellenme ve yeraltı akışı olarak gerçekleşmektedir. Ağlasun Çayının 48 km^2 büyüklüğündeki bölümünde kurulan Akım Rasat istasyonu verilerinden yararlanılarak baz akım 14,18 x 10^6 m^3/yıl ve yüzeysel akış 1,59 x 10^6 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Buradan toplam büyüklüğü 93 km^2 olan Ağlasun havzasından akış yoluyla 29.3 x 10^6 m^3/yıl Isparta Çayına boşaldığı hesaplanmıştır. Baz akım grafiklerinlerinden kuyularla boşalım 1,4 x 10^6 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5). Havzanın bir başka boşalımı ise Ağlasun göletinde tutulan ve sulamaya verilen 1,1x 10^6 m^3 miktardır.

Havzada özellikle allokton konumlu kireçtaşlarından boşalan kaynakların tamamının boşalım debileri ve beslenim havzası yeterince bilinmemektedir. Dolayısıyla

havzaya, hesaplanamayan veya eksik hesaplanan beslenimler ($Q_{havza\ dışı\ beslenim}$) de bulunmaktadır. Ağlasun bölgesinde havzanın güney ve güneydoğusunda yüzeyleyen otokton konumlu kireçtaşlarına önemli bir yeraltısuyu boşalımı ($Q_{havza\ dışı\ boşalım}$) olduğu bilinmektedir. Ancak, bu boşalım miktarını ölçmek olanaklı değildir.

Sonuç olarak Ağlasun Havzasında hesaplanan toplam beslenim 25,2 x 10^6 m^3/yıl ve toplam boşalım 32,2 x 10^6 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Beslenim ve boşalım arasındaki 6,8 x 10^6 m^3/yıl fark hesaplanmıştır. Buradan havza dışından ölçülemeyen karstik beslenimin havza dışına ölçülemeyen karstik yeraltı boşalımından büyük olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumu ise havzanın kuzey ve kuzeybatısında havza sınırına yakın bölgede kireçtaşı dokanaklarından boşalan yüksek debili kaynaklar açıklanmaktadır.

Çizelge 4.6 : Ağlasun Havzası Yeraltısuyu Bilançosu

BESLENİM	**x10^6 m^3/yıl**	**BOŞALIM**	**x10^6 m^3/yıl**
		Kuyularla Boşalım	**1,4**
		Isparta Çayına Boşalım	**29,5**
Yağıştan Beslenim	**25,2**	**Ağlasun Göleti**	**1,1**
Ölçülemeyen havza dışı karstik beslenim	**$Q_{havza\ dışı\ beslenim}$**	**Ölçülemeyen karstik boşalım**	**$Q_{karstik\ boşalım}$**
Toplam Beslenim	**25,2+ $Q_{havza\ dışı\ beslenim}$**	**Toplam Boşalım**	**32,0+ $Q_{havza\ dışı\ boşalım}$**

5. HİDROJEOLOJİ

Bu bölümde; çalışma alanındaki su noktaları, litholojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, akiferlerin hidrojeolojik parametreleri konu edilmektedir.

5.1 Su Noktaları

5.1.1 Kaynaklar

Çalışma alanında çoğunlukla allokton konumlu karstik kireçtaşları ile geçirimsiz temel dokanağından boşalan kaynaklar 1/25.000 ölçekli hidrojeoloji haritasında gösterilmiş olup (EK-B) koordinatları Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : İnceleme alanında yer alan önemli kaynaklar

Kaynak No	X	Y	Adı	Debi (m^3/yıl)
EK-26	4172781	280010	Gürleyik Kaynağı	0,32
-	4171053	281612	Beypınarı	0,23
Al-18	4170310	277390	Küllük Pınarı	0,88
-	4169303	280045	Pınarbaşı Kaynağı	0,64
-	4170433	278209	Eyneagzı Kaynağı	0,59
Al-15	4172586	282255	Gökpınar Kaynağı	-
EK-32	4169446	277756	Baran Pınarı	-
K-9	4172375	284432	Kirazli Kaynağı	-
-	4171762	282832	Ulupinar Kaynağı	-
EK-21	4169307	280045	Kaynar Pınarı	-
EK-6	4173090	281150	Sagalassos Kaynağı	-
-	4168934	279027	Boyacı Kaynağı	-

Çizelge 5.1 de verilen kaynaklardan Gürleyik Kaynağı, Beypınarı, Küllük Pınarı, Eyneağzı Pınarı ve Pınarbaşı kaynaklarının boşalım debileri DSİ tarafından aylık periyotlarda ölçülmüştür. Ölçülen kaynakların boşalım katsayıları hesaplanmış,

hesaplar aşağıda verilmiştir. Bu kaynaklar sulama, içme-kullanma, su ürünleri yetiştiriciliği ve şişelenmiş su olarak değerlendirilmektedir.

Kaynakların akım değerleri ile oluşturulan kaynak çekilme analizi, ilk olarak tek bir rezervden boşalan ve kaynak gerisindeki su yükü dikkate alınarak Maillet (1905) tarafından üstel fonksiyon olarak ifade edilmiştir.

Bu üstel eşitlikte belli bir (t) zamanında sistemden boşalan su miktarı;

$$Qt = Qo * e^{-\alpha t} \quad \textbf{(5.1)}$$

formülü ile hesaplanır.

Burada;

Qt : Kurak periyod başlangıcından (t) zaman sonraki yeraltısuyu akımı (m^3/s),

Qo: Kurak periyod başlangıcında (t_0) yeraltısuyu akımı (m^3/s),

α : Boşalım katsayısı ($gün^{-1}$),

t : Qo ile Qt arasında geçen süre (gün)'dir.

Eşitliğin her iki tarafının logaritması alınırsa ;

$$\alpha = \log Qo - \log Qt / 0.4343t \quad \textbf{(5.2)}$$

olarak bulunur.

Akiferin depolama kapasitesi $Vo = Qo/\alpha$ **(5.3)**

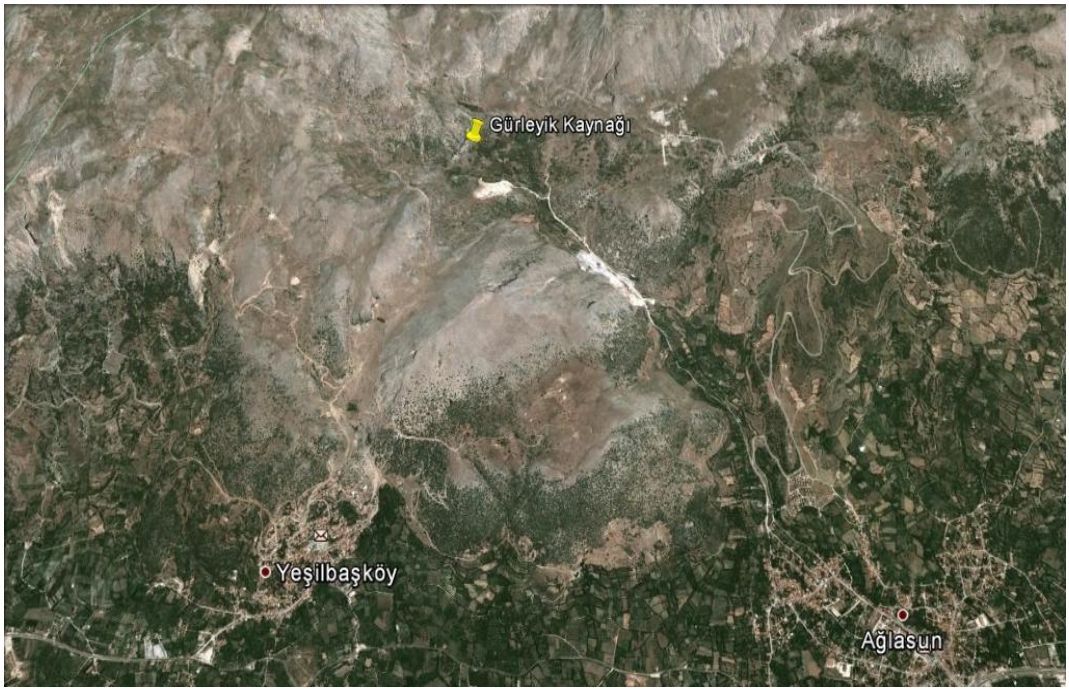
Azalma sonundaki depolama kapasitesi $Vson = Qson/\alpha$ **(5.4)**

Gürleyik Kaynağı (EK-26)

Akdağ'ın güney yamaçların doğan kaynak, Gürleyik Deresi'ni beslemektedir. Gürleyik kaynağı, Akdağ Kireçtaşı ile Ofiyolitik Karmaşık arasındaki dokanaktan boşalmaktadır (Şekil 5.1). Gürleyik kaynağının boşalım katsayıları Çizelge 5.2'de hesaplanmış ve ortalama debisi $0,32 * 10^6$ m^3/yıl bulunmuştur.

Çizelge 5.2 : Gürleyik kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri

Yıl	Q_0 (m^3/gün)	Qt (m^3/gün)	t_2-t_1 (gün)	α ($gün^{-1}$)	V_o (m^3)	V_{son} (m^3)	Boşalan Su (m^3)
Haziran - Eylül 2002	7689,6	4147,2	82	0,008	1011137,6	545332,6	465804,9
Mayıs- Temmuz 2003	16934,4	13737,6	66	0,003	5289498,6	4290970,8	998527,8
Ağus- Ekim 2004	4752,0	2851,2	62	0,008	571057,2	342634,3	228422,9
Temmuz - Eylül 2005	3888,0	2505,6	62	0,007	543219,0	350074,5	193144,6
Haziran - Ağustos 2006	3196,8	2160,0	62	0,006	500562,8	338218,1	162344,7
Haziran - Ağustos 2007	2592,0	864,0	67	0,017	156512,7	52170,9	104341,8
Temmuz- Ağustos 2008	864,0	86,4	35	0,066	13003,2	1300,3	11702,9
Haziran -Eylül 2009	2764,8	1123,2	52	0,017	158026,3	64198,2	93828,1
Haziran-Eylül 2010	5443,2	1900,8	62	0,017	317596,9	110906,9	206690,1
Temmuz- Eylül 2011	3110,4	1382,4	60	0,014	227860,0	101271,1	126588,9
Temmuz- Eylül 2012	3196,8	1641,6	52	0,013	246954,3	126814,4	120139,9



Şekil 5.1 : Gürleyik Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri

Beypınarı Kaynağı

Ağlasun ilçe merkezinin kuzeyinde bulunmaktadır (Şekil 5.2). Beypınarı kaynağının boşalım katsayıları Çizelge 5.3'de hesaplanmış ve ortalama debisi $0,23*10^6$ m^3/yıl bulunmuştur.

Çizelge 5.3 : Beypınarı kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri

Yıl	Q_0 (m^3/gün)	Qt (m^3/gün)	t_2-t_1 (gün)	α ($gün^{-1}$)	V_o (m^3)	V_{son} (m^3)	Boşalan Su (m^3)
Temmuz - Eylül 2002	3715,2	1209,6	52	0,022	170459,6	55498,5	114961,2
Haziran-Ağustos 2003	7603,2	3715,2	60	0,012	630718,9	308192,2	322526,7
Temmuz-Eylül 2004	6048,0	2764,8	62	0,013	474306,8	216826,0	257480,8
Temmuz - Eylül 2005	3974,4	691,2	62	0,028	139478,7	24257,2	115221,6
Haziran - Temmuz 2006	6652,8	1728,0	32	0,043	156359,8	40612,9	115746,9
Mayıs - Temmuz 2007	3456,0	86,4	52	0,072	48235,5	1205,9	47029,6
Mayıs - Temmuz 2008	432,0	86,4	62	0,026	16477,3	3295,5	13181,8
Temmuz-Ağustos 2009	4320,0	1382,4	32	0,036	120123,7	38439,6	81684,1
Temmuz-Ağustos 2010	4579,2	777,6	32	0,056	81827,4	13895,2	67932,1
Haziran-Ağustos 2011	8035,2	2332,8	60	0,021	385963,1	112053,8	273909,3
Haziran-Ekim 2012	4579,2	1123,2	32	0,044	103238,5	25322,6	77915,8



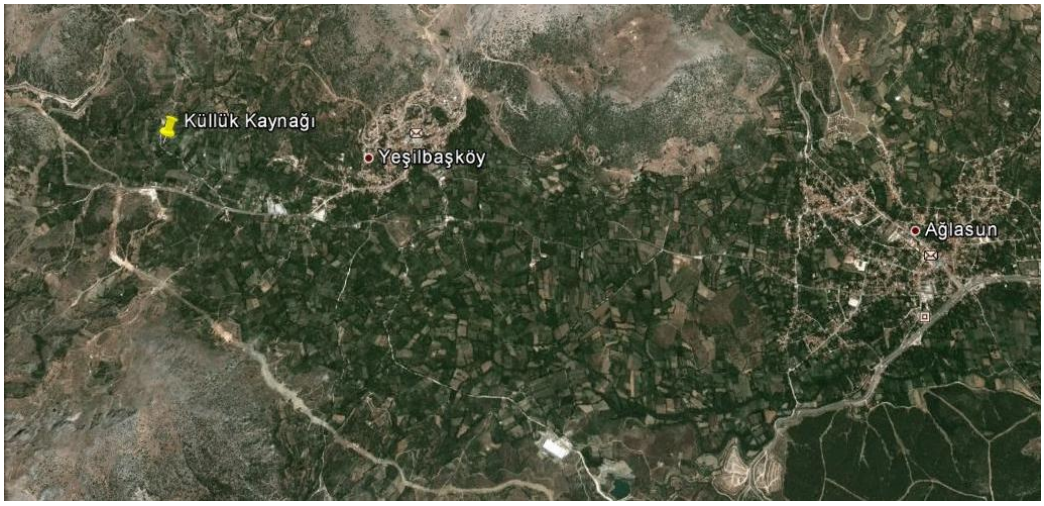
Şekil 5.2 : Beypınarı Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri

Küllük Kaynağı

Yeşilbaşköy ilçe merkezinin 1.5 km (Şekil 5.3) bulunan Küllük kaynağının boşalım katsayıları Çizelge 5.4'de hesaplanmış ve ortalama debisi 0,88* 10^6 m^3/yıl bulunmuştur.

Çizelge 5.4 : Küllük kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri

Yıl	Q_0 (m^3/gün)	Qt (m^3/gün)	t_2-t_1 (gün)	α ($gün^{-1}$)	V_o (m^3)	V_{son} (m^3)	Boşalan Su (m^3)
Haziran-Ağustos2002	16588,8	9244,8	62	0,010	1741737,0	970655,5	771081,5
Haziran-Ağustos2003	29289,6	11404,8	67	0,014	2060010,5	802128,0	1257882,5
Temmuz-Eylül2004	18489,6	14860,8	56	0,004	4692291,0	3771374,1	920916,9
Temmuz-Eylül2005	20131,2	12700,8	62	0,008	2682971,3	1692690,1	990281,3
Haziran - Temmuz2006	8985,6	7430,4	60	0,003	2808854,4	2322706,5	486147,9
Temmuz - Eylül2007	6652,8	4752,0	69	0,005	1350792,0	964851,4	385940,6
Temmuz-Ağustos2008	8208,0	3024,0	64	0,016	520883,8	191904,6	328979,2
Haziran-Ağustos2009	8208,0	4838,4	52	0,010	799574,9	471328,3	328246,5
Haziran-Ağustos2010	13478,4	7776,0	62	0,009	1504232,3	867826,3	636406,0
Temmuz-Eylül 2011	12182,4	6307,2	58	0,011	1062724,9	550205,1	512519,8
Ağustos-Eylül2012	10800,0	6998,4	21	0,021	517574,6	335388,4	182186,3



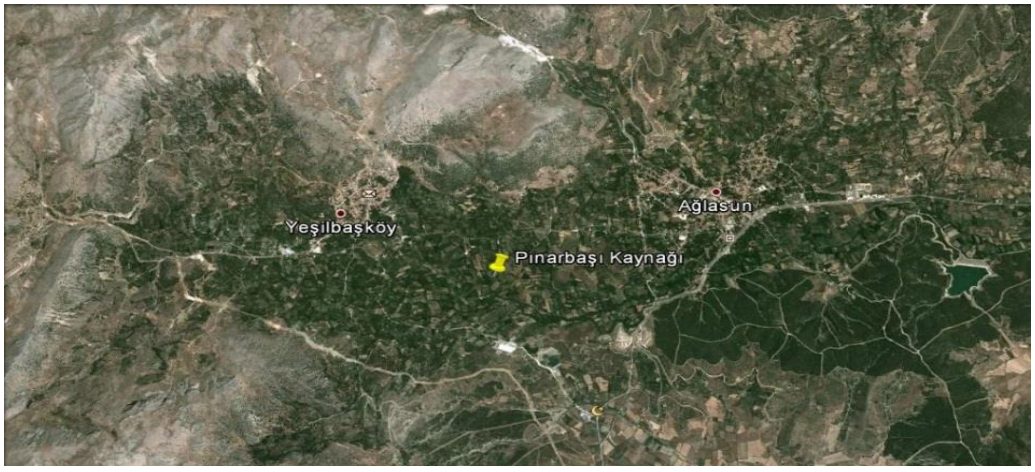
Şekil 5.3 : Küllük Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri

Pınarbaşı Kaynağı

Pınarbaşı Kaynağı, Yeşilbaşköy ilçe merkezinin güneydağusunda bulunmaktadır (Şekil 5.4). Pınarbaşı kaynağının boşalım katsayıları Çizelge 5.5'de hesaplanmış ve ortalama debisi 0,64* 10^6 m^3/yıl bulunmuştur.

Çizelge 5.5 : Pınarbaşı kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri

Yıl	Q_0 (m^3/gün)	Qt (m^3/gün)	t_2-t_1 (gün)	α (gün^{-1})	V_o (m^3)	V_{son} (m^3)	Boşalan Su (m^3)
Ağustos-Eylül 2002	10108,8	8380,8	37	0,005	1975468,1	1637781,2	337686,8
Temmuz-Eylül 2003	7776,0	6998,4	58	0,002	4238288,4	3814459,5	423828,8
Ağustos-Eylül 2004	9417,6	6566,4	62	0,006	1603145,1	1117789,3	485355,9
Haziran-Temmuz 2005	9676,8	7430,4	58	0,005	2103733,4	1615366,7	488366,7
Eylül -Ekim 2006	7948,8	7516,8	40	0,001	5633596,6	5327422,9	306173,7
Ağustos -Eylül 2007	7171,2	4924,8	23	0,017	434569,6	298439,4	136130,2
Temmuz-Eylül 2008	8208,0	4665,6	58	0,010	834417,5	474300,5	360117,0
Temmuz-Ağustos 2009	6393,6	5961,6	62	0,001	5610224,7	5231155,5	379069,2
Ağustos -Eylül 2010	9676,8	5184,0	39	0,016	598671,4	320716,8	277954,6
Temmuz-Ağustos 2011	8985,6	5702,4	23	0,020	449986,6	285568,4	164418,2
Temmuz-Ağustos 2012	8985,6	6393,6	32	0,011	836539,3	595229,9	241309,4



Şekil 5.4 : Pınarbaşı Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri

Eyneağzı Kaynağı

Eyneağzı Kaynağı, Yeşilbaşköy ilçe merkezinin kuzeybatısında bulunmaktadır (Şekil 5.5). Eyneağzı kaynağının boşalım katsayıları Çizelge 5.6'de hesaplanmış ve ortalama debisi 0,59* 10^6 m^3/yıl bulunmuştur.

Çizelge 5.6 : Eyneağzı Kaynağının boşalım katsayıları ve depolama kapasiteleri

Yıl	Q_0 (m^3/gün)	Qt (m^3/gün)	t_2-t_1 (gün)	α (gün^{-1})	V_o (m^3)	V_{son} (m^3)	Boşalan Su (m^3)
Haziran-Ağustos 2002	9590,4	6998,4	62	0,005	1868487,8	1363491,1	504996,7
Temmuz-Ağustos 2003	11750,4	7171,2	62	0,008	1460712,8	891464,4	569248,4
Hairan-Ağustos 2004	10368,0	6220,8	62	0,008	1245942,9	747565,8	498377,2
Temmuz-Ağustos 2005	9417,6	6825,6	30	0,011	869009,7	629832,7	239177,0
Hairan-Temmuz 2006	7171,2	6652,8	32	0,002	3028035,7	2809141,6	218894,1
Temmuz-Ağustos 2007	6134,4	5616,0	47	0,002	3233179,0	2959952,6	273226,4
Temmuz-Ağustos 2008	4579,2	3456,0	34	0,008	547784,0	413421,9	134362,1
Temmuz-Ağustos 2009	6393,6	4492,8	34	0,010	610033,4	428672,1	181361,3
Temmuz-Ağustos 2010	8380,8	5443,2	32	0,014	615264,8	399605,0	215659,8
Ağustos-Eylül 2011	7689,6	4665,6	35	0,014	533320,2	323587,5	209732,7
Temmuz-Ağustos 2012	6480,0	6220,8	34	0,001	5343721,9	5129973,0	213748,9



Şekil 5.5 : Eyneağzı Kaynağının uydu görüntüsündeki yeri

Sagalassos Kaynağı

Sagalassos, Antalya'ya 110 km, Burdur'a 33 km. uzaklıkta, Ağlasun ilçesinin 7 km. kuzeydoğusunda yer alan antik bir kenttir (Şekil 5.5). Antik Yunan'da Pisidia'nin başkenti olan bu şehrin çoğu yapısı kısmen ayakta kalabilmiştir. Batı Toroslar'ın bir parçası olan Akdağ'ın güney eteklerinde, 1450-1700 m. yükseklikteki meyilli bir arazi üzerine kurulu kentin kalıntıları, doğu-batı yönünde 2.5 km, kuzey-güney yönünde ise 1.5 km'yi kapsayan bir alana yayılır. Antik kentin içindeki çeşmeye ve Roma hamamına antik kentin arkasında kalan kireçtaşı ofiyolit dokanağından boşalan kaynaklardan su getirilmiştir (Şekil 5.6) Kaynak bugün hala vardır ve kaynağı genişletmek için çiftçiler tarafından yapılan kazılarda bir kaynak evi ortaya çıkmıştır (http://www.burdur.cavusogullari.net/burdur_antik/sagalassos/SAGALASSOS.htm).



