

# FETHİYE OVASI HİDROJEOLÖJİK ETÜDÜ

Mehmet TOPKAYA

*Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara*

ÖZET. — Fethiye ovası etüd sahası 450 km<sup>2</sup> kadardır. Raslanan formasyonlar başlıca çeşitli kalkerler ve yeşil sahrefle alüvyoner formasyonlardan ibarettir. Araziye tektonik bakımdan fay stili hâkim bulunmaktadır. Morfolojik yönden karstik hâdiselerle sel konileri dikkati çekmektedir.

Senelik yağış 1000-1200 mm civarındadır. Buharlaşıma yılda ortalama 1200 mm kadardır. Ortalama sıcaklık 19° dir. Bölgede mevcut küçük çayların kurak mevsimde yaz aylarındaki asgari debileri ölçülerek mevcut jeolojik formasyonların deşarj metodu ile asgari enfiltrasyon nispetleri tâyin olunmuş ve diğfer memleketlerle mukayese edilmiştir. Nihayet bu asgari emsallerden hareket edilerek Fethiye bölgesindeki yeraltı su rezervleri ve kayıpları hesap edilmiye çalışılmıştır.

## A. BÖLGENİN COĞRAFYASI

### a. Vaziyet, topografya

Burada hidrojeolojik etüdü yapılan saha, Muğla vilâyetine bağılı Fethiye kazası civarında bulunmaktadır. Fethiye ovası esas itibariyle şehrin kuzey ve doğusunda uzanır. Etüd edilen saha ise bu ova ile alâkalı olan hidrografik şebekeyi içine almaktadır. Böylece deniz kenarından itibaren daralarak doğuya uzanan Fethiye ovasının uzunluğu 12 km ve kuzeyden güneye en geniş olduğı yerdeki mesafe ise 5 km civarındadır. Fethiye ovasının rakımı umumiyetle sıfır ile 200 m arasında değışir. Fakat en büyük saha kaplıyan batı kısmının rakımı en çok 50 metreye kadar çıkar. Bölgede Fethiye ovasından maada diğfer bazı ovalar da tetkik edilmiştir. Bunlar arasında bilhassa kuzeyde Üzümlü ovası ile güneyde Kaya ve Ovacık ovalarını zikredebiliriz. Kalkerli arazide ve karstik hâdiseler neticesi teşekkül etmiş olan Çenger, Güney, Güzle, Geyran ovaları ve Mendos alanı gibi düzlükler de mevcuttur (Ek I, II, III).

Üzümlü ovası 7 km uzunluğunda ve 2-3 km genişliğinde olup, ra-

kımı 500-550 m arasında değişir, kuzeye karşı mahfuz ve dağlar içinde oldukça mühim bir ovadır.

Kaya ovasının rakımı 140-160 m arasında değişir. Doğudan batıya 5 km kadar uzanır. Genişliği ise 1 km civarındadır. Ovacık köyleri ovası ise rakımı 300-350 m arasında olan, eni ve boyu 2-3 km arasında değişen bir düzlüktür.

Diğer ovalara gelince, bunlar arasında Çenger 550 m, Güney 600 m. Güzle 900 m, Geyran ovacığı 1050 m, Mendos alanı 1450 m yükseklikte olan düzlüklerdir. Bu düzlüklerin eni ve boyu ekseriya 500 metreyi geçmez, içlerinde 1 km uzunluğu haiz olanlar nadirdir.

Tetkik edilen arazi 450 km<sup>2</sup> civarındadır. Arazi bilhassa çok dağlık ve kayalık olup, hemen her taraf sık orman ve fundalıklarla kaplı bulunmaktadır. Böylece arazinin en büyük kısmını taşlık ve ziraate elverişli olmayan yerler teşkil etmektedir. Yukarda zikredilen ziraate elverişli toprakları haiz yerler ise, bilhassa sahil boylarına ve dağlar arasında bazı düzlüklere münhasır kalmakta ve tetkik sahasının ancak 1/6 sini teşkil edebilmektedir. Bu suretle toprağın bu kadar dar olduğu bu bölgede, yükseklerde dahi olsa en küçük düzlüklerin bile istisnai bir ehemmiyeti olacağı aşikârdır.

## **b. Meteorolojik vaziyet**

Fethiye ovasında senelik ortalama yağış 1000-1200 milimetre civarındadır. Burada tebahhurat istasyonu henüz mevcut değildir, en yakın ve Fethiye'ye iklim bakımından benzerliği olan Antalya'da serbest su sathından yıllık ortalama tebahhurat 1200 milimetre civarındadır. Yıllık ortalama sühnet ise 19 derecedir.

İklime ait yukarda kısaca kaydedilen, yağış, sühnet ve tebahhuratm yeraltı sularının teşekkülünde ne dereceye kadar âmil olduklarını anlatmak için bu faktörlerin diğer hususiyetlerini de ayrıca kaydedelim.

**Yağış.**— Yıllık yağış 1000 milimetre olduğuna göre, bunun mevsimlere nazaran taksimi şöyledir: İlkbahar 150 mm, yaz 15 mm, sonbahar 200 mm, kış ise 635 mm dir.

Yağış şekilleri: Yağmur, kar, kırağı, çığ, dolu vesair şekilleriyle kaydedilmemiş olmakla beraber, senenin 75 gününde 0.1 mm den fazla ya-

ğışlı günler bulunduğu yılın 31 gününde 10 mm den fazla yağış bırakan günler kaydedildiği görülmüştür. Keza 1939 dan beri yapılan rasatlara göre günlük en çok yağışın 12 nci ay içerisinde olduğu ve bunun bir günde 204 milimetreyi aştığı tesbit edilmiştir. Senelik ortalama yağışın 445 milimetresi saat 21 ile 7; 260 milimetresi 7-14; 283 milimetresi de 14-21 arasında düşmektedir.

### c. Fethiye ovası etüd sahasının jeolojik durumu

Fethiye ovasında tetkik ettiğimiz sahayı jeolojik formasyonların hâkim oluşuna göre kuzeyden güneye doğru dört kısma ayırmak mümkündür:

1. *Kuzeyde kalkerler bölgesi.*— Bu kısımda Üzümlü ovasını bilhassa doğu, kuzey ve kuzeybatıdan çevreleyen ve bu ova etrafında birer duvar gibi yükselen yüksek kalker dağları mevcuttur. Bu kısımdaki kalkerlerin yaşı Permo-Karbonifer, Trias, Kretaseden ibarettir. Bu kalker dağları arasında yalnız Üzümlü ovası alüvyonları oldukça geniş bir saha kaplamaktadır. Eosen flişi, serpantin, Neojen ve alüvyon gibi formasyonlar kuzey bölgesinde cüzi bir saha işgal etmektedir (Ek No. II ve Ek No. III teki 1 ve 2 kesitlerini görünüz).

2. *Üzümlü-Fethiye arası serpantinler bölgesi.*— Bu saha bilhassa Fethiye ovası alüvyonlar sahası kuzeyinde kalan ve yeşil sahrelerden ibaret olan bölgedir. Kuzeyden Üzümlü ovası ve kalkerlerle tahdit edilmiştir. Serpantinler sahası hakikatte Fethiye ovasının doğu ve batısında da yer almaktadır. Güney hududu Fethiye ovası alüvyonları ile sınırlanır. Bu bölge hemen münhasıran yeşil sahrelerden müteşekkildir. Ötede beride alüvyonlar mevcutsa da serpantinler vaziyete hâkimdirler (Ek No. II ve III ten 3 ve 4 kesitlerini görünüz).

3. *Ortada Fethiye ovası alüvyoner sahası.*— Burası tetkik edilen bölgenin en çukur kısmını teşkil eden bir düzlüktür. Bilhassa güneyde birdenbire duvar gibi yükselen 1775 m yüksekliğindeki Mendos dağı dibinde hakikî bir hufre manzarası arz etmektedir (Ek No. II ve III ten 7 ve 8. kesitlerin tetkiki).

4. *Güneyde Mendos ve Belen dağı masif kalkerler bölgesi.*— Bu bölgede kalkerler çok daha geniş sahalar işgal ederler. Buradaki kalker dağları kuzeydekilere nispetle çok daha heybetli bir durumdadırlar ve

âdeta deniz kenarında birden yükselen nihayetsiz birer uçurum halindedirler. Buradaki kalkerlerin hemen ekserisi Trias kalkerlerinden ibaret olup, Kretase ve Eosen kalkerleri nispeten daha küçük aflörmanlar halinde oldukça az bir saha işgal ederler. Kaya ve Ovacık köyleri alüvyoner sahaları bu kalker dağlarının ortasında yer almaktadırlar (Ek No. II ve III üzerinden kesit 6-7-8 in tetkiki).

#### **d. Tektonik ve morfoloji**

Bölgenin tektonik vaziyeti ve morfolojisi hakkında jeolojik kısımda biraz malûmat verilmiştir. Mevcut jeolojik harita ve kesitlerin de yardımıyla tektonik ve morfoloji bakımından aşağıdaki hususiyetleri belirtmek yerinde olur.

1. Kuzeyde bir antiklinal ve monoklinal teşkil eden yüksek kalker dağları bölgesi Geyran dağı ve Haticeana dağı bu bölgededir. Tektonik bakımdan olduğu kadar, morfolojik bakımdan da fay stili hâkim bulunan ve merdiven vari basamaklar teşkil eden kalker blok dağları bölgesidir. Bu antiklinalin nüvesi bizce meçhul kalmaktadır. Üzümlü ovası inhidam bölgesi bu muntakada yer alır. Ovanın morfolojisine hâkim olan yine faylar ve bir dereceye kadar sel mahdutlarıdır.

2. Nispeten irtifai az serpantinler bölgesi, burada yine faylar hâkim bulunmasına rağmen, serpantinlerin sertlik bakımından oldukça mütecanis bulunmaları sebebiyle buradaki topoğrafik manzara kalker bloklarına nispetle daha munis şekiller arz etmektedir. Civardaki dağınık kalker emarelerine bakılırsa serpantinler bölgesinin eski ve çok faylı bir antiklinalin nüvesi olduğu anlaşılır.

