

BATI TOROSLAR'DA TEKTONİK İLE KARSTLAŞMA ARASINDAKİ İLĞİYE BİR ÖRNEK; MANAVGAT- OYMAPINAR BARAJ YERİ

Saydun ALTUĞ

*BJ*EZ İdaresi Genel Direktörlüğü^ Ankara*

GİRİŞ

Türkiye'nin güneyinde^ Antalya şehrinin takriben 80 kın doğu*
sunda, Manavgat ırmağı üzerindeki öymapıoar baraj yeri **Ye** rezer-
vuvarının tektonik ve karstik problemlerinin çözümü içiö, 1963 **yi-**
lndan beri geniş ve detaylı araştırmalar yapılmıştır* Karstik kirece
taşları üzerinde yapılması **düşünülen** kemer tipindeki baraja Manav-
gat ırmağının hidroelektrik potansiyelini düzenlemek ve Akseki **Alü-**
minyum Endüstrisinin enerji ihtiyacını karşılamak maksadıyla **plan-**
lanmıştır«

Çok sayıda karstik pınarlardan beslenen Manavgat ırmağının
Oymapınar köyü ölçüm istasyonundaki yüzeysel drenaj alanı 715
km² olup, bu miktar kapalı havzalarla (**polyeler**) birlikte 929 km²
ye ulaşmaktadır, Mevcut 24 yıllık kayıtlara göre ortalama debi
1563 m³/san« ölçülebilen maksimum feyezana debisi takriben 110
ra^s/sanu (ocak, 1968) ve minimum debi 26,4 m³/San* dît* Manavgat
ilçesindeki 27 senelik kayıtlara göre yıllık yağış **1260** mm **olup**, yaz
döneminde (**temmuz-eylül**) yağışın ancak % 2 si düşmektedir« Ağus-
tos ve eylül aylarında^ ırmak, . suyunu geniş ölçüde beslenme **ala-**
nındaki karst birikiminden (retention) temin etmektedir. Tamamen
yağışsız geçen 1963 yılının ağustos ve ekim aylarında ırmaktan ge-
çen su 450 X 10⁶ m³ e balığ olmuştur.

BÖLGESEL JEOLJİ, HİDROJEOLJİ VE BOYA TECRÜBELERİ

Bölgedeki en eski bîrim Paleozoikle alt seviyelerine (Devonien)
ait mermer bant ve merceklerini muhtevi metamorfik şistlerdir,
Paleözolklfi üst seviyeleri^ Permo-Karbonifer yaşlı dolomileşmiş ve
yeniden büürlaşmiş kireçtaşlarıyla temsil edilmiştir.

Mesozoik, Üst Jura yaşlı kireçtaşı, kumtaşı ve marn ardalanması (ritmik seri) ile başlamakta, Kretase yaşlı kireçtaşlarıyla devam ederek, Kretasenin üst seviyelerini temsil eden killi kireçtaşı, kumtaşı, radyolarit ve kayraklardan (slate) müteşekkil flišimsi bir formasyonla nihayete ermektedir.

Tersiyer kalın bir taban konglomerası, kireçtaşı ve daha ziyade kumtaşı, şeyi ardalanmasından müteşekkil kırıntılarla (elastics) temsil edilmiştir. Kuaternerde akarsu kökenli taraçalar, alüvyonlar ve yamaç molozu vardır.

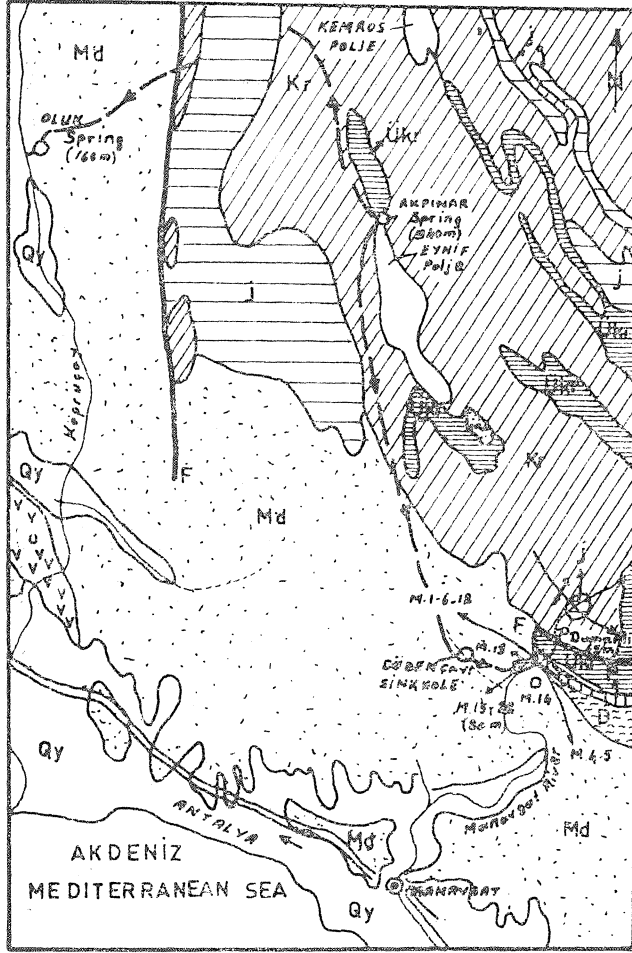
Bölgedeki yapısal gidişler, kuvvetli bir Alp tektoniğini karakterize etmektedir. Dağ teşekkülü Permien sonunda başlamış, fakat asıl orojenik gelişim Üst Kretaseden sonra olmuş (Laramien safhası) ve bölge genellikle ana yapısal taslağını kazanmıştır. Paroksizma Pireneen safhasına tekabül etmektedir. Alpin hareketleri Pliosen sonuna kadar devam etmiştir.