Şekil 5.6 : Sagalassos Kaynağından bir foto ve uydu görüntüsü

Çizelge 5.1 verilen ve ölçümü yapılan 5 adet kaynağın toplam boşalım miktarı 2,66 $*10^6$ m^3/yıl olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanında Akdağ Kireçtaşlarından boşalan ve periyodik ölçümü yapılmayan 7 adet daha kaynak bulunmaktadır. Bunlarla birlikte kaynakların tamamının toplam boşalım miktarı yaklaşık 6,38 $*10^6$ m^3/yıl olabileceği varsayılmaktadır.

5.1.2 Sondaj Kuyuları

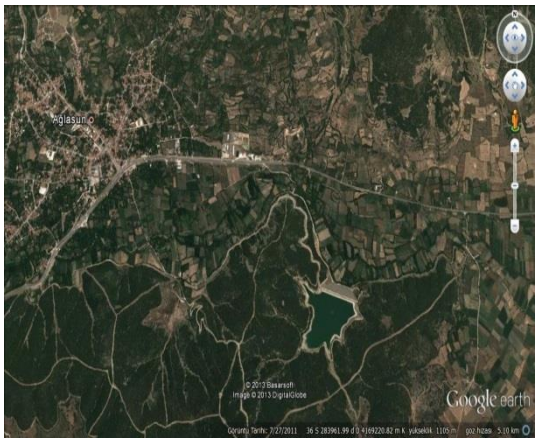
İnceleme alanında DSİ, Ağlasun Belediyesi ve sahıslar tarafından araştırma, işletme ve sulama amacıyla sondaj kuyuları açılmıştır. DSİ 18. Bölge Müdürlüğü'nün 1979 – 1993 yılları arasında araştırma ve işletme amaçlı açmış olduğu 15 adet sondaj kuyusu bulunmaktadır.

DSİ tarafından açılan sondaj kuyularının derinlikleri 32 – 172 m, debileri 1,5 – 51 lt/sn, statik seviyeleri 0,5 – 47 m, dinamik seviyeleri ise 1,49 – 76,25 m arasında değişmektedir. Kuyuların logları Şekil 5.7 - 5.9'de, teknik verileri ise Çizelge 5.7' de verilmiştir.

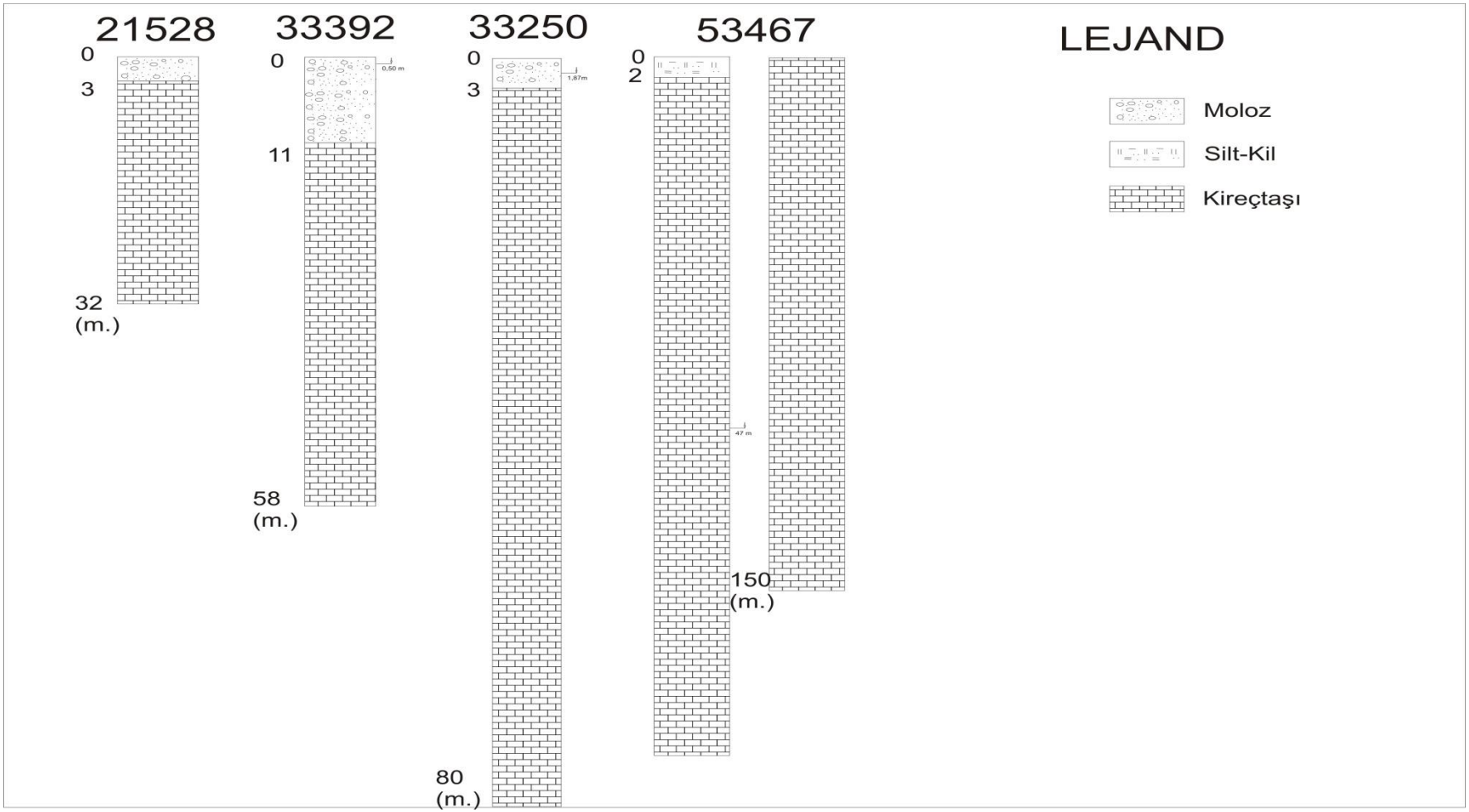
5.1.3 Göletler

Gürleyik, Bey Pınarı, Gök Pınar, Susaklı ve Kirazlı Çayı gibi su kaynakları tarafından beslenen Ağlasun Çayı, Gölyere kolu üzerinde (EK-A) D.S.İ tarafından yapılan Ağlasun Gölyeri Gölet'inde depolanan su yaz mevsiminde sulama amaçlı kullanılmaktadır (Çizelge 5.7).

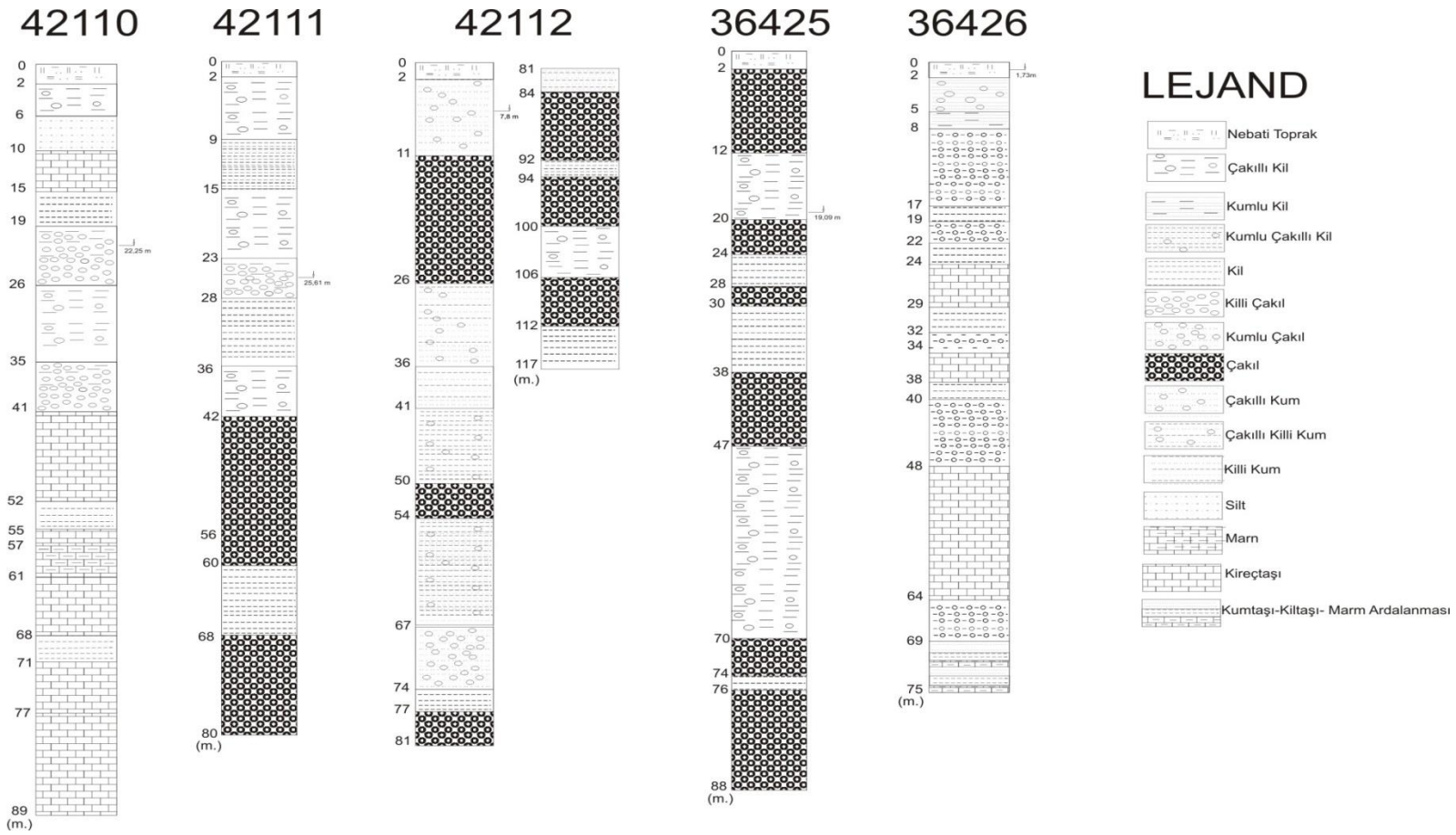
Çizelge 5.7 : Ağlasun Gölyeri Göleti teknik bilgileri



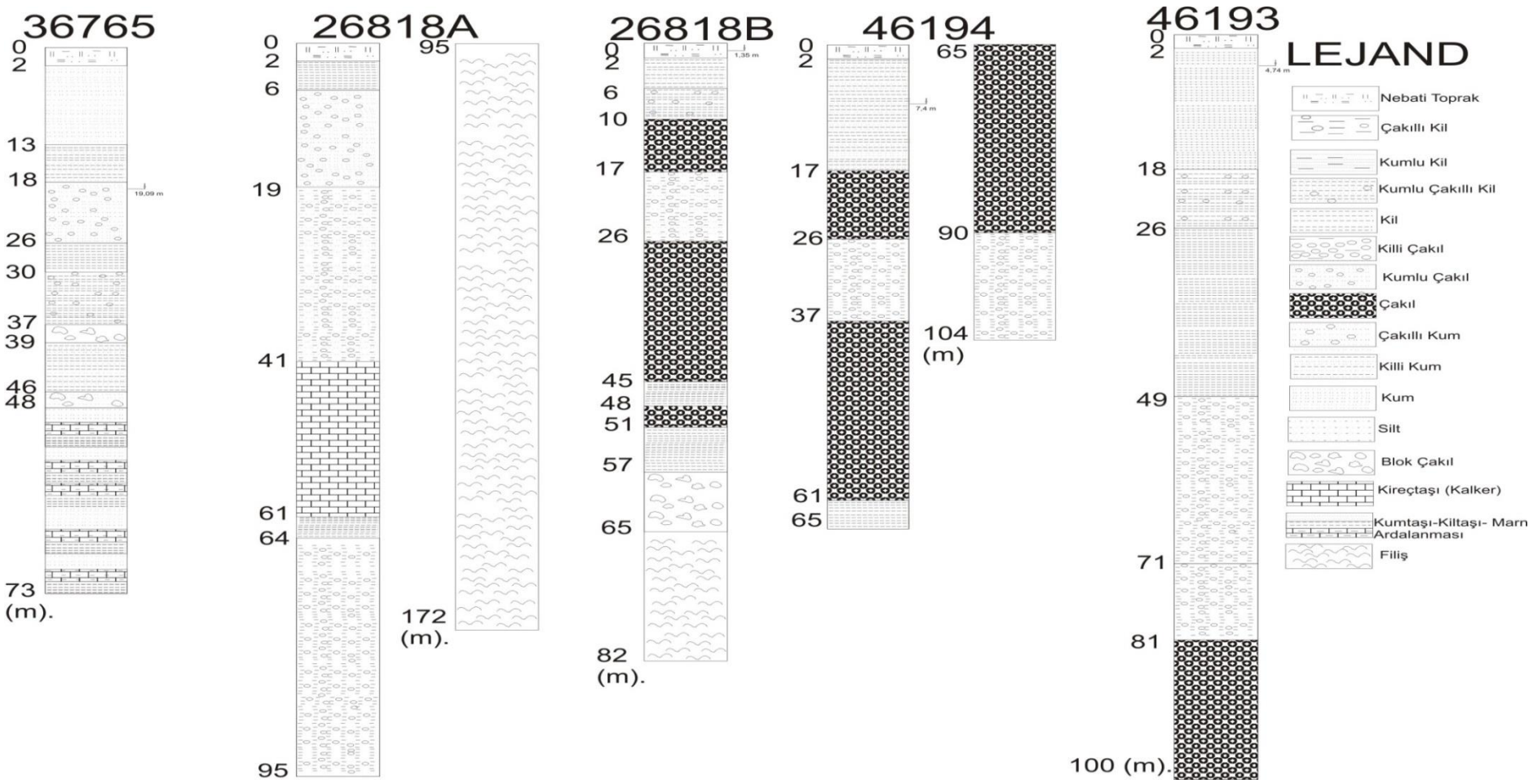
Göletin Yeri	Burdur - Ağlasun
Akarsuyu	Ağlasun Çayı
Amacı	Sulama
İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1991 -1997
Gövde dolgu tipi	Homojen Toprak
Depolama hacmi	1,138 hm^3
Aktif Hacim	1,111 hm^3
Ölü Hacim	0,027 hm^3
Yükseklik (talvegden)	24,9 m
Yükseklik (temelden)	31,4 m
Sulama Alanı	226 ha
Proje rantabilitesi	1,69



Şekil 5.7 : Ağlasun Havzasında açılmış olan sondaj kuyularına ait loglar (a)



Şekil 5.8 : Ağlasun Havzasında açılmış olan sondaj kuyularına ait logların devamı (b)



Şekil 5.9 : Ağlasun Havzasında açılmış olan sondaj kuyularına ait logların devamı (c)

Çizelge 5.8 : Ağlasun Havzası içerisinde DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış olan kuyuların teknik verileri (DSİ, 1979 – 1992).

KuyuNo	X	Y	Amacı	İlçesi	Yeri	Statik Seviye(m)	Dinamik Seviye(m)	Debi(Q)(lt/sn)	Kuyu Derinliği
46193	286675	4169400	İşletme	Ağlasun	YAZIR	4,74	53,6	8,7	100
46194	285925	4169400	İşletme	Ağlasun	YAZIR	7,42	52	2	104
36425	288325	4168250	İşletme	Ağlasun	DEREKÖY	19,09	51,13	22,07	88
36426	287150	4169150	Araştırma	Ağlasun	YAZIR	1,73	41	30,02	75
42110	287950	4169100	İşletme	Ağlasun	YAZIR	22,25	39,25	10,85	89
42111	287950	4168700	İşletme	Ağlasun	YAZIR	25,61	43,48	15,32	80
42112	287500	4169400	İşletme	Ağlasun	YAZIR	7,86	53,34	10,1	117
33392	277360	4170645	Araştırma	Ağlasun	ÇAYGÖZÜ	0,5	1,49	51,6	50
33250	277350	4170650	Araştırma	Ağlasun	ÇAYGÖZÜ	1,82	24,08	1,5	97,6
21528	277375	4170650	Araştırma	Ağlasun	ÇAYGÖZÜ	0,80	9,10	40,62	32
26818/A	284598	4169884	Araştırma	Ağlasun	AĞLASUN	0	22,95	8,3	172
26818/B	284053	4169839	Araştırma	Ağlasun	AĞLASUN	1,35	19,47	23,27	82
35612	285125	4169650	Araştırma	Ağlasun	AĞLASUN	3,6	53,28	6,4	104
36765	280000	4169875	Araştırma	Ağlasun	AĞLASUN	3	53	7,2	73
53467	280620	4172440	Bedelli	Ağlasun	GÜRLEYİK	47	76,25	25,98	150

5.2 Jeolojik Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Çalışma alanında yer alan jeolojik birimler fiziksel ve hidrojeolojik özelliklerine göre sınıflandırılarak hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (EK-B). Hazırlanan haritada hidrojeolojik birimler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

Pekişmemiş Formasyonlar,

Yaygın - Zengin Akiferler
Bölgesel İlişkisiz (Yerel) Akiferler

Pekişmiş Formasyonlar;

Bölgesel – İlişkisiz (Yerel) Akiferler,
Zayıf Akiferler
Çok Zayıf Akiferler

5.2.1 Pekişmemiş formasyonlar

Yaygın ve Zengin Akiferler

Inceleme alanında haritalanan alüvyon ortamlar yaygın ve zengin akifer olarak sınıflandırılmıştır. Kil, silt, kum, çakıl ve bloklardan oluşan alüvyonlar Ağlasun havzasında yeraltısuyunu en çok toplayan ve veren akiferdir. Bu özellikleri malzemenin boyutuna, dizilişine, biçimine, homojen veya heterojen oluşuna kil ve silt boyutlu tanelerin azlığına ve sıkılık yüzdesine bağlı olarak değişmektedir. Çalışma alanında bulunan sondaj kuyularının büyük bir bölümü alüvyon ortam içinde açılmıştır. Alüvyon akiferlerin genelinde kil seviyeleri kum ve çakıl düzeyleri ile ardalanmalı şekilde bulunur. Bunların geometrik konumlarına göre bazı kesimlerde basınçlı akifer özelliği kazanmışlardır. Kalınlığı 125 m ye ulaşan alüvyon ortamda açılan kuyuların debileri 2 l/s ile 30 l/s arasında değişmektedir (Çizelge 5.2).

5.2.2 Pekişmiş formasyonlar

Bölgesel –İlişkisiz (Yerel) Akiferler

İnceleme alanında haritalanan Erenler, Yazır ve Akdağ formasyonlarına ait kireçtaşları kırıklı çatlaklı ve erime boşluk yapıları ile genel olarak "Bölgesel-İlişkisiz (Yerel) Akiferler" olarak sınıflandırılmıştır.

Erenler Kireçtaşları, Batı Toroslarda Beydağları otoktonuna ait olan bu kireçtaşları çok karstik ve Akdenize kadar uzanan karbonatlar olarak bilinmektedir. Bu karbonatların bünyesine giren sular Antalya Traverten platosunu oluşturan kaynaklar da dahil olmak üzere günümüzde kıyı kaynakları olarak boşalmaktadır. Erenler kireçtaşları içinde açılan sondaj kuyusu bulunmamaktadır. Ancak, havza dışında bu formasyon içinde açılan kuyuların bir çoğunda yeraltısuyu bulunamamıştır (Karagüzel vd., 1995).

Yazır Kireçtaşları; inceleme alanında doğusunda dar alanlarda haritalanan kireçtaşları resifal özellikleri nedeniyle karstik boşlukludur. Bu akifer için de yeraltısuyu üretmek amacıyla açılmış sondaj kuyusu bulunmamaktadır.

Akdağ kireçtaşları; İnceleme alanının kuzeyinde ve batısında geniş alanlarda haritalanan allokton konumlu Akdağ kireçtaşları altlarında geçirimsiz bir düzeyle ofiyolit karmaşığı ve flişler ile sınırladığı için kırık çatlak ve erime boşluklarında yeraltısuyu taşırlar. Temel kayalarla olan sınırlarında çok sayıda kaynak boşalımları da olan birim "Bölgesel–İlişkisiz (Yerel) Akifer" olarak sınıflandırılmıştır. Akdağ kireçtaşları içinde Ağlasun belediyesi tarafından açılan ve derinliği 150 m ye ulaşan kuyuların debileri 25 l/s ile 50 l/s arasında değişmektedir (Çizelge 5.2).