3. Fethiye ovası inhidam havzasında sathan sel mahrutları göz alıcı bir vaziyet arzeder. Ova kenarında kuzeyde Eosen flişi, güneyde Kretase kalkerlerinin mevcudiyetine nazaran burası oldukça büyük çapta bir graben teşkil etmektedir. Güneyde doğudan batıya uzanan bir fay vaziyeti oldukça bariz bir şekilde morfolojik olarak ve mevcut membalarla kendini hissettirmektedir. Kuzeyde fay olarak ovayı sınırlandıran katî bir emare görülememiştir.

Fethiye ovası bir graben teşkil ettiğine göre, alüvyonlar altında Trias ve Kretase kalkerlerinin ve belki de Eosen grelelerinin mevcut olabilmesi ihtimalini ortaya koymaktadır. Fliş grelelerinin mevcudiyeti pek zarar

vermez. Fakat alüvyonlar altında kalkerlerin mevcut olması hali gayet tehlikeli bir durum doğurabilir: Bu takdirde alüvyonlar içerisinde su terakümü güçleşmiş olacaktır.

Bilhassa Çaka civarında ovaya doğru çıkıntı yapan Kretase kalkerleri ile kuzeyde Eldirek civarındaki flişin mevcudiyeti kuzey güney istikametinde fayların ovayı kesmiş olabilecekleri ihtimalini ortaya koymaktadır. Böylece Çalca'dan kuzeye uzanan bir yeraltı kalker eşiğinin mevcudiyeti çok daha kuvvetli bir ihtimal dahilindedir.

Bu kalker eşiği ovanın doğudan beslenmelerine beklenmedik bir istikamet verebilir.

Gerek bu eşik gerekse alüvyonlar altında kalkerlerin bulunup bulunmadığı sondajlar esnasında dikkat edilmesi gereken bir keyfiyettir: Karaçulhalılar tarafında ovada Çaka civarında 30 metreden daha derin kazılan kuyularda suya raslanmamıştır.

4. Mendos ve Belen dağı kalkerler bölgesi: Bu bölgenin doğudan batıya uzanan kompleks bir antiklinal teşkil ettiğini evvelce söylemiş-tik. Yine vaziyete fayların hâkim bulunduğu bu bölgede piyano tuşları halinde kırılmalar kuzeyden güneye arzani faylarla olduğu kadar, doğu batı istikametinde de bünyeyi parçalamış ve kompartımanlara ayırmış bulunmaktadır (Ek No. II ve III üzerinde 6-7-8 kesitlerinin ve Mendos dağı ile Baba dağının tetkiki).

Mendos masifi Ovacık doğusunda daha hâkim bir vaziyettedir. Belen dağı kitlesi ise Kaya bölgesini içine alan ayrı bir kademe teşkil eder. Arada bu iki kitleyi ayıran ve Ovacık üzerinden geçen büyük bir fayın mevcudiyeti morfolojik olarak göze çarpmaktadır. Bu fay dolayısıyla ve erozyon neticesi Ovacık Fethiye arasında kalkerlerin altından serpantinlerin çıktığını görmekteyiz. Bu hâdise bölgenin tektoniği kadar hidrojeolojik bakımdan da çok önemlidir; böylece kalkerlerin altında Mendos ve Belen dağı antiklinalinin nüvesinin bir serpantin kitlesi olması ihtimali ortaya çıkmaktadır. Daha yakından takib edilirse, Mendos dağı doğusunda ve Boz Göben köyü civarında serpantinlerin kalkerler altında yer aldığı ve 250-300 rakımına kadar yükseldiği görülür, Mendos dağı antiklinali aksi istikametinde ve 300 m rakımında serpantin butonyerinin mevcudiyeti, Oyuk tepe ve Kızılada doğrutusunda, ye-

rüstünde olduğu kadar, yeraltında da ovaya nispetle 300 m yüksekliğinde bir duvar gibi empermeabl bir kitlenin mevcut olduğunu göstermektedir. Bu vaziyet bilhassa iki bakımdan mühimdir:

1. Fethiye ovasında alüvyonlar içerisinde teraküm eden suların güneydeki kalker kitleleri yolu kaybolması imkânı ortadan kalkmaktadır.

2. Güneyde bulunan kalkerler sahası Fethiye ovası yeraltı suları için bir beslenme sahası teşkil etmektedir. Bu sahanın hududu takriben mevcut yerüstü hidrografik şebekesinin aynıdır (Ek No. IV te yeraltı eşikleri hududunun görülmesi).

Mendos dağı bölgesinde Kaya ve Ovacık ovalan birer inhidam havzalarıdır. Bütün Fethiye bölgesinde kalkerlerin hâkim bulunması ve bunların mâruz kaldığı inhilâller neticesi arzettikleri karstik manzaralar bölgenin morfolojik bakımdan zikre şayan diğer hususiyetlerindedir.

Fethiye bölgesi tektonik bakımdan Ege-İranidleri'nin bir kolu olarak ve Önelidler diye isimlendirilmiştir. Alp iltiva sisteminde Rodos, Girit ve Yunanistan üzerinden Binaridler'in bir temadisi olarak kabul olunmaktadır.

Bölgede mevcut Eosen flişi ve Neojen formasyonlarının tetkiki bu iltivalanma ve kırılmaların en az Eosende başlayıp Neojende de devam ettiğini gösterir mahiyettedirler.

## B. FETHİYE OVASININ HİDROJEOLOJİSİ

Buraya kadar incelemiş olduğumuz bahislerde yeraltı sularının teşekkülünde sırasıyla mühim rol oynayan topoğrafik, meteorolojik ve tektonik durumları ele almış bulunmaktayız. Mütaakıp bahislerde bu faktörler arasındaki münasebetleri tesis etmemiz icab etmektedir. Ancak bu münasebetler tesis edildikten sonradır ki yeraltı sularının mahiyet ve rezervleri hakkında bir fikir edinmek mümkün olabilecektir.

### **Jeolojik formasyonların hidrojeolojik bakımdan tasnifi**

Etüd ettiğimiz Fethiye bölgesinde mevcut jeolojik formasyonların kapladığı saha 450 km<sup>2</sup> kadardır. Bunun sırasıyla 130 km<sup>2</sup> si serpantin, 2 km<sup>2</sup> si Permo-Karbonifer kalkeri, 180 km<sup>2</sup> si Trias kalkeri, 2 km<sup>2</sup> si Kretase kalkerleri, 3 km<sup>2</sup> si Eosen kalkeri, 9 km<sup>2</sup> si Eosen flişi, 2 km<sup>2</sup> si Neojen, 25 km<sup>2</sup> si lâteritik alüvyon, 45 km<sup>2</sup> si fluvial alüvyon, 30 km<sup>2</sup> si alüvyonlardan

ibarettir. Bu jeolojik formasyonların suya karşı haiz oldukları vasıflar göz önüne alınarak dörde irca etmek mümkündür:

1. Büyük çapta geçirgen formasyonlar, bilûmum kalkerler bu gruba it-hal edilmişlerdir. Trias, Kretase ve Eosen kalkerleri sahası 210 km<sup>2</sup> kadardır.

2. Küçük çapta geçirgen formasyonlar, bütün toprak ve alüvyon gibi ince taneli ve möbl malzeme bu grupta yer almaktadır. Alüvyon, elüvyal ve lâteritik alüvyonlar sahası 100 km<sup>2</sup> kadardır.

3. Yarı geçirgen formasyonlar, şisti gre, gre ve marn gibi formasyonlar buraya toplanmıştır: Eosen flişi, Neojen marnları sahası 11 km<sup>2</sup> kadardır.

4. Empermeabl (geçirgen olmıyan) formasyonlar bilûmum yeşil sahreler, yani etüd esnasında serpantin diye bir kelime ile ifade ettiğimiz (peridotit, piroksenit, serpantin, gabro, diabaz, split, şisti serpantin ve talk formasyonları) sahası 130 km<sup>2</sup> kadardır.

Bu izahattan anlaşılacağı üzere yarı geçirgen formasyonları, pek cüzi bir saha kapladıklarından, ihmal edebiliriz. Şu halde havzada hidrojeolojik bakımdan ele alınması gereken üç formasyon kalmaktadır: Serpantinler, kalkerler, alüvyon ve elüvyonlar.

### **Akış, tebahhurat ve enfiltrasyon nispetlerinin tâyini**

Yağışın hangi nispetlerde toprağa nüfuz ederek yeraltı sularını beslediğini bilmeye çok ihtiyaç vardır. Akış, tebahhurat ve enfiltrasyon nispetleri ancak uzun seneler yapılan ölçüler neticesi dakik olarak tesbit edilebilmektedir. Ancak böyle bir etüd mevcut olmadığı takdirde, elde mevcut kısa müşahedeler ve ölçülerle iktifa edilerek takribi de olsa bazı neticeler istihsaline çalışmak bugün için bir zarurettir. Bu mevzuda takibedilecek diğer bir yolda etüd bölgemize müşabih bölgelerde elde edilen neticelerle mukayese ve kontrol etmek olacaktır.

Aşağıda görüleceği üzere bölgede mevcut bazı akarsuların tetkiki neticesi, akış hakkında doğrudan doğruya elde edilen ölçülere ve hesaplara istinaden indirekt olarak tebahhurat ve enfiltrasyon hakkında da başka memleketlerle mukayese edebilir doneler elde edilmektedir.

### **Bölgede mevcut bazı akarsuların ve çayların tetkiki**

1. *Değirmendere çayı*. — Sahası 36 km<sup>2</sup> elüvyon, alüvyon, serpantin ve kalkerlerden müteşekkildir. Akış yazın asgari 4 lt/san. km<sup>2</sup> (yani 1

km<sup>2</sup> saniyede asgari 4 litre akış isabet etmektedir). Bu miktar senelik yağışın % 13 ünü teşkil etmektedir. Bu suretle âzami tebahhurat ile enfiltrasyon mecmuununun % 87 olması icabeder.

2. *Koca çay veya Karacasu deresi.*— Sahası 56 km<sup>2</sup> elüvyon, alüvyon, serpantin ve kalkerlerden müteşekkildir. Akış yazın asgari 1 lt/san. km<sup>2</sup> dir. Bu miktar senelik yağışın % 3 ü kadardır. Bu miktar çok azdır; bunun sebebi yerüstü havzası ile yerüstünün intibak halinde olmamasıdır. Bu suretle Karacasu deresi havzasına ait sular yeraltından Değirmendere çayını beslemektedir. (Ek Nos II ve III üzerinden kesit 3 ü ve Taşdi mevkiindeki fayı ve tabaka durumunu tetkik edin.) Bu şekilde yan yana bulunan bu iki çayın asgari akış emsalini ortalama % 8 kabul etmek daha doğru olur.

