

Başkalaşım kayalarındaki ana süreksizliklerin kaynak oluşumuna etkisi

İlyas Yılmaz, Spekra Jeotek, Kumkapı Sok. 20/1-2, 06610 Çankaya, Ankara

Özellikle tortul kayalardaki tabakalar, yeraltısuyunun akışı üzerinde etkilidir. Manisa - Demirci ilçe merkezinin kuzeyinde GD'ya eğimli Tersiyer tortul birimlerinden oluşan dağın GD yamaçlarında kaynaklara ve sızıntılara sık sık rastlanabilirken KB yamaçlarında tersi hidrojeolojik durumlar geçerlidir. Bu örnekli genelleme başkalaşım kayalarında daha farklı durum göstermektedir. Tortullaşma sonrası basınç (P) ve/veya sıcaklığın (T) artmasıyla birlikte pekişme başlar ve diyajenez sonrasında da katı - katı etkileşimleri gelişip sürer. Böylece, taneler yerini kristallere bırakır ve yükselen yeni T - P koşullarında daha duraylı mineral grupları oluşur. Basınca bağlı olarak minerallerin yeniden dizilimi ve konumlanması başlar ve gelişir. Böylece, süreksizlikler kaynaşır, boşluklar kaybolur ve geçirimsizlik sıfıra iner. Ancak, daha sonraları başkalaşım koşullarının atmosferik koşullara doğru yaklaşması sırasında, etkisi altına girilen değişik jeolojik olaylar, özellikle tektonik hareketler ve T - P'nin azalması, yeni süreksizliklerin oluşmasına olanak sağlar. Bu süreksizlikler; bileşimsel değişiklik gösteren ve farklı dayanım içeren seviyelerin ayrılması, yapraklanmanın oluşması ve eşlenik - gerilim - sıkışma eklemlerinin oluşması veya eskilerinin belirginleşmesi şeklinde oluşmaktadır. Gelişen süreksizliklerin bir bölümü, bölgesel anlamda yüzey şekillerinin oluşmasında da etkindirler. Bu tür ana süreksizlikler yeraltısuyu güdümlerini sağlarlar. İstrancalarda Çilingos göleti güneyinde 10 l/s debili bir kaynağın oluşumunu tabakalanma, eklem ve faylar belirlerken Nurdağ'daki Ayransuyu kaynağı tabakalanma, yapraklanma ve sıkışma eklemleri

tarafından yönlendirilmektedir. Bu dağların pek çok bölümünde etkisini gösteren bu süreksizlikler, tek yönlü (homoclinal) yapıları oluştururlar. Bu bağlamda, dağ sırasını bir taraftan kaynaklı ve yeraltısuyu açısından verimsizken, diğer tarafta tam tersi hidrojeolojik koşullar geçerlidir. Bu anlamda hazırlanan bir hidrojeolojik model, yeni kaynakların ortaya çıkarılması ve varolanların geliştirilmesinde etkin teknik kararların bulunup uygulamaya konmasına olanak sağlar. Ayrıca, böyle bir model ilgili mühendislik yapılarının jeoteknik tasarımında da oldukça gereklidir.

Giriş

Eğimli tortul istiflerde yeraltısuyunun hareketi, genellikle tabakalanma tarafından güdümlenir. Fay zonları, düzlemsel sokulumlar (sil-dayk) olan dokanaklar, uyumsuzluk düzlemleri ve gerilim çatlakları, bu anlamda, ikinci derecede önem taşımaktadır. Yılmaz (1990) kıvrımlar içeren bir sahada, yeraltısuyunun hareketine bağlı olarak, otoyol bileşenlerinin jeoteknik tasarımında gözönünde bulundurulması gereken konulara değinmiştir. Aynı araştırmacı (1991) sıradan (conventional), beslenme havzası sınırı yerine yapısal yöntem ileri sürerek bu sınırın bitişik havzalar arasında tek yönlü ve yaygın olan süreksizliklerin konumuna göre nasıl belirlenebileceğini ortaya koymaya çalışmıştır. Düşük - orta derecede başkalaşım kayaçlarını içeren bölgelerde, tortul istifler için önerilen hidrojeolojik araştırma yöntemleri genel çizgileriyle kullanılabilir.

Başkalaşım kayaçlarından oluşan bir bölgede kaynakların oluşumunda etkili olan süreksizlik etkenine sunulan iki örnekten birincisi İstranca masifi içerisinde yer alan Saray ilçesinin KD'sunda yapılmış olan Çilingoz barajının KB'sındaki Kaynak Dere kaynağıdır (SIAL,

1993). Diğeri ise Paleozoyik yaşlı Nurdağı başkalaşım kayalarından (Yılmaz ve diğerleri, 1993) beslenen Ayransuyu kaynağıdır. Kırıntılı başkalaşım kayalarının genel özelliği gereği her iki kaynaktan da suyun pH'ı 6.5'tir. Avrupa Konseyi ve TS-266'ya göre önerilen ve izin verilebilir üst sınır (Tablo 1) gözönünde bulundurulduğunda doğrudan içilemeyecek kadar asidik özellik taşıdıkları anlaşılmaktadır. Bu özelliğinden dolayı içildiğinde acıkma hissi vermekteler. Ayrıca, mineral içeriği açısından oldukça fakirdirler.

Tablo 1. Avrupa Konseyi ve Türk İçme Suyu(TS-266) Standartları

Değişirge	Birim	Hamsu Kalitesi			
		Avrupa Konseyi (1975)		TS - 266	
		Önerilen	Üst sınır	Önerilen	Alt-üst sınır
Renk	PtCo	5	20	5	50
Bulanıklık	mgSiO ₂	5	10	5	25
Elektriksel iletkenlik	µmhos/cm	-	-	-	-
Klorür	mg/l	≤200	500	≤200	600
pH	-	-	-	7-8.5	6.5-9.2
Deterjan(ABS)	mg/l	-	-	0.5	1
Toplam Sertlik	Fr	-	-	50	-
Kalsiyum	mg/l	100	-	75	200
Magnezyum	mg/l	30	50	50	150
Buharlaşma kal.	mg/l	-	-	500	1500
Sülfat	mg/l	-	250	100	500
Amonyak (NH ₃)	mg/l	-	0.5	200	400
Nitrat (NO ₃)	mg/l	50	-	-	45
Florür	mg/l	-	-	0.8-1.7	1.4-2.4
Çözünür demir	mg/l	0.3	-	0.3	1
Mangan	mg/l	0.02	0.05	0.1	0.5
Çinko	mg/l	-	-	5	15
Bakır	mg/l	0.05	-	1	1.5
Kurşun	mg/l	-	0.1	-	0.05
Selenyum	mg/l	-	-	-	0.01
Arsenik	mg/l	-	-	-	0.05
Krom	mg/l	-	-	-	0.01
Siyanür	mg/l	0.05	-	-	0.0005
Kadmiyum	mg/l	0.005	-	-	0.05
Günlüş	mg/l	-	-	-	-
Koli basili	*KBS/100 ml	-	-	-	-

* KBS : Koliiform bakteri sayısı

Başkalaşmış kırıntılı birimlerin hidrojeolojik özellikleri

Kiltaşı, miltaşı, çamurtaşı, kumtaşı, çakıltaşı ve kalkerli kayalar çökelme kayaların %90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Başkalaşım kayalarından oluşan dağ kuşakları, bileşenleri açısından incelendiğinde %90'ı yukarıda verilen kırıntılı kayaların başkalaşmasıyla oluşturmaktadır. İngilizce adına benzetme yapılarak kısaca metadetritik olarak adlandırılan başkalaşmış kırıntılılarda, tabakalanma yaklaşık ilk 20 m'lik derinliğe kadar belirginliğini koruyabilir. Artan derinlikte kütlelilik kazandığı derin vadi tabanlarında ve tünel kazılarında gözlemlenmektedir (Duman, 1993).

Kırıntılı kayaların pekişmeleri sonrasında artan sıcaklık (T) ve/veya basınçla (P) başkalaşıma uğralar. Başkalaşım sırasında katı - katı tepkimeleri başlar.

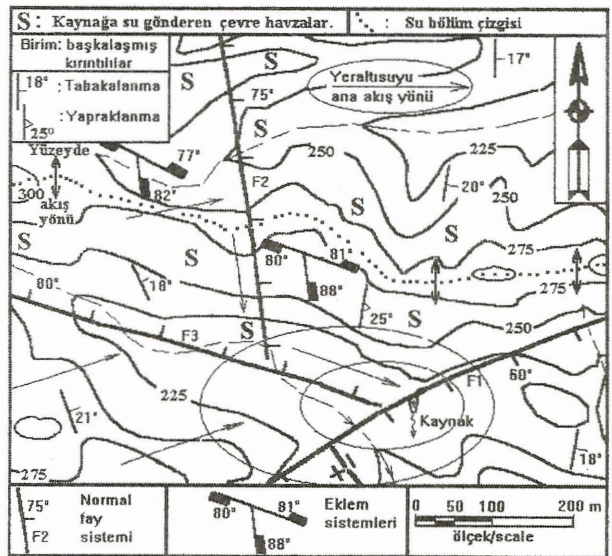
Böylece:

- Kil mineralleri daha duraylı olan mika, klorit, kloritoid, profillit ve paragonit minerallerine dönüşür.
- Tabakalar kaynaşarak birim kütlelilik kazanır.
- Gözenekler kaybolduğundan geçirimsizlik sıfıra yaklaşır.

Ancak dağ oluşturan olaylar sonucu düşük - orta derecede başkalaşmış kayalar yüzeylenirken kaynaşma yüzeylerinde ve bileşimsel değişiklik gösteren eski süreksizlikler yüzeyince ayrılmalara başlar. Bu durumda, özellikle üst bölümlerine doğru geçirimsizlik artar. Bileşimsel özellikleri gereği her tabakanın hidrojeolojik karakteri değişik olacaktır. Metakuvarsit içerisindeki süreksizlikler genellikle geçirimsizlikten fillatlar içerisindedir. Bu durum, aşağıda sunulan iki örnek üzerinde somutlaştırılmaya çalışılmıştır.

Kaynakdere kaynağı

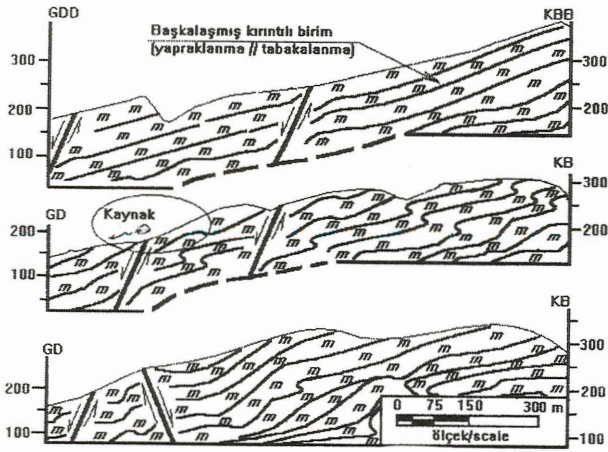
Bu kaynak, fillit, metakuvarsit ve mikaşist ardalanmasının çoğunlukta olduğu bir metadetritik birim içerisinden çıkmaktadır (Şekil 1). Şeklin K ve KB'sındaki bitişik havzaların (S ile belirtilen) suyunun önemli bir bölümü süreksizlikler yardımıyla bu kaynağa gelmektedir. Kaynağın boşalımı ~10 l/s'dir. Oysa, bu kaynağın su bölüm çizgisine dayalı belirlenen havzası 400 m²'den daha azdır. Ancak, yapısal yöntemle (Yılmaz, 1991) belirlenen beslenme havzası 200 hektarın üzerindedir.



Şekil 1. Çalışma alanının genelleştirilmiş yapısal jeolojisi

- Özel bir iklimsel durum yoksa denize bakan dağ yamaçlarının yüksek bölümleri daha fazla yağış alır. Ayrıntı, Yılmaz (1993 ve 1994)'de verilmiştir.

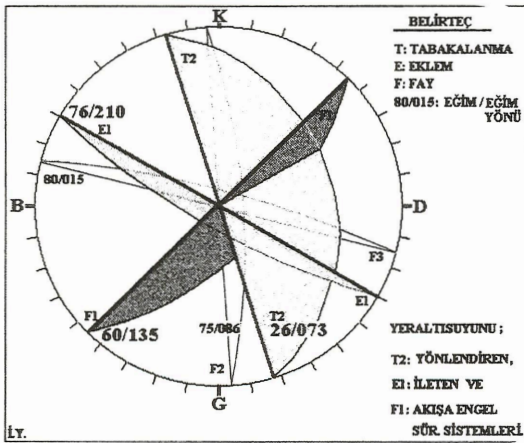
- Tabaka ve şistozitenin birbirine uyumlu (//) olduğu bu birimde (Şekil 2), genel konum $20^{\circ}/075^{\circ}$ 'dir.



Şekil 2. Çalışma alanının tipik jeolojik kesitleri.

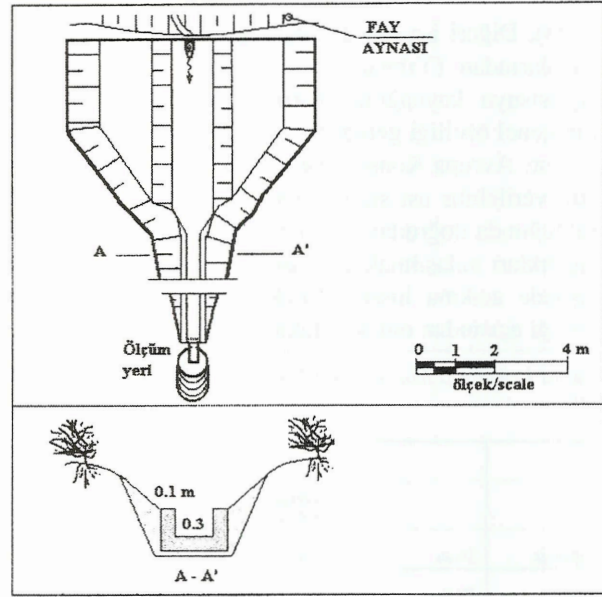
- Kaynağın beslenme havzası sınırı, K ve KB'daki bitişik havzaların tepuyukarısı bölümlerini de içine alır.

Bu nedenlerle, kaynağın geliştirilebilme şansı büyük olup süreksizliklerin ayrıntılı çalışılmasıyla yeni potansiyel kaynak alanlarında belirlenmiştir. Şekil 1 - 3



Şekil 3. Kaynağın oluşumunu etkileyen ana süreksizlik sistemleri.

birlikte incelendiğinde; yapraklanma ve tabakalanmanın yeraltısuyu D'ya ve GD'ya yönlendirdiği görülür. $80^{\circ}/015^{\circ}$ konumlu fay ve $76^{\circ}/210^{\circ}$ konumlu eklemlerle GD'ya yönlendirilen suyun bu yönde hızla iletilmesine olanak sağlamaktadır. İleten ve yönlendiren sistemler $60^{\circ}/136^{\circ}$ konumlu fayla kesildiğinden, iletimde süreklilik bu fayda son bulmuştur. Faya kadar ulaşan suyun bir bölümü hidrostatik basınç altında yükselip kaynağa dönüşmektedir. Böyle bir kaynağın işletmeye alınabilmesi için nitelik ve nicelik açısından en az bir yıl gözlem altına alınması gerekmektedir. Gözlemlerin sağlıklı yapılabilmesi için Şekil 4'te verilen düzeneğin veya bir benzerinin yapılması kaçınılmazdır.



Şekil 4. Tasarım öncesi güvenilir gözlem için örnek akışlama sistemi.

Ayransuyu kaynağı

Bu kaynak, Nurdağı'nın 1400 m'ye ulaşan yüksek bir bölümünün eteğindeki yamaç molozu ve eski kaya çığından çıkmaktadır. KB'ya eğimli tabaka, şistozite, bindirme fayları ve sıkışma eklemleri tarafından KB'ya yönlendirilen yeraltısuyu kaya çığı - yamaç molozu içersine boşalmaktadır. Nurdağı, Yılmaz (1993)'te belirtildiği gibi, Üst Kretase'de KB'dan GD'ya doğru olan sıkıştırma kuvvetlerinin etkisi altına girmiştir. Büyük olasılıkla, kıta yamacında olan metadetritik istif bu kuvvetlerin etkisinde tek yönlü yapıları (KB'ya eğimli tabaklanma, şistozite, bindirme ve ters faylar, sürüklenme ve yatık kırılmalar ve sıkışma eklemlerini) kazanırken batı yamaçlarında dolerit dayklarınca kesilmiştir. Geçirimsiz olan daykların çalışma alanının hidrojeolojik özelliklerin belirlenmesinde büyük önem taşır. Ayrıca, ayrıntılı olarak haritalanan daykların alansal dağılımı otoyol bileşenlerinin tasarımında da etkin bir şekilde kullanılmıştır. Dayklar, çoğu yerde, bitki örtüsünde ve yüzey şeklinde çizgisellik yaratmıştır. Bu nedenle, izlenmesi oldukça kolaydır.

Aynı birim, KDK - GBG yönünde uzanan Nurdağı'nın batı yamacında ofiyolitli melanaj tarafından bindirilmişken doğu tarafında ise ofiyolitli melanja bu birim bindirmektedir. Dağı karakterize eden KBB'ya eğimli tek yönlü yapılar nedeniyle dağın batı yamacında sızıntı, kaynak ve akarsular yoğunlaşmıştır. Başkalaşmış kırıntılı kayalardan çıkan bu kaynak suları, mineral yönünden fakir olup genellikle asidik ($pH=6.5$) karakterdiler. Asidik özellikli sular, içildiğinde acıkma hissi uyandırır. Bu nedenle, bu suyun çok iyi nitelikli olduğu

ve hazmı kolaylaştırdığı kanısı yaygındır, ancak yanlıştır. İçme suyunun pH'ı 8 dolaylarında olmalıdır (bkz. Tablo 1).

Çukurova'nın doğusunda yüksek bir engel olan bu dağ sırasının yüksek oranda yağış almasının (Duman, 1993) yanısıra buharlaşmanın az oluşu yeraltı suyu olanaklarını arttırmıştır. Bu durum aşağıda sunulan denkliliklerde yansıtılmaya çalışılmıştır. Bu denklilikler, özellikle taşkın hesaplamalarında ve taşkına yeraltı suyunun katkısının belirlenmesinde yazar tarafından 1988'den bu yana geliştirilerek kullanılmaktadır. Ayrıntılı bilgi, Yılmaz (1991 - 1994), Duman (1993) ve Yılmaz ve diğ. (1994)'te sunulmuştur.

$$P = P_m + S * \Delta H$$

P: Çalışma alanında olası ortalama yıllık yağış (mm)

P_m: En yakın meteoroloji istasyonundaki ortalama yıllık yağış (mm)

S: Yağış-Yükseklik grafiği eğrisinin eğimi (Yılmaz, 1993)

ΔH : Meteoroloji istasyonu ile çalışma alanı arasındaki kot farkı (m).

$$F_c = 1 + F(d) + F(p) \text{ Düzeltme katsayısı}$$

$$F(d) = (a/A) \text{ Süreksizlik bileşeni}$$

$$F(p) = F(a) + F(s) \text{ Fizyografi bileşeni}$$

$$F(a) = S^2 * P/P_m \text{ Kot (yükseklik) bileşeni}$$

$$F(s) = S_{cd} * [(2 - S_{cd} / L) / Y] * a/A \text{ Karörtü bileşeni}$$

a: Yapısal Yöntemle belirlenen alan artışı (+) veya alan azalması (-), m²

A: Alışlagelmiş (conventional) yöntemle belirlenen su toplama alanı, m²

S: Yağış-Yükseklik grafiği eğrisinin eğimi (Yılmaz, 1993)

S_{cd}: Çalışılan havzanın orta yükseklik kuşağında karörtüsünün kalış süresi, ay

L: Kuramsal olarak bulunan etkin karörtü süresi üst sınırının (10 ay) yarısı (5 ay)

Y: Bir yıldaki ay sayısı anlamında bir katsayı, 12 ay/yıl

Su bölüm - çizgisine ve en yakın meteoroloji istasyonu verilerine dayalı yöntemle belirlenen kaynak suyu verimi (Q_v) "F_c" ile çarpılarak gerçek verim belirlenmelidir (Q_g = F_c * Q_v).

Ayransuyu kaynağı, yazar ve çalışma ekibi tarafından ülke genelinde, bu bağlamda sürdürümekte olan araştırmalardan birisidir. Ayransuyu kaynağı suyunun elde edilmesi kolay olduğu için çevre yerleşim birimleri ve Bahçe Belediyesi tarafından işletmeye alınmıştır. Benzer nitelikte edilgen yeraltı suyu kaynakları yine batı yamaçta olmak üzere pek çok noktada gözlemlenmektedir.

Öneri ve sonuçlar

Yeraltı suyu açısından verimsiz olarak bilinen başkalaşım kayaçlarında, özellikle başkalaşmış kırıntılılarda, faylar, gerilim eklemleri ve kuvarsitik seviyelerde ikincil olarak kazanılan geçirimsizlik farkedilir derecede yüksektir.

Tekyönlü jeolojik yapılarla karakterize olan dağlarda, eğim yönündeki yamaçlar yeraltı suyu açısından oldukça zengindir. Beslenme havzası sınırları eğim yönü tersindeki bitişik havzaların içerisine uzanır. Bu nedenle, su toplama şansı alışlagelmiş yöntemlerle belirlenen değerlerden daha yüksektir. Benzer sıradağlarda, dağ sırtları yağış yönünden göreceli olarak daha şanslıdır. Ayrıca, kar örtüsünün daha uzun süre kalması, bu kesimlerde yağış suyunun yeraltı suyu katılmasını artırır. Başkalaşmış kırıntılı kayaçlardan çıkan kaynak suları, mineral yönünden fakir olup genellikle asidik (pH= 6.5) karakterlidirler.

Başkalaşım kayaçlarından oluşan bölgelerde; yapısal jeolojinin ayrıntılı çalışılması ve yükseklik - yağış - sızma ilişkilerinin gerçeğe yakın kurulması, hidrojeolojik araştırmanın ilk ve en önemli aşamasıdır. Daha sonra, birimlerin litolojik özelliklerinin ayrıntılı olarak çalışılması da yapılarak yeni kaynakların bulunması veya varolanların geliştirilmesi aşamasına geçilir.

KATKI BELİRTME

Yazar, her türlü bilimsel araştırma için verilerin toplanmasında ve derlenmesinde anlayış gösteren kurum ve kuruluşlardaki yetkililere teşekkür eder.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Duman, T., 1993, Tarsus - Adana - Gaziantep (TAG) otoyolu T2 - T4 tünelleri arasının mühendislik jeolojisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 109 s.
- Sial Ltd. 1993, Kaynak Derenin hidrojeolojik özellikleri raporu. Yayınlanmamış rapor.
- Yılmaz, İ., 1990, Geçki belirlenmesi ve bu seçimde jeolojinin önemi. Jeol. Müh. Dergisi, 36, 37 - 45.

- Yılmaz, İ., 1991, Katmanlı ve eğimli bir jeolojik birimde yeraltısuyu beslenme havzası sınırının belirlenmesi üzerine bir yaklaşım. Yağış - Sel - Heyelan Simpozyumu, 205 - 218.
- Yılmaz, İ., 1992, Hidrojeolojik araştırmalarda yükseklik ve süreksizlik etkenleri. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, 14, 110 - 122.
- Yılmaz, İ., 1993, Kaynak düşü enerjisinin yeraltısuyu çıkarılmasında kullanılmasına bir yaklaşım. Atatürk Üniversite Reformu, Jeoloji Eğitiminde 60. Yıl Kutlama Programı, İ.Ü., 6 - 8 Ekim 1993.
- Yılmaz, İ., 1994, Sugücü ve doğal çevre ilişkisi üzerine. Türkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturumlar Tebliği 2, 198 - 211, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 17 - 22 Ekim 1994, İzmir.
- Yılmaz, İ. ve Çongar, B., 1994, Significance of discontinuity survey and physiographical study in engineering works. Proceedings of the 7th congress of the International Association of Engineering Geology Organising Committee, 5 - 9 September 1994, Lisbon - Portugal, 1105 - 1111.
- Yılmaz, İ., Erhan, F. ve Hoş, T., 1993, Yukarı Orta Amanoslarn genel jeolojisi ve bölgenin mühendislik jeolojisine etkisi. 46. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 8, 30 - 38.
- Yılmaz, İ., İşler, F. ve Duman, T., 1992, Metamorphism in the Nurmoun Mountain Range and its effect on the engineering geology of the region. Proceedings and abstracts of the 1st International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, 67 - 76, Ankara.