Çok Zayıf - Su Bulundurmayan Akiferler

Ofiyolitli Karmaşık; İçerisinde başlıca serpantinit, gabro, diyabaz, çört, radyolorit ve kireçtaşı blokları bulunur. Birim içerisinde bulunan serpantinit makaslanma yüzeyi çok fazla olduğundan zaman içinde bozunmaya uğramalarından geçirimsizlik kazanmalarından dolayı yeraltısuyu bakımından fakirdirler. Diyabazlar, serpantinite göre daha sert ve daha az bozuşmaya uğramış kayalar olduklarından çatlak suyu

içerebilirler. Ancak, formasyon içinde dayklar şeklinde bulunduğu için önemsiz kabul edilebiliriler. Gabro, çört ve radyolorit ise yeraltısuyu bulunmaz. Ofiyolit içinde bulunan olistolit konumlu kireçtaşı blokları akifer niteliği gösterseler de inceleme alanında önemli geometrik boyutlara ulaşan yayılımları bulunmamaktadır.

Ağlasun Formasyonu; filiş niteliğindedir. Kilitaşı, silttaşı, marn ve şeyllerin yeraltısuyu içermeleri söz konusu değildir. Tektonizma etkisiyle gelişen çatlak ve kırıklar bulundurduğunda yeraltısuyu içerebilir. Birim içerisinde doğrudan açılan sondaj kuyuları bulunmamaktadır. Alüvyon taban altında açılan kuyularda yer yer formasyona ait litolojik birimlerin de kesildiği derinliklerde debi artışı olmamıştır. Örneğin 26818/A nolu kuyuda 95 m'ye kadar alüvyon delinmiş ve 95-172 m arasında Ağlasun formasyonu kesilmiş olmasına karşın kuyu debisi 8 l/s dolayında kalmıştır. Bu durum Ağlasun formasyonunun zayıf bir akifer olduğunu kanıtlamaktadır.

5.3 Akiferlerin Hidrolik Parametreleri

Çalışma alanında bulunan akiferlerin Transmisibilite (T) ve Hidrolik iletkenlik (K) parametrelerini belirlemek amacı ile sondaj kuyularında yapılan pompaj deneylerinden elde edilen zaman-düşüm değerlerinden yararlanılmıştır. Hidrolik parametrelerin hesaplama yönteminin seçiminde öncelikle veri analizi yapılarak kuyuların dengeli rejime ulaştığı görülmüştür (EK-E).

Ayrıca pompaj deney verilerine ulaşılmayan kuyularda statik ve dinamik seviyeler ile debi ve akifer kalınlığı belirlenmiş ve ampirik yöntemle hidrolik parametreler hesaplanmıştır.

Aşağıda, dengeli rejim için geçerli olan "Dupuit Yöntemi" ve deney sonuçlarına ulaşılamayan kuyularda uygulanan " Ampirik Yöntem" tanıtılmaktadır.

5.4.1 Dupuit yöntemi

Dupuit, 1863 yılında Darcy yasasını kullanarak akiferlerin hidrolojik parametrelerinin hesaplanması için ilk çalışmaları başlamıştır. Theim ise 1906 yılında düşüm konisi üzerindeki iki nokta ile hidrolik parametrelerin

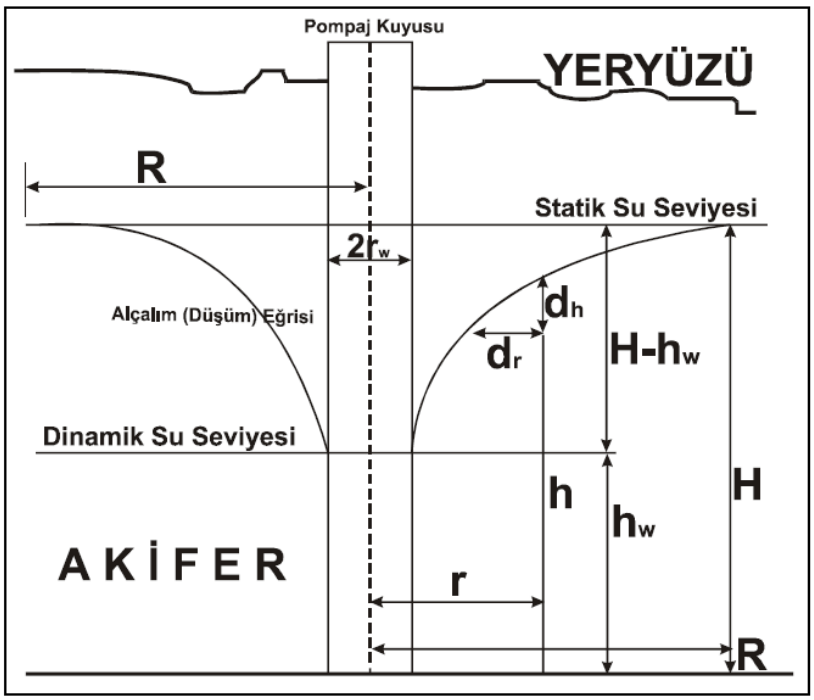
bulunabileceğini savunmuştur. Bunun için dengeli rejime ulaşmış kuyulardaki debi-seviye düşümü değerlerini kullanmıştır. Doğadaki genellikle homojen ve izotrop olmaması, kalınlıklarının değişmesi, yayılımlarının sınırlı olması ve sınır koşulları nedeniyle Dupuit çalışmlarında belirli varsayımlar yapmıştır.

Bu varsayımlar;

1. Akifer homojen ve izotroptur.
2. Akım laminerdir.
3. Yeraltısuyu akımı, su seviyesi ve akiferin geçirimsiz tabanı yataydır.
4. Akifer sonsuz boyutludur, sonsuza kadar yayılır ve sınır koşulları yoktur.
5. Akiferdeki su sıkışmazdır.
6. Etki yarıçapı sabittir.
7. Kuyular akiferin tüm kalınlığı boyunca açılmıştır.

Şekil 5.10'da görülen serbest bir akiferdeki kuyu verim formülü şöyledir:

$$Q= [1{,}366\ K(H^2-h_w^2)] /(\log R/r_w) \qquad \textbf{(5.5)}$$



Şekil 5.10 : Serbest akiferlerde dengeli rejim (Dumlu vd., 2006).

Q = Kuyu verimi veya pompaj debisi, m^3/gün

K = Akiferin geçirgenliği (permeabilite), m/gün

H = Akiferin tabanından itibaren statik yük, m

h_w = Pompaj sırasında kuyudaki su derinliği, m

h= r uzaklığındaki suyun tabandan yüksekliği, m

R = Etki yarıçapı, m

r = Pompalama kuyusundan uzaklık, m

r_w = Kuyu yarıçapı, m

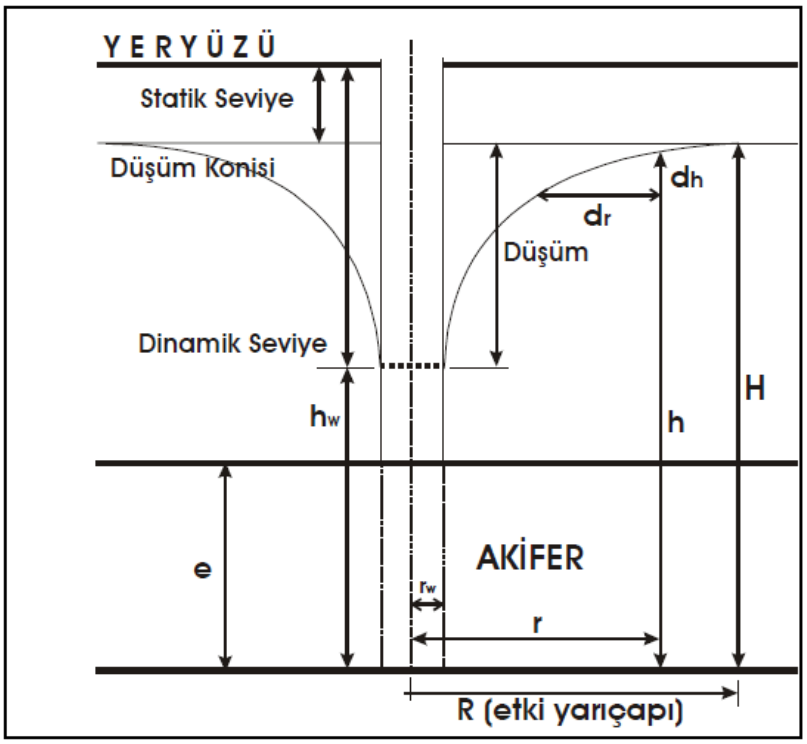
(l) formülüne genellikle denge veya Thiem formülü denir.

Basınçlı akifer (Şekil 5.11) şartlarında işletilen bir kuyunun verim formülü şöyledir:

$$Q = [2{,}73\ Ke\ (H-h_w)) / (\log R/r_w) \qquad \textbf{(5.6)}$$

e: Akifer kalınlığı, m

Diğer terimler (5.5) formülündekinin aynısıdır.



Şekil 5.11 : Basınçlı akiferlerde dengeli rejim (Dumlu vd., 2006).

Pompaj deneyi yapılan kuyularda ölçülen zaman (t) – düşüm (cm) ilişkisini gösteren grafikler EK E'de sunulmuştur. Bu grafiklerden pompaj sırasında dengeli rejime ulaşıldığı görülmektedir. Bu nedenle yukarıda açıklanan Dupuit yöntemine göre (K) ve (T) ve değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.8).

Sondaj logları incelendiğinde; alüvyon akiferlerin yersel olarak farklılıklar gösterdiği, kil seviyelerinin kalınlaştığı ya da sık sık tekrarlandığı görülmektedir. Kil seviyelerinin arasında çakıl, killi çakıl gibi seviyeler de bulunmaktadır. Bu kil seviyelerindeki artışa bağlı olarak hidrolik parametrelerde azalma, buna karşın tane boyu arttıkça hidrolik parametrelerde artma görülmektedir.

Tamamen alüvyonda açılmış 36765, 42111, 42112, 26818/A, 35612, 46194 nolu sondaj kuyularında hesaplanan transmisibilite (T) değerlerinin 4,260 (m^3/g/m) (46194 nolu kuyuda) ile 81,397 (m^2/g) (42111 nolu kuyu) arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 5.8).

Transmisibilite değerlerinin yüksek olduğu kesimler iri taneli ortamlara karşılık gelmektedir. Benzer davranışlar permeabilite katsayısında da görülmektedir. Nitekim, permeabilite (K) değerleri ise 0,041 (m/gün) (46194 nolu kuyuda) ile1,017 (m/gün) (42111 nolu kuyu) arasında değişmektedir (Çizelge 5.8).

Karstik akiferlerde açılan kuyulara ait verilerden elde edilen yüksek hidrolik parametreler kireçtaşlarının çatlak - kırık ve karstik sistemlerine bağlı olarak değişmektedir.

Yeşilbaşköyün batısında bulunan 21528, 33250 nolu kuyular ise kireçtaşında açılmış kuyulardır. Transmisibilite (T) değerleri 21528 nolu kuyuda 519,736 (m^2/gün), 33250 nolu kuyuda ise 6,8 (m^2/g)'dür. Permeabilite (K) değerleri ise 21528 nolu kuyuda 17,32 (m/g), 33250 nolu kuyuda ise 0,076 (m/g)'dür (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.9 : Çalışma alanında bulunan akiferlerin Dupuit yöntemine göre Transmisibilite (T) ve Permeabilite (K) değerleri

Kuyu No	Litoloji	Dupuit Yöntemi	
		T (m^2/gün)	K(m/gün)
36765	Alüvyon	22,163	0,304
42111	Alüvyon (Çakıl)	81,397	1,017
42112	Alüvyon (Çakıl)	20,897	0,179
26818/A	Alüvyon-Kireçtaşı	34,337	0,200
21528	Kireçtaşı	519,736	17,325
35612	-	11,925	0,221
33250	Kireçtaşı	6,8	0,076
46194	Alüvyon (Çakıl)	4,260	0,041
26818/B	Alüvyon	72,581	0,968

5.4.2 Ampirik yöntemler

Pompaj deney verilerine ulaşılmayan kuyularda statik ve dinamik seviyeler ile debi ve akifer kalınlığı (e) belirlenmiş ve ampirik yöntemle hidrolik parametreler (T, K) hesaplanmıştır (Çizelge 5.9).

Özgül debi = Debi / (Dinamik Seviye- Statik Seviye) **(5.7)**

T = (Özgül Debi*130) / 0,8 **(5.8)**

K=T / e **(5.9)**

Tamamen alüvyonda açılmış 36765, 42111, 42112, 26818/A, 35612, 46194 nolu sondaj kuyularına ait veriler değerlendirildiğinde transmisibilite (T) değerlerinin 7,29 (m^2/g) (46194 nolu kuyuda), 208,69 (m^2/g) (26818B nolu kuyu) arasında değiştiği görülmektedir. Permeabilite (K) değerleri ise 0,009 (m/gün) (46194 nolu kuyuda), 4,64 (m/gün) (26818B nolu kuyu) arasında değişmektedir (Çizelge 5.8). Transmisibilite değerlerinin yüksek olduğu kesimler iri taneli ortamlara karşılık gelmektedir.

Çayırgözü kaynaklarının 50 m güneyinde karstik akiferde açılan 33392 nolu açılan kuyuda yüksek transmisibilite (T) değeri ile karşılaşılmıştır. 11 m alüvyon delinen ve

toplam derinliği 58 m olan bu kuyunun logu incelendiğinde karstik kireçtaşlarına girildiğinde artezyen gelişerek kuyu verimi 4 l/s'den 10 l/s'ye ve 30 m'de yeniden karstik boşluk delinerek artezyen yaptığı ve verimin 51 l/s'ye yükseldiği görülmüştür. Ampirik yönteme göre yapılan hesapta transmisibilite değeri 8469 m^2/g bulunmuştur.

Kireçtaşında açılmış Yeşilbaşköyün batısında bulunan 21528 nolu kuyuda Transmisibilite (T) değerleri 795,27 (m^2/gün), 33250 nolu kuyuda ise Transmisibilite (T) değerleri 10,95 (m^2/g)'dür. Permeabilite (K) değerleri ise 21528 nolu kuyuda 26,51 (m/g), 33250 nolu kuyuda ise 0,120 (m/g)'dür (Çizelge 5.8).

Sonuç olarak kuyu hidroliği hesaplamalarında gözenekli akiferlerde açılan kuyularda Ağlasun havzası için hesaplanan hidrolik parametreler alüvyon akiferler için k= 0,041 (m/gün) (46194 nolu kuyuda) ile 1,017 (m/gün) (42111 nolu kuyu) arasında, T= 4,260 (m^2/g) (46194 nolu kuyuda) ile 81,397 (m^2/g) (42111 nolu kuyu) arasında; karstik akiferler için k= 0,120 (m/g) (21528 nolu kuyuda) ile 17,32 (m/g), (33250 nolu kuyuda) arasında, T= 519,736 (m^2/gün) (21528 nolu kuyuda) ile , 10,95 (m^2/g) (33250 nolu kuyuda) arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.8).

Sonuç olarak araştırma bulguları her iki yöntemle hesaplanan kuyularda hidrolik parametrelerin (T, K) uyumlu olduğunu göstermiştir. Örneğin 21528 nolu kuyuda Dupuit yöntemine göre transmisibilite değeri 519,736 (m^2/g) hesaplanırken, ampirik yönteme göre 795,27 (m^2/g); permeabilite değeri ise Dupuit yöntemine göre 17,35 (m/g) ile ampirik yönteme göre ise 26,51 (m/g) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.10 : Çalışma alanında bulunan akiferlerin ampirik yönteme göre Transmisibilite (T) ve Permeabilite (K) değerleri

KuyuNo	X	Y	Amacı	İlçesi	Yeri	Statik Seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Debi(Q) (l/sn)	Kuyu Derinliği (m)	Özgül Debi	Akifer Kalınlığı (m)	T (m^2/gün)	K (m/gün)
46193	286675	4169400	İşletme	Ağlasun	Yazır	4,74	53,6	8,7	100	0,18	40	28,93	0,72
46194	285925	4169400	İşletme	Ağlasun	Yazır	7,42	52	2	104	0,04	80	7,29	0,09
36425	288325	4168250	İşletme	Ağlasun	Dereköy	19,09	51,13	22,07	88	0,69	34	111,93	3,29
36426	287150	4169150	Arastırma	Ağlasun	Yazır	1,73	41	30,02	75	0,76	40	124,22	3,11
42110	287950	4169100	İşletme	Ağlasun	Yazır	22,25	39,25	10,85	89	0,64	40	103,71	2,59
42111	287950	4168700	İşletme	Ağlasun	Yazır	25,61	43,48	15,32	80	0,86	33	139,31	4,22
42112	287500	4169400	İşletme	Ağlasun	Yazır	7,86	53,34	10,1	117	0,22	50	36,09	0,72
33392	277360	4170645	Arastırma	Ağlasun	Çaygözü	0,5	1,49	51,6	50	52,12	47	8469,70	180,21
33250	277350	4170650	Arastırma	Ağlasun	Çaygözü	1,82	24,08	1,5	97,6	0,07	90	10,95	0,12
21528	277375	4170650	Arastırma	Ağlasun	Çaygözü	0,80	9,10	40,62	32	4,89	30	795,27	26,51
26818/A	284598	4169884	Arastırma	Ağlasun	Ağlasun	0	22,95	8,3	172	0,36	33	58,77	1,78
26818/B	284053	4169839	Arastırma	Ağlasun	Ağlasun	1,35	19,47	23,27	82	1,28	45	208,69	4,64
35612	285125	4169650	Arastırma	Ağlasun	Ağlasun	3,6	53,28	6,24	104	0,13	54	20,41	0,38
36765	280000	4169875	Arastırma	Ağlasun	Ağlasun	3	53	7,2	73	0,14	10	23,40	2,34
53467	280620	4172440	Bedelli	Ağlasun	Gürleyik	47	76,25	25,98	150	0,89	103	144,33	1,40

6. SU KİMYASI

Yeryüzüne düşen yağışlardan süzülen yeraltısuları, beslenme alanından boşalım alanına kadar jeokimyasal süreçlerin etkisinde kalarak farklı fiziksel ve kimyasal özellikler kazanmaktadır. Yeraltına süzülen sular, temas halinde oldukları kayaç ve mineralleri çözmeye başlamaktadır. Çözünme minerallerin su içerisinde denge konsantrasyonlarına erişilinceye veya tamamen tükeninceye kadar devam etmektedir. Yeraltısularının kimyasal bileşimi, suların içinden geçtikleri akiferlerin mineralojik ve kimyasal özelliklerine, akiferlerde suyun akış hızına, akış koşullarına ve akiferdeki kalış süresine bağlıdır (Freeze ve Cherry, 1979; Appelo ve Pastma, 1993; Andreo ve Carrasco, 1999). Farklı kimyasal özellikler yeraltısularının farklı amaçlar için kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Yeraltısularının potansiyeli kadar, kullanım amacına göre fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin tespiti de önem taşımaktadır.

Bu bölümde, çalışma alanında bulunan kaynak ve sondaj kuyularından alınan su örneklerinin kimyasal analizleri TÜBİTAK MAM Laboratuvarlarında yapılmıştır. Ayrıca, havzanın tamamının temsili açısından, çalışma kapsamında örnekleme imkanı olmayan sondaj kuyularının açıldıkları dönemde yapılmış kimyasal analiz sonuçları da su kalitesinin belirlenmesine yönelik değerlendirilmiştir.

6.1 Yeraltısularının Genel Kimyasal Özellikleri

Sertlik: Sertlik, su içinde çözünmüş halde bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2} bileşiklerinden gelen bir özelliktir. Bu bileşikler, Ca^{+2} ve Mg^{+2}'un meydana getirdiği bikarbonatlar, sülfatlar, klorürler ve nitratlardır. Ülkemizde suların sertlik derecelerini belirtmek için Fransız Sertlik Derecesi (Fr^0) kullanılmaktadır (Çizelge 6.1). 1 Fransız sertlik derecesi, 1 lt suda 10 mg Ca^{+2} ve Mg^{+2} bikarbonat veya buna eşdeğer diğer sertlik verici iyonların bulunmasıdır.

Fransız sertlik derecesi;

$$1Fr^{0}=5*(Ca^{+2}_{(mek/l)} + Mg^{+2}_{(mek/l)}) \quad \textbf{(6.1)}$$

formülü ile hesaplanır (6.1). Kalsiyum ve magnezyumun bikarbonatları geçici sertliği; klorür, nitrat, sülfat, fosfat ve silikatların bikarbonatları ise kalıcı sertliği verir. Geçici sertlik suların kaynatılması ile giderilirken, kalıcı sertlik giderilemez (Hounslow, 1995). Çalışma alanındaki suların toplam sertlik değerleri 10,94 – 54,65 arasında yumuşak sulardan çok sert sulara kadar değişim göstermektedir (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.1 : Suların Fransız Sertlik Derecesine Göre Sınıflanması (Şahinci, 1991).