3. *Çerçi boğazı çay.*— 32 km<sup>2</sup> sahası vardır, bu saha elüvyon, alüvyon ve serpantinlerle kaplıdır, kalker yoktur. Asgari akış yazın 3 lt/san. km<sup>2</sup> dir. Bu miktar senelik yağışın % 9.6 sini teşkil etmektedir. Tebahhurat ile enfiltrasyon birlikte % 90.4 eder.

4. *Eldirek boğazı çayı.*— Sahası 26 km<sup>2</sup> dir, elüvyon, alüvyon ve serpantinlerden maada kalkerlerde mevcuttur. Hattâ cüzi miktarda Neojen ve Eosen formasyonlar da bulunmaktadır. Yazın asgari akış 1.5 lt/san, km<sup>2</sup> dir; bu ise senelik yağışın % 6 sını teşkil etmektedir. Burada yine tebahhuratla birlikte enfiltrasyonun âzami kıymeti için % 94 kalmaktadır. Yukardaki dört çayın akış neticelerine göre akış nispeti % 3 ile % 13 arasında değişmekte ve bu kıymet yaz ayında vuku bulan asgari akışa ait bulunmaktadır. Geriye kalan tebahhurat ile birlikte enfiltrasyon yekûnu bir âzami kıymet olarak % 87-97 arasında değişmektedir.

Enfiltrasyonu bulmak için, akıştan bakiye kalan miktardan tebahhuratı çıkarmak icabedecektir. Avrupa için tebahhurat:

$$E = (0.058 P + 406) \text{ mm olarak hesap edilmiştir.}$$

Yukarki formülde E tebahhurat milimetre olarak, P yağış milimetre ve neticede milimetre olarak elde edilmektedir.

Bu formül ile Türkiye'de bir hesaba girişmenin doğru olup olmayacağı ayrı sualdir. Bundan maada nazari bir hesap Fethiye için P = 1000 milimetre alınarak E =463 milimetre bulunur. Bu netice tatminkâr değildir. Zira akış çıktıktan sonra enfiltrasyonun % 40 a yakın bir kıymet alması icabedemektir ki böyle hususi bir etüd için asla kabul edilemez.



Bu neticelere göre asgari kıymetler üzerinde durarak meseleyi başka bir yoldan mütalâa etmek icabetmektedir.

Yukarda dört çay için hesap edilen akışların vasatı % 8 dir. Bu kıymet beslenme sahasında kalkerler bulunmayan Çerçi boğazı için hesap edilen % 9.6 ya yakındır. Akışın bu miktarlardan (yani % 8-10 dan) fazla olduğu havzalarda kalkerler gibi daha geçirgen formasyonlar bulunmaktadır. Diğer taraftan akışın % 8-10 dan az olduğu havzalarda ise (Eldirek boğazı çayı gibi) çayın yatağını teşkil eden alüvyonlar içerisinde kolmatajın iyi olmadığına ve bu suretle bazı kayıplar vuku bulmasına hamledebiliriz.

Netice olarak şunu söyleyebiliriz: Fethiye bölgesinde Çerçi boğazı deresi gibi, yukarı havzası alüvyon ve tahallül etmiş serpantinlerden, aşağı kısmı ise alüvyonlardan ibaret bir çay havzasında asgari akış yazın vuku bulmakta ve bu miktar kilometre kareye saniyede 3-4 litre civarında olup, senelik yağışın % 8-10 unu teşkil etmektedir. Bu neticeye şunu da ilâve edelim ki arazi kamilen çam ormanlarıyla kaplıdır. Ayrıca beslenme havzasında kalkerlerin mevcudiyetiyle elde edilen bu akış nispetleri artmak istidadını göstermektedir.

Meteorolojik durum gözden geçirilirse, bu asgari akışın tesbit edildiği yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) yağış mecmuu yalnız 14. milimetre olduğundan, yeraltı sularını beslemekte hemen hiçbir rolü olmayacağından ihmal edilebilir. Bu demektir ki, yazın ölçülen asgari akım membalardan, yani yeraltına enfiltrasyon sulardan geliyor. Şu hale göre yazın ölçülen asgari akımı havzanın asgari enfiltrasyon emsali olarak alabiliriz. Âzami kıymeti asgarinin belki 1,5-2 misli olabilir, fakat biz yalnız asgari-ler üzerinde çalışmak istiyoruz. Bununla beraber elde ettiğimiz bu neticeyi sırf düz vadileri kaplıyan çakıllı alüvyonlara ve dağlık bölgelerdeki çok çatlaklı kalkerlere teşmil edemeyiz. Bu suretle çok boşluklu olan bu sahrer için asgari elde edilenin 2 mislini almak icab edecektir. Bu hesaplara müşahede ve tecrübelerimizi de ilâve ederek şu neticeyi çıkarmaktayız.

Fethiye ovasında yeraltı sularının beslenmelerini hesap ederken enfiltrasyon emsalini elüvyon ve lâteritik alüvyonlar için asgari yuvarlak rakam olarak % 10, çakıllı ebuli ve flüviyal alüvyonlar için asgari ve yine yuvarlak rakam olarak % 15, kalkerler için asgari % 20 olarak kabul edebiliriz.

Yukarda Fethiye bölgesi için istihsal ettiğimiz neticeler Fas'ta elde edilen neticelerle mukayese edilir durumdadır. Çerçi Fas, Fethiye bölgesine nispetle biraz güneyde kalmaktadır. Fakat mukayese edilen Orta Atlas dağları, vasati sühnet, yağış ve jeolojik bakımdan oldukça müşabehet arz etmektedir. ROBAUX (1952, s. 18) Fas'ın Orta Atlas dağları kalkerli kısmında Mamora bölgesinde enfiltrasyonun % 22 ve % 30 arasında değiştiğini bildirmektedir. Bu neticeye göre Mamora bölgesinde akış zayıf olduğundan, tebahhuratın % 70 yahut % 80 olabileceği anlaşılmaktadır. Aynı müellif (s. 19) alüvyonlar gibi çok geçirgen bir arazide senelik yağış mecmuu zayıf dahi olsa, her yağışta 20-30 milimetreden aşağı düşmemek üzere vuku bulan sağanak halindeki yağışların % 15 yahut 20 sinin yeraltına mal olabileceğini ilâve etmektedir. Elde edilen akış neticeleri de ROEDERER'in neticeleriyle mukayese edilebilecek durumdadır (s. 21-31).

Bu mukayese de gösteriyor ki, Fethiye bölgesi için elde edilen emsalleri emniyetle kullanabiliriz.

*Yeraltı sularının toplandığı yerler.*— Yukarda yeraltı sularının Fethiye bölgesinde umumiyetle harekette olduğunu belirttik. Böylece bölgede fosil su bulunmadığı gibi hakikî bir artezyen bünyesi de mevcut değildir. Mevcut artezyen ve yarı artezyenler arızı olup, ebuli ve sel mahrutlarıyla alüvyoner sahaların aşağı kısımlarına inhisar etmektedir, fişkırımları 20-30 santimetre olup bazıları yazın artezyen vaziyetini kaybederek âdi kuyulara inkılâp ederler. (Ek. VII de Bölge XIII ten culfalar kısmına bakınız).

Bununla beraber Fethiye bölgesinde yeraltı sularının eğlendiği, yığıldığı veya kısmen depo yaptığı yerler mevcuttur. Bunun sebebi bizzat Fethiye ovasında denize yakın kısımlarda meylin değişmesi ve bilhassa ince milli formasyonların yeraltı sularından kolayca süzülüp geçmesine bir mania arzetmesinden ileri gelmektedir. Üzümlü, Kaya ve Ovacık ovaları ile diğer küçük düzlüklerde yeraltı sularının toplanabilmesi, ebuli sel mahrutu ve lâteritik alüvyonların teşkil ettikleri cep halinde bünyelere ovaları dolduran maddelerin inceliği ve tabakaların müsait ondülasyon veya inhinalar göstermesine bağlı bulunmaktadır. Daha mühimmi bu ovalarda mevcut gevşek materyelin temelinin kalker veya serpantin olması bu bünyelerde su toplanıp toplanmamasında birinci derecede rol oynamaktadır.

**Yeraltı su rezervlerinin tahmini.** — Yeraltı sularının harekette olmakla beraber kısmen toplanma imkânları bulabileceği yerler: Fethiye ovası, Üzümlü ovası, Kaya ovası ve Ovacık'tır.

**Fethiye ovası.**— Sahası 180 km<sup>2</sup> kadardır. Buna beslenme sahası, Çerçi boğazı ve Eldirek çayları bölgeleri de dahildir. Bunun 75 km<sup>2</sup> si serpantin ve alüvyonlardan, 45 km<sup>2</sup> si flüvyal alüvyonlardan, 60 km<sup>2</sup> si Trias kalkerlerinden ibaret bulunmaktadır.

Evvelce tesbit etmiş olduğumuz infiltrasyon nispetlerini alarak Fethiye ovasından bir senede alüvyonlar içinden geçen su miktarını tahminî olarak hesap edebiliriz.

	Yağış	Enfiltrasyon
<i>Kuzeyden beslenme</i> : Serpantin alüvyon sahası (75 km <sup>2</sup> , yağış 1000 mm, enfiltr. % 10) .....	75 000 000 m <sup>3</sup>	7 500 000 m <sup>3</sup>
<i>Güneyden beslenme</i> : Trias kalkerleri sahası (60 km <sup>2</sup> , yağış 1000 mm, enfiltr. % 20) .....	60 000 000 m <sup>3</sup>	12 000 000 m <sup>3</sup>
<i>Orta Fethiye</i> : ovası üstten beslenme (45 km <sup>2</sup> , yağış 1000 mm, enfiltrasyon % 15) .....	45 000 000 m <sup>3</sup>	8 750 000 m <sup>3</sup>
<b>Y e k ü n</b> .....	<b>180 000 000 m<sup>3</sup></b>	<b>28 250 000 m<sup>3</sup></b>

Bu neticeye göre Fethiye ovası alüvyonları için senede yandan ve üstten beslenmeler mecmuu olarak, 28 milyon metre küp civarında yeraltı suyu cereyan ediyor demektir. Yığılma ve birikmeler de olmaktadır, fakat bu ancak beslenmenin kuvvetli olduğu ilkbahar ve kış aylarına tekabül etmektedir.

Bu 28 milyon metre küp yeraltı suyundan hiç kaybı vuku bulmadığı veya herhangi bir şekilde tamamının sondaj ve saire yolu ile kaptajı yapılması imkânı bulunabildiği takdirde saniyede 875 litre su elde edilebileceğini göstermektedir. Bunun bir asgari miktarı temsil ettiğini derhal ilâve etmemiz icabeder. Hakikî miktarın saniyede 875 litreden fazla olması mümkündür. Fakat aşağı olması pek zayıf bir ihtimal dahilindedir.

Fethiye ovası yeraltı su kayıpları.— Herhalde 875 lt/san, debiyi kuyu seviyelerinin düştüğü yaz ayları için daha emniyetli bir miktar olarak kabul edebiliriz. Diğer taraftan yazın yerüstünde akan suların debisi 340 lt /san. dir (bunlar 100 lt/san. Çerçi çayı, 40 lt/san. Eldirek çayı, Karapınar membaı 200 lt/san). Bunlar yaz aylarında yerüstünde tezahür

etmekle beraber hesap edilen yeraltı suyuna dahil bulunmaktadır ve yalnız membalardan gelirler. Halen ovada yeraltından su temini gayet mahdut ve iptidai metodlarla yapıldığından en faal mevsimde bile istihsal 200 lt/san. yi geçmemektedir. Bu suretle yeraltı su kaybının asgari saniyede 335 lt /san. olduğu anlaşılmaktadır.

**Diğer ovalar.**— Fethiye'den gayrı etüd bölgemize dahil ve ikinci derecede önemi olan ovaların rezerv tahminleri ve su kayıpları aşağıda gözden geçirilmiştir.

**Üzümlü ovası.**— Ovanın güneyi empermeabl serpantinlere dayanmakta ise de, kuzeyinde Geyran dağı ve onun NW temadisi Kaşıkçı, Tepelce ve Yılanlı dağları masif kalkerlerdir. Kuzeyde serpantinlerin görünmeyişi Akçay vadisi gibi derin vadilerin kuzeyde yer almış olması yeraltı sularının kalkerler içinde nüfuz ettikten sonra ovaya uğramadan yeraltından Akçay vadisine ineceğini göstermektedir. Bu suretle asgari 30 km<sup>2</sup> kalker sahasının yeraltı suyu bakımından ova ile alâkası olmadığını kabul etmek icabeder. Ovanın havza büyüklüğü 58 km den lâteritik alüvyonlardan müteşekkildir. Bakiye sahanın 8 km<sup>2</sup> si elüvyon ve alüvyonlarla, 10 km<sup>2</sup> kadarı da Kretase kalkerleri ve Trias kalkerleri tarafından kaplanmış bulunmaktadır. Bu malûmatlar ve evvelce Fethiye ovası için kabul olunan yağış ve enfiltrasyon emsalleri alınarak, Üzümlü ovası alüvyonları için de bir senede geçmesi muhtemel olan su miktarı hesaplanabilir.

	Yağış	Enfiltrasyon
<i>Güneyden beslenme</i> : Serpantin ve elüvyon (8 km <sup>2</sup> , yağış 1000 mm enfiltrasyon % 10) .....	8 000 000 m <sup>3</sup>	800 000 m <sup>3</sup>
<i>Doğu ve batıdan</i> : pek az bir miktar kuzeyden beslenme : Kalker sahası (10 km <sup>2</sup> , yağış 1000 mm, enfiltrasyon % 20) .....	10 000 000 m <sup>3</sup>	2 000 000 m <sup>3</sup>
<i>Üstten beslenme</i> : Üzümlü ovasını kaplayan lâteritik alüvyonlar sahası (10 km <sup>2</sup> , yağış 1000 mm, enfiltrasyon % 10) .....	10 000 000 m <sup>3</sup>	1 000 000 m <sup>3</sup>
<b>Y e k û n</b> .....	<b>28 000 000 m<sup>3</sup></b>	<b>3 800 000 m<sup>3</sup></b>

Toprağa nüfuz ederek ovadan geçmesi lâzım gelen bu 4 milyon metre kübe yakın su miktarı bir seneliktir. Bunun kayıpları olmasa ve tamamı kuyu, sondaj vesair yollardan çekilebilseydi, ovada her saniye 120

litreye yakın su istihsal etmek mümkün olacaktı. Fakat ovada iki düden mevcuttur. Bu düdenler birisi Bucak köyü batısındadır (Ek No. I den Üzümlü ovasının görülmesi). Bu düdenler faylarla bölünmüş kalkerli arazide iki kalker koridorunun karşısına gelmektedir. Göl yeri düdeni karşısında Bucak-Kızılbil koridoru bulunmaktadır. Bu koridor yeraltı sularının Akçay vadisine doğru akmasını intaç etmesi kuvvetle muhtemeldir. Aladağ dibindeki Çayraz düdeninin de Aladağ kalker koridoru ile Üzümlü ovasının yeraltı ve yerüstü sularım güneye Karacasu çayı havzasına gönderdiği muhakkaktır (Ek No. II ve III üzerinden kesit 1 ve 2 de Aladağ ve Bucak kısımlarının tetkiki, aynı zamanda ek No. IV ten Üzümlü ovasının hidrojeolojik haritasının tetkiki).

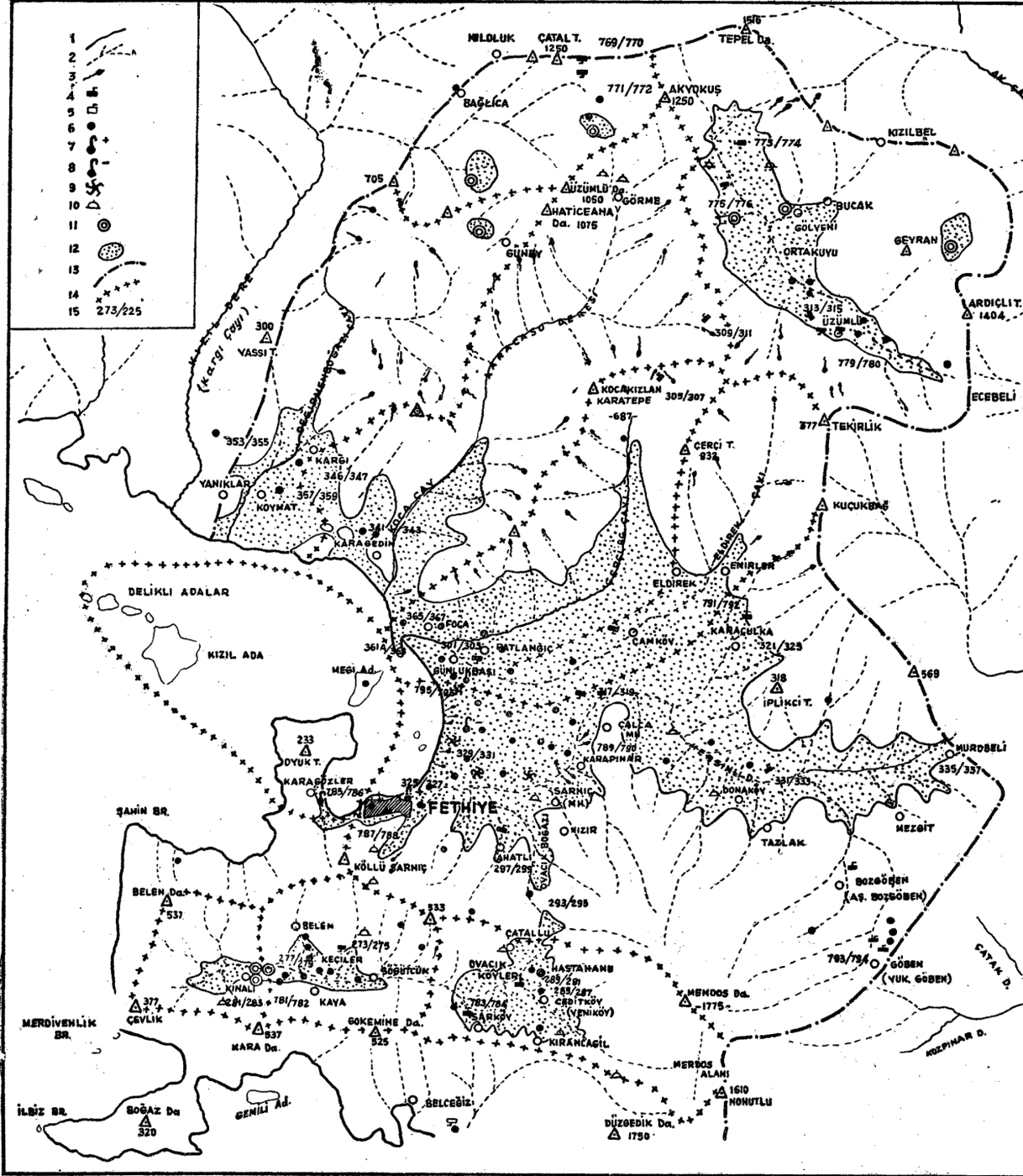
İncir köyün 2 km güneydoğusunda bulunan göl yeri düdeni insan vücudunun sığabileceği bir kuyu halindedir. Asartepe denilen mevkiin dibinde ve kalkerler içinde bulunmaktadır. En büyük su kaybı bu düden yolu ile olmaktadır.

İncir köy Fethiye yolu üzerinde bulunan Çayraz düdeni, suyun battığı yerler belli olmakla beraber mille kapanmış bir vaziyettedir. Bu sebeple kış, ilkbahar satıh suları birikerek bataklıklar yapmaktadır. Bu suretle düden sahasına yakın mahallerde ziraat yapılabilmesi için Mayıs ayının sonuna kadar beklemek ve bu suretle ancak kum darı ekmek mümkün olabilmektedir.

Bu son hal de gösteriyor ki. Üzümlü ovasında projenin esası bu düdenleri mümkün mertebe zaptırap altına almak ve muhtemelen sel sularıyla sunî şekilde yeraltı sularını beslemek olmalıdır.

Bölgede üçüncü derecede önemi haiz diğer küçük ovalar mevcuttur. Bunların her biri 1/2-1 km<sup>2</sup> büyüklüğündedirler. Teşekkül ve bünye bakımından Üzümlü, Kaya ve Ovacık ovalarına benzerler. Hepsi de dağlar içinde lâteritik toprakla dolu birer düzlükten ibarettirler. Bunlar: Güzle, Çenger, Güney, Geyran ovacığı Mendos alanı düzlükleri olup, hepsinde de kuyular mevcuttur. Çenger ovasında fazla olarak debisi 25 lt/san. olan ve kalkerlerden çıkan voklüzyen bir memba (mahallî ismiyle ark) mevcuttur.

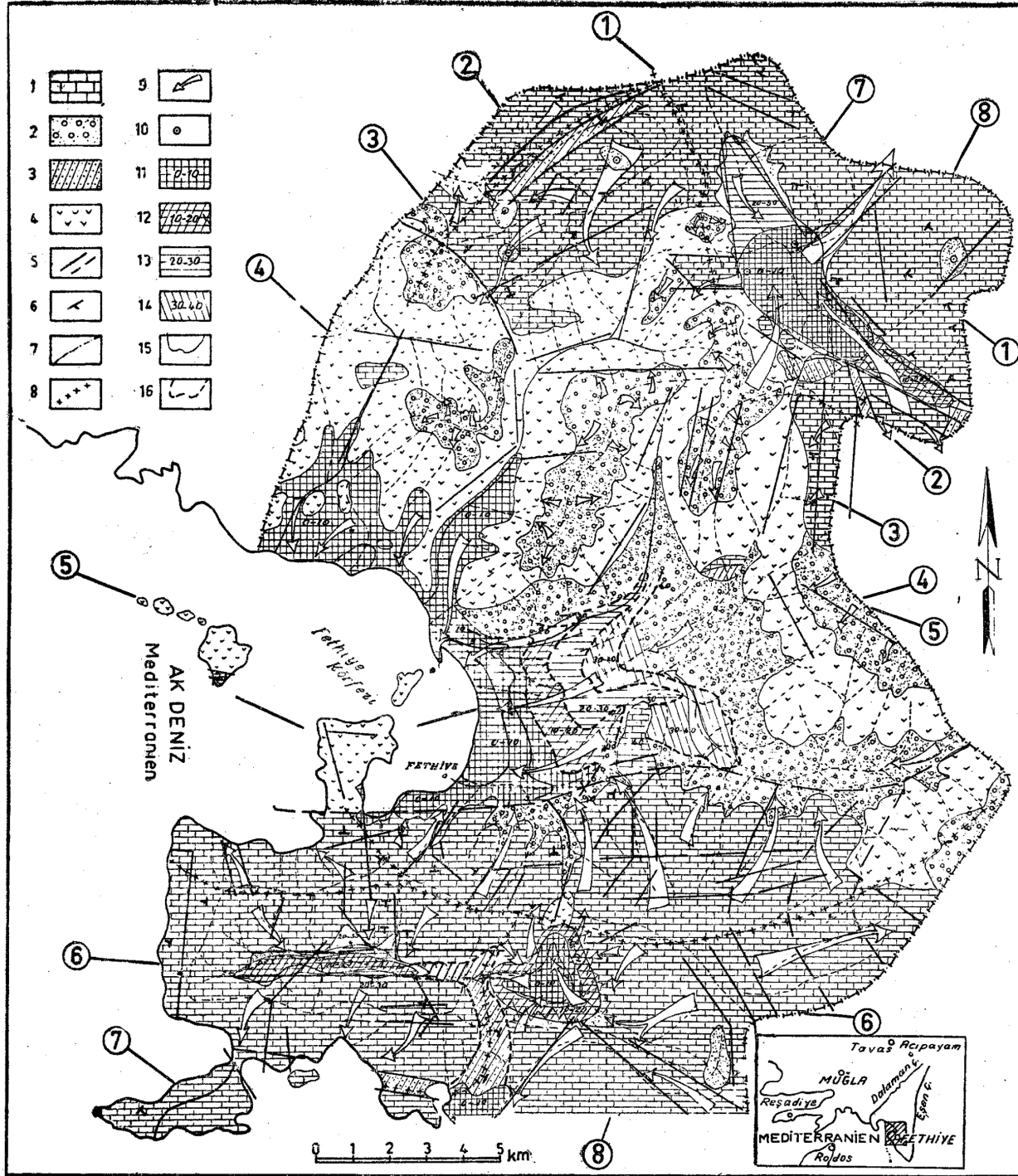
*Fethiye etüd sahası su kaynakları umumi durumu.*— Etüd sahasında 13 adet tâli hidrografik havza veya bölge ayrılmıştır; bunun 5 inde



### FETHİYE OVASI COĞRAFİK - HİDROGRAFİK HARİTASI

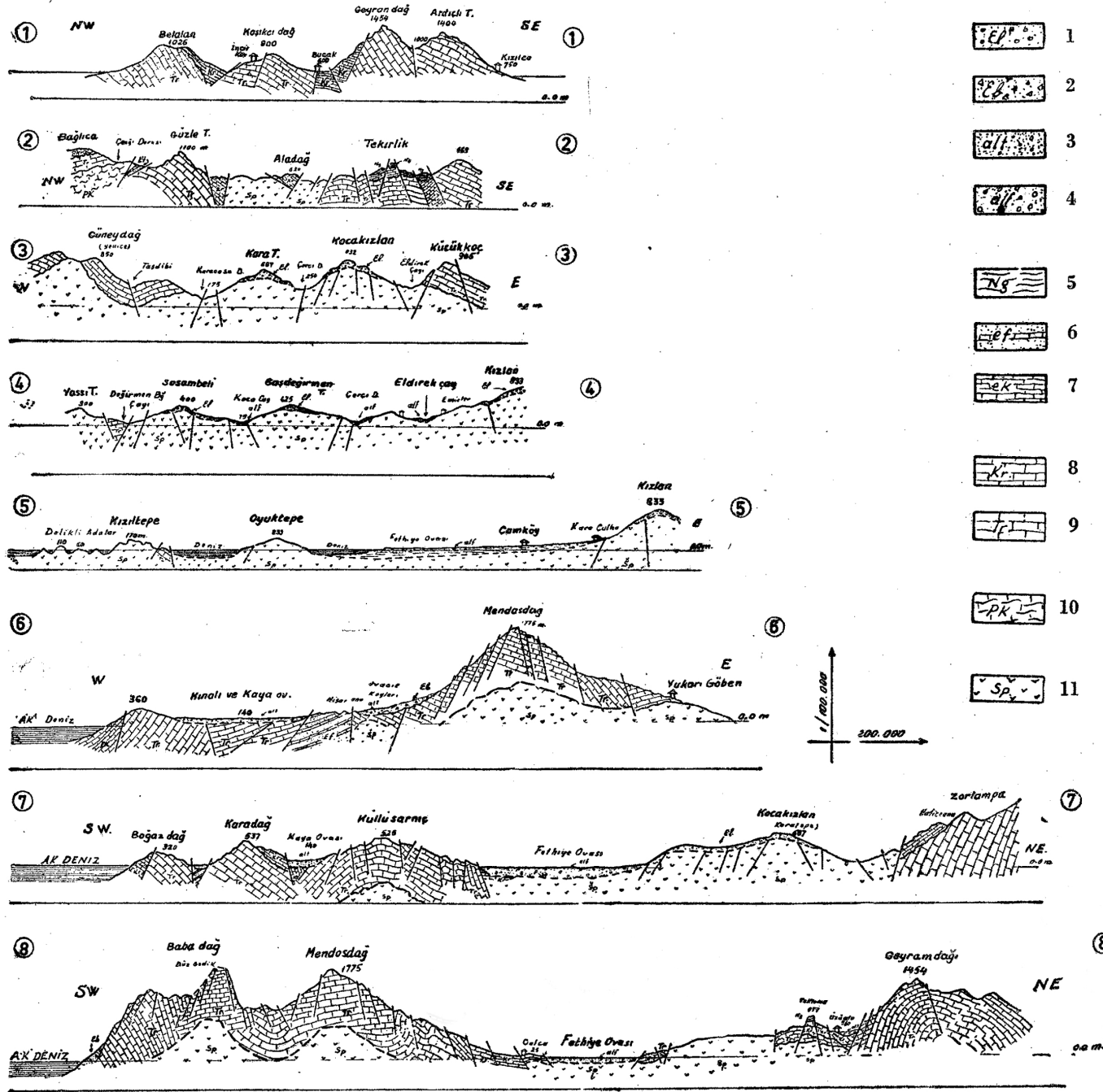
#### GEOGRAPHIC AND HYDROGRAPHIC MAP OF THE FETHİYE PLAIN

- 1 - Akarsu (çay)  
Running water
- 2 - Kuru dere  
Dry river
- 3 - Memba veya sızıntı  
Spring
- 4 - Sulu çeşme  
Fountain
- 5 - Yazın suyu kesilen çeşme  
Dry fountain
- 6 - Âdi kuyu  
Well
- 7 - Fışkıran artezyen  
Artesian well
- 8 - Yarı artezyen  
Semi-artesian well
- 9 - Sulama dolabı  
Noria
- 10 - Sarnıç  
Cistern
- 11 - Düden  
Sink hole
- 12 - Ziraate elverişli toprak  
Agricultural soil
- 13 - Ova hududu  
Boundary of the plain
- 14 - Çay sınırı  
Boundary of the river
- 15 - 273/275 Kimyevi ve bakteriyolojik tahlil numaraları  
Water sample numbers