Kıvrımlar daha ziyade NNW-ESE gidişlidirler. Şiddetli tektonik hareketler neticesi kıvrımların eksen gidişlerine paralel lonjitudinal bindirmeler (upthrusts) ve şariyajlar meydana gelmiştir.

Hidrojeolojik özelliklerine göre, Permien ve Kretase kireçtaşlarıyla Miosen taban konglomerası ve kireçtaşı bölgenin su taşıyan formasyonlarıdır. Karst şebekesi bu birimler içinde gelişmiştir. Diğer seriler bölgenin geçirimsiz şeddelerini teşkil etmektedir.

Sınırlı bir karstlaşma olayı Permien sonunda dolomili kireçtaşlarında başlamış, fakat asıl devamlı karstlaşma Kretase sonunda, bölgenin yapısal taslağını kazanmasını müteakip gelişmiş ve şiddetli yükselmelerin (upliftings) olduğu Pliosende, bilhassa düşey anlamda gelişimini devam ettirmiştir. Bölgedeki karst yolları, daha ziyade kıvrım eksenleri, N-S ve E-W gidişli eklem sistemleri ve fay hatları boyunca görülmektedir.

En büyük debili (25-50 m³/san.) Dumanlı kaynağı flišimsi fasiyesinin kontaktına yakın yerde, antiklinalin güney kanadındaki Kretase kireçtaşlarından çıkmaktadır. Flišimsi fasiyes ile Kretase kireçtaşı arasındaki kontakt NW-ESE gidişli bir bindirmeye tekabül etmektedir. Diğer bir grup kaynaklar (M1, 6.12; M4, 5) Paleozoik kireçtaşı ve mermerlerinden fay ve eklem sistemleri boyunca çıkmaktadırlar. Güneydeki en büyük karstik kaynak (M15) Miosen kireçtaşı ile ince kırıntıların kontaktından gelmektedir. 4.12.1967 tarihinde debisi 3.039 m³/san. olarak ölçülmüştür (Şek. 1).



0 5 Km
Ölçek : 1/500000

LEJAND

KUATERNER	Qy	Alüvyon	
MİOSEN	Md	Kırıntılar	
ÜST KRETASE	Ükr	Fliş	Ofiyolitler
KRETASE	Kr	Kireçtaşı	
JURA	J	Marnlı kireçtaşı, kumtaşı	
PERMO - KARBONİFER	P	Kireçtaşı	
DEVONİEN	D	Metamorfik şist	
	F	Fay	
		Antiklinal	
		Karstik yeraltı su yolları	
	M-15	Kaynak no. (30 m); kot	

Şek. 1 - Genel jeoloji haritası.

(M.T.A. ve E.İ.E.İ. haritalarından faydalanılmıştır.)

Bölgede büyük çapta ilk boya tecrübeleri 1967 yılında yapılmış ve **kantitatif** neticeler elde edilmiştir. Takriben 25 kg **flüoresin**, 6 Mayıs saat 12.30 da M15 **no.lı** kaynağın 3.5 km batısındaki Düdençayı düdenine atılmıştır. 87 m **kotundaki** düden, Miosen kireçtaşı içinde gelişmiştir ve estival tipi bir kaynak olup, **alıcı** verici olarak çalışmaktadır. Boya, 7 Mayıs saat 2.30 da M1, M12 ve M15-M23 no.lı kaynaklarda flüovimetre altında görülmüştür. Buna göre, karstik yeraltı suyunun hızı ortalama 0.06 m/san, olarak hesaplanmıştır. Düdenin hemen yanındaki sondaj kuyusunda minimum yeraltı suyu seviyesi kot olarak 32.89 metredir.

Düdençayı düdeni ile kaynaklar arasındaki karst yolu Miosen kireçtaşının geçirimsiz kırıntılarla olan kontaktı tabakalarına ve N-S, E-W gidişli dikdörtgen bir örnek sunan eklem takımları boyunca gelişmiştir. Bu karst sistemi Paleozoik sağ sahil kaynaklarını da beslemektedir. Ayrıca, M13 ve M14 kaynakları arasında ırmağın altından geçen bir sifon sistemi bulunmaktadır.

İkinci flüoresin boya tecrübesi, baraj yerine, direkt mesafesi takriben 40 km olan Akpınar kaynağı veya düdenine 75 kg **flüoresin** atmak suretiyle yapılmıştır. Karstik kireçtaşları içinde gelişen bu düdeneye verici olarak çalışmadığı zaman girilmiş ve 6-7 m derinde devamlı akan bir yeraltı suyunun varlığı müşahade edilmiştir. 6 Temmuz saat 13.30 da, 940 m kotundaki bu düdeneye atılan boya, Miosen kaynaklarında (M15-M23) flüovimetre altında 9 Ağustos tarihinde görülmüştür. Buradan karstik yeraltı suyunun hızı 0.01 m/san, olarak hesaplanmıştır.

Manavgat ırmağının 30 km batısında, Köprüçay ırmağı sol sahilinde 160 m kotundaki Oluk kaynaklarında da boya tespit edilmiştir (25 Temmuz). Fakat bu netice oradaki geçirimsiz, Jura'yaşlı **arjillitlerin** varlığından dolayı şüphelidir. Dr. S. O. Eroskay'a göre, en makul izah tarzı, Kırkgeçit deresiyle yüzeyden bir akışın mevcudiyetidir. Ayrıca, Dumanlı kaynağının kuzeyindeki **antiklinalin** çekirdeğindeki Jura-ritmik serisi, Düdençayı ile Manavgat ırmağı drenaj havzaları arasında bir yeraltı su bölümü hattı teşkil etmektedir. En büyük debili Dumanlı kaynağı da kuzeydoğudan beslenmektedir.

OYMAPİNAR BARAJ YERİ; TEKTONİK VE KARSTLAŞMA

Düşünülen baraj aksı Permo-Karbonifer yaşlı **dolomili kireçtaşlarının** teşkil ettiği dar bir boğazın memba "kısmındadır® Baraj kemer tipte olup^ temelden itibaren yüksekliği 188 metredir.

Dolomili **kireçtaşları** kuzeyden ve güneyden Devonian yaşlı metamorfik şistlerle ihata edilmiştir* Daha güneyde^ Miosen taban konglomerası ve kireçtaşı eski temel üzerinde diskordan olarak durmaktadır (Şek* 2).

Petmien **kireçtaşları**, eksen gidişi NNW - ESE olan dar ve ezik bir senklinal meydana getirmektedir* Bu senklinallo. her iki kanadında metamorfik şistlerde olan kontaktlar faylıdır (F1 ve F3)# Alpin primer stresinin istikameti NE **olup**, SW yönlüdür, Eski kitle kenarında şiddetli bir geri tepme tektoniği meydana gelmiştir*

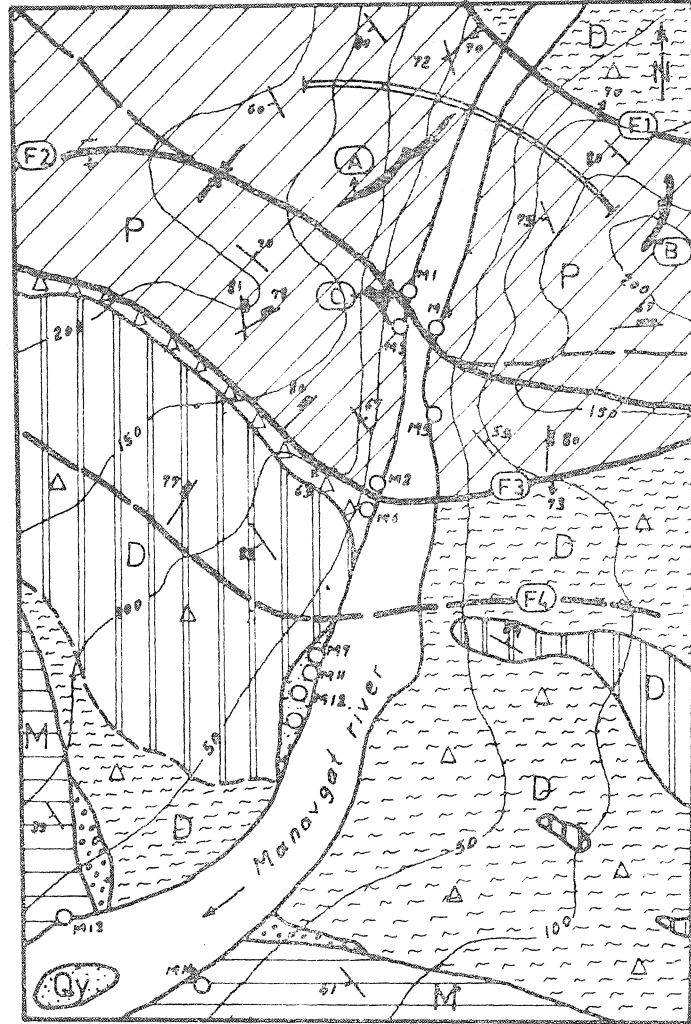
Baraj yerlode yalnız doıomllli **kireçtaşlarında** toplam 1450 m uzunluğunda araştırma galerisi açılmış ve toplam 3176,74 m **uzunluğunda** karot sondajı (core borings) yapılmıştır.

Mühendislik jeolojisi problemlerine de cevap vermek üzere araştırma galerilerinde yapılan **mikrotektonik** çalışmalar esnasında^ **1890** ölçü istasyonu kullanılarak, beş çeşit yapısal düzleme ait 16 295 adet eğim doğrultu ve miktarı ölçülmüştür. Yapısal şekillerin toplam adete göre yüzdeleri : tabakalarıma % **20**, kapalı eklem % **61.18**, kalsit dolgulu eklem % 6,1, kil dolgulu eklem % **032**, breşleşmiş hatlar % 6,7 ve cilâlı çizikler eklemler % 4.7 **dir***

Dolomili **kireçtaşları** ince ve orta tabakalı **olup**, şiddetli kırılma^ **nmh**, eklemler ve **kırıktır**, Senkînal kanatlarında tabakalar genellikle dik eğimli ve ondiileîidir,

Eklemlerin istatistik analiz neticelerine göre^ dolomili kireçtaşlarında, senklinal eksenine paralel (boyuna eklemler), eksene dik (enine eklemler) ve birbirleriyle dar açı yapan diyagonal makaslama tipi eklemler gelişmişlerdir,

N 6M5°E, **60°-80°NW duruşlu** ve nehre paralel olan eklemler, N 20°^75°W, 50°^75°NE **duruşlu** ve nehre dik olan eklemler ve kırıklar **karstlaşmanın** en belirgin **olduğu** yapısal düzlemleri teşkil etmektedirler. Ayrıca^ sol sahilde, boğazın mansap kesitinde açılan galerilerde görüldüğü gibi, dik eğimli tabakalarıma düzlemleri de karstlaşmanın gelişiminde roî oynamışlardır.



0 50 100 m.
Ölçek : 1/5000

LEJAND

KUATERNER		Alüvyon, Δ yamaç molozu		
MİOSEN		Taban konglomerası ve kireçtaşı		
PERMO-KARBONİFER		Dolomili kireçtaşı		
DEVONİEN		Metamorfik şist		Mermer
		Tabakaların doğrultu ve eğimi		
		Eklem takımlarının duruşu		
		Senklinal ekseni		
		Eğim gösterir fay		
		Ana karstlaşma		
	OM.12	Kaynak yeri ve numarası		
		Düşünülen baraj ekseni		

Şek. 2 - Manavgat - Oymapınar kemer baraj yeri basitleştirilmiş jeoloji haritası.

(Harita yazarın 1:1000 ölçekli jeoloji haritasından basitleştirilerek hazırlanmıştır.)

Araştırma galerilerindeki gözlemlere^ kuyularda yapılan basınçlı su deney neticelerine ve yeraltı seyru rasatlarına göre^ dolomili kireçtaşlarında üç tip karstlaşma ayırt edilmiştir,

. A.- Ana gidişler boyunca gelişen fearstlaşma

Büyük açıklıklar, kalsit ve kil dolgularıyla karakterime edilen bu tip karstlaşma nehre paralel veya dik eklem boyunca gelişmiştir.

Sağ sahilde 37 m kotunda açılan galeride rastlanan N25°-30°Ej 50°-70°NW duruşlu (A) eklemnin açıklığı 0,50 m ilâ 3,00 m arasında değişmekte olup, nehir seviyesine kadar inmektedir*

Sol sahilde 85,59 m kotandaki galeride görülen 1-1,5 m genişliğindeki karstlaşma zone (B), N25°E, 65°NW ve N25°W, 80°SW duruşlu kesişen iki eklem boyunca gelişmiştir, Karst zonunun açıklığı aşağıya doğru daralarak devam etmektedir,

Haritada (C) harfi iîe gösterilen mağaranın giriş kotu 40 m olup, içindeki küçük göllerden yapılan boya tecrübelerine göre, senkliöal ekseni yakınındaki bu mağara M1 ve M3 kaynaklarıyla irtibatlıdır* Mağaranın oluşumunda^ nehre dik ve paralel eklem takımlarının mevcudiyeti büyük rol oynamıştır.

Sol sahilde boğazın mansap kısmında 50,02 m ve 12 L3Ö m kotlarında açılan tünellerde rastlanan, kısmen kalsit ve kî dolgulu baca biçimindeki mağaralar daha ziyade tabakalanma düzlemleri boyunca gelişmişlerdir.

Be tip karşılaşmaya sondaj kuyularında yeraltı suyunun en düşük olduğu seviyelerde rastlanılmış ve bu zonlarda basınçlı su tecrübelerinde maksimum su kayıpları olmuştur*

İL Kesişen eklem boyunca gelişen fearstlaşma

Bu tip karstlaşma^ araştırma tünel ve sondajlarında, 1-5 cm kalınlığında kalsit damarları ve küçük boşluklar şeklinde görülmektedir. Kalsit damarlarının devamlılığı sınırlıdır» Küçük erime boşlukları da genellikle kısmen kalsit ve kil dolgudur. Yapılan basınçlı su tecrübelerinde bu tip karst zonkrmda büyük su kaçakları tespit edilmiştir, F2 fayı yakınındaki düşey kuyuda —60.67 m ilâ —62,67 m kotunda yapılan tecrübede 4*8 kg/cm² İlk bir basınç altında 25 litre/metre dakikalık bir su kaybı olmuştur. Bu tip eklem daha ziyade, E-W ve N-S gidişil ana eklem ve kırıklara paralel olarak gelişmişlerdir.

C* İrtibatsız erime boşlukları (jeodlar)

Çapları 1-5 cm arasında değişen bu boşluklar genellikle kalsit dolgulu olup, bilhassa karot sondajlarında boî miktarda müşahede edilmişlerdir. Basınçlı su tecrübelerinde yüksek basınç altında dahi nazarı itibara alınmayacak kadar düşük su kayıpları kaydedilmiştir.

Dar boğazda dolomili kireçtaşlarından nehir seviyesine yakın yerlerden çıkan ve toplam debileri 7-8 m³/saniyeye ulaşan çok sayıda karstik pınarlar genellikle ana yapıların eğim düzlemleri boyunca gelişmiş karst yollarından gelmektedir. Bunlardan, M1, M4 F2 ile; M7, M11, M12, F4 ile; M2, M6, F3 fayı ile ilgilidir. M4 ve M5 primer olarak doğuya doğru uzanan dolomili kireçtaşlarından beslenmektedir.

Gerek rejimleri, gerekse kimyasal bileşimleri bakımından Paleozoikten çıkan kaynaklar, kuzeyde Kretaseden çıkan dumanlı kaynağından (Şek, 1) ve güneyde Miosenden çıkan kaynaklardan ve ayrıca Manavgat nehrinden çok farklıdır.

Sol sahilden çıkan M4 ve M5 kaynaklarının ısıları duraylı olup, 16,5°C ilâ 17°C arasında değişmektedir. Buna mukabil, M11 kaynağının ısısı 4 mart-20 mayıs arasında 12°C-14,5°C, bilâşhara 16,5° ve kasım ayında tekrar 12°C dir. M15 kaynağının, ısısı 12°C ilâ 13,5°C, Dumanlı kaynağın 16,5°C ve ırmağın ısısı 11,5°C ilâ 12,5°C arasında değişmektedir.

Sondaj kuyularında yapılan rasatlara göre, dolomili kireçtaşında her iki sahilde de çok düşük bir hidrolik eğime sahip olan yeraltı suyunun minimum seviyesi hemen hemen nehir seviyesiyle aynıdır, Eylül-kasım ayı en düşük periyoda, aralık-mart ayları ise en yüksek periyoda tekabül etmektedir.

Netice olarak, dolomili kireçtaşlarında karstlaşma, büyük ölçüde tabaka, eklem ve fay hatları gibi yapısal zayıflık düzlemleri boyunca gelişmiştir. En derin karstlaşma, senklinal ekseninin geçtiği boğazın merkezî kısmında görülmektedir.

B İ B L İ Y O G R A F Y A

- ALTUĞ, S. (1968) : Progressive report on the engineering geology of Manavgat-
Oymapınar arch damsite, JB./Jff., Ankara«
- OYMAPINAR DAM and reservoir feasibility study (1967), *Energoprojekt,*
Engineerings Consulting Co.» Beograd^ Yugoslavia«
- ŞENOL, S. (1968) : The summary of the report covering the dye tests carried
out in Manavgat-Oymapınar **damsite and reservoir area.** E*İ, B*₃ Ankara*

AN EXAMPLE OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE KARSTIFICATION AND TECTONIC IN THE WESTERN TAURUS; MANAVGAT-OYMAPINAR DAMSITE

Saydun ALTUĞ

Electrical Power Resources Survey Department of Ankara» Turkey

INTRODUCTION

Since 1963, extensive and detailed investigations have been made to solve the karstic and tectonic problems of the Oymapmar reservoir area and the damsite, which is located on the Manavgat River, about 80 km east of Antalya City» in the southern part of Turkey. The Oymapmar project includes an arch-type storage dam and power plant for the development of the hydroelectric potential of the Manavgat River, and to meet the energy requirements of the proposed Aluminium Industry near Akseki.

The catchment area of the Manavgat River is chiefly formed by karstified limestones of Mesozoic age. The superficial drainage area at Oymapmar gauge-station is 715 km² (with the closed basins «poljes» 929 km²). According to the present records for 24 years, average flow is 156.3 cumecs, maximum recorded flow 1100 cumecs (January, 1968), and minimum flow 26.4 cumecs (13.11.1964). The annual precipitation for 27 previous years (Manavgat Town) amounts to 1260 mm. The summer period is almost completely rainless (June-September 2 % of annual precipitation). The Manavgat River is supplied by considerable amounts of water from the karst retention. In months of August and September 1963, which were completely rainless, the runoff of the Manavgat amounted to 450 X 10⁶ cubic meters.

REGIONAL GEOLOGICAL SETTING AND DYE TESTS

In the studied area, the oldest rock unit is the metamorphic schists containing marble lenses of Lower Paleozoic age. Late Paleozoic is represented by the dolomitized and recrystallized limestones.

Mesozoic starts with the alternating **limestones**, sandstones and marls (rhythmic series) of Jurassic age, and this is followed by limestone and **flysch-like** formation which is composed of clayey **limestone**, sandstone and **radiolarite**.

Tertiary is represented by a thick basal conglomerate, limestone and the elastics which consist mostly of compaction shale interbedded with sandstones. The river alluviums, terraces and locally considerable thick slope wastes represent the Quaternary.

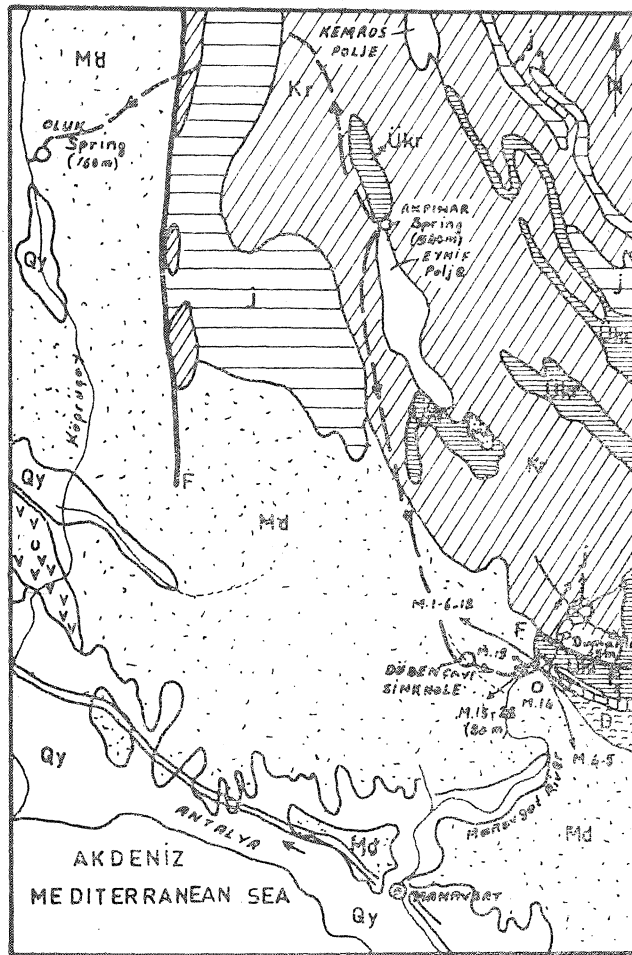
In the area studied, the structural trends are characterized by a strong Alpine tectonism. The mountain-making movements occurred at the end of the Permian, but the main orogenic development started in the early Eocene time (Laramian phase) and continued through the Pliocene. Paroxysms occurred during the Pyrenean phase.

The series of overthrusts and the longitudinal upthrusts which are parallel to the fold axes trending in a general **NNW-ESE direction**, were formed by Alpine tectonism.

According to the hydrogeological characteristics of the rock units, the Permian, Cretaceous limestones and the Miocene basal conglomerates and limestones are the water-bearing formations in which the intensive karstification was developed, other formations form the impervious barriers in the studied area,

A limited karstification started at the end of the Permian, but the development of the permanent karstification took place during the Neogene phases of the Alpine orogeny. The vertical development of the **karst** features occurred during the intensive upliftings of the Late Pliocene and Pleistocene. The karstic channels follow generally the fold axes, the intersected joint sets and the fault lines.

The largest springs Dumanlı (25-50 cumecs) emerges from the Cretaceous limestone on the faulted south flank of the anticline. This **upthrust**, trending NW-ESE, corresponds to the contact between karstic limestone and impervious flysch-like formation. The springs at the damsite (M1, 6, 12; M4, 5) come out of the fault and joint systems of the Paleozoic limestones and marbles. In the south the last and largest spring (M15) emerges from the contact between karstic limestone and fine-grained elastics of the Miocene age. Its yield was measured as 3,039 cumecs (on December 4, 1967) (see Fig. 1).



LEGEND

0 5 Km
Scale : 1/500000

QUATERNARY		Alluvium.
MIOCENE		Conglomerate, limestone, clastics.
UPPER CRETACEOUS		Flysch Ophiolites.
CRETACEOUS		Limestone.
JURASSIC		Marly limestone, sandstone.
CARBONO - PERMIAN		Limestone.
DEVONIAN		Metamorphic schists.
		Fault.
		Anticlinal.
		Underground water ways.
		Spring number (30 m) spring elevation in meters.

Fig. 1 - General geologic map.

N.B : Map compiled from M.T.A and E.İ.E.İ. maps

The first dye test has been carried out during May 1967, About 25 kg of fluorescein has been injected into the Diidençayı sinkhole, which is located at 3,5 km west of the spring M15, This sinkhole (87 m a.s.L) is an estlval-type springy which is both influent and effluent. After 15 hours, the coloration of the spring waters of M1, M12 has been determined under fluovlmeter and the coloration of the springs M15-M23 has been visible to the naked eye. The average velocity of the water is 0,06 m/sec,

This karstic system has been developed along the contact between the Miocene limestone and the impervious fine-grained elastics; along the bedding planes (dipping 35° -40° to the south) the joint sets which represent a rectangular pattern trending N»W and E-W* This system supplies the water of the Paleozoic springs emerging from the right bank» Besides, the existence of a syphon system crossing the river, between the springs M13 and M14, has been revealed during this dye test.