Fransız Sertliği	Su Sınıflaması
0,0-7,2	Çok Yumuşak
7,2-14,5	Yumuşak
14,5-21,5	Az Sert
21,5-32,5	Oldukça Sert
35,5-54	Sert
>54	Çok Sert

Hidrojen iyonu aktivitesi (pH): pH, sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması olarak tanımlanır. pH=7 olan sular "nötr" olarak kabul edilirler. Bu tip sularda H^{+} ve OH^{-} iyonları denge durumundadır. Genel olarak yeraltısuları pH<7 olan ve asit özelliği bulunan sulardır. Yüzeysuları ise pH>8 olan bazik özellikteki sulardır (Çizelge 6.2). TSE-266'ya göre içme sularındaki pH değerinin 6.5-8.5 arasında olması uygun görülmektedir. Çalışma alanındaki sular pH değeri 7-8,5 arasında değişim gösteren bazik karekterli sulardır (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.2 : Suların pH Değerine Göre Sınıflaması

pH	Su Sınıflaması
>8,5	Bazik
8,5-7	Bazik Karakterli
7	Nötr
7-4,5	Asit Karakterli
<4,5	Asit

Elektriksel İletkenlik (EC): Özgül elektriksel iletkenlik, $+25^0$C'deki 1 cm^3 suyun iletkenliğidir. Suların elektriksel iletkenliği, iyonların cinsine, toplam derişimine, hareketliliklerine, değerliklerine, göreli değişimlerine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri de artar. Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik toplam iyon konsantrasyonu hakkında iyi bir göstergedir (Day ve Nightingale, 1984; Hem, 1985). Yeraltısularının içerdikleri iyonların toplam derişimi ve dolayısıyla elektriksel iletkenliği suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, kayaçların cinsine ve çözünürlüklerine, iklime, bölgedeki yağış şartlarına bağlıdır. Saf suyun elektriksel iletkenliği 0,5-5 µs/cm arasında, içme sularında elektriksel iletkenkelik ise 30-2000 µs/cm arasında bulunmaktadır. Elektriksel iletkenlik miktarı için hem ulusal hem de uluslararası standartlarda bir sınır değer bulunmamaktadır. Çalışma alanında elektriksel iletkenlik ölçümleri 191 µs/cm (EK-6) ile 980 µs/cm (K-10) arasında değişen değerler vermektedir (Çizelge 6.4).

Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR): Sodyum miktarı sulama suyu kalitesi belirlenmesi için önemli bir kriterdir. Toprağın yapısını bozarak geçirgenliği azaltır ve sulamadan sonra toprak üzerinde kaymak şeklinde bir kabuk oluşmasına neden olur. Bu nedenle bitki kökleri hava alamaz ve bitkiler için zehirli bir ortam oluşur (Şahinci, 1991). Bu nedenle SAR değerinin bilinmesi önemlidir. SAR değeri;

$$SAR = Na / \sqrt{[(Ca + Mg) / 2]} \qquad \textbf{(6.2)}$$

formülü ile hesaplanır (6.2). Çalışma alanındaki SAR değerleri Çizelge 6.4'de de görüldüğü gibi 0,04 (K-8,EK-6) ile 0,15 (EK-32) arasında değişmektedir. Bu değerlere göre Ağlasun Havzası genelinde sulama suları çok iyi özellikte sulama sularıdır (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3 : SAR Oranına göre Sulama Suları Sınıflaması

SAR;	<10	Çok iyi özellikte sulama suları
	10-18	iyi özellikte sulama suları
	18-26	orta özellikte sulama suları
	>26	fena özellikte sulama suları

Sodyum İyon Yüzdesi (% Na): Sodyum iyon yüzdesi, sulama suları için önemli bir özelliktir. Sulama sularında sodyum yüzdesinin artışı topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişimine neden olur. Çalışma alanında 1,35 – 3,93 arasında değişmektedir (Çizelge 6.4). Sodyum iyon yüzdesi aşağıda verilen formül ile hesaplanır (6.3).

$$\% Na = [(Na^{+}) / (Na^{+} + Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+})] * 100 \quad \textbf{(6.3)}$$

6.2 Suların Anyon-Katyon Özellikleri

SODYUM (Na^{+}) ve POTASYUM (K^{+}): Sulardaki sodyumun (Na^{+}) başlıca kaynağı sodyum klorürün tabiattaki bolluğu ve suda kolay çözünmesidir. Yeraltısularının sodyum içeriği temel kayadan Na-plajioklasın ayrışması ve kil minerallerinin yapısında bulunan Ca^{+2} ve Na^{+} iyonlarının yer değiştirmesine bağlıdır. Na^{+} iyonu bütün sularda bulunur ve insanlar üzerinde kötü bir etkisi yoktur. Ancak kalp ve böbrek hastalarının devamlı içmemeleri gerekmektedir. Sodyum tansiyonu yükselten bir element olduğu için, yüksek tansiyon rahatsızlığı olanların az sodyumlu suları tüketmesi önerilmektedir. Sulardaki yüksek sodyum miktarı toprağın yüzeyinde sert bir kabuk oluşmasına neden olarak bitki köklerinin hava almasını engelleyerek ve bitkinin büyümesini yavaşlatıcı etki yapar (Foster, 1950; Feth vd., 1964; Back, 1966; Garrels, 1967; Akgiray, 2003; Soyaslan; 2004). İnceleme alanında sodyum değerleri 1-6,7 mg/l arasında değişmektedir.

Potasyum, esas olarak feldispatlarda, mikalarda, feldispatoidlerde ve kil minerallerinde bulunur. Doğal sularda K^{+} içeriği 20 mg/l iken, sıcak su kaynaklarında bu değer 100 mg/l'e ulaşabilmektedir. İçme ve kullanma suları standartlarında potasyum 12 mg/l aşmamalıdır. İnceleme alanındaki potasyum miktarları 0,3-2,7 mg/l arasında değişmektedir.

KALSİYUM (Ca^{+2}): Sularda Ca^{+2} iyonu şeklinde bulunan kalsiyum iyonu, yerkabuğunda ağırlık yüzdesine göre oksijen, silisyum, alüminyum ve demirden sonra beşinci sırayı almaktadır. Kalsiyum yeraltısularına kalsit, aragonit, dolomit, jips, anhidrit, fluorit, albit, anortit, piroksen ve amfibol gibi minerallerin bozunmasıyla ortaya çıkar. Genel olarak yeraltısularındaki kalsiyum miktarı 10-100

mg/l arasında değişmektedir. Bu miktar 500 mg/l-1000 mg/l'ye kadar çıkabilir. İnceleme alanındaki kalsiyum miktarları 36,64-194 mg/l arasında değişmektedir.

MAGNEZYUM (Mg^{+2}): Yeraltısularında kalsiyumdan sonra en fazla bulunan katyon magnezyum (Mg^{+2}) iyonudur. Doğal sularda Mg^{+2}'un en büyük kaynağı sedimanter kayaçlardaki dolomittir. Bunun yanı sıra, magmatik ve metamorfik kayaçlardaki olivin, mika, amfibol, piroksen, serpantin, talk ve tremolitler, magnezyum kaynağı olan diğer önemli minerallerdir. Yeraltısularında 10-100 mg/l arasıda magnezyum bulunur. 125 mg/l'yi aşması durumunda sular acılaşmakta ve içilememektedir. Daha fazlası ise bağırsak hastalıklarına sebep olmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). İnceleme alanındaki sularda magnezyum değerleri 2,64-21,07 mg/l arasında değişmektedir.

SÜLFAT (SO_4^{-2}): Yeraltısularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten gelir. Bunların dışındaki sülfat az miktarda da piritin oksidasyonu ile oluşan demir sülfat, magnezyum sülfat ve sodyum sülfattan kaynaklanabilir. İnceleme alanındaki sülfat değerleri 3-14,40 mg/l arasında değişmektedir. İçme sularındaki sülfatın maksimum miktarı 250 mg/l olmalıdır (TSE, 266). Sülfatın toprağın tozunu artırmaktan başka zararlı bir etkisi yoktur. Sulama sularında 250 mg/l'ye kadar olan miktarlar bitki beslenmesi için yararlıdır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

KARBONAT ve BİKARBONAT (CO_3^{-2} ve HCO_3^{-}): Yeraltısularındaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki CO_2 den ve karbonatlı kayaçların çözünmesinden oluşmaktadır. Sudaki CO_3^{-2} ve HCO_3^{-} miktarı CO_2 miktarına ve suyun pH'sına bağlıdır (Hounslow, 1995). Bikarbonat iyonu sulama suları için yararlıdır. Ancak, fazlası toprakta kireç birikimine neden olur (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

KLORÜR (Cl^{-}): Yeraltısularındaki klorür; deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur, kar suyundan ya da atmosferden gelebilir. Araştırma alanındaki klorür miktarı kaynaklardan alınan sularda 1,23-6,08 mg/l arasında değişmektedir. İçme sularında maksimum miktar 600 mg/l'dir.

6.2.1 Kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri

İnceleme alanında tespit edilen 9 adet kaynaktan ve 4 adet sondaj kuyusundan toplam 13 adet alınan su örneklerinin major anyon ve katyon analizleri (Na^{+}, K^{+}, Mg^{+2}, Ca^{+2}, Cl^{-}, SO_4^{-2}, HCO_3^{-}) ile pH, EC, T değerleri Çizelge 6.4'te, minör element içerikleri ise Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Arazi çalışmalarında tespit edilen su kaynaklarının yerleri hidrojeolojik haritaya (EK-B) işlenmiştir.

Araştırma alanındaki yeraltısularının genel kimyasal yapısını görmek amacıyla, haritada her su numunesine ait toplam iyon konsantrasyonuna göre belirlenen daireler üzerinde numuneye ait anyon ve katyon değereleri hidrojeokimya haritasına yerleştirilmiştir (EK-C).

İnceleme alanındaki kaynakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 191-980 μS/cm arasında değişmektedir. Kaynak sularının arazide yapılan ölçümlerinde pH 7-8,5 aralığındadır (Çizelge 6.4).

6.2.2 Sondajlardan alınan yeraltısularının hidrojeokimyasal özellikleri

Ağlasun yerleşim merkezi ve civarında DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış sondaj kuyularında açıldıkları dönemlerde yapılmış kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.6 verilmiştir.

Çizelge 6.4 : İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların hidrojeokimyasal özellikleri

	Tarih	X	Y	Mevkii	T (^{0}C)	pH	EC (µS/cm)	Na^+ (mek/l)	Ca^{+2} (mek/l)	Mg^{+2} (mek/l)	K^+ (mek/l)	Cl^- (mek/l)	SO_4^{-2} (mek/l)	HCO_3^- (mek/l)	SAR	%Na	Fr^0
K8	06.07.12	281152	4173099	Sagalasus A. Çeşme	18	8,5	220	0,04	1,96	0,48	0,01	0,04	0,10	0,68	0,04	1,71	12,17
K9	06.07.12	284156	4172402	Balıkhavuzu	10,5	-	240	0,08	2,28	0,27	0,01	0,03	0,06	0,42	0,07	2,97	12,72
K-10	06.07.12	277395	4170661	Kaynaklar Bölgesi	15,4	8,5	980	0,15	9,70	1,23	0,03	0,09	0,17	1,89	0,06	1,35	54,65
AL-16	31.08.12	288744	4168144	Dereköy Kuyu	22	7,6	644	0,23	5,76	0,97	0,03	0,17	0,30	1,35	0,13	3,29	33,65
AL-17	31.08.12	277576	4170004	Yeşilbaşköy Kuyu	15,6	7,6	827	0,29	7,68	1,76	0,07	0,09	0,20	2,88	0,14	3,00	47,15
Al-21	31.08.12	279027	4168934	Nezahat Sayın Kuyu	12,5	7,6	640	0,23	6,05	1,21	0,03	0,13	0,23	1,84	0,12	3,07	36,29
AL-23	31.08.12	277576	4170004	Ağl.B. Kuyu	15	7,6	581	0,32	5,38	0,76	0,16	0,16	0,16	6,30	0,18	4,79	30,71
EK 6	14.10.12	281150	4173090	Sagalasus Yukarı Kaynak	16,6	8,2	191	0,04	1,83	0,51	0,01	0,05	0,10	0,72	0,04	1,80	11,71
EK-12	14.10.12	279390	4170892	Deregözü Kaynak	10,9	7,8	271	0,08	2,67	0,23	0,01	0,06	0,07	0,35	0,07	2,78	14,52
EK-21	16.10.12	280045	4169307	Kaynar Pınarı	13,8	7,4	649	0,23	5,58	1,35	0,03	0,17	0,25	2,01	0,13	3,26	34,62
EK 26	16.10.2012	279844	4172785	Gürlek Pınarı	9,7	8,4	206	0,06	1,97	0,22	0,03	0,04	0,06	0,35	0,06	2,84	10,94
EK 32	17.10.12	277756	4169746	Baran Pınarı	12	7,9	551	0,27	5,45	1,02	0,02	0,13	0,18	1,61	0,15	3,93	32,36
EK 33	17.10.12	277396	4170664	Kaynaklar Bölgesi	15,3	7	874	0,17	8,69	1,34	0,03	0,09	0,17	2,09	0,08	1,68	50,12

Çizelge 6.5 : İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların minör iyon ve eser element içerikleri

Tarih	06.07.12	06.07.12	06.07.12	31.08.12	31.08.12	31.08.12	31.08.12	14.10.12	14.10.12	16.10.12	16.10.12	17.10.12	17.10.12
Minör İyonlar(mg/l)	**K8**	**K9**	**K10**	**AL-16**	**AL-17**	**Al-21**	**AL-23**	**EK6**	**EK12**	**EK21**	**EK26**	**EK32**	**EK33**
F	< 0,02	0,0267	0,112	0,086	0,183	0,049	0,33	< 0,02	0,084	0,143	0,108	0,1	0,092
NO_3-N	0,59	1,09	1,57	4,39	0,63	1,87	1,87	0,8	1,26	2,24	0,64	1,44	1,56
TN	-	-	-	4,13	0,6	1,8	1,73	-	-	-	-	-	-
Al	14,6	11,7	11,0	< 10	< 10	< 10	< 10	14,6	11,7	8,63	14,2	27,4	12,2
Eser Elementler (µg/l)	**K8**	**K9**	**K10**	**AL-16**	**AL-17**	**Al-21**	**AL-23**	**EK6**	**EK12**	**EK21**	**EK26**	**EK32**	**EK33**
Hg	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Pb	0,71	0,42	0,38	1,03	0,38	0,29	0,34	0,32	0,90	0,34	0,31	0,41	0,37
As	< 1	< 1	1,38	1,45	3,14	1,21	2,15	< 1	1,05	1,76	< 1	1,82	2,64
Cu	4,47	3,32	2,50	25,7	4,28	3,28	3,73	3,45	6,35	3,44	2,77	5,13	4,10
Fe	22,8	22,7	22,4	27,8	29,5	23,4	19,4	20,8	23,0	23,2	21,8	38,9	26,3
Mn	< 1	< 1	< 1	1,50	2,93	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cr	< 1	1,49	1,91	4,38	1,16	3,15	2,73	< 1	< 1	1,92	< 1	2,12	2,03
Cr^{+6}	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Co	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ni	< 1	< 1	1,36	< 1	1,70	1,13	< 1	< 1	4,58	1,56	< 1	3,35	2,28
Zn	59,1	< 10	< 10	16,9	< 10	< 10	< 10	< 10	12,6	< 10	< 10	< 10	< 10
B	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160	< 160
Se	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Ba	15,4	16,2	69,2	142	177	72,8	353	14,1	27,5	85,6	32,9	41,2	65,4
V	< 1	1,43	2,22	1,89	7,18	1,56	5,66	< 1	1,20	2,33	< 1	3,94	2,21
Be	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Çizelge 6.6 : İnceleme alanındaki sondaj kuyularından alınan suların hidrojeokimyasal özellikleri

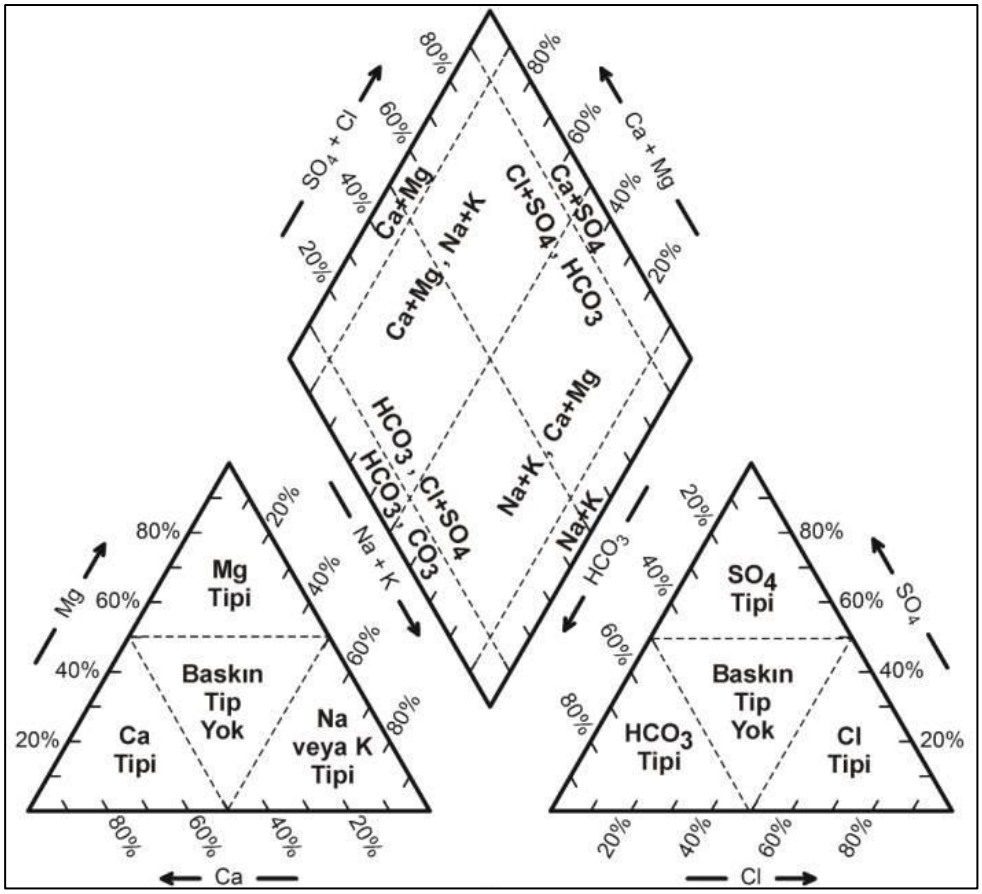
X	Y	İlçesi	Yeri	Kuyu No	pH	EC (µS/cm)	Sertlik	Ca^{+2}+ Mg^{+2} mek/l	(Na^{+}-K^{+}) mek/l	CO_3^{-2} mek/l	HCO_3^{-} mek/l	Cl^{-} mek/l	SO_4^{-2} mek/l	% Na	SAR	Su Sınıfı
286675	4169400	Ağlasun	YAZIR	46193	8,3	673	-	7,51	0,45-0,03	0,28	7,20	0,35	0,16	5,60	0,23	C_2S_1
280620	4172440	Ağlasun	GÜRLEYiK	53467	7,2	915	-	2,74	0,85-0,10	0,00	2,22	0,33	1,14	23,00	0,72	C_2S_1
280000	4169875	Ağlasun	MERKEZ	36765	7	600	-	5,20	-	-	1,90	-	196,8			
287150	4169150	Ağlasun	YAZIR	36426	-	293	13,50	2,70	0,26-0,04	0,10	2,30	0,30	0,30	8,66	0,22	C_2S_1
287950	4169100	Ağlasun	YAZIR	42110	-	467	-	5,02	0,15-0,03	0,00	4,79	0,15	0,20	2,90	0,10	C_2S_1
287950	4168700	Ağlasun	YAZIR	42111	-	428	-	4,62	0,20-0,03	0,00	4,44	0,15	0,20	3,00	0,13	C_2S_1
287500	4169400	Ağlasun	YAZIR	42112	-	485	-	5,11	0,17-0,03	0,00	4,09	0,51	0,71	3,20	0,11	C_2S_1
277360	4170645	Ağlasun	ÇAYGÖZÜ	33392	-	496	27,00	5,40	0,23-0,04	0,00	5,30	0,31	0,06	4,05	0,13	C_2S_1
284598	4169884	Ağlasun	AĞLASUN	26818 /A	-	202	9,00	1,80	0,26-0,15	0,00	1,80	0,24	0,17	11,76	0,27	C_1S_1
277375	4170650	Ağlasun	ÇAYGÖZÜ	21528	-	900	47,00	9,40	0,24-0,03	0,00	9,00	0,35	0,29	2,48	0,11	C_3S_1
288325	4168250	Ağlasun	DEREKOY	36425	-	475	-	5,00	0,20-0,04	0,00	4,59	0,24	0,41	3,80	0,13	C_2S_1
285125	4169650	Ağlasun	MERKEZ	35612	-	432	22,00	4,40	0,23-0,05	0,00	4,40	0,2	0,08	49,11	0,15	C_2S_1
277350	4170650	Ağlasun	ÇAYGÖZÜ	33250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
285925	4169400	Ağlasun	YAZIR	46194	-	536	-	5,51	0,50-0,12	0,00	5,07	0,4	0,66	8,20	0,30	C_2S_1
284053	4169839	Ağlasun	AĞLASUN	26818 /B	7	228	9,50	1,50	0,34-0,25	0,30	1,40	0,6	0,19	13,65	0,34	C_1S_1

6.3 Yeraltısularının Kimyasal Sınıflaması

İnceleme alanından alınan suların anyon (HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{-2}), katyon (Na^+, Ca^{+2}, K^+, Mg^{+2}), elektriksel iletkenlik (EC), hidrojen iyon konsantrasyonu (pH), sodyum yüzdesi (%Na), sodyum adsorbsiyon (SAR) değerleri Çizelge 6.8'de sunulmuştur. Suların kullanım amacına göre kalitelerini belirlemek için Piper ve Schoeller Diyagramları hazırlanmıştır.