FETHİYE OVASI JEOLÖJİK VE  
HİDROJEOLÖJİK HARİTASI  
GEOLOGIC AND HYDROGEOLOGIC MAP  
OF THE FETHİYE PLAIN

- 1 - Büyük çapta geçirgen formasyonlar - kalkerler  
*Limestone, permeable on large scale*
- 2 - Küçük çapta geçirgen formasyonlar - toprak ve alüvyon  
*Soil and alluvium, good permeable formations*
- 3 - Yarı geçirgen formasyonlar - gre, şist, marn  
*Sandstone, shale, marl, semi-permeable formations*
- 4 - Geçirgen olmyan formasyonlar - serpantin  
*Serpentine (green rock) impermeable formations*
- 5 - Görünür veya muhtemel faylar  
*Faults - visible or probable*
- 6 - İstikamet ve yatım  
*Dip and strike*
- 7 - Çay sınırları hattı  
*Boundary of the river*
- 8 - Geçirgen olmyan yeraltı eşikleri - yeraltı su bölüm hattı  
*Boundary of the underground impermeable soil*
- 9 - Yeraltı sularının muhtemel akış ciheti  
*Probable direction of the underground water*
- 10 - Mevcut ve bilinen düdenler  
*Sink hole*
- 11 - 0-10 m derinlikte su tophyan bölge  
*Depth of the water table - between 0-10 m*
- 12 - 10-20 m derinlikte su tophyan bölge  
*Depth of the water table - between 10-20 m*
- 13 - 20-30 m derinlikte su tophyan bölge  
*Depth of the water table - between 20-30 m*
- 14 - 30-40 m derinlikte su tophyan bölge  
*Depth of the water table - between 30-40 m*
- 15 - Tesbit edilen derinlik eğrileri  
*Observed contour line of the water level*
- 16 - Tahmin edilen derinlik eğrileri  
*Probable contour line of the water level.*



**FETHİYE OVASININ JEOLJİK  
KESİTLERİ**  
**CROSS - SECTIONS OF THE  
FETHİYE PLAIN**

- 1 - Elüvyon  
*Eluvium*
- 2 - Ebuli  
*Talus*
- 3 - Lâteritik alüvyon  
*Lateritic alluvium*
- 4 - Dere alüvyonu  
*Fluvial alluvium*
- 5 - Neojen  
*Neogene marl*
- 6 - Eosen flişi  
*Eocene flysch*
- 7 - Eosen kalkeri  
*Eocene limestone*
- 8 - Kretase kalkeri  
*Cretaceous limestone*
- 9 - Trias kalkeri  
*Triassic limestone*
- 10 - Permo-Karbonifer kalkeri  
*Permo-Carboniferous limestone*
- 11 - Serpantin - yeşil sahra  
*Serpentine - green rock*



akar su veya çay mevcuttur. Geriye kalan 8 inde yalnız bol yağış zamanları içinde su bulunabilen kuru dereler bulunmaktadır, 5 adet akarsuyu yaz aylarındaki asgari debileri mecmuu 575-790 lt/san. dir; kış aylarındaki âzami debileri mecmuu ise 1475-2225 lt/san, dir; feyezan debileri mecmuu 13 ton civarındadır. Bölgede 54 köy ve mahalleleriyle birlikte 74 adet meskûn mahal mevcuttur. 32 adet memba ve 58 adet çeşme tesbit edilmiştir. Etüd sahasındaki kuyuların adedi 1367, sarnıç sayısı 32, düden 12 tanedir.

Not: Bibliyografya İngilizce makalenin sonundadır.

*Neşre verildiği tarih 16 Mart, 1961*

# HYDROGEOLOGICAL SURVEY OF THE FETHİYE PLAIN

Mehmet TOPKAYA

*Mineral Research and Exploration Institute. Turkey*

ABSTRACT.— The surface under investigation in the Fethiye plain is about 450 km<sup>2</sup>. The main geological formations are: various kinds of limestones, green rocks, such as serpentine, and alluviums. The main tectonic and morphologic characteristics are the numerous faults, karsts and flood cones. The yearly rainfall average is 1000 to 1200 mm, the temperature average is 19°, and the yearly evaporation average is 1200 mm. From the minimum yields of the small rivers of the area, measured during the dry period, the minimum infiltration rate of the geological formations has been estimated and compared with similar results in other countries. From these conclusions we try to evaluate the underground water reserves and losses of the Fethiye Plain.

## A. GEOGRAPHY OF THE REGION

### a. Location, topography

The area which has been covered by a hydrogeological survey falls around the «kaza» of Fethiye which is connected to the Province of Muğla. The Plain of Fethiye extends mainly to the north and east of the city of Fethiye, The area surveyed covers the hydrographical network connected with the plain. Thus, the length of Fethiye Plain, which extends from the sea to the east, getting narrower, is 12 kilometers long and its width in the widest part, from the north to the south, is around 5 kilometers. The altitude of the Fethiye Plain fluctuates between 0 and 200 meters. The western side which covers the greatest part of the area does not exceed 50 meters in height. Other plains in addition to the Plain of Fethiye have been surveyed in this region. Among them we can especially mention the Plain of Üzümlü in the north,, and Kaya and Ovacık plains in the south. There are also Çenger, Güney, Güzle and Geyran plains and flats like Mendos which are the results of calcareous and karstic formations (see Pl. I, II, III).

The Üzümlü Plain is 7 kilometers long, its width changes between 2 and 3 kilometers and its altitude between 500-550 meters. It is protected against the north winds and surrounded by mountains.

The altitude of the Kaya Plain changes between 140 and 160 meters. It extends from the east to the west and is 5 kilometers long. Its width is around 1 kilometer. The Ovacık Plain is between 300 and 350 meters high and varies both in width and length between 2 and 3 kilometers.

As to the other plains, Çenger is 550 meters high, Güney 600, Güzle 900 meters, Geyran 1050, and Mendos 1450 meters high. Both the length and the width of these plains do not exceed 500 meters and 1 kilometer-long ones are very rare.

The area under survey is approximately 450 square kilometers. It is mountainous and rocky and almost the whole area is covered with forests and thickets. Thus, the majority of the area is composed of rocks and land not suitable for agricultural purposes. The lands suitable for agriculture are mainly confined to the coast line and some flat areas in the mountains. The land suitable for cultivation composes the one sixth of the area under study. In this region where the land is so narrow, it is obvious that even the smallest flats on the mountains have an extraordinary importance.

#### **b. Meteorological conditions**

The annual average rainfall in the Fethiye Plain is approximately 1000-1200 millimeters. There is no evaporation station in the Fethiye Plain, but in Antalya—which is the closest place to the Fethiye Plain and which has a similar climate—the average annual evaporation is approximately 1200 millimeters. The average annual temperature is 19° centigrade.

We shall study the other features of rainfall, temperature and evaporation in order to determine their influence in the formation of the underground waters:

*Rainfall.*— If we divide the annual rainfall of 1000 millimeters according to the seasons, we get the following results: 150 millimeters for the spring, 15 millimeters for the summer, 200 millimeters for the fall and 635 millimeters for the winter.

Although the forms of the rainfall such as rain, snow, frost, hail etc. have not been specified, 75 days with more than 0.1 mm rainfall and 31 days with more than 10 mm rainfall in a year have been recorded. Furthermore, according to the meteorological observations, the heaviest daily rainfall takes place in the 12th month and is over 204 mm a day.

The 445 mm of average yearly rainfallj takes place between 9 P.M. and 7 A.M., the 260 mm of it between 7 A.M. and 2 P.M., and 283 mm of it between 2 P.M. and 9 P.M.

### c. Geological situation of the area under survey in the Fethiye Plain

It is possible to divide the area under survey in the Fethiye Plain into four parts from north to the south according to the geological formations:

*1. Limestone region in the north.*— There are high limestone mountains in this region which surround the Üzümlü Plain in the east, north and northwest. The age of these limestones belongs to the Permo-Carboniferous, Triassic and Cretaceous. Only the alluviums of the Üzümlü Plain cover quite a large area in the midst of these limestone mountains. Formations like the Eocene Flysch, serpentines. Neogene and alluvium cover an insignificant area in the northern part (see the profiles No.1 and No. 2 on Pl. II and III).

*2. Serpentines in the region between Üzümlü and Fethiye.*— This region is in the northern part of the alluvial section of the Fethiye Plain, and it is composed of green rocks. As a matter of fact, the serpentines extend in the eastern and western parts of the Fethiye region too. The alluviums of the Fethiye region extend along the southern boundary of this region. This region is almost exclusively composed of green rocks. Although the alluviums exist here and there, serpentines are dominant (see profiles 3 and 4 on Pl. II and III).

*3. Alluvial section of the Fethiye Plain in the Middle.*— This flat constitutes the hollowest part of the region under survey, especially in the south of the 1775-meter high Mendos Mountain which rises here abruptly (see profiles No. 7 and 8, on Pl. II and III).

4. Calcareous regions of the Mendos and Belen mountains in the

south. — The limestones cover a much larger area in this region. The limestone mountains in this region have a more impressive appearance in comparison with ones in the north. They look like an endless cliff rising at the sea shore. The great part of the limestones here belong to the Triassic and Cretaceous and Eocene limestones occupy a small area in the form of relatively small outcrops. The alluvial areas of the Kaya and Ovacık villages are located in the middle of these limestone mountains (see pro-files No. 6-7-8 on Pl. II and III).

#### **d. Tectonics and morphology**

Some information was given about the tectonics and morphology of the region in the «Geology» part. It would be appropriate to point out the following tectonic and morphological characteristics of the region with the help of the existent geological maps and profiles:

1. The region of high limestone mountains which form an anticlinal and monoclinal in the north: The Geyran and Hatice anne mountains are in this region. This is a block limestone mountainous region which has an appearance of stairs and which is fault-styled from the point of view of tectonics and morphology. The nucleus of this anticlinal is unknown to us. The graben of the Üzümlü Plain is located in this region. The faults here again dominate the morphology of the region, together with—to a lesser degree—flood cones.

2. Relatively low serpentine region: Here again the faults predominate but the topographical view presents more solid forms in comparison with the limestone blocks, since the serpentines are quite uniform as regards their hardness. It can be derived from the scattered limestone traces that this serpentine region is a nucleus of a very old and very faulted anticlinal.

3. On the surface of the graben of the Fethiye Plain the flood cones are conspicuous. This place forms quite a large graben in comparison with the Eocene Flysch in the north and Cretaceous limestones in the south borders of the plain. In the south, the existence of a fault, extending from the east to the west, makes itself apparent morphologically and with the presence of springs. No faults bordering the plain in the north have been observed. Since the Fethiye Plain forms a graben, it brings out the

possibility that there might be Triassic and Cretaceous limestones and Eocene sandstones underneath the alluviums. The existence of Flysch sandstones is not very important, but the existence of the limestones underneath the alluviums can create a very dangerous situation, because this will make the accumulation of water in the alluviums difficult. The existence of the Cretaceous limestone projecting toward the plain around Çaka, and the Flysches in the north around Eldirek, bring out the possibility that the faults cut through the plain in the direction of north-south. Thus, the existence of a threshold of underground limestones extending from Çaka to the north is very feasible. This threshold of limestone can give an unexpected direction to feeding the plain from the east.

