

## ALAKÖPRÜ-ILISU KUVVET TÜNELİNDEKİ (GB KARAMAN) EN UYGUN İKSANIN RSR YÖNTEMİYLE SEÇİMİ

Selecting the appropriate ground support for the Alaköprü-Ilisu power tunnel with the RSR Method (SW KARAMAN)

Aydın ÖZSAN

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beşevler/ANKARA

**ÖZ :** Bu çalışma, Alaköprü - Ilisu kuvvet tüneli boyunca bulunan kaya birimlerinin, kaya kütle kalitesinin saptanması ve en uygun destek sisteminin bulunmasını içermektedir. Tünel güzergahı üzerindeki başlıca kaya birimleri marn ve kireçtaşlarıdır. Kireçtaşı birimleri blok şeklinde olup ofiyolitli -melanj içinde bulunurlar. Önerilen tünel güzergahı üzerindeki kaya kütlelerinin kalitesi ve en uygun destek sisteminin tayininde RSR (Rock Structure Rating) sınıflaması kullanılmıştır. Kuvvet tünel güzergahında bulunan marn, kireçtaşı ve ofiyolitik-melanjin matriksine ait RSR değerleri farklı bulunmuş ve buradan gerekli iksa sistemleri önerilmiştir. RSR kavramı, kaya tünellerindeki çelik kafes desteği seçiminde faydalı metodur.

**ABSTRACT :** This work consists of determining rock mass quality and selecting the appropriate support system of the rock units along the proposed Alaköprü - Ilisu tunnel. The main rock units on the tunnel alignment are marl and limestones. The limestone units are blocky in ophiolitic-melange. The quality of rock mass on the proposed tunnel and its suitable support were determined by using RSR (Rock Structure Rating) classification. RSR values were obtained differently for marl, limestone and matrix of the ophiolitic-melange along the power tunnel alignment. Hence, the necessary support systems were suggested for the power tunnel. The RSR Concept is useful method for selecting steel rib support for rock tunnel.

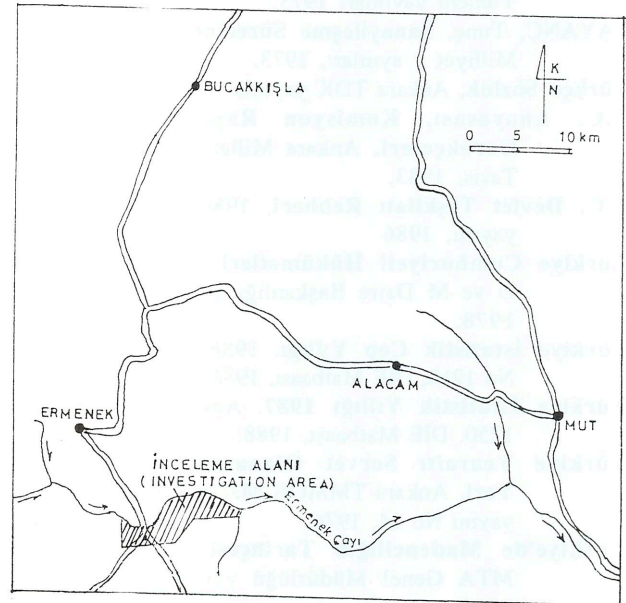
### GİRİŞ

Karaman'a bağlı Ermenek ilçesinin GD'sunda Ermenek Çayı üzerinde (Şekil 1) Alaköprü mevkiinde planlanan Görmel baraj yerindeki suyu Erik Deresi Ilisu mevkiinde kurulacak santalara iletmek için bir kuvvet tüneli planlanmıştır. Bu planlanan kuvvet tüneli boyunca görülen kaya birimlerinin jeoteknik özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Elde edilen parametreler yardımı ile tüneldeki kayaların kalitesi ve alınacak en uygun destek önlemi, RSR sınıflaması (Wickham ve Diğ., 1972 ve 1974) kullanılarak belirlenmiştir. Tünel güzergahının da içinde bulunduğu alandaki jeolojik ve jeoteknik ilk etüdler Ertunç (1977), Önc (1987) tarafından gerçekleştirilmiştir. Alaköprü civarında planlanan Görmel baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi ve kayaların jeoteknik özellikleri (Özsan, 1989) incelenmiş ve buradan açılacak kuvvet tünelindeki kayaların kütle kalitesi; Jeomekanik-RMR ve Q-Sistemi sınıflamaları kullanılarak belirlenmiştir (Özsan, 1990).