6.3.1 Piper'a göre suların sınıflaması

Piper diyagramı, anyon ve katyonlara için ayrılan iki eşkenar üçgen ve bir paralel kenardan oluşmaktadır (Şekil 6.1) Anyon ve katyon değerleri % cinsinden mek/l değerleri ayrı ayrı üçgen diyagrama işaretlenir. Her iki üçgendeki değerler paralelkenar üstünde kesiştirilerek suların Piper Diyagramına göre sınıflaması yapılır.

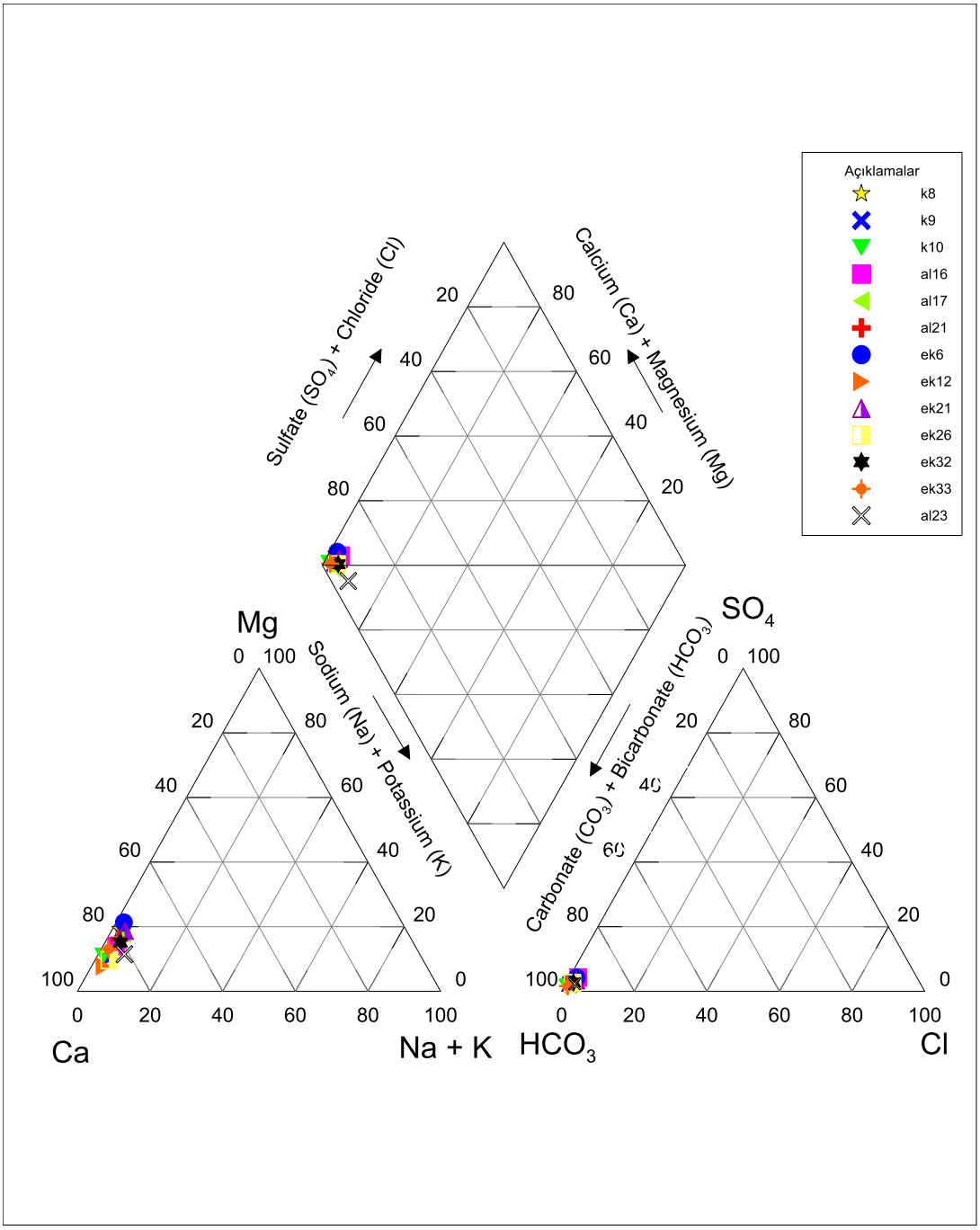


Şekil 6.1 : Piper Diyagramına göre suların sınıflandırılması (Back, 1961).

Çizelge 6.7 : İnceleme alanındaki kuyu ve kaynaklardan alınan suların % mek/l cinsinden anyon-katyon dağılımları

No	X	Y	Mevkii	Tarih	Na^{+} (%mek/l)	Ca^{+2} (%mek/l)	Mg^{+2} (%mek/l)	K^{+} (%mek/l)	Cl^{-} (%mek/l)	SO_4^{-2} (%mek/l)	HCO_3^{-2} (%mek/l)	Su Tipi (Jäckli, 1970)
K8	281152	4173099	Sagalasus A. Çeşme	06.07.2012	1,71	78,75	19,19	0,36	1,67	3,89	94,44	Ca (Mg) HCO_3
K9	284156	4172402	Balıkhavuzu Üstü Kaynak	06.07.2012	2,97	86,54	10,10	0,40	1,32	2,37	96,31	Ca (Mg) HCO_3
K10	277395	4170661	Kaynaklar Bölgesi	06.07.2012	1,35	87,31	11,06	0,27	0,84	1,51	97,66	Ca (Mg) HCO_3
AL-16	288744	4168144	Dereköy Kuyu	31.08.2012	3,29	82,36	13,94	0,41	2,45	4,29	93,26	Ca (Mg) HCO_3
AL-17	277576	4170004	Yeşilbaşköy Kuyu	31.08.2012	3,00	78,36	17,93	0,71	0,95	2,00	97,05	Ca (Mg) HCO_3
Al-21	279027	4168934	Nezahat Sayın Kuyusu	31.08.2012	3,07	80,43	16,13	0,37	1,73	3,08	95,19	Ca (Mg) HCO_3
AL-23	277576	4170004	Ağl.B. Kuyu	31.08.2012	4,79	81,34	11,48	2,39	2,42	2,36	95,23	Ca (Mg) HCO_3
EK6	281150	4173090	Sagalasus Y. Kaynak	14.10.2012	1,80	76,59	21,28	0,34	2,06	4,19	93,74	Ca Mg HCO_3
EK-12	279390	4170892	Deregözü Kaynagı	14.10.2012	2,78	88,99	7,74	0,48	1,95	2,18	95,87	Ca HCO_3
EK-21	280045	4169307	Kaynar Pınarı	16.10.2012	3,26	77,52	18,75	0,47	2,36	3,43	94,21	Ca (Mg) HCO_3
EK-26	279844	4172785	Gürlek Pınarı	16.10.2012	2,84	86,39	9,66	1,11	1,68	2,57	95,75	Ca HCO_3
EK-32	277756	4169746	Baran Pınarı	17.10.2012	3,93	80,63	15,08	0,36	1,88	2,73	95,40	Ca (Mg) HCO_3
EK-33	277396	4170664	Kaynaklar Bölgesi	17.10.2012	1,68	84,92	13,09	0,31	0,89	1,62	97,49	Ca (Mg) HCO_3

Su tipi sınıflaması Jäckli (1970) yöntemine göre de yapılmıştır. Bu yönteme göre her anyon ve katyon için % mek/l değerleri hesaplanır. Altı çizili olanlar > 50 %, Normal yazılanlar >20 %, 10-20 % olanlar ise parantez içinde yazılır.



Şekil 6.2 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Piper Diyagramı üzerinde gösterimi (%mek/l).

Suların sınıflamasını yapmak için hazırlanan Piper diyagramında (Şekil 6.2) görüldüğü gibi sular Ca-HCO_3'lı sular sınıfında yer almaktadır. Piper diyagramında ortaya çıkan bu sonuç ile Schoeller diyagramında (Şekil 6.3) ortaya çıkan sonuç birbiriyle örtüşmüştür. Burada suların kimyasal bileşiminde karbonatlı kayaçların etkili olduğu anlaşılmaktadır.

6.3.2 Schoeller'e (1955) göre suların sınıflaması

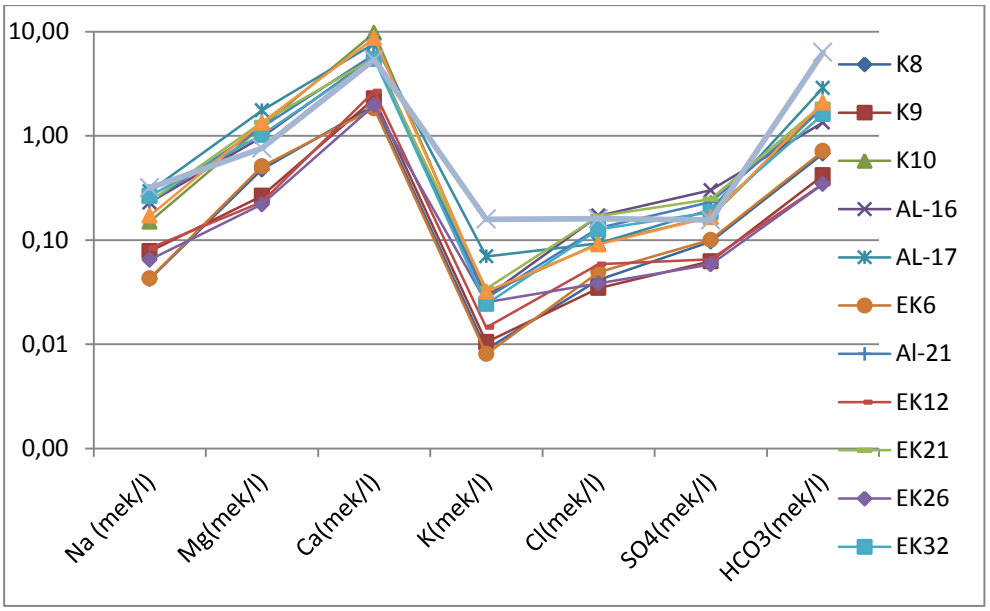
Schoeller suları; klorür, sülfat, karbonat, kalsiyum, magnezyum ve klorür miktarlarına göre sınıflamaktadır (Çizelge 6.7). Her bir iyonun mek/l değerleri logaritmik düşey eksenlere işaretlenerek birleştirilir (Şekil 6.3).

Schoeller'e göre yapılan sınıflamada çalışma alanındaki kaynak suları; klorür derişimine göre Normal Klorürlü Sular, sülfat derişimine göre Normal Sülfatlı sulardır. Karbonat ve bikarbonat derişimi olarak AL-17 (Yeşilbaşköy), EK21 (Kaynar Pınarı), EK33 (Kaynaklar Bölgesi) Normal Karbonatlı Sular, diğer geriye kalanlar ise Hipokarbonatlı Sular sınıfına girmektedir (Çizelge 6.8).

Şekil 6.3'de görüldüğü gibi su örnekleri Ca>Mg>Na>K ve HCO_3> SO_4>Cl şeklinde anyon katyon trendi sergilemiştir. Bu trend karbonatlı kayaçlardan gelen su trendi ile örtüşmektedir.

Çizelge 6.8 : Schoeller (1955) klorür, sülfat ve karbonat miktarlarına göre suların sınıflaması

	Klorür Miktarı		**Sülfat Miktarı**		**Karbonat Miktarı**
Hiperklorlü Sular	>700 mek/l	**Hiposülfatlı Sular**	>58 mek/l	**Hiperkarbonatlı Sular**	>7 mek/l
Klorotalastik Sular	420-700 mek/l	**Sülfatlı Sular**	24-58 mek/l	**Normal Karbonatlı Sular**	2-7 mek/l
Klorürce Zengin sular	140-420 mek/l	**OligoSülfatlı Sular**	6-24 mek/l	**HipoKarbonatlı Sular**	<2 mek/l
Orta Klorürlü Sular	40-140 mek/l	**Normal Sülfatlı Sular**	<6 mek/l		
Oligoklorürlü Sular	15-40 mek/l				
Normal Klorürlü Sular	<15 mek/l				



Şekil 6.3 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Schoeller Diyagramı üzerinde gösterimi

6.4 Suların Kullanım Özellikleri

Etkileşimde oldukları kayaçlarda farklı fiziksel ve kimyasal özellikler kazanan doğal suların kullanım alanları kazandıkları özelliklerine göre belirlenmektedir. Bu bölümde çalışma alanındaki suların içilebilirlik ve kullanılabilirlik özelliklerinden bahsedilecektir.

6.4.1 Suların içilebilirlik özellikleri

Suların içme suyu olarak kullanılması için bünyelerinde bulundurdukları maddelerin belirli sınırlar içerisinde olması gerekmektedir. Birçok ülke kendi kaynaklarına göre içme suyu standartları geliştirmiştir. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen içme suyu standartları ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından da geliştirilen içme suyu standartları Çizelge 6.9'de verilmiştir.

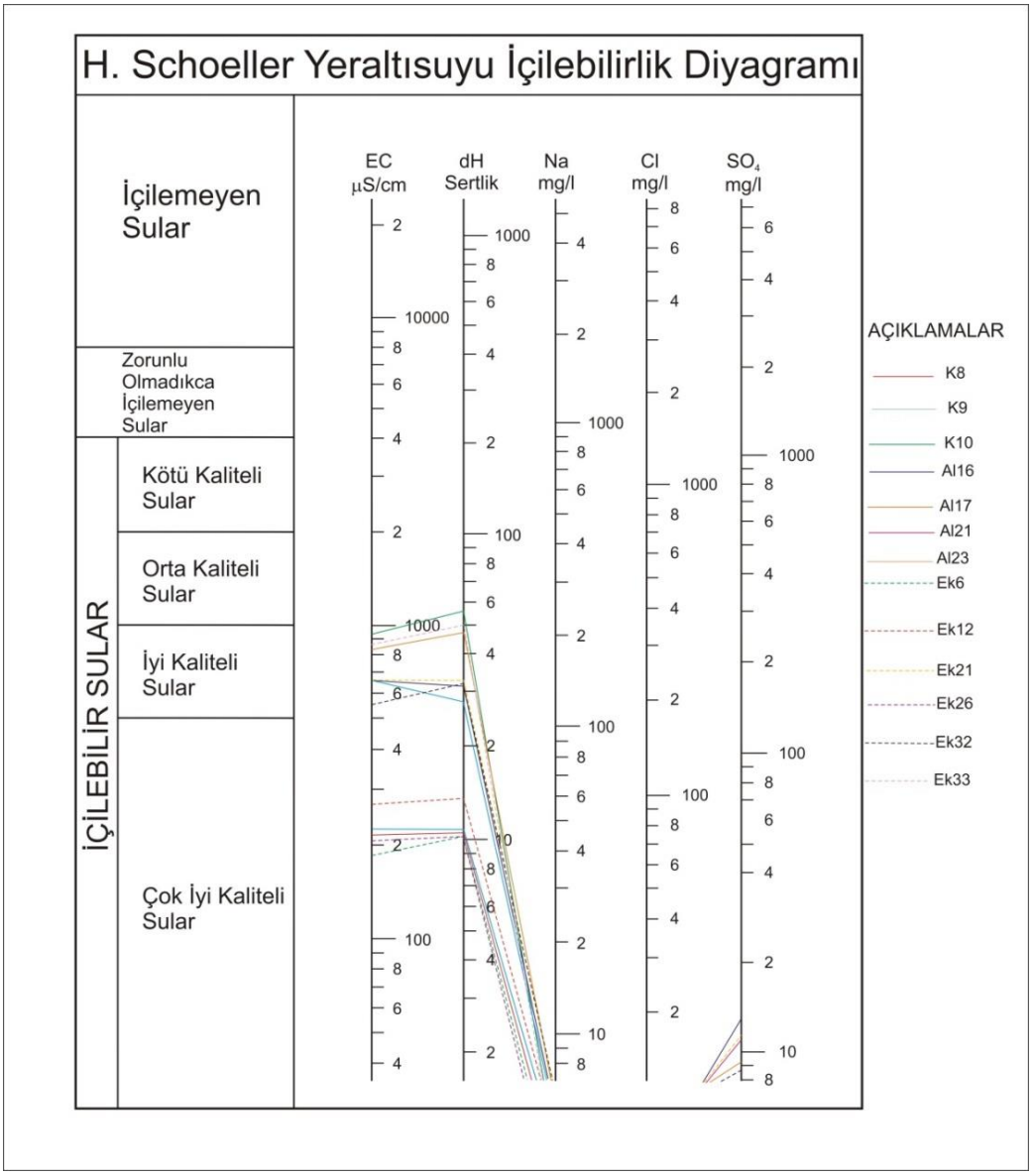
Çizelge 6.4 ve 6.5'te verilen parametreler TSE-266 ve WHO içme suyu standartlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Buna göre çalışma alanında incelenen sularda okunan değerler, bu sınır değerler (Çizelge 6.9) ile karşılaştırıldığında örneklerin tümü müsade edilir değerin altında kalarak içilebilir sular grubuna girmektedir.

Çizelge 6.9 : Türk (TSE-266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) İçmesuyu Standartlarının tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değerleri

PARAMETRE	BİRİM	TSE-(266)		WHO	Alınan Örneklerin Min-Max Değerleri
		Tavsiye Edilen	Maksimum İzin verilen		
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLER					
Sıcaklık	^{0}C	12	25	-	9,7 - 22
pH		6,5	8,5	-	7 - 8,5
İLETKENLİK	µs/cm	400	2000	-	191 - 980
KLORÜR	mg/l	25	600	250	1,23 - 6,08
SÜLFAT	mg/l	25	250	250	3 - 14,40
KALSİYUM	mg/l	100	200	-	36,64 - 194
MAGNEZYUM	mg/l	30	50	-	2,64 - 21,07
SODYUM	mg/l	20	175	200	1 - 6,7
POTASYUM	mg/l	10	12	-	0,3 - 2,7
SAĞLIĞA ve/veya İÇİLEBİLME ÖZELLİĞİNE ETKİ EDEN MADDELER					
AMONYAK	mg/l	0,05	0,5	1,5	-
NİTRAT	mg/l	25	50	50	0,59 - 4,39
NİTRİT	mg/l	-	0,1	0,2	-
ALÜMİNYUM	µg/l	50	200	200	8,63-27,4
BOR	µg/l	1000	2000	500	-
MANGAN	µg/l	50	200	50	<1 - 2,93
BAKIR	µg/l	100	3000	2000	2,5 - 25,7
ÇİNKO	µg/l	100	5000	3000	<10 - 59,1
FOSFOR	µg/l	400	5000	-	-
FLORÜR	µg/l	-	1500	1500	-
BARYUM	µg/l	100	300	700	14,1 - 177
ZEHİRLİ TOKSİK MADDELER					
KADMİYUM	µg/l	-	5	3	-
KROM	µg/l	-	50	50	<1 - 4,38
NİKEL	µg/l	-	50	20	<1 - 4,58
KURŞUN	µg/l	-	10	10	0,29 - 0,90
RADYOAKTİF BİLEŞENLER					
Alfa Aktivitesi	Bq/l	0,037	0,037	0,1	-
Beta Aktivitesi	Bq/l	0,37	0,037	1	-

6.4.2 Suların Schoeller'e göre içilebilirlik özellikleri

Bölgeden alınan suların içme standartlarına uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla elde edilen kimyasal analiz sonuçları Schoeller içilebilirlik diyagramı üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 6.4). Bu diyagramdan; Ağlasun Havzasından alınan suların 'çok iyi kalite sular' ve 'iyi kalite sular' sınıfında olduğu belirlenmiştir.



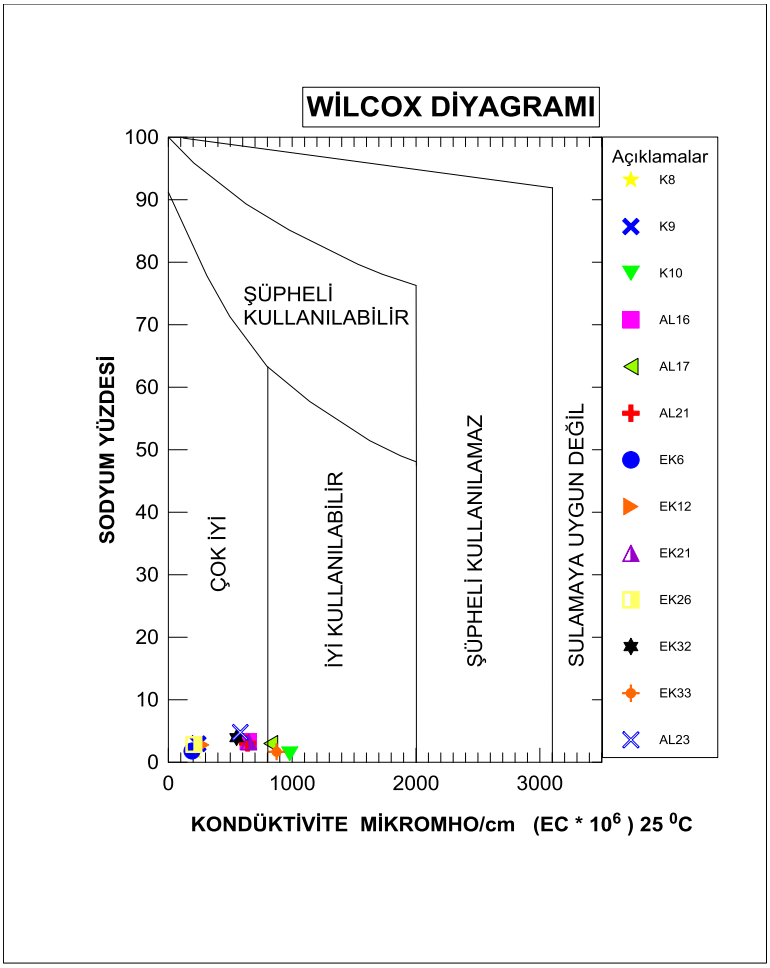
Şekil 6.4 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Schoeller içilebilirlik Diyagramı üzerinde gösterimi

6.4.3 Suların kullanılabilirlik özellikleri

Sulama amaçlı kullanılan suların içinde bulunan çözünmüş fazla miktarda iyonlar, bitkilere ve tarım toprağına fiziksel ve kimyasal yollarla etkileyerek zarar verebilir. Suların sulama suyu olarak kullanılabilmesi için kimyasal yapısının belirli kriterlere uygun olması gerekmektedir. Çünkü suların kimyasal özellikleri toprak ve bitki üzerinde doğrudan etkilidir. Çalışma alanındaki suların sulamaya elverişli olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla Wilcox diyagramları ve ABD Tuzluluk Laboratuarı üzerine bölgeden alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları yerleştirilerek sınıflandırma yapılmıştır.

Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramında suların analiz sonuçlarında elde edilen EC ve sodyum yüzdeleri (% Na) kullanılarak sular 5 sınıfa ayrılmıştır.

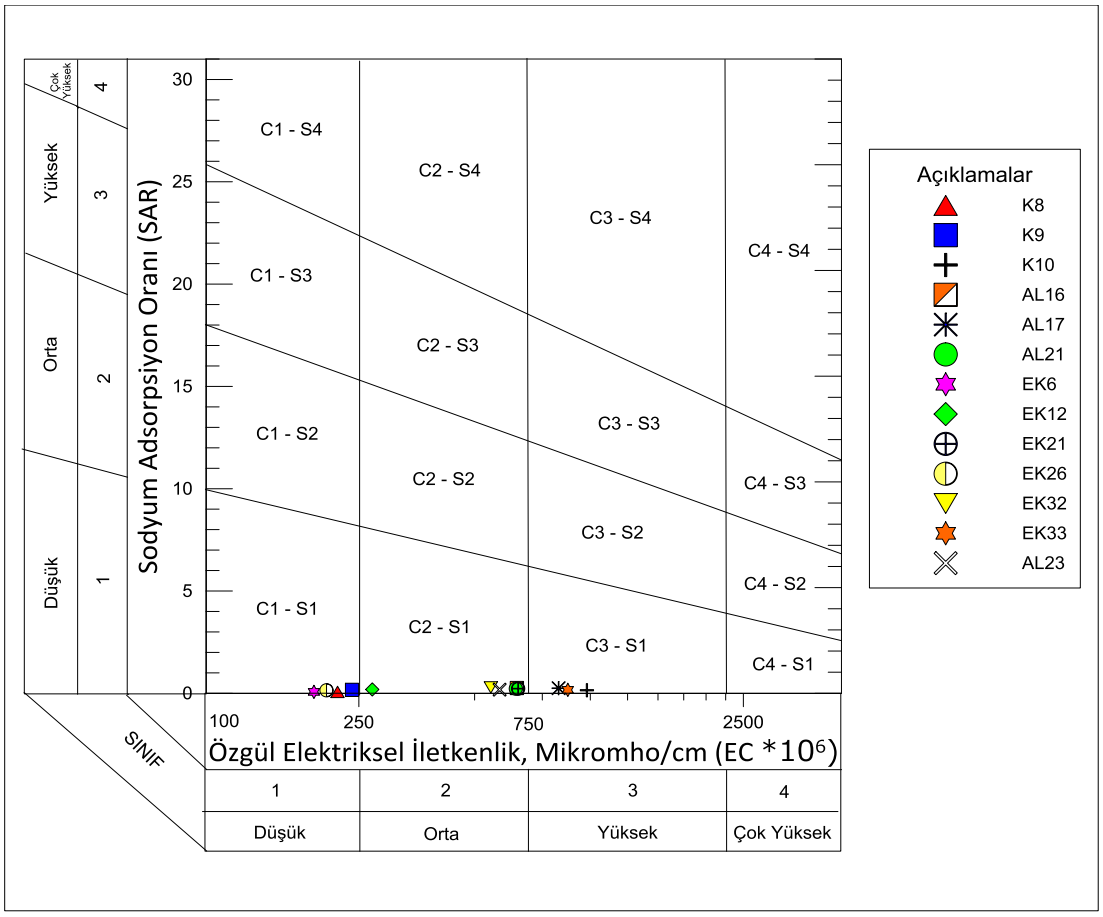


Şekil 6.5 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının Wilcox Diyagramı üzerinde gösterimi (Wilcox,1955).

Wilcox diyagramında sulama suları, çok iyi-iyi, iyi-kullanılabilir, şüpheli kullanılabilir, şüpheli-kullanılamaz ve sulamaya uygun değil şeklinde sınıflandırılır. Şekil 6.5'e göre çalışma alanındaki kaynaklardan alınan sular 'çok iyi sular' ve 'iyi kullanılabilir sular' sınıfındadır.

ABD Tuzluluk Diyagramı

ABD tuzluluk diyagramında yatay eksende suyun EC değeri, düşey eksende SAR değeri bulunmaktadır. Bu diyagramda sular 16 ayrı kategoriye ayrılmaktadır.



Şekil 6.6 : Çalışma alanındaki kuyu ve kaynak sularının ABD Tuzluluk Diyagramı üzerinde gösterimi (Richards,1954).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında bulunan EC (tuzluluk) ve sodyum sınıflarının anlamı şu şekildedir;

C_1: Az tuzlu su S_1: Az sodyumlu su

C_2: Orta tuzlu su S_2: Orta sodyumlu su

C_3: Yüksek tuzlu su S_3: Yüksek sodyumlu su

C_4: Çok yüksek tuzlu su S_4: Çok yüksek sodyumlu su

Genel olarak C_1S_1, C_2S_1, C3S1 sınıfı sular sulamaya uygundur. C_4S_1, C_3S_2 sınıfı sular bazı özel şartlarda kullanılabilir. C_4S_2, C_4S_3, C_4S_4 sınıfı sular sulama faaliyetlerinde kullanılmazlar. İnceleme alanından alınan su örnekleri bu diyagrama göre C_1S_1, C_2S_1ve C_3S_1 sınıfında olup sulama faaliyetlerimde kullanılabilecek özelliktedir. (Şekil 6.6).

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ağlasun havzası hidrojeoloji incelemesi konulu bu çalışma, havzadaki yeraltısuyu potansiyeli ve kalitesinin belirlenmesini amaçlamakta ve bu amaç doğrultusunda yapılan araştırmaların sonuçlarını içermektedir.

Çalışma alanında yer alan birimler özelliklerine ve birbirleriyle olan ilişkileri dikkate alınarak otokton ve allokton olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Buna göre otokton birimler en yaşlıdan gence doğru Erenler Kireçtaşı, Yazır Formasyonu, Ağlasun Formasyonu, alüvyon ve yamaç molozlarından oluşmaktadır. Bölgede allokton birimler olarak Ofiyolitli Karmaşık ve Akdağ Kireçtaşı bulunmaktadır (Şekil 3.3).

Havzadaki yeraltısuyu potansiyelini belirlemek amacıyla bilanço elemanlarından yağış, buharlaşma, akış ve süzülme miktarları belirlenerek bilanço hesabı yapılmıştır. Sonuç olarak Ağlasun Havzasında hesaplanan toplam beslenim 25,2 x 10^6 m^3/yıl ve toplam boşalım 32,2 x 10^6 m^3/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Beslenim ve boşalım arasındaki 6,8 x 10^6 m^3/yıl fark hesaplanmıştır. Buradan havza dışından ölçülemeyen karstik beslenimin havza dışına ölçülemeyen karstik yeraltı boşalımından büyük olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma alanındaki tüm birimler fiziksel, jeolojik ve hidrojeoloji açısından değerlendirilerek sınıflandırılmış ve 1/25000 ölçekli hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır. Çalışma alanında yer alan jeolojik birimler fiziksel ve hidrojeolojik özelliklerine göre Pekişmemiş Formasyonlar, Yaygın - zengin akiferler ve Bölgesel ilişkisiz (yerel) akiferler olmak üzere ve Pekişmiş Formasyonlar ise Bölgesel – ilişkisiz (yerel) Akiferler, Zayıf akiferler ve Çok zayıf akiferler olmak üzere sınıflandırılmıştır.

DSİ tarafından açılan sondaj kuyularına ait pompaj deney verilerinden yararlanılarak akiferlerin hidrolojik parametreleri hesaplanmıştır. Hidrolik parametrelerin hesaplama yönteminin seçiminde öncelikle veri analizi yapılarak kuyuların dengeli

rejime ulaştığı tespit edilmiştir. Dengeli rejim için geçerli olan Dupuit Yöntemi tanıtılmaktadır. Dupuit formülleri kullanılarak akifer parametreleri belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki yeraltısuyunun kalitesi ve kullanılabilme özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla havzayı temsil eden çeşitli kaynaklardan su örnekleri alınmış ve TÜBİTAK MAM Laboratuvarlarında kimyasal analizleri yaptırılmıştır.

Hidrojeokimyasal analiz sonuçları Piper diyagramında değerlendirilerek su tipleri belirlenmiştir. Piper diyagramına göre bölgedeki sular genel olarak Ca-HCO3 tipi sular sınıfındadır. Su örnekleri Ca>Mg>Na>K ve HCO_3> SO_4>Cl şeklinde anyon katyon trendi sergilemiştir. Bu trend karbonatlı kayaçlardan gelen su trendi ile örtüşmektedir.

Bölgedeki suların sulamaya uygunluğunu belirlemek amacıyla ABD Tuzluluk laboratuarı ve Wilcox diyagramlarına göre sınıflandırma yapılmıştır. ABD Tuzluluk laboratuarı sınıflamasına göre; çalışma alanında bulunan yeraltısuları C_1S_1, C_2S_1ve C_3S_1 sınıfında olup sulama faaliyetlerimde kullanılabilecek özelliktedir. (Şekil 6.6). Wilcox diyagramı sınıfalamasında ise; çalışma alanındaki kaynaklardan alınan sular ‘çok iyi sular’ ve ‘iyi kullanılabilir sular’ sınıfındadır.

İnceleme alanında su bilançosu hazırlanmasında hidrolojik verilerin sağlıklı olması için ölçüm istasyonunun tekrar açılması gerekmektedir. Ağlasun Havzası içerinde bulunan Ağlasun meteoroloji istasyonu 1992 yılında kapatılmıştır.

İnceleme alanında yeraltısuyu beslenim ve boşalım bölgelerini belirlemek için yeraltısuyu seviye haritasına gereksinim duyulmaktadır. Sondaj kuyuları Ağlasun ovasının doğu kesiminde yoğunlaşmıştır. Dolayısıyla havzanın tamamını kapsayan bir seviye haritası oluşturulamamıştır. Bu amaca yönelik olarak ilave yeraltısuyu gözlem kuyularının açılması önerilmektedir. Havzada, karbonatlı kayaçlarda havza dışından beslenim ve dışına boşalımın ayrıntılı olarak araştırılması gerekmektedir. Bu araştırmalarda izleyici yöntemler (radyoaktif izotoplar, kimyasal eriyikler, renkli bileşikler ve suda eriyebilen gazlar gibi) kullanılabilir. Bu çalışma kapsamında konu edilmeyen tarımsal faaliyetlerin yeraltısuyu kalitesine etkisi araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akbulut, A. (1980). Eğirdir Gölü güneyinde, Çandır (Sütçüler, Isparta) yöresindeki Batı Torosların Jeolojisi. T.J.K. Bülteni 23/1.

Akgiray, Ö. (2003). İçme suyu ve su arıtımı. Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları, 22 Mart Dünya Su Günü paneli, Zekai Şen, Sevinç Sırdaş (Editör), Bildiriler, 62-75, İstanbul.

Altınlı, İ. E. (1944). "Etude Stratigraphic de La Region d'Antalya" İ. Ü. Fen Fak. Mec. Seri B, C, IX.3, İstanbul.

Andreo, B. ve Carrasco, F. (1999). Application of geochemistry and radioactivity in the hydrogeological investigation of carbonate aquifers (SierrasBlanca and Mijas, southern Spain. Applied Geochemistry, 14, 283-299.

Appelo, C. A. J. vePostma, D. (1993). Geochemistry, groundwater and pollution. A. A.Balkema, Rotterdam.

Atalık, A. (2006). "Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri". *Bilim ve Ütopya*, 139: 18-21.

Back, W. (1961). Techniques for mapping of hydrochemical facies. US Geol Surv Prof Pap 424-D, 380–382.

Back, W. (1966). Hydrochemical facies and ground-water flow patterns in northern part of Atlantic coastel plain. U.S. Geol. Surv. Profess. Papers 488-A, 1-42.

Bilgin, A., Köseoğlu, M. ve Özkan, G. (1989). Isparta Gölcük yöresi kayaçlarının mineralojisi, petrografisi ve jeokimyası. Tübitak Doğa dergisi, 14, 343-360, Ankara.

Blumenthal, M. (1963). Le système structural du Taurus Sud-Anatolien: in Livre à la mémoire du Professeur P. Fallot. Mém. hs. sér. Soc. Géol. France, 2, 611-622, Paris.

Brunn, J. H. (1976). L'arc Concave Zagro-Taurique Et Les Arcs Convexes Taurique Et Egeen, Collision Et İnduits, Bull. Soc. Geol. France, (7) XVIII, No:2 553- 567**.**

Burak, S., Duranyıldız, İ. ve Yetiş, Ü. (1997). Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. Odak Noktası Kuruluş: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

Davraz, A., Karagüzel, R., Soyaslan, I., Sener, E., Seyman., F. ve Sener, S. (2009). Hydrogeology of karst aquifer systems in SW Turkey and an assessment of water quality and contamination problems. Environ Geol 58(5):973–988.

Day, B. A. ve Nightingale, H. I. (1984). Relationships Between Ground-Water Silica, Total Dissolved Solids, and Specific Electrical Conductivity. Ground Water, 22: 80–85. doi: 10.1111/j.1745-6584.1984.tb01479.

Dilek, Y. ve Rowland, J. C. (1993). Evolution of a Conjugate passive margin pair in Mesozoic Southem Turkey: Tectonics, 12, No: 4, 954 – 970.

D.S.İ. (2002). Genel Müdürlüğü Yeraltı Suyu Arşivinde bulunan Ağlasun İlçesine ait Kuyu Logları Raporları, Isparta

D.M.İ. (2013). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ağlasun Meteoroloji İstasyonu, 1972-1992 yılları arası meteoroloji elemanları ölçüm değerleri.

Dumlu, O., Yalçın, T. H. ve Bozkurtoğlu, E. (2006) Yeraltısuyu jeolojisi ve hidroliği, literatür yayınları 485, ISBN:975-04-0370-3, İstanbul.

Dumont, J. F. (1974). Decouverte d'un horizon Cambrien a' Trilobites dans I'autochtone du Taurus de Pisidie (region d' Eğridir, Turquie): C.R. Ac.Sci., t. 274, ser. D, 2435 – 2438, Paris.

Dumont, J. F. ve Kerey, E. (1975). Kırkkavak fayı; Batı Toroslar ile Köprüçay beseıni sınırında kuzey-güney doğrultu atımlı fay: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 18, 59-62.

Dumont, J. F. (1976). Isparta kıvrımı ve Antalya naplarının orijini; Torosların Üst Kretase tektojenezi ile oluşmuş yapısal düzeninin büyük bir dekroşman, transtorik arızayla ikiye ayrılması varsayımı: M.T.A. Enst. Dergisi, sayı 86, sayfa 56-67.

Dupuit, J. (1863). Etudes Thoritiques et Pratiques sur le Mouvement des Eaux, 2nd ed., Dunod, Paris,

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E. (1987). Yer altı Suları Jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Feth, J. H., Roberson, E. ve Polzer, W. L. (1964). Sources of mineral constituents in water from granitic rocks Sierra Nevada, California and Nevada. U. S. Geol. S. Survey Water Supply Paper, 1535-I, 1-70.

Foster, M. D. (1950). The origin of high sodium bicarbonate waters in the Atlantic and Gulf Coastal Plains. Geochim. Cosmochim. Acta, 1, 33-48.

Freeze, A. R. and Cherry A. J. (1979). Groundwater by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632 London UK.

Garrels, R. M. (1967). Genesisof graund waters from igneous rocks. In: Researches in geochemistry, vol. II (P. H. Abelson, ed.). New York, John Wiley.

Glover, C. ve Robertson, A. H. F. (1998). Neogene intersection of the Aegean and Cyprus arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. Tectonophysics, 298, 103-132.

Görmüş, M. ve Özkul, M. (1995). Gönen-Atabey (Isparta) ve Ağlasun (Burdur) arasındaki Bölgenin Stratigrafisi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Derg., 1, 23-45, Isparta.

Hançer, M. (1996). Isparta Güneyi Ağlasun-Bucak civarının Jeolojik ve Tektonik özellikleri, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji A.B.D. Doktora Tezi (yayınlanmamış) Isparta.

Hem, J. D. (1985). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water (3d ed.): U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, 263.

Hounslow, A. W. (1995). Water Quality Data Analysis and interpretation, Lewis Publishers, Boca Raton, New York.

Hölting, B. (1984). Hydrologie Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrologie 2. Auflage, Enke Verlag, Stuttgard, 36-38.

Irlayıcı, A. (1998). Eğirdir ve Burdur Gölleri Arasının Hidrojeoloji İncelemesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 150, (yayınlanmamış).

Jäckli, H. (1970). Kriterien zur Klassifikation von Grundwasservorkommen. Ecologae Geologicae Helvetiae, 63, 389-434.

Karagüzel, R., Taşdelen, S., Özkul, M. ve Bilgin, A. (1995). An Investigation of waste water discharge of Bucak (Burdur) and its effects on aquifer, Internatıonal earth sciences colloquium on the Aegean Region, 693-700, Izmir-Güllük,Türkey.

Karaman, M. E. (1988). Ege-Anadolu levhasının hakkında bazı yeni görüşler. Hacettepe Üniversitesi'nde yerbiliminin 20. Yılı Sempozyumu, Bildiri Özleri, 15, Ankara.

Karaman, M. E. (1990). Isparta güneyinin temel jeolojik özellikleri. TJK Bülteni, 33, 57-67, Ankara.

Karaman, M. E. (1994). Isparta-Burdur arasının jeolojisi ve tektonik özellikleri. TJK Bülteni, 37 (2), 119-134, Ankara.

Koçyiğit, A. (1981). Hoyran gölü yöresinin (Afyon - İsparta) stratigrafik ve Tektonik özellikleri, Ankara Üniv. Fen Fak. Genel Jeoloji Kurs., Doçentlik tezi, 172, yayımlanmamış.

Koçyiğit, A., Ünay, E. ve Saraç, G. (2000). Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. Geol. Soc. London, Spec. Pbl. 173. 405- 421.

Kissel, C. ve Poisson, A. (1986). Etude paléomagnétique préliminaire des formations néogènes du bassin d'Antalya (Taurides occidentales, Turquie). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris, 302,10, 711-716.

Maillet, P. (1905). "Essats D2Hydraulique Eluviate", Paris.

Özgül, N. (1976). Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri : Türkiye Jeol. Kur. Bült, 19,1,65 - 78.

Özgür, N., Pekdeğer, A. ve Schneider, H. J. (1992). High fluorine contents in the Pliocene volcanic rocks of the Gölcük area, Isparta, SW Turkey: Bull. Geol.Soc. Greece, XXVIII/2, 417-427.

Parejas, E. (1942). Sandıklı, Burdur, Dinar, Isparta ve Eğridir bölgesinde yapılan jeolojik löveler hakkında rapor : MTA Rap., 7131 (yayımlanmamış), Ankara.

Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare and grass. Proc. R Soc. Lond. Ser. A 193, 120–145.

Piper, A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis, Trans.Amer.Geophys. Union, 25, 914-923.

Piper, J. D. A., Gürsoy, H. ve Tatar, O. (2002). Palaeomagnetic evidence for the Gondwanian origin of the Taurides and rotation of the Isparta Angle, southern Turkey. Geol J 37 (4): 317-336.

Poisson, A. (1977). Recheiches Geologive Dans Les Taurides Accidentales (Turguie) These Presente a Cuniversite de Paris Sude (Centre Dorsay) No'd'ordre, 1902, Orsay.

Poisson, A., Akay, E., Dumont, J. F. ve Uysal, Ş. (1984) The Isparta Angle: A Mesozoic Paleorift in the Western Taurides. Geology of the Taurus Belt (eds., Tekeli, O., and Göncüoğlu, M.C.). International Symposium. 11-26, Ankara/Turkey.

Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M. ve Şentürk, M. (2003). New insights on the tectonic setting and evolution around the apex of the Isparta Angle (SW Turkey): Geol. J. 38: 257-282.

Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook 60. ARS-US Department of Agriculture. Riverside, CA.

Robertson, A. H. F. ve Woodcock N. H. (1984). The SW segment of the Antalya complex, Turkey as a Mesozoic-Tertiary Tethyan continental magrin. In the Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Dixon JF, Robertson AHF(eds). Special Publications 17. Geological Society: London; 251-271.

Schoeller, H. (1962). Les eauv souterrailnes. Mason, Paris.

