

66778

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL- SİLİVRİ - KAVAKLI HAVZASI ve DOLAYININ
HİDROJEOLÖJİK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeo.Müh.Muhterem ÇOPUROĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Ağustos 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Eylül 1997

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Turgut ÖZTAŞ

Diğer Juri Üyeleri : Prof.Dr. Erdoğan YÜZER

Doç.Dr. Mustafa Erdoğan

Eylül 1997

ÖNSÖZ

İ.T.Ü Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı tarafından verilen bu yüksek lisans çalışmasında “İstanbul-Silivri-Kavaklı Civarının Hidrojeolojik İncelemesi” yapılmıştır. Bölgede daha önceleri gerçekleştirilmiş her türlü araştırmanın ve mevcut bilgilerin derlenmesinden sonra, jeolojik ve hidrojeolojik arazi çalışmaları tamamlanmış ve elde edilen tüm veriler değerlendirilerek, sonuçları bir rapor haline getirilmiştir.

Giderek gelişen sanayi ve yerleşime koşut olarak suya olan gereksinim her geçen gün artmaktadır. Su ihtiyacının tamamen yeraltısuyundan karşılanması durumunda ortaya çıkan sorunlara çözüm aramak ve yeraltısuyu potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada; gerek daha önceki çalışmalardan toplanan veriler ve gerekse yerinde yapılan arazi gözlemlerine dayanarak elde edilen veriler denetlenmiş, bölgenin hidrojeolojik özellikleri ortaya konmuştur. Bölgenin yeraltısuyu potansiyelinin belirlenmesi için pompa testleri analiz edilmiştir. Çok sayıda izinsiz açılan sondaj kuyularından aşırı miktarda yeraltısuyu çekilmesinin ilerde yaratacağı sorunlar düşünülerek emniyetli çekim rezervi belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca su kalitesi incelenmiş ve suların içme, kullanma ve sulama suyu açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Bu çalışmanın halen görev yapmakta olduğum yeraltısuları konusunda gelişmeme, sorunlara daha akılcı bir şekilde yaklaşım sistemi kazanmama yardımcı olduğu kanısındayım.

Tez konusunu bana veren, çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübesiyle, yönlendirici desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç.Dr. Turgut Öztaş’a yerinde ve yapıcı eleştirileriyle bizi yönlendiren Uzman Yük.Müh.Orhan Dumlulu’ya, pompa testi analizlerinde testpump programını veren ve kullanımı konusunda yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. Ahmet Onak’a, diğer anabilim dalından su kimyası değerlendirilmesinde yaptığı yardımlardan dolayı Yrd. Doç. Dr. Yüksel Örgün’e teşekkür ederim. Ayrıca beni teşvik eden, destekleyen, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme, en içten teşekkürlerimi borç bilirim.

Muhterem ÇOPUROĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖZET.....	vi
SUMMARY	vii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1 Önceki Çalışmalar	1
1.2 Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri.....	1
BÖLÜM 2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI.....	3
2.1 Coğrafi Konum, Ulaşım ve Yerleşim.....	3
2.2 Morfoloji ve Bitki Örtüsü.....	3
2.3 İklim ve Meteoroloji.....	5
2.3.1 Yağış, sıcaklık ve buharlaşma.....	5
2.3.2 Potansiyel ve gerçek buharlaşma.....	7
2.3.3 Meteorolojik su bilançosu.....	8
BÖLÜM 3. JEOLJİ.....	12
3.1 Stratigrafi ve Litoloji.....	12
3.1.1 Kumtaşı, silttaşı, kiltası (Alt Oligosen, Ol1).....	12
3.1.2 Kumtaşı, silttaşı, marn (Üst Oligosen, Ol2).....	14
3.1.3 Alüvyon (Kuvaterner, Q).....	14
3.2 Yapısal Jeoloji.....	14
3.3 Jeolojik Evrim.....	15

BÖLÜM 4. HİDROJEOLOJİ	17
4.1 Su Noktaları	17
4.1.1. Akarsular	17
4.1.2. Kaynaklar	17
4.1.3. Sığ kuyular	17
4.1.4. Sondaj kuyuları	18
4.2 Jeohidrolojik Ortamlar	18
4.2.1 Geçirimsiz ortam	23
4.2.2 Yarı geçirimli ortam	23
4.2.3 Geçirimli ortam	23
4.3 Hidrojeolojik Ortamlar	23
4.3.1 Su taşırılar (Akifer)	23
4.3.2 Yarısutaşırılar (Akitard)	24
4.4 Hidrojeolojik Ortamların Jeohidrolik Özellikleri	24
4.5 Yağış-Yeraltısuyu ilişkisi	33
BÖLÜM 5. YERALTISUYU POTANSİYELİ	38
5.1 İnceleme Alanında Beslenimin Hesaplanması	38
5.1.1 Geçirimli ve yarı geçirimli taneli ortamda yağıştan süzülme ile beslenim	38
5.1.2 Yüzeysel akıştan süzülme ile beslenim	39
5.1.3 Sulamadan süzülme ile beslenim	39
5.2 İnceleme Alanında Boşalımın Hesaplanması	39
5.2.1 Yeraltısı düzeyinden buharlaşma-terleme ile boşalım	40
5.2.2 Suni boşalım	40
5.3 Yeraltısuyu bilançosu	40
5.4 Yeraltısuyu Yıllık Emniyetli Verimi	41
5.5 Su Kimyası	42
5.5.1 Suların İçilebilirlik Özellikleri	42
5.5.1.1 Schoeller içilebilirlik diyagramı	47
5.5.2 Suların Sulama Suyu Açısından Özellikleri	48
5.5.2.1 Wilcox diyagramı	48
5.5.2.2 Riverside diyagramı	50
5.5.3 Suların Kimyasal Bileşimlerinin Litolojiyle İlişkisi	51
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR	58
EKLER	59
ÖZGEÇMİŞ	60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	4
Şekil 2.2 Bölgesel yıllık su bilançosu diyagramı.....	11
Şekil 2.3 İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti.....	13
Şekil 4.1,2 Köy Hizmetleri'nce açılan kuyuların litoloji logları.....	20
Şekil 4.3 D.S.İ'ce ölçümü yapılan kuyuların litoloji logları.....	22
Şekil 4.4,9 Düşüm-zaman grafikleri.....	27
Şekil 4.1 Ortalama yıllık yağıştan birikimli sapma eğrisi ve yağışın dağılışı.....	35
Şekil 4.11,12 Yağış ve yeraltısuyu seviyesi değişimleri.....	36
Şekil 5.1 Schoeller içilebilirlik diyagramı.....	47
Şekil 5.2 Wilcox diyagramı.....	49
Şekil 5.3 Riverside diyagramı.....	50
Şekil 5.4 Piper diyagramı.....	52
Şekil 5.5 Üçgen ve paralelkenar diyagramlarda suların sınıflaması.....	53
Şekil 5.6 Yanılogaritmik Schoeller diyagramı.....	54
Şekil 5.7 Gibbs diyagramı.....	60

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Florya meteoroloji istasyonu verileri.....	6
Çizelge 2.2 İnceleme alanının Penman yöntemi ile hazırlanmış aylık ve yıllık potansiyel buharlaşma değerleri.....	9
Çizelge 2.3 Meteorolojik su bilançosu	10
Çizelge 4.1 Sondaj kuyularına ait bilgiler.....	19
Çizelge 5.1 Yeraltısuyu Bilançosu.....	41
Çizelge 5.2 Suların kimyasal analiz sonuçları.....	43
Çizelge 5.3 İçilebilir suların fiziksel ve kimyasal özellikleri(TS 266).....	44

İSTANBUL-SİLİVRİ-KAVAKLI HAVZASI VE DOLAYININ HİDROJEOLOJİK İNCELENMESİ

ÖZET

Silivri-Kavaklı-Ortaköyü içine alacak şekilde yaklaşık 45 km²'lik yüzölçümü bulunan Kavaklı,aşağı ve kömürlük dereleri drenaj alanında yapılan bu çalışma, Kavaklı havzasının yeraltısuyu bilançosunu ve sorunlarını ortaya koymak için yapılmıştır. Sonuç olarak, hazırlanan bu rapor "Yüksek Lisans Tezi" olarak Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'na sunulmuştur.

İnceleme alanı Marmara Bölgesinin Trakya kesiminde İstanbula 70 km uzaklıktaki Silivri ilçesinin doğusunda yer alır. Bu bölge 41°03'30" ile 41°07'30" kuzey enlemleri ve 28° 18' 35" ile 28° 23' 30" doğu boylamları arasındadır. Genel olarak orta kuşak deniz iklimi karakteri taşır. Kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Florya gözlem istasyonu verilerine göre yıllık toplam yağış yüksekliği 642,4 mm. dir. En yüksek kot 236 metre ile Kum tepedir. akarsu ağını Ortaköy'ün kuzeyinden beslenen Aşağı dere ile Kavaklı köyünün kuzeyinden beslenen Kömürlük dere ve kavaklı dere şekillendirir. Ancak bu dereler kuru deredir. Kışın yağışın fazla olduğu aylarda yüzeysel akış olabilmektedir.

Hazırlanan Su bilançosunda, toplam yıllık yağış 642,4 mm, gerçek buharlaşmanın 428,5 mm. ve akışın 213,9 mm. olduğu görülmektedir. Buna göre inceleme alanında toplam yıllık yağışın 428,5 mm.'si yani %67'si buharlaşma-terleme yolu ile atmosfere geri dönmekte, geriye kalan 213,9 mm ise yeraltı ve yerüstü suyu olarak akışa geçmektedir. Bu miktar tüm yağışın %33' üdür.

İnceleme alanını hemen hemen tümüyle kaplayan Oligosen tortulları, iyi tabakalanmış kumlu marnlar ve kumtaşı, kiltası, silttaşı ardaalanmasından oluşur. Kıyasal ve sığ denizel fasiyeste gelişen akarsu ve lagün ortamlara ait bu karakteristik kayaç birimleri ortam koşullarına uygun olarak birbirleriyle karmaşık ilişkiler içinde bulunur. Kuvaterner çökeller dere yataklarında alüvyonel birikimler şeklindedir. Söz konusu formasyon bütün olarak yarı geçirimli taneli ortamı oluşturur. Gevşek çimentolu kum, kil ve siltten oluşan bu birim içinde açılan kuyuların debisi 0,3 lt/sn ile 18 lt/sn arasında değişmektedir. Transmissibilite 3-17 m³/gün/m değerleri arasındadır. Yeraltısuyu, özellikle kumlu ve çakıllı düzeylerden alınmaktadır. Kumtaşları merceksellik gösterir.

Akiferin beslenmesi yağıştan sızma ve sulamadan süzölmelerle olmaktadır. Boşalım ise buharlaşma - terleme ve suni çekim ile olmaktadır. Beslenimin % 80'i olan 2.000.000 m³/yıl yeraltısuyu emniyetli verimi olarak kabul edilmiştir.

İnceleme alanı içinde açılan sondaj kuyularından alınan su örneklerinin tümü T.S 266'ya göre içilebilir özelliktedir. Wilcox diyagramına göre çalışma alanımızdaki sular çok iyi, iyi kullanılabilir sular niteliğindedir. Sulama suyu olarak C₃S₁ ve C₂S₁ sınıfında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla suların, toprakta alkali tehlikesinin düşük, tuzluluk tehlikesinin orta ve yüksek olduğu belirlenmiştir. Suların Piper diyagramında sergiledikleri kimyasal bileşim havzanın litolojik özellikleri ile uyum göstermiştir. Hakim litoloji kumtaşı, kiltası ve marnıdır. Kumtaşlarının kuzeyden çatalca masifi yönünden taşınıp gelen kireçtaşı gereçleriyle geliştiği anlaşılmaktadır.

HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION of KAVAKLI (İSTANBUL-SİLİVRİ)
BASIN and VICINITY

SUMMARY

This study covering approximately 45 km² of land laying among Aşağı, Kömürlük and Kavaklı streams, basically a drainage area including Silivri-Kavaklı-Ortaköy towns of Trace has been made in order to expound ground water reserves of the Kavaklı basin as well as to develop remedies for related problems arising therefrom; and it has been submitted as “Masters Thesis” to the Department of Geology, Applied Sciences for perusal and convenience.

The basic goal of this study is providing sufficient and adequate solutions to such problems which arise in case water requirement of the region is met solely from ground water resources, and specifying the ground water potential of the region. Land research, in situ has given a lot of insight to the author, and all relevant data by previous studies carried out in the region have been taken into consideration, and as a result, hydrogeological properties of the region have been indicated. Further, pump test results have been analyzed to specify the ground water potential of the region. A special emphasis has been made in order to specify the dynamic reserve considering devastating consequences that may come through in the future due to excess usage of ground water by means of unpermitted drilling wells. In addition, water quality has been examined for tap-water, irrigation and drinking purposes.

Researched area lays in the East of Silivri province, some 70 km.s. from Istanbul city centre in trace. This area lays between 41° 03' 30" - 41° 07' 30" Northern latitude and 28° 18' 35" - 28° 23' 30" Eastern longitude. Moderate mediterranean climate prevails in the region. Moderately cool and rainy winter as against a relatively hot and dry summer season mark their characteristics respectfully. As per the data issued by Florya Observation Station, annual rainfall works out to 642,4 mm. at an average. The crest of the region is Kumtepe (236m.). Aşağıdere generating from the North of Ortaköy, Kömürlükdere and Kavaklıdere generating from the North of Kavaklı are the basic streams. However they are of insignificant importance since they remain dry most of the times. Only in the winter season, some surface flow takes place due to heavy rain.

Balancesheet of water supply gives an average annual rain of 642.4 mm., evaporation 428.5mm. and flow 213,9 mm.in the region. Based upon these findings, 428,5 mm. total annual rain which marks 67% recycles onto atmosphere through evapo-transpiration and only 213,9 mm which constitutes 33% flows either as surface water or ground water.

Some six operative wells suitable for reliable pump test practices have been examined Transmissibility coefficients for present aquifer have been calculated by using reliable output from those wells. In addition, monthly water level measurements for the wells no.129, 131, 112 and 68 by State Hydraulic Works Agency between August 1994-November 1996 have been taken into consideration.

Monthly ground water measurements as well as time-graphics are provided herewith in correlation with Florya Observation Station statistics as regards rainfall. In july, August and September, groundwater level remains the lowest vis a vis April and May, the highest. Due to population movements and growth in the region during the summer season, excess withdrawal results in drastic recession of ground water level.

Grafics reflecting variations in the ground water level in comparasion to monthly rainfall figures evidence that rainfall infiltrate into groundwater in a period of one month (Fig.1)

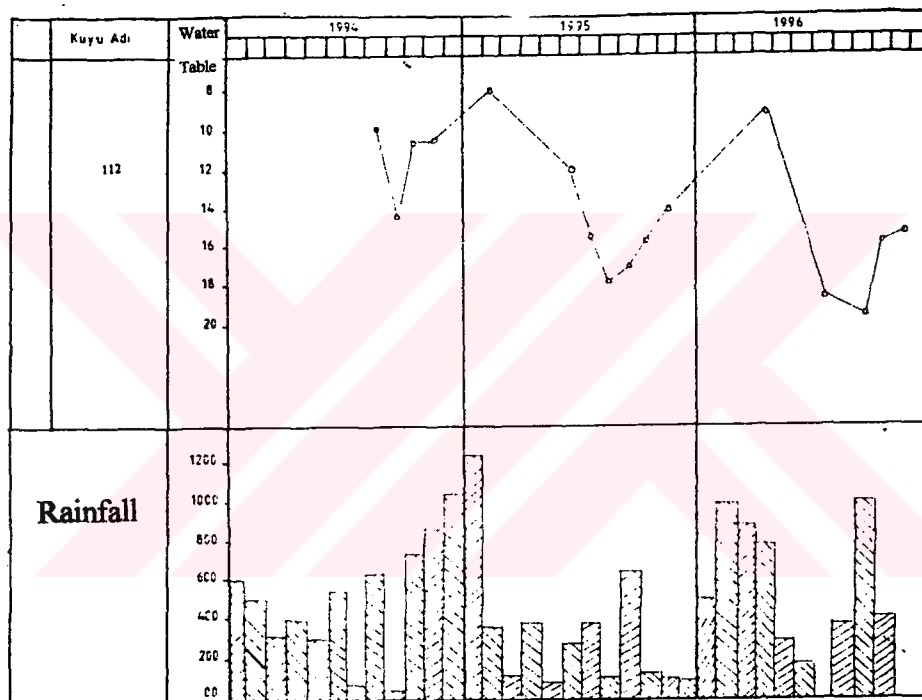


Fig1. Variations Rainfall and Goundwater Table

Oligocene sediments of the researched area contain good laminated sandy marl, sandstone, siltstone and claystone which are formed in a sequential order. Such rock units embody characteristic properties of coastal and shallow marine facies oriented running water and lagoon environments and they are in complex relations with each other. Quarterner depositions are found in alluvional accumulations in stream beds. Wells drilled into such units which are composed of unconsolidated cement contained sand, clay and silt, yield an output between 0,3 lt/sec and 18 lt/sec. Transmissibility ranges between 3 - 17 m³/day/m. Groundwater is exploited from sandy and gravelly layers sandstones are of pearched aquifer properties which is a positive characteristic as to reserving groundwater inlarge scales; but nevertheless it turns out to be a negative characteristic since it gives way to a recharge confined to a smaller area.

Random samples obtained from wells within the researched area have been examined as to potable water and irrigation water utilization purposes. Wilcox, Riverside and Schoeller diagrams are thus provided herein as to potable water. In addition, Piper and Schoeller semilogarithmic diagrams are both used in order to specify the lithology dominant in the formation of chemical compositions, and to classify water samples as to their chemical compositions(Fig.2). Gibbs diagram provided herein indicates the effect of lithology in such compositions.

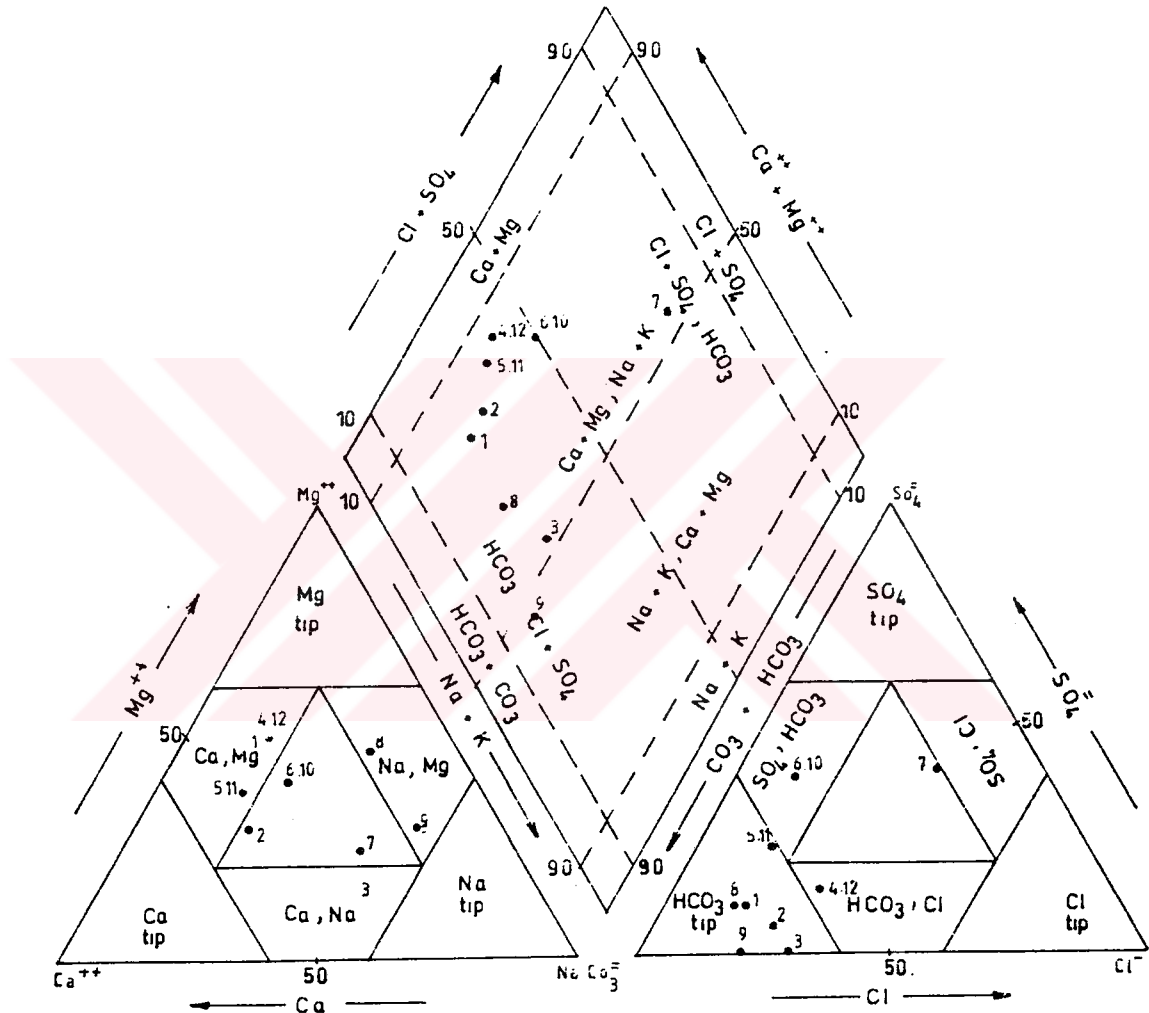


Fig. 2 Piper Diagram

Random samples collected from wells within the researched area yield a result that they are all potable in accordance with T.S.266. As per the Wilcox diagram, water samples are of "excellent" and "good" tap-water quality. As for irrigation purposes, such samples can be treated under C_3S_1 and C_2S_1 classification. As a result of this it comes out that soil alchality risk is minor but saltness high. The chemical composition of water samples in Piper diagram is in harmony with the litological properties of the basin(Fig.2). Sandstone, claystone and marl produce the dominant lithology. Sandstones are understood to have developed from limestones coming from Çatalca Massive in North.

Having examined a wide range of samples collected from different locations throughout the world, Gibbs has indicated recycling characteristics of water on TDS (Total Dissolved Solid) diagram, and he has revealed the influence of rainfall, rock and evaporation-crystallization upon ion-enrichment of waters.

Samples are applied onto the foregoing diagram and results are given figure 3. As is understood from the figure, waters fall onto rock dominant area. It is, therefore, that examined waters have long been exposed to the above mentioned lithologies to shape their own chemical structures.

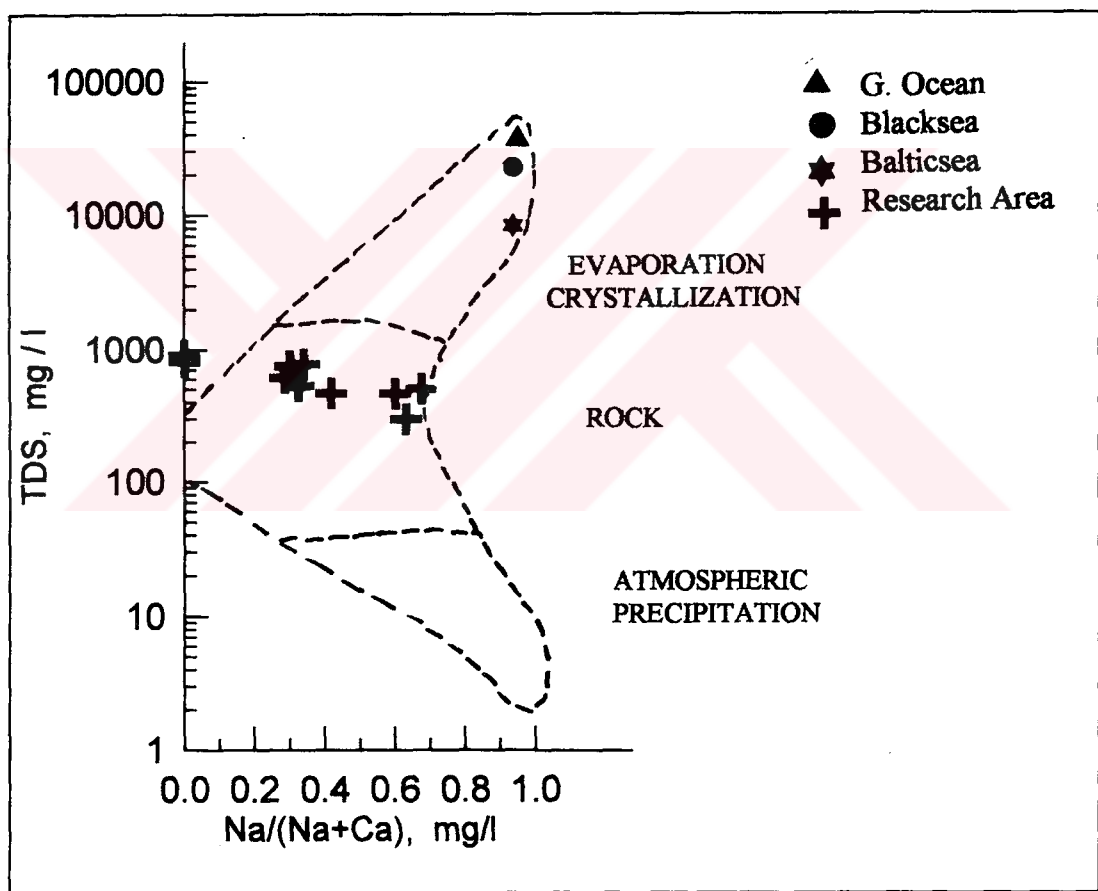


Fig.3 Gibbs Diagram

Recharge into aquifer is through infiltration of rainfall, surfaceflow and irrigation water. Discharge is either through evapo-transpiration or artificial withdrawal. The balancesheet of water supply is set forth hereunder(table 1)

Table 1 The Balancesheet of Water

Recharge	m ³ /yr	Discharge	m ³ /yr.
1. Rainfall Infiltration	1.824.000	1. Evapotranspiration	201.500
2. Surfaceflow Infiltration	600.000	2. Artificial Withdrawal	1.600.000
3. Irrigation Infiltration	160.000		
TOTAL	2.584.000		1.801.500

80% total recharge which is equal to 2.000.000 m³/yr is widely accepted as groundwater safe output level.

This study comes up with the fallowing results and proposals releted thereto;

1- 1/25 000 scale geological and hydrogeological maps as well as panel diagrams have been prepared.

2- Upper Oligosene Gürpınar formation within the researched area constitutes a tyical semi-permeable layer. However this formation, due to dominant sandstones widely spread out through the between Kavaklı and Aşağı streams features a permeable medium with vast groundwater.

3- Aquifer in the upper parts of the region is unconfined whereas inthe lower parts it is confined. The wells (77) and (80) are understood to have been drilled in appropriate places according to aquifer thickness and base elevation maps.

4- Groundwater potential of the region has been calculated based on data obtained from meteorological balancesheet prepared according to Penman method. Groundwater safe output level is this determined to be 2 000 000 m³/yr. At present, artificial withdrawas work out at 1 500 000 m³/yr. Therefore, inconsideration of foregoing servicable grounwater potential is estimated to be around 500 000 m³/yr.

5- Because there are quite many unpermitted wells operative in the region artificial withdrawal calculations have to be renewed for precision. Excess pumping should be evoided specifically in consideration of coastal aquifer saltness.

6- Due to dominant lithology prevailing in the region, water hardness is high and according to TS 266, they rank second quality.

7- Currently, no groundwater pollution is observed. But nevertheless precautionary measures are required to be made. In order to avoid any pollution from surface water, the first 20 meters of wells to be opened will have to be isolated

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu çalışmada, Silivri-Kavaklı köyü çevresindeki Kavaklı, Aşağı ve Kömürlük dereleri yüzey drenaj alanının belirlediği bölgedeki yeraltısuyu potansiyelinin değerlendirilmesi ve optimum bir şekilde işletilmesi için dikkat edilmesi gereken hususların aydınlatılması amaçlanmıştır.

1.1 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanına ulaşımın kolay, büyük yerleşim yerlerine yakın, tarımsal ve turistik değerinin de önemli olduğunun bilinmesine karşın bu yörede büyük ölçekli çalışmalar yapılmamıştır. Ancak inceleme alanını da kapsayan Trakya ile ilgili çalışmalar içinde bu bölgeye de kısmen yer verilmiştir.

İnceleme alanının M.T.A Enstitüsü tarafından 1/100 000 ölçekli jeoloji haritaları ile T.P.A.O ve bazı özel yabancı şirketler tarafından 1/50 000, 1/100 000 ve 1/500 000 ölçekli jeoloji haritaları ve kesitleri hazırlanmıştır. Ayrıca D.S.İ Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış 1/500 000 ölçekli bir hidrojeoloji haritası bulunmaktadır. D.S.İ 1.Bölge Müdürlüğü'nce 1984 yılında İstanbul-K.Çekmece-Silivri arasının hidrojeolojik etüd raporu ve D.S.İ XIV. Bölge Müdürlüğü tarafından Silivri-Kavaklı köyü civarı hidrojeoloji raporu hazırlanmıştır.

İnceleme alanında yapılmış yersel yeraltısuyu etüdları ve jeofizik incelemeler bulunmaktadır. Ayrıca havzada Köy Hizmetleri'nce açılmış ikisi kuru 9 adet sondaj kuyusu yer almaktadır. Bölgede şahıslar tarafından açılmış izinli yada izinsiz 130 civarında sondaj kuyusu bulunduğu tahmin edilmektedir.

1.2 Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

Bu çalışmada litostratigrafi ve kronostratigrafi birimleri esas alınarak inceleme alanının 1/25 000 ölçekli bir jeoloji haritası ve kesitleri ile jeohidrolojik ortamların, drenaj ağı özelliklerinin ve su noktalarının gösterildiği 1/25000 ölçekli bir hidrojeoloji haritası ve kesitleri hazırlanmıştır. Meteorolojik veriler ile D.S.İ tarafından, mevcut kuyularda yapılan ölçümler ve pompalama deneylerinden hareketle jeohidrolik katsayılar belirlenerek çalışma alanının yeraltısuyu bilançosu çıkarılmıştır.

D.S.İ tarafından inceleme alanındaki 4 kuyunun Ağustos 1994 - Ekim 1996 tarihleri arasındaki dönemde aylık seviye ölçümleri yapılmış ve tüm kuyular kotlandırılmıştır. Elde edilen değerlerle yağış-yeraltısuyu seviyesi grafikleri çizilerek yağışın yeraltısuyuna intikali incelenmiştir (Şekil 4.13, 4.14, 4.15).



BÖLÜM 2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

Bu bölümde inceleme alanının coğrafik ve iklimsel özellikleri ile ekonomik ve sosyal yapısı hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Coğrafik Konum, Ulaşım ve Yerleşim

İnceleme alanı Marmara Bölgesinin Trakya kesiminde İstanbul'a 70 km uzaklıktaki Silivri ilçesinin doğusunda yer alır (Şekil 2.1). Bu bölge 41°03'30" ile 41°07'30" kuzey enlemleri ve 28° 18' 35" ile 28° 23' 30" doğu boylamları arasındadır. Havzanın drenaj alanı 46,3 km² kadardır. Alanın güneyi Marmara Denizi ile sınırlıdır.

Havza içinde Silivri ilçesine bağlı Kavaklı köyü ile Ortaköy ve Selimpaşa beldeleri yer almaktadır. Bu bölgede nüfus daha çok sahile yakın kısımlarda yoğunlaşmaktadır. Selimpaşa ve Kavaklı'da yaz ve kış ayları arasındaki nüfus farkı fazladır.

İnceleme alanı sınırları içerisinde irili ufaklı bir çok çiftlik yer almaktadır. Yollar her mevsim açıktır. Ulaşım sorunu yoktur. Köylere Silivri'den kalkan minibüslerle gidilebilir.

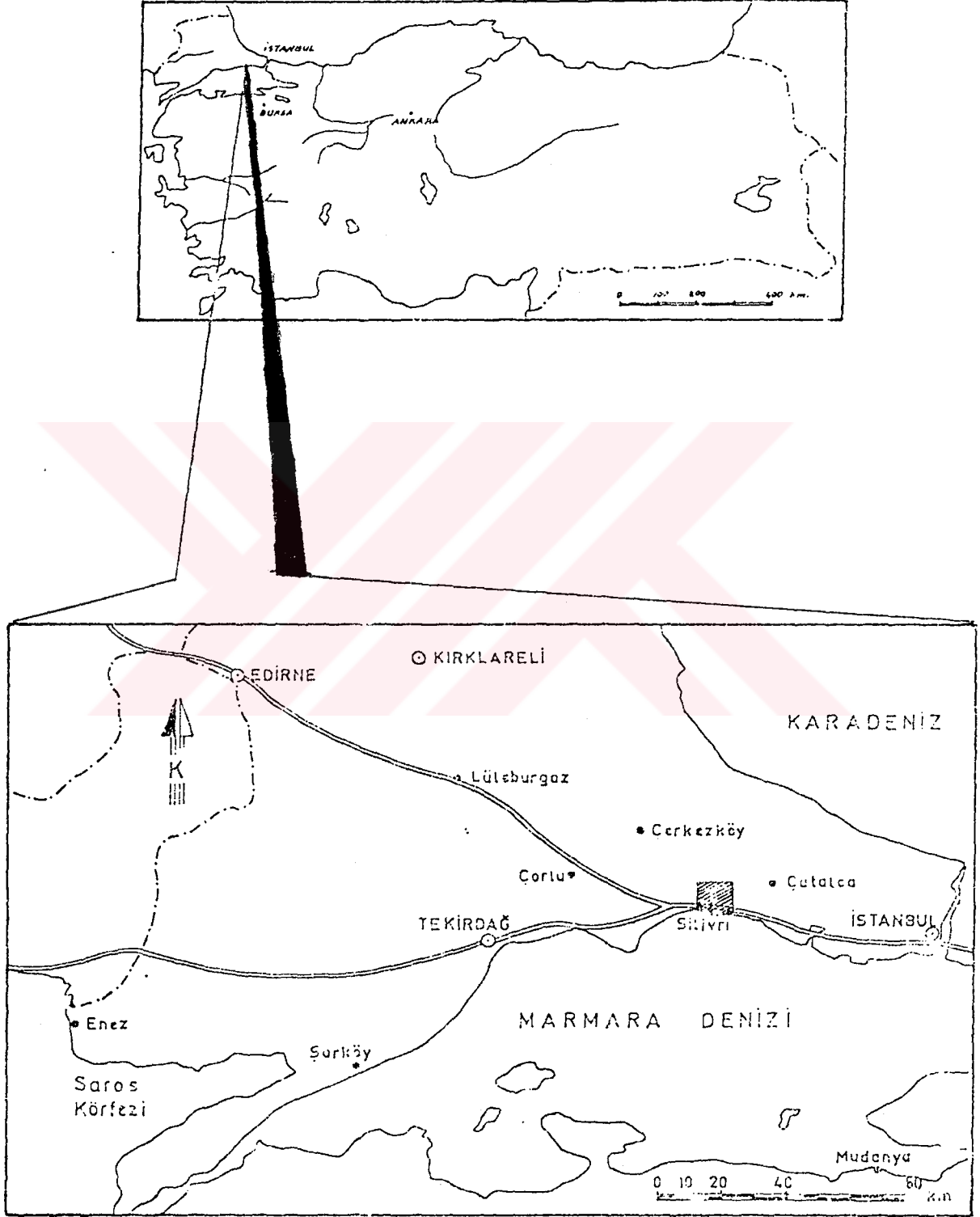
2.2 Morfoloji ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanındaki doruklar esas olarak jeolojik yapının ve litolojinin denetiminde, genelde D-B doğrultusunda gelişmişlerdir.

Bölgesel yükseltiler düşüktür. Batıda Mandıra Tepe (104,6m), doğuda İncir Tepe (187 m), Doğan Tepe (187 m), kuzeyde de Bağlar Tepe (236 m) ve Kum Tepe (236m) gibi yükseltiler yer almaktadır.

İnceleme alanındaki akarsu ağını Ortaköy'ün kuzeyinden beslenen Aşağı dere ile Kavaklı köyünün kuzeyinden beslenen Kömürlük dere ve kavaklı dere şekillendirir. Ancak bu dereler kuru deredir. Kışın yağışın fazla olduğu aylarda yüzeysel akış olabilmektedir.

Turizm endüstrisi gelişmiş durumdadır. Sahil şeridinde ve Kavaklı köyü civarında yoğun bir şekilde yazlıklar ve çiftlik evleri bulunmaktadır. Yöre halkının ekonomisi tarıma dayanmaktadır.



Şekil 2.1 İnceleme Alanının Yer Bulduru Haritası

Bölgede tarımsal açıdan ideal sayılabilecek bir toprak örtüsü bulunur. Bu nedenle genelde ekili olmayan arazi parçası yok gibidir. Buğday, ayçiçeği, arpa, hayvan yemleri (yonca, füy, burçak) ve çeşitli mevsim sebze ve meyveleri ilk sırayı alan ürünlerdir. Hayvancılık süt ve besi için, evsel ihtiyaçlar kadar yapılmaktadır. Kuzeydeki geniş boş çayırarda yapılan hayvancılık giderek önem kazanmaktadır. Ağaç sayısı yok denecek kadar az olduğundan bazı yerlerde ağaçlandırma çalışmaları başlamıştır.

2.3 İklim ve Meteoroloji

İnceleme alanında Balkanlar ve Akdeniz ikliminin etkisi görülmektedir. Bu yüzden belirgin bir iklim türüne göre değerlendirme yapmak güçtür. Genel olarak orta kuşak deniz iklimi karakteri taşır. Kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçer. Yağışlar genellikle yağmur şeklinde olup zaman zaman kar yağışı görülmektedir. Florya Meteoroloji istasyonundan alınan kayıtlar incelenerek Çizelge 2.1' de sunulmuştur.

İnceleme alanı yılın 7-8 ayında Balkanlar üzerinden gelen sert rüzgarlar etkisindedir. Rüzgarlar, kış aylarında hızları saatte 50 - 60 km'yi bulan fırtınalara dönüşebilmektedir. Yaz aylarında ise rüzgar etkisi, sıcaklık artışıyla birleşince şiddetli buharlaşmalar meydana gelmektedir.

2.3.1 Yağış, sıcaklık ve buharlaşma

Florya meteoroloji istasyonunda 1937-1996 yılları arasında yapılan gözlemler incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 2.1'de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek yağışın Kasım, Aralık ve Ocak aylarında, en düşük yağışın ise Ağustos ve Eylül aylarında olduğu görülmektedir. Ortalama yağış değerlerine göre en yüksek yağış değeri 102.0 mm ile Aralık ayında, en düşük yağış değeri 20.8 mm ile Temmuz ayındadır. Yine aynı gözlem istasyonu verilerine göre yıllık toplam yağış yüksekliği 642,4 mm olarak bulunmuştur.

1937-1996 döneminde ölçülen yıllık sıcaklık ortalaması 13.8 °C'dir. En sıcak aylar 28.3 °C ile Temmuz ve Ağustos, en soğuk aylar ise Ocak (2.7 °C), Şubat (3.1 °C) ve Mart (3.9 °C) aylarıdır (Çizelge 2.1).

Çizelge2.1. Florya Meteoroloji İstasyonu Verileri (1937 - 1996).

VERİLER	Ocak	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus	Eylül	Ekim	Kas.	Ara.	Yıllık
Sıcaklık,t,(C)	5.30	5.50	6.90	11.10	15.90	20.60	23.20	23.30	19.70	19.40	11.55	8.00	13.80
Rüzgar Hızı,u,(m/sn)	3.90	3.70	3.50	2.90	2.60	2.70	3.30	3.20	3.00	2.90	3.10	3.70	3.20
Yağış,P,(mm)	90.60	65.40	60.30	44.80	29.50	25.80	20.80	22.40	34.40	60.00	86.40	102.0	642.4
Bağl Nem,RH,(%)	78	77	76	74	75	71	68	69	72	75	77	78	74
Güneşlenme,n,(saat/dak)	2.47	3.30	4.34	6.26	8.39	10.36	11.30	10.44	8.22	5.58	4.00	2.48	6.40

2.3.2 Potansiyel ve gerçek buharlaşma

İnceleme alanının su bilançosu hazırlanırken, bölgesel potansiyel ve gerçek buharlaşma değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu amaçla, sağlanan veriler Penman yöntemine göre değerlendirilmiştir. Enerji dengesi ve kütle transferi eşitliklerine dayanan bu yöntem, hidrolojik araştırmalarda en doğru sonucu veren yöntemdir. Temel bağıntıda yer alan ve yöntemin uygulanmasında kullanılan veriler ile bunların hangi kaynaklardan sağlandığı aşağıda kısaca özetlenmiştir.

$$E = \frac{A \left[R_A(1-r)(0.18 + 0.55 n/N) - B(0.56 - 0.092 \sqrt{e_d})(0.10 + 0.090 n/N) \right] + 0.27 \cdot 0.35(e_a - e_d)(1 + 0.0098 U_2)}{A + 0.27}$$

E : Günlük potansiyel buharlaşma, mmsu/gün

t : Ortalama günlük sıcaklık, °C, Florya Meteoroloji İstasyonu.

A : Bir katsayı...CHOW, 1964'den.

R_A : Atmosferüstü güneş enerjisi, mm.su/gün, CHOW, 1964'den

r : Albedo değeri, "Killi kuru toprak" sınıfı için $r = 0.27$

n : Ortalama güneşleme süresi, saat, Kuzey yarımküre 41° enlemi.

B : Boltzman katsayısı, mm.su/gün, CHOW, 1964'den

e_a : Havzanın su buharı basıncı, mm.Hg, CHOW, 1964'den.

e_d : Günlük ortalama sıcaklıktaki havanın doymuş su buharı basıncı, mm.Hg

R_H : Bağıl nem %, Florya Meteoroloji İstasyonu.

U : Rüzgar hızı, m/sn, Florya Meteoroloji İstasyonu.

N : Astronomik güneşleme süresi, saat, Kuzey yarımküre 41° enlemi

Penman yöntemi uygulanırken uzun süreli kayıtları bulunan Florya Meteoroloji gözlemevi verileri kullanılmıştır.

Penman yöntemine göre verilerin değerlendirilmesiyle inceleme alanı ve dolayının aylık ve yıllık potansiyel buharlaşma değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2.2). Çizelgeden görüleceği gibi potansiyel buharlaşmanın en düşük olduğu aylar ; Kasım Aralık, Ocak ve Şubat, en yüksek olduğu aylar ise Haziran, Temmuz ve Ağustosdur. Toplam yıllık potansiyel buharlaşma miktarı 729,3 mm.su /yıl olarak bulunmuştur.

2.3.3 Meteorolojik su bilançosu

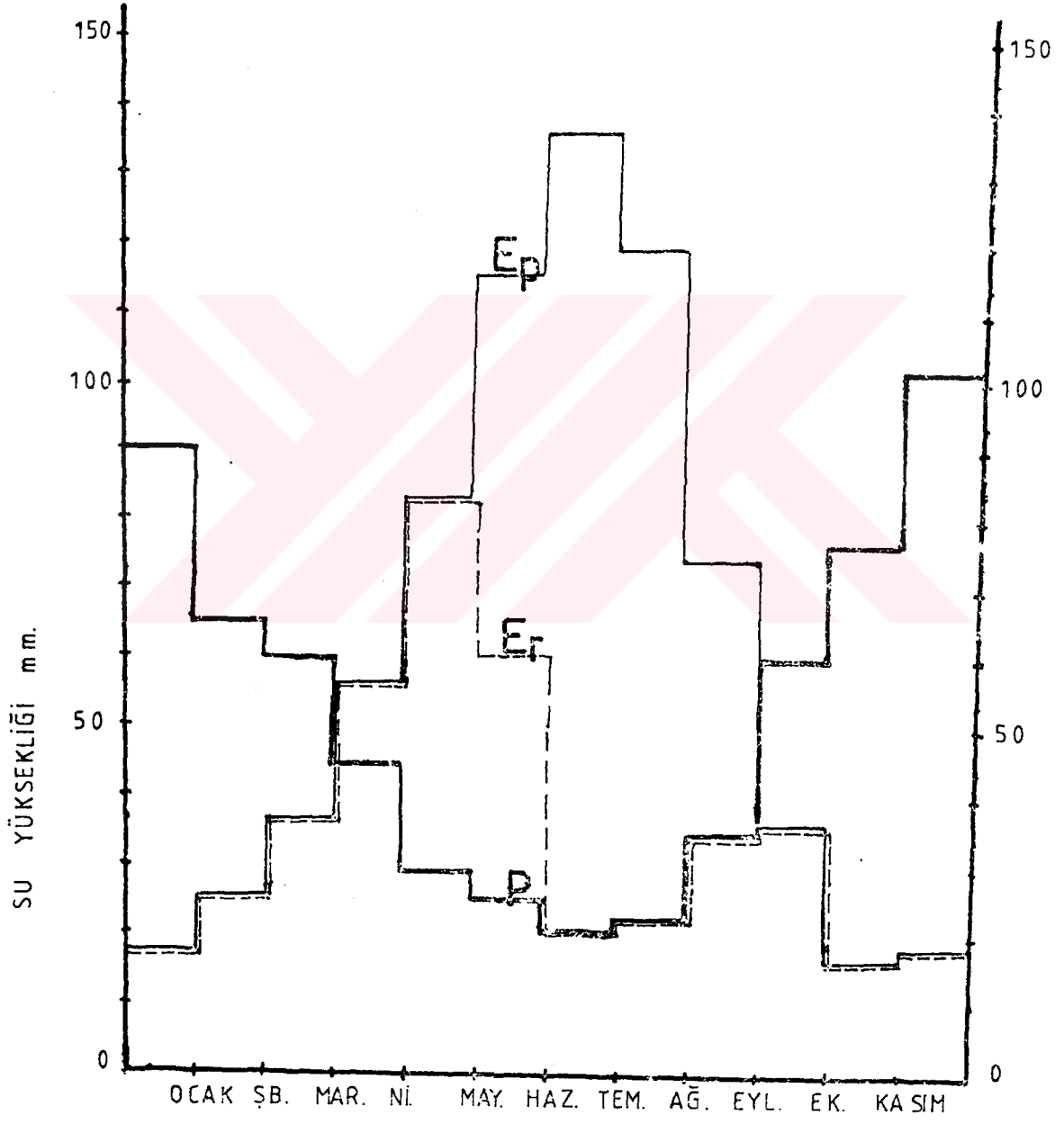
Potansiyel buharlaşmanın hesaplanmasından sonra yine Penman yöntemi uygulanarak gerçek buharlaşma değerleri saptanmış ve su bilançosu çıkartılmıştır (Çizelge 2.3).

Su bilançosunda, toplam yıllık yağışın 642,4 mm, gerçek buharlaşmanın 428,5 mm. ve akışın 213,9 mm. olduğu görülmektedir. Buna göre inceleme alanında toplam yıllık yağışın 428,5 mm.'si yani %67'si buharlaşma-terleme yolu ile atmosfere geri dönmekte, geriye kalan 213,9 mm ise yeraltı ve yerüstü suyu olarak akışa geçmektedir. Bu miktar tüm yağışın %33' üdür. Yağışın gerçek buharlaşmadan fazla olduğu Ocak, Şubat, Mart ve Aralık aylarında su fazlası görülmekte, Ekim ve Kasım aylarında rezerv beslenmekte ve ancak bu aylardan sonra zemin Aralık , Ocak, Şubat, ve Mart aylarında suya tamamen doymuş duruma gelmektedir. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında (kurak dönem) su eksikliği görülür. Ancak Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında su fazlalığı ve eksikliği görülmez. Bu aylarda yağışın az olmasına bağlı olarak, rezerv daha az beslenmekte ve rezervdeki su, toprak nemi olarak kalmaktadır. Yağışın buharlaşmayan % 8'i yeraltına geçmektedir. Yağış, potansiyel buharlaşma ve gerçek buharlaşma yüksekliklerinin aylara göre değişimi, daha kolay bir değerlendirme olanağı yaratmak amacıyla ayrıca grafike edilmiştir (Şekil 2.2).

[illegible]

Çizelge 2.3 Penman Yöntemi ile Hazırlanmış Meteorolojik Su Bilançosu

VERİLER	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık(t, C)	5.30	5.50	6.90	11.10	15.90	20.60	23.20	23.30	19.70	19.40	11.55	8.00	13.80
Potansiyel Buharlaşma (Ep ,mm)	18.56	25.14	37.41	56.05	82.19	113.81	136.35	117.80	72.30	35.51	16.48	17.65	729.28
Yağış (P,mm)	90.60	65.40	60.30	44.80	29.50	25.80	20.80	22.40	34.40	60.00	86.40	102.0	642.6
P - Ep(mm)	72.00	40.30	22.90	-11.3	-52.7	-88.00	-115.60	-95.40	-37.90	24.40	69.90	84.30	-86.90
Rezerv Su (mm)	100.00	100.00	100.00	88.70	36.10	0.00	0.00	0.00	0.00	24.40	94.40	100.00	-
Gerçek Buharlaşma (Er,mm)	18.60	25.10	37.40	56.10	82.20	61.90	20.80	22.40	34.40	35.60	16.50	17.70	428.50
Eksik Su (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.00	115.60	95.40	37.90	0.00	0.00	0.00	300.80
Fazla Su (mm)	72.00	40.30	22.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.70	213.90
Akış (mm)	55.7	48.00	35.40	17.70	8.90	4.40	2.20	1.10	0.60	0.30	0.10	39.40	213.90



Şekil 2.2 Bölgesel Yıllık Su Bilançosu Diyagramı

BÖLÜM 3. JEOLojİ

İnceleme alanında esas olarak İstanbul ve çevresinde Gürpınar Formasyonu olarak anılan birim yüzeyleir. Bu birim Trakya havzasında petrol jeologlarınca Osmancık Formasyonu diye bilinen birimle özdeşir. Arazi çalışmalarında litostratigrafi ve kronostratigrafi birimleri kullanılarak havzanın 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri hazırlanmıştır.

3.1 Stratigrafi ve Litoloji

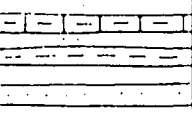
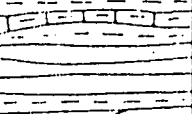
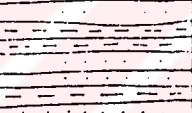
İnceleme alanındaki birimler Senozoik zamanına aittir. Alt ve Üst Oligosen ile Kuvaterner, saptanan çağlardır.

İnceleme alanını hemen hemen tümüyle kaplayan Oligosen tortullarının kendi içinde ayrıntılı incelenmesi mümkün olmuştur. Bu birim esas olarak iyi tabakalanmış kumlu marnlar ve kumtaşı, kiltası ve silttaşı tabakaları ile bunların ardalanmasından oluşur. Kıyısız ve sığ denizel fasiyeste gelişen akarsu ve lagün ortamlara ait bu karakteristik kayaç birimleri ortam koşullarına uygun olarak birbirleriyle karmaşık ilişkiler içinde bulunur.

Oligosen, T.P.A.O. jeologları tarafından 1985'de hazırlanan 1/100 000 ölçekli haritada Alt ve Üst Oligosen olarak ayrılmıştır. Üzerindeki toprak örtüsünün çok kalın olması yüzünden Oligosen içi sınırın yeri kesin olarak saptanamamıştır. Belirlenen olası sınır boyunca yapılan ayrıntılı gözlemlerle sağlanan veriler sonunda bu bölümde, inceleme alanında bulunan tortul kayaçların, yaşlıdan gence doğru sırayla litolojik özellikleri tanıtılacaktır (Şekil 3.1).

3.1.1 Kumtaşı, silttaşı, kiltası (Alt Oligosen, Ol₁)

Bu birim ayrıntılı olarak Derinyol sırtlarında, Silivri'nin B'sında Anadolu Bankası Kampı çevresinde, Muratçeşme civarındaki yolda, Silivri girişindeki yeni açılmış yol yarmalarında, Parkköy-Silivri arasındaki sahilde ve daha içerilerde Kavaklıçeşme mevkiinde ve yer yer de Silivri merasında incelenmiştir(Ek C.1). Birime ait kayaçlar deniz kenarında sığ su altında kayalık bir taban oluşturur. Birim iyi boylanmış kumtaşı,silttaşı ve kiltasından oluşur. Yer yer çok zayıf çimentolu ve gevşek dokuludur. Sarımsı renkli, yakından bakıldığında içindeki koyu taneler nedeniyle benekli görünümlüdür. Kalın ve düzensiz tabakalı, yer yer ince çapraz laminealır.

ZAMAN	DEVİR	DEVRE	ÇAĞ	SİMGE		LİTOLOJİ
SENEZOİK	KUVAT				Q	Az cakıllı kum , silt , kil
	TERSIYER	PALEOJEN	OLİGOSEN		Ol ₂	Kumtaşı ve kıltaşı İyİ boylanmış , sert ve koyu renkli Kıltaşı - Marn ve Silttaşı - Marn ardalanmalı
						Ol ₁
			RUPELİYEN		Ru	Kumtaşı ve kıltaşı Orta taneli , açık renkli Kumtaşı - Kıltaşı ardalanmalı
						İri taneli , sarımsı boz kumtaşları Çapraz tabakalı
						Kıltaşı - Silttaşı ardalanması Kumtaşları ile geçişli

Şekil 2.3 İnceleme Alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik Dikme Kesiti

Küresel ayrışma yüzeyleri karakteristiktir. Yaklaşık 15 m kalınlığındaki bu zon üzerine daha ince tabakalı bir kumtaşı - silttaşı ardalanması gelir. 20 m' lik bu ardalanmanın üzerinde, doğudan batıya doğru en çok 20-30 m kalınlığa ulaşan bir kil yeralır. Kilin rengi taze yüzeylerde mavimsi gri, ayrışmış yüzeylerde ise sarıdır. Kalınlığı Batıya doğru azalmaktadır. Bitkisel kökenli organik artıklar içerir. Birimin en üstündeki 50-60 m kalınlıktaki kumtaşı istifinin rengi daha koyu sarıdır ve yer yer killi siltli ara seviyeler içerir.

Alt Oligosen yaşlı birimlerde, ayrıca yerel ince kömür bantlarına rastlanmıştır. Bantların kalınlığı birkaç mm ile 8-10 cm arasındadır.

3.1.2 Kumtaşı, silttaşı, marn (Üst Oligosen, Ol₂)

Bu birim inceleme alanında yok denecek kadar az mostra vermekle birlikte Kumtepe ve Tavşan sırtlarında gözlenir (Ek C.1).

Genel olarak kumtaşı - silttaşı - marn ardalanması şeklindedir. Alt Oligosen'e göre daha koyu renkli, sert ve daha iyi boylanmış. Rengi kırmızımsı kahverengiden açık kahverengine değişen tonlardadır. En altta büyük ölçekte çapraz tabakalı ve oldukça iri taneli bir kumtaşı istifile başlayıp 30 m kadar devam eder. Daha sonra tamamen kumtaşı-silttaşı-kiltaşı ardalanmasına dönüşür.

Kuzeye inceleme alanının dışına doğru hafif engebelerle uzanan bu birim Alt Oligosen sınırına yakın yerlerde ve yamaçlarda gözlenmiştir.

Alt-Üst Oligosen sınırı, yukarıda sözedilen nedenlerden dolayı kesin olarak çizilememiş ise de mostralar arasında yapılan korelasyon ve topoğrafik eğimlerdeki değişimlerin bıraktığı izlenim sonucu jeoloji haritasında bir olası sınır ile belirlenmiştir (Ek C.1).

Oligosen yaşlı birimlerin tabaka doğrultusu, Kavaklı dolayında K10B iken Ortaköy civarında K10D ve Silivri yakınlarında K20B' dir. Eğim yönleri değişiklik göstermekle birlikte eğim açıları 5 - 7° dolayındadır.

3.1.3 Alüvyon (Kuvaterner, Q)

İnceleme alanındaki kuvaterner çökeller dere yataklarında alüvyonel birikimler şeklindedir. Genellikle kil, kum ve siltten oluşmuştur. Az miktarda çakıl içermektedir. 2 m ile 10 m arası kalınlığındadır.

3.2 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanında Alp orojenezinin izleri görülür. Alp orojenezinin etkisiyle oluşmuş açık antiklinalli ve senklinalli kıvrımlar izlenir. Faylanma yoktur. Ancak bazı kırıklar gözlenmiştir. İnceleme alanı dışındaki Miosen tortullarında, Oligosen sonunda maksimuma ulaşan tektonik deformasyonlar sonunda gelişmiş faylara rastlanır.

Tüm Oligosen birimleri yalın bir yapı sergiler. Selimpaşa - Azmakdüzü bölgesinden Silivri'ye uzanan bölgede değişiklik gösteren tabaka doğrultularına rağmen kuzeye 10-15° olan eğimler, daha kuzeyde Ayvalı ile kuzeydoğuda Kömürlük Mevkii, Köprübaşı ve Kavaklı'da 5-10° ile güneye yönelmiştir. Bu yapısal durum yayvan bir senklinal şekillendirir. Senklinal eksenini yaklaşık doğu-batı doğrultusunda uzanmakta, Muratsuyu - Silivri arasından yükselmekte ve doğudan batıya doğru dalmaktadır. Senklinalin kuzey kanadı, güney kanadından daha düşük eğim açılarıdır.

Kıyı kuşağında gelişen bir ortamda çökeldiği bilinen bu istifin alt zonlarındaki kumtaşı birimi büyük olasılıkla lagün ağzında oluşmuştur. Üst zonlardaki birimler ise bir akarsu birikintisi niteliği taşımaktadır.

Tabakaların iç yapıları, senklinalin güney kanadındaki birimlerin güneyden taşınıp gelen gereçlerle geliştiğini gösterir. Akarsu tortullarının ise doğudan batıya akışlı bir akarsu tarafından çökeltildiği anlaşılmaktadır. Kuzeydeki beslenmenin Çatalca masifi yönünden olması olasıdır. Bu nedenle özellikle Alt Oligosen kumtaşlarının kısa aralıklarla kalınlık değişimi göstermeleri şaşırtıcı değildir. Bunun yanında lagün - kıyı geçişlerinin yer aldığı kesimlerde yanal değişimlerin izlenmesi çok doğaldır.

İnceleme alanının daha Kuzeyinden alınan sınırlı sayıdaki tabaka ölçüleri, burada da eksenini doğu batı yönünde uzanan bir antiklinalin varlığını belirler. Zaten kıvrımlanma sürecine göre yapının bu yönde gelişerek yukarıda tanımlanan senklinalin tamamlayıcısı bir kıvrım oluşturması olağandır. Antiklinalin kuzey kanadı güneye göre daha yüksek eğim açılarıdır. Doğru ve batıya dalımlı olan antiklinal eksenini Haydut çayırı mevkiinde yükselir. Arazinin bu kesiminin ekili alanlarla kaplı olması ve kalın bir toprak örtüsünün bulunması nedeniyle hemen hemen hiç bir mostraya rastlanmaması, senklinalin kapanım yaptığı yerleri saptamayı olanaksız kılmıştır.

3.3 Jeolojik Evrim

Bölgenin jeoloji tarihi, Yıldızdağlarında gözlenen Permian yaşlı granitik gnays ve milonitik gnayslarla temsil edilen Paleozoik çökelleriyle başlar. Çökelen malzemenin ince taneli oluşu denizel ortamı gösterir. Paleozoik şistler Hersiniyen orojenez fazlarıyla metamorfizma sonucu yapısal bir yükselim geçirmiş ve karaları oluşturmuştur. Bunların metamorfizma yaşının Permian olduğu düşünülmektedir.

Masifi oluşturan granitik gnays ve bölgenin doğusunda yeralan kataklazma özelliklerinin belirgenleştiği milonitik gnays birimleri, oluşumlarını takip eden bir erozyon safhası geçirmişlerdir. Gnayslar üzerine transgressif bir deniz kolu gelmiş, Triyas boyunca devam eden deniz etkisi ile şistler, metakuarsitler, metakumtaşları ve mermerlerin ilksel kayaçları çökelmiştir. Bu kayaçlar Alp döneminde de metamorfizma geçirmişlerdir. Triyas'dan sonra bir deniz çekilmesi olmuş ve bu dönemde bölgenin kara durumunda olması nedeniyle kuzeyde görülen Jura yaşlı birimlere burada rastlanmamıştır.

Kretase'deki bir intrusiv, birimleri bazı yerlerde kesmiştir. Bölge Eosen ortalarına kadar kara halinde kalmış ve erozyon devam etmiştir. Eosen denizi genellikle sıcak, sığ ve resif yapıcı organizmaların gelişmesine elverişli bir ortam hazırlamıştır. Resif ilerisi ve gerisinde ise yer yer kumlu killi kireçtaşları çökelmişlerdir. Transgresyon sırasında ya denizin nisbi çekilmesi yada karadan gelen malzemenin egemen olması nedeniyle marnlar ve kumtaşları çökelmiştir.

Eosen sonlarında başlayan deniz çekilmesi resif yapıcı organizmaların ortam şartlarını değiştirmesi hareketli bir kıyı çizgisi oluşturmuştur. Bu nedenle, sığ çalkantılı bir ortamda yuvarlak çakıtaşı ve oolitli kireçtaşları çökelmiştir. Deniz çekilmesi ve değişen kıyı çizgisi nedeniyle yer yer lagünler hatta göller oluşarak linyit oluşumuna olanak verebilen ortamlar şekillenmiştir.

Oligosen'in havzanın denize açılan kısmında olması nedeniyle, delta tipi çökeller ile başlayan birimler, menderes yapan nehirlerin bıraktığı kumlar ve terkedilmiş ırmak yataklarında çökelen killi ile Miyosen sonlarına kadar devam etmiştir.

Üst Miyosen'de kökeni henüz kesin olarak saptanamayan ancak durgun sularda çökeldiği bilinen tüfitler yer almaktadır.

Pliyosen-Pleyistosen'de karasal şartlar egemen olmuş, yüksek oksidasyon nedeniyle kırmızı renk hakim görünüm kazanmıştır. Ancak bugünkü denizlere bağlı olarak, Marmara denizi kıyılarında bazı küçük mostralarda denizel Pliyosen-Pleyistosen birimleri gözlenebilmektedir. Volkan bacaları ve yayılımları şeklinde gözlenen bazaltlar Miyosen- Pliyosen çökellerini kesmiştir. Pliyosen-Pleyistosen birimlerine yüksek yerlerde rastlanması, bu bölgenin Pliyosen sonrasında bir yükselim geçirdiğini belirtmektedir.

BÖLÜM 4. HİDROJEOLOJİ

Bu bölümde; inceleme alanının yeraltısuyu jeolojisi yönünden ayrıntılı araştırması yapılmıştır. Çalışmalara öncelikle inceleme alanını oluşturan yüzey drenaj alanı içindeki su noktalarına ait özelliklerin tanıtılması ile başlanmış, daha sonra litolojik birimler jeohidrolojik özelliklerine göre ayrıtlanmış ve hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır.

4.1 Su Noktaları

Tüm su noktaları Ek C.2’de verilen 1/ 25 000 ölçekli hidrojeoloji haritası üzerinde gösterilmiştir.

4.1.1 Akarsular

Aşağı dere, Ortaköy beldesinin kuzeybatısındaki kuru derelerin birleşmesiyle meydana gelir. Selimpaşa beldesinin batısından Marmara denizine boşalır. Mevsimlik akışın olduğu yağışlı aylar dışında kuru dere özelliğindedir. Kömürlük ve Kavaklar dereleri Kavaklı köyü kuzeyinden başlar. Güneyde birleşerek ince bir Kuvaterner alüvyon yatak içinde akar. Selimpaşa beldesinden Marmara denizine ulaşır. Yılın büyük bir kısmında kuru dere niteliğindedir. Yörede daimi akarsuyu bulunan dere yoktur. Sözü edilen akarsuların irili ufaklı deltaları yazın bataklık haline dönüşmektedir.

4.1.2 Kaynaklar.

Çalışma alanında bulunan az debili kaynaklar yaz aylarında yeraltısuyu düzeyi alçalımına bağlı olarak kurur. Bunlar arazinin kuzeyinde topoğrafya yüzeyinin dikleşmeye başladığı sırtlar dolayında birleşerek çalışma alanındaki dereleri oluştururlar. Mevcut az debili kaynaklar günümüzde kurumuş durumdadır. Bazı kaynaklar drene edilerek yöre halkının kullandığı çoban çeşmeleri haline getirilmiştir. Örnek olarak çalışma alanının doğusundaki Ateşaga çeşmesi ve Kavaklı çeşmesi sayılabilir.

4.1.3 Sığ kuyular

İnceleme alanında, Kavaklı köyü içinde ve derinliği 4,5 m ve 6 m olan 2 adet keson kuyu bulunmaktadır. Genelde yazın kuruyan bu kuyularda kumlu çakıllı seviyelerden su alınmaktadır.

4.1.4 Sondaj kuyuları

İnceleme alanında, Köy Hizmetleri tarafından 2'si kuru çıkan 7 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Özel sondaj firmalarının şahıslar için açtığı çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. 130 civarındaki özel kuyunun verisi bulunamamıştır. Sadece D.S.İ'den belge alan kuyulara ait bilgiler alınmıştır (Şekil 4.1, 4.2, 4.3).

Köy Hizmetleri tarafından açılan Ortaköy sondaj kuyusu 110m derinliğindedir. 3,5 lt/sn debili bu kuyunun statik su seviyesi 33,15 m, dinamik su seviyesi 65.5 m' dir. Kavaklı köyü için aynı bölgede 1977 yılında 126 m derinliğinde, statik su seviyesi 21,15 m ve dinamik su seviyesi 40 m olan 19lt/sn verimli, 1980 yılında 140 m derinliğinde, statik su seviye 21,40 m ve dinamik su seviyesi 38 m olan 18 lt/sn verimli, 1983 yılında 124 m derinliğinde statik su seviyesi 5,40 m ve dinamik su seviyesi 32,60 m olan 13 lt/sn verimli, 1984 yılında 122 m derinliğinde statik su seviyesi 23,15 m ve dinamik su seviyesi 66,3 m olan 7 lt/sn verimli, 1989 yılında 48 m derinliğinde, statik su seviyesi 0.00 m ve dinamik su seviyesi 23,15 metre olan 8 lt/sn verimli 5 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Ovayenice köyü için Ortaköy kuyusuna 400 m uzaklıkta açılan kuyu 62 m derinliğindedir. Statik su seviyesi 5 m ve dinamik su seviyesi 21,25 m olup 5 lt/sn su alınmıştır. Kavaklı köyünün üstünde sürgün tepe eteklerinde açılan 180 m ve 92 m derinliğindeki kuyulardan su alınamamıştır.

Sahıslara ait olup bilgi alınabilen 4 kuyunun derinlikleri 100 m, 70 m, 32 m, 30 m olup verimleri 3lt/sn civarındadır. 4 kuyunun Ağustos 1994 ile Kasım 1996 tarihleri arasında D.S.İ. tarafından aylık seviye ölçümleri yapılmış ve kotlandırılmıştır. Bu kuyulara ait bilgiler Çizelge 4.1' de verilmiştir.

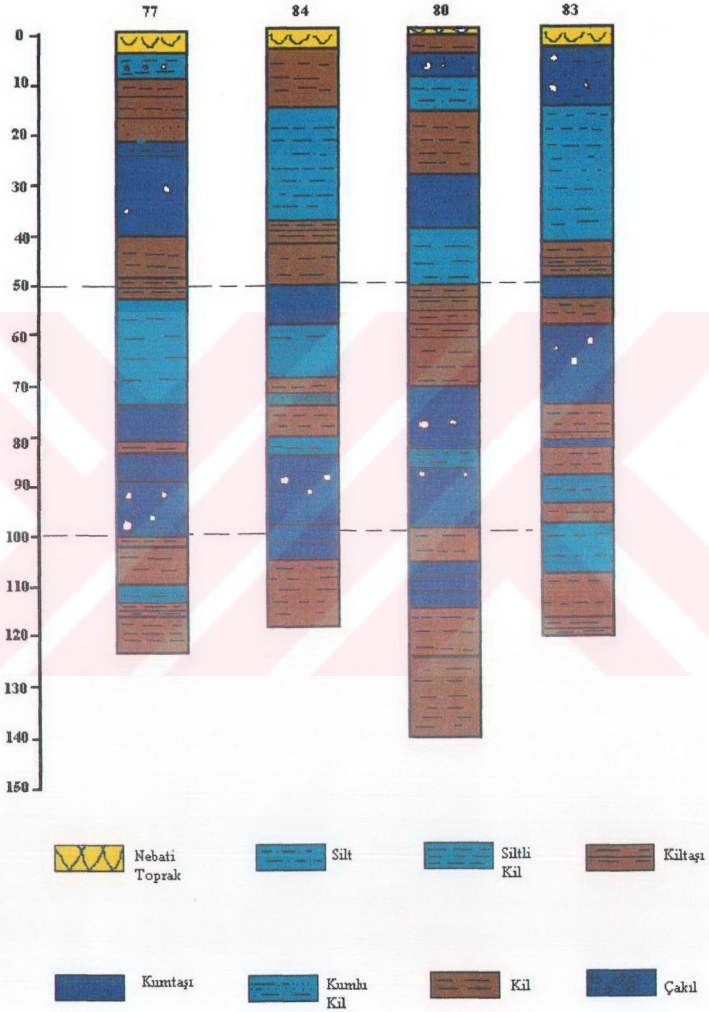
4.2 Jeohidrolojik Ortamlar.

Su ihtiyacının yeraltısuyundan karşılanması durumunda ortaya çıkan sorunlara çözüm aramak ve yeraltısuyu potansiyelini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, gerek daha önceki çalışmalardan toplanan veriler ve gerekse yerinde yapılan arazi gözlemlerine dayanarak elde edilen veriler denştirilmiş, bölgenin jeohidrolojik özellikleri ortaya konmuştur.

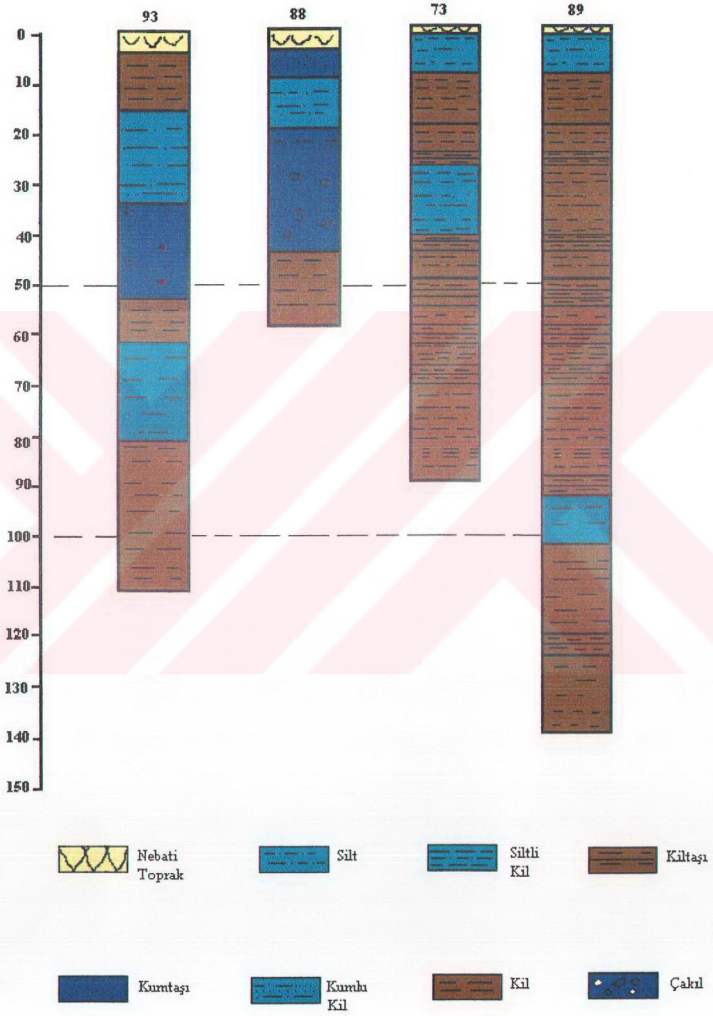
İnceleme alanını kaplayan gürpınar formasyonu ve alüvyonu oluşturan birimler geçirimsizlikleri göz önünde tutularak jeohidrolojik açıdan 3 gruba ayrılmışlardır. Bunlar; geçirimsiz ortam (Gz), yarıgeçirimli ortam (gç) ve geçirimli ortamlardır (Gç).

Çizelge 4.1 .Sondaj Kuyularına ait bilgiler.

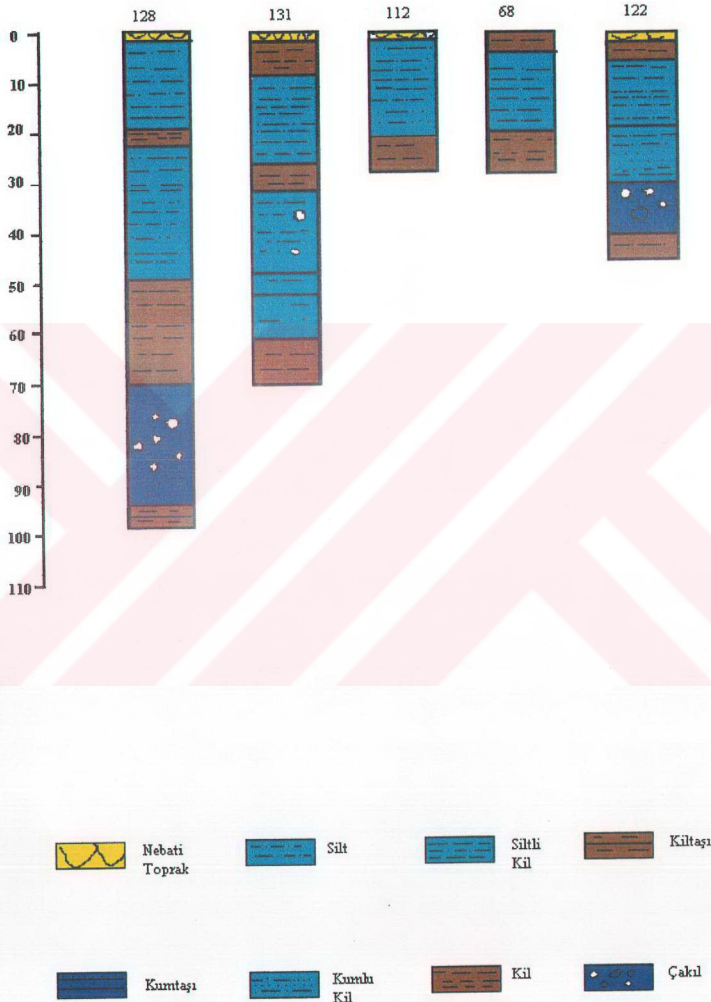
Sıra No	Kuyu No	Kuyunun Açıldığı Yıl	Kuyu Yeri	Kuyu Derinliği (m)	Açılma Amacı	Statik Su Seviyesi (m)	Kuyu Kotu (m)	Dinamik Su Seviyesi (m)	Verim (lt/sn)
1	128	1995	Kavaklı	100	Sulama	1.	40	45	4
2	131	1995	Kavaklı	70	Sulama	8	60.3	16	3
3	112	1994	Kavaklı	30	Sulama	4.1	61	16.5	2.3
4	68	1990	Kavaklı	32	Sulama	12.1	59.5	3.5	0.4
5	77	1977	Kavaklı	126	İçmesuyu	21.15	50	36.95	18
6	80	1980	Kavaklı	140	İçmesuyu	21.4	52	38.01	18
7	83	1983	Kavaklı	124	İçmesuyu	5.4	27	32.6	13
8	84	1984	Kavaklı	122	İçmesuyu	26.1	45	66.3	7
9	88	1988	Ovayenice	62	İçmesuyu	4.6	152	21.25	5
10	122	1989	Kavaklı	48	İçmesuyu	0.0	45.5	23.15	8
11	93	1993	Ortaköy	112	İçmesuyu	33.15	170	65.5	3.5



Şekil 4.1 Köy Hizmetleri'nce Açılan Kuyuların Litoloji Logları



Şekil 4.2 Köy Hizmetleri'nce Açılan Kuyuların Litoloji Logları



Şekil 4.3 D.S.İ'ce Ölçümü Yapılan Kuyuların Litoloji Logları

4.2.1 Geçirimsiz ortam (Gz)

Gürpınar formasyonunun kil, kıltaşı, killi silt, marn birimlerinin hakim olduğu bölgeler geçirimsiz ortamı (Gz) oluşturur. Çalışma alanı içinde açılan kuyulara göre, Kavaklı köyünün kuzeyinde kumtaşı kesilmeyen bölge geçirimsiz ortam niteliğindedir.

4.2.2 Yarıgeçirimli ortam (gç)

İnceleme alanının büyük bir bölümünü kaplayan silt, siltli kum ve killi silt'ten oluşan birimler yarıgeçirimli (gç) taneli ortamı oluşturur. Aşağı derenin doğusunda ve kavaklı derenin batısında kalan bölgeler yarıgeçirimli taneli ortam özelliğindedir.

4.2.3 Geçirimli ortam (Gç)

İnceleme alanı içinde açılmış olan sondaj kuyularına göre, mevcut kuyuların yoğunlaştığı Kavaklar dere ile Aşağı dere arasındaki bölgede siltli kum, kumtaşı ve çakıllı seviyeler hakim olup bunlar geçirimli (Gç) taneli ortamı oluşturur. Ayrıca dere yataklarında bulunan Kuvaterner yaşlı alüvyon da geçirimli taneli ortam niteliğindedir. Alüvyon; kum, kil, silt ve çok az çakıl içerir. Ancak alüvyon derinliğinin az olması ve kil araseviyeleri nedeniyle akifer olarak önemli değildir.

4.3 Hidrojeolojik Ortamlar

Bu bölümde jeohidrolojik birimlerin birbirlerine göre konumlarının ortaya çıkardığı hidrojeolojik ortamlar, türleri ve yayılımları ile bunların jeohidrolik parametre değerleri incelenecektir.

Gürpınar formasyonu Mezardere formasyonu üstüne dereceli geçişli olarak gelir. Üst dokanağı Danişment formasyonu ile geçişli olup, Danişment'in aşındığı yerlerde Ergene grubu tarafından diskordan olarak örtülür. İnceleme alanında görünür kalınlığı 200 m. civarında olup, kalınlık havza içine doğru giderek artmaktadır.

4.3.1 Sutaşlılar (akiferler)

İnceleme alanında yeralan formasyonların su tutma özelliklerine değinmeden önce, bir bütün halinde, Oligosen yaşlı kayalarda yapılan çalışmalardan ve çıkılan sonuçlardan söz etmek yararlı olacaktır.

Oligosen yaşı tüm serilerde, tane boyutları küçükten büyüğe değişen ve esas litoloji birimini oluşturan killere aratabakalı olarak bulunan siltli-kumlu ayrık tortul kayalar içinde, hemen her yerde yeraltısuyuna rastlanır. Bu birimler topografya yüzeyine yakın kotlarda serbest, derinlerde ise basınçlı akifer oluşturacak niteliktedir.

Yeraltısuyu taşıyan birimler siltli kum, kumtaşı ve çakıllı seviyelerdir. Yanal ve düşey yönde kil oranı artmaktadır. Kumlu ve çakıllı seviyeler yeraltısuyu açısından önemlidir.

Alüvyon akifer olarak önemli değildir. Kalınlık en fazla 10m olup, siltli killi kumlu ince eleman niteliğindedir.

İnceleme alanında yeralan geçirimli taneli ortamlar (Gç) yer yer basınçlı sutaşır (basınçlı akifer), fakat genelde serbest sutaşır (serbest akifer) niteliğindedir.

4.3.2 Yarısutaşır (Akitardlar)

İnceleme alanında yeralan yarıgeçirimli ve geçirimsiz ortamlar yarısutaşır (akitard) niteliğindedir.

4.4 Hidrojeolojik ortamların jeohidrolik özellikleri

İnceleme alanını kaplayan formasyon (Gürpınar formasyonu) genel bir bakışla yarıgeçirimli taneli ortam görünümündedir. Gevşek çimentolu kum, kil ve siltten oluşan bu birim içinde açılan kuyuların debisi 0,3 lt/sn ile 18 lt/sn arasında değişmektedir. Transmissibilite değerleri 3-17 m³/gün/m arasında değişmektedir.

Yeraltısuyu, özellikle kumlu ve çakıllı düzeylerden alınmaktadır. Kumtaşları merceksellik gösterir. Bu durum yeraltısuyu tutma açısından olumlu, ancak beslenme alanının sınırlı olmasından ötürü olumsuz bir etkidir.

Akiferin jeohidrolik parametrelerinin, belirli debide su çekimi altında ve zamana bağlı olarak ölçülen yeraltı su düzeyi düşümlerinden hareketle ve zaman verilerinden belirlenmesi problemi matematikte ters problem (inverse problem) olarak isimlendirilen gruba ait klasik bir çalışmadır. Ters problem uygulamalarında özellikleri bilinmeyen bir sisteme kontrollü bir şekilde etkiye bulunularak sistemin bu etkiye olan tepkisi ölçülmektedir.

Kaydedilen tepki bilinmeyen sisteme ait parametrelerin etkilerini bir şekilde yansıttığından, bu tepkiden sisteme ait parametre değerlerinin belirlenmesi ters problem uygulamalarının temel fikrini oluşturur. Parametrelerin sayısal değerleri, gerçek sistemi temsil ettiğine inanılarak oluşturulan (gerçek sistemin davranışını kontrol eden parametreleri içeren) bir matematik modelden elde edilen tepki ile gerçek sistemden elde edilen tepkinin karşılaştırılması ile elde edilir.

Akifer testlerinde jeohidrolik parametre değerlerinin saptanmasında kullanılan matematiksel modeller genelde analitiktir. Bu yüzden de, çok sayıda basitleştirici varsayımlar (sonsuz akifer yayılımı, homojen-izotropik ortam v.b.) içerirler.

Akiferlerin verimli bir şekilde işletilebilmesi için jeohidrolik özelliklerinin bilinmesi gerekir. En önemli iki jeohidrolik parametre iletkenlik ve depolama katsayısıdır. İletkenlik katsayısı o akiferden suyun kolaylıkla alınıp alınamayacağı hakkında fikir verir. Ancak akiferde ne kadar su bulunuyor sorusuna depolama katsayısının tayini sonunda cevap verilebilir(9). Bu iki parametre, akiferlerde açılan kuyu yada kuyu gruplarında pompa testleri yapılarak saptanabilir. Pompa testlerinde, ideal olarak kuyulardan birinde üretim yapılırken hem üretim kuyusunda hem de gözlem kuyularında yeraltı su seviyesindeki (statik su seviyesi) değişimler zamanın fonksiyonu olarak ölçülür. Gözlem yapılan kuyulardan elde edilen veriler kullanılarak iletkenlik ve depolama katsayısı hesaplanabilir. Gözlem kuyularından elde edilen veriler değerlendirilirken geleneksel olarak eğri karşılaştırma yada doğru çizgi yöntemleri kullanılır. Eğer gözlem kuyuları yoksa, üretim yapılan kuyuda ölçülen su seviyesi değişimleri kullanılarak iletkenlik saptanabilir, fakat depolama katsayısı saptanamaz.

Yeraltısuyu hidrolojisindeki eğri karşılaştırma yöntemleri, genelde gözlem kuyusunda kaydedilmiş su seviyesi değişimi-zaman verilerinin analizi için kullanılır. Bu yöntemle pompaj kuyusundaki verilerin nicel analizi genelde tercih edilmez. Çünkü pompaj kuyusundaki düşümler, kısmen kuyu içindeki kayıplardan kısmen de sondaj sırasında kuyu civarında oluşan hasardan etkilenir. Ayrıca pompalamadan dolayı pompaj kuyusundaki su seviyesi sürekli olarak salınım gösterdiğinden hassas ölçümlerin yapılması zordur.

İnceleme alanı içerisinde sağlıklı pompa testleri yapılan 6 üretim kuyusunun verileri kullanılarak mevcut akiferin iletkenlik katsayı değerleri hesaplanmıştır. Deneyler, değerlendirilmeleri ve elde edilen sonuçlar aşağıda numaralandırılarak verilmiştir.

1- 77 no'lu Silivri-Kavaklı kuyusu 126 m derinliğindedir. 0-66 m arası 17^{1/2}", 66 - 120 m arası 15" çapında delinmiştir. Kuyu 64 m boyunca 8" lik, 64 - 126 m arası 6" lik üretim borusu ile tamamlanmıştır. Kil, siltli kil, siltli kum, kumlu çakıl, kumtaşı ve kilaşı aralanmalı olarak kesilmiştir. Kuyu tam penetredir. Çakılama yapılmıştır. %50 köprü tipi filitre kullanılmıştır. Statik seviye 21,15 m olup 18 lt/sn debili 24 saat süren pompaj sonunda dinamik seviye 36,95 m olarak tesbit edilmiştir.

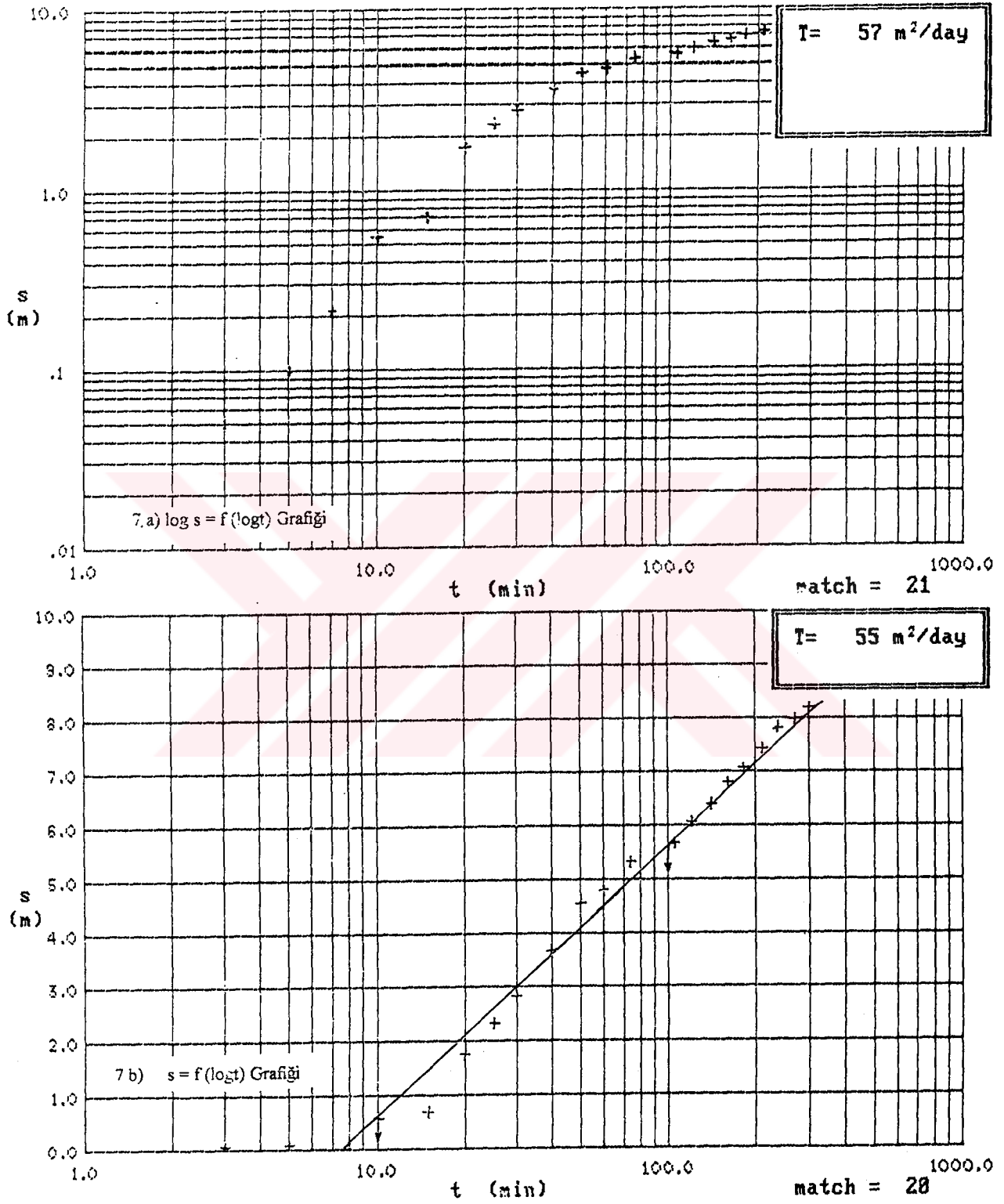
Kuyuda yapılan seviye düşüm testlerine ait çizimler Şekil 4.4'de verilmiştir. Düşüm testinden hareketle yarı logaritmik doğrunun eğimi 5.17 m/log devir, iletkenlik de 55 m²/gün olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu test için Theis eğri abağı kullanılarak 57 m²/gün iletkenlik değeri hesaplanmıştır.

Yapılan akifer eş kalınlık ve taban kotu haritaları (EkA1,2, B1,2) ile sözkonusu kuyunun en uygun yerde açıldığı anlaşılmıştır.

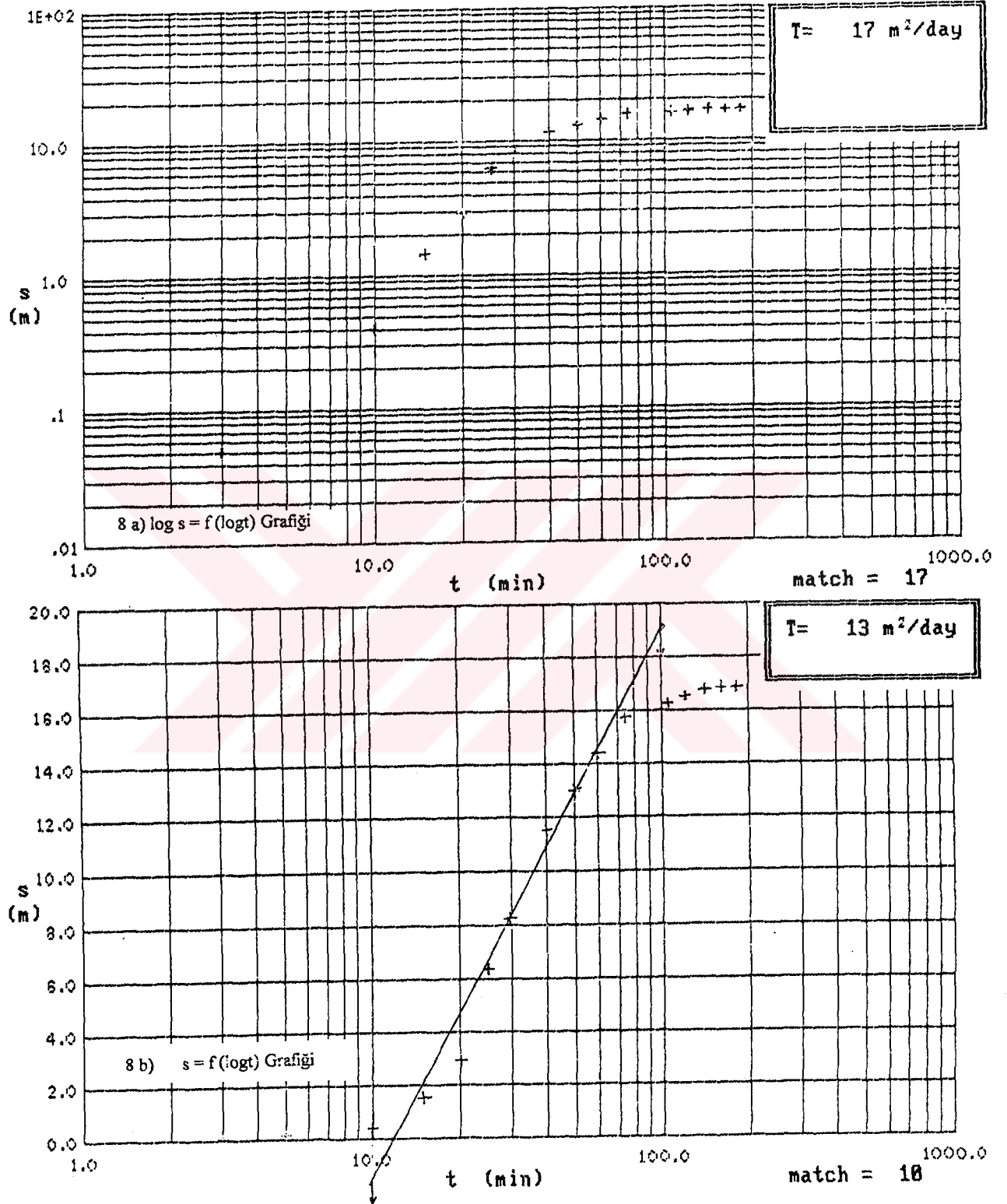
2 - 80 no'lu Silivri-Ortaköy kuyusu 140 m derinliğindedir. 0-42 metresi 17 ^{1/2}", 42-80 metreler arası 15", 80-140 metreler arası 12^{1/4}" çapındadır. 0-40 m seviyeleri 10", 40-80 metreler arası 8", 80-140 metreler arası ise 6" lik üretim borusu ile tamamlanmıştır. 0-120 metreler arası kil, killi silt, az çakıllı siltli kil, az çakıllı siltli kum ve kilaşı, 120-140 metreler arasında ise mavi kil geçilmiştir. Kuyu tam penetredir. Çakılama yapılmıştır. Statik seviye 21,40 m olup, 18 lt/sn debili 24 saat süren pompa testi sonunda dinamik seviye 38,05 m olarak belirlenmiştir.

Kuyuda yapılan seviye düşüm testlerine ait çizimler Şekil 4.5'de verilmiştir. Düşüm testinden hareketle yarı logaritmik doğrunun eğimi 21,8 m/log devir, iletkenlik 13 m²/gün olarak saptanmıştır. Ayrıca bu test için Theis eğri abağı kullanılmış ve iletkenlik katsayısı değeri 17 m²/gün olarak bulunmuştur (Şekil 4.5a).

3 - 83 no'lu Silivri - Kavaklı kuyusu 124 m derinliğindedir. 0-65 metreler arası 17 ^{1/2}", 65-80 m arası 15", 80-124 metreler ise 12^{1/4}" çapında delinmiştir. 0-60 m'lerde 10", 60-74 m'lerde 8" ve 74-124 m'ler arasında da 6" lik üretim borusu kullanılmıştır. Geçilen formasyon kil, kilaşı, siltli kil, kum çakıl, kumtaşı ve kumlu kildir. Kuyunun kısmi penetrasyonlu olması olasıdır. Kuyuda çakılama yapılmış olup 0-12 m arası tecrit edilmiştir. 5,40 m. olan su seviyesi 13 lt/sn debili 24 saat süren pompa testi sonunda 32,60 m'ye düşmüştür.



Şekil 4.4. Kavaklı 77 No'lu Sondaj Kuyusundan Elde Edilen Düşüm - Zaman Grafikleri



Şekil 4.5 Ortaköy 80 No'lu Sondaj Kuyusundan Elde Edilen Düşüm - Zaman Grafikleri

Kuyuda yapılan seviye düşüm testlerine ait çizimler Şekil 4.6'da verilmiştir. Düşüm testinden hareketle yarı logaritmik doğrunun eğimi 17 m/log devir, iletkenlik katsayısı değeri de 12 m²/gün olarak hesaplanmıştır. Theis eğri abağı kullanılarak $T = 13$ m²/gün bulunmuştur.

4 - 84 no'lu Silivri - Kavaklı kuyusu 122 m derinliğindedir. 0-94 m arası 17^{1/2}", 94-97 m arası 15", 97-122 m arası ise 12 ^{1/4}" lik matkapla açılmıştır. 0-74 m seviyesinde 10", 74-90 m arasında 8" ve 90-122 m. seviyelerinde 6" lik üretim borusu kullanılmıştır. Geçilen formasyon kil, killi silt, kumtaşı, kum, çakıl ve kıltaşı ardalanması şeklindedir. Kuyunun kısmi penetrasyonlu olması olasıdır.

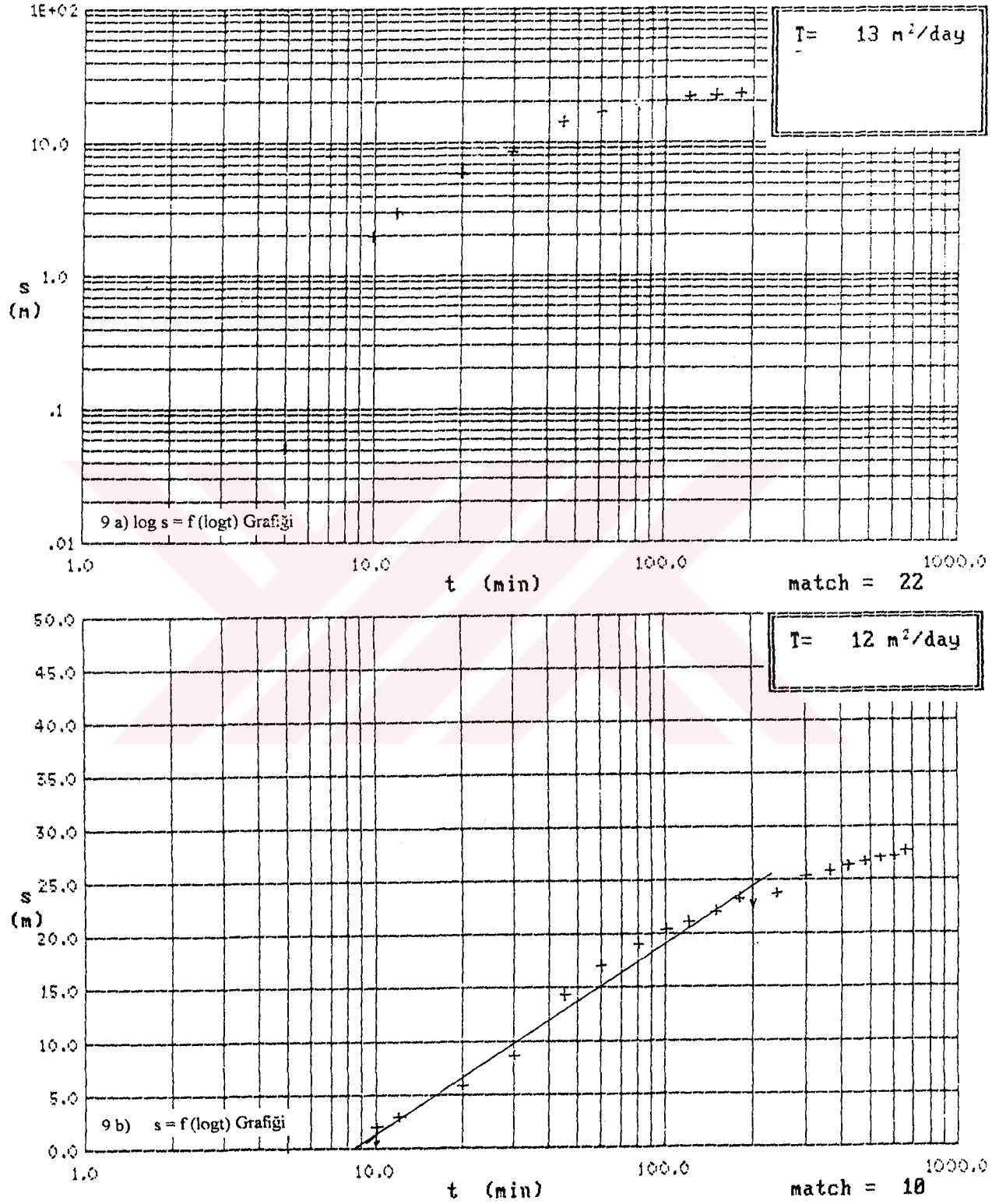
Kuyuda çakılama yapılmıştır. Statik su seviyesinin başlangıçta 26,10 m olan düzeyi kuyuda 7 lt/sn akış debisinde 24 saat süren pompaj sonunda 66.3 m'ye düşmüştür.

Kuyuda yapılan seviye düşüm testlerine ait çizimler Şekil 4.7'de verilmiştir. Düşüm testinden hareketle yarı logaritmik doğrunun eğimi 27.6 m/log devir, iletkenlik katsayısı 4 m²/gün olarak hesaplanmıştır. Theis eğri abağı kullanılarak $T = 3$ m²/gün olarak bulunmuştur.

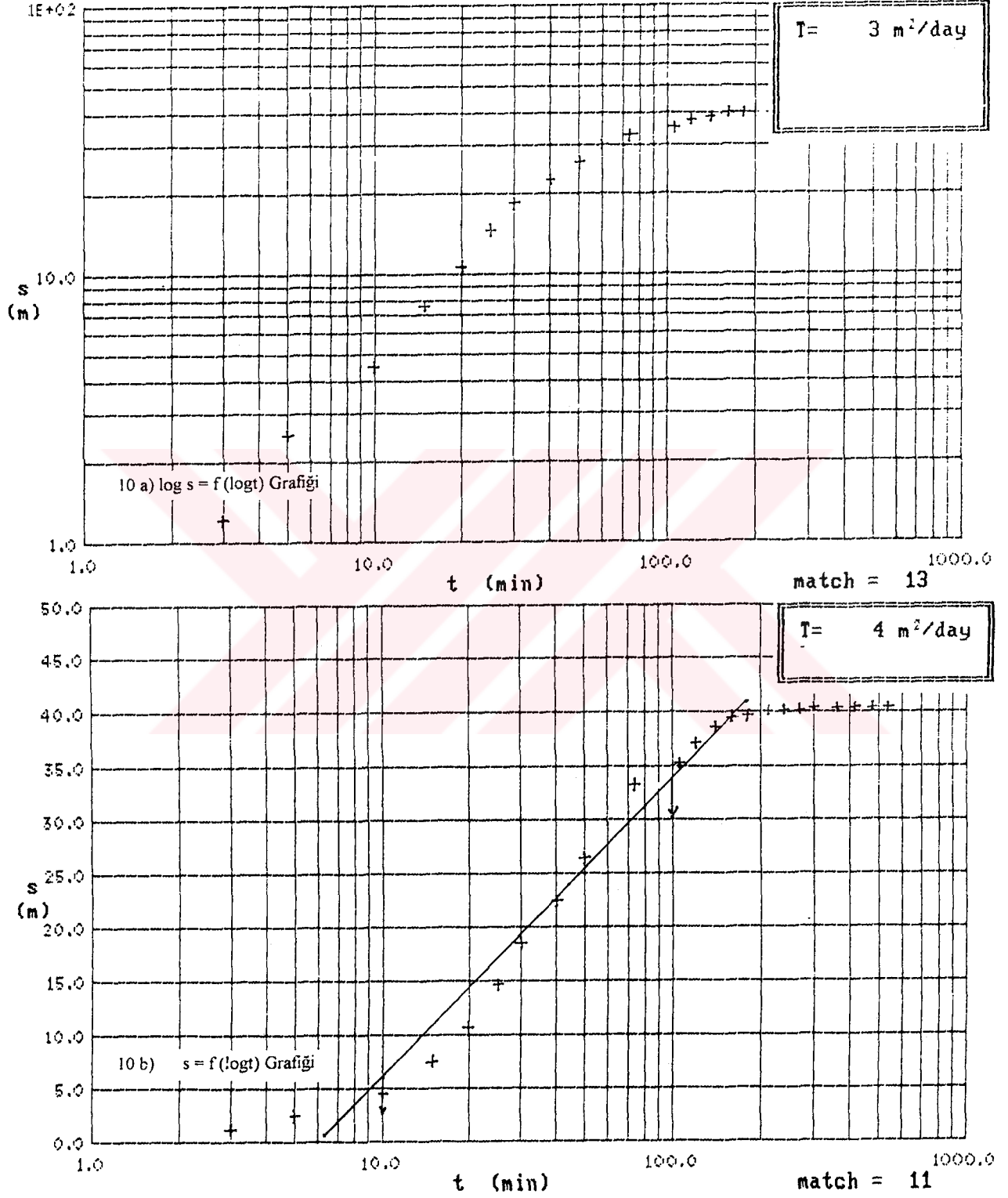
5 - 88 no'lu Silivri-Ovayenice kuyusu 62 m derinliğindedir. 0-25 m 17 ^{1/2}", 25-62 metreler ise 15" lik matkapla açılmıştır. 0 -24 m arasında 10", 24 - 36 m arası 8" lik üretim borusu kullanılmıştır. Killi kum (4-10 m.), silt (10-24 m.), kum ve çakıl (24-42 m) ile kil (42 - 62 m.) geçilmiştir. Kuyu tam kuyudur. Çakılama yapılmıştır. Statik seviye 4,60 m olup 5 lt/sn debili 24 saat süren pompaj sonunda dinamik seviye 21,25 m. olarak belirlenmiştir.

Kuyuda yapılan seviye düşüm testlerine ait çizimler Şekil 4.8'de verilmiştir. Düşüm testinden hareketle yarı logaritmik doğrunun eğimi 11,2 m/log devir, iletkenlik katsayısı ise 7 m²/gün olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bu test için Theis eğri abağı kullanılarak 6 m²/gün iletkenlik değeri hesaplanmıştır.

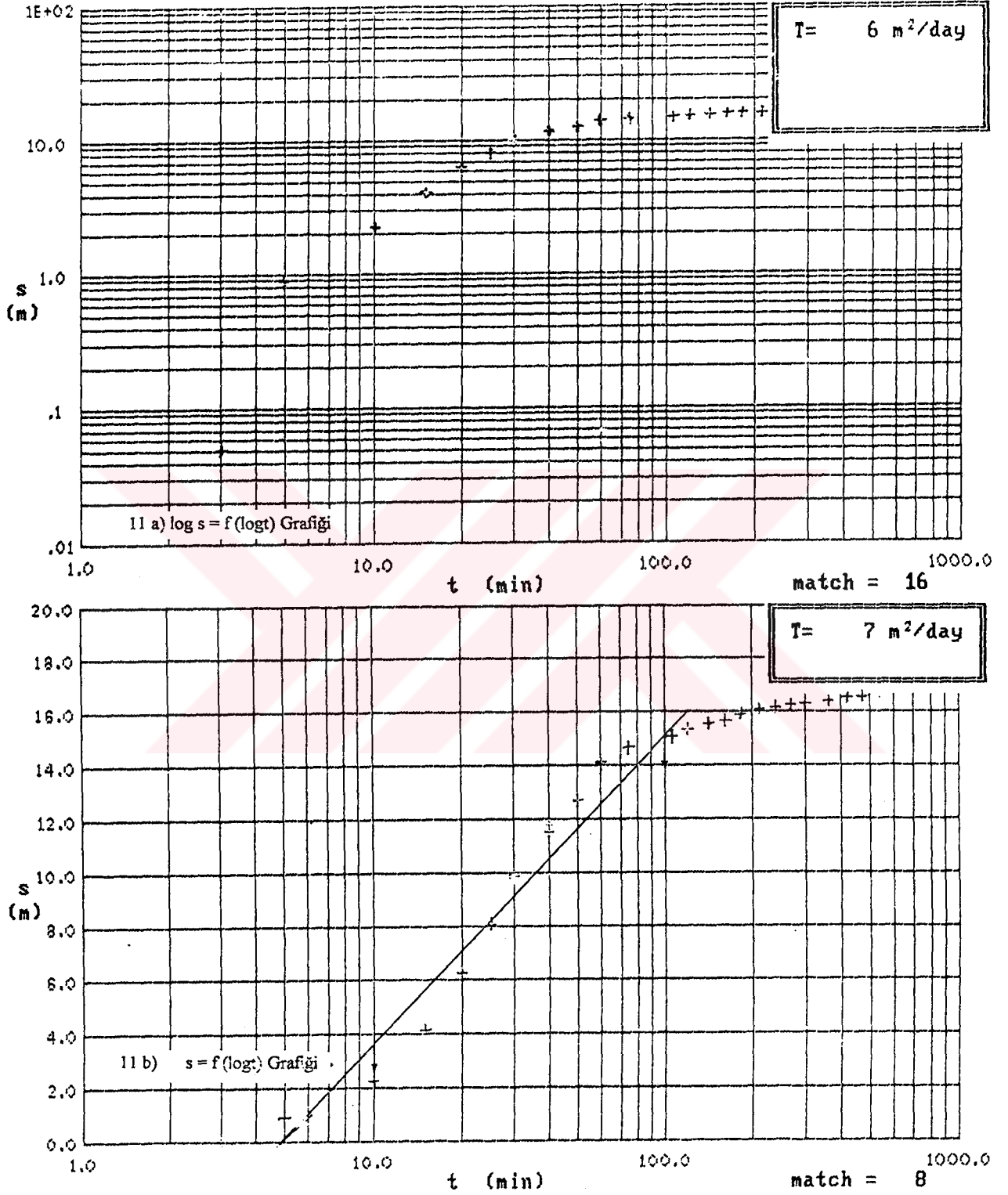
6- 122 no'lu Silivri-Kavaklı kuyusu 48 m. derinliğinde olup tamamı 17^{1/2}" çapında delinmiştir. 0-20 m seviyesi 10", 20-48 m arası 8"lik üretim borusu ile tamamlanmıştır. 32-48 m. arasında filtre konmuştur. (2-6 m) kil, (6-20 m.) siltli kil, (20-30 m.) kumlu kil, (31-44 m.) çakıl ve (44-48 m.) siltli kil birimleri delinmiştir. Kuyuda çakılama yapılmıştır. Artezyen olan kuyuda 8lt/sn akış debisinde yapılan ve 24 saat süren pompa testi sonunda su seviyesi 23,15m.'ye düşmüştür. Kuyu kısmi penetrasyonludur.



Şekil 4.6 Kavaklı 83 No'lu Sondaj Kuyusundan Elde Edilen Düşüm - Zaman Grafikleri



Şekil 4.7 Kavaklı 84 No'lu Sondaj Kuyusundan Elde Edilen Düşüm - Zaman Grafikleri



Şekil 4.8 Ovayenice 88 No'lu Sondaj Kuyusundan Elde Edilen Düşüm - Zaman Grafikleri

7- 93 no'lu Silivri-Ortaköy kuyusu 112 m. derinliğindedir. 0-63m. 17^{1/2}", 63-112 m. arası 15" lik matkapla açılmıştır. 0-56 m. arasında 10", 56-98 metreler arası 8", 96-122 metreler arasında ise 6" lik üretim borusu kullanılmıştır. % 40'ı köprü tipi filtredir. Kil (0-16 m.), silt (16-32 m.), kum ve çakıl (32-53 m.), kil (53-60 m.), silt (60-80 m.) ve kil (80-122 m.) geçilen birimlerdir. Kuyu tam penetre olup çakıllama yapılmıştır. Statik su seviyesi 33,15 m. olan kuyuda 3.5 lt/sn sabit debili 24 saat süren pompaj sonunda dinamik su seviyesi 65,5 m olarak belirlenmiştir.

Kuyuda yapılan seviye düşüm testlerine ait çizimler Şekil 4.9'da verilmiştir. Düşüm testinden hareketle yarı logaritmik doğrunun eğimi 18.4 m/log devir, iletkenlik katsayısı 3 m²/gün olarak hesaplanmıştır. Theis eğri abağı kullanılarakda $T = 3 \text{ m}^2/\text{gün}$ hesaplanmıştır.

4.4 Yağış-Yeraltısuyu İlişkisi

İnceleme alanındaki 129, 131, 112 ve 68 no'lu kuyularda, D.S.İ tarafından, Ağustos 1994-Kasım 1996 tarihleri arasında aylık yeraltı su seviyesi ölçümleri yapılmıştır.

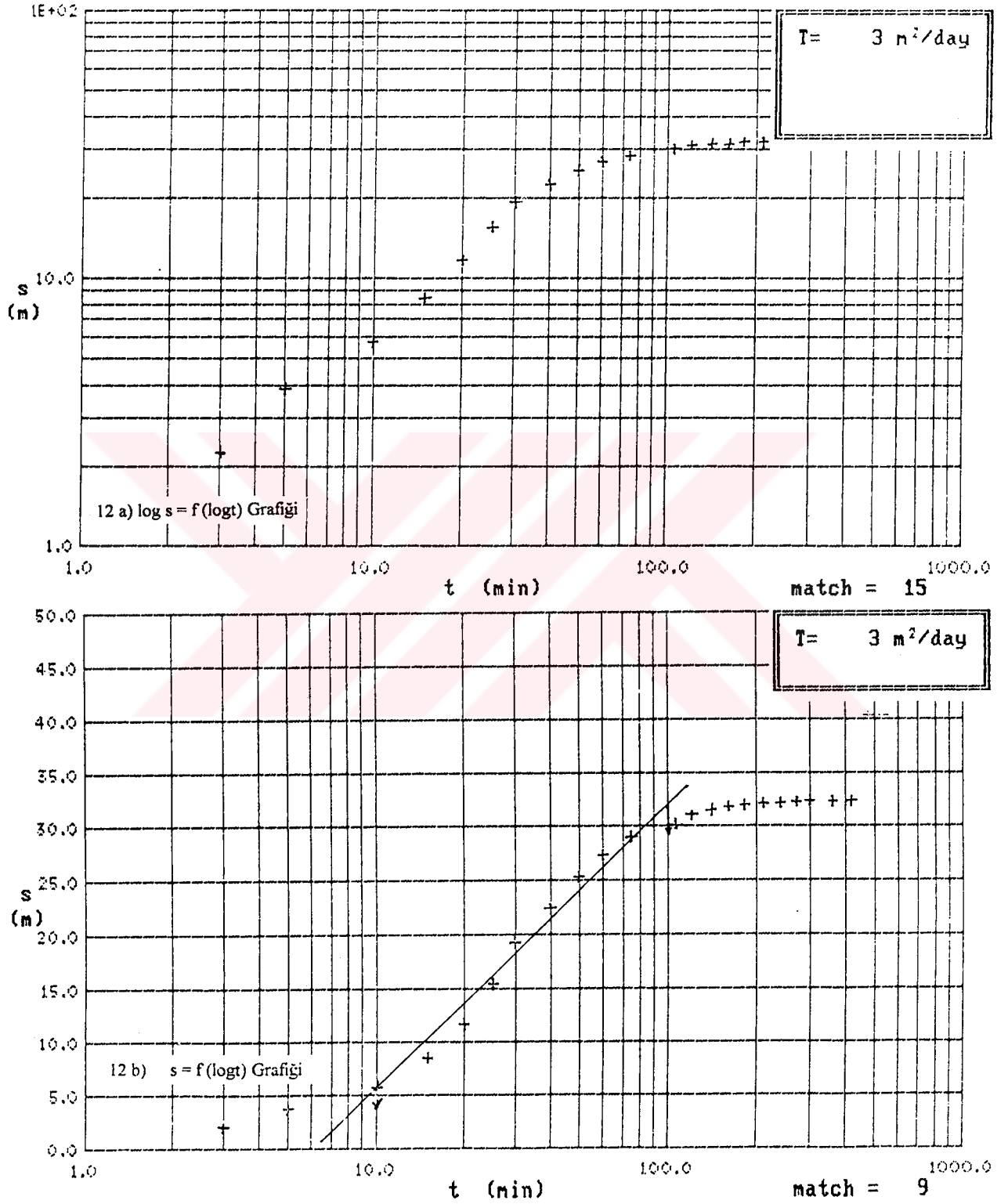
Aylık yeraltısuyu seviye ölçümleri ile zamana bağlı seviye değişim grafikleri çizilmiş ve bu grafikler Florya meteoroloji istasyonu yağış değerleri ile denştirilmiştir.

Kuyularda yeraltısuyu seviyesinin en düşük olduğu aylar Temmuz-Ağustos-Eylül, en yüksek olduğu aylar ise Nisan-Mayıs aylarıdır. Yaz aylarında nüfusun artması ile aşırı çekim olmakta ve yeraltısuyu seviyesi hızla düşmektedir.

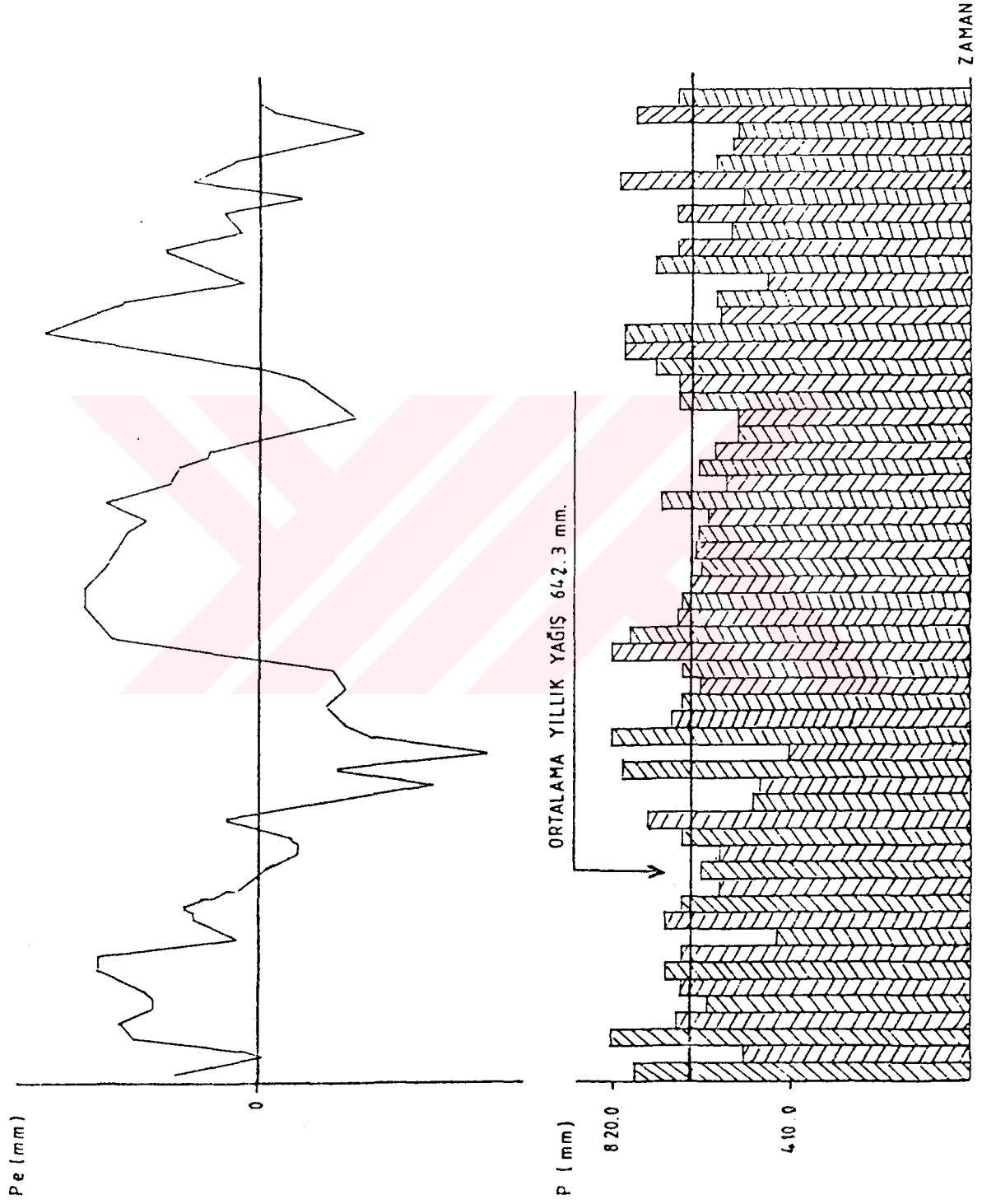
68 no'lu kuyuda Ekim 1994 de 3,5 m olarak ölçülen statik su seviyesi 1995 yılının Ekim ayında aynı seviyedeysen Ekim 1997'de 1 m'ye kadar yükselmiştir. 128 no'lu kuyuda ise statik su seviyesi aynı tarihlerde 1 m düşmüştür(Şekil 4.11).

131 no'lu kuyuda Ekim 1994 de 8 m olarak ölçülen statik su seviyesi 1995 yılının Ekim ayında 18 m, 1997 yılının Ekim ayında ise 17 m olarak ölçülmüştür. 112 no'lu kuyuda ise statik su seviyesi aynı tarihlerde 9 m'den 16 m'ye düşmüştür(Şekil 4.12).

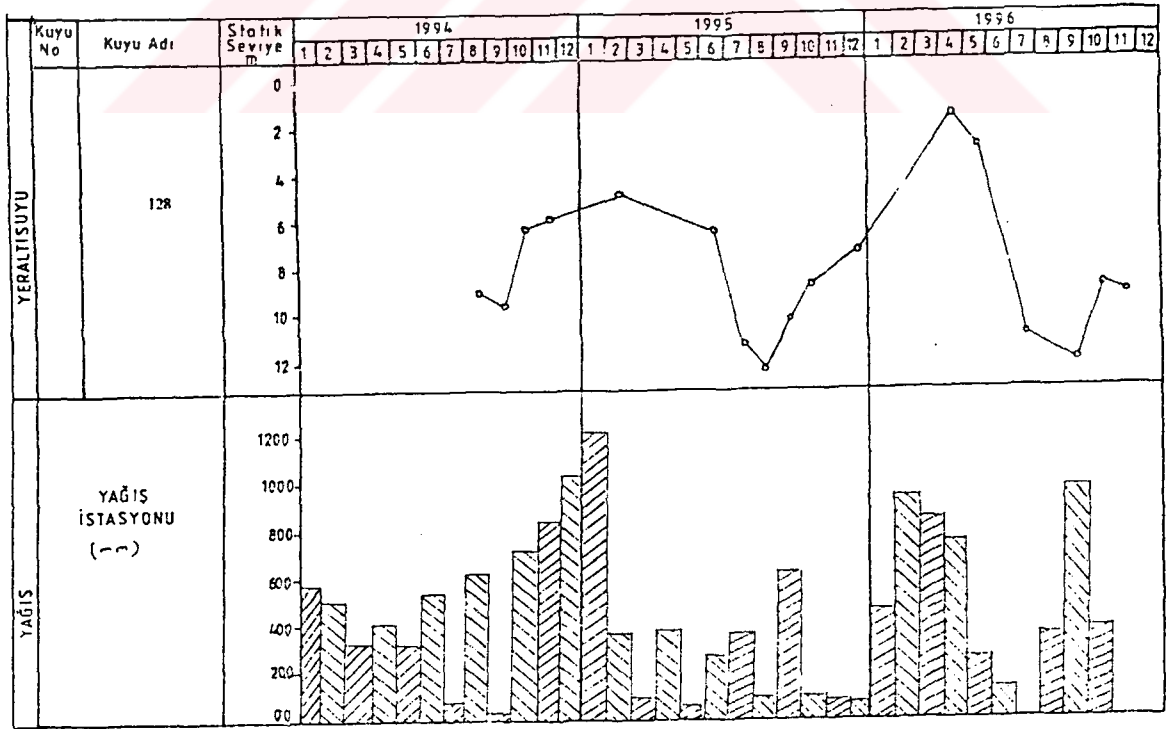
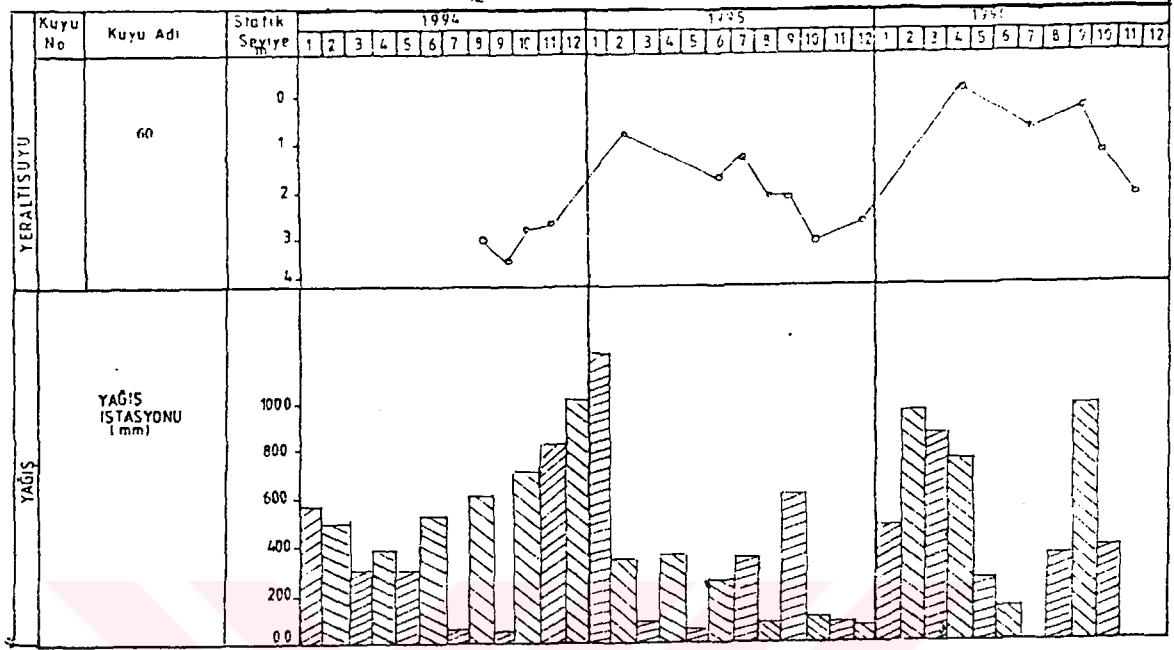
Yeraltısuyu seviye değişim grafikleri ile aylık yağış değerleri karşılaştırıldığında, yağışların bir ay sonra yeraltısuyuna intikal ettiği görülmektedir(Şekil 4.10, 11, 12).



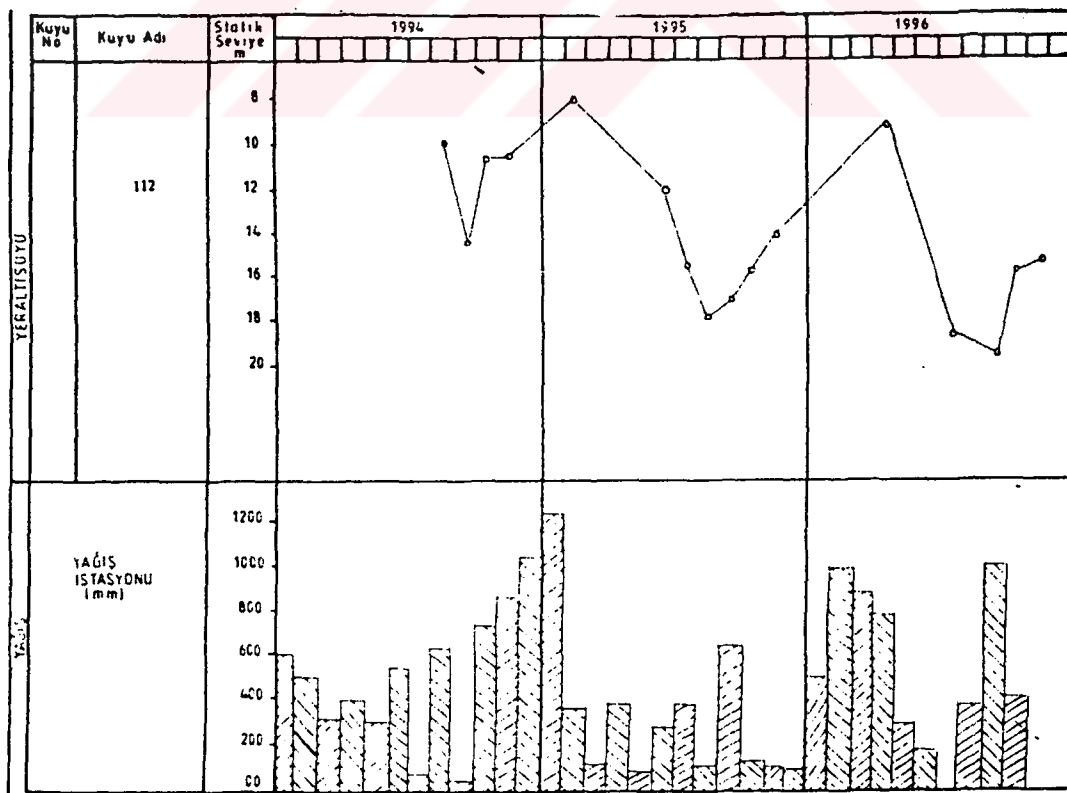
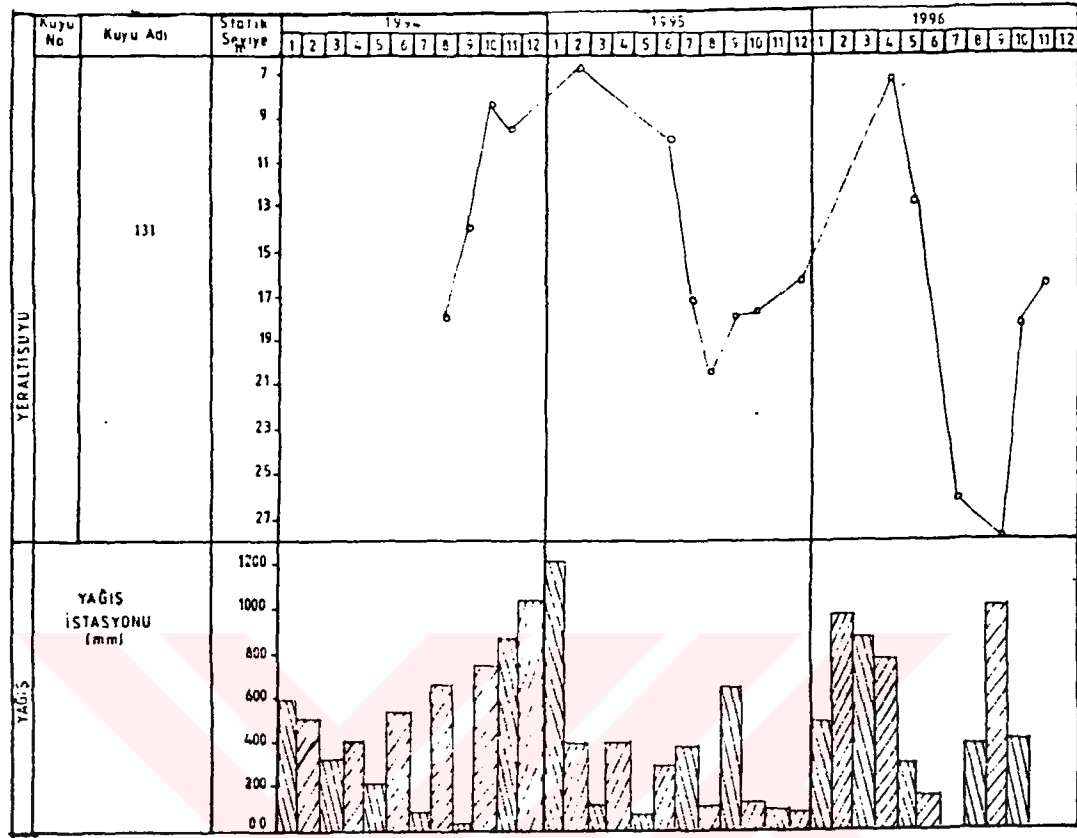
Şekil 4.9 Ortaköy 93 No'lu Sondaj Kuyusundan Elde Edilen Düşüm - Zaman Grafikleri



Şekil4.10 Ortalama Yıllık Yağıştan Birikimli Sapma Eğrisi ve Yağışın Dağılışı



Şekil 4.11 Yağış ve Yeraltısuyu Seviyesi Değişimleri(68 ve 128 no'lu kuyular)



Şekil 4.12 Yağış ve Yeraltısuyu Seviyesi Değişimleri(131 ve 112 no'lu kuyular)

BÖLÜM 5 YERALTISUYU POTANSİYELİ

Bu bölümde inceleme alanı içinde bulunan geçirimli ve yarı geçirimli taneli ortamın beslenim ve boşalımından hareketle drenaj alanının yeraltısuyu rezervi hesaplanmıştır. Yeraltısuyu akım yönünün genelde kuzeyden güneye doğru, hidrolik eğimin tüm arazi için ortalama % 4 olduğu ve inceleme alanındaki yeraltından beslenim ve boşalımının birbirini dengelediği kabul edilirse, bu durumda 1 yıl boyunca inceleme alanına kuzeyden yeraltısuyu olarak giren su, aynı miktarda olmak üzere güneyden yeraltı akışı şeklinde dışarı çıkacaktır. Bu yüzden Y.S.D. bilançosu hesabına etkisi olmadığından yeraltından akış ile beslenim ve boşalım hesaplanmamıştır.

5.1 İnceleme Alanında Beslenimin Hesaplanması

Drenaj alanının tamamında izlenen “yarıgeçirimli taneli ortam”ın alanı yaklaşık 35,3 km²’ dir. Hesaplama da kullanılacak yıllık ortalama yağış yüksekliği 642.4 mm/yıl ve akış ise 213,9 mm/yıl dır (Çizelge 2.3).

İnceleme alanındaki beslenim, yağıştan sızma ve yeraltından akış olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Yeraltından akış ile beslenim daha önce açıklanan nedenlerden dolayı hesaplanmamış, yağıştan sızma ile beslenimin hesabı için ise aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

Akış yüksekliğinin, yağış yüksekliğine oranı $213,9 / 642,4 = 0.33$ olarak alınır sa yağışın % 67’si gerçek buharlaşma ile yeniden atmosfere dönmektedir. % 33’ü ise akış ve sızma şeklinde drenaj alanında kalmaktadır. Topoğrafyası hafif engebeli olan yarıgeçirimli taneli ortamlarda akan suyun %25’ nin sızacağı, % 75’ inin ise yüzeysel akışa geçeceği kabul edilirse, akışın yağışa oranı olan % 33’den sızan % 25’ lik su miktarı yağışın % 8’ini oluşturur ($0.08 =$ Yerel geçirimli taneli ortam için sızma katsayısı). % 25’i ise yüzey ve yeraltısuyu akışı haline geçer (Akma katsayısı= 0,25).

5.1.1 Geçirimli ve yarıgeçirimli taneli ortamda yağıştan süzülme ile beslenim(Q_{ys}).

Yağışın akışa oranı olan %33’ün %25’inin, yani yağışın % 8’ inin sızdığı varsayıldığına göre sızma katsayısı = 0,08 olarak yazılabilir.

Drenaj alanı (Geçirimli ve yarıgeçirimli taneli ortam) :.....	35,3
Yıllık ortalama yağış	642,5

Sızma katsayısı : 0,08

olarak alınır; bu tür ortamda yağıştan sızma ile beslenim

$$35.3 * 10^6 \text{ m}^2 * 642.4 * 10^{-3} \text{ m/yıl} * 0.08 = 1.824.00 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$Q_{ys} = 1.824.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

olarak bulunur.

5.1.2 Yüzeysel akıştan süzülme ile beslenim(Q_{ya}).

Drenaj alanında akışa geçen su 213,9 mm dir.

Drenaj alanı : 35,3

Akışa geçen su :213,9

Sızma katsayısı : 0,08

olarak alınır; Akıştan sızma ile beslenim

$$35.3 * 10^6 \text{ m}^2 * 213.9 * 10^{-3} \text{ m/yıl} * 0.08 = 600.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$Q_{ya} = 600.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

olarak bulunur.

5.1.3 Sulamadan süzülme ile beslenim

İnceleme alanında tarım amaçlı sulama yapılmaktadır. Sulamada kullanılan suyun bir kısmı tekrar süzülerek yeraltısuyuna karışır. Geri süzülen miktar ise sulama için çekilen suyun % 10' u olarak kabul edilebilir.

Suni boşalım 5.2.2 bölümünde hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Sulamadan süzülme ile beslenim (} Q_{ss} \text{)} &= \text{Suni boşalım} * 0.1 \\ &= 1.6 * 10^6 * 0.01 \\ &= 160\,000 \text{ m}^3/\text{yıl} \end{aligned}$$

5.2 İnceleme Alanında Boşalımın Hesaplanması

Daha önce açıklanan nedenlerden dolayı inceleme alanında yeraltından akış ile beslenim ve denize boşalımın hesabına gerek olmadığından yeraltısuyu boşalımı;

- Su düzeyinden buharlaşma - terleme ile (Q_{bt})
- Suni çekim (Q_{sb})

ile hesaplanmaktadır.

5.2.1 Yeraltı su düzeyinden buharlaşma - terleme ile boşalım

Pratikte, yeraltı su düzeyinin topoğrafya yüzeyinden 2m' den derin olduğu yerlerde su düzeyinden herhangi bir buharlaşma-terlemenin olmadığı varsayılır. Topoğrafya ile su düzeyi farkının 0-2 m' ler arasında olduğu alanın yüzölçümü 1 km² olarak hesaplanmıştır. Penman su bilançosundan (Çizelge 4) elde edilen eksik su miktarı 300,8 mm/yıl, gerçek buharlaşma 428,5 mm ve yıllık toplam yağış 642,4 mm'dir. Buharlaşma-terleme miktarı, yıllık gerçek buharlaşmanın yıllık toplam yağışa oranı olarak tanımlanır. Yukardaki değerlere göre bu miktar 0,67 veya % 67 olarak hesaplanır.

Buharlaşma - terlemenin olduğu toplam alan	: 1 km ²
Eksik su	: 300.8 mm
Buharlaşma - terleme oranı	: 0.67

$$\text{Su tablasından buharlaşma - terleme ile boşalım} : 1 * 10^6 * 300.8 * 10^{-3} * 0,67$$

$$(Q_{bt}) : 201.500 \text{ m}^3$$

5.2.2 Suni boşalım

İnceleme alanı içinde 130 civarında şahıs ve 5 adet de Köy Hizmetleri'nce açılan kuyular işletilmektedir. Bu kuyuların tamamından günde 18 saat boyunca ortalama 200 lt /sn su çekildiği kabul edilmiştir. Bu durumda kuyulardan çekim ile suni boşalım;

Kuyulardan çekilen ortalama su miktarı	: 0,2 m ³ /sn
Yaklaşık çekim süresi (günde)	: 18 saat
Yaklaşık su çekim süresi (yıl)	: 120 gün
Suni boşalım (Qsb)	: 120 * 18 * 60 * 60 * 0,2
	: 1.6 * 10 ⁶ m ³ /yıl

5.3 Yeraltısuyu Bilançosunun Hesaplanması

Bölüm 5.1 ve 5.2' de hesaplanan değerlere göre inceleme alanında yeraltısuyunun beslenimine etkisi olan yağıştan sızma ve sulamadan süzülme ile beslenimden, boşalmasına etkisi olan buharlaşma - terleme ve suni boşalım değerlerini çıkarırsak dinamik rezerv ;

$$Q_{din} = (Q_{yb} + Q_{ab} + Q_{ss}) - (Q_{bt} + Q_{sb})$$

$$= (1.824.416 + 600.000 + 160.000) - (201.563 + 1600.000)$$

$$\begin{aligned}
&41 \\
&= 2.580.000 - 1.801.563 \\
&= 780.000 \text{ m}^3/\text{yıl} .
\end{aligned}$$

olarak bulunur.

Yeraltısuyu bilançosu hesabı aşağıda birkez daha topluca gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Yeraltısuyu bilançosu

<u>Beslenim</u>	<u>m³/yıl</u>	<u>Boşalım</u>	<u>m³/yıl</u>
1 - Yağıştan Sızma ile Beslenim	1.824.000	1- Buharlaşma - Terleme ile boşalım	201.500
2 - Yüzeysel Akıştan Sızma ile Beslenim	600.000		
3 - Sulamadan Süzme ile Beslenim	160.000	2 - Suni Boşalım	1.600.000
TOPLAM	2.580.000		1.801.500

5.4 Yeraltısuyu Yıllık Emniyetli Verimi

Bir akifere olan beslenmenin tamamından işletme koşullarına bağlı olarak sürekli yararlanmak mümkün olabilmektedir.

Kavaklı havzasında yıllık toplam beslenim 2.580.000 m³/yıl olarak hesaplanmaktadır. Beslenimin % 80' inin güvenli çekim sınırı olduğu kabul edilirse çekilebilecek su miktarı,

$$\begin{aligned}
\text{Yıllık emniyetli verim} &= \text{Beslenim} * 0.80 \\
&= 2.580.000 * 0.80 \\
&= 2.064.000 \text{ m}^3/\text{yıl} \text{ olarak bulunmuştur.}
\end{aligned}$$

İnceleme alanında halen 1.600.000 m³/yıl su çekildiği tahmin edilmektedir(Kuyular belgesiz olduğundan ne kadar su çekildiği tam olarak hesaplanamamıştır.). Toplam beslenim ile toplam boşalımın eşit olması gerektiğinden inceleme alanımızda yararlanılabilecek yeraltısuyu 500 000 m³/yıldır.

5.5 Su Kimyası

Bu bölümde Kavaklı, Kömürlük ve Aşağı dereleri yüzey drenaj alanı içinde açılan kuyulardan alınan su örneklerinin içme ve sulama suyu açısından incelenmesi yapılmıştır. Bu amaçla Wilcox, Riverside ve Schoeller içilebilirlik diyagramları hazırlanmıştır. Ayrıca su örneklerinin kimyasal sınıflamasını yapmak ve kimyasal bileşimlerinin şekillenmesinde etkin olan litolojiyi tanımlamak için Piper ve Schoeller yarılogaritmik diyagramları birlikte kullanılmıştır. Gibbs diyagramı ile de litolojinin bileşim üzerindeki etkinlik derecesi araştırılmıştır.

5.5.1 Suların içilebilirlik özellikleri

İnceleme alanındaki kuyularda yapılan pompa testleri sırasında sterilize edilmiş şişeler içinde su örnekleri alınarak Köy Hizmetleri 18. Bölge Müdürlüğü Laboratuvarında analiz edilmiştir. Söz konusu inorganik kimyasal analiz sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çizelgede gösterilmemiş olmakla birlikte su örneklerinin tümü TS’266’ya göre içilebilir özelliktedir.

Türk Standartlar Enstitüsü’nün benimsediği içilebilir su özellikleri kısaca şöyledir; İçme sularının içinde hastalık yapan hiçbir bakteri bulunmaması gerekir. Suların rengi, platin-kobalt klorür ölçeğine göre 25 mg/l’t’yi geçmemelidir. İyi bir su algılanabilir derecede kokmamalıdır. Suları kokusunu anlamak için 65 °C’ye kadar ısıtıp koklanmalıdır. Asılı maddeler, içme sularında 100mg/l’t’yi; bulanıklık (SiO_2 ölçeğine göre) 15 mg/l’t’yi; pH 9’u; elektriksel iletkenlik 2200 mikromho/cm’yi (25 °C’de); toplam sertlik (Fransız) 45’i ve kalıcı sertlik 15’i, buharlaşma kalıntısı 1500 mg/l’t’yi geçmemelidir. Özellikle insan sağlığına zararlı klorür 750 mg/l’t’yi, nitrat 30 mg/l’t’yi, zehirli maddelerden Pb 0,01 mg/l’t’ yi, Se ve As 0,05 mg/l’t’yi, Cr^{+6} ise 0,02 mg/l’t’yi aşmamalı ve amonyak bulunmamalıdır (Çizelge 5.3).

Elektriksel İletkenlik (EC)

Genel olarak bütün sular elektiriği iletir. İyon konsantrasyonu ile de iletkenlik artar. Özgül elektiksel iletkenliğin ölçüsü olarak micromho/cm kullanılır. Bu, + 24 °C deki suyun iletkenliğidir. İletkenlik bir dereceye kadar sudaki iyon konsantrasyonu ile doğru orantılıdır.

Çizelge 5.2 Sondaj Kuyularından Alınan Su Örneklerine ait Kimyasal Analiz Sonuçları

Kasyonlar			Anyonlar										meq/lt		
Kuyu Adı ve No.	pH	EC Micro-mho/cm)	Na+	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁼	SO ₄ ⁼	%Na	SAR	Sertlik OFr	Organik Madde	Suyun Sınıfı
1-Kavaklı(122)	7.9	647	1.5	-	2.4	2.5	-	4.62	1.2	0.66	23.44	9.6	25	-	C ₂ S ₁
2-Kavaklı(131	8.2	759	1.55	-	3.7	2.16	-	5.08	1.8	0.53	20.92	9.06	29	-	C ₃ S ₁
3- Owayen.(88)	7.6	798	2.88	0.06	2.2	1.2	-	4.4	2.0	-	83.24	2.2	17	1.8	"
4-Kavaklı(112)	7.1	1087	1.8	0.015	4	5.6	-	6.4	3.38	1.63	15.77	7.82	48	2.1	"
5-Kavaklı(84)	7.1	760	1.4	0.025	4	3.2	-	5.2	1.52	1.9	16.23	7.38	36	1.9	"
6-Kavaklı(128)	7.2	1033	1.65	0.015	4.4	1.8	-	5.198	1.58	4.08	15.18	7.69	46	1.7	"
7-Ortaköy(80)	7.7	698	2.08	-	1.4	1.1	-	0.99	1.8	1.78	45.41	1.86	12.5	3.5	"
8-Ortaköy (90)	7.3	685	2.17	0.03	1.2	2.8	-	5.198	1.2	0.8	35	1.5	20	1.0	C ₂ S ₁
9-Ortaköy(90)	7.7	768	3.6	0.07	1.28	2	-	6.398	1.83	-	51.8	2.8	16.4	1.15	"
10-Kavaklı(83)	7.2	1033	1.65	0.015	4.4	4.8	-	5.198	1.58	4.08	15.18	7.69	46	1.7	C ₃ S ₁
11-Kavaklı(77)	7.1	760	1.4	0.025	4	3.2	-	5.2	1.52	1.9	16.23	7.38	36	1.9	"
12-Kavaklı(68)	7.1	1087	1.8	0.015	4	5.6	-	6.4	3.38	1.63	15.77	7.82	48	2.1	"

Çalışma alanındaki suların elektriksel iletkenlik değerleri 647 micromho/cm ile 1087 micromho/cm arasındadır. Ortalama iletkenlik 750 micromho/cm civarındadır. Bu değere göre tüm sular içmesuyu açısından iyi sayılır.

Çizelge 5.3 İçilebilir Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (TS 266, Haziran 1984)

Maddenin Adı	Tavsiye Edilen Miktar(mg/l)	Müsade Edilebilecek Mak. Miktar (mg/l)
1- Zehirli Maddeler		
1.1- Kurşun (Pb)	-	0.05
1.2- Krom IV (Cr^{+6})	-	0.05
1.3- Arsenik (As)	-	0.05
1.4- Selenyum (Se)	-	0.01
1.5- Siyanür (CN^-)	-	0.01
1.6- Kadmiyum (Cd)	-	0.0005
1.7- Gümüş (Ag)	-	0.05
2- Sağlığa Zararlı Maddeler		
2.1- Florür (F^-)	0.8-1.7	1.4-2.4
2.2- Nitrat (NO_3^-)	-	45
3- Sağlığa ve/veya İçilebilme Özelliğine Etki Eden Maddeler		
3.1- Renk	5 birim	50 birim
3.2- Bulanıklık	5 birim	25 birim
3.3- Buharlaşma Kalıntısı	500	15000
3.4- Klorür (Cl^-)	200	600
3.5- Serbest Klor (Cl_2)	0.1	0.5
3.6- Sülfat (SO_4^{+2})	200	400
3.7- Demir (Fe)	0.3	1.0
3.8- Mangan (Mn)	0.1	0.5
3.9- Bakır (Cu)	1.0	1.5
3.10- Çinko (Zn)	5.0	15
3.11- Kalsiyum (Ca)	75	200
3.12- Magnezyum (Mg)	50	150
3.13- Magnezyum (Mg)+Sodyum Sülfat (Na_2SO_4)	100	500
3.14- Alkil Benzen Sülfanat (ABS)	0.5	1.0
3.15- Fenolik Maddeler (Fenol cinsinden)	-	0.002
3.16- pH	7.0-8.5	6.5-9.2
3.17- Sertlik ($CaCO_3$) cinsinden	500	
3- Kirlenmeyi Gösteren Maddeler		
4.1-Karbon-Kloroform Ekstraktı	0.2 ⁴	0.5 ⁴
4.2- Nitrat (NO_3^-)	-	-
4.3- Amonyak (NH_3)	-	-

Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH)

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlamaktadır. $pH=7$ olan sular “nötr” sular olarak bilinir. Bunlarda H^+ ve OH^- iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. H^+ iyonu konsantrasyonunun artması ile pH, 7 den küçük değerler alır ve su “asit” karakter kazanır. OH^- iyonu konsantrasyonunun artması ile pH, 7 den büyük değerler alır ve su “bazik” karakter kazanır. Genel olarak yeraltısuları, $pH < 7$ olan ve asit özelliği fazla bulunan sulardır. Yerüstü suları ise, $pH > 8$ olan, bazik özellikte sulardır. Asit ve bazik suların esas sınır değerleri 4,5 ve 8,2 kabul edilmektedir. Buna göre $pH < 4,5$ olan sular asit su, $pH > 8,2$ olan sular bazik su olarak nitelendirilmektedir(3). Çalışma alanındaki suların Ph değerleri 7-8 arasındadır. Buna göre incelenen tüm sular bazik özelliktedir.

Klorür (Cl^-)

Yeraltısularındaki klorür; deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyundan ya da atmosferden gelebilir. Çalışma alanındaki sularda Cl^- miktarı ortalama 18-29 mg/l arasında değişmektedir. İçme sularında, klorür konsantrasyonları için üst limit 250 mg/l olarak kabul edilmiştir. Klorür değeri 1500 mg/l’ yi bulan sularda tuzlu bir tad farkedilir ve içimi hoş olmaz.

Sülfat ($SO_4^{=}$)

Yeraltısularındaki sülfatın büyük bir kısmı jips ve anhidritten ileri gelmektedir. Bunların dışında az miktarda da piritin oksidasyonu ile oluşan demirsülfattan, magnezyum ve sodyum sülfattan da gelebilir. Çalışma alanındaki sularda $SO_4^{=}$ miktarı 7-38 mg/l arasındadır. İçme sularındaki sülfat miktarı 200-400 mgl arasındadır. Sülfatın tarımda toprağın tuzluluğunu artırması dışında zararlı etkisi yoktur. Sulama sularında 250 mgl.’ye kadar olan miktarlar, bitki beslenmesi için faydalıdır. Bu miktar 500 mgl.’nin üzerine çıkmaya başladığında zararlı olmaya başlar.

Nitrat(NO_3^-)

Yeraltısularında nitrat, çoğun canlıların artıkları ve suni gübrelere bağlı olarak ortaya çıkar. Sularda 5-10 mgl.’nin üzerinde nitratın bulunması, bu suyun dışardan kirletildiğini gösterir.

Sodyum İyonu Yüzdesi(%Na)

Sodyum iyonu yüzdesi sulama suları için önemli bir iyonik özelliktir. Sodyum yüzdesi aşağıdaki bağıntıya göre saptanır.

$$\% Na = (Na^+ * 100) / (Na^+ + Ca^{++} + Mg^{++} + K^+)$$

Buradaki iyon konsantrasyonları, milyonda ekivalan /epm cinsinden verilmektedir. Sulama sularında sodyum yüzdesinin artışı topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişimini doğuracağından istenmez. Bu bakımdan sodyum iyonu sular için bir sınıflandırma kriteri olarak alınmıştır. Çalışma alanındaki sulara sodyum yüzdesi 15-52 arasında değişmektedir (Çizelge 5.2). Yalnızca 3 no'lu suyun Na yüzdesi değeri 83,24' dür. Na yüzdesi 60' dan fazla olan suların kullanımı şüphelidir.

Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Sulama suları için önemli olan bu iyon özelliği aşağıdaki bağıntıya göre saptanmaktadır.

$$SAR = Na^+ / \sqrt{\frac{(Ca^{++} + Mg^{++})}{2}}$$

Burada da iyon konsantrasyonları (epm) cinsinden verilmektedir. Na iyonu ile yer değiştiren Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları arasında bir oran olduğundan SAR, sodyum yüzdesine göre daha üstün bir kriter olarak alınmaktadır. Çalışma alanındaki sular SAR bakımından 1,5 ile 9,6 arasında değişmektedir (Çizelge 5.2).

Sertlik ($^{\circ}Fr$)

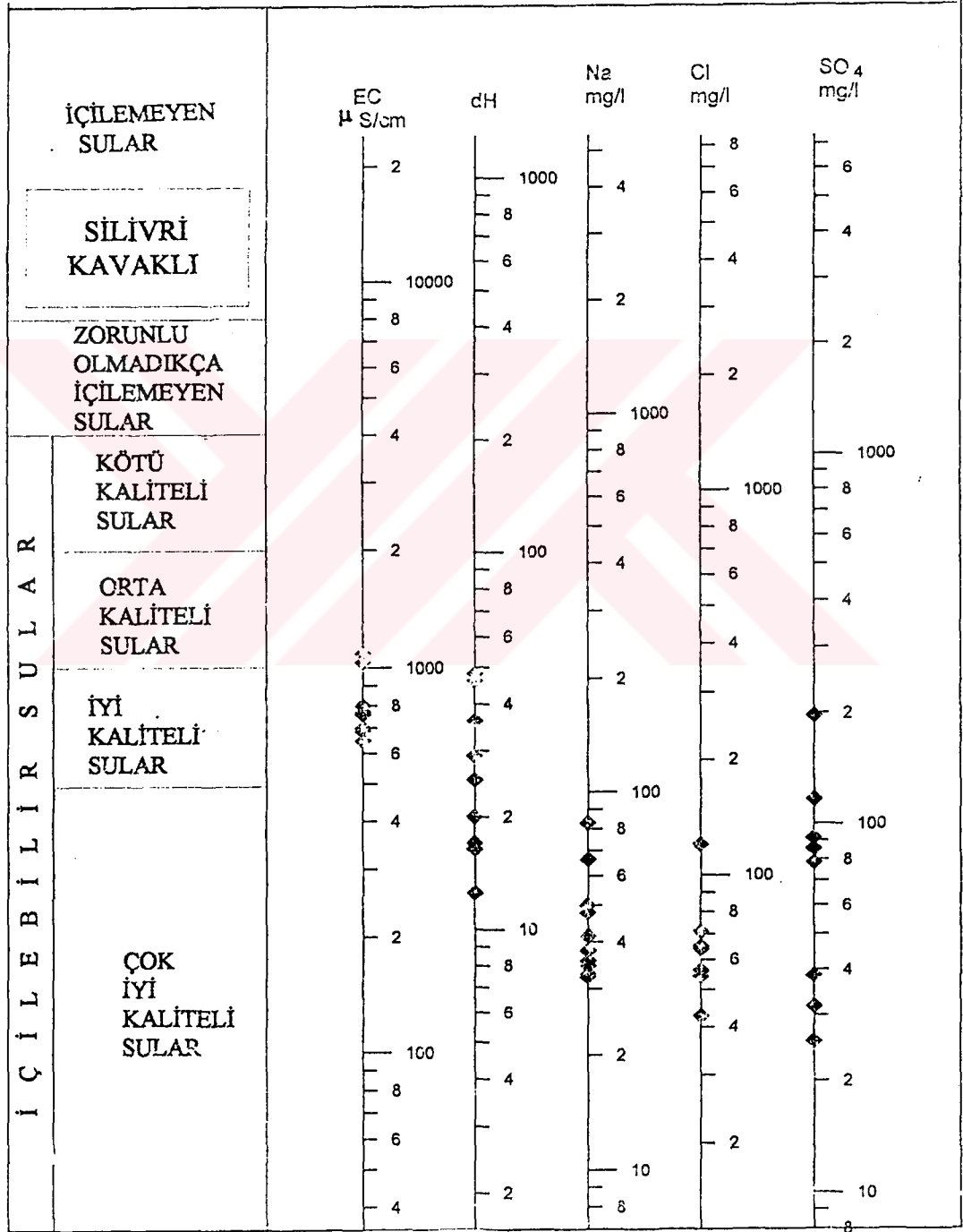
Suları sertliği, başta kalsiyum ve magnezyum bikarbonat iyonları olmak üzere, kalsiyum ve magnezyum sulfat, kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve magnezyum nitrat ile az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonlarından ileri gelmektedir. Yeraltısularındaki bikarbonat iyonları çözünmüş karbondioksit etkisi ile oluşur. Çalışma alanındaki suların sertliği 12-48 $^{\circ}Fr$ arasında değişmektedir.

Nitrit(NO_2^-) ve Amonyak(NH_3)

Çalışma alanından alınan su örneklerinde nitrit ve amonyak miktarı yok veya eser miktardadır (Çizelge 5.2).

5.5.1.1 Schoeller içilebilirlik diyagramı

Schoeller diyagramında sular, içilebilir sular, zorunlu olmadıkça içilemeyen sular ve içilemeyen sular olmak üzere üç ana grupta toplanmıştır. Bu kapsamda Çizelge 5.2’de verilen değerler Schoeller diyagramına uygulanmış ve sonuçlar Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Suların İçilebilirlik Diyagramı (H. SCHOELLER)

5.5.2 Suların Sulama Suyu Açısından Özellikleri

Sulamada kullanılan suların içindeki çözünmüş fazla miktarda iyon, bitkileri ve tarım toprağını fiziksel ve kimyasal yollardan etkileyerek verimi düşürür. Bu türden iyonların fiziksel etkisi, bitki yapısındaki hücrelerde osmotik basıncı azaltarak suyun dal ve yapraklara erişmesini engeller, kimyasal açıdan da bitki metabolizmasını bozar. Tuzlu sulardaki Na^{++} 'un, zemindeki Ca^{++} iyonları ile yer değiştirmesi sonucu toprağın geçirgenliği ve havalanması azalır. Böylece dolaylı olarak bitkilerin gelişmesi yavaşlar.

Bitkilerin sudaki tuzlara karşı dirençleri farklı olduğundan, sulama için kullanılan suların tuz derişiminin kesin üst sınırını vermek güçtür. Bitki gelişmesi ile su kalitesi arasındaki ilgi yanında, toprağın drenajı da önemli bir yer tutar. Geçirgenliği fazla, drenajı iyi olan tarım topraklarında, su tuzlu da olsa bitkilerin gelişmesini engellemez. Tersine, geçirgenliği ve drenajı kötü zeminlerde, su az tuzlu olsa bile, bitki köklerinde tuz birikimleri meydana getirerek bitkinin gelişmesini güçleştirir.

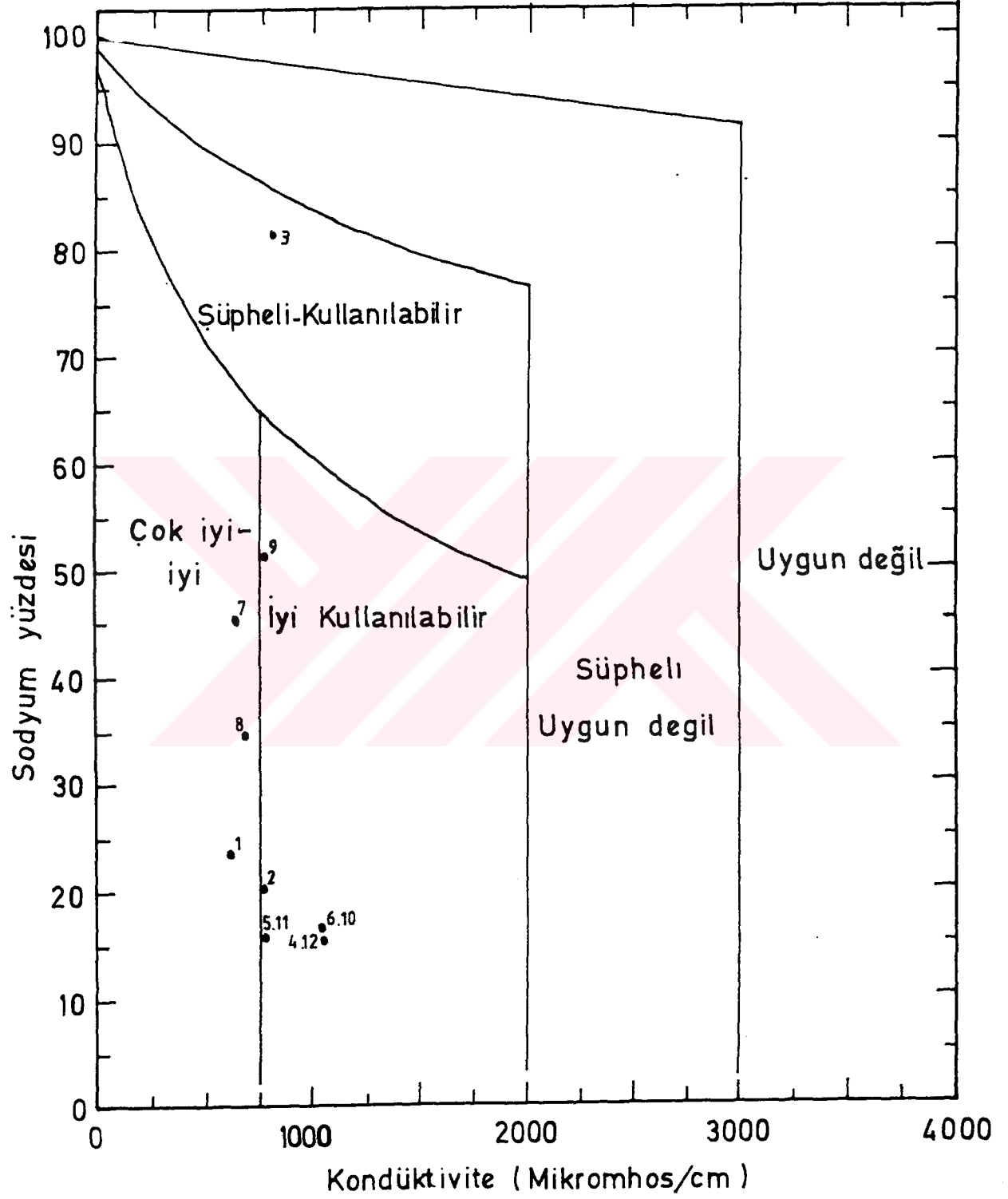
Toplam tuz derişiminden çok, suda bulunan sodyum ve bor gibi bazı iyonların miktarı bitkilerin gelişmesini etkiler. Böylece, bitkilerin gelişmesini su kalitesinden başka, toprağın cinsi, geçirgenliği, drenajı, iklim koşulları, kullanılan su miktarı, bitki türü, sulama şekilleri ve uygulanan yetiştirme yöntemleri de etkiler.

Bu amaçla çalışma alanındaki sular için Wilcox ve Riverside diyagramları hazırlanmıştır.

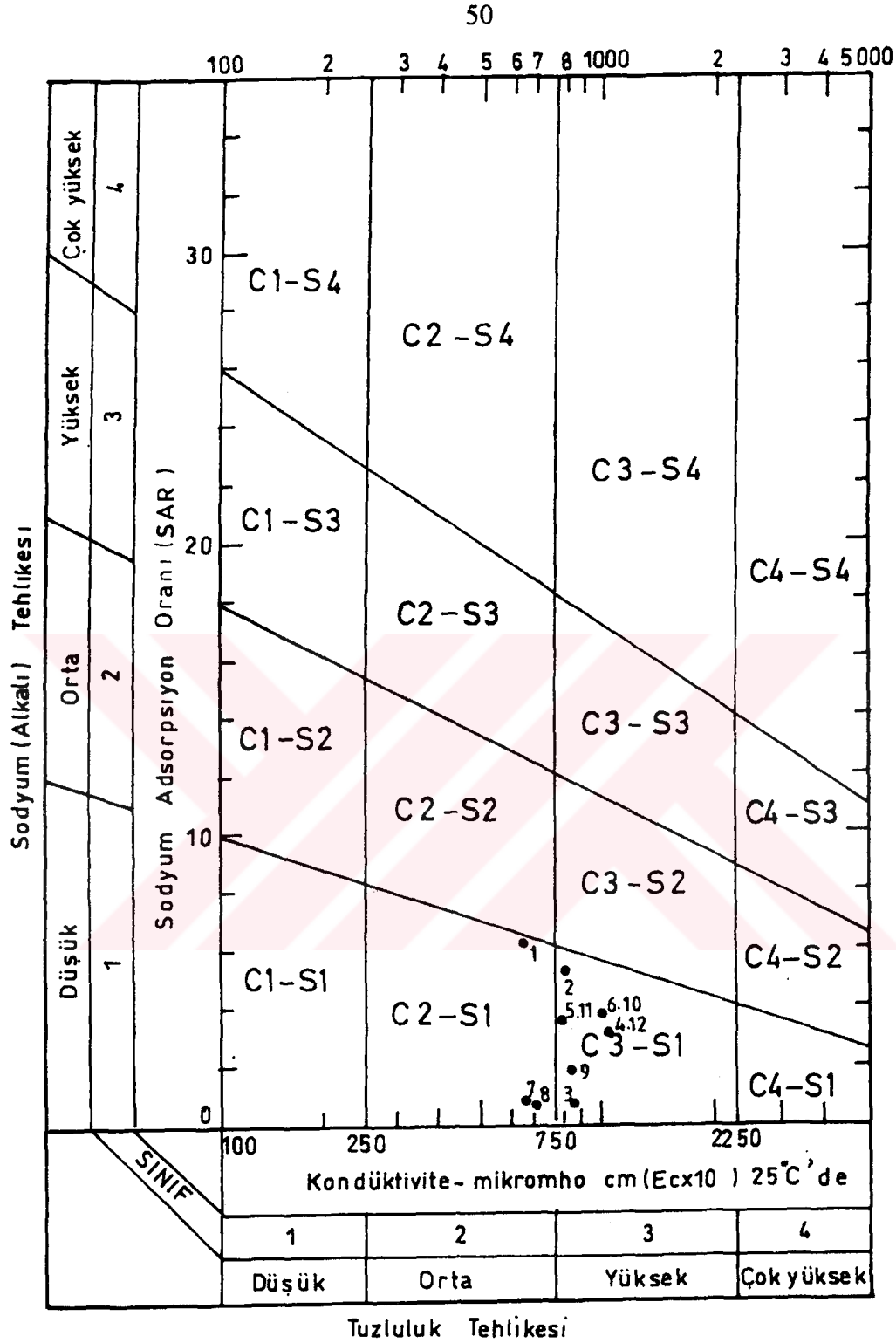
5.5.2.1 Wilcox diyagram

Bu diyagramda düşey ekseninde %Na miktarı, yatay ekseninde de elektiriksel iletkenlik gösterilmiştir. Suyun kimyasal tahlillerinden % Na hesaplanarak düşey eksen üzerine işaretlenir ve bu noktadan yatay eksene bir paralel çizilir. Verilen elektiriksel iletkenlik yatay ekseninde bulunarak, bu noktadan yatay eksene bir dik çıkılır ve % Na'dan çizilen paraleli kestiği noktadan hareketle suyun özelliği belirlenir.

Wilcox diyagramına göre çalışma alanındaki sular çok iyi, iyi kullanılabilir sular niteliğindedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 İnceleme Alanındaki Sondaj Kuyuları Sularna ait Wilcox Diyagramı



Şekil 5.3 İnceleme Alanındaki Sondaj Kuyuları Sularına ait Riverside Diyagramı

5.5.2.2 Riverside diyagramı

Wilcox diyagramında bazı değişiklikler yapılarak hazırlanan bu diyagramda sulama suları onaltı sınıfa ayrılmıştır.

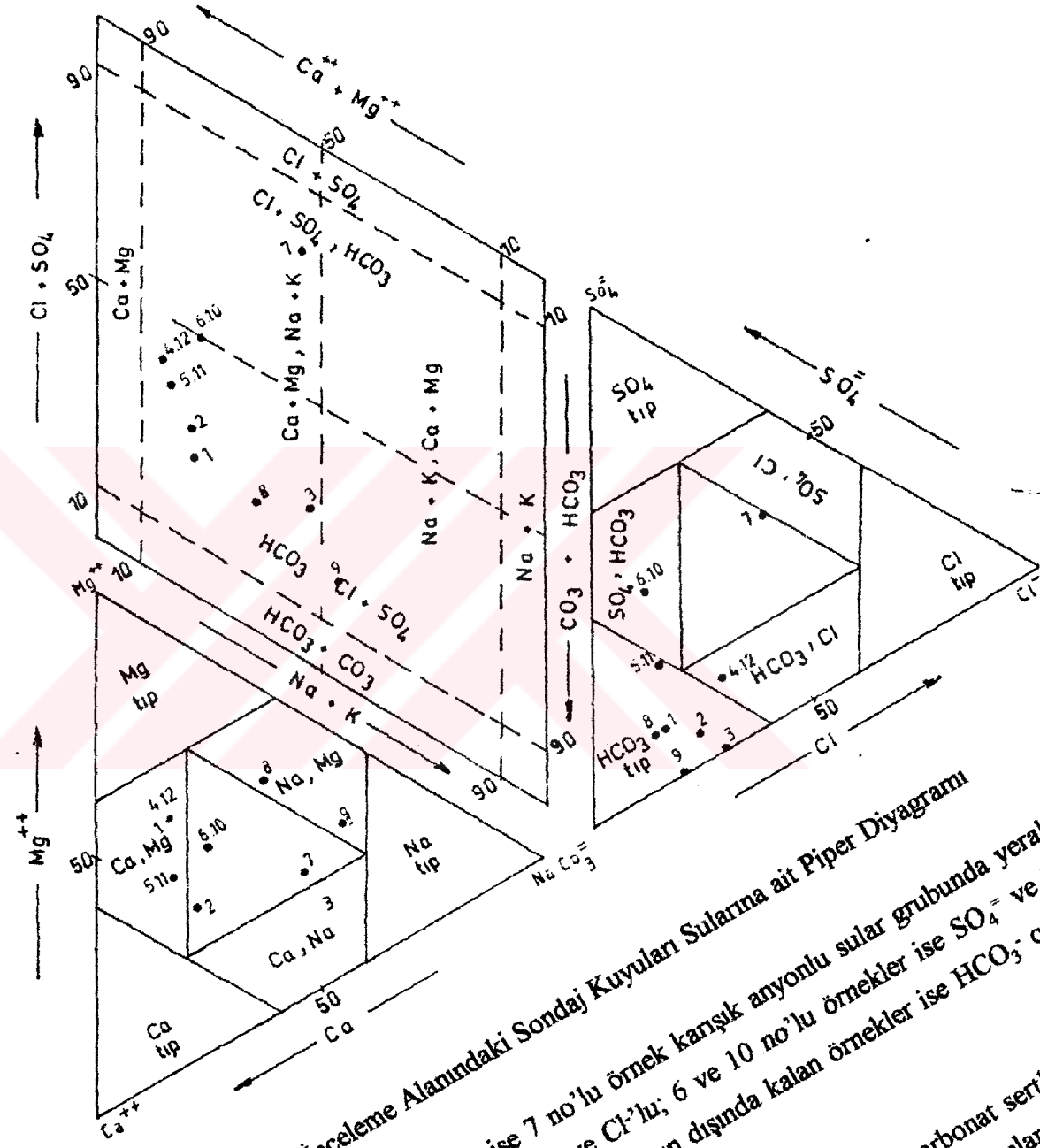
Düşey ekseninde SAR değeri, yatay ekseninde ise elektiriksel iletkenlik bulunur. Buna göre, çalışma alanındaki sondaj kuyularından alınan suların C_3S_1 ve C_2S_1 sınıfında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla suların, tüm topraklarda alkali tehlikesi yaratmadan kullanılabilceğı belirlenmiştir. Tuzluluk tehlikesinin orta ve yüksek olması nedeniyle drenajı kötü olan arazilerde kullanılmaması, zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.3).

5.5.3 Suların Kimyasal Bileşimlerinin Litolojiyle İlişkisi

Yeraltısuları normal koşullarda yağış suları ile beslenirler. Bu sular akifere ulaşmadan önce süzildikleri ortamlarla iyon alışverişinde bulunurlar. Dolayısıyla yeraltısularının kimyasal bileşimleri büyük oranda akiferi oluşturan kayaların mineralojik bileşimleriyle belirlenir. Bu çalışmada su örneklerinin kimyasal sınıflanmasını yapmak ve kimyasal bileşimlerinin şekillenmesinde etken olan litolojiyi tanımlamak için Piper ve Schoeller yarı logaritmik diyagramları kullanılmıştır. Gibbs diyagramı ile de litolojinin bileşim üzerindeki etkinlik derecesi araştırılmıştır.

Bilindiğı gibi suların temel iyonları olan Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} ve HCO_3^- iyonları birincil olarak suların temas halinde oldukları kayaların mineralojik ve kimyasal özellikleri tarafından belirlenir. Suların kimyasal bileşimi üzerinde en etkili olan kayaç grubu, suda hızla çözünen karbonatlar ve evaporitlerdir. Örneğin karbonatlı kayaçlar kalsit ve dolomitçe zengin olduğu için bu tür kayaçlarla temas halinde olan sularla Ca^{++} , Mg^{++} ve HCO_3^- iyonları hakimdir. En önemli ve en yaygın kayaç yapıcı mineral grubundan olan silikatlar ise çok güç çözüldükleri için suyun kimyasal yapısı üzerinde daha az etkiye sahiptir (10). Bu nedenle suların kimyasal bileşimi, geldikleri veya temas halinde oldukları kayaların litolojik özelliklerini yansıtır. Dolayısıyla suların kimyasal sınıflaması, yeraltısularının kökeni, baskın ve toplam çözünmüş iyon miktarı, değişik litolojilerden gelen suların karşılaştırılması, değişik alanlarda kullanılabilme olanakları gibi pek çok sorunu yanıtlamasında yardımcı olur. Piper üçgen diyagramı suların kimyasal sınıflandırılmasında en çok kullanılan diyagramdır.

Bu çalışmada 12 adet su örneğinin analiz sonucu Piper üçgen diyagramına uygulanmıştır. İlgili şekilde de görüleceğı gibi katyon oranlarına göre 1,4,5,11,12 no'lu örnekler Ca^{++} , Mg^{++} 'lu; 3 no'lu örnek Ca^{++} ve Na^{++} 'lu; 8, 9 no'lu örnekler Na^{++} ve Mg^{++} 'lu sular alanında yer alırken 2,7,10 no'lu sular Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} 'lu sular alanında dağılmışlardır (Şekil 5.4).



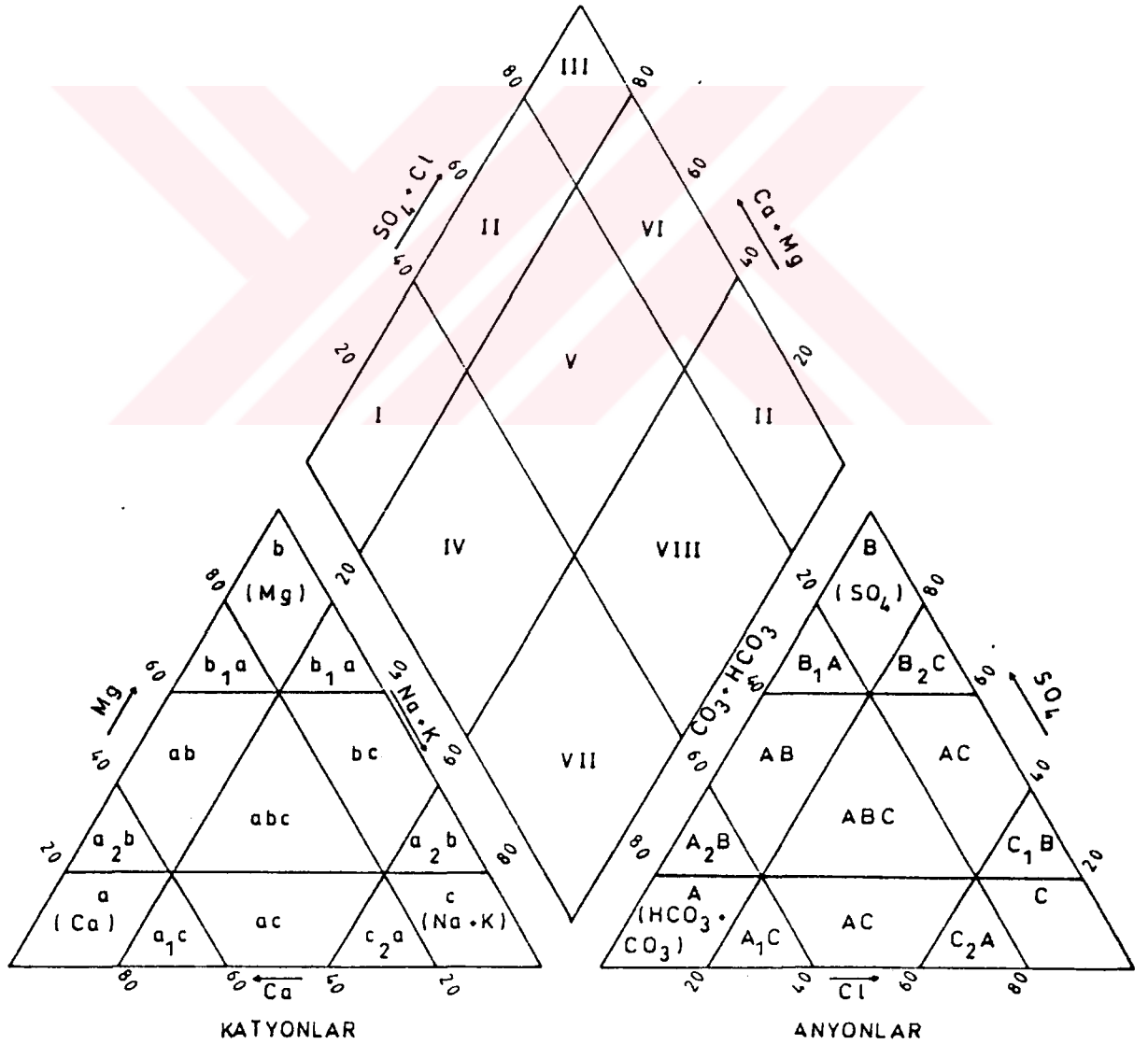
Şekil 5.4 İnceleme Alanındaki Sondaj Kuyuları Sularına ait Piper Diyagramı

Anyon oranlarına göre ise 7 no'lu örnek karışık anyonlu sular grubunda yer alırken 4 ve 12 no'lu örnekler HCO_3^- ve Cl^- 'li; 6 ve 10 no'lu örnekler ise SO_4^{2-} ve HCO_3^- 'li sular alanında dağılmışlardır. Bunların dışında kalan örnekler ise HCO_3^- oranı yüksek olan sular alanında dağılım göstermişlerdir.

Paralelkenar diyagramında ise örnekler baskın olarak karbonat sertliği %50'den fazla olan sular grubunda yer almıştır. 7 ve 9 no'lu örnekler, iyonlarının hiçbirini % 50'yi geçmeyen sular grubunda yer almıştır.

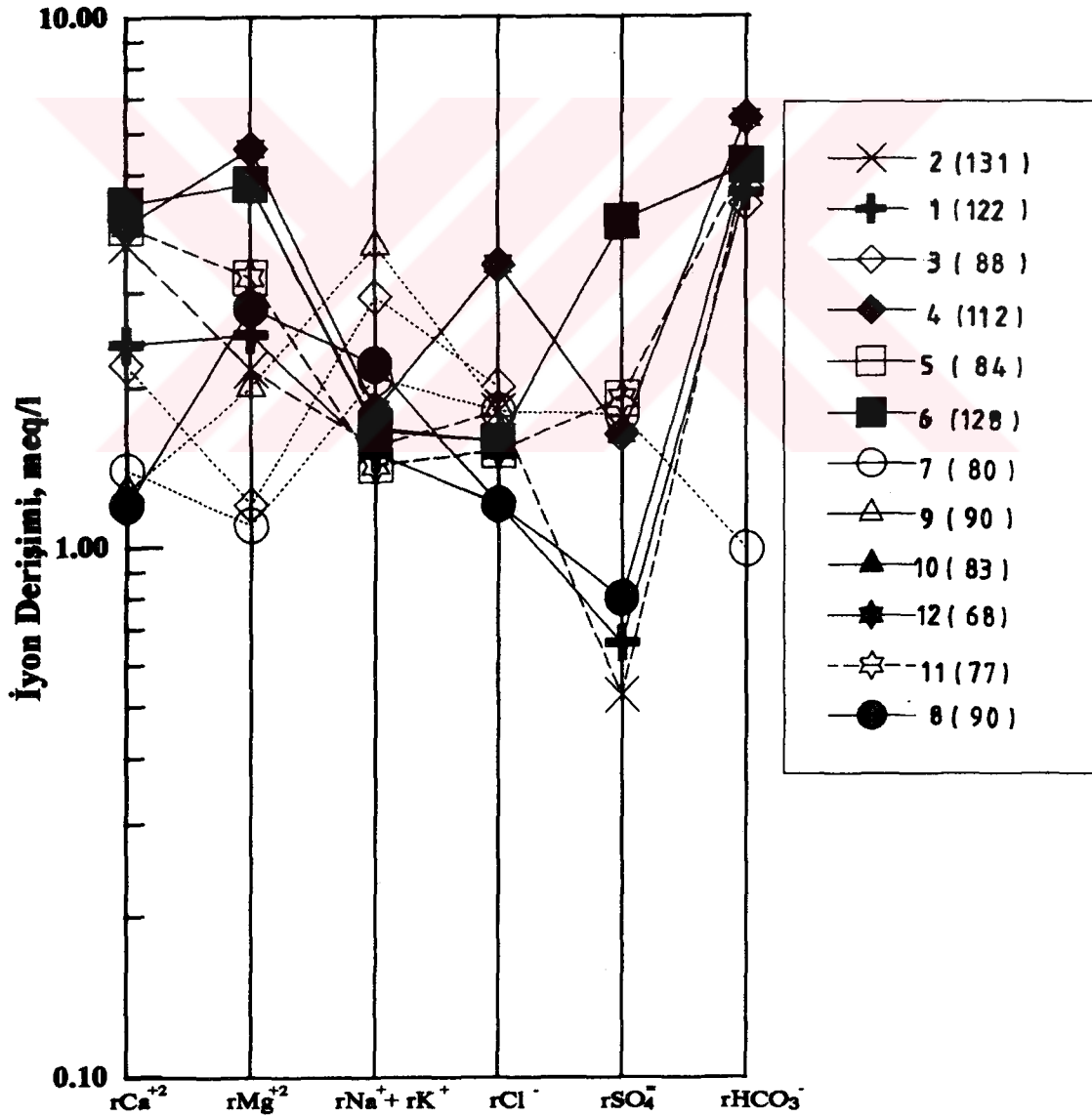
Anyonlar; üçgen diyagramlarda % meq/lt olarak $A(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-})$, $B(\text{SO}_4^{2-})$, $C(\text{Cl}^-)$, AB, BC ve ABC gruplarına ayrılır. A_1C , A_2B , B_1A , B_2C , C_1B ve C_2A alt gruplarını oluşturur. Katyonlar da belli şekilde $a(\text{Ca}^{++})$, $b(\text{Mg}^{++})$, $c(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$, ab, ac, bc, abc ana sınıflarına ve a_1c , a_2b , b_1a , b_2c , c_1b , c_2a alt sınıflarına ayrılır. Anyon ve katyonları tanımlayan noktaların alanlarını romen rakamları belirler (Şekil 5.5).

Buna göre incelenen 12 örneğin Piper diyagramında sergiledikleri kimyasal bileşim havzanın litolojik özelliklerine uyum göstermiştir. Hakim litoloji kumtaşı, kilitaşı ve marndır. Kumtaşlarının kuzeyden Çatalca masifi yönünden taşıyıp gelen kireçtaşı gereçleriyle geliştiği anlaşılmaktadır (3.2).



Şekil 5.5 Üçgen ve Paralelkenar Diyagramlarda Suların Sınıflaması

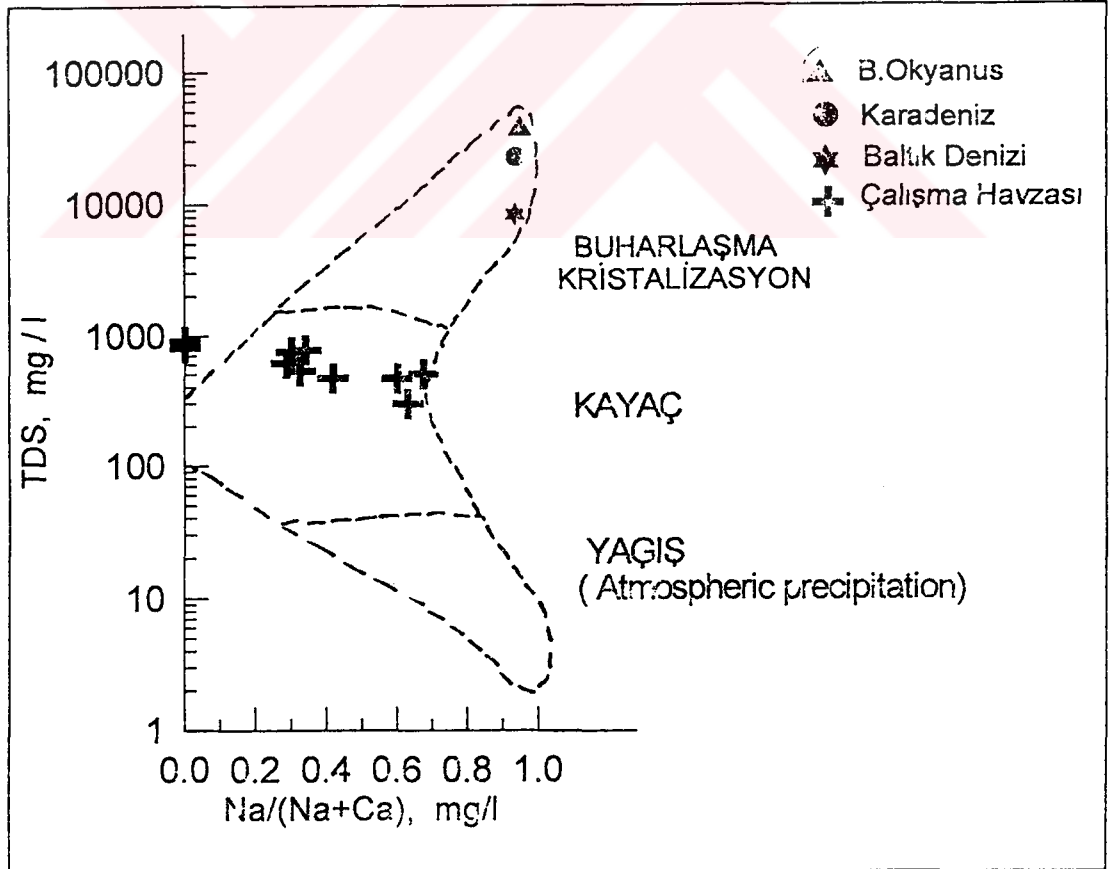
Piper diyagramından elde edilen kimyasal bileşimin litolojiyle ilişkisini ortaya koymak amacıyla örneklerin major anyon ve katyonları Schoellerin yarı logaritmik diyagramına uygulanmış ve sonuçları Şekil 5.6' de verilmiştir. Anyon ve katyonların birbirlerine göre sergiledikleri azalış ve artış trendlerinin yorumuna dayanan bu diyagramdan görüleceği gibi örnekler $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+ + K^+$, $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^+ + K^+$ ve $Na^{++} > K^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$ şeklinde katyon trendi vermişlerdir. Bu da dolomit, kumtaşı, marn, silt ve kil gibi birimlerden gelen suların trendlerine benzer trend vermiştir (10). Anyon trendlerine bakıldığında ise 7 no'lu örnek hariç diğerlerinin $rHCO_3^- > rSO_4^{--} > rCl^-$ ve $rHCO_3^- > rCl^- > rSO_4^{--}$ şeklinde bir anyon trendi verdiği görülmektedir. Literatürde dolomit, kumtaşı, marn, kil ve silt gibi birimlerden gelen suların anyon trendlerinin $rHCO_3^- > rSO_4^{--} > rCl^-$ şeklinde olduğu ifade edilmektedir (10).



Şekil 5.6 İnceleme Alanındaki Sondaj Kuyuları Sularına ait Yarı Logaritmik Schoeller Diyagramı

Buna göre, incelenen örneklerden $r\text{HCO}_3^- > r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{2-}$ şeklinde trend gösteren örneklerdeki klorür yüksekliğinin, litolojide yaygınca izlenen killerin atomik yapılarından dolayı oluşumları sırasında absorbe ettikleri Cl^- 'ü daha sonra temas halindeki sıvı ortama vermeleri gibi ikincil nedenlerden kaynaklanabileceği söylenebilir.

Dünyanın değişik yerlerinden çok farklı özellikte suları inceleyen Gibbs, suların $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$ - TDS (Toplam Çözünmüş Katı Madde) diyagramında geri dönüşümlü bir özellik sergilediğini ve sulardaki iyon zenginleşmesinde yağış, kayaç veya buharlaşma-kristalizasyonun etkin olduğunu ifade etmiştir (11). Örnekler sözü edilen bu diyagrama uygulanmış ve sonuçları Şekil 5.7'de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi sular "kayaç baskın" bölgeye düşmüştür. Bu da incelenen suların, kimyasal bileşimlerini etkileyecek kadar uzun süre yukarıda bahsedilen litolojilerle temas halinde olduğunu gösterebilir.



Şekil 5.7 İnceleme Alanındaki Sondaj Kuyuları Sularına ait Gibbs Diyagramı

SONUÇ VE ÖNERİLER

“İstanbul-Silivri-Kavaklı Havzası ve Dolayının Hidrojeolojik İncelemesi” konulu yüksek lisans tezinden elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiş ve bu bölgeye ilişkin bazı önerilerde bulunulmuştur.

- 1- İnceleme alanının 1/25 000 ölçekli jeoloji ve hidrojeoloji haritaları ile jeolojik ve hidrojeolojik panel diyagramlar yapılmıştır.
- 2- İnceleme alanı içinde yer alan Üst Oligosen yaşlı Gürpınar formasyonu bütün olarak bir yarıgeçirimli taneli ortam oluşturur. Ancak Kavaklı deresi ve Aşağı dere arasındaki bölgede, hakim kumtaşları nedeniyle geçirimli ortam özelliğinde olup yeraltısuyu bakımından verimlidir.
- 3- Bölgedeki akiferler, hem serbest hem de basınçlı akifer niteliğindedir. Üst kısımlarda serbest akifer, altlarda ise basınçlı akifer bulunur. Akiferlerin Eş kalınlık ve taban kotu haritaları hazırlanmış olup 77 ve 80 no’lu kuyuların akifer taban ve kalınlığının en uygun olan bölgede açıldığı anlaşılmıştır.
- 4- Penman yöntemine göre hazırlanmış meteorolojik su bilançosundan elde edilen verilerle inceleme alanının yeraltısı potansiyeli hesaplanmış, buna göre güvenli çekim sınırın 2.000.000 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Yararlanılabilecek su miktarı 500 000 m³/yıl dır. Mevcut kuyuların belge işlemleri tamamlandıktan sonra suni çekim yeniden hesaplanmalı ve yeni kuyulara sınırlı sayıda izin verilmelidir. Kıyı akiferlerinde gözlenen tuzlanmalar dikkate alınarak kuyulardan denetimli su çekilmeli, aşırı pompaja izin verilmemelidir.
- 5- İnceleme alanındaki sondajlardan alınan suların sergiledikleri kimyasal bileşim özellikleri bölgenin litolojik özellikleri ile uyum göstermiştir. Hakim litoloji kumtaşı, kıltaşı ve marn olup kumtaşlarının kireçtaşları gereçleriyle geliştiği anlaşılmıştır.
- 6- Litolojiyle bağlantılı olarak suların büyük bir kısmı sert sular sınıfına düşerken bunlar TS 266’ya göre ikinci kalite sular sınıfında yer almıştır.

7- Sulama suyu olarak böige suları C_3S_1 ve C_2S_1 sınıfında olup toprakta alkali tehlikesinin düşük, tuzluluk tehlikesinin orta ve yüksek olduğu belirlenmiştir.

8- Yeraltısuyu kirlenmesi şu anda yoktur. Ancak önlem almak gerekir. Yüzeyden olabilecek kirlilikten korunulması için açılacak kuyuların ilk 20 metresinin tecrit edilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- 1 - **YÜZER ,E., ÖZTAŞ, T.**, 1984, Yeraltıları Jeolojisi Uygulamaları, İ.T.Ü Maden Fakültesi Ofset Atölyesi, 90 s., İstanbul.
- 2 - İstanbul - Küçükçekmece - Silivri Arası Hidrojeolojik Etüd Raporu, 1984, (Yayınlanmamış D.S.İ Raporu), Bursa.
- 3 - **ERGUVANLI, K., YÜZER, E.**, 1973, Yeraltıları jeolojisi, s. 301-321 Özarkadaş Matbaası, İstanbul.
- 4 - İstanbul - Silivri - Kavaklı Köyü Hidrojeoloji Raporu, 1997, (Yayınlanmamış D.S.İ Raporu), İstanbul.
- 5 - **BOYSAN. H.**, 1995, Geniş Çaplı Kuyu Verimleri ve Sığ Yeraltısıyü Akifer Parametrelerinin Saptanması, İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu Tebliğler Kitabı, s. 93 - 101, İstanbul.
- 6 - **RİDDER, N.A., KRUSEMAN, G.P.**, (Çev.Dilek,R.), 1982, Hidrojeolojide Pompaj Deney Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi, K.T.Ü Matbaası, s. 148-158, Trabzon.
- 7 - **THEİS, C.Y.**,1935, The Relation Between The Lowering of Piezometric Surface and The Rate and The Duration of Discharge of a Well Using Groundwater Storage., Trans.Amer . Geophys,Union. Vol.16, p. 519 - 529
- 8 - **HANTUSH, M, S.**,1964, Hydraulics of Wells, In: Advances in Hydroscience Editor, V.T.Chow, Academic Press, Vol. 1, p. 282-433, Newyork.
- 9 - **ŞEN , Z.**, 1995, İstanbul Akiferlerinin İletkenlik ve Depolama Katsayılarının Hesabı İçin Pratik Bir Yöntem, İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu Tebliğler Kitabı, s. 103 - 109, İstanbul.
- 10 - **ŞAHİNCİ, A.**, 1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, s. 151-246, İzmir.
- 11 - **GİBBS, R.J.**,1970, Mechanism Controlling Worldwater Chemistry Sci. Vol.170, p. 1088 - 1090

ÖZGEÇMİŞ

25.01.1962 yılında yozgat'ta doğdu. İlk öğrenimini 1968-1972 yıllarında Boğazlıyan Kaymakam Kemal Bey İlkokulunda, Orta ve lise öğrenimini 1972-1978 yıllarında İstanbul Kandilli Kız Lisesi'nde tamamladı. 1978 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne başladı. Stajlarını Ankara Maden Tetkik Araştırma'nın Fizibilite ve Antalya Devlet Su İşleri Yeraltısuları Dairesi'nde yaptı. 11.07.1984 tarihinde mezun oldu.

Ankara Ekonomik Basın Ajansında(EBA) 1 yıl süreyle teknik araştırmacı olarak çalıştı. Ankara Büro-Form Madencilik ve Mühendislik'te 2yıl Jeoloji mühendisi olarak görev yaptı. Çeşitli maden sahalarının araştırma,işletme ve fizibilite raporlarını hazırladı. 1987 yılında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'ne Jeoloji Mühendisi olarak atandı. Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü'nün değişik birimlerinde görev almış olup halen İstanbul Köy Hizmetleri 18. Bölge Müdürlüğü Etüd Proje Şube Müdürlüğü'nde görev yapmaktadır.

Köy Hizmetleri'nde içmesuyu amaçlı hidrojeolojik etüdler, sondaj faaliyetleri, hayvan içmesuyu ve sulama suyu amaçlı göletler konusunda çalışmaktadır.

1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Mühendislik Jeolojisi Ana Bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen bu üniversitede öğrenimine devam etmektedir.

Evli ve 12, 13 ve 1,5 yaşlarında 3 kız çocuğu annesidir.

EKLER

Ek A.1 Akifer 1 eş kalınlık haritası

Ek A.2 Akifer 1 taban kotu haritası

Ek B.1 Akifer 2 eş kalınlık haritası

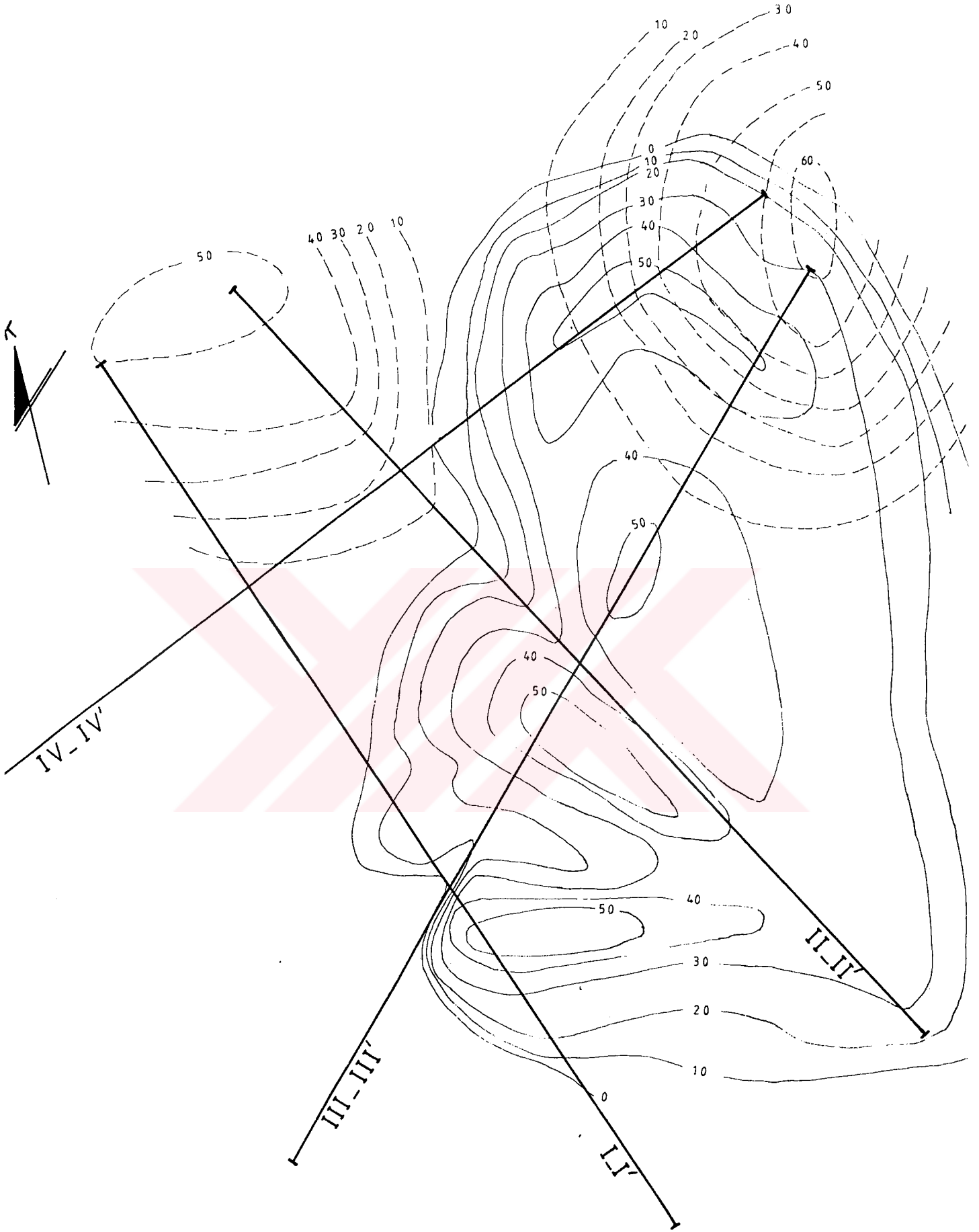
Ek B.2 Akifer 2 taban kotu haritası

Ek C.1 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası ve kesitleri

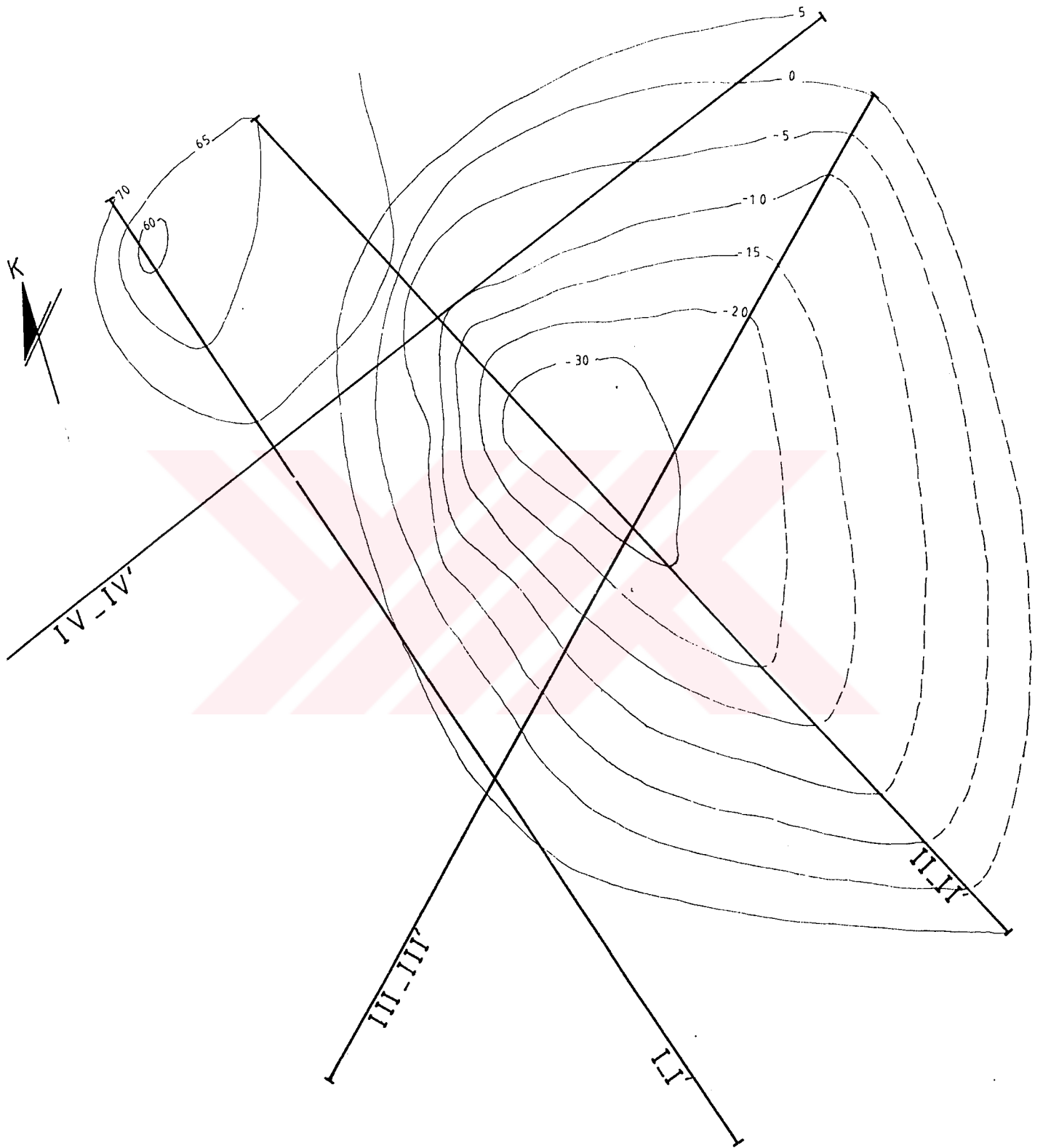
Ek C.2 1/25 000 ölçekli hidrojeoloji haritası ve kesitleri

Ek C.3 Jeolojik ve hidrojeolojik panel diyagramlar

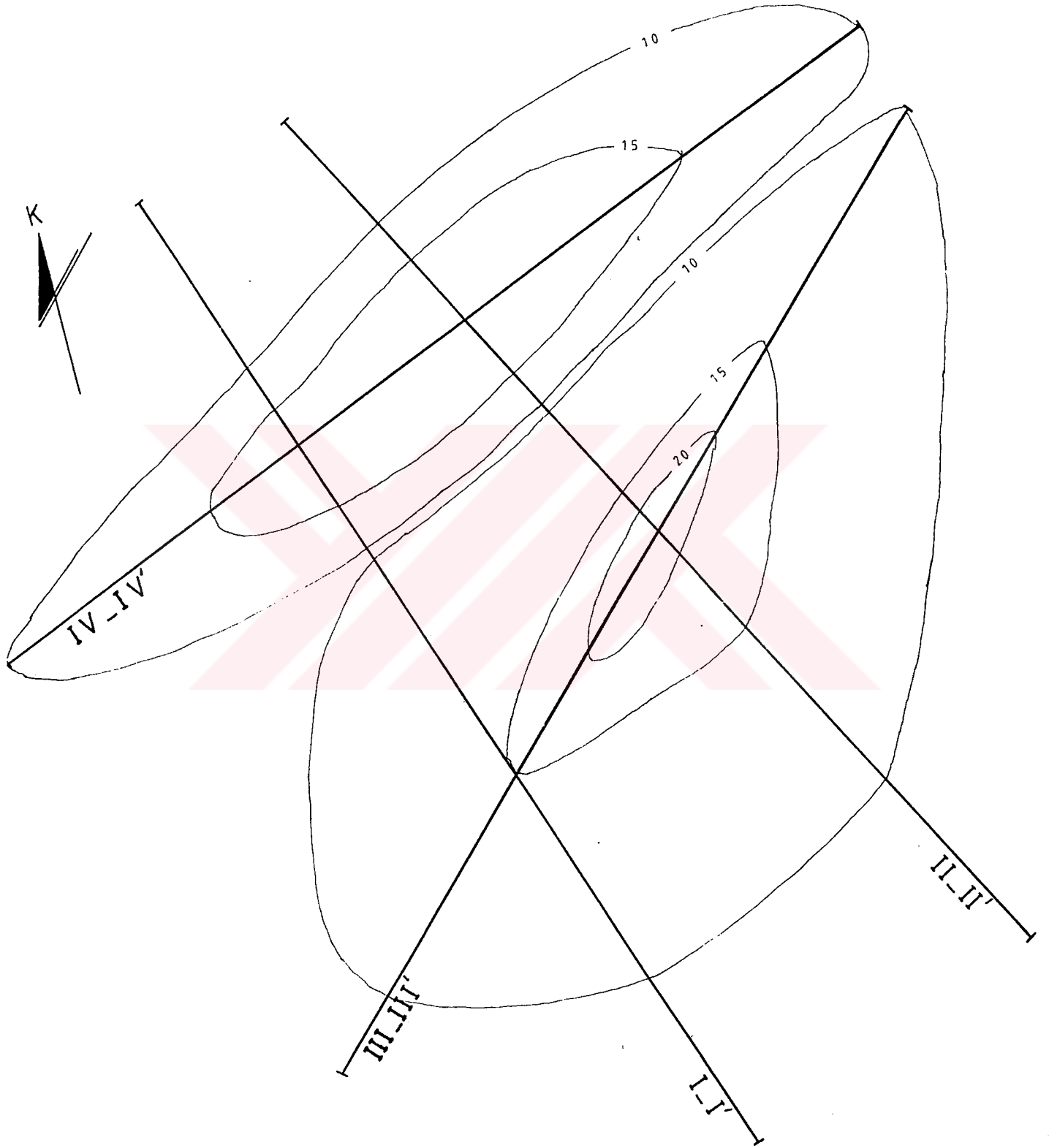




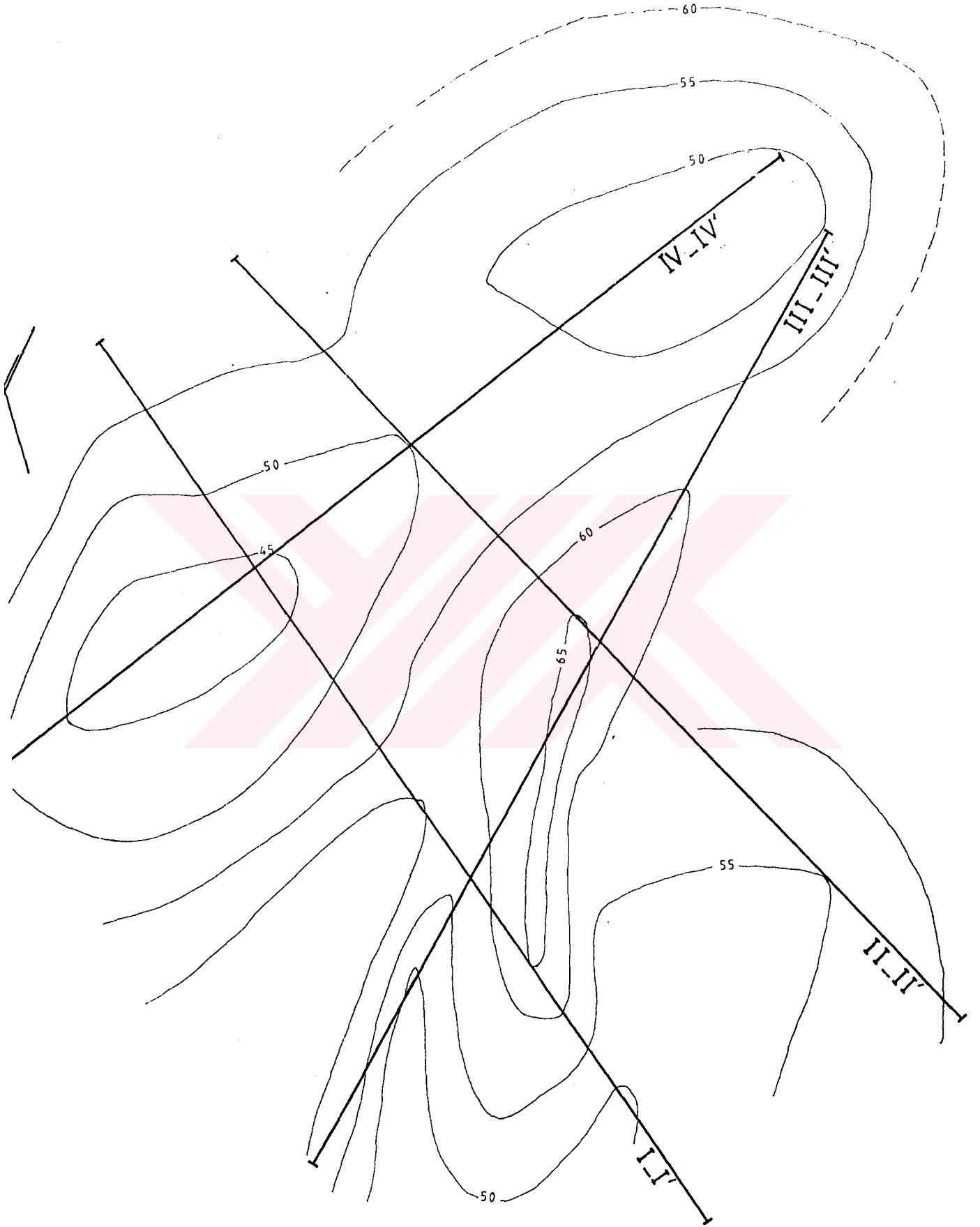
Ek A.1 Akifer 1 eş kalınlık haritası



Ek A.2 Akifer 1 taban kotu haritası



Ek B.1 Akifer 2 eş kalınlık haritası



Ek B.2 Akifer 2 taban kotu haritası