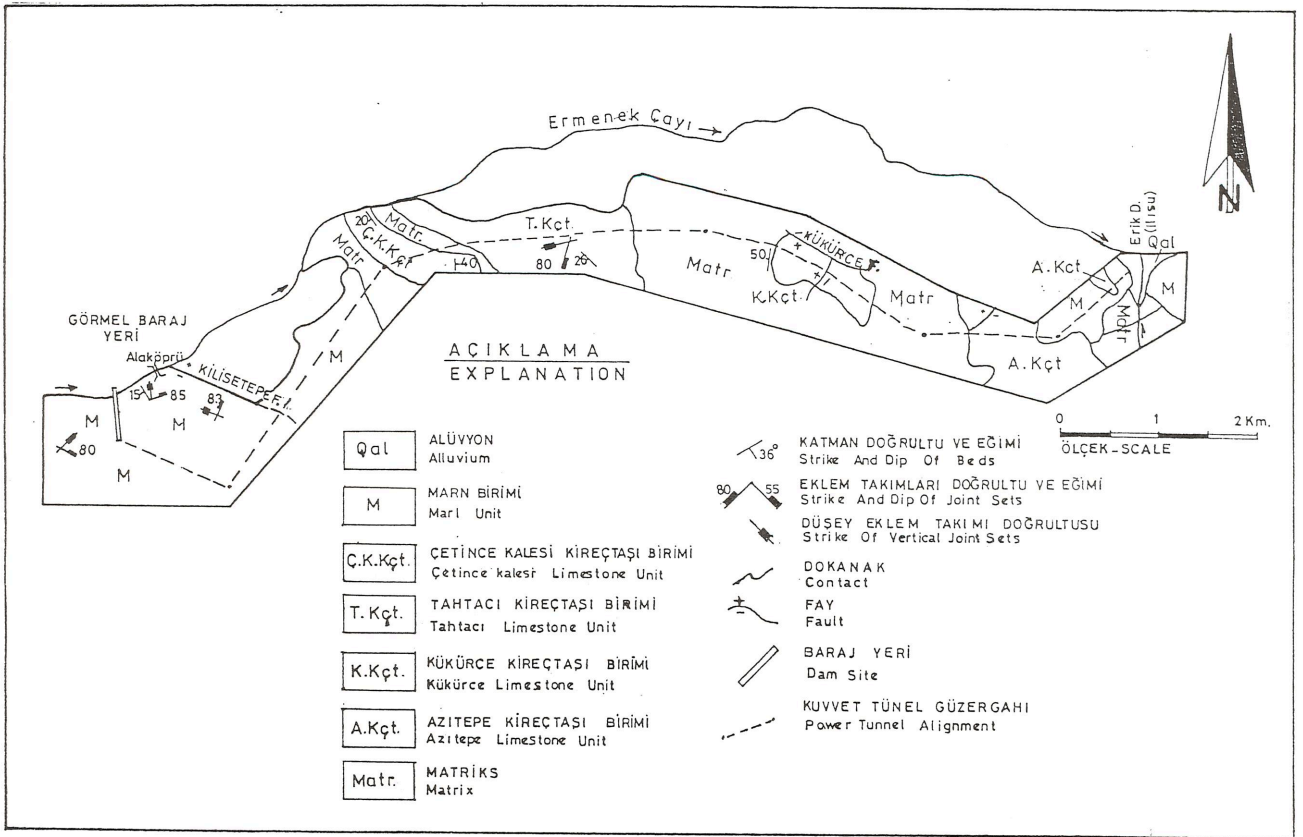
### ALAKÖPRÜ-ILISU KUVVET TÜNEL GÜZERGAHINDAKİ KAYA BİRİMLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Alaköprü mevkiinden başlayıp Ilisu yöresinde sona erecek kuvvet tünelinin boyu 12700 m. dir (Şekil 2). Tünel güzergahı ve civarında görülen başlıca kayabirimleri marn ve kireçtaşlarıdır. Kireçtaşı birimleri blok şeklinde olup Ofiyolitli-Melanj içinde değişik yaş ve boyutta bulunurlar. Tünel güzergahı üzerinde görülen marnlar ince, orta ve kalın tabakalı olup orta ve sert dayanımlı seyrek eklemlidir. Çetinçekalesi (Ç.K.Kçt.) kireçtaşı bloğu; ince, orta kalın tabakalı çok sert ve dayanımlı, seyrek eklemlidir. Tahtacı (T. Kçt.) kireçtaşı bloğunun alt seviyeleri orta, kalın tabakalı, dayanımlı ve sert, üst seviyeleri ince tabakalı, orta dayanımlı, kırılgen ve sık ek-

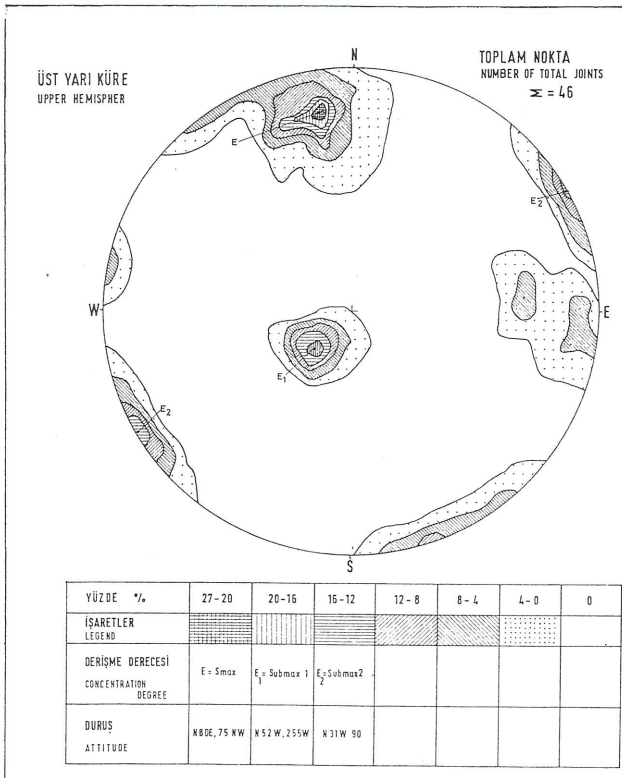
lemlidir. Kükürce (K.Kçt) kireçtaşı bloğu; ince, orta ve yer yer k alın tabakalı, seyrek eklemlı, sert ve dayanımlı, yüzeyi az erimeli ve karrenlidir. Azıtepe (A.Kçt) kireçtaşı bloğu, ince, orta tabakalı, sık eklemlı çok sert ve dayanımlıdır. Tünel güzergahı boyunca görülen ofiyolitli melanjin matriksini gabro, serpan-tinleşmiş gabro, bazalt, ve splitin düzensiz karışımı oluşturur.



Şekil 1. Yer bulduru haritası  
Figure 1. Location map.

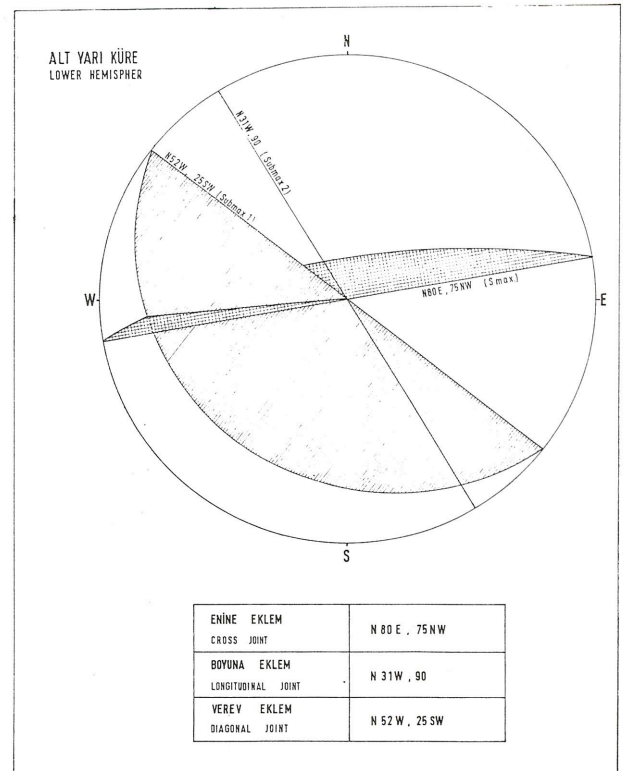


Şekil 2 . Tünel güzergahındaki kaya birimlerini gösteren harita  
Figure 2 . Map showing lithological units on the tunnel alignment.



Şekil 3 . Marn biriminde ölçülmüş eklemlerin eşit alan izdüşümü.

Figure 3 . Equal-area projection of the joints measured in marl unit.

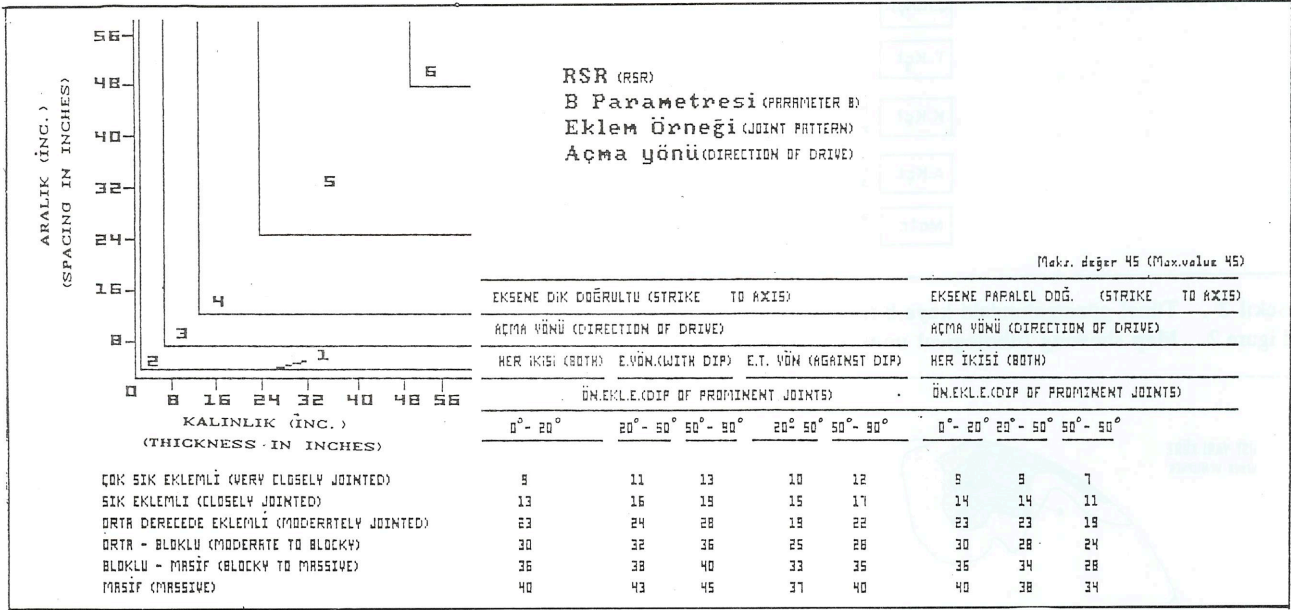


Şekil 4 . Marn birimindeki eklemlerin stereografik izdüşümü.  
Figure 4 . Stereographic projection of the joints of the marl unit.



Ana Kaya Tipi / Basic Rock Type	RSR A PARAMETRESİ GENEL JEOLOJİ ALANI				RSR PARAMETER A GENERAL AREA GEOLOGY			
	Sert Hard	Orta Med.	Yumuşak Soft	Ayrışmış Decomp.	Masif	Az Faylı veya Kıvrımlı	Orta Derece Faylı veya Kıvrımlı	Çok Faylı veya Kıvrımlı
Magmatik / Igneous	1	2	3	4	Massive	Slightly Faulted or Folded	Moderately Faulted or Folded	Intensely Faulted or Folded
Metamorfik / Metamorphic	1	2	3	4				
Tortul / Sedimentary	2	3	4	4				
Tip 1 / Type 1					30	22	15	9
Tip 2 / Type 2					27	20	13	8
Tip 3 / Type 3					24	18	12	7
Tip 4 / Type 4					19	15	10	6

Tablo 1. RSR - A Parametresi. (Wickham ve Diğerleri, 1974'den alınmıştır)  
Table 1. RSR - Parameter A. (After Wickham et al '1974).



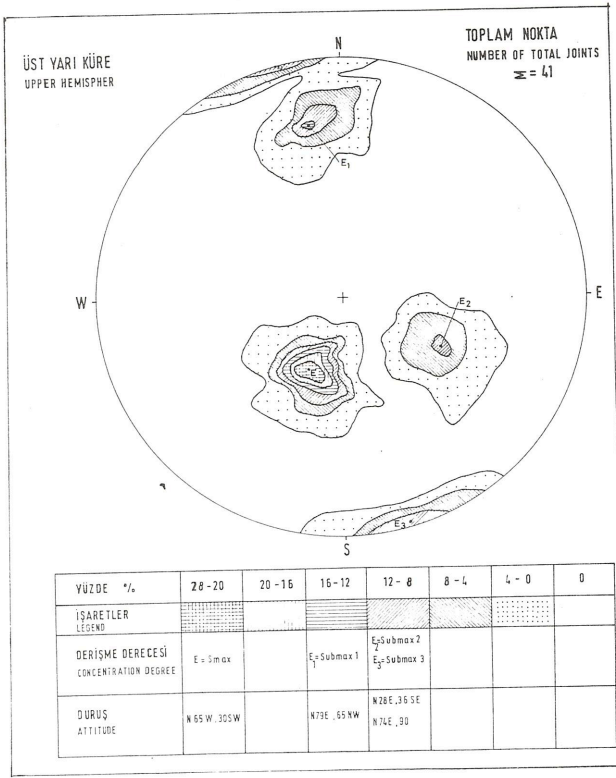
Tablo 2. RSR - B Parametresi. (Wickham ve Diğerleri, 1974'den alınmıştır.)  
Table 2. RSR - Parameter B. (After Wickham et al '1974)

## ALAKÖPRÜ-ILISU KUVVET TÜNEL GÜZERGAHINDAKİ KAYA BİRİMLERİNE RSR (ROCK STRUCTURE RATING) SINIFLAMASININ UYGULANMASI

RSR (Rock Structure Rating) kavramı Wickham ve Diğerleri (1972) tarafından geliştirilen bir kaya destek tahmin modelidir. RSR, Terzaghi'nin (1946) kaya kütlesi sınıflama sistemidir. RSR kavramı, tünelcilikte kaya kütlesi davranışını etkileyen faktörlerin iki genel kategorisini içermektedir: Jeolojik parametreler ve yapı parametreleri. Jeolojik parametreler: a) Kaya tipi, b) Eklem örneği (Eklemelerin ortalama ağırlığı), c) Eklemelerin Yönlenimi (doğrultu ve eğim), d) Süreksizliklerin tipi, e) Büyük faylar, makaslama ve kıvrımlar, f) Kaya gereç özellikleri, g) Günlenme ve bozuşma. Yapı parametreleri: a) Tünel boyutu, b) Tünelin kazı yönü c) Kazı metodu. Yukarıdaki tüm faktörler üç temel parametrede toplanmıştır. Bunlar A, B ve C parametreleridir (Tablo, 1,2 ve 3)

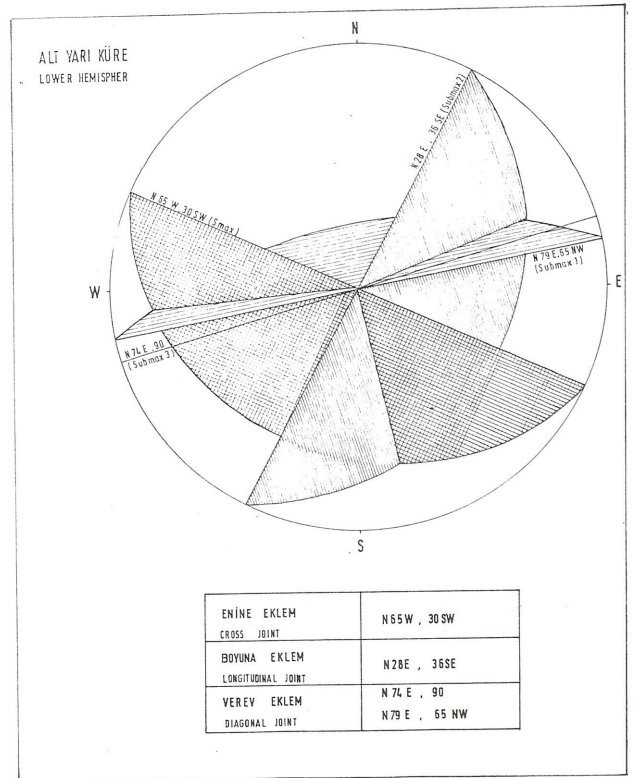
20 ft çaplı Alaköprü-İlisu kuvvet tünelineki ilk kaya birimi marndır. Orta sertlikteki kaya türünde olan marnlar az kırıklı ve kıvrımlıdır. A=18 (Tablo 1). orta derecede eklemli olan marnlara ait eklem örneğine göre (Şekil 3 ve 4), tünelin açma yönü tüel eksenine paralel ve önemli eklemelerin eğimi 50°-90° arasındadır buradan B=19 (Tablo 2) bulunmuştur. Az ayrılmış marnlarda beklenen su akımı dakikada 200 galondan azdır, C= 15 (Tablo 3), Sonuç olarak RSR=52 olup gerekli destekleme önlemi (Şekil 13), Tablo 4'te gösterilmiştir.

Çetince Kalesi kireçtaşı orta sertlikte olup orta derecede faylı ve kıvrımlıdır, A=12 (tablo 1). Orta derecede eklemli Ç.K. kireçtaşına ait eklem örneğine göre (Şekil 5 ve6), tünelin açma yönü tünel eksenine dik ve eğim yönünde önemli eklemelerin eğimi 50°-90° arasındadır B=28 (Tablo 2). Az ayrılmış eklemelerden dakikada 200 galondan az su beklenmektedir, C=15 (Tablo 3) sonuç olarak RSR=55 bulunmuş olup gerekli destekleme önlemi Şekil 13 yardımıyla Tablo-4'te gösterilmiştir.



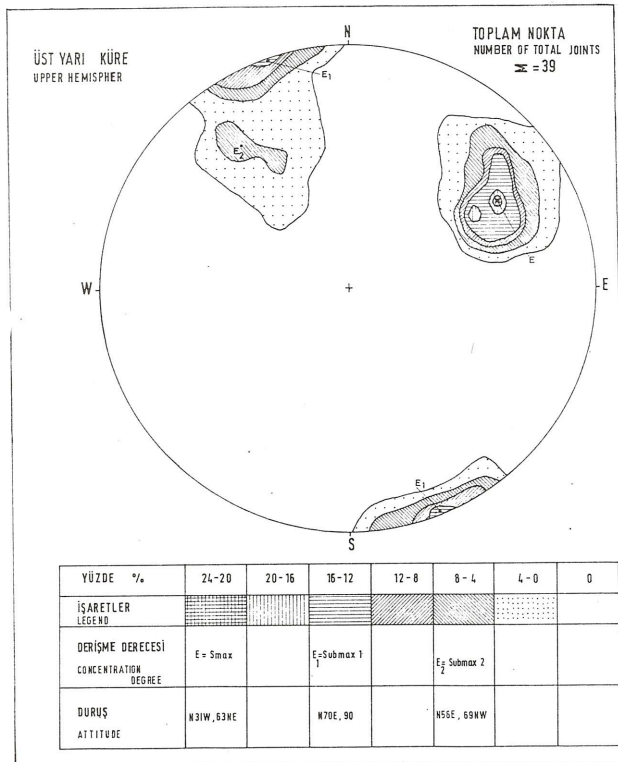
Şekil 5. Çetince kalesi kireçtaşı biriminde eklemlerin eşit alan izdüşümü.

Figure 5. Equal-area projection of the joints measured in Çetince Kalesi limestone unit.



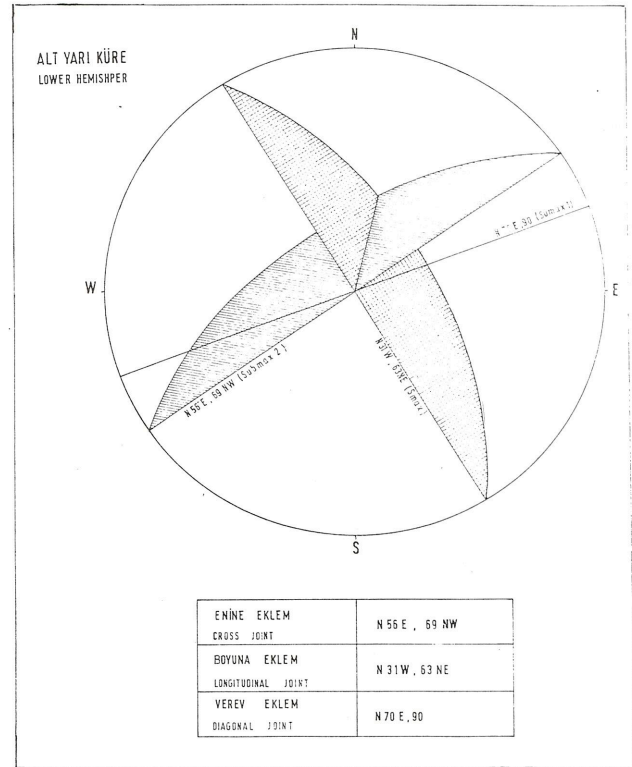
Şekil 6. Çetince Kalesi kireçtaşı birimindeki eklemlerin stereografik izdüşümü.

Figure 6. Stereographic projection of the joints of the Çetince Kalesi izdüşümü



Şekil 7. Tahtacı kireçtaşı biriminde eklemlerin eşit alan izdüşümü.

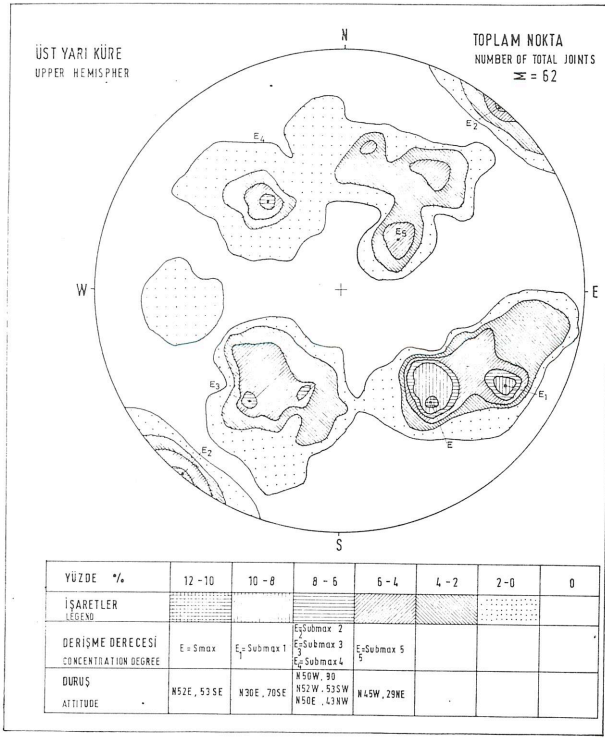
Figure 7. Equal-area projection of the joints measured in Tahtacı limestone unit.



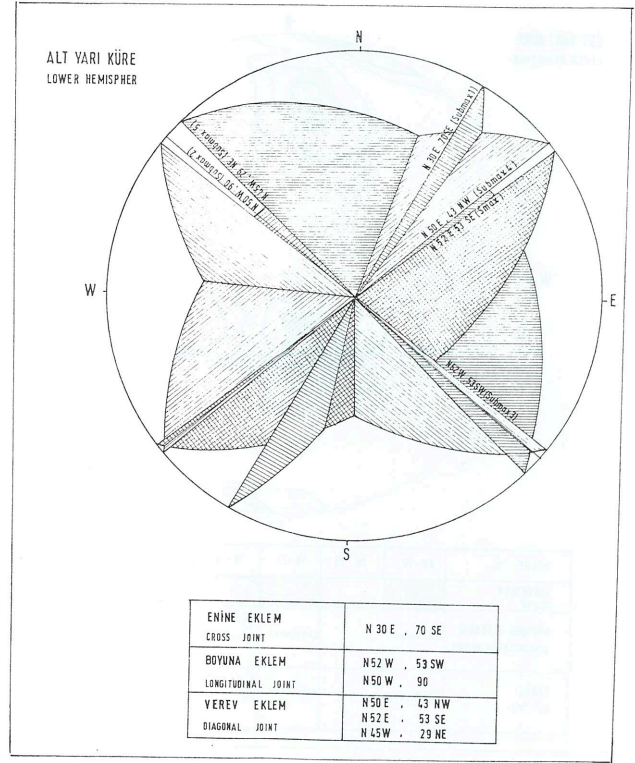
Şekil 8. Tahtacı kireçtaşı birimindeki eklemlerin stereografik izdüşümü.

Figure 8. Stereographic projection of the joints of the Tahtacı limestone unit.