Sipahi, H. (1984). Aksu Çayı Havzasının Karst Hidrojeolojisi İncelemeleri, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Doktora Tezi, İstanbul.

Soyaslan, İ. (2004). Eğirdir Gölü Doğusunun Hidrojeoloji İncelemesi ve Yeraltısuyu Modellemesi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 260, Isparta.

Şahinci, A. (1991). Doğal Suların Jeokimyası, 3. Bölüm, Dokuz Eylül Üniv. Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Böl., Reform Matbaası, İzmir, 46- 57.

Şenel, M. (1984). Discussion of the Antalya nappes. In Geology of Taurus belt (edited by O. Tekeli, M.C. Göncüoğlu), Proceedings, 41-51.

Şenel, M. (1997). 1:250000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No: 4, Isparta paftası. MTA Yayın No: 4.

Şengör, A. M. C. (1980). Türkiye'nin neotektoniğinin esasları: Türkiye Jeol. Kur. Konferans dizisi, 40.

Turc, L. (1954). The water balance of soils, relation between precipitation, evaporation and flow, Annales Agronomiques, 5, 491-569.

Türk Standartları Enstitüsü (TS266) (2005). Sular - İnsanî Tüketim Amaçlı Sular, Standart. Ankara, Türkiye.

Url-1 <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html> Alınan Tarih: 03.05.2013

Url-1 <http://www.burdur.cavusogullari.net/burdur_antik/sagalassos> Alınan Tarih: 03.05.2013

Yağmurlu, F. (1994). Isparta güneyinde yeralan Tersiyer yaşlı türbitidik birimlerin fasiyes özellikleri: Geosound-Yerbilimleri Dergisi, 24, 17-28, Adana.

Yağmurlu, F., Savaşçın, Y. ve Ergün, M. (1997). Relation of Alkaline Volcanism and Active Tectonism within the Evolution of the Isparta Angle, SW-Turkey. The Journal of Geology. 105, 717-728.

Yağmurlu, F., Bozcu, M. ve Şentürk, M. (2005). Burdur-Fethiye arasındaki bölgede Burdur fayının sismotektonik özellikleri: TÜBİTAK-ÇAYDAG, Proje No:101Y027, 79, (Yayımlanmamış Rapor).

Yalçın, A. (1993). Yukarı Aksu (Isparta) Havzası Mühendislik Jeolojisi İncelemesi İstanbul Üniversitesi Fen. Bil. Enst. Jeo. Müh. Böl. Doktora Tezi (yayımlanmamış), İstanbul.

Yalçınkaya, S., Ergin, A., Afşar, Ö. P. ve Taner, K., (1986). Batı Torosların jeolojisi, Isparta Projesi Raporu: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (Yayınlanmamış).

Yalçınkaya, S. (1989). "Isparta – Ağlasun (Burdur) Dolayının Jeolojisi", İ.Ü. Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, 175.

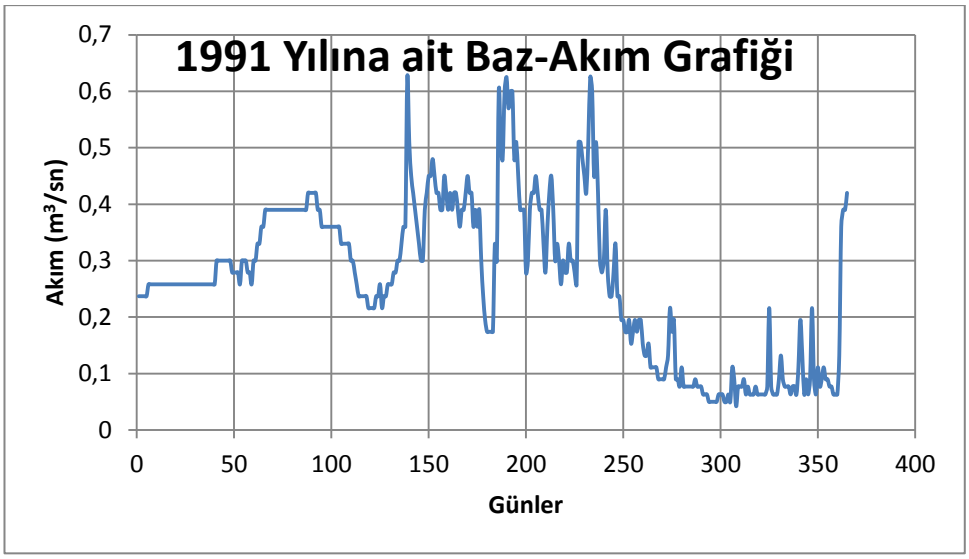
WHO, (1971). International standarts for drinking water, 3 rd ed. Geneva.

Wilcox, L.V. (1955). Classification and use of irrigation waters, U.S. Dept. Agriculture Circular.

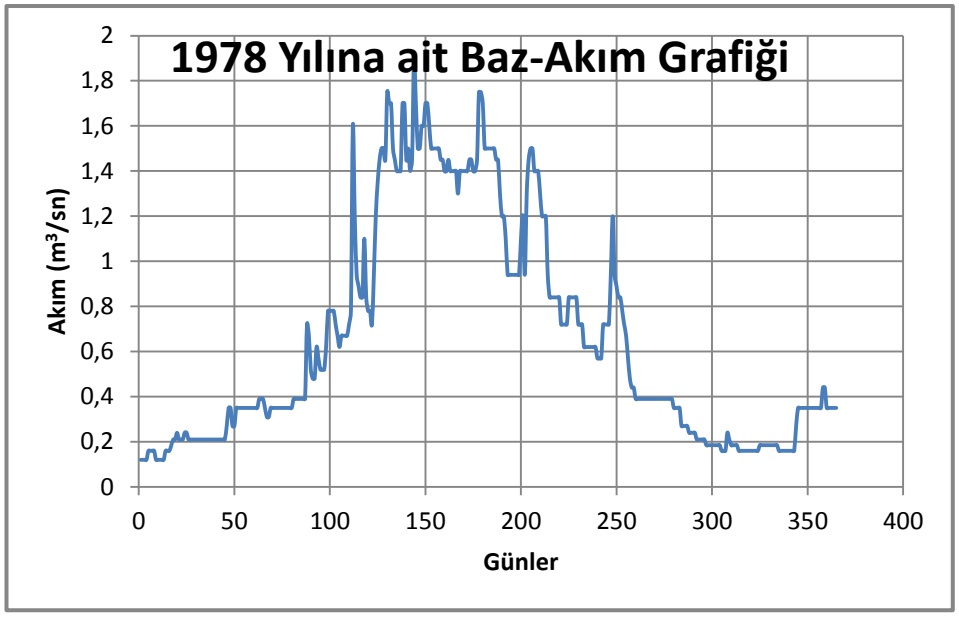
EKLER

EK-A Ağlasun Havzası Jeoloji Haritası
EK-B Ağlasun Havzası Hidrojeoloji Haritası
EK-C Ağlasun Havzası Hidrojeokimya Haritası
EK-D Ağlasun Çayı Baz-Akım Grafikleri
EK-E Kuyu Hidroliği Grafikleri

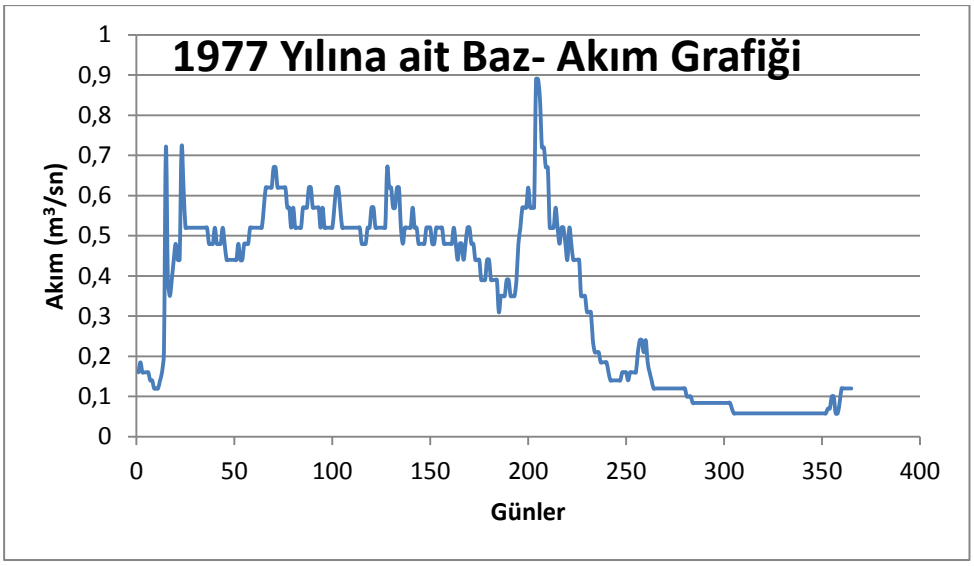
EK-D Ağlasun Çayı Baz-Akım Grafikleri



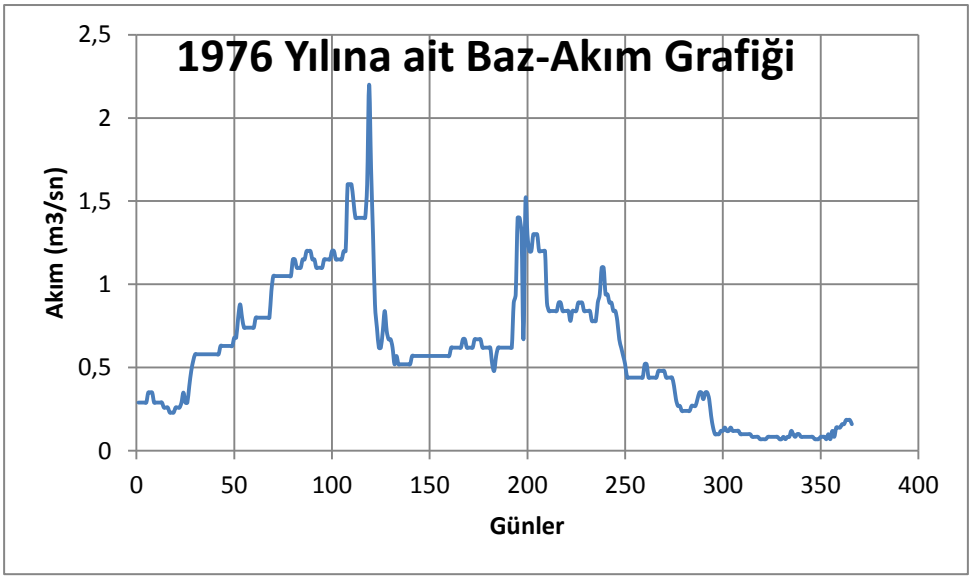
Şekil D.1 : 1991 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği



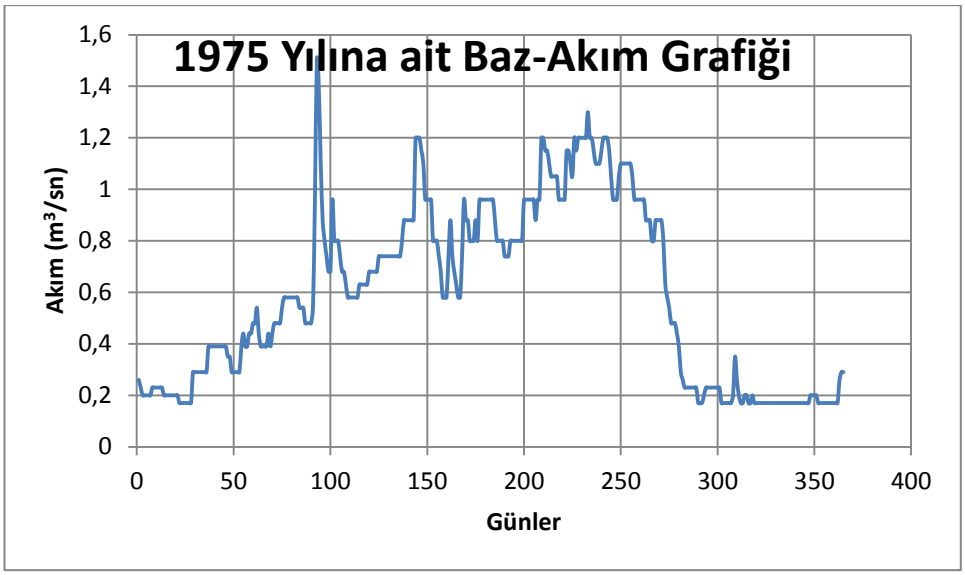
Şekil D.2 : 1978 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği



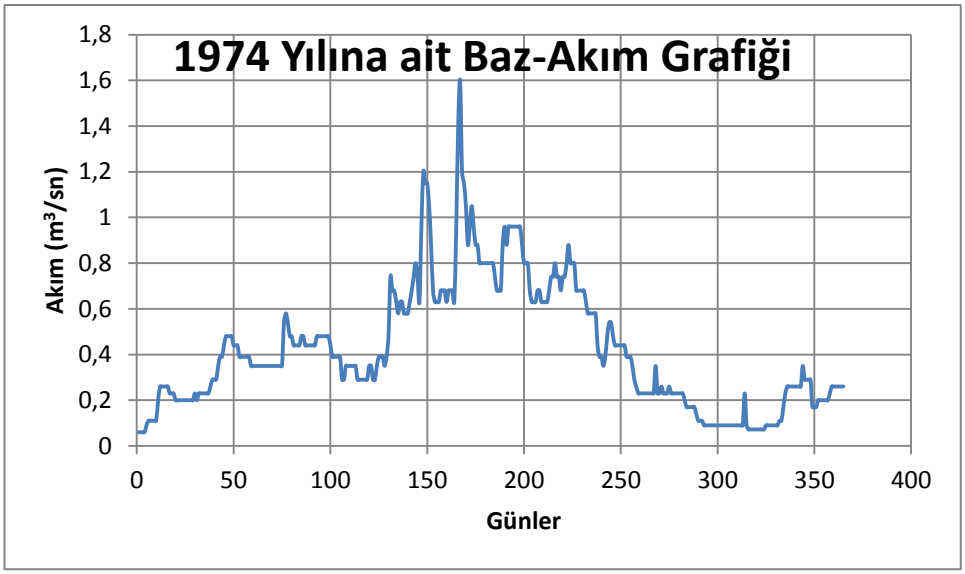
Şekil D.3 : 1977 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği



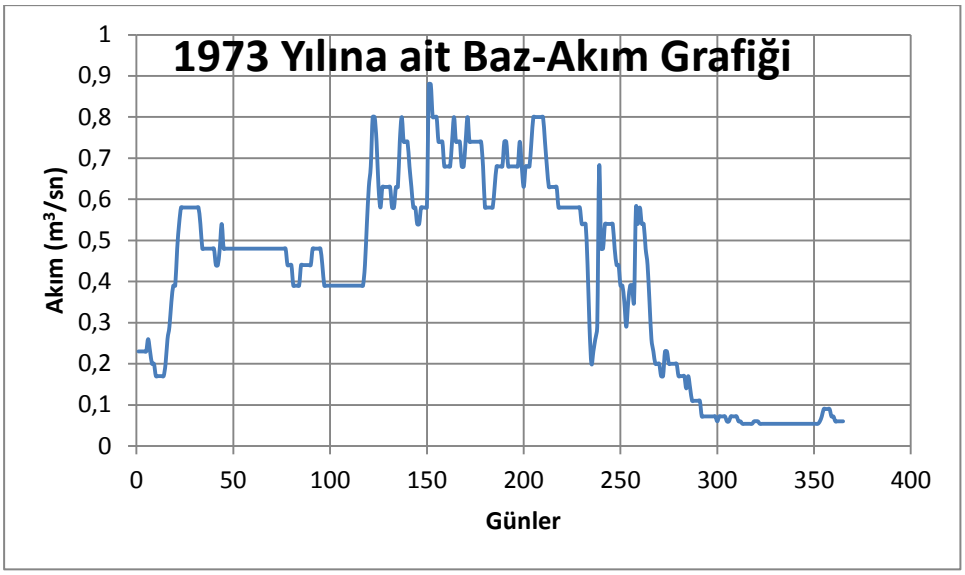
Şekil D.4 : 1976 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği



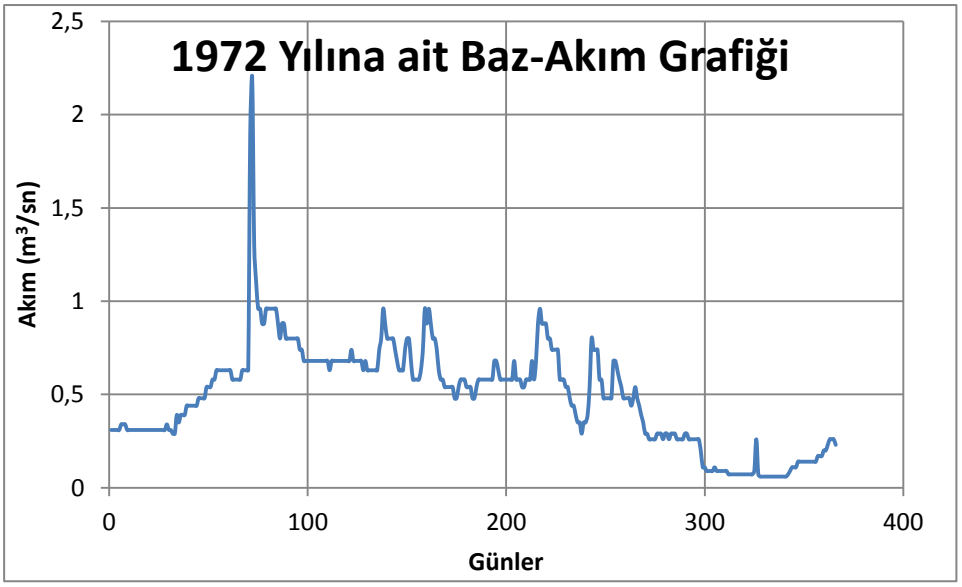
Şekil D.5 : 1975 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği



Şekil D.6 : 1974 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği

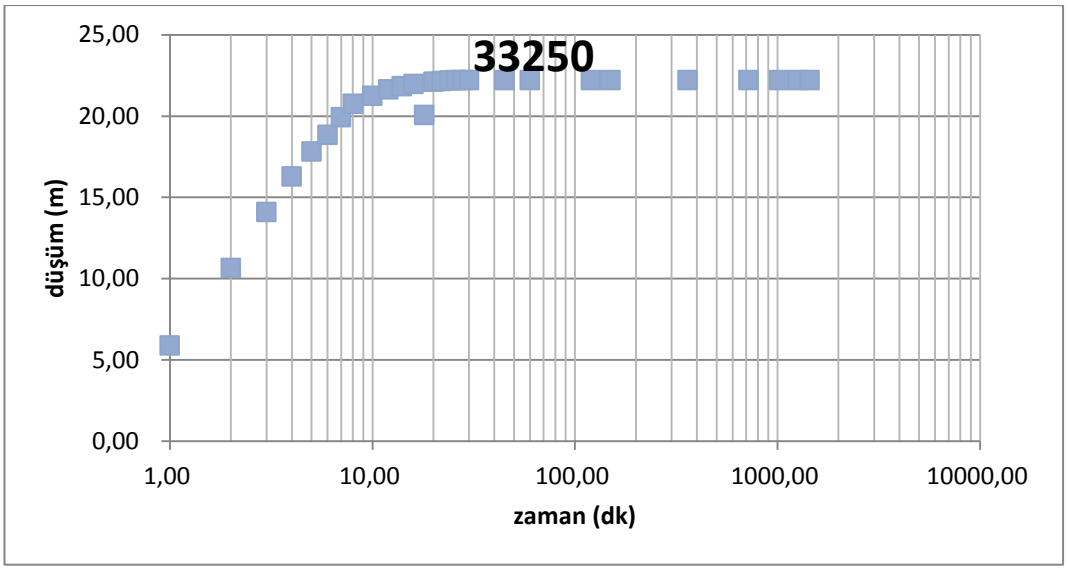


Şekil D.7 : 1973 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği

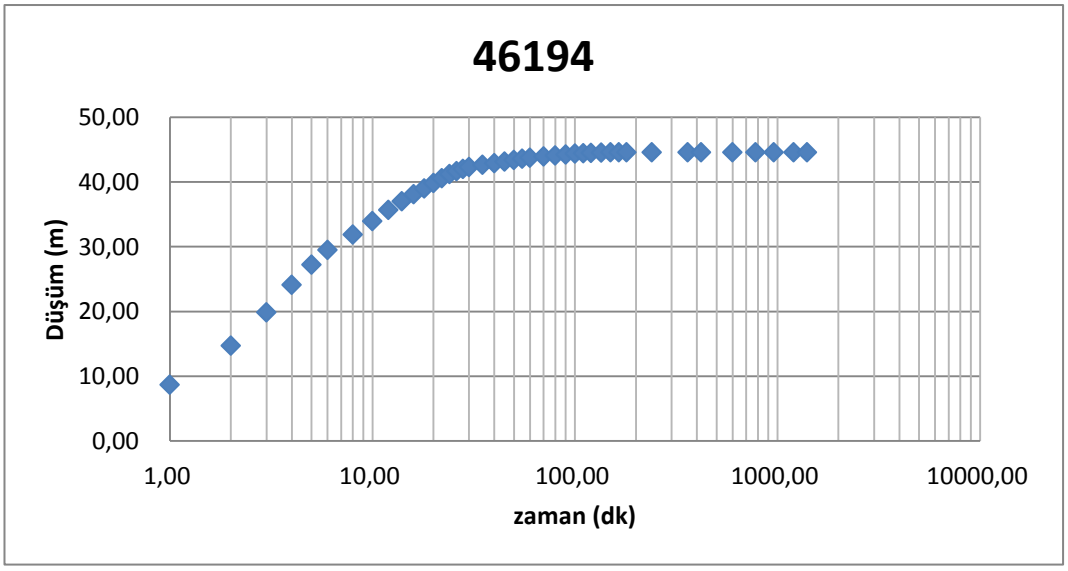


Şekil D.8 : 1972 yılı Ağlasun Çayı yıllık baz-akım grafiği

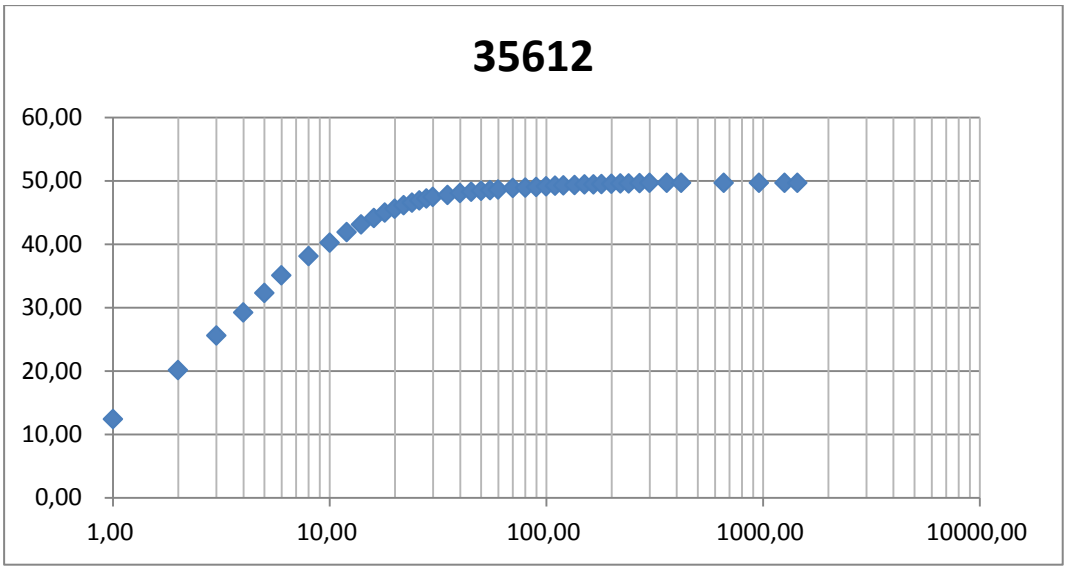
EK-E Kuyu Hidroliği Grafikleri



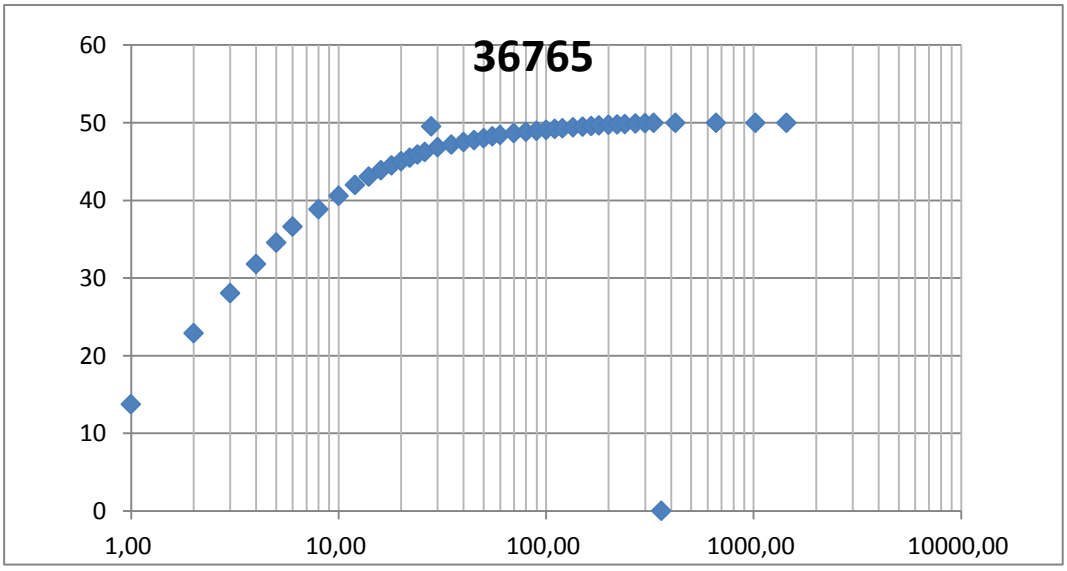
Şekil E.1 : 33250 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



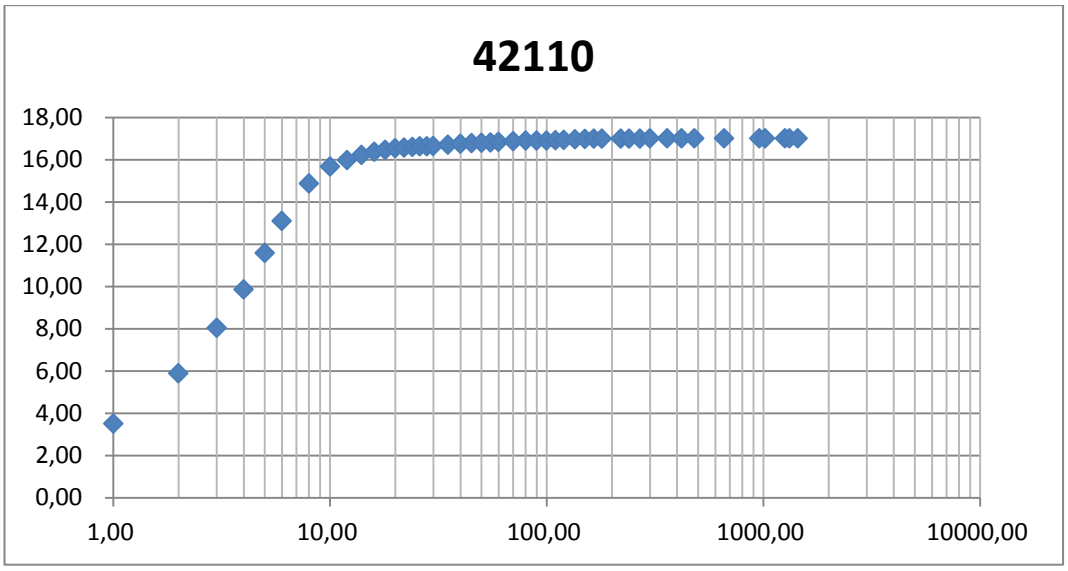
Şekil E.2 : 46194 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



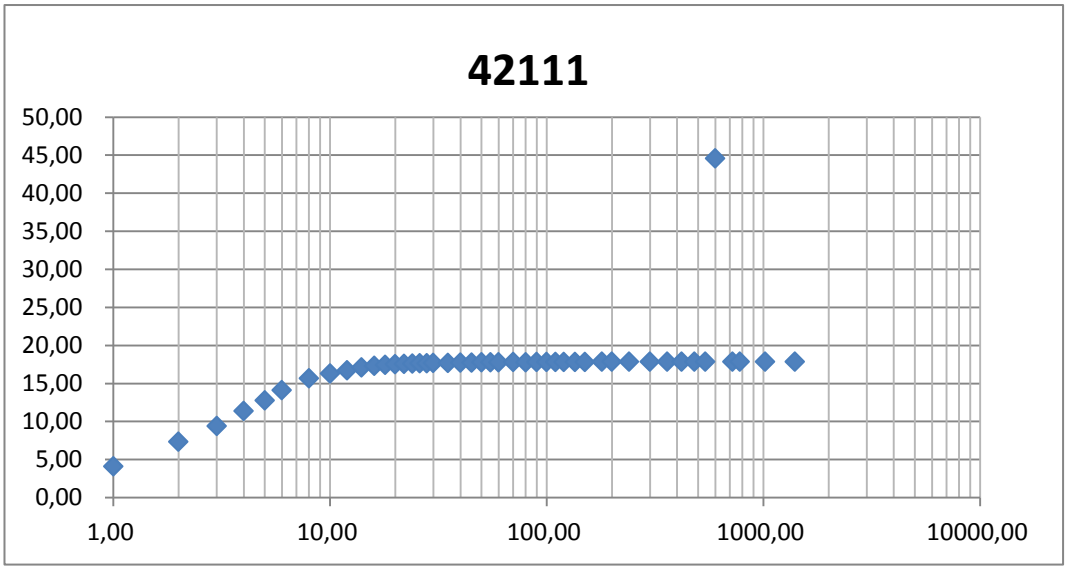
Şekil E.3 : 35612 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



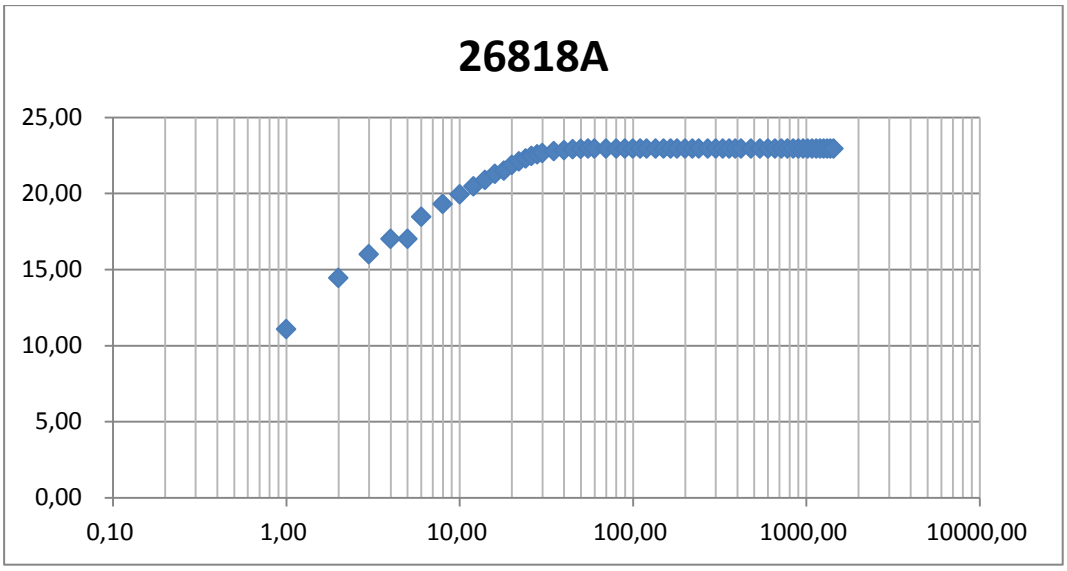
Şekil E.4 : 36765 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



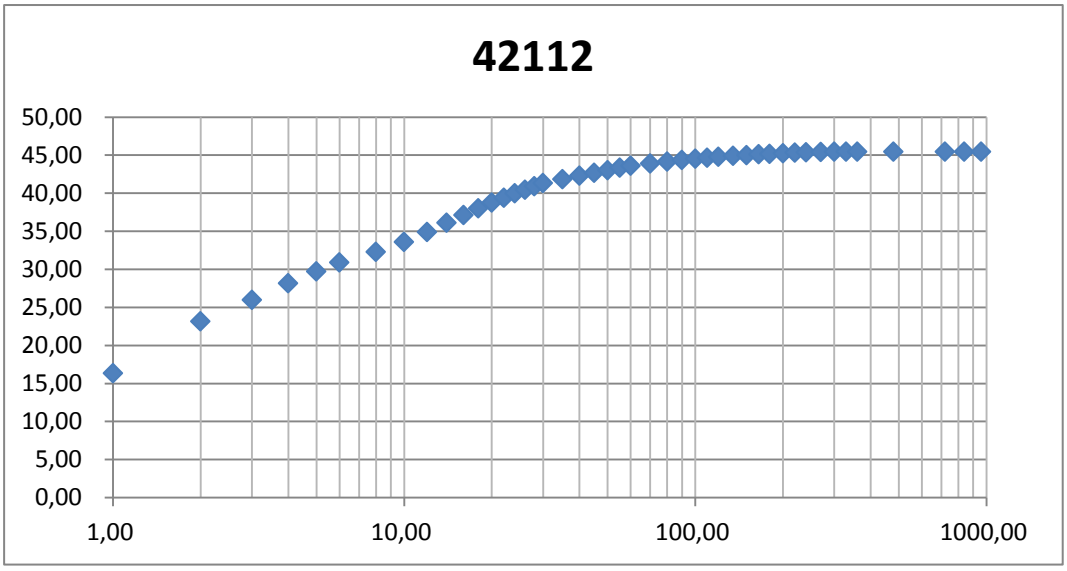
Şekil E.5 : 42110 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



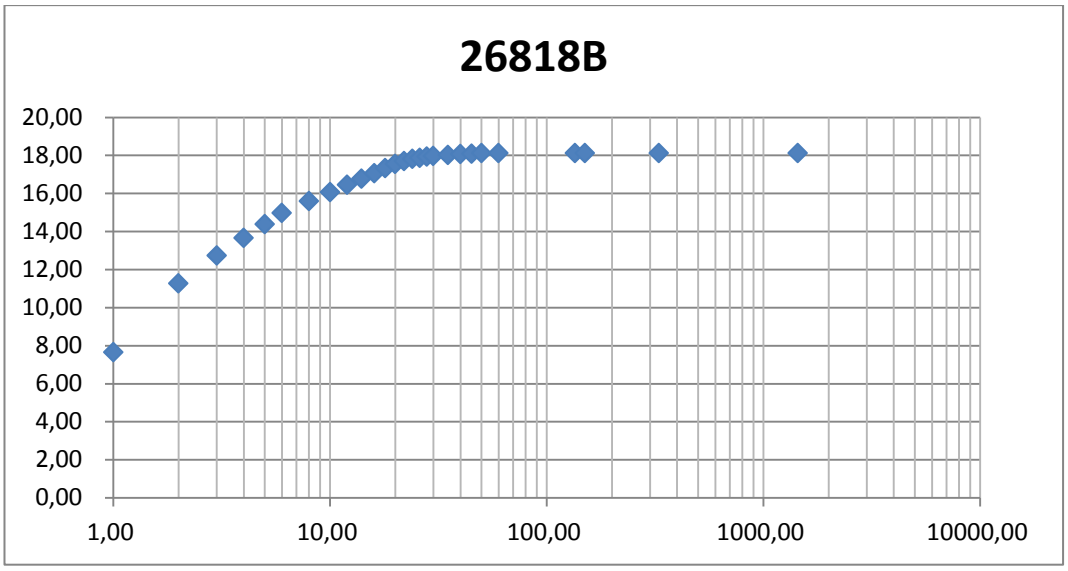
Şekil E.6 : 42111 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



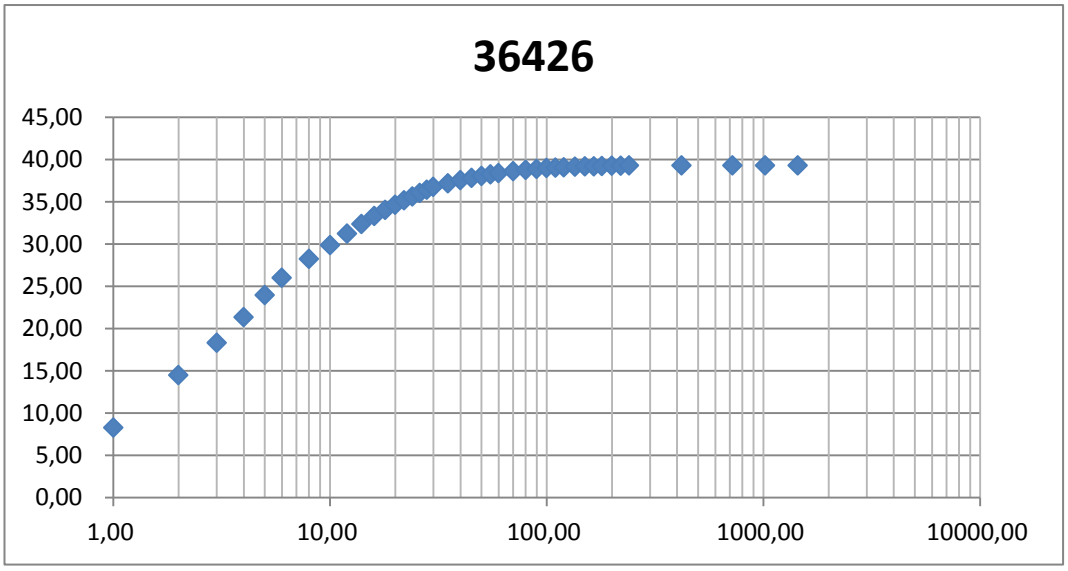
Şekil E.7 : 26818A numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



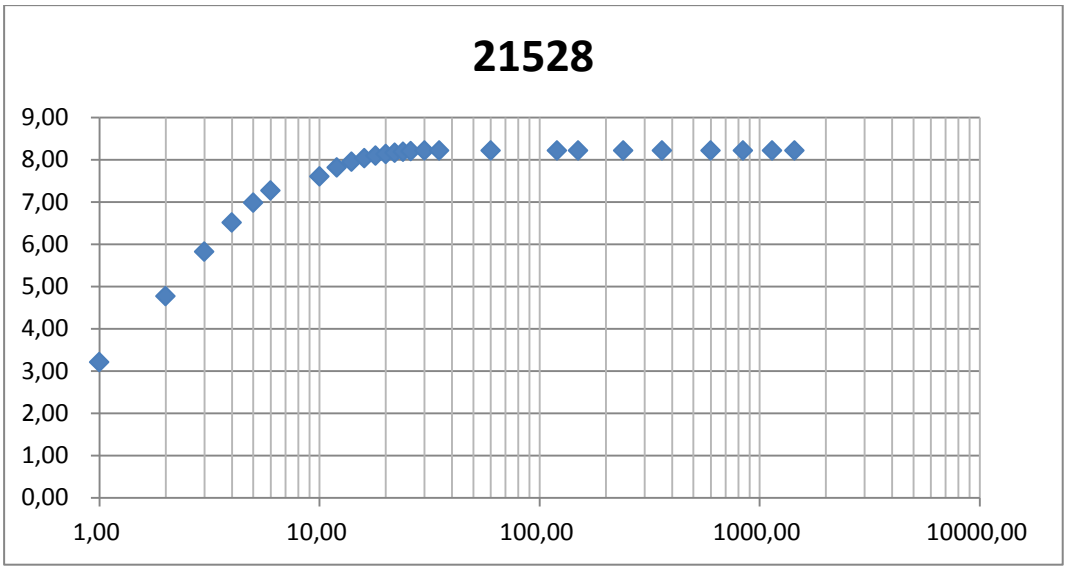
Şekil E.8 : 42112 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



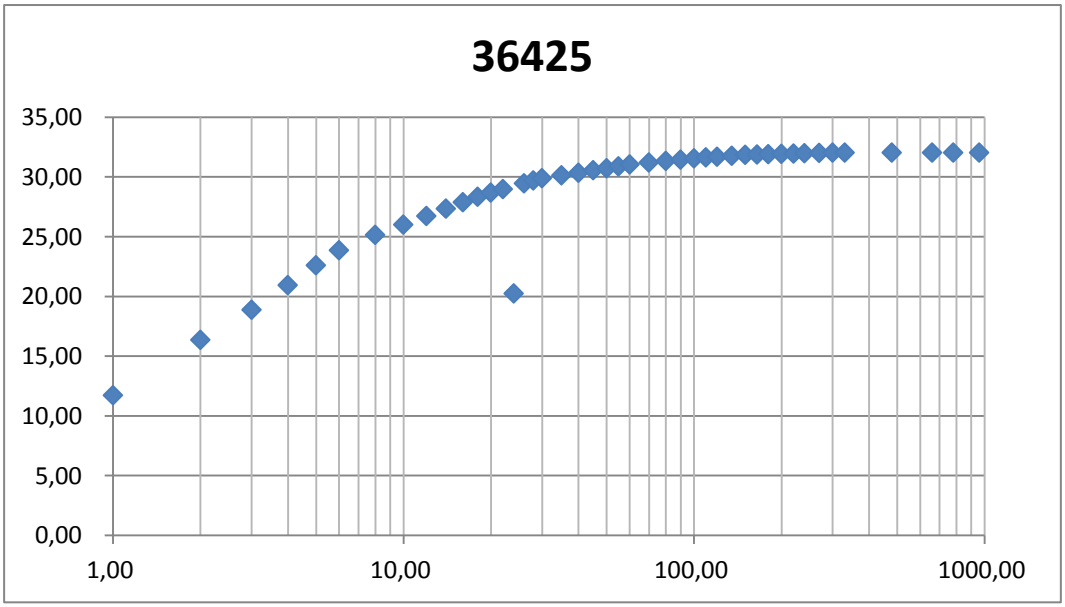
Şekil E.9 : 26818B numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



Şekil E.10 : 36426 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



Şekil E.11 : 21528 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği



Şekil E.12 : 36425 numaralı sondaj loguna ait zaman-düşüm grafiği

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Meral ERDOĞAN
Doğum Yılı ve Yeri: 1987, Milas
Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim ve Akademik Durum
Lise : 2000-2005 Bodrum Süper Lisesi
Lisans: 2005-2010 İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü