

**CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ DERGİSİ
SERİ A - YERBİLİMLERİ**

**Cumhuriyet University
Bulletin of the Faculty of Engineering
Serie A – Earth Sciences**

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

- Çanakkale Kaolininden Elektrokinetik Arıtım Yöntemi İle Kurşun (II) Giderimi**
Lead (II) Removal From Çanakkale Kaolinite via Electrokinetic Remediation Method
.....**Ahmet ALTIN, Mustafa DEĞİRMENCİ 99**
- Orta Toroslarda Köprülü (Gündoğmuş - Antalya) Yöresinin Stratigrafisi**
Stratigraphy Of Köprülü Region (Gündoğmuş - Antalya) At The Central Taurides
.....**Arif DELİ, Ahmet TURAN 105**
- Travertenlerde Gözlenen Morfolojik Yapılar Ve Tabiat Varlığı Olarak Önemleri**
The Morphologic Structures In Travertines And Their Value As Natural Existence
.....**M. Emrah AYZAZ 123**
- Çobansaray-Karakaya (Yıldızeli Kb-Sivas) Arasındaki Orta Anadolu Bindirme Kuşağının (Kuzey Neotetis Kenedi) Tektonostratigrafik ve Yapısal Özellikleri**
Tectonostratigraphic And Structural Features Of The Central Anatolian Thrust Belt (Northern Neotethys Suture) Between Çobansaray-Karakaya (Nw Yıldızeli-Sivas)
.....**B. Levent MESCİ, Halil GÜRSOY 135**
- Kapıkaya (Malatya) Baraj Yerindeki Kaya Şevlerinin Kinematik Açidan Değerlendirilmesi**
Kinematical Assessments On Rock Slopes At The Kapıkaya (Malatya) Dam Site
.....**Zülfü GÜROCAK, Selçuk ALEMDAĞ 151**
- Donatılı Zeminlerin Değişik Mühendislik Uygulamalarında Projelendirme Yöntemleri**
Design Methods For Reinforced Soils In Various Engineering Applications
.....**Pelin AKLIK, Alper SEZER 165**
- Yıldız Irmağı Çökellerinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliklerinin İncelenmesi**
Investigation Of The Usefulness Of The Yıldız Irmak Sediments As the Cement Aggregates
.....**Mustafa YILDIRIM, Işık YILMAZ 181**
- Kamandağı İle Camdere Köyü Arasının Stratigrafisi (Göksun-K.Maraş)**
Stratigraphy of the Area Between Kamandağı and Camdere Villages (Göksun-K.Maraş)
.....**Zeki Ünal YÜMÜN, Ali Murat KILIÇ 193**

ÇANAKKALE KAOLİNİNDEN ELEKTROKİNETİK ARITIM YÖNTEMİ İLE KURŞUN (II) GİDERİMİ

LEAD (II) REMOVAL FROM ÇANAKKALE KAOLINITE VIA ELECTROKINETIC REMEDIATION METHOD

Ahmet ALTIN
Mustafa DEĞİRMENCİ

Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas
Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas

ÖZ : Bu çalışmada kurşun (II) ile kirlenmiş Çanakkale (Türkiye) kaolininin farklı işletme koşullarında elektrokinetik yöntem ile arıtılabilirliği incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda herhangi bir iyileştirmenin yapılmadığı deneylerde katoda yakın bölgelerde önemli çökeltme reaksiyonları gözlenmiştir. Katot bölgesine 3 molar asetik asit (AcH) uygulamasıyla bu reaksiyonların önüne geçilebilmiş ve 20 volt sabit potansiyel uygulaması için normalize mesafenin 0,7'sine kadar %70-95 arasında bir kurşun (II) giderimi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Elektrokinetik arıtım, kaolin, elektroozmoz, elektromigrasyon

ABSTRACT : In this study, treatability of Çanakkale (Turkey) kaolinite contaminated with lead (II) via electrokinetic remediation have been investigated at different operation conditions. During the experimental studies, metal precipitations has been observed at cathode region in unenhanced electrokinetic remediation tests. These reactions have been decreased by adding 3 molar acetic acid (AcH) in cathode reservoir and lead (II) removal efficiency have been determined in range of 70-95 % up to 0.7 of normalized distance at 20 volt constant potential and duration time of 220 hours.

Key words : Electrokinetic remediation, kaolinite, electroosmosis, electromigration

GİRİŞ

Son yıllarda, arazi ve laboratuvar ölçerinde yapılan bir çok çalışma, ağır metallerle kirlenmiş zeminlerin arıtımında "elektrokinetik arıtım"ın verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (Yang ve Lin, 1998). "Elektrokinetik", bir elektriksel alan uygulamasıyla iki elektrot arasında meydana gelen su, iyon ve yüklü partikül hareketi olarak tanımlanabilir. Bu olay toprakların ve çamurların sıkıştırılması, yapılaşma alanlarının susuzlaştırılması, kirlenmiş arıtım (elektrokinetik arıtım), toprağa kimyasal madde enjeksiyonu gibi pek çok alana uygulanabilmektedir (Chung ve Kang, 1999).

Kirlenmiş bir zemine doğru akım (DC) elektrik alanı uygulandığında, yüklü iyonlarda bir hareket meydana gelir. Bu hareket negatif yüklü kirlenmiş için anoda, pozitif yüklü kirlenmiş için katoda doğrudur (Acar ve Alshawabkeh, 1993). Elektrokinetik arıtım ile ilgili yapılmış olan çalışmalar kirlenmiş hareketini

sağlayan ana mekanizmaların "elektroozmoz, elektromigrasyon ve difüzyon" olduğunu göstermiştir (Acar ve Alshawabkeh, 1993; Puppala ve diğerleri, 1997; Chung ve Kang, 1999). Elektroozmoz kısa tanımıyla, elektrotlar arasında potansiyel farkı nedeniyle oluşan su akımıdır ve kirlenmiş suyun hareketiyle taşınmaktadır. Elektromigrasyon ise elektrik akımı uygulaması ile boşluk suyundaki iyonik türlerin polaritelerine bağlı olarak pozitif ve negatif elektrotlara doğru hareketini sağlayan bir mekanizmadır.

Elektrokinetik arıtım sırasında kirlenmiş hareketini etkileyen "sorption / desorption", "çökeltme / çözünme" ve "elektroliz" gibi pek çok olay toprakta ve elektrotlarda eş zamanlı olarak meydana gelmektedir (Chung ve Kang, 1999; Puppala ve diğerleri, 1997). Bu olaylardan bazıları ağır metallerin elektrokinetik arıtım ile gideriminde faydalıken, bazıları da arıtım işlemini zorlaştırmaktadır. Örneğin, elektroliz nedeniyle zeminin pH değeri katot bölgesinde

12'ye çıkarken anot bölgesinde 2'ye kadar düşmektedir (Ready ve diğerleri, 1997; Probst ve Hicks, 1993; Hamed ve diğerleri, 1991). Bu durumda kirlenici hareketi, katot bölgesinde çökme reaksiyonlarıyla engellenirken, anot bölgesindeki desorbsiyon ve çözünme reaksiyonları ile hızlanmaktadır (Hicks ve Tondorf, 1994). Bu gibi durumlarda yöntemin verimliliğini arttırmak amacıyla zemine asetik asit, sitrik asit gibi asidik çözeltiler veya etilendiamin tetra asetik asit (EDTA) gibi kompleksleştirici maddeler eklenmektedir (Yang ve Lin, 1998).

Bu çalışmada elektrokinetik arıtımın Çanakkale yöresi kaolinindeki kurşun (II) gideriminin verimliliği incelenerek yöntemin uygulama alanlarının genişletilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca yöntemin bu tür zeminlerdeki elektrokimyasal davranışları belirlenerek elektrokinetik arıtımın teorisini geliştirilmesine katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Zemin Özellikleri

Kaolin türü killeri adsorblama, şişme ve plastiklik özelliklerinin düşük olması nedeniyle çöp depolama alanlarının geçirimsizliğinin sağlanmasında sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca aynı özellikleri nedeniyle, ağır metallerle kirlenmiş kaolin türü killerde elektrokinetik arıtım yöntemi verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu yüzden çalışmada Eczacıbaşı Holding'in yan kuruluşu olan ESAN Madencilik A.Ş. tarafından üretilen Çanakkale kaolini kullanılmıştır. ESAN Madencilik A.Ş.'ye ait kaolin yataklarının bulunduğu bölge ise Şekil 1'de sunulmuştur.

Zeminin mühendislik özelliklerinin (tane boyu dağılımı, kıvam limitleri, özgül ağırlık ve porozite) belirlenmesinde ASTM (1995a ve 1995b) ve BS 1370 (1995)'te verilen yöntemler kullanılmış, zemin sınıflaması ise USBR (1974)'de verilen Birleşik Zemin Sınıflaması'na göre yapılmıştır. Kaolinin içerisinde bulunan demir oksit, alüminyum oksit gibi safsızlıkların ve mineralojik yapısının belirlenmesi için Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında XRD ve XRF analizleri yapılmıştır. XRD analizleri sonucunda Çanakkale kaolininin yaklaşık olarak %40 oranında kaolinit, %60 oranında kuvars ve çok düşük miktarlarda (> %5) alunit içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 2). Örneğin kimyasal bileşimi ise Çizelge 1'de sunulmuştur.

Söz konusu zemin örneği ticari amaçlı olarak işletilmesi nedeniyle öğütülmüş durumdadır. Bu nedenle örnek üzerinde yapılan tane boyu analizlerinde elek analizi ve hidrometre

ölçümleri yerine sadece hidrometre ölçümleri kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 3'te sunulmuştur.

Çanakkale kaolininin kurşun değişim kapasitesinin belirlenmesinde Ready ve diğerleri (1997) tarafından önerilen yöntem kullanılmış ve denge derişiminde kurşun değişim kapasitesinin 100 g örnek için 6,56 meq olduğu belirlenmiştir.

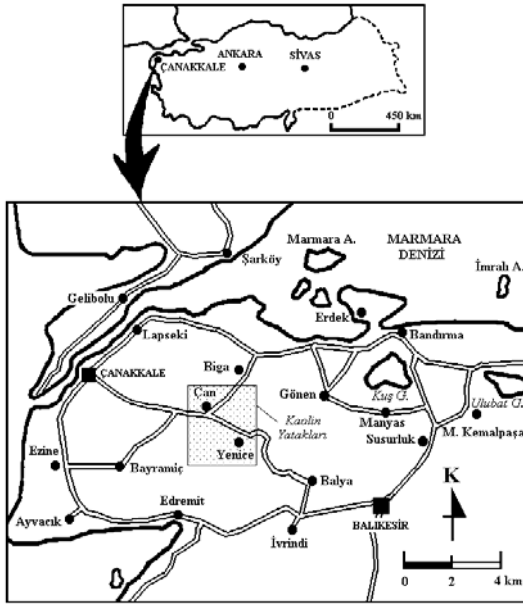
Şekil 3'den de görüleceği üzere, Çanakkale kaolininin %60'nı silt, %37'sini kil ve %3'ünü ince kum boyutundaki malzemeler oluşturmaktadır. Örneğin kıvam limitlerinin belirlenmesi için yapılan Plastik Limit (PL), Likit Limit (LL) ve Lineer Büzülme (Ls) deneylerinden ise PL= 20.5, LL= 32 ve Ls=2,3 bulunmuştur. Birleşik Zemin Sınıflaması'na göre CL grubu zeminler içerisine girdiği belirlenmiştir (Şekil 4).

Deney Düzenegi

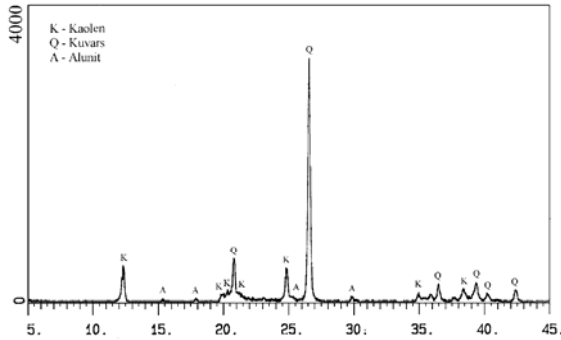
Çalışma kapsamında kullanılan deney düzenegi elektrokinetik ayırma hücresi, sıvı ve gaz ölçüm aletleri, güç kaynağı ve ampermetre olmak üzere 4 ana birimden meydana gelmektedir (Şekil 5). Elektrokinetik ayırma hücresi; içerisinde arıtılacak örneğin bulunduğu 15 cm uzunluğunda 7,5 cm çapında bir silindirik PVC boru, grafit elektrotların (7,5 cm çapında ve 3 mm kalınlığında) ve anot-katot sıvı haznelerinin bulunduğu iki adet sert plastikten yapılmış flanş ve voltaj değişimlerinin ölçüldüğü 6 adet çelik proptan oluşmaktadır. Sıvı ve gaz ölçüm aletleri 4 adet cam silindirden meydana gelmektedir. Gaz ölçümlerinde kullanılan silindirlerin çapı 12 mm, elektroozmotik akışın ölçüldüğü silindirlerin çapı 35 mm, uzunlukları ise 350 mm'dir. Sıvı ve gaz ölçümlerinin hesaplamalarında kullanılan yöntemle ait detaylı bilgilere Hsu (1997)'den ulaşılabilir.

Örnek Hazırlama

Deneyisel çalışmalarda kullanılan zeminin hazırlanmasında 1,5 kg zemin örneği kullanılmıştır. Örneğe içerisindeki Pb (II) derişimi ise 1000 ve 4000 ppm olacak şekilde Pb(NO₃)₂ çözeltisi eklenerek 30 dakika karıştırılmış ve doymuş nem içeriğine gelmesi sağlanmıştır. Elde edilen karışım homojen kirlenici derişiminin ve nem içeriğinin sağlanabilmesi için 48 saat süreyle bekletilmiştir. Homojen hale getirilmiş zemin örnek hücresine alınmış ve Ready ve diğerleri (1997)'de verilen yöntemle göre sıkıştırılmıştır. Son olarak hücrenin uçlarında bulunan fazlalıklar traşlanmış ve elektrokinetik ayırma düzenegine yerleştirilmiştir.



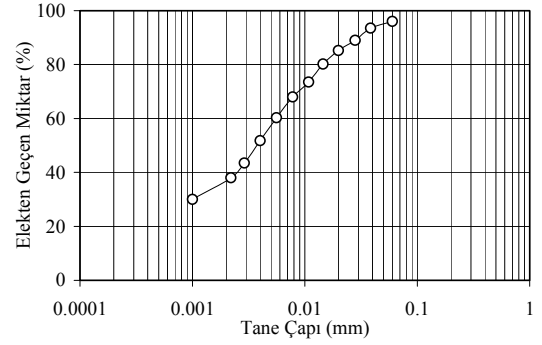
Şekil 1. Bulduru haritası.
Figure 1. Location map.



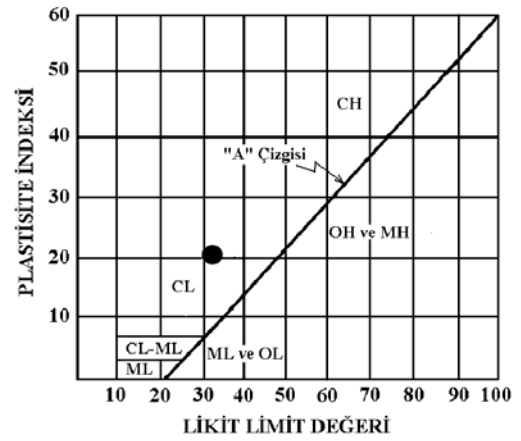
Şekil 2. Çanakkale kaolininin XRD analiz sonuçları.
Figure 2. X-ray diffractograms of Çanakkale kaolinite.

Çizelge 1. Çanakkale kaolininin kimyasal bileşimi.
Table 1. Chemical composition of Çanakkale kaolinite.

| Zemin İçerisindeki Eser Elementler (ppm) | | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------|-----|----|----|
| Cr | Ni | Co | V | Cu | Pb | Zn | Rb |
| 710 | 0 | 3 | 84 | 14 | 161 | 23 | 16 |
| Ba | Sr | Ga | Nb | Zr | Y | Th | |
| 719 | 1183 | 26 | 29 | 270 | 0 | 25 | |
| Zemin İçerisindeki Oksit Bileşenleri (%) | | | | | | | |
| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | MnO | MgO | | |
| 75,69 | 23,34 | 0,70 | 0 | 0 | 0 | | |
| CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | Ateşte Kayıp | | | |
| 0,22 | 0,03 | 0,01 | 0,17 | % 6,8 | | | |



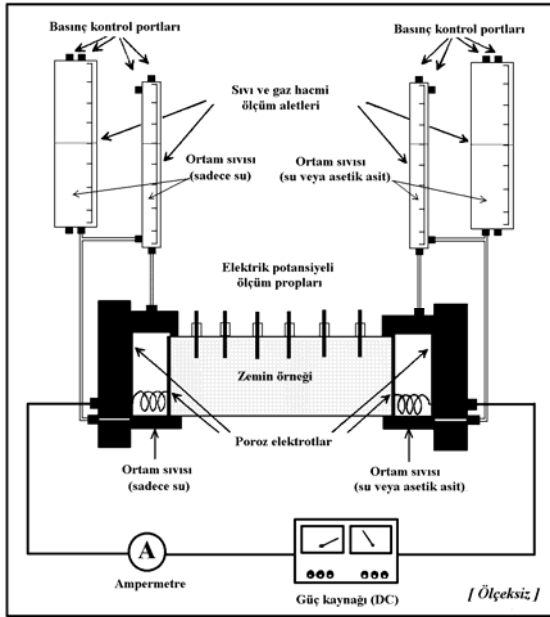
Şekil 3. Çanakkale kaolinin tane boyu dağılımı.
Figure 3. Grain size distribution of Çanakkale kaolinite.



Şekil 4. USBR (1974)'e göre Çanakkale kaolininin plastisite kartı.
Figure 4. Plasticity cards of Çanakkale kaolinite as USBR (1974).

Elektrokinetik Arıtım Deneyleri

Çalışma kapsamında incelen kaolin örneği sentetik olarak hazırlanmış 1000 ve 4000 ppm kurşun (II) ile kirletilmiştir. İlgili örnekler deney düzeneğine yerleştirildikten sonra, 10 ve 20 volt sabit potansiyel uygulamasında, farklı artırım sürelerinde ve farklı iyileştirme koşullarında elektrokinetik arıtıma tabi tutulmuştur. Deneyler süresince sistemden geçen akım ve sıvı-gaz ölçüm silindirlerindeki sıvı değişimleri sürekli olarak gözlenmiştir. Elektrokinetik arıtım sonrasında, örnek sistemden çıkarılmış ve 6 eşit parçaya bölünerek, her bir parçanın pH ve kurşun (II) derişimleri ölçülmüştür. PH ölçümleri McLean (1982) tarafından önerilen yöntem uyarınca Orion 250A marka pH metre ile yapılmıştır. Kirletici derişiminin belirlenmesinde ise Hamed ve diğerleri (1991) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Çalışma kapsamında uygulanan deney genel özellikleri Çizelge 2'de kısaca özetlenmiştir.



Şekil 5. Deney düzeneğinin şematik görünümü.
Figure 5. Schematic appearance of experimental apparatus.

Çizelge 2. Deneysel programın genel özellikleri.
Table 2. General characteristics of experimental program.

| Deney No | Pb (II) (ppm) | Voltaj (volt) | Arıtım Süresi (saat) | pH | Ortam Sıvısı Türü |
|----------|---------------|---------------|----------------------|------|-------------------|
| Test-1 | 4000 | 20 | 233 | 4,92 | H ₂ O |
| Test-2 | 4000 | 10 | 137 | 4,95 | 3 M AcOH |
| Test-3 | 4000 | 10 | 473 | 5,18 | 0,5M AcOH |
| Test-4 | 1000 | 20 | 220 | 4,51 | 3 M AcOH |
| Test-5 | 1000 | 10 | 240 | 4,62 | 3 M AcOH |

BULGULAR VE TARTIŞMA

Elektroozmotik Akım

Elektrokinetik arıtımda kirlenici hareketi çoğunlukla elektromigrasyon, elektroozmoz ve difüzyon yoluyla sağlanmaktadır (Acar ve Alshwabkeh, 1993). Bu nedenle çalışma kapsamında farklı işletme koşullarında meydana gelen elektroozmotik akışlar ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar Şekil 6'da sunulmuştur.

Şekil 6'dan da görüleceği üzere, sistemde oluşan elektroozmotik akış her bir zemin türü için farklı özelliklere sahiptir. Özellikle Çanakkale yöresi kaolini için genelde negatif elektroozmotik akışlar mevcuttur. Elektroozmotik akışın zemin türüne bağlı olarak gösterdiği farklı davranışlar zeminin zeta potansiyeli ile doğrudan ilişkilidir (Ready ve diğer-

leri, 2001). Helmholtz-Smoluchowski Kuramı'na göre zeminlerin zeta potansiyeli azaldıkça elektroozmotik akış hızı da artmaktadır. Buna göre kaolin örneğinin zeta potansiyelinin çok az negatif olduğu ve pH artışıyla pozitif değerler de alabildiği söylenebilir. Şekil 6'da gözlenen diğer bir olay da sisteme uygulanan potansiyelin artmasıyla elektroozmotik akış hızı da artmaktadır. Benzer sonuçlar Shapiro ve Probst (1993) tarafından da rapor edilmiştir. Çalışma kapsamındaki iyileştirilmiş elektrokinetik arıtım deneyleri, katot bölgesine eklenen AcH'in de elektroozmotik akışı olumlu yönde etkilediği göstermektedir. Chung ve Kang (1999) bu olayı asetik asitin (AcH) katot bölgesindeki çökeltme reaksiyonlarının azalmasına bağlamıştır. Ready ve diğerleri (2001)'de katot bölgesinde oluşan çökeltme reaksiyonlarının elektroozmotik akışı zamanla yavaşlatabileceğini belirtmektedir.

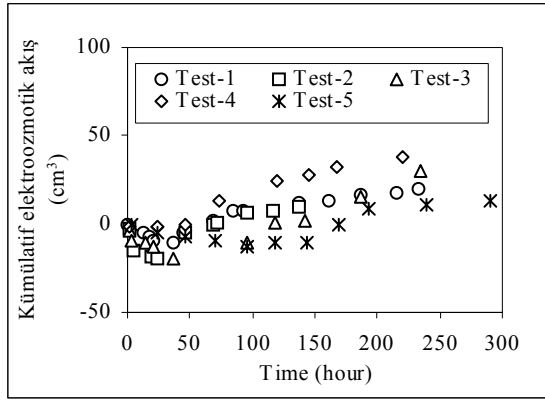
Zemindeki pH Değişimleri

Elektrokinetik arıtım sırasında meydana gelen elektroliz nedeniyle katot bölgesinde OH⁻, anot bölgesinde ise H⁺ iyonu oluşmaktadır. Bu iyonlar ise elektromigrasyon, difüzyon ve adveksiyonun etkisiyle anot ve/veya katoda doğru hareket etmektedir (Acar ve diğerleri, 1994). Bu durumda elektrotlar arasındaki zeminin pH profili zamana bağlı olarak değişmekte ve kirlenici hareketi de önemli ölçüde etkilenmektedir. Söz konusu etkinin belirlenebilmesi için deneysel çalışmalar sonucunda örneklerde meydana gelen pH değişimleri gözlenmiş ve Şekil 7'de sunulmuştur.

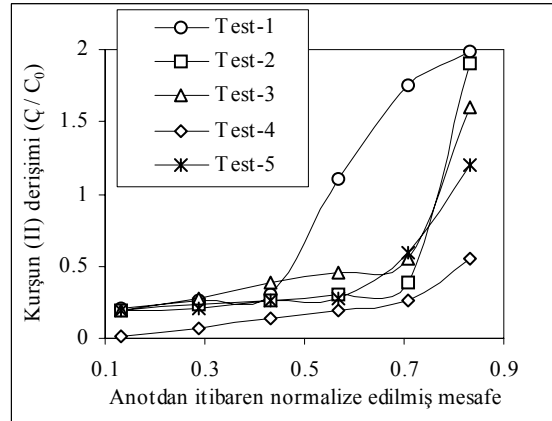
Puppala ve diğerleri (1997) elektrokinetik arıtımda kurşun (II) hareketinin pH 6'dan düşük değerlerde oldukça yüksek olduğunu ifade etmiştir. Virkutyte ve diğerleri (2002)'nin yaptığı bir başka çalışmada ise pH 4,5'in altında çökeltme reaksiyonlarının minimum düzeyde olduğu belirtilmektedir. Şekil 7'den de görüleceği üzere kaolin örneği üzerinde yapılan deneylerde (Test-1 hariç) zemin boyunca elde edilen pH'lar yukarıda ifade edilen değerlere oldukça yakındır. Bununla birlikte Test-1'de katot bölgesine asetik asit müdahalesi yapılmadığı için katoda yakın bölgelerde pH 10'un üzerine çıkmaktadır. Ancak katot bölgesine yapılan 0,5 molar ve 3 molar AcH uygulamaları hemen hemen tüm deneylerde katot bölgesinde önemli derecede OH⁻ nötralizasyonu sağlanmıştır.

Kurşun (II) Giderme Verimleri

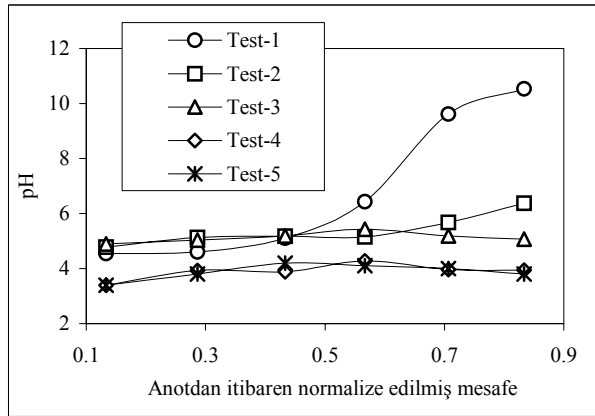
Elektrokinetiğin çok karmaşık bir yapıya sahip olması nedeniyle, elektrokinetik arıtım



Şekil 6. Farklı işletme koşullarında elektroosmotik akış değişimi.
Figure 6. Electroosmotic flow variations at different operation conditions.



Şekil 8. Farklı işletme koşullarında zeminde meydana gelen kurşun (II) profilleri.
Figure 8. Lead (II) profiles in soils at different operation conditions.



Şekil 7. Farklı işletme koşullarında zeminde meydana gelen pH profilleri.
Figure 7. PH profiles in soil at different operation conditions.

verimi farklı işletme parametreleri için farklı değerler alabilmektedir. Bundan dolayı teknolojinin hem teorisinde hem de farklı ortamlardaki davranışında önemli bilgi eksiklikleri mevcuttur. Bu çalışmada yukarıda sözü edilen eksikliklerin giderilmesine katkıda bulunmak amacıyla kaolin örneği üzerinde yapılan elektrokinetik arıtım deneylerinde farklı işletme koşulları için elde edilen Pb (II) giderme verimleri Şekil 8'de sunulmuştur.

Şekil 8'den görüldüğü gibi deneysel çalışmalarda en verimli sonuçlar 20 volt sabit potansiyelde, 220 saat arıtım süresinde ve 3 molar AcH uygulamasında elde edilmiştir. Bu deney koşullarında normalize mesafenin 0,7'sine kadar %75-95 oranında bir Pb (II) giderimine ulaşılmıştır. Ayrıca hemen hemen

tüm kesitlerde başlangıç kirlenici derişiminin altına inilmiştir. Kaolin örneği için Azzam ve Oey (2001), Hamed ve diğerleri (1991) ve Virkutyte ve diğerleri (2002) gibi araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da %64-95 arasında Pb(II) giderme verimleri elde edildiği rapor edilmiştir. Ancak herhangi bir iyileştirici müdahale yapılmayan Test-1 deneyinde ise normalize mesafenin 0,45'inden sonra önemli metal birikimlerinin olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen diğer bir sonuç ise yüksek potansiyel uygulamasında daha iyi verimlerin elde edilmesidir. Bununla birlikte yüksek voltaj uygulamalarında sistemin enerji giderlerinin artacağı da göz ardı edilmelidir (Azzam ve Oey, 2001).

Chung ve Kang (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek kirlenici derişimlerinde boşluk suyunda serbest halde çok daha fazla kirlenici bulunacağından daha iyi arıtma verimlerinin elde edilebileceği belirlenmiştir. Benzer bir sonuca çalışma kapsamında yapılan Test-2 ve Test-4 deneylerinde rastlanmıştır. Buna göre Test-2 ve Test-4 kıyaslandığında birbirine yakın verimlerinin yüksek kirlenici derişimlerinde (4000 ppm) daha kısa arıtım sürelerinde elde edilebileceği açıkça görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Çanakkale kaolininde elektrokinetik arıtımın kullanılabilirliği incelenmiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Katot bölgesinde elektroliz nedeniyle oluşan OH⁻ iyonlarının nötralizasyonu genelde 0,5 molar AcH ilavesi ile önemli ölçüde sağlanabilmektedir. Ancak kirlenicinin katot sıvısına ge-

çiş hızı (flushing) 3 molar AcH uygulamasında daha yüksektir.

Çanakkale kaolini için elektroozmotik akışın oldukça düşük ve genelde negatif özellikte olması nedeniyle kirlenici arıtımı elektromigrasyon ile sağlanmaktadır.

Elektrokinetik arıtmada kirleninin yüksek başlangıç derişimi ve yüksek potansiyel uygulamaları elektrokinetik arıtım verimini olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca bu koşullarda sistemin arıtım süresi de önemli ölçüde azalmaktadır.

En iyi arıtım verimleri 20 volt sabit potansiyelde ve 3 molar AcH uygulamasında elde edilmiştir. Bu koşullarda 220 saatlik bir arıtım süresi için normalize mesafenin 0,7'sine kadar %70-95 arasında kurşun (II) giderimi sağlanmıştır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından M-169 nolu Doktora Tezi projesi olarak desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Acar, Y. B., Alshawabkeh, A. N., 1993. Principles of Electrokinetic Remediation, Environmental Sciences and Technology, 27(13), 2938-2947.
- Acar, Y. B., Hamed, J. T., Alshawabkeh, A. N., Gale, R. J., 1994. Removal of Cadmium (II) from Saturated Kaolinite by the Application of Electrical Current, Geotechnique, 44, 239-254.
- ASTM, 1995a. Annual Book of ASTM Standards Soil Rock (I), American Society for Testing and Materials, Vol. 04.08, Philadelphia, 981p.
- ASTM, 1995b. Annual Book of ASTM Standards Soil Rock (II), American Society for Testing and Materials, Vol. 04.09, Philadelphia, 625p.
- Azzam, R., Oey, W., 2001. The Utilization of Electrokinetics in Geotechnical and Environmental Engineering, Transport in Porous Media, 42, 293-314.
- BS 1370, 1995. Methods of Tests for Soil Civil Engineering Purposes, British Standards Institution, London, 532 p.
- Chung, H.I., Kang, B.H., 1999. Lead Removal from Contaminated Marine Clay by Electrokinetic Soil Decontamination, Engineering Geology, 53, 139-150.
- Hamed, J., Acar, Y. B., Gale, R. J., 1991. Pb (II) Removal from Kaolinite by Electrokinetics, Journal of Geotechnical Engineering, 117, 241-271.
- Hicks, R. E., Tondorf, S., 1994. Electrorestoration of Metal-contaminated Soils, Environmental Science and Technology, 28, 2203-2210.
- Hsu, C. N., 1997. Electrokinetic Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils, PhD Dissertation, Texas A and M University, Texas, 285 p.
- Langeman, R., 1993. Electroreclamation: Applications in the Netherlands, Environmental Science and Technology, 27, 2648-2650.
- McLean, E. O., 1982. Methods of Soil Analysis: Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 2th Edition, Wisconsin, 224 p.
- Probstein, R. F., Hicks, R. E., 1993. Removal of Contaminants from Soils by Electric Fields, Sciences, 260, 498-503.
- Puppala, S. K., Alshawabkeh, A. N., Acar, Y. B., Gale, R. J., Bricka, M., 1997. Enhanced Electrokinetic Remediation of High Sorption Capacity Soil, Journal of Hazardous Materials, 55, 203-220.
- Ready, K. R., Parupudi, U. S., Devulapalli, S. N., Xu, C. Y., 1997. Effect of Soil Composition on the Removal of Chromium By Electrokinetics, Journal of Hazardous Materials, 55, 135-158.
- Ready, K. R., Chinthamreddy, S., Hamdan, A. A., 2001. Synergistic Effects of Multiple Metal Contaminants on Electrokinetic Remediation of Soils, Remediation, Summer 2001, pp.85-109.
- Sah, J. G., Chen, J. Y., 1998. Study of the Electrokinetic Process on Cd and Pb Spiked Soils, Journal of Hazardous Materials, 58, 301-315.
- Shapiro, A.P., Probstein, R.F., 1993. Removal of Contaminants from Saturated Clay by Electroosmosis, Environmental Sciences and Technology, 27, 283-291.
- USBR, 1974. Earth Manual, US Department of Interior Bureau of Reclamation, Water Resource Technology Publication, USA, 810 p.
- Vengris, T., Binkiene, R., Sveikauskaite, A., 2001. Electrokinetic Remediation of Lead, Zinc and Cadmium Contaminated Soil, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 76, 1165-1170.
- Virkutyte, J., Sillanpaa, M., Latostenmaa, P., 2002. Elektrokinetic Soil Remediation : Critical Overview, The Science of the Total Environment, 289, 97-121.
- Yang, G. C., Lin, S. L., 1998. Removal of Lead from a Silt Loam Soil by Electrokinetic Remediation, Journal of Hazardous Materials, 58, 285-299.

ORTA TOROSLARDA KÖPRÜLÜ (GÜNDOĞMUŞ - ANTALYA) YÖRESİNİN STRATİGRAFİSİ

STRATIGRAPHY OF KÖPRÜLÜ REGION (GÜNDOĞMUŞ - ANTALYA) AT THE CENTRAL TAURİDES

Arif DELİ
Ahmet TURAN

Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Bölümü Konya
Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, Bölümü Konya

ÖZ : Köprülü (Gündoğmuş-Antalya) çevresinde bulunan çalışma alanında, Permian-Lütesiyen zaman aralığında oluşan değişik kaya birimleri mostra vermektedir. Yörede yüzeyleyen bu kayalar, otokton ve allokton birimler olarak iki ana bölümde incelenmiştir. Otokton konumlu Geyikdağı Birliği siğ ve kısmen açık şelf karbonatlarından oluşan Geç Kretase yaşlı Saytepe formasyonu ile başlamaktadır. Geç Kretase'de ortamın giderek derinleşen kısımlarında, Karaköy formasyonu, Saytepe formasyonu ile yanall ilişkili olarak çökelmiştir. Karaköy formasyonu tabanda kırıntılı kireçtaşı-marn ve çörtlü kireçtaşlarıyla (Kurttepe üyesi) başlamakta, üstte doğru pelajik kireçtaşı, marn, kumtaşı ardalanması (Sarıkavak üyesi) ile son bulmaktadır. Otokton birliğin Mesozoyik istiflerini, Antalya Birliğine ait pelajik kireçtaşı blokları içeren ve Geç Kretase'de bölgeye yerleşmiş Antalya Birliği kapsamındaki Belistir ofiyolitik melanjı üzerlemiştir. Hem otoktona ait Karaköy formasyonu, hemde çalışma alanının güneydoğusunda gözleendiği gibi Antalya Birliğine ait Belistir ofiyolitik karışığı, kırıntılı ve killi karbonatlı istifleri kapsayan Lütesiyen yaşlı Beden formasyonu tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Antalya Birliğinin tabanını oluşturan Belistir melanjının üzerine, çoğun kumlu kırıntılı kayalardan oluşan Geç Triyas yaşlı Kasımlar formasyonu tektonik olarak gelmektedir. Kasımlar formasyonunun üzerinde ise, yarı-pelajik ve pelajik kayalardan meydana gelen Jurasik-Kretase yaşlı İnasar formasyonu yer alır. Antalya Birliği kayalarının üzerine Alanya Birliğine ilişkin birimler, tektonik olarak oturmaktadır. Alanya Birliği kendi içerisinde iki ayrı nap dilimine ait metatortul istifleri kapsamaktadır. İnceleme alanında olasılıkla Geç Permian yaşlı kayaları kapsayan Alanya Birliği, altta mermer-şist-kuvarsit litolojilerinden yapıllı alt nap veya Mahmutlar formasyonu ile üstte dolomitli metakarbonatlardan oluşan üst nap veya Cebelireis formasyonundan oluşur. Alanya Birliği kayaları üzerine ise, Aladağ Birliğine ait şeyl-kuvarsit arakatlı, bol fosilli kireçtaşlarından yapıllmış Geç Permian yaşlı Kuşakdağı formasyonu, tektonik olarak gelmektedir.

Anahtar kelimeler: Köprülü, stratigrafi, Permian-Lütesiyen

ABSTRACT : The study area is located in the vicinity of Köprülü (Gündoğmuş-Antalya), in the inner-west part of Central Taurus. In this area, several rock units representing Permian-Tertiary time interval crop out. These rocks were examined in two main groups, autochthonous units and allochthonous units. Autochthonous units (Geyikdağı unit) start with the Saytepe formation comprising of partly open shelf carbonate rocks. In the Late Cretaceous, by the deepened parts of the sea, the Karaköy formation which is the lateral equivalent of the Saytepe formation was formed. The Karaköy formation starts with the detritic limestone and marl (The Kurttepe member) and passes into alternations pelagic limestone, marl and sandstone (The Sarıkavak member). These Late Mesozoic formations were unconformably overlain by the Lutetian Beden formation. In study the area, the allochthonous units were divided into three main divisions. The Antalya unit rocks have two different tectonic slices. The Belistir ophiolitic mélangé yielding pelagic limestone blocks formed the basal part of the Antalya unit. The Late Triassic Kasımlar formation rests on the Belistir ophiolitic mélangé with a tectonic contact. The Kasımlar formation is overlain unconformably by the pelagic-semipelagic rocks of the İnasar formation of Jurassic-Cretaceous time. The Alanya unit rests on the Antalya unit with a tectonic contact. This unit is divided into two tectonic slices. Permian Aladağ unit overlies on the Alanya unit with tectonic contact.

Key words : Köprülü, stratigraphy, Permian-Lütetian

GİRİŞ

Orta Toroslar'ın muhtelif kesiminde 1930'lu yıllardan günümüze kadar bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda Gündoğmuş bölgesinin stratigrafisi, tektonik özellikleri ve Toroslar ana tektonik birliği içindeki jeolojik konumu belirtilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda Monod (1978), kuzeydeki Akseki bölgesinin (Şekil 1) kalın Mesozoyik karbonatları ile güneydeki Alanya metamorfik masifi arasında, Blumenthal (1951)'in "ayırıcı zon/ara zon" olarak adlandırdığı dar bir kuşak içerisinde pelajik kireçtaşları, bazaltlar, radyolaritler ile bir çok küçük kireçtaşı tepeliklerini kapsayan Kretase-Tersiyer yaşlı bir flişin yer aldığını belirtmektedir. Monod (1978) araştırmalarında ayrıca, daha kuzeydeki Tepe Dağ karbonatlarının üzerinde yer alan Tersiyer flişinin de üstünde, tektonik olarak duran bir çok yabancı birliğin daha varlığından söz etmektedir. Özgül (1984) Alanya bölgesinde, Antalya ve Alanya birlikleri arasındaki ilişkileri incelemiş ve Antalya Birliği kayalarının genelde birbirleriyle stratigrafik ilişkili kırıntılı ve karbonatlardan oluştuğunu vurgularken; Alanya Birliğinin üst üste duran ve metamorfizma dereceleri farklı üç metamorfik naptan meydana geldiğini belirtmiştir. Bunlar günümüz tektono-stratigrafisine uygun tarzda alttan üste doğru sırasıyla; Mahmutlar formasyonu (alt nap), Sugözü formasyonu (orta nap) ve Yumrudağ grubudur (üst nap). Özgül (1984), Alanya Birliği'nin Maestrihtiyen son-İpresiyen sürecinde, güneyden kuzeye doğru hareket ederek, ofiyolitli karışık ile birlikte, Antalya Birliğini üzerlediğini ve bu olayın devamı olarak da, Alanya ve Antalya birliklerinin beraberce yine kuzeye doğru hareket ederek, Geyikdağı Birliğine bindirdiklerini ve de daha sonra Lütesiyen sonu hareketleriyle kuzeyden gelen yabancı Aladağ Birliğinin Geyikdağı, Alanya ve Antalya birliklerinin her üçünü birden tektonik olarak üzerlediğini belirtmiştir.

Orta Toroslar'ın batı bölümünde yer alan inceleme alanı ve çevresinin, yani genel anlamda "ayırıcı zon/ara zonun" veya "Geriş-Güzel-su (Akseki)-Köprülü (Gündoğmuş) Muzvadi (Ermenek) fliş koridorunun" (Blumenthal, 1951), jeolojik gelişimini aydınlatacak detaylı çalışmalar, günümüze kadar tamamlanamamıştır. Bu maksatla çalışmalarımızda, Şekil 2'de verilen 1/25000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritasının yapılmasından sonra, bölgede yüzeyleyen formasyonların tektono-stratigrafik konumları saptanarak, formasyonların ölçülü stratigrafik kesitleri yapılmıştır. Bunlara ek olarak bu çalışmada, paleontolojik ve petrografik amaçlı tayinler için, yeterli miktarda ka-

yaç örneği toplanmış ve bu örneklerin makroskopik ve mikroskopik ölçekte deternasyonları yapılarak, elde edilen bulguların güncel jeolojik kavramlara uygun şekilde yorumlanması amaçlanmıştır.

STRATİGRAFI

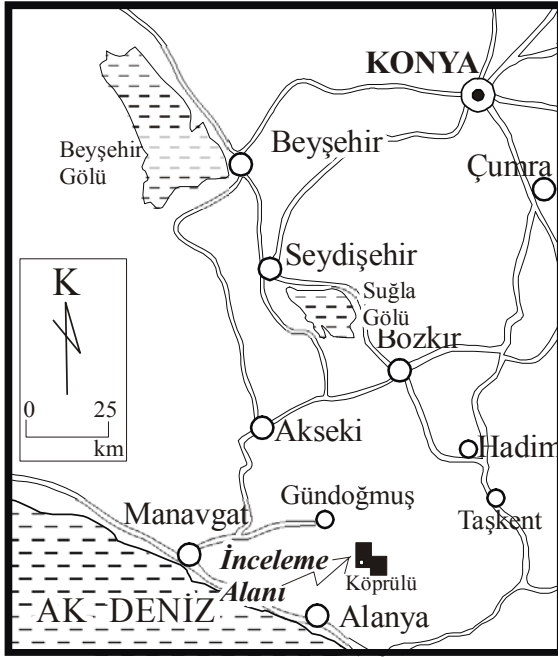
Çalışma alanında, Geç Permiyen-Lütesiyen zaman aralığında oluşmuş ve Toroslar'ın farklı alt tektonik birliklerine ait kaya stratigrafi birimleri yüzlek vermektedir. Bu makede söz konusu birimler, tektono-stratigrafik konumlarına uygun tarzda bölümlendirilerek, alttan üstte doğru otokton birlik (Geyikdağı Birliği) ve allokton birlikler (Antalya, Alanya ve Aladağ birlikleri) şeklinde verilecektir. Yörenin tektono-stratigrafik istiflenmesi Şekil 3a ve 3b'de verilen dikme kesitlerde özetlendiği gibidir ve en altta otokton Geyikdağı Birliği yer alır. Otoktonun üzerinde ise alt allokton konumlu Antalya, orta allokton konumlu Alanya ve üst allokton niteliğindeki Aladağ birlikleri görülür (Şekil 3a). Araştırma alanının doğusunda ise, Geyikdağı Birliği üzerine Antalya ve Aladağ birlikleri yer almaktadır (Şekil 3b).

Otokton Birimler (Geyikdağı Birliği)

Otokton Geyikdağı Birliği, çalışma alanında Geç Kretase ve Eosen yaşlı formasyonlardan oluşur. Bunlar neritik ve pelajik faunalar içeren Geç Kretase yaşlı Saytepe ve Karaköy formasyonları ile bu birimlerin üzerine açılı uyumsuz olarak gelen konglomera, kumtaşı, kırıntılı kireçtaşı, marn, ve killi kireçtaşlarından oluşan Lütesiyen yaşlı Beden formasyonudur.

Saytepe formasyonu

Çoğunlukla gri-açık gri renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı ile yer yer intraformasyonel çakıltaşı ve kırıntılı kireçtaşı içerikli kalın karbonat istifi, inceleme alanında temeli oluşturur. Bu karbonatlı istif, çalışma sahasının kuzeyinde ve Hadim yakınlarında Saytepe formasyonu (Turan, 1997) şeklinde tanımlandığından, bu çalışmada da aynı ismin kullanılması uygun görülmüştür. Bu birimden ilk önce, Akseki-Seydişehir-Bozkır yörelerinde çalışan Blumenthal (1947, 1951), "komprehensif serinin Hippurites'li kalkerleri" şeklinde söz etmiştir. Daha sonra Monod (1978) benzer istifleri, Beyşehir-Akseki yörelerinde, alttaki Jurasik yaşlı karbonatlarla birlikte "komprehensif kireçtaşı istifi" olarak tanıtmıştır. Bu Üst Kretase istifi için, Akdağ kireçtaşı (Toker ve diğ., 1993) ve Seyrandağı kireçtaşı (Demirtaşlı ve diğ., 1987) gibi isimler de kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.
Figure 1. Location map of study area.

Atmosfere açık yüzlelerde formasyona ait kireçtaşları gri, boz renkli, taze yüzeylerde açık gri ve beyazımsı renklidir. Genelde orta-kalın tabakalanma gösteren birim, bazı yerlerde masif bir görünüme sahip olup bol miktarda kalsit damarları kapsar. Lütésiyen yaşlı birimlerle ters faylı bir dokanak oluşturan Saytepe formasyonunda, faylı sınırlara yakın kesimlerde, kireçtaşlarının büyük ölçüde rekristalize olduğu gözlenmektedir. Genelde mikritik dokulu kireçtaşlarından oluşan birim içerisinde, bazı seviyelerin duru kalsitle birlikte ooid allokemleri gözlenmektedir. İnceleme alanı kuzeyinde Çayır Yaylası'nda (Şekil 2) orta-kalın tabakalı kireçtaşlarının üzerine, uyumlu bir şekilde çört yumrulu kireçtaşlarının geldiği de gözlenmiştir. Çok küçük bir alanda mostra veren bu çört yumrulu kireçtaşlarına killi ve kırıntılı kireçtaşı aratabakaları da eşlik etmektedir.

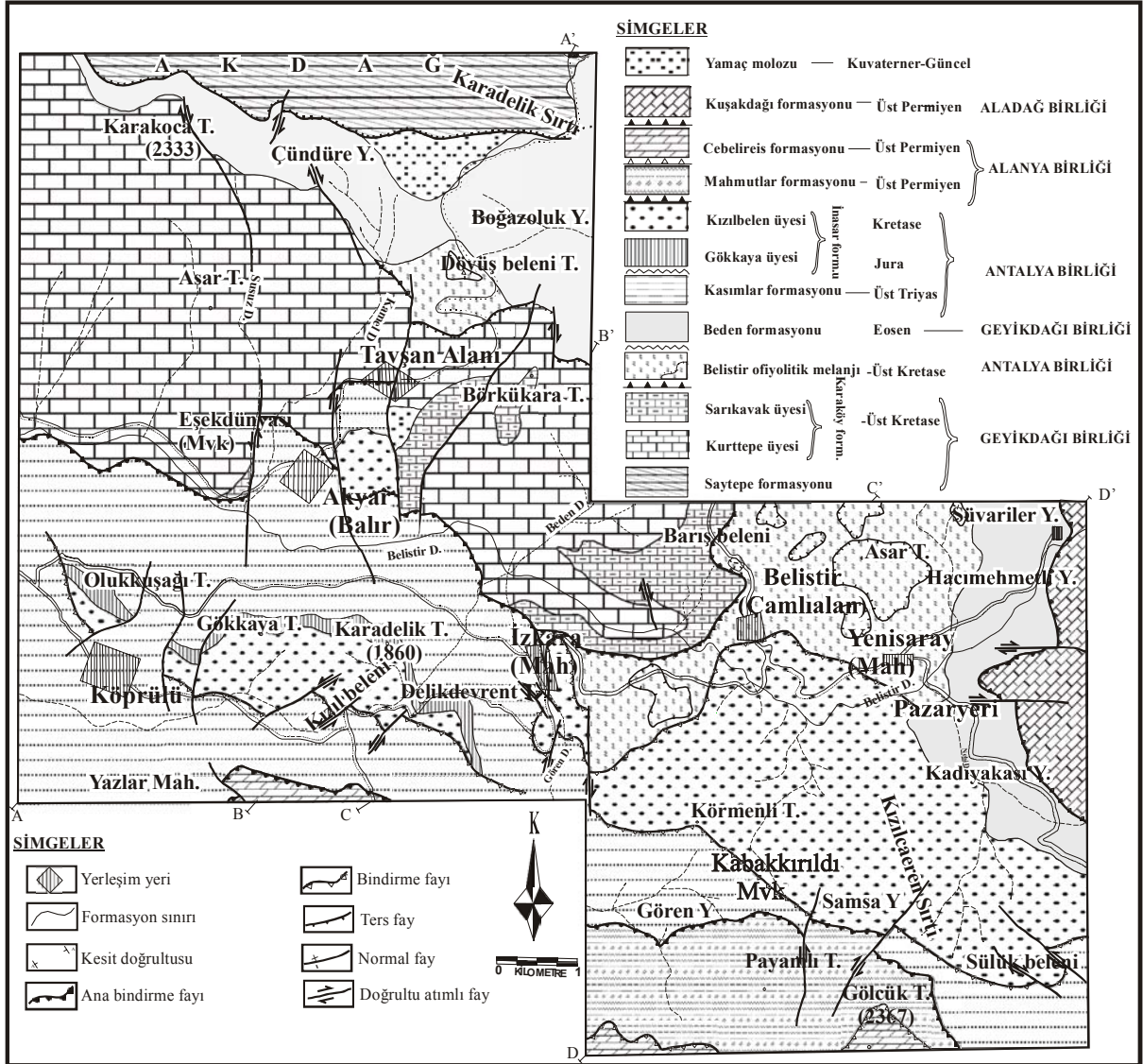
Kendinden daha genç birimlerle tektonik dokanaklı sınır oluşturan Saytepe formasyonunun tabanı, çalışma alanında gözlenmemektedir. Fakat Akseki-Gündoğmuş-Manavgat yörelerinde çalışan Demirtaşlı ve diğ. (1987) göre bu sınır, Akdağ'da Andızlı kireçtaşı üzerinde, Kavonoz Dağında ise Karadere formasyonu üzerinde uyumludur. Güneye doğru Karaköy formasyonuna yanıl geçiş gösteren Saytepe formasyonu (Turan,1990), inceleme alanında kırmızı renkli çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve Nummulit içeren killi kireçtaşlarından oluşan Lütésiyen yaşlı Beden formasyonu tarafından

uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 4). Saytepe formasyonunun çalışma alanında, tabanı gözlenmediğinden, net kalınlığı belirlenememiştir. Ancak formasyonun kalınlığı Turan (1990) tarafından Hadim yakınlarında 240m ölçülmüşken, Gündoğmuş kesiminde 400m olarak verilmiştir. Daha batıda çalışan Demirtaşlı ve diğ. (1987) ise, bu formasyonunun kalınlığının, üstteki Karaköy formasyonuna karşılık gelen seviyelerle beraber 1000m'yi bulduğunu belirtmişlerdir.

Saytepe formasyonuna ait örneklerde tayin edilebilen mikro fosiller şöyledir: *Globotruncanella havanensis* (Voorwijck), *Globotruncana* sp., *Omphalocyclus macroporus* Lamarck, *Orbitoides apiculatus* Schlumberger, *Siderolites calcitropoides* Lamarck, *Lepidorbitoides* sp., *Radiolaria* ve *Rotaliidae*. Saytepe formasyonunda saptanabilen makro fosiller ise; Echinodae, alg, bryozoa, rudistve gastropod gibi kavkı parçalarından ibarettir. Yukarıdaki fosil topluluğuna göre birimin yaşını Geç Kretase olarak vermek mümkündür. Saytepe istifinde bu fosillere ilaveten Turan (1990) ile Şenel ve diğ. (1992); *Calpionella elliptica* Cadisch, *Protopenneroplis striata* Weynschenk, *Cuneolina* sp., *Nezzata* sp., *Spirillina* sp., *Remaniella* sp., *Scandonea* sp., *Trocholina* sp., *Tintinopsella* sp., *Trilocolina* sp. gibi fosilleri de saptamışlar ve Saytepe formasyonuna yine Geç Kretase yaş konağını ön görmüşlerdir.

Birimin içerdiği bentik foraminiferler, algler ve diğer makro fosiller, formasyonun başlangıçta çok derin olmayan bir karbonat şelfinde çökeldiğini gösterir. Daha üstlerde gözlenen kırıntılı kireçtaşları yine yüksek enerjili koşulları yansıtırken; kapsadıkları bentik ve pelajik fosiller ortamın sığ platformdan yamaç önüne doğru kaydığını işaret eder. Formasyonun en üst bölümünde izlenen *Globotruncana*'lı mikritik fasiyesler ise denizin giderek derinleştiğini ve ortamın yer yer açık şelf durumuna geldiğini gösterir. Neticede Saytepe formasyonunu sığ şelf, yamaç önü ve açık şelf kenarı zonlarda çökeltmiş karbonat istifleri olarak kabul edebiliriz.

Saytepe formasyonu, Akseki dolayında "Seyrandağı kireçtaşı" (Demirtaşlı ve diğ., 1987), Isparta kuzeyinde "Kılıçhan kireçtaşı" (Koçyiğit, 1983), Seydişehir dolayında "Katrangediği ve Doğankuzu formasyonları" (Karadağ, 1987) ve Bozkır civarında "Çobankara kireçtaşı" (Özçelik, 1984) birimleriyle deneştirilebilir.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası.
Figure 2. Geology map of study area.

Karaköy Formasyonu

Otokton birlik içinde yer alan gri renkli, orta-kalın tabakalı kırıntılı kireçtaşı, marn, kumtaşı, yer yer çakıltaşı ve kırmızı-bordo renkli çörtlü kireçtaşlarından yapılmış Üst Kretase'nin pelajik istifleri, ilk defa Turan (1990) tarafından formasyon mertebesinde tanımlanmıştır. Turan (1990) alttaki kumtaşı, marn arakatlı, kırıntılı kireçtaşı istifini Kurttepe üyesi şeklinde tanımlanırken, üstteki bordo renkli pelajik kireçtaşı ve çört arakatlı marn, şeyl, kumtaşı, çakıltaşı aralanmalı istifi de Sarıkavak üyesi olarak adlandırmıştır.

Kurttepe üyesi

Kurttepe üyesi gri renkli orta-kalın tabakalı kırıntılı kireçtaşı ile breşik, yapılı kireçtaşı ve yer yer çört yumru, mikritik dokulu ve killi kireçtaşı aralanmasından meydana gelmektedir. Kırıntılı kireçtaşlarının arasında ara düzeyler şeklinde türbiditik karakterli çakıllı ve kumlu tabakala da yer almaktadır. Genellikle gri yeşil renkli, orta-kalın tabakalı ve killi bir matrikse sahip olan bu seviyeler, yanal devamlılığı olmayan ince taneli çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Çakıltaşları, çört parçaları, marn ve çeşitli kireçtaşı kırıntılarında meydana gelmektedir. Yuvarlaklaşma dereceleri orta olup boylanması kötü olan seviyeler içerisindeki taneler,

| TEKTONİK BİRLİK | ÜST SİSTEM | SİSTEM | SERİ | KAT | FORMASYON | ÖYE | KALINLIK (m) | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR |
|-------------------|------------|----------|--------------|---------------|-----------------------------|-----------|--------------|---|---|
| ALADAĞ BİRLİĞİ | PALEZOYİK | PERMİYEN | ÜST PERMİYEN | | KUŞAKDAĞI | | 800 | | Koyu gri renkli şeyl ve açık gri-krem renkli kuvarsit ara tabakalı gri-gri koyu gri- gri renkli bol kalsit damarlı, orta-kalın tabakalı kireçtaşları, bol miktarda makro ve mikro fosilli kireçtaşları. Tektonik dokanak |
| | SENOZOYİK | TERSİYER | EOSEN | LÜTESİYEN | BEDEN | | 432 | | Çakıltaş, kumtaşı, marn, çamurtaşı kırıntılı ve killi kireçtaşı ardalanması. Killi kireçtaşları bol miktarda Globigerina ve Globorotalia türleri içermektedir. |
| ANTALYA BİRLİĞİ | | | | | BELİSTİR OFİYOLİTİK MELANJİ | | 250 | | Farklı nitelikli kireçtaşı, çört, radyolarit blokları içeren ofiyolitik melanj |
| GEYİKDAĞI BİRLİĞİ | MESOZOYİK | KRETASE | ÜST KRETASE | MAASTRIHTİYEN | KARAKÖY | SARIKAVAK | 54 | | Bordo ve gül kuruşu renkli ince tabakalı yer yer çörtler ile aratabakalı mikritik kireçtaşları, ve marnlar, bazı seviyelerde kumtaşı ve şeyl gibi kırıntılı kayaç ardalanması Deformasyon nedeni ile dalgalı bir yapı göstermektedirler |
| | | | | | | KURTEPE | 373 | | Gri-koyu gri renkli kalın tabakalı kireçtaşı, pembe renkli mikritik kireçtaşı, kırıntılı ve bol fosil parçalı breşik kireçtaşı ardalanması. Kanal dolguları şeklinde yer yer türbiditik karakterli açık yeşil-gri renkli kumtaşı çamurtaşı ile kireçtaşı, marn aratabakaları içeren orta kalın tabakalı gri renkli kırıntılı kireçtaşı |
| | | | | SAYTEPE | | 400 | | Yer yer, çört yumrulu, mikritik dokulu pelajik kireçtaşları | |
| | | | | | | | | | Gri renkli orta-kalın tabakalı bol erime boşluklu kireçtaşı, kırıntılı kireçtaşı, ve yer yer oolitik kireçtaşı ardalanması. |

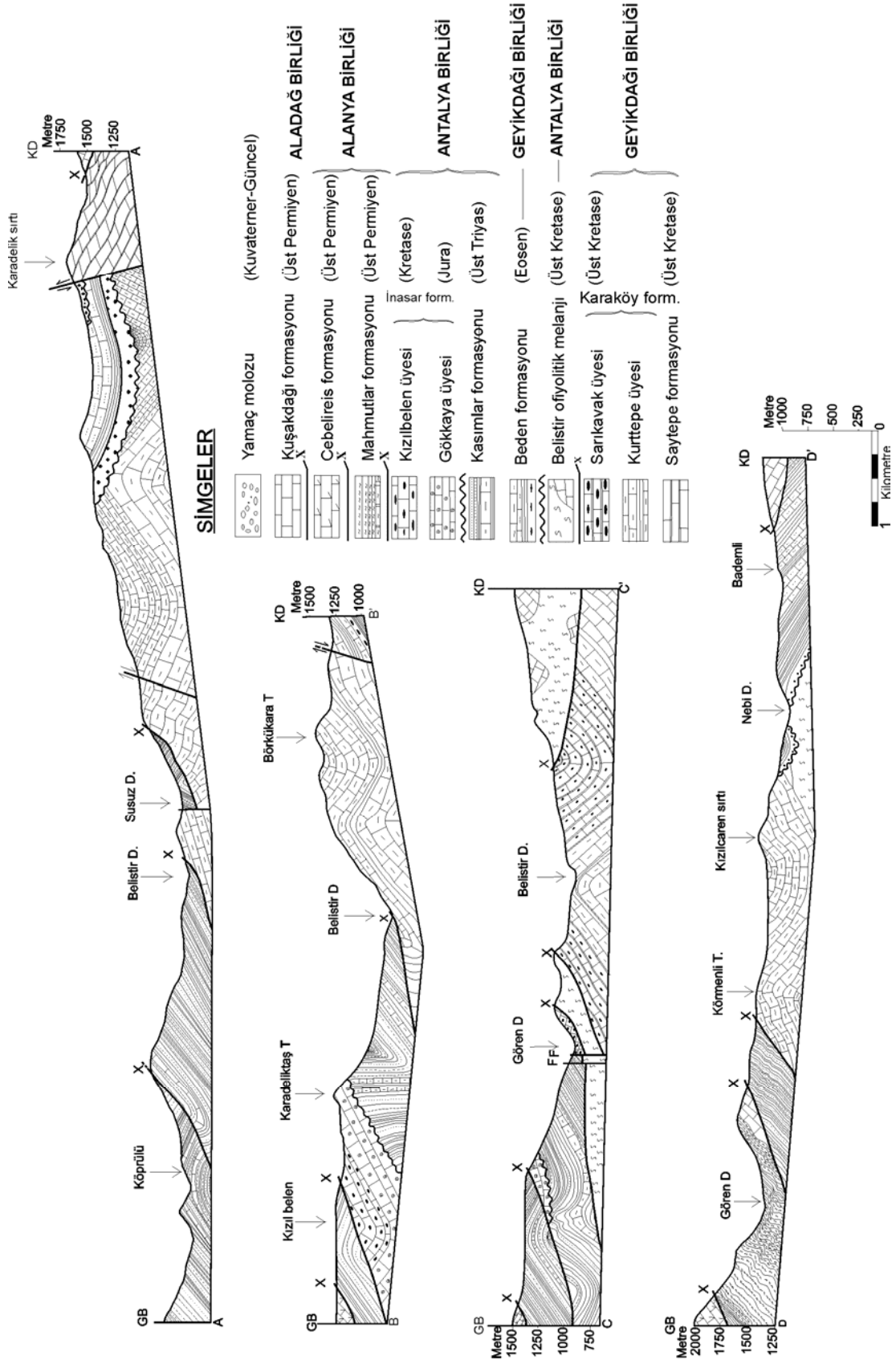
Şekil 3a. Çalışma alanının batı bölümünün tektonostratigrafik kesiti.

Figure 3a. Tectonostratigraphic columnar section of the western part of study area.

| TEKTONİK BİRLİK | ÜST SİSTEM | SİSTEM | SERİ | KAT | FORMASYON | ÖYE | KALINLIK (m) | LİTOLOJİ | AÇIKLAMALAR | |
|-------------------|------------|----------|--------------|---------------|------------|-----------------------------|--------------------|----------|--|--|
| ALANYA BİRLİĞİ | PALEZOYİK | PERMIYEN | ÜST PERMIYEN | | CEBELİREİS | | 1350 | | Gri-açık gri renkli orta-kalın tabakalı kristalize dolomitik kireçtaşları | |
| | | | | | MAHMUT-LAR | | 1000 | | Gri renkli mermer, yeşil renkli klorit şist, kuvarsit, baritli kalkışit, grafit şist, muskovit şist metakumtaşı ardalanması. | |
| ANTALYA BİRLİĞİ | MEZOZOYİK | KRETASE | ÜST KRETASE | MAASTRIHTIYEN | KRETASE | | 91 | | Gül kuruşu- şarabi renkli mikritik dokulu çörtlü pelajik kireçtaşları ile bol miktarda Ammonit izleri kapsayan açık gri renkli çörtlü kireçtaşı aratabakaları. | |
| | | | | | JURA | İNASAR | GÖKKAYA KIZILBELEN | 20 | | Algal kireçtaşlarıyla başlayan kalın tabakalı kireçtaşı ve killi kireçtaşı ardalanması |
| | | | | | TRIYAS | KASIMLAR | | 500 | | Yer yer kireçtaşı mercikleri içeren gri-yeşil-açık yeşil renkli bitkili kumtaşı, mikro konglomera, çamurtaşı, marn ardalanması. |
| | | | | | ÜST TRIYAS | BELİSTİR OFİYOLİTİK MELANJİ | | 250 | | Serpantin, gabro, diyabaz ve deforme bir matriks içerisinde yer alan açık gri kireçtaşları krem renkli çörtlü kireçtaşı, kırmızı- bordo renkli mikritik (<i>Globotruncana</i> 'lı) kireçtaşı blokları |
| | | | | | | KARAKÖY | SARIKAVAK | 54 | | Bordo ve gül kuruşu renkli ince tabakalı, çört aratabakalı mikritik kireçtaşları,mamlar ve kumtaşı ardaşımı. Deformasyon nedeni ile dalgalı bir yapı göstermektedirler |
| GEYİKDAĞI BİRLİĞİ | | | | | KURTTPE | | 373 | | Gri-koyu gri renkli kalın tabakalı kireçtaşları pembe renkli mikritik kireçtaşı, kırıntılı ve bol fosil kırıntılı breşik kireçtaşı ardalanması | |
| | | | | | SAYTEPE | | 400 | | Kanal dolgusu şeklinde yer alan türbiditik karakterli açık yeşil-gri renkli çamurtaşı kireçtaşı, marn aratabakaları içeren gri renkli kırıntılı kireçtaşı | |
| | | | | | | | 400 | | Gül kuruşu renkli, çört yumrulu, mikritik dokulu pelajik kireçtaşları | |
| | | | | | | | | | Gri renkli orta-kalın tabakalı bol erime boşluklu kireçtaşı, kırıntılı kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı yer yer oolitik kireçtaşı ardalanması. | |

Şekil 3b. Çalışma alanının doğu bölümünün tektonostratigrafik kesiti.

Figure 3a. Tectonostratigraphic columnar section of the eastern part of study area.



Şekil 4. Çalışma alanının jeolojik enine kesitleri
Figure 4. Geological cross-sections of the study area.

killi bir matriks ile bağlanmıştır. Bu stratigrafik düzeylerdeki kumtaşları, gri renkli ve orta tabakalı olup taneler iyi yuvarlaklaşmış ve orta derecede boylanmışlardır. Bu kırıntılı seviyelerin üzerine 5-10 cm kalınlığa sahip kalsitürbidit seviyeleri gelmektedir. Birim daha üstte doğru gri, kül renkli, yer yer orta-kalın tabakalı kireçtaşlarıyla devam etmektedir. Kireçtaşlarının içerisinde breşik seviyeler gözlenmektedir. Kurttepe üyesi üstte doğru stratigrafik gelişimini orta tabakalı, ayrışma rengi pembemsi, taze yüzeyi ise beyazımsı-gri renkli mikritik kireçtaşları ile sürdürür. Daha üst seviyelerde gri renkli mikritik kireçtaşlarıyla devam eden bu karbonatça zengin istif, bol miktarda kırıntı halinde fosil içeren ve ayrışma rengi açık sarı olan killi kireçtaşları ile son bulur.

Sarıkavak üyesi

Sarıkavak üyesi altta, gül kurusu, şarabi renkli ince-orta tabakalı, çört yumrulu mikritik dokulu pelajik kireçtaşı, marn, radyolarit, kumtaşı ve yer yer de çakıltaşı tabakalarından oluşmaktadır. Formasyon içerisinde yer alan kireçtaşlarının en önemli makro özelliği kırılğan olması ve yumrulu görünümüdür. Daha üst kesimde gül kurusu, şarabi renkli ince-orta tabakalı, çört yumrulu mikritik kireçtaşlarıyla ardalanan gri renkli bol fosilli (yer yer ammonitli) mikritik kireçtaşları izlenir. En üst seviyede ise kireçtaşları arasına yer yer kırmızı, bordo, yeşil renkli marn, karbonatça zengin çamurtaşı gözlenmektedir. Sarıkavak üyesinin üst kesimlerinde içerisinde kırıntılı tabakalar oldukça yaygındır. Kırıntılı kesimlerin ağırlıklı litolojisini oluşturan türbiditik kumtaşları çok iyi boylanmaya sahip olup kuvarsarenit ve litarenitlerden yapıldır. Bu formasyonun en üst seviyelerinde ise kırmızı- bordo renkli yer yer yeşil renkli çok kırılğan bazı kesimleri aşırı derecede silisifiye ince tabakalı çörtlü kireçtaşı ve marnlar gözlenmektedir.

Karaköy formasyonunun çalışma alanında taban ilişkisi gözlenememektedir. Fakat inceleme alanının kuzeyinde Saytepe formasyonu ile uyumlu olduğu bilinmektedir (Turan, 1990). Karaköy formasyonu içerisinde yer alan üyeler yanal ve düşey geçişlidir.

Karaköy formasyonunu Lütesiyen yaşlı Beden formasyonunu açılı uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 3a ve 3b). Çalışma alanında Karaköy formasyonunun Kurttepe üyesine ilişkin stratigrafik kalınlığı 353 m, Sarıkavak üyesinin

kalınlığı da 56 m olarak ölçülmüştür. Fakat bu kalınlıklar, üyelerin taban ve tavanının faylı olması nedeni ile istifin tam kalınlığını yansıtmamaktadır. Formasyonun kalınlığı inceleme alanının kuzeyinde yapılan çalışmalar sonucunda Kurttepe üyesi için 600 m, Sarıkavak üyesi için de 940m olarak verilmiştir (Turan, 1990).

Karaköy formasyonu içerisinde oldukça zengin fosilli seviyeler bulunmaktadır. Bu zonlara ilişkin örneklerden tayin edilebilen fosiller aşağıda sıralanmıştır: *Hellenocyclina beotica* Reichel, *Globotruncana linneiana* d'Orbigny, *Globotruncanita stuavtifarmis* Dalbien, *Globotruncana gr. linneiana* (d'Orbigny) *Globotruncana* sp., *Montcharmontia appenninica* De Castro, *Orbitoides medius* d'Archiae, *Orbitoides* sp., *Omphalus macroporus* Lamarck, *Protopenelopis striata* Weynschenk, *Stomiasphaera sphaerica* (Kaufmann) *Pithonella ovalis* (Kaufmann), *Siderolites calcitrapoides* Lamarck, *Balivnopsis* sp., *Cayeuxia* sp., *Dicarinelle* sp. *Hedbergella* sp. *Lepidorbitoides* sp. *Montcharmontia* sp., *Orbitolina* sp., *Simplorbites* sp., *Thaumatoporella* sp. *Radiolaria*, Anomaliniidae, Globigerinidae, Heterohelicidae, Miliolidea, Lagenidae Rotalidae, Valvulinidae. Ayrıca makro fosillerden sünger sipikülleri, taşınmış rudist ve çeşitli kavkı parçaları, mercan kırıntıları, ekinid diken parçaları ve algler bu birimin içinde yaygın olarak bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen fosil cins ve türleri yardımıyla, Karaköy formasyonunun yaş konağı Geç Kretase olarak belirlenmiştir.

Karaköy formasyonunun alt kesimlerinde (Kurttepe üyesi) bol miktarda taşınmış bentik formlarca zengin kırıntılı kireçtaşlarının bulunması, sığ şelf ortamından uzak fakat fazlaca hareketli ve türbid akıntılar ile beslenen bir açık şelf ortamındaki çökelim koşullarını yansıtır. Formasyonun daha üst kesimlerinde yer alan ve pelajik fosiller açısından zengin çörtlü kireçtaşları ve marnlar ise, giderek derinleşen derin bir havzayı karakterize etmektedir. Kireçtaşları ve marnlar içerisinde yer alan çamurtaşı, kumtaşı, çakıltaşı yapıllı kırıntılı kayaçlar, zaman zaman derin deniz kanalları ile havzaya iri taneli malzeme geldiğini göstermektedir. Netice olarak Kurttepe üyesinin derin denizel bir havzanın kıyı tarafında ve çok fazla derin olmayan yüksek enerjili hareketli bir ortamda çökeldiği söylenebilir. Sarıkavak üyesi ise Kurttepe üyesi ile

düsey geçişli olarak, bu pelajik havzanın abisal düzlük tarafında çökelmiştir.

Karaköy formasyonu, Gündoğmuş-Muzvadi (Ermenek) hattı boyunca Blumenthal (1947) tarafından Kretase-Tersiyer yaşlı "Ayırıcı zon" olarak tanımlanmıştır. Akseki yöresinde Güzelsu Ünitesi olarak tanımlanan Geç Triyas yaşlı bitkili kumtaşlarının örtüsü durumundaki Üst Kretase birimleri (Monod, 1977) ile Çukurköy formasyonu (Demirtaşlı ve diğ., 1987) ve Eğridir Gölü güneyinde mostra veren Yılanlı formasyonu ve daha doğuda Silifke yöresindeki Gölbeleni formasyonu (Gökten, 1976; Turan, 1997), Karaköy formasyonuna benzer özellikler göstermektedirler.

Beden Formasyonu

Çakıltası, çamurtaşı, kumtaşı, şeyl, killi kireçtaşı, kırıntılı kireçtaşı ve olistostromlardan yapıları, Lütesiyen yaşlı istifler, inceleme alanında Beden formasyonu olarak tanıtılmıştır. Formasyonun adı ilk kez inceleme alanı kuzeyindeki Beden Köyü'ne (Gündoğmuş) izafeten Turan (1990) tarafından verilmiştir.

Formasyon açık kahve renkli çakıltası, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve çamurtaşları ile başlamaktadır. Kumtaşları, orta tabakalı olup bazı seviyelerinde bol miktarda fosil kırıntıları içerir. Genelde yuvarlaklanması ve boylanması iyi olan tanelerden oluşan bu kumtaşları, iyi çimentolandığı için sert bir yapı sunmaktadır. Kumtaşı tabakaları arasında yer yer konglomeratik seviyelere rastlanılır. Çakıllı kumtaşları içerisinde taşınmış olarak bol miktarda nummulit tane ve parçaları bulunmaktadır. Çakıltalarını oluşturan taneler, ortalama 2 - 3.5 cm iriliktir. Çamurtaşlarının içerisinde ise düşük oranlarda kum taneciklerinin saçıldığı gözlenmiştir. Çamurtaşlarının üzerinde ve onlarla ardışıklı biçimde yer yer çört mercek ve bantları içeren mikritik dokulu killi kireçtaşları yer almaktadır. Bu kireçtaşları, çok bol miktarda globigerinid ve globorotalid cins ve türlerini içermektedir. Bununla beraber mikritik kireçtaşlarının arasında çörtlerle birlikte iyi tutturulmamış birkaç santimetre kalınlığında kumlu, çamurlu ve konglomeratik seviyeler de gözlenmektedir. Düzenli tabakalanma gösteren bu karbonatlı seviyenin kalınlığı birkaç metreyi geçmemektedir. Stratigrafik olarak daha üst seviyelerde sarı renkli kırıntılı kireçtaşları izlenir. Dayanımsız bir yapı sunan bu seviyeler içerisinde yine bol mik-

tarda fosil kırıntıları bulunmaktadır. Özellikle bu seviye, sarı-turuncu alterasyon renkleri sunar ve kötü tabakalanma şekli ile kolayca tanınır. Beden formasyonu inceleme alanının kuzey batısında Geyikdağı Birliği kapsamındaki Geç Kretase yaşlı Saytepe ve Karaköy formasyonlarını açılı uyumsuzlukla örterken, inceleme alanının doğusunda Süvariler Yaylası ve Kadiyakası dolaylarında ise, Antalya Birliği'ne ait Geç Kretase yaşlı Belistir ofiyolitli melanjını ve pelajik çökel içerikli Jura-Kretase yaşlı İnasar formasyonunuda yine açılı uyumsuzlukla örter. Süvariler Yaylası ve Kadiyakası'nın doğusunda Aladağ Birliği'ne ait Kuşakdağı formasyonu tarafından tektonik olarak örtülmektedir. Beden formasyonunun kalınlığı tip yerinde 1000 m'yi bulurken (Turan, 1990), bu birimin stratigrafik kalınlığı inceleme alanında en çok 430 m olarak ölçülmüştür.

Beden formasyonu içerisinde tayin edilebilen fosiller, aşağıda sıra ile verilmiştir. *Acarinina primitiva* (Finlay), *Globorotalia abundocameraya* Bolli, *Globorotalia* sp., *Morozevella velaswensis* (Cushman), *Morozovella trinidadensis* Bolli, *Morozevella augua* (Cushman) Renz, *Nummulites* cf. *millecaput* Boubee (Grubu), *Nummulites* sp., *Planorotalites* cf. *compressa* (Plummer), *Asterocyclina* sp., *Discocyclina* sp. *Fabiania* sp., *Gypsina* sp., *Globogerina* sp., *Linderina* sp., *Kathina* sp., *Truncorotaloides* sp., ., *Rotalidae*, *Textularidae* ve kırmızı alglerdir *Anomaliniidae*, *Miliolidae* Ayrıca birim içerisinde taşınmış olarak Geç Kretase yaş konağını gösteren *Hellenocyclina beatica* Reichel, *Orbitoides medius* (d'Archiac), *Lepidorbitoides* sp., *Siderolites* sp., *Sakesaria* sp. ve rudist kavkı parçalarına rastlanılmıştır. Yukarıda belirlenen fosiller yardımıyla Beden formasyonunun yaşı, Orta Eosen (Lütesiyen) olarak verilmiştir.

Beden formasyonu, tektonizmaya bağlı olarak yükselen bölgelerden bol miktarda kaba ve ince taneli gerecin çökme alanına taşınarak, birbirleri ile sürekli ardalanan kırıntılı tabakalara, killi-karbonatlı düzeylerin de eşlik ettiği türbiditik bir istiftir. Daha sonra ortamın giderek derinleşmesi ve su enerjisinin azalmasına bağlı olarak, yer yer çört yumru ve bantları içeren pelajik faunalı, killi, çörtlü, mikritik dokulu karbonatlar çökelmiştir. Pelajik karbonatlarla ardalama gösteren yine pelajik faunalı kırıntılı kireçtaşları, Lütesiyen'deki çökme havzasında

bu sukunetin sürekli olmadığını gösterir. Neticede Lütésiyan döneminde bölgede oluşan derin denizel havzada, genelde kırıntılı kireçtaşları ve bunlarla ardalanmış çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı-silttaşı litolojilerinden yapıları ritmik seriler çökelmiştir. Beden formasyonu, başlangıçta transgresif olarak yüksek enerjili sığ bir denizde çökelmeye başlamış ve çoğunlukla yüksek enerjili ve tektonik yönden hareketli bir havzada gelişimini sürdürmüştür. İnceleme alanında çok yaygın olmamakla birlikte kuzeyde devolistolitler içeren olitostromal kesim (Turan, 1990) de dikkate alınır, Beden formasyonunun çökeldiği havzanın, prefliş-fliş-vahşi fliş dönemlerini kapsayan bir fliş topluluğu olduğu anlaşılmaktadır.

Beden formasyonu, Akseki dolaylarında "Zilan-İbradi flişleri" (Blumenthal, 1947; Blumenthal ve Göksoy 1949), Akseki-Seydişehir-Beyşehir dolaylarında "Nummulitesli fliş" (Brunn ve diğ., 1971), Akseki-Manavgat-Gündoğmuş yörelerinde "Bakalası formasyonu" (Demirtaşlı, 1977, 1978, Şenel ve diğ., 1992), ve Seydişehir civarında "Ağaçtepesi formasyonu" (Karadağ, 1987) birimleri ile korele edilebilir.

Allokton Birliklere Ait Birimler

Allokton birliklere ait birimler, kendi içerisinde tektono - stratigrafik konumlarından ötürü Antalya Birliği, Alanya Birliği, Aladağ Birliği (Özgül, 1976) şeklinde üç ana bölüme ayrılmıştır. Bu bölümde ana tektonik birlikler içindeki alt tektonik dilimler ve bu dilimleri oluşturan formasyon ve üyeler ayrıntılı bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.

Antalya Birliği

İnceleme alanında Antalya Birliği'ne dahil edilen kayalar kendi içlerinde iki dilim halinde izlenmektedir. Bunlardan ilki ofiyolitik melanjı oluşturan tektonik dilimdir. Bu birlik, otokton birimlerin üzerine tektonik olarak gelmiş Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ve bu melanjın üzerine tektonik dokanakla gelen Jurasik-Kretase yaşlı İnasar formasyonundan meydana gelmektedir (Şekil 3a). İnceleme alanının batısında yine tektono-stratigrafik olarak ofiyolitik dilimin üzerinde yer alan Kasımlar formasyonu (Geç Triyas) ve onun üzerine açılı uyumsuz olarak gelen İnasar formasyonu ayrı bir tektonik paket olarak izlenir (Şekil 3b). Üst tektonik dilime ilişkin Geç Triyas yaşlı Kasımlar

formasyonu, batıda otokton birimlerin üzerine, doğuda ise ofiyolitik melanjın üzerine tektonik olarak oturmaktadır. Ayrıca Köprülü'nün kuzeyinde Geç Triyas yaşlı birimlerin üzerine Jura-Kretase yaşlı İnasar formasyonu açılı uyumsuz olarak gelmektedir.

Belistir ofiyolitik melanjı

Yeşil-gri renkli kumtaşı, bordo renkli pelajik mikritik kireçtaşı, beyazımsı-gri renkli rekristalize kireçtaşı, oolitik kireçtaşı blokları ile gabro, diyabaz ile altere serpantinitten oluşan melanj, Belistir ofiyolitik melanjı olarak ilk kez bu çalışmada tanımlanmıştır.

Birim, ofiyolitik diziyeye ait kayalar (gabro, diyabaz, serpantin, spilitik bazalt, pelajik çökeller) ve çeşitli boyutlardaki bloklarından meydana gelmektedir. Melanjın içerisinde özellikle bordo renkli, ince tabakalı, çörtlü, mikritik kireçtaşı tabaka ve mercikleri bulunmaktadır. Bunlardan başka arazinin doğusunda yer alan Asar Tepe'de büyük boyutlu bloklara rastlanır. Buradaki kireçtaşları gri-krem renkli, orta tabakalı, mikritik dokulu bazen de rekristalize bloklardan oluşmaktadır. Blokların içerisinde yer aldıkları ofiyolitik matriks ise, tektonik olaylar sonucu aşırı derecede makaslama hareketine maruz kalarak deforme olmuşlardır. Melanjın içerisinde çeşitli boyutlarda ofiyolitik taneleri içeren ve kırıntılı kayalardan yapıları düzeyler de yer almaktadır. Bunların hemen hemen hepsi çok az devamlılık göstermektedir.

Özellikle serpantinler bazı yerlerde tamamen ayrışarak talk, krizotil, klorit, kil gibi ayrışma ürünlerine dönüşmüştür. Belistir ofiyolitik melanjı otoktona ait formasyonlar üzerinde tektonik olarak yer alır. Bu ofiyolitik melanj, inceleme alanının güneyinde, üst sınır boyunca Antalya Birliği'ne ait pelajik fasiyesli tabakalı kayalar ile tektonik olarak üzerlenmektedir. Belistir ofiyolitik melanjı çalışma alanının doğusunda ise, Beden formasyonu tarafında açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Ofiyolitik melanj içerisindeki kireçtaşı bloklarından elde edilen fosilleri şunlardır; *Omphalocyclus macroporus* Lamark, *Orbitoides apiculatus* Schlumberger, *Globotruncana* sp., *Orbitoides* sp., *Siderolites* sp., Globigerinidae. Bu fosillere dayanarak kireçtaşı bloklarının yaşı genelde Geç Kretase'yi vermektedir. Buda Belistir ofiyolitik karışığının oluşma yaşınının Geç Kretase veya daha genç olduğuna işaret eder.

Muhtemelen okyanusun kapanmasıyla ilişkili olarak sıkışma rejiminin devam etmesi ile olasılıkla Geç Kretase'nin sonu ile Paleosen'de bu melanaj topluluğu Karaköy formasyonunu üzerleyerek yerleşimini tamamlamıştır.

Kasımlar Formasyonu

Genelde gri, yeşilimsi gri ve kahve renkli, ince-orta yer yer kalın tabakalı, bol bitki kırıntı kumtaşı, şeyl, çamurtaşı, silttaşı, marn ve çakıltası seviyelerden yapıları Triyas istifi, Kasımlar formasyonunu oluşturur. Birime bu ad, ilk kez Antalya Körfezi batısında yapılan çalışmalarda, Üst Triyas'ın bitkili kumtaşları için Poisson (1977) tarafından verilmiştir. Aynı adlama daha sonra Gündoğmuş yöresinde Şenel ve diğ. (1992) tarafından da kullanılmıştır. Bu çalışmada da litoloji ve yaş konağı açısından benzeşen bu birimler için, aynı adlamanın kullanılması benimsenmiştir.

Birim genel olarak gri, sarı, yeşil-açık yeşil, kahvemsi, kırmızımsı renklerde şeyl, çamurtaşı, kumtaşı, çakıltası ve, gri renkli kireçtaşı seviyelerden meydana gelmektedir. Birim, kumtaşları arasında yer alan ince şeyl ve çamurtaşları içerisinde bulunan bitki kalıntıları sayesinde çok kolay tanınmaktadır. Kumtaşları laminalı yapıda, ince ve orta tabakalı olup çamurtaşları ve şeyller ile aratabakalıdır. Kumtaşlarında tabakalanma düzenli olup içerisindeki kum taneler çok iyi boylanma göstermektedir. kumtaşlarında Normal derecelenme gösteren kumtaşlarında, yoğun miktarda taban yapısı ve yer yer çok bol iz fosile rastlanılmaktadır.

Yapılan petrografik incelemeler sonucunda, kumtaşları içerisindeki tanelerin çoğunun kuvars olduğu saptanmıştır. Kuvars tanelerinin yanı sıra kayaç içerisinde bol miktarda bitki kalıntılarında oluşan organik bileşenler de bulunmaktadır. Bitki kalıntılarının boyutları 2-20 cm arasında değişmektedir. Ayrıca kumtaşlarının ince kesitlerinde ve parlatılmış yüzeylerinde çapraz laminasyon yapıları bariz olarak görülmektedir. Özellikle kumtaşlarında bol miktarda bulunan silisifiye tüpçükler ve çeşitli canlı izleri (iz fosiller) bulunduran seviyeler, birimin yaşının ve çökme şartlarının belirlenmesinde çok önemli bir rol oynar. Bu silisifiye tüpçükler özellikle Toroslar'da sadece Üst Triyas istifleri içerisinde yer alan karakteristik seviyelerdir. Silisifiye tüpçükler, kumtaşlarının tabanlarında yer alan küçük kanalcıklar içerisinde bulunmak-

tadır. Kumtaşları dışında birim içerisinde silttaşı ve özellikle konsantrik halkalar şeklinde ayrışan ve ara ara kalın tabakalanma sunan marnlar bulunmaktadır. Ayrıca formasyon içerisinde kırıntı geliminin duraksadığı dönemlerde çökelmiş kireçtaşı tabakalarında izlenir. Kireçtaşları, kumtaşları ve çamurtaşları içerisinde yer yer aratabaka ve mercerler şeklinde olup, kalın tabakalanma sunmaktadır. Birim içerisinde aratabakalı olarak yer alan karbonatlı seviyeler, çoğunlukla kalkarenit ve kalsirudit şeklindedir. Koyu gri renkli olan bu seviyeler 5 ila 15 cm. kalınlığa sahip olup kumtaşı, çamurtaşı litolojiler ile aratabakalı olarak gelişmiştir ve bu seviyelerin en tanıtman özellikleri çok dayanımlı ve sert olması ve üzerinde mercana benzer fosil izleri bulunmasıdır. Birim içerisindeki fosiller, genellikle bu seviyelerde yoğunlaşmaktadır.

Kasımlar formasyonunun tabanı, faylı olduğu için inceleme alanında görülmemektedir. Çalışma alanının güneybatı kesiminde Akyar Köyü ve çevresinde Geyikdağı Birliği'ne ait Karaköy formasyonunu tektonik olarak örten Kasımlar formasyonu, ayrıca İzkara Mahallesi de Belistir ofiyolitik melanjinini tektonik olarak üzerlemektedir. Kasımlar formasyonunu Gökkaya Tepe ve çevresinde ise, Jura-Kretase yaşlı İnasar formasyonu ile açılı uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2,3a,3b). Kasımlar formasyonunun denizel türbiditikleri üzerinde, İnasar formasyonunun çok sığ algal bir fasiyes ile başlaması, sedimantolojik açıdan iki birimin uyumsuz bir sınır ilişkisine sahip olduğunu gösterir. Kasımlar formasyonu çalışma alanında tektonik tabanlı ve oldukça kıvrımlı bir yapıda olduğu için, inceleme alanında güvenilir bir kalınlık ölçümü yapılamamıştır. Fakat batıda Gündoğmuş civarında birimin kalınlığı 400-500 metre olarak ölçülmüştür (Şenel ve diğ., 1992). Birim içerisindeki kumtaşları, çamurtaşları ve şeyl gibi litolojiler birbirleriyle yanal ve düşey geçişlidir. Bu bahsedilen litolojiler defalarca aralanma sunarak kalın bir istif oluşturmaktadır.

Yörede elde edilen fosillerden silisifiye tüpçükler, *Torlessia mackeyi* Bather olarak adlandırılmış ve yaşı Geç Triyas olarak belirlenmiştir (Dr Mustafa ŞENEL, MTA, kişisel görüş). Ayrıca Şenel ve diğ. (1992) daha batıda Akseki-Manavgat-Eğridir ve Gündoğmuş dolaylarında yaptıkları çalışmalarda, Kasımlar formasyonun yanal eşleniği olan birimlerde şu fosilleri belir-

lemiştir: *Heterostriidium conglobatum* Reus, *Ammodicus* s.p., *Aulotortus* sp., *Ammobaculites* sp., *Costifora* sp., *Duostomina* sp., *Earlandinita* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Paleolitfuonella* sp., *Kaveria* sp., *Reophax* sp., *Macroporella*, sp *Trochammina* sp., *Diplopora* sp. Dasycladaceae, Endothridae,, Ophtalmididae, Solenoporaceae, Nodosaridae. Bu fosil topluluklarına göre birimin yaşı Şenel ve diğ (1992) tarafından Noriyen olarak belirlenmiştir.

Yukarıda bahsedilen fosiller, arazi gözlemleri ve ince kesitlerin sedimanter petrografik determinasyonları, Kasımlar formasyonunun genelde akıntıların etkili olduğu (yoğun türbit akıntılar) çok çalkantılı ve hareketli bir ortamda çökeldiğini ortaya çıkarmaktadır. Formasyonun kapsadığı bitki kalıntıları sebebi ile de ortamın çok fazla derin olmadığı kanısındayız ve ortamın kısmen derinleştiği ve karalardan malzeme geliminin azaldığı zaman aralıklarında ise, formasyon içindeki kireçtaşı mercekleri çökelmiştir. Bu durgun denizler, zaman zaman mercanların da gelişebildiği ve sığ derinliklerin hakim olduğu bir çökeltme ortamı durumundadır.

Kasımlar formasyonu, Akseki güneyindeki Geriş –Güzelsu (Akseki) fliş koridoru içinde Monod (1978) tarafından tanımlanmış Güzelsu birimine karşılık gösterilebilir. Beyşehir-Manavgat arasında Erk (1968) ve Türkünal'ın (1969) Aygırdere, Sevinç ve Yaydere flişleri ile Altuğ'un (1971) Kumluk formasyonu ve Eğridir Gölü güneybatısında Waldron (1982) tarafından tanımlanan kırıntılı Triyas istifleri, Orta-Batı Toros kuşağında Kasımlar formasyonu ile denetirilebilecek birimlerdir.

İnasar formasyonu

Algli kireçtaşı, kırıntılı kireçtaşı, çörtlü kireçtaş, bordo renkli marnlar ve radyolaritlerden oluşan Jura-Kretase istifi, İnasar formasyonunu oluşturmaktadır. Bu birime, daha önce yapılan bir çok çalışmada farklı isimler verilmiştir. Benzer litolojiler, çalışma sahasının güneyinde Alanya yöresinde Özgül (1984) tarafından İnasar formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada İnasar formasyonu, litolojik özellikleri itibarı ile inceleme alanında iki üyeye ayrılarak incelenecektir. Alttaki orta kalın tabakalı, sert morfolojili ve olasılıkla sığ denizel fasiyesli karbonatlar Gökkaya üyesi olarak, üst-

teki marn-çört-radyolarit ve pelajik kireçtaşlarından yapıları üst kesim ise, Kızılbelen üyesi olarak ele alınacaktır.

Gökkaya üyesi

Kasımlar formasyonu üzerinde uyumsuz olarak duran ve yer yer konglomeratik seviyelerle başlayan breşik, algli ve foraminiferalı kireçtaşları, ilk kez bu çalışmada Gökkaya üyesi olarak tanıtılmıştır. Üyenin tip kesiti Gökkaya Tepe'de izlenebilmektedir.

Gökkaya üyesi altta açık gri renkli, kalın tabakalı breşlerden sonra bol alg ve stramatolit yapıları içeren kireçtaşlarıyla başlar. Daha üstte orta-kalın tabakalı oolitik kireçtaşlarına geçer. Bu seviyenin üzerine ise açık gri renkli kalın tabakalı kireçtaşları gelir. Kalınlığı çok fazla olmayan bu kireçtaşları ekseri ince taneli olup yer yer de kırıntılı kireçtaşı tabakaları şeklindedir. Yaklaşık olarak 15-20 metre kalınlığa sahip olan bu birim, İnasar formasyonu içinde dik morfoloji oluşturması ile çok belirgin bir şekilde gözlenebilmektedir. Gökkaya üyesinden alınan kireçtaşı numunelerinin petrografik incelemeleri sırasında örneklerin yüksek oranlarda pellet, oolit ve algal yapılar içerdiği göze çarpar. Ayrıca foraminifer parçaları ile ekinid dikenleri de yer yer bu karbonatlı fasiyeslere iştirak etmişlerdir. Gökkaya üyesi altta Kasımlar formasyonunun üzerine açılı uyumsuz olarak gelmektedir. Gökkaya üyesi, üzerine gelen ve genel olarak marn-çörtlü kireçtaşı-radyolarit yapılaşlı Kızılbelen üyesi ile yanall geçişli ve uyumludur.

Palaeontolojik olarak Gökkaya üyesini oluşturan litolojilerde şu fosiller belirlenmiştir: *Protopenneroplis striata*, *Tubiphytes morroneusis* Crescenti, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri), *Mesoendothyra* sp., *Nodophthalmidim* sp., *Orbitolina* sp., *Mansonella* sp., Nodosaridae, Valvulinidae, ve Echinoidea spinleri. Tespit edilen bu fosillere göre birimin yaşı Jurasik olarak belirlenmiştir.

Kızılbelen üyesi

Gökkaya üyesi üzerinde ve onunla tedrici geçişli, kırmızı-bordo renkli, marn, kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve çörtlerden oluşan pelajik istif, İnasar formasyonunun üst üyesi olarak kabul edilmiş ve ilk kez bu çalışmada ayrırtlanarak isimlendirilmiştir.

Gökkaya üyesinin üzerinde, şarabi ve yer yer gül kuru renkli yumru kireçtaşı ve marnlarla başlayan Kızılbelen üyesine, üstte doğru mikritik kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı ve çört aratabakaları eşlik eder. Bu istif daha üst seviyelerde ince orta tabakalı, bazı seviyelerde bol ammonit izleri ve çeşitli fosil kalıpları içeren, gri renkli, ince taneli kireçtaşı tabakaları ile litolojik gelişimini sürdürür. Bu düzeylerin üzerinde de alacalı renkli killi-marnlı seviyeler izlenir. Alacalı marnların üzerine ise, kırmızımsı ve krem renkli, çörtlü kireçtaşı ile silisifiye marnlar gelir. Kızıltepe üyesi, oldukça sıkışık kıvrımlanma geometrisi sunan ve tamamen pelajik karakterde bir istif olmakla birlikte zaman zaman bentik foraminiferaların da gözlemlendiği kalsitürbidit seviyeleri olağandır. Daha sonra istif çok kırılmalı, kırmızı-bordo renkli, çörtlü kireçtaşlarına ve aşırı derecede silisifiye tabakalar ile radyolaritlere geçmektedir. Çörtlerle aratabakalı olan bu seviye (çörtlerin kalınlıkları 5-12 cm arasında değişmektedir), genellikle *Radyolaria*'lı mikritlerden meydana gelmektedir.

Kızılbelen üyesi, alttaki Gökkaya üyesinin üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Ancak, Belistir Köyünün güneyinde Kızılbelen üyesi, Belistir melanjinin üzerine tektonik dokanakla oturmaktadır (Şekil 3a). Çalışma alanının güneyinde ise, Kızılbelen üyesi hem Kasımlar formasyonu tarafından hem de Alanya Birliği formasyonları tarafından tektonik olarak üzerlenmektedir. Ayrıca, genelde kireçtaşı ve radyolaritlerle temsil edilen İnasar formasyonu içinde, yanal ve düşey yönde oldukça sık litoloji ve fasiyes değişimleri vardır.

Birimin kalınlığı Kızılbelen Sırtı boyunca 92 metre olarak ölçülmüştür. Fakat birimin üst sınırı faylı olduğu için ve üyeyi oluşturan tabakalar, oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip olduğundan bu kalınlık değişebilir.

Birimden alınan kaya numunelerinden yapılan paleontolojik ince kesitlerden tespit edilen fosiller aşağıdadır: *Protopeneroplis trochoangulada*, *Glomospira* sp., *Globotruncana* sp., *Hedbergella* sp., *Helvetoglobotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Trocholina* sp., *Tubiphytes* sp., *Radiolaria*, ekinid dikenleri, *Miliolidae*, *Ostracoda*, *Nodosaridae* ve pelajik lamellibrans kavkı parçaları. Yukarıdaki fosil topluluğuna göre, üyeye Kretase yaşı ön görülmüştür.

İnasar formasyonunun alt seviyelerinde uyumsuzluk sahtesi üzerinde karbonat breşlerinin bulunması, kireçtaşı tabakalarında bol alg ve mercan parçaları ile bentik foraminiferaların varlığı ve oolitlerin görülmesi, formasyonun alt bölümünü oluşturan Gökkaya üyesinin, çok sık ve oldukça hareketli bir ortamda çökelmeye başladığını gösterir. Formasyonun Kızılbelen üyesine ait kireçtaşı tabakalarının üst seviyelerinde Globotruncana'lı biyomikritlerin yer alması ise ortamın giderek derinleştiğinin ve pelajik faunalı çörtlü kireçtaşlarının çökmesine olanak sağlandığının bir göstergesidir.

Şenel ve diğ. (1992) tarafından yapılan çalışmada Gündoğmuş bölgesinde tanımlanmış Gören ve Kayabükü formasyonları, İnasar formasyonu ile korele edilebilir.

Alanya Birliği

Çalışma alanının güneyinde Antalya Birliği kapsamındaki tektono-stratigrafik dilimleri tektonik olarak örten ve metamorfik dilimlerden oluşan bu birlik, çok detaylı olarak ele alınmamış ve sadece tektonik hatlar dikkate alınarak birim ayırtılmasına gidilmiştir. Alanya Birliği kayaları genelde üç ana tektonik dilimden meydana gelmektedir (Özgül, 1976; Özgül, 1984; Kansun, 1993). Bu birlik içinde tektono-stratigrafik olarak en altta Mahmutlar napı veya alt nap yer alır. Mahmutlar napı (Özgül, 1984) dolomitik kireçtaşı, mermer, kuvarsit, grafit şist, talk şist, muskovit şist, kalkşist (baritli zon), meta kumtaşı gibi birbirleri ile yanal ve düşey geçişli olan, karbonat merceklerinin de bulunduğu meta-kırıntılardan oluşur. Alanya Birliği'nin orta bölümünde yer alan ve karakteristik olarak granatlı mika şistlerden oluşan Sugözü napı veya orta nap, çalışma alanında mostra vermemiştir. Genel olarak dolomitik kireçtaşı, rekristalize kireçtaşlarından ve bunlarla ara katkılı pelitik şistlerden oluşan Cebelreis napı ise, Alanya Birliği'nin üst napını oluşturmaktadır. Alanya Birliği kayaları, inceleme alanında üst tektonik dilimler halinde yüzeylenmektedir.

Mahmutlar formasyonu

İnceleme alanının en güneyinde Payamlı Tepe dolayında yüzeyleyen ve dolomitik kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı, mermer, kuvarsit, grafit şist, kalkşist, muskovit şist, klorit şist, metakumtaşı gibi litolojilerden oluşan metamorfik allokonun tabanına ait Paleozoyik yaşlı me-

tamorfik istif, Mahmutlar formasyonunu oluşturur. Birim adı, Alanya bölgesinde çalışan araştırmacılardan Okay ve Özgül (1982) tarafından kullanılmış olup bu çalışmada da aynen benimsenmiştir. Tektonik olarak sedimanter kayaların üzerinde yer alan bu metamorfikler, tabanda gri renkli orta-kalın tabakalı mermerler ile başlamaktadır. Üste doğru karbonatlı seviyelerle yanal ve düşey geçişli, yeşil renkli klorit şist, muskovit şist ile beyaz renkli kuvarsit ve kalkşistler yer almaktadır. Bu kaya türleri içerisinde yer alan ince taneli kayalarda yapraklanma düzlemleri çok iyi gelişmiş olup hem klivaj (S₁), hem de buruşma klivajları (S₂) mostralar üzerinde izlenmektedir. Bu litolojilerin içerisinde, Payamlı Tepe'nin hemen üst kesiminde grafit şistler yer almaktadır. Çok iyi yapraklanma düzlemlerine sahip olan grafit şistlerin hemen üst kesiminde, sarımsı renkli baritli seviyeler içeren kalkşistler izlenir. Kalkşistler kıvrımlı yapısı, rengi, yoğun ve dayanımlı barit bantları sayesinde istif içerisinde izlenebilmektedir. Mahmutlar formasyonu çalışma sahasında, kalkşistlerin hemen üzerinde yer alan, yeşil renkli şisti kayalarla son bulmaktadır.

Çok farklı kırıntılı ve karbonatlı başkalaşmış kaya kütlelerinden oluşan Mahmutlar birimi, altta Antalya Birliği'ne ait kayaları tektonik dokanakla örtmektedir. Üstte ise yine Alanya Birliğine ait Cebelireis formasyonu veya üst nap tarafından tektonik olarak örtülmektedir.

Birimin görünür kalınlığı çalışma alanının güneyinde yapılan çalışmalarda yaklaşık 1000 metre olarak belirlenmiştir (Kansun, 1993).

Mahmutlar formasyonunun fosil kapsamı ile ilgili veriler yok denecek kadar azdır. Özellikle karbonatlı seviyelerde belirlenen *Mizza* sp. (Blumenthal, 1949, 1951; Özgül, 1984) ile birimin yaşı Geç Permiyen olarak düşünülmüştür.

Mahmutlar formasyonunun litolojik özelliklerine bakıldığında, ilksel olarak kırıntılı ve karbonatlı sedimentlerin birlikte çökebileceği karışık kıyı (Selley, 1976) ortamlarına özgü bir tortulaşma havzasında çökeldiğini söyleyebiliriz. Karbonatlar içerisinde yer alan *Mizza* sp. ise birimin çok sığ ve muhtemelen lagüner bir ortamda çökeldiğinin göstergesi olabilmektedir.

Mahmutlar formasyonu içinde yer alan kayalar, daha sonra metamorfizma olayları ile başkalaşıma uğrayarak bu günkü dokusal ve

yapısal özelliklerini kazanmıştır. Özellikle şisti kayalar içerisinde klivaj ve buruşma klivajlarının varlığı, kayaların yoğun deformasyon geçirdiğini gösterir.

Cebelireis formasyonu

Mahmutlar formasyonu üzerinde tektonik dokanakla duran, sarımsı gri renkli, kristalize kireçtaşı, mermer, ile dolomitik kireçtaşı ve dolomitler, Cebelireis formasyonu olarak tanımlanmıştır. Formasyon adı ilk kez Okay ve Özgül (1982) tarafından Alanya'nın kuzeyinde yer alan Cebelireis Dağı'na izafeten verilmiştir. Bu çalışmada da daha önce yapılmış araştırmalarda (Özgül 1984; Kansun, 1993) kullanılan adlama benimsenmiştir. Cebelireis formasyonu inceleme sahasının sadece güneyinde Gölcük Tepe ve Köprülü güneyindeki Kuyumcutaşı Tepe ve çevresinde mostra vermektedir.

Cebelireis formasyonu sarımsı gri ve yer yer kül renkli, orta-kalın tabakalı, ileri derecede kristalize olmuş ve mermerleşmiş dolomit-dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim içinde yer yer ince seviyeler halinde şisti dokulu killi kireçtaşları ve kalın tabakalar arasında ince marnlı seviyeler yer almaktadır. Aşırı derecede kırıklı bir yapıya sahip olan kaya içerisindeki boşluklar, kalsitle doldurulmuştur.

Cebelireis formasyonu, alt sınırı boyunca Mahmutlar formasyonunu, Köprülü güneyinde ise Antalya Birliği'ne ait Kasımlar formasyonunu tektonik bir dokanakla örtmektedir. Formasyonun üst sınır ilişkisi çalışma alanında gözlenmemektedir. Fakat çalışma alanının güneyinde bu birimin üzerine açılı uyumsuzlukla Triyas yaşlı Asmaca formasyonunun geldiği bilinmektedir (Özgül, 1984).

Birimin görünür kalınlığı, çalışma sahasında 200 m kadar iken (Şekil 4), çalışma alanının güneyinde yapılan çalışmalarda görünür kalınlık yaklaşık 1350 metre olarak belirlenmiştir (Kansun, 1993).

Cebelireis formasyonunda zengin bir fosil içeriği yoktur. Deformasyon ve metamorfizmanın da etkisi ile çok belirgin olmayan formlar içerisinden sadece *Mizzia* sp. ve *Fusulinidea* belirlenebilmiştir ve formasyonun çökeltme yaşı Geç Permiyen olarak ön görülmüştür (Blumenthal, 1949, 1951; Özgül, 1984).

Formasyonun litolojik özelliklerine ve kapsadığı sınırlı fosil içeriğine bakıldığında, bi-

rimin olasılıkla lagünlü sığ bir karbonat şelfinde çökelmiş olabileceği düşünülmektedir. Cebelireis formasyonunun devamlı kalın karbonat düzeyleri arasında yer alan killi- siltli ve kumlu ara düzeyler, karalardan kırıntı geliminin zaman zaman egemen olduğu sığ deniz ortamının gelgit arası zonlarını karakterize etmektedir.

Aladağ Birliği

Aladağ Birliği bölge genelinde Geç Devoniyen'den Orta Triyas sonlarına kadar devamlı olarak çökelen ve çoğunlukla sublitoral-litoral nitelikli kırıntılı ve karbonatlı kayalar ile Jurasik-Kretase yaşlı karasal-sublitoral-litoral kırıntılı ve karbonatlardan oluşmuştur (Özgül, 1976; Turan, 1990). Aladağ Birliği içerisinde Hadim-Gündoğmuş arasında; Geç Devoniyen yaşlı Asarlıkayası, Karbonifer yaşlı Yarıcak, Erken Permian yaşlı Arpalık, Geç Permian yaşlı Kuşakdağı, Erken Triyas yaşlı Gökçepınar, Erken-Orta Triyas yaşlı Göztaş, Orta-Geç Triyas yaşlı Beyreli, Jurasik yaşlı Çamiçi ve Dedebeleli, ile Jurasik-Erken Kretase yaşlı Cihandere kireçtaşı yer alır (Turan, 1990). Çalışma alanında ise bu formasyonlardan sadece Geç Permian yaşlı Kuşakdağı formasyonu yüzelemektedir (şekil 2).

Kuşakdağı formasyonu

İnceleme alanında Beden formasyonunun üzerinde tektonik olarak duran koyu gri-siyah renkli, bol kalsit damarlı kireçtaşlarından oluşan Üst Permian istifi, Kuşakdağı formasyonunu oluşturur. Bu birimin adı Hadim-Gündoğmuş ilçelerinin coğrafi sınırını oluşturan ve yörenin önemli yükseltilerinden olan Kuşak Dağı'na (2500m) istinaden, Turan (1990) tarafından kullanılmış olup bu çalışmada da aynı ad benimsenmiştir. Kuşakdağı formasyonu çalışma alanının kuzeyinde Akdağ'ın doğu etekleri ile, doğuda Süvariler Yaylası ve Kadıyakası Yaylası'nın doğusunda izlenmektedir (Şekil 2). Birim genelde gri, koyu gri renkli yer yer siyahımsı renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları orta-kalın tabakalanmalı olup, bol miktarda fosil içermektedir. Birim bol çatlaklı olup, çatlaklar kalsit ile dolgulanmıştır. Genelde bol algli, miliolidli ve gastropodlu kireçtaşlarından oluşan birim içinde kristalize kireçtaşları ile yer yer dolomitik kireçtaşlarına da rastlamak mümkündür. Kuşakdağı formasyonunun içinde kuvarsit

ve organik maddece zengin koyu gri-siyah şeyl arakatlıları da vardır.

İnceleme alanında Kuşakdağı formasyonu, alt sınırı boyunca tektonik bir dokanağa sahip olup, Orta Eosen yaşlı Beden formasyonunun üzerinde yer alır. Birim, çalışma alanında sınırlı olarak küçük bir alanda gözleendiği için üst sınır ilişkisi bu kesimde görülmemektedir. Fakat daha kuzeyde Erken Triyas yaşlı Gökçepınar kireçtaşı Kuşakdağı formasyonunu uyumlu olarak örtmektedir (Turan, 1990).

Bol miktarda fosil içeren birim içerisinde Turan (1990) şu mikrofosilleri belirlemiştir: *Paraglobivalvulina* sp., *Globivalvulina* sp., *Permocalculus* sp., *Hemigordius* sp., *Pachyhalia* sp., *Dagmarita* sp., *Geinitzina* sp., *Kamurana* sp., *Mizza* sp., *Gymnocodium* sp., *Pseudovermiporella* sp. Bu fosillere ilaveten birim içerisinde Miliolidae ve krinoid diskleri ile bol miktarda bellerofon gastropotlar gözlenmektedir. Yukarıdaki fosil içeriğine dayanarak formasyonun Geç Permian'de çökelmiş olduğu anlaşılmıştır (Turan, 1990).

Kuşakdağı formasyonunun stratigrafik gelişimi ve birimin kapsadığı fosiller, özellikle alglerin bolluğu ve çeşitli gastropotların varlığı, çökeltme alanının resif ardı-lagüner bir ortam olduğunu kanıtlamaktadır. Kireçtaşlarında bitümden kaynaklanan organik malzemenin de yer yer gözlenmesi, çökeltme alanında sığ ve sıcak bir deniz ortamının egemen olduğunu göstermektedir (Turan, 1990). Sedimanter petrografik analizler neticesinde, çökelt ortamında mikritik mikrofasiyelerin baskın olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında bazı örneklerde sparit çimentonun da bulunması ve formasyon içerisinde az da olsa havza içi kırıntılarının yer alması, çökeltme ortamının tamamen sakin bir ortam olmadığını ve zaman zaman oldukça yüksek enerjili olduğunu göstermektedir. Ayrıca Geç Permian'deki çökeltme şartları, bentik canlılarının bolca yaşadığı ve biyotürbasyonun da fazlaca olduğu bir ortam özelliği göstermektedir.

Hadim bölgesinde çok geniş ve kalın yayımlı olan Kuşakdağı formasyonu, Ermenek dolaylarında Dumlugöze (Demirtaşlı, 1978) ve Silifke civarında Ağıldere (Gökten, 1976; Turan, 1997) birimlerinin orta üst kesimleriyle korele edilebilir.

SONUÇLAR

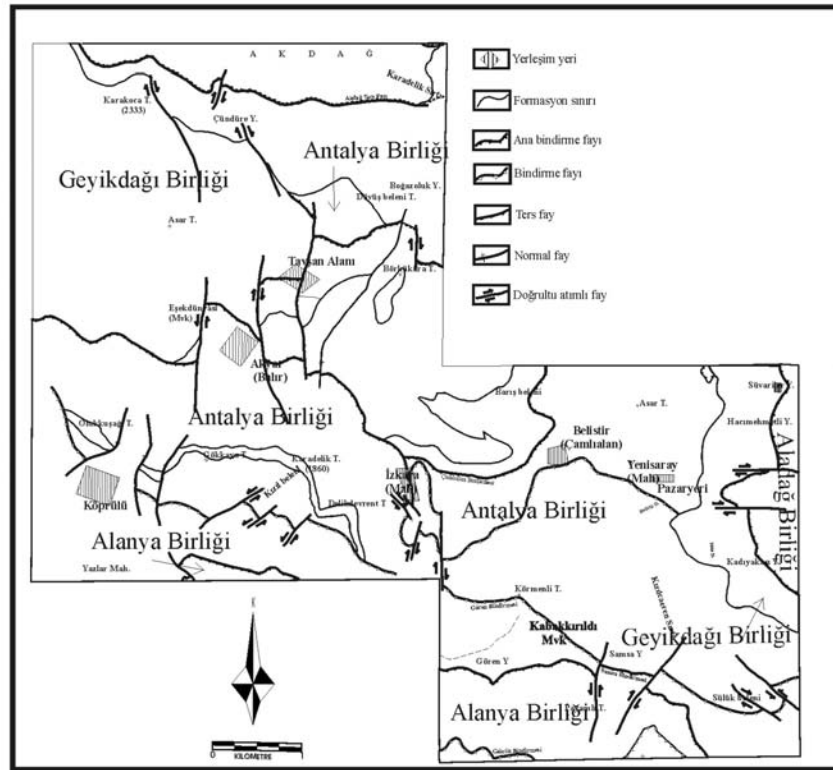
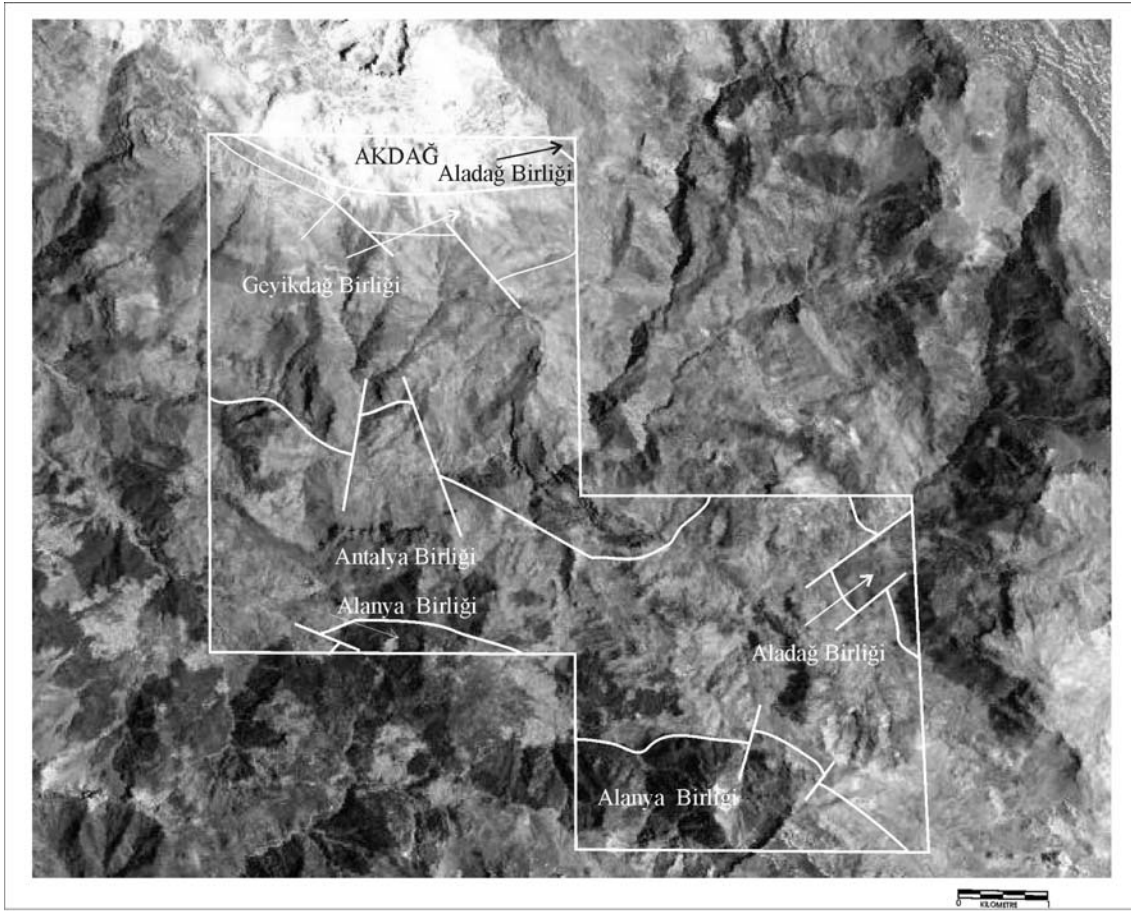
Çalışma alanı hem kuzeyden hem de güneyden gelen napların ortasında yer aldığı için oldukça karmaşık ve renkli yapısal konum arz eder. Yapılan bu çalışma ile bölgedeki otokton ve allokton konumlu birlikler ayırt edilerek, bölgenin tektono-stratigrafisi aydınlatılmıştır. Bölgenin stratigrafisi kurulurken otokton birlik içerisinde üç formasyon ve iki üye ayırt edilerek tanımları yapılmıştır. Allokton birimler kendi arasında Antalya, Alanya ve Aladağ birlikleri olmak üzere üç ayrı tektonik paket olarak ele alınmıştır. Bölgede otokton birimlerin üzerine Geç Kretase'de ilk olarak Antalya Birliği'ne ait Belistir ofiyolitik melanjı ve onu takiben Kasımlar formasyonu ve İnasar formasyonundan oluşan ikinci ve üçüncü tektonik dilimler yerleşmiştir. Bölgedeki tektonik aktivite, Geç Kretase-Erken Paleosen zaman aralığında devam etmiş ve Antalya Birliği'nin üzerine Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardan oluşan Alanya Birliği iki paket halinde yerleşmiştir. Bölgede tektonik hareketlerin son bulmasıyla Lütesiyen başlarında bölge tekrar deniz basmasına uğramış ve bol nummütlü Beden formasyonu bu zaman diliminde çöklemiştir. Geç Eosen'de ikinci naplaşma evresinin başlaması ile tüm bu birimlerin üzerine kuzeyden gelen Aladağ Birliği bindirmiştir (3. tektonik paket).Yöre, tektonizma bakımından oldukça hareketli dönemlere sahne olmuştur. Özellikle Geç Kretase ve Geç Eosen'de büyük naplaşma hareketleri gerçekleşmiştir. Haritalama esnasında bu büyük tektonik hatlar belirlenerek uydu fotoğrafından elde edilen çizgisellikler ile uyum gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 5).

KATKI BELİRTME

Yazarlar fosil tayinlerinde yardımlarını gördükleri uzman paleontologlar; Dr. Şükrü ACAR'a (MTA), Kemal ERDOĞAN'a (MTA) Hüseyin YAKAR'a (TPAO), Nihal AKÇA'ya (TPAO), bazı jeolojik problemlerin çözümünde deneyimlerinden yararlanan Dr. Mustafa ŞENEL'e (MTA), çalışma alanının uydu fotoğrafını sağlayan MTA Uzaktan Algılama Dairesi Başkanlığına ve ayrıca projeye maddi destek sağlayan Selçuk Üniversitesi. Araştırma Fonu Başkanlığına ayrı ayrı teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Altuğ, S., 1971, Manavgat-Oymapınar Rezervuarındaki Mesozoyik birimlerin stratigrafisi: EİE Rap. 71-39, Ankara (yayımlanmamış)
- Blumenthal, M., 1947, Seydişehir Beyşehir hinterlandındaki Toros dağlarının jeolojisi: Maden Tetkiki ve Arama Ens. Derg., D/2, 242 s.
- Blumenthal, M., 1951, Batı Toroslar'da Alanya ard ülkesinde jeolojik araştırmalar: Maden Tetkiki ve Arama Ens.. Derg.,D/5, 194 s.
- Blumenthal, M., Göksu, E., 1949, Batı Torosların örtü lamboları: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 2/ 1, 30- 40.
- Demirtaşlı, E., 1977, Akseki-Manavgat-Köprülü bölgesinin temel jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur. 31. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri, s.34.
- Demirtaşlı, E., 1978 , Toros kuşağının batı ve orta kısımlarının jeolojik evriminde yeni veriler: Türkiye Jeol. Kur. 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Bildiri Özetleri, s.14.
- Demirtaşlı, E., Turhan ve N., Bilgin, A.Z., 1987, Batı Toroslar'da Akseki, Manavgat ve Köprülü arasında kalan bölgenin jeoloji incelemesi: MTA Rapor No: 8779 Ankara (yayımlanmamış).
- Erk, A.S., 1968, Manavgat-Oymapınar baraj ve rezervuar yerlerinin stratigrafi etüdü: EİE yayın no.69-62, 66 s., Ankara.
- Gökten, E., 1976, Silifke yöresinin temel kaya birimleri ve Miyosen stratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 19/2, 133-142.
- Kansun, G., 1993, Alanya-Demirtaşlı (Antalya) arasının jeolojisi ve mineralojik ve petrografik incelenmesi: Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enst.Yüksek Lisans tezi, 135 s., (yayımlanmamış).
- Karadağ, M. M., 1987, Seydişehir bölgesi boksitlerinin jeolojik, petrografik ve genetik incelenmesi: S.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora tezi, 265 s., (yayımlanmamış).
- Koçyiğit, A., 1983, Hoyran Gölü (Isparta dolayının levha içi yeni tektonik gelişimi: Türkiye Jeol. Kur. Bült . 27/1, 1-13 .
- Monod, O., 1978, Güzelsu-Akseki bölgesindeki Antalya napları üzerine açıklama (Orta-Batı Toroslar, Türkiye): Türkiye Jeol. Kur. Bült . 19/1, 65-78.



Şekil 5. Çalışma alanının uydu fotoğrafı ile yapısal haritasının karşılaştırılması
Figure 5. The correlation of satellite image and structural map of the study area.

- Okay, A.I. ve Özgül, N., 1982, Blueschists and eklogites from the Alanya Masif, Turkey, (Abstract) The geological evolution of the Eastern Mediterranean, Edinburg 1982, 82 s.
- Özçelik, O., 1984, Toroslar'da Bozkır yöresinin jeolojisi, tektonik evrimi ve petrol olanakları: S.Ü. Müh-Mim Fak., doktora tezi, 221 s.(yayımlanmamış).
- Özgül, N., 1976, Toroslar'ın bazı temel Jeoloji özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült , 19/1, 65-78.
- Özgül, N., 1983, Geology of the Taurus (between Hadim and Alanya): Int. Symp. on the Geol. of the Taurus, 78-91 p.
- Özgül, N., 1984, Alanya tektonik penceresi ve batı kesiminin jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült. Ketin Sempozyumu , 97-120 .
- Peyronnet, Ph de., 1971, Alanya bölgesinin (güney Toroslar) jeolojisi ve metamorfik boksitin kökeni: Maden Tetkiki ve Arama Ens. Derg., 76, 98-123.
- Selley, R.C., 1976, An introduction to sedimentology. Academic Press, London, 408p.
- Şenel , M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, A.S., Metin, S., Esentürk, K., Bilgin, A.Z., Uguz, F., Korucu, M., ve Özgül, Z., 1992, Eğridir-Gebiz ve Geriş-Köprülü (Isparta - Antalya) arasında kalan alanların jeolojisi: TPAO Rap. No: 3132, 559 s., Ankara (yayımlanmamış).
- Şenel , M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Bölükbaşı, A.S., Metin, S., Esentürk, K., ve Özgül, Z., 1999, Orta Toroslar'da Güzelsu Koridoru ve kuzeyinin Jeolojisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült , 2/ 1, 30- 40.
- Toker, V., Sonel, N., Ayyıldız, T. Ve Albayrak, M.,1993, Akseki kuzeyi Üzümdere (Antalya) civarının stratigrafisi: Türkiye Jeol. Bült , 36/2 , 57-73.
- Turan, A., 1990, Toroslar'da Hadim (Konya) ve güneybatının jeolojisi, stratigrafik ve tektonik gelişimi: Selçuk Üniv., Fen Bil. Ens., doktora tezi, 228 s. (yayımlanmamış).
- Turan, A., 1997a Göksu Vadisi boyunca yüzeyleyen Miyosen öncesi tektono-stratigrafik birliklerin stratigrafisi: Silifke batısı (İçel): Geosound Yerbilimleri Derg., sayı. 30, cilt.2, 855-974.
- Türkunal, S., 1969, Toros Dağlarının kuzeyde Beyşehir ile güneyde Oymapınar (Homa) köyü enlemleri, doğuda Güzelsu bucağı, batıda Kırkkavak köyü boylamları arasında kalan kesimin jeolojisi. EİE Rap., Ankara (yayımlanmamış).
- Waldron, J.W.F., 1982, Antalya Karmaşığı kuzeydoğu uzanımının Isparta bölgesindeki stratigrafi ve sedimanter evrimi: Maden Tetkiki ve Arama Ens.. Derg., 97/98, 1-20.

TRAVERTENLERDE GÖZLENEN MORFOLOJİK YAPILAR VE TABİAT VARLIĞI OLARAK ÖNEMLERİ

THE MORPHOLOGIC STRUCTURES IN TRAVERTINES AND THEIR VALUE AS NATURAL EXISTENCE

M. Emrah AYAZ MTA Orta Anadolu 1. Bölge Müdürlüğü, SİVAS

ÖZ: Travertenler, sızıntı ya da kaynak suları tarafından çökeltilen karbonatlar olup, endüstriyel açıdan ve tabiat varlığı olarak büyük önem taşımaktadırlar. Endüstriyel olarak; çoğunlukla yüzey kaplama taşı, yapıtaşı, hediyeleş-süs eşyası olarak ya da çimento ve kireç üretiminde kullanılabilen travertenler, tabiat varlığı olarak ise bazı tipik morfolojik yapıları nedeniyle turizm sektöründe değerlendirilebilmektedirler. Bu nedenle travertenlerin, öncelikle morfolojik özelliklerinin incelenerek en uygun kullanım alanının belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü, anıtsal değer taşıyan morfolojik yapılar, turizm açısından büyük önem taşımaktadır. Traverten yataklarında gözlenen morfolojik yapılar, önceki sınıflamalar dikkate alınarak ve geliştirilerek; (1) teras (set) tipi travertenler, (2) sırt (semer) tipi travertenler, (3) dom (koni) tipi travertenler, (4) tabaka tipi travertenler, (5) damar tipi travertenler, (6) fay önü travertenleri, (7) kanal tipi travertenler ve (8) mağara travertenleri (damlatışlar) şeklinde sekiz temel sınıfa ayrılarak incelenmiş ve oluşum biçimleri blok diyagramlarla açıklanmıştır. Bu morfolojik yapılardan anıtsal değer taşıyanları, turizm açısından korunması gerekli olan tabiat varlıklarıdır.

Anahtar kelimeler: Traverten, morfolojik yapılar, tabiat varlığı.