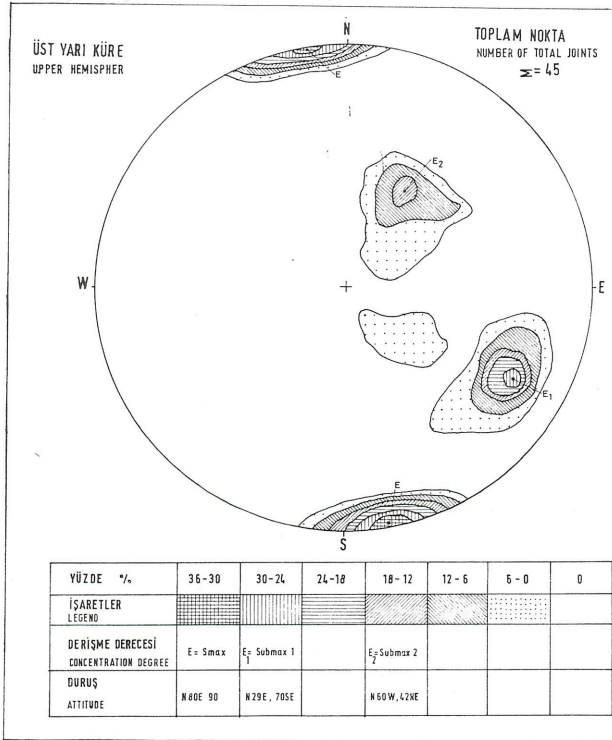




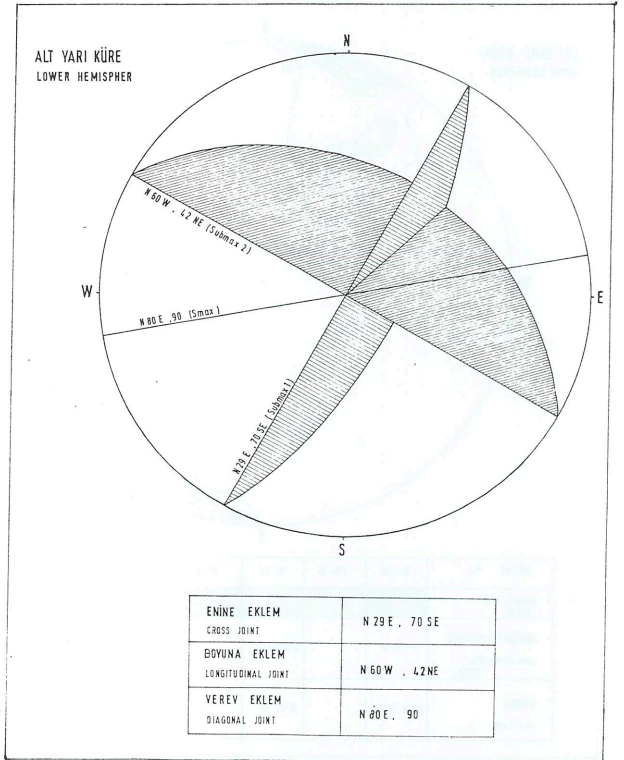
Şekil 9. Kükürce kireçtaşı biriminde eklemlerin eşit alan izdüşümü.  
Figure 9. Equal-area projection of the joints measured in Kükürce limestone unit.



Şekil 10. Kükürce kireçtaşı birimindeki eklemlerin stereografik izdüşümü.  
Figure 10. Stereographic projection of the joints of the Kükürce limestone unit.



Şekil 11. Azıtepe kireçtaşı biriminde eklemlerin eşit alan izdüşümü.  
Figure 11. Equal-area projection of the joints measured in Azıtepe limestone unit.



Şekil 12. Azıtepe kireçtaşı birimindeki eklemlerin stereografik izdüşümü.  
Figure 12. Stereographic projection of the joints of the Azıtepe limestone unit.

Reklenen su akımı (Dakikada galon/1000) Anticipated Water Inflow (gpm/1000)	RSR C PARAMETRESİ YERALTISUYU EKLEM DURUMU			RSR PARAMETER C GROUND WATER JOINT CONDITION		
	A VE B PARAMETRELERİ TOPLAMI			SUM OF PARAMETERS A + B		
	13 - 44			45 - 75		
	EKLEM DURUMU/Joint Condition*					
	İyi/Good	Orta/Fair	Fena/Poor	İyi/Good	Orta/Fair	Fena/Poor
Hic yok/ None	22	18	12	25	22	18
Az (<200 galon/ dak. Slight(<200 gpm)	19	15	9	23	19	14
Orta (200-1000 galon/ dak.) Moderate (200-1000 gpm)	15	11	7	21	16	12
Çok (>1000 galon / dak.) Heavy (>1000 gpm)	10	8	5	18	14	10

\* Eklem Durumu : İyi = Sıkı veya çimentolu  
Orta = Az gunlenmiş veya ayrılmış  
Fena = Çok gunlenmiş, ayrılmış veya açık.

\* Joint condition : Good = Tight or cemented  
Fair = Slightly weathered or altered  
Poor = Severely weathered, altered or open

Tablo 3. RSR - C Parametresi.  
(Wickham ve Diğerleri, 1974'den alınmıştır.)

Table 3. RSR - Parameter C.  
(After Wickham et al '1974)

	Marn	C.K. Kct.	T. Kct.	K. Kct.	A. Kct.
	Marl	C.K. Lms.	T. Lms.	K. Lms.	A. Lms.
A Parametresi	18	12	18	18	12
Parameter A	18	12	18	18	12
B Parametresi	19	28	28	19	19
Parameter B	19	28	28	19	19
C Parametresi	15	15	16	15	9
Parameter C	15	15	16	15	9
RSR=A+B+C	52	55	62	52	40
Destek No.	1	2	3	4	5
Support Num.	1	2	3	4	5
Destek 1	1 m. aralıklı bulonlar ve 75 mm. püskürtme betonu veya 1.2 m. aralıklı çelik kafes (6H20).				
Support 1	Bolts spaced 1 m. and 75 mm. shotcrete or ribs 6H20 at 1.2 m.				
Destek 2	1.2 m. aralıklı bulonlar ve 72 mm. püskürtme betonu veya 1.5 m. aralıklı çelik kafes (6H20).				
Support 2	Bolts spaced 1.2 m. and 72 mm. shotcrete or ribs 6H20 at 1.5 m.				
Destek 3	1.5 m. aralıklı bulonlar ve 57 mm. püskürtme betonu.				
Support 3	Bolts spaced 1.5 m. and 57 mm. shotcrete				
Destek 4	1 m. aralıklı bulonlar ve 75 mm. püskürtme betonu veya 1.2 m. aralıklı çelik kafes (6H20).				
Support 4	Bolts spaced 1 m. and 75 mm. shotcrete or ribs 6H20 at 1.2 m.				
Destek 5	80 mm. aralıklı bulonlar ve 120 mm. püskürtme betonu veya 95 mm. aralıklı çelik kafes (6H20) veya 1.2 m. aralıklı çelik kafes (8WF48).				
Support 5	Bolts spaced 80 mm. and 120 mm. shotcrete or ribs 6H20 at 0.3 m. or ribs 8WF48 at 1.2 m.				

Tablo 4. Alaköprü-İhsu kuvvet tünel güzergahı boyunca yapılan RSR sınıflaması  
Table 4. RSR classification along the Alaköprü-İhsu power tunnel.