The second dye test has been carried out during the months of July and August, About 75 kg of fluorescein has been injected into the Akpinar spring or sinkhole (940 m a.s.L), which is located at appr. 40 km northwest of the damsite. There exists an underground creek in this sinkhole. The colored water had emerged out of the Miocene springs M15-M23 and the Paleozoic springs M1, 6, about 38 days later than the injection time. The average velocity of the water is 0.01 m/sec*

Another coloration of the waters of Ölükköprü springs (160 m a.s.L) was observed coming out of the conglomerates on the left bank of Köprüçay River^ which is located 30 km west of the Manavgat River» But this result is **doubtful**, due to the existence of the impervious argillites of the Jurassic age. Dr, S, CX Eroskay reported that the most reasonable explanation seems the superficial flow, by means of Kırkgeçit Creek, Ön the other hand, the rhythmic series of the Jurassic age, cropping out in the core of the anticline, north of Dumanlı Spring, forms an underground water-divide between the Biidençayı and the Manavgat River catchment areas.

OYMAPINAR DAMSITE; TECTONIC AND KARSTIFICATION

The proposed dam axis is located at the upstream part of the gorge which is formed by the dolomitized limestone of Carbono-Permian age. The arch-type dam has a height of 180 m from the foundation.

The dolomitized limestones are flanked, both on north and south, by the metamorphic schists which belong to the older parts of the Paleozoic. Further south, this basement complex is discordantly overlain by the basal conglomerates and the limestones of Lower Miocene age (Fig. 2).

The Permian limestones form a very tight and disturbed syncline with an axis trending NNW-ESE. On the flanks, both of the contacts between dolomitized limestones and schists are faulted (F1 and F3). The direction of the Alpine primary stress is NE-SW. The very strong tectonic movements occurred along the contacts of the old basement.

In the old dolomitized limestones, the core borings for a total length of 1450 m and 14 exploratory tunnels and adits for a total length of 3176 m have been completed up to 1968,

During the micro-tectonic investigations, totally 16 295 azimuths — dip amounts which belong to six kinds of structural planes— were measured by using 1890 measurement stations. The kinds and percentages of the structural planes are : bedding 20 %, tight joint 61.18%, joint filled with calcite 6.1 %, joint filled with clay 0.32 %, brecciated lines or zones 6.7 % and slickensided surfaces 4.7 %.

The thin to medium-bedded dolomitized limestones are strongly folded, jointed and fractured. The beds on both flanks of the syncline are steeply dipping and plicated.

According to the results of the statistical joint-analysis, the longitudinal joints (parallel to the syncline axis), the cross joints (perpendicular to the syncline axis) and diagonal shear joints have been distinguished in the limestones.

The joints and fractures with the attitudes N6°-45°E, 60°-80°NW (parallel to the river), N20°-?5°W, 50°-75°NE (perpendicular to

the river) are the most distinctive structural planes along which the main **-karstification** was developed. Besides, the bedding planes, which are steeply dipping, played an important role in the development of the karstic features, as seen at the left-bank downstream adits.

According to the investigations in the exploratory adits and **tunnels**, the ground water observations in the drilling **hole**, and the water-pressure test results, three types of karstification are differentiated in the dolomitized limestone mass,

A. **Karstification** developed along the **major** trends

This type of karstification, which is expressed as large openings and calcite-clay fillings, occurs along the joints and fractures trending parallelly or perpendicularly to the river.

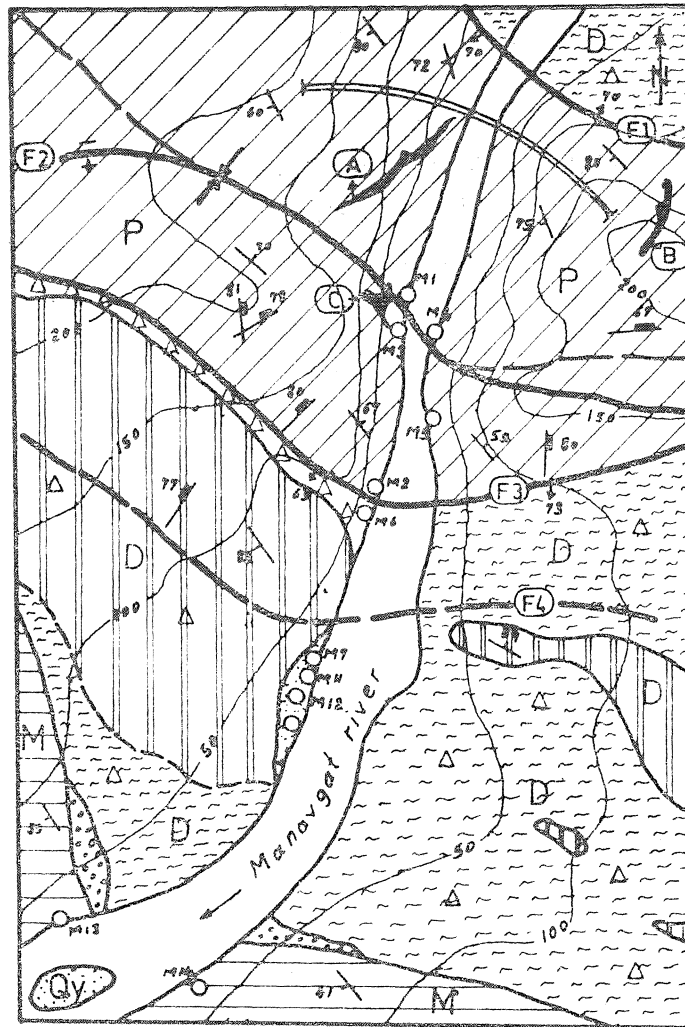
Joint (A) occurring in the right-bank adit (37 m **a.s.J.**) strikes $N25^{\circ}\sim 30^{\circ}E$ and dips $50^{\circ}\sim 70^{\circ}MW^*$. The width of this karstic opening varies from 0,50 to 3.00 m and it extends downward up to the river level.

The karstic zone (B) in the left-bank adit (85,59 m **a.s.JL**) occurs along the intersected joint planes with the attitudes $N25^{\circ}E$, $65^{\circ}MW$ and $N25^{\circ}W$, $80^{\circ}SW$. The width of the openings and the calcite veins varies between 1 and 1,5 m. It extends downward by narrowing.

The cavern (C) occurring in the left-bank adit (48 m **a.s.L**) has developed along the intersected joint sets striking apprx. parallel and perpendicular to the river. The interconnection between this cavern near the syncline axis and the spring M1 and M3 is confirmed by the dye tests.

The caverns in the form of the chimney, which occur in the left-bank downstream tunnels (50,02 m and 12130 m **a.s.L**), have developed along the bedding planes. These caverns are partly filled with calcite and clay.

This type of karstification is also corresponding to apprx. minimum levels of the ground water. These zones, which are characterized by the solution cavities partly filled with calcite and clay, cause maximum losses during the water pressure tests*



0 50 100 m.
Scale: 1/5000

LEGEND

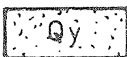
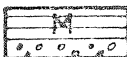

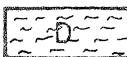






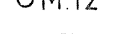

QUATERNARY		Alluvium, Δ Slope wash.		
MIOCENE		Basal conglomerate and limestone.		
CARBONO-PERMIAN		Dolomitized limestone.		
DEVONIAN		Metamorphic schist		Marble.
		Strike and dip of beds.		
		Strike and dip of joint sets		
		Synclinal axis.		
		Fault showing dip.		
		Major karstification.		
		Spring location and number.		
		Proposed dam axis.		

Fig. 2 - Simplified geologic map of Manavgat-Oymapınar arch damsite.

NB : Mapsimplified from the writer's 1/1000 scale geologic map.

B. Karstification developed along intersected joints

This type of **karstification** occurs in the exploratory adits, tunnels and borings, as calcite veins (1-5 cm thick) and small openings which are mostly filled with calcite and clay. These karstic features cause considerably important water losses (under 4.8 kg/cm² pressure? 25 liters per meter per minute between -60.61 and -62.67 m in the drilling hole neat the fault F2). The karstified joints trend generally parallelly or perpendicularly to the river,

C. Isolated **solution** cavities (géodes)

They occur in the tunnels and especially in the borings as small solution cavities (1-5 cm diam*) which are partly filled with calcite, This type of karstification shows very low water losses under high pressure (10 kg/cm²) during the water-pressure tests.

Numerous karstic springs (totally 7-8 cumecs) emerge **from** the **dolomitized** limestone within the limits of the narrow gorge. These springs enter the river at about river **level**. They are coming out of the karstic ways which developed along the dip planes of the main structural features. M1 and M4 are related to the fault F2; M7, **Mil**, M12 to the fault F4; M2 and M6 to the fault F3; M4 and M5 are primarily feeding from the dolomitized limestones extending towards east.

In conformity with the data concerning the **regimen**, temperatures and the content of chemical matters the springs emerging from the Paleozoic are strictly different from the Dumanlı Spring coming out of the Cretaceous and the springs emerging from the Miocene (see Fig. 1).

On both sides the ground-water level has a very low hydraulic gradient* Its minimum level is nearly the same with the river **level** The months of September and November correspond to the lowest **period**, December and March to the highest period.

In conclusion the karstic features in the dolomitized limestone occur along the weakness planes as the beddings jointing and **faulting**. The intensive and deepest **karstification** was developed in the central part of the gorge, where the synclinal axis cuts across **the** river.

SELECTED BIBLIOGRAPHY

- ALTUĞ S. (1968) : Progressive report on the engineering geology of **Manavgat-Oymapınar** arch dam site. *E.İ.E.*, Ankara.
- OYMAPINAR DAM and reservoir feasibility study (1967), *Energoprojekt. Engineering, Consulting Co.*, Beograd^ Yugoslavia,
- ŞBNÖİo S. (1968) : The summary of the report covering the dye tests carried out in **Manavgat-Oymapınar** dam site and reservoir area. *E.İ.E.* Ankara,