ABSTRACT : Travertines are the carbonates, precipitated by springs or percolating waters and are very important from the point of industrial usage and as natural existence. Industrially; travertines generally used as facing stone, building stone, ornamental objects or cement and lime production material. As natural existence; travertine deposits can be used in tourism because of their typical morphological structures. Their morphologic characteristics must be examined to determine the possibility of the monumental usage, because some morphological structures have the monumental value may be considerably important in tourism. The morphologic structures of travertine deposits are classified in eight classes as; (1) terraced-mound travertines, (2) fissure-ridge travertines, (3) dome type (convex; cone) travertines, (4) layered type travertines, (5) vein type travertines, (6) range-front travertines, (7) self-built channel travertines and (8) cave type travertines (dropping stones) and their occurrences are explained via block diagrams. The morphological structures which have the monumental value as natural existence must be protected.

Key words: Travertine, morphologic structures, natural existence.

GİRİŞ

Travertenler; kalsiyum (Ca^{++}) ve karbonat (CO_3^{--}) ya da kalsiyum bikarbonat ($Ca(HCO_3)_2$) içerikli sızıntı veya kaynak suları tarafından, kırık/çatlak, mağara ya da yer yüzeyinde, CO_2 basıncının azalmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde çökeltilerek oluşmuş, genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapıları kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşimli çökellerdir. Oluşum sürecinde,

biyokimyasal faktörler de önemli olabilmektedir.

Travertenler, daha önce bir çok araştırmacı tarafından çeşitli yönleriyle ele alınarak incelenmişlerdir. Bargar (1978), Meredith, (1980), Herlinger (1981), Chafetz ve Meredith (1983), Julia (1983), Folk ve Chafetz (1983), İnan (1985), Wyatt (1986), Love ve Chafetz (1988), Heimann ve Sass (1989), Pentecost (1990, 1993), Guo ve

Riding (1992, 1994, 1998), Altunel ve Hancock (1993b), Ayaz (1997a), Ayaz (1998), Bayarı ve Kurttaş (1997), Ayaz ve Gökçe (1998), Chafetz vd. (1998) ve Tekin vd. (1999, 2000) gibi araştırmacılar jeolojik-petrografik-kimyasal özelliklerini; Bayarı ve Denizman (1993) gibi araştırmacılar hidrojeolojik özelliklerini; Buccino vd. (1978), Chafetz ve Folk (1984), Nazik (1989), Atiker (1991), Altunel ve Hancock (1993a) ve Ayaz (2001) gibi araştırmacılar jeomorfolojik-sedimentolojik özelliklerini; Ayaz (1996, 1997b, 1998, 2002, 2003), Ayaz ve Karacan (2000), Ayaz ve Atalay (2001) ve Ayaz vd. (2002) gibi araştırmacılar ise endüstriyel özelliklerini incelemişlerdir. Ancak travertenlerde gözlenen morfolojik yapıların, turizme yönelik olarak yeterince incelendiği söylenemez. Bununla birlikte, Chafetz ve Folk (1984), Nazik (1989), Altunel ve Hancock (1993a), Tekin (2000) ve Ayaz (2001) gibi araştırmacılar tarafından yapılan morfolojik sınıflamalar dikkate değerdir. Bu çalışmada ise önceki sınıflamalar turizm amaçlı olarak geliştirilmiş ve travertenlerin tabiat varlığı olarak önemleri vurgulanmıştır.

Travertenler, günümüzde endüstride önemi gittikçe artan bir hammadde durumundadır. Endüstriyel alanda; yüzey kaplama taşı (mermer), yapıtaşı ve hediyelik-süs eşyası olarak kullanılabilirlikleri gibi, kireç ve çimento üretiminde de değerlendirilebilmektedirler. Ayrıca, ayrışıp toprağımsı yapı kazananları, suyu emip çamurlaşmayı önlemesi nedeniyle toprak yollarda sergi malzemesi olarak kullanılabilirler (Ayaz, 1998). Tabiat varlığı olarak ise; bazı traverten yataklarının tipik ve estetik morfolojik yapıları nedeniyle turizm sektöründe değerlendirilmeleri olanaklıdır. Bu nedenlerle travertenlerin en uygun kullanım yerinin belirlenebilmesi için bazı inceleme yöntemleriyle ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekir. Bunlar; saha incelemeleri, petrografik incelemeler, kimyasal incelemeler ve jeoteknik incelemeler şeklinde sıralanabilir (Ayaz, 2002). Saha incelemeleri sırasında belirlenen anıtsal nitelikli morfolojik yapılar, tabiat varlığı olarak büyük önem taşımaktadırlar.

Travertenlerde gözlenen morfolojik yapılar; yatak boyutunda, el örneğinde ve dokusal olarak (mikroskopik boyutta) çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedirler. El örneği boyutunda; oolitik-pizolitik, böbreğimsi ve bitki yapılı (Chafetz ve Meredith, 1983; Tekin vd.; 2000; Ayaz, 2002), dokusal olarak

(pizoyid tanelerini oluşturan kalsit kristallerinde); yumrular, çubuklar/filamentler, loblu kürecikler ve üzüm salkımı demetleri (Tekin vd., 1999) gibi özel morfolojik yapılar tanımlanmıştır. Yatak boyutundaki morfolojik yapılar ise ilk defa 1984 yılında Chafetz ve Folk tarafından sınıflandırılmıştır. Chafetz ve Folk (1984), Roma'nın doğusundaki Tivoli yakınında bulunan travertenler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, travertenleri morfolojik görünümleri bakımından; teras (set) tipi travertenler, sırt tipi travertenler, fay önü travertenleri, tabaka tipi travertenler ve kanal tipi travertenler şeklinde beş temel sınıfa ayırmışlardır. Bu sınıflama Altunel ve Hancock (1993a) tarafından aynen, Ayaz (1998), Ayaz ve Gökçe (1998) ve Tekin vd. (2000) tarafından ise kısmen kullanılmıştır.

Sunulan çalışmada ise traverten yatakları; (1) teras (set) tipi travertenler, (2) sırt (semer) tipi travertenler, (3) dom (koni) tipi travertenler, (4) tabaka tipi travertenler, (5) damar tipi travertenler, (6) fay önü tipi travertenler, (7) kanal tipi travertenler ve (8) mağara travertenleri (damlataşlar) şeklinde sekiz temel sınıfa ayrılarak, daha ayrıntılı olarak incelenmiş ve oluşum biçimleri blok diyagramlarla açıklanmaya çalışılmıştır. Yapılan bu sınıflama; travertenlerin endüstri ve turizm sektörlerinde, doğru kullanım alanlarının belirlenebilmesini ve koruma altına alınması gereken ender ve estetik yapıları travertenlerin önemini açıklamayı amaçlamaktadır.

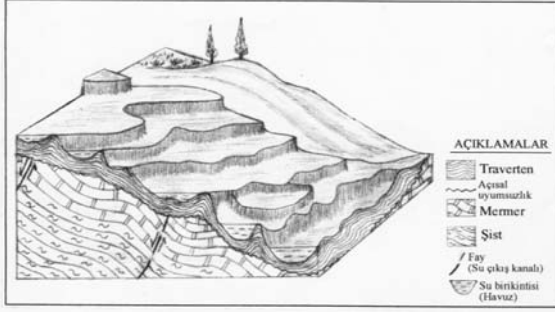
TRAVERTENLERDE GÖZLENEN MORFOLOJİK YAPILAR

Teras (Set) Tipi Travertenler

Genellikle az eğimli yüzeylerde çıkan kalsiyum bikarbonatlı ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) suların, eğim aşağı akarken teras veya setler şeklinde çökelttiği karbonatlara "teras (set) tipi travertenler" denilir (Şekil 1, Şekil 2). Bu tip oluşumlarda estetik görünümler veren havuz, küvet veya fincan şekilleri ile bunların kenar kısımları boyunca çeşitli saçak yapılarına sık olarak rastlanır (Şekil 3). Ayrıca, farklı mineral içerikli sular tarafından oluşturulmuş farklı renkli kısımları, görünümlerini daha da güzelleştirmektedir.

Teras tipi travertenlere tipik olarak Roma'nın doğusundaki Tivoli travertenlerinde (Chafetz ve Folk, 1984) ve ülkemizdeki Pamukkale (Denizli) travertenlerinde rastlanır.

Teras tipi travertenler; başlangıçta, az eğimli bir topoğrafya üzerinde akan suların, tabandaki çakıl veya blok birikintileri



Şekil 1. Teras tipi traverten morfolojisinin ve gelişen havuz yapılarının blok diyagramdaki görünümü

Figure 1. A schematic view of the morphology of terraced-mound travertines and developed pool structures in block diagram



Şekil 2. Teras tipi traverten havuzları (Pamukkale-Denizli)

Figure 2. Terraced-mound travertine pools (Pamukkale-Denizli)



Şekil 3. Teras tipi travertenlerde gelişmiş fincan-havuz yapıları (Pamukkale-Denizli)

Figure 3. Cup-pool structures developed in the terraced-mound travertines (Pamukkale-Denizli)

ile kaya çıkıntıları ya da akışa dik eksenli küçük tümseklerle karşılaşması sonucunda çökülürler. Suların hızını kesip, birikimi sağlayan bu tip engeller insanlar tarafından da konulabilmektedir. Bu alanlardaki traverten çökelleri zamanla birikerek yükselir ve yer yer havuz, küvet veya fincan yapıları oluşur. Havuzcukların büyümesinden sonra, dış duvar kesimlerde zaman zaman saçak yapıları da gelişir. Bu şekilde oluşan travertenler, günümüzde Pamukkale'de olduğu gibi, turizmin cazibe merkezleri haline de gelebilmektedirler.

Pamukkale'deki güncel teras tipi travertenler, Pamukkale platosunun güneybatı kenarında aktif yarık ve faylardan çıkan 35 °C 'deki sıcak suların etkisiyle oluşmuştur. Bu travertenlerde, turistik değer taşıyan fincan şekilli küçük havuzların genişlikleri birkaç santimetreden birkaç metreye kadar değişmektedir. Yükseklikleri ise eğim açısına bağlı olarak artmaktadır. Pamukkale'deki bu traverten oluşumları genellikle kar beyazı görünümündedir. Bununla birlikte su akımı durduğu zaman travertenlerin rengi kahverengimsi sarı bir renge döner ve sonuçta griden siyaha değişen ince bir kabuk oluşur (Altunel ve Hancock, 1993a).

Sirt (Semer) Tipi Travertenler

Yatay veya az eğimli yüzeylerden ya da bir sırtın uzun eksenli boyunca gelişmiş çatlaklardan çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, iki yana doğru akarken sırt veya semer şeklinde çökelttiği travertenlere "sirt (semmer) tipi travertenler" denilir (Şekil 4).

Sirt tipi travertenlere en tipik örnek olarak Roma'nın doğusunda Tivoli travertenlerinde (Chafetz ve Folk, 1984), Wyoming'de Sarıtaş Ulusal Park (Yellowstone National Park) travertenlerinde (Bargar, 1978), Denizli'de Pamukkale travertenlerinde (Altunel ve Hancock, 1993a), Sivas'ta Sıcak Çermik ile Uyuz Çermik travertenlerinde (Ayaz, 1998; Ayaz ve Gökçe, 1998) ve Kırşehir'de Terme travertenlerinde rastlanır.

Pamukkale travertenlerinin en yaygın morfolojik yapılarını sirt tipi travertenler oluşturur. Buradaki en tipik sirt yapısının uzunluğu yaklaşık 1500 m, genişliği 400 m ve yüksekliği ise 20 m dolayındadır. Pamukkale'de bir kısmı güncel olarak da devam eden sirt tipi travertenlerin kanat eğimleri 5°-30° aralıklarında olup, rengi genellikle solgun kahverengiden portakal

rengine kadar değişmektedir. Suyun çıktığı yarıkların genişlikleri ise 2-5 cm dolayındadır.

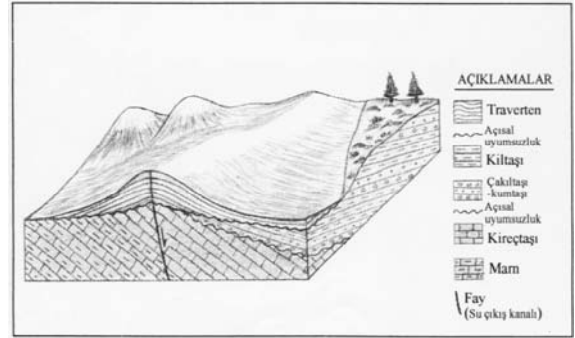
Sıcak Çermik ve Uyuz Çermik'te (Sivas) bulunan sırt tipi traverten oluşumları da tipik sırt (semer) yapısı görünüşleriyle oldukça ilginçtir. Sıcak Çermik yöresinde bulunan çok sayıdaki sırt tipi traverten oluşumlarından en büyüğünün uzunluğu yaklaşık 800 m, genişliği 70-80 m ve yüksekliği 20-25 m olarak ölçülmüştür. Uyuz Çermik yöresinde bulunan sırt tipi traverten oluşumunun ise uzunluğu yaklaşık 500 m, genişliği 50-60 m ve yüksekliği ise 10-15 m olarak ölçülmüştür (Şekil 5). Sıcak Çermik ve Uyuz Çermik yörelerinde, oluşumları tamamlanmış olan bu travertenlerin kanat eğimleri 3° - 30° , bantlanma kalınlıkları ise 1-5 cm aralıklarında olup, renkleri sarımsı kahverengidir.

Terme (Kırşehir) sırt tipi traverten oluşumu, yörenin en önemli anıtsal nitelikli tabiat varlıkları arasında yer alır. Terme traverteninin uzunluğu yaklaşık 750 m, genişliği 55-60 m, yüksekliği 15-20 m, kanat eğimleri 3° - 25° aralıklarında ve bantlanma kalınlıkları ise ortalama 3 cm dolayındadır. Oluşumu durmuş olan bu travertenin rengi sarımsı kahverengidir. Yol açmak amacıyla ortadan ikiye bölünen Terme sırt tipi traverten oluşumunun bir bölümünde, açılma çatlığının bir yakası yok olmuştur.

Dom (Koni) Tipi Travertenler

Yatay veya çevreye göre hafif tümsek yüzeylerden çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, çepeçevre yayılarak akmasıyla dom veya koni şeklinde çökeltilmiş travertenlere "dom (koni) tipi travertenler" denilir (Şekil 6).

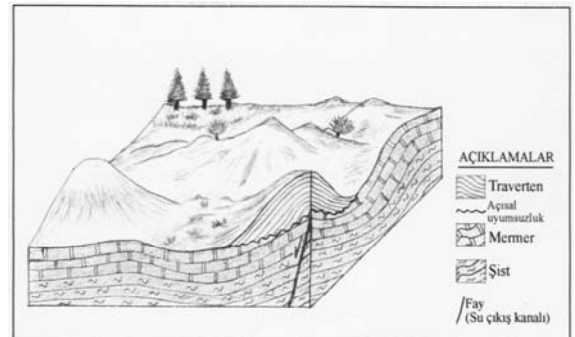
Genellikle küçük ölçeklerde gelişen dom tipi traverten oluşumlarına bir çok traverten sahasında rastlamak mümkündür. Ancak çökeltmenin ilerleyen evrelerinde, morfolojik yapının durumuna veya çevredeki diğer kaynaklardan çökelen traverten depolanmalarına bağlı olarak, dom yapıları birleşip kaybolabilmektedir. Bunun dışında dom tipi travertenler, çökeltmeyi besleyen su çıkışlarının kesilmesi veya sonradan gelişen kırıklarla farklı kesimlere kayması sonucunda aşınarak şekil değişikliğine uğrayabilmektedirler. Cihanbeyli (Konya) yöresinde gözlenen, yüksekliği 1.5-2 m, dış çapı ise yaklaşık 6-7 m olan yarı dom şekilli traverten oluşumu, bunun tipik bir örneğidir (Şekil 7). Tepe kısımlarının aşınması sonucunda yarı dom şekli kazanmış bu



Şekil 4. Sırt tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü
Figure 4. A schematic view of the fissure-ridge travertines in block diagram



Şekil 5. Sırt tipi travertenlerden bir görünüm (st: sırt tipi travertenler, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 'li su çıkışları) (Uyuz Çermik-Yıldızeli-Sivas)
Figure 5. A view of the fissure-ridge travertines (st: fissure-ridge travertines, water outlet with $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) (Uyuz Çermik-Yıldızeli-Sivas)



Şekil 6. Dom tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü
Figure 6. A schematic view of the dome type travertines in block diagram

oluşumun içerisi, günümüzde Boluk Gölü'ne ait su sızıntılarıyla doldurulmuştur.

Tabaka Tipi Travertenler

Yatay veya yataya yakın yüzeylerde, genellikle yüksek debiyle çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, geniş alanlara yayılıp yatay olarak çökeltiği travertenlere "tabaka tipi travertenler" denilir. Tabaka tipi travertenlerde, su çıkışlarının bulunduğu kesimler genellikle hafif bir sırt yapısı gösterirken, kenarlara doğru olan kesimler ise tamamen yataydır (Şekil 8 ve Şekil 9). Tabaka tipi travertenler içerisinde, yer yer düşük debili sular tarafından oluşturulan, çapı 30-120 cm arasında değişen ve kazan yapısı gösteren oluşumlar da gelişebilmektedir.

Tabaka tipi travertenler oldukça yaygın olup, ülkemizde; Antalya, Adana (Merkez, Ceyhan, Kadirli, Yerköprü), Mersin, Van (Edremit, Çaldıran, Aşağı Süphan), Denizli (Pamukkale, Kocabaş Köyü), Sivas (Sıcak Çermik, Sarıkaya, Uyuz Çermik, Soğuk Çermik, Paşafabrikası, Olukman), Konya (Cihanbeyli, Seydişehir), Eskişehir, Kayseri (Sızır) ve Erzurum (Hınıs) gibi yöreler başta olmak üzere birçok alanda, tipik morfolojik yapılar sunarlar. Bunlar genellikle orta-kalın ve belirsiz bantlanmalı olup, değişik kalınlıklar şeklinde bulunurlar. Örneğin; Edremit (Van) travertenleri 50-100 m (Acarlar, 1991), Antalya travertenleri 80 m (Şenel, 1997) ve Sıcak Çermik-Sarıkaya-Uyuz Çermik (Yıldızeli-Sivas) travertenleri ise 20-45 m kalınlıklara sahiptirler (Ayaz ve Gökçe, 1998).