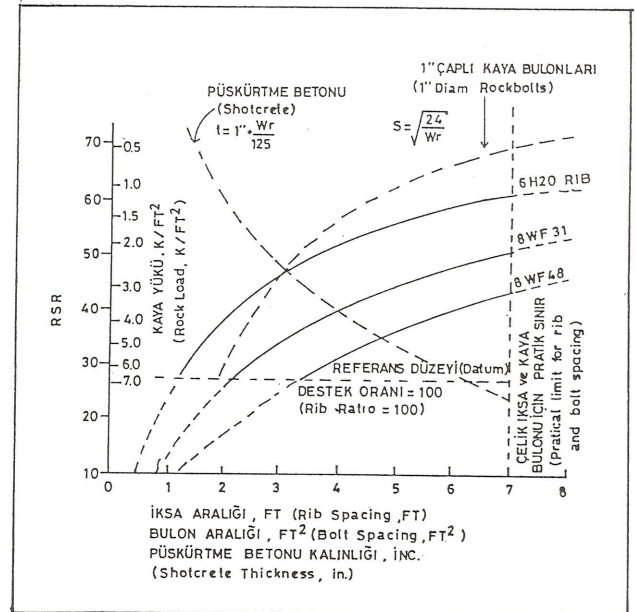


Figure 13. Support chart for 200 feet diameter tunnel.  
(after Wickham et al, 1974)

\*Tahtacı kireçtaşı orta sertlikte, az derecede faylı ve kıvrımlıdır, A= 18 (Tablo 1). Tahtacı kireçtaşına ait eklem örneğine göre (Şekil 7 ve8) tünelin açma yönü tünel eksenine dik ve eğim yönünde olup önemli eklemlerin eğimi 50°-90° arasındadır B=28 (Tablo 2). Az ayrılmış eklemlerden dakikada 200-1000 galon arasında su beklenmektedir C= 11 (Tablo 3). Buradan Tahtacı kireçtaşına ait RSR değeri 57 olup gerekli destekleme önlemi (Şekil 13) Tablo 4'te gösterilmiştir.

Kükürce kireçtaşı orta sertlikte az kıvrımlı ve faylıdır. A=18 (Tablo 1). Kükürce kireçtaşına ait eklem örneğine göre (Şekil 9 ve 10) tünelin açma yönü tünel eksenine paralel ve önemli eklemlerin eğimi 50°-90° arasındadır B=19 (Tablo 2). Az günlenmiş veya ayrılmış eklemlerden dakikada 200 galondan az su beklenmektedir C=15 (Tablo 3). Buradan RSR değeri 52 bulunmuştur. Kükürce için destekleme önlemi Şekil 13 teki grafik yardımı ile bulunmuş ve Tablo 4'de gösterilmiştir.

Azıtepe kireçtaşı orta sertlikte, orta derecede faylı ve kıvrımlıdır A= 12 (Tablo 1). Azıtepe kireçtaşına ait eklem örneğine göre (Şekil 11 ve 12) tünelin açma yönü tünel eksenine dik ve eğim yönündedir. Sık eklemlerli olan azıtepe kireçtaşında önemli eklemlerin eğimi 50°-90° arasında değişmektedir B= 19 (Tablo 2). Çok günlenmiş, ayrılmış eklemlerden dakikada 200 galondan az su beklenmektedir C=9 (Tablo 3). RSR= 40 olup gerekli destekleme önlemi Tablo 4'te gösterilmiştir.

İnceleme alanındaki ofiyolitli melanajın matriksini oluşturan kaya birimleri, oldukça bozulmuş ve dayanımsız olduklarından RSR sınıflamasına göre çok zayıf kaya durumundadırlar. Matriks için gerekli iksa; çok sık aralıklı bulonlar ve kalın püskürtme betonu ile 6H<sub>2</sub>O ebatında çelik kafestir.

## SONUÇLAR

Alaköprü-İhsu kuvvet tünel güzergahındaki kaya birimleri RSR (Rock structure rating) sınıflamasına göre değerlendirilmiş ve her ayrı birim için farklı destekleme önlemleri önerilmiştir. Gerekli destekleme önlemlerinin alınması şartı ile Alaköprü-İhsu kuvvet tünel güzergahı, tünel inşaatı için uygundur.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Ertunç, A., 1977, Göksu-Ermenek bent yeri olanakları ve göl alanları jeoloji ön raporu: EİE yayını, 77-39, Ankara.
- Önç, s., 1987, Ermenek baraj yeri jeoteknik ara raporu: EİE yayını, 87-64, Ankara.
- Özsan, A., 1989, Görmel baraj yeri ve göl alanının (Ermenek-Konya) mühendislik jeolojisi ve kayaların jeoteknik özellikleri: Türkiye Jeol. Bül., 32/1-2, 9-13.
- Özsan, A., 1990, Görmel barajı (Ermenek, GD- Konya) Kuvvet tünel güzergahının mühendislik jeolojisi inceleme-si: Jeoloji Mühendisliği, 36, 5-10).
- Wickham, G.E., Tiedemann, H.R., and Skinner, E.H., 1972, Support Determination Based on Geologic Prediction: Proceedings, Rapid Excavation Tunneling Conference, American Institution of Mining Engineers, pp 43-64.
- Wickham, G.E., Tiedemann, H.R., and Skinner, E. H., 1974, Ground Support Prediction Model-RSR Concept: Proceedings, Rapid Excavation Tunneling Conference, American Institution of Mining Engineers, New York, pp 691-707.