Both this threshold and finding out whether there are limestones underneath the alluviums are matters to be taken into consideration during the drilling. No water has been found in the wells deeper than 30 meters dug by the people of Karaçulha around Çaka in the plain.

4. The limestone region in Mendos and Belen mountains: We have already mentioned that this region forms an anticlinal extending from the east to the west. Here, the predominant faults extend from north to south and also from east to west, thus separating the formation into compartments (see profiles no, 6, 7, 8 on Pl. Hand III).

The Mendos massive is more dominating in the east of Ovacık, The massive of Belendağ forms a separate step which includes the Kaya region. The morphological existence of a big fault going over Ovacık and separating these two blocks is manifest. Due to this fault and erosion, we could observe serpentines under the limestone formation between Ovacık and Fethiye. This occurrence is very important from the point of view of tectonics of the region as well as hydrology. This brings out the possibility that the nucleus of the anticlinal of the Mendos and Belen mountains is a serpentine mass under the limestones. If we follow them more closely, we observe that the serpentines are located under the limestones in the east of Mendos Mountain and close to the Bozgöben village and that they rise up to 250 or 300 meters. The presence of the 300-meter high serpentine boutonnière in the opposite direction of the anticlinal of the Mendos Mountain, indicates the existence of a wall-like, 300-meter high impermeable block.

This is important from two points:

1. It eliminates the possibility of waters accumulated in the alluviums of the Fethiye Plain being lost through the limestone blocks in the south.
2. The limestone region in the south forms a replenishment, area for the underground waters of the Fethiye Plain (see boundaries of the hydrogeological basin on the Pl. II).

The Kaya and Ovacık plains in the region of Mendos Mountain are grabens. The other morphological characteristics of the region are the prevalence of the limestones and the karstic view they present on account of disintegrations they were subjected to.

The Fethiye region has been described as a branch of Aegean-Iranides from the point of view of tectonics and it is named Onelides. It has been accepted as the continuation of Dinarides in the Alpine fold system, extending over Rhodes Island, Crete and Greece.

The examination of the Eocene Flyschs and Neogene formations shows that this folding and fracturing started at least with the Eocene and continued during the Neogene.

## B. HYDROGEOLOGY OF THE FETHİYE REGION

We dealt hitherto with the topographical, meteorological and tectonic conditions playing an important part in the formation of underground waters. We shall establish the relations between these factors in the following chapters. It will be possible to have an idea about the nature of the ground waters and their reserves only after we establish these relations.

### **The hydrogeological classification of the geological formations**

The size of the area covered by the geological formations in the Fethiye region is approximately 450 square kilometers. The 130 km<sup>2</sup> of this area are composed of serpentines, 2 km<sup>2</sup> of Permo-Carboniferous limestones, 180 km<sup>2</sup> of Triassic limestones, 2 km<sup>2</sup> of Cretaceous limestones, 3 km<sup>2</sup> of Eocene limestones, 9 km<sup>2</sup> of

Eocene Flysch, 2 km<sup>2</sup> of Neogene, 25 km<sup>2</sup> of lateritic alluvium, 45

km<sup>2</sup> of fluvial alluvium, and 30 km<sup>2</sup> of alluviums. We can divide these geological formations into four categories according to the penetration of water:

1. Permeable formations on a large scale: All the limestones are included in this category. The area covered by the Triassic, Cretaceous and Eocene limestones is 210 km<sup>2</sup>.

2. Permeable formations on a small scale: The fine-grained soils and alluvium and loose material are included in this category, The area covered by alluvium, eluvium and lateritic alluvium is 100 km<sup>2</sup>.

3. Semi-impermeable formations like schistous sandstones, sandstones and marls are included in this group. The size of the area covered by the Eocene Flysch and the Neogene marls is 11 km<sup>2</sup>.

4. Impermeable formations: All the green rocks which were mentioned as the serpentines, are included in this group, (The peridotites, pyroxenites, serpentines, gabbros, diabases, spilites, schistous serpentines, and talc formations.) The area, covered by them is 130 km<sup>2</sup>.

We may neglect the semi-permeable formations since they occupy a very small area, Thus, there are three kinds of formations in the basin to be dealt with hydrologically. These are serpentines, limestones, alluvial and eluvial deposits.

### **Determination of rates of flow, evaporation and infiltration**

It is necessary to know at what rate the rainfalls penetrate into the ground and feed the underground waters. The rates of flow, evaporation and infiltration can be established minutely only as a result of long-period measurements. Nevertheless, it is imperative to obtain some approximate conclusions by short observations and measurements in hand, in case there are no previous studies. Another matter to be observed on this subject is to compare and check the conclusions obtained at the regions which are similar to the area under our survey.

Some running waters have been studied in the region and by basing on the direct measurements and calculation about the flow, information was obtained indirectly about the evaporation and infiltration. This information is comparable with other countries.



### The study of some risers and creeks in the region

1. *Değirmendere Creek.*— Its area is 36 km<sup>2</sup>. It is composed of eluvium, alluvium, serpentines and limestones. The minimum flow is 4 l/s. per km<sup>2</sup>. In other words, 1 sq. km. gets 4 litres of water per second. This amount is the 13 percent of the annual rainfall. Thus, the total of the maximum evaporation and infiltration should be 87 percent.

2. *Kocaçay (Karacasu) River.*— Its area is 56 km<sup>2</sup>. It is composed of eluvium, alluvium, serpentines and limestones. The average flow is 1 l/s. per km<sup>2</sup>. This amount is the 3 percent of the annual rainfall, which is very little.

Thus, the waters running in the basin of Karacasu River feed the Değirmendere Creek under the ground. (See the profile No. 3 on the Pl. II and III; and also study the fault and condition of the strata in Taşdi.) Thus, it would be correct to accept the average flow coefficient of these two rivers next to each other as 8 %.

3. *The Çerçi Boğazı Creek.*— Its area is 32 km<sup>2</sup>. This area is covered with eluvium, alluvium and serpentines. There is no limestone. The minimum discharge in summer is 3 l/s. per km<sup>2</sup>. This amount represents the 9.6 percent of the annual rainfall which amounts to 90.4 percent with the evaporation and infiltration.

4. *The Eldirek Boğazı Creek.*— Its area is 26 km<sup>2</sup>. There are limestones in this area in addition to the eluvium, alluvium and serpentines. There are even Neogene and Eocene formations in insignificant quantities. The average discharge in summer is 1.5 l/s. per km<sup>2</sup>. This amount represents the 6 percent of the annual rainfall. Here again, 94 % represents the maximum value for evaporation and infiltration combined.

The flow rate of the four rivers fluctuates between 3 and 13 percent and these rates represent the average flow in summer. The total of evaporation and infiltration fluctuates between 87 and 97 percent (as maximum values).

In order to determine the infiltration we have to deduct the evaporation from the amount left from the flow. The evaporation for Europe has been calculated as:

$$E = (0.058 P + 406) \text{ mm}$$

(In the above formula, E = evaporation, P = rainfall and the conclusions are all in millimeters.)

It is very doubtful whether this formula can work for Turkey or not. In addition to that, if we calculate it theoretically (for the Fethiye region) by taking P= 1000 millimeters, E is 463 millimeters. This conclusion is not satisfactory, because after the flow is deducted the infiltration will have to take approximately a value of 40 percent, which cannot be accepted for a special study like this.

According to these conclusions, we have to consider the matter by a different method by putting emphasis on the minimum values:

The average of the flow calculated for the above four rivers is 8 %. This value is close to 9.6 percent figured for Çerçi Boğazı Creek, where there are no limestones in its alimentation area. There are more permeable formations like limestones in the places where the flow is more than 8 or 10 percent. On the other hand, in the areas where the flow is under 8 or 10 percent (like Eldirek Boğazı Creek) we can attribute this fact that the colmatage is not good in the alluvium composing the river bed and thus causing loss of water.

Our conclusion on the matter: In the basin of Çerçi Boğazı Creek, which is composed of alluvium and decomposed serpentines in its upper part, and of alluvium in its lower part, the minimum flow takes place in summer time. This is approximately 3-4 litres per second for 1 km<sup>2</sup> and this amount constitutes the 8 or 10 percent of the annual rainfall. We should also add that this area is completely covered with pine forests and furthermore these flow rates — which can be explained by the existence of the limestones in the alimentation area — show the tendency of increasing.

If we review the meteorological conditions, we can conclude that they are insignificant, as far as feeding the underground waters is concerned. Since total of rainfall for three summer months (June, July, August) was only 14 millimeters when the minimum flow was measured. This shows that the minimum flow measured in summer comes from the springs, in other words from the waters infiltrated under the ground. Thus, we can take the minimum flow measure in summer time as minimum infiltra-

tion modulus. Its maximum value could be 1.5 or two times more than its minimum value, but we want to work only with minimums. Nevertheless, we cannot extend this conclusion over to alluviums mixed with pebbles covering flat valleys or badly fissured limestones in mountainous regions. Thus, we have to take the 2 times of the minimum obtained for this kind porous rocks.

We drew the following conclusions by adding our observations and experiences to these calculations: We may accept the minimum infiltration modulus in round numbers as 10 % for eluvium and lateritic alluvium, 15 % for talus with pebbles and fluvial alluvium, and 20 % for limestones.

The conclusions we drew above for the Fethiye region are comparable with the conclusions drawn in Morocco, although Morocco is in a more southerly direction. Nevertheless, the average temperature, rainfall and geology of the Middle Atlas Mountains show similarities to the Fethiye region. ROBAUX (1952, p. 18) states that the infiltration fluctuates between 22 and 30 percent in the Mamora region, which is in the calcareous part of the Middle Atlas Mountains of Morocco. It can be derived from this conclusion that the evaporation is 70 or 80 percent in the Mamora region, since the flow is poor. The same author adds that in a very permeable soil like alluviums, 15 or 20 percent of the rainfall, in the form of showers not less than 20 or 30 millimeters, is kept by the underground. The outcome of the flow in the Fethiye region is comparable with ROEDER's conclusions (pp. 21-31).

*The accumulation places of the underground water.* — We pointed above that the underground waters in the Fethiye region are generally mobile. Thus, there is no fossil water in the region and the region does not have an artesian structure. The existent artesian and semi-artesian are occasional and they are confined to the talus and flood cones and the lower parts of the alluvial regions. Their eruptions are 20-30 centimeters high and some of them turn into ordinary wells during summer (Pl. VII).

However, there are places in the Fethiye region where the underground waters are stopped, accumulated or partly deposited. This is due to the change of incline in the places close to the sea in the Fethiye region and especially to the fine clayey formations forming an obstacle for the

underground waters, thus preventing their infiltration. The accumulation of waters in the Üzümlü, Kaya, Ovacık plains and in other small flats depends on the pocket-looking structures composed of flood cones and lateritic alluviums, the fineness of the substances filling the plains, and suitable undulation and bends of the stream.

Another important factor which plays a primary part for the accumulation of the water in the plains depends on the foundation of the loose material, such as limestones or serpentines.

Estimation of the underground reserves.— Although the underground waters are mobile, the places suitable for their partial accumulation are: Fethiye, Üzümlü and Kaya plains and Ovacık.

Fethiye Plain.— Its area is 180 km<sup>2</sup>, which includes the alimentation zone, and the regions of Çerçi Boğazı and Eldirek streams. The 75 km<sup>2</sup> of the area is composed of serpentines and alluvium, 45 km<sup>2</sup> of fluvial alluviums, and 60 km<sup>2</sup> of Triassic limestones.

We can calculate the amount of water going through alluviums in the Fethiye Plain in one year by taking the infiltration rates into consideration, which we established previously.

	<i>Rainfall</i>	<i>Infiltration</i>
<i>Alimentation from north</i> : Serpentine, eluvion area (75 km <sup>2</sup> , rainfall 1000 mm, infiltration 10 %) . . . .	75,000,000 m <sup>3</sup>	7,500,000 m <sup>3</sup>
<i>Alimentation from south</i> : Area of Triassic limestones (60 km <sup>2</sup> , rainfall 1000 mm, infiltration 20 %).	60,000,000 m <sup>3</sup>	12,000,000 m <sup>3</sup>
<i>Fethiye Plain in the middle</i> : Alimentation from surface (45 km <sup>2</sup> , rainfall 1000 mm, infiltration 15 %) . . . . .	45,000,000 m <sup>3</sup>	8,750,000 m <sup>3</sup>
<b>Total</b> . . . . .	<b>180,000,000 m<sup>3</sup></b>	<b>28,250,000 m<sup>3</sup></b>

According to this conclusion with the alimentations from the surface and sides, 28 million cubic meters of underground water run through the alluviums in the Fethiye Plain, There are also conglomerations and accumulations, but these occur in the spring and winter months when the alimentation is strong. This amount of 28 million cubic meters of water indicates 875 litres of water persecond, if there is no loss from the underground water and if there is a possibility of captage of the entire water

through drilling in some way. We have to add immediately that this sum represents minimum amount, and it is possible that the actual amount is more than 875 litres per second. It is very unlikely that this amount is under 875 litres per second.

*The underground water losses in the Fethiye Plain.*—We may accept 875 l/s. discharge as a safe amount for the summer months when the well levels fall down. On the other hand, the discharge of the surface waters is 300 l/s. in summer time. (These are Çerçi Stream with a discharge of 100 l/s., Eldirek 40 l/s. and Karapınar spring with 200 l/s.) These are included in the estimated underground waters, although they manifest themselves on the surface in summer months, and they come only from the springs. At present time the underground water yield is not over 200 l/s. even in the most active season, due to the very limited and primitive methods. Thus, it is clear that the minimum underground water loss is 335 l/s. The first goal for a project should be elimination of these losses.

*Other plains.*— The reserve estimations and water losses of the secondary important plains included in the area under our survey are given below:

*Üzümlü Plain.*— Although the southern part of this plain rests on impermeable serpentines, the Geyran Mountain and its northwest continuation, the Kaşıkçı Mountain, the Tepelce and Yılanlı mountains are massive limestones, in the northern part of it. The lack of serpentines in the north and the position of the deep valleys, like Akçay Valley in the north, indicate that the underground waters go down to the Akçay Valley under the ground after they penetrate into the limestones and without going through the plain. Thus, we have to conclude that at least a limestone area of 30 km<sup>2</sup> has no connection with the plain as far as the underground water is concerned. Since the size of the plain is 58 square km., this leaves 22 sq. km. The 10 km<sup>2</sup> of the 28 km<sup>2</sup> is composed of lateritic alluviums. The 8 km<sup>2</sup> of it is covered with eluviums and alluviums and 10 km<sup>2</sup> of it by the Cretaceous and Triassic limestones. The approximate amount of water running through the alluviums of the Üzümlü Plain in a year can be calculated by making use of the rainfall and infiltration modulus for the Fethiye region as well as the composition of the land:

	<i>Rainfall</i>	<i>Infiltration</i>
<i>Alimentation from south : Serpentes and eluviums (8 km<sup>2</sup>, rainfall 1000 mm, infiltration 10 %)</i> .....	8,000,000 m <sup>3</sup>	800,000 m <sup>3</sup>
<i>Alimentation from east and west and some from north limestone regions (10 km<sup>2</sup>, rainfall 1000 mm, infiltration 20 %)</i> .....	10,000,000 m <sup>3</sup>	2,000,000 m <sup>3</sup>
<i>Surface alimentation : Region of lateritic alluviums covering the Üzümlü Plain (10 km<sup>2</sup>, rainfall 1000 mm, infiltration 10 %)</i> .....	10,000,000 m <sup>3</sup>	1,000,000 m <sup>3</sup>
<b>T o t a l</b> .....	<b>28,000,000 m<sup>3</sup></b>	<b>3,800,000 m<sup>3</sup></b>

This 4 million cubic meter water which must penetrate into the soil and go through the plain is for one year. It would have been possible to obtain 120 litres of water per second in the plain if it did not have any losses and if it could have been extracted entirely by means of wells or drilling. But there are two sink holes in the plain. One of these sink holes is in the west of Bucak köy (village) and its name is Gölyeri Pit. The other one is in the south of Beyköy (village) and on the outskirts of Aladağ (Mountain), (see Üzümlü Plain on Pl. I). These pits face two limestone corridors in this calcareous formation, which is cut by folds, The Gölyeri Pit faces the Bucak-Kızılbey corridor. It is very likely that this corridor caused the underground waters to run toward the Akçay Valley. It is a certainty that the Çayraz Pit in the outskirts of the Aladağ sends the surface and underground waters of the limestone corridor of Aladağ and Üzümlü Plain to the basin of Karacasu (Pl. II, III - profiles 1,2).

The Gölyeri Pit, which is located 2 kilometers southeast of İncir village, is a small-size pit. It is located on the outskirts of Asartepe Hill and in the limestones. The great part of the water loss is due to this pit.

The Çayraz Pit, on the road between İncir köy and Fethiye, is covered by silts, although the parts flooded by water can be traced. The surface waters which accumulate in winter and spring create marshes. Thus, it is necessary to wait till the end of May to cultivate the area close to the pit and to sow only millet. This shows that the main point of a project for the Üzümlü Plain should be to control these pits as much as possible and to

feed the underground waters artificially by flood waters.

There are also some small plains, only 1/2 - 1 km<sup>2</sup> large, in this region. Their formation and structure are similar to the Kaya and Ovacık plains. All of them are flats in the mountains filled with lateritic soils. These are Güzle, Cenger, Güney, Geryan and Mendos flats. There are wells in all of them. There is also a vauclosian spring coming out of the limestones with a discharge of 25 l/s. in the Cenger Plain. Its local name is Ark.

The general state of the water sources in the survey area of Fethiye.— The area under survey has been divided into 13 sub-hydrographical areas. Only five of these have running water, the rest have dry rivers. These dry rivers contain water only during the heavy rainfalls. The total minimum of the discharges of the running waters is 575-790 l/s. in summer time. The total of their maximum discharges in winter is 1475-2225 l/s. The total of their flood discharges is approximately 13 tons. There are 74 inhabited places in the region, and 32 springs and 58 fountains have been counted. The number of wells is 1367, cisterns 32, and pits 12.

*Manuscript received March 16, 1961*

## REFERENCES

- NAFIA VEKÂLETİ E.İ.E. İdaresi Gen. Müd. Hidrografi Neşr. (1956): Akım neticeleri - 1935-1953 su. yılları. No. 2, s. 128-137, Ankara.
- (1954): Akım neticeleri - 1954 su yılı. No. 1, s. 121, Ankara.
- COLIN, H. (1954): 28.8.1953 - 6.10.1953 arasında Fethiye 122/4 ve Keleşmiş 139/2 paftalarında yapılan jeolojik harita hakkında rapor. (Bericht über die, in der Zeit vom 28.8.1953 - 6.10.1953 erfolgte, geologische Aufnahme der Kartenblaetten Fethiye 122/4 und Keleşmiş 139/2) Rep. No. 2245 (unpublished) Ankara.
- ÇÖLAŞAN, E. V. (1933): Türkiye iklim rehberi. Meteoroloji yayınlar serisi, No. 3, 44-47, Ankara.
- EGERAN, N. E. & LAHN, E. (1948): Türkiye jeolojisi, s. 1-125, Ankara.
- KOVENKO, V. (1944): Fethiye bölgesi jeolojik harita lövesi. Türkiye Jeolojik Haritası İzmir Paftası izohnamesi. (Notes Explicatives de la

- Carte Géologique de la Turquie, Feuille İzmir) pp, 14, 26, 30-31, Ankara.
- (1945): Fethiye ve Dağardı bölgeleri kromit yatakları.  
(Gîtes de chromite de Fethiye et de Dağardı) M.T.A. Mecm. No, 1/33, pp. 42-75, Ankara.
- METEOROLOJİ BÜLTENİ (1953): 1950 yılına kadar ortalama ve ekstrem kıymetler, s. 111-112 ve 113-114, Ankara.
- ROBAUX, A. (1952): Notions générales sur les phénomènes hydrogéologiques au Maroc, Hydrogeologie du Maroc, XIXe Congrès Géol. Intern, Monogr. réq, 3e série, No. 4, pp. 3-18, 18-20, Rabat.
- ROEDERER, H.: Réflexions sur les relations: précipitations-écoulements, Hydrogéologie du Maroc (voir A, ROBAUX), pp. 21-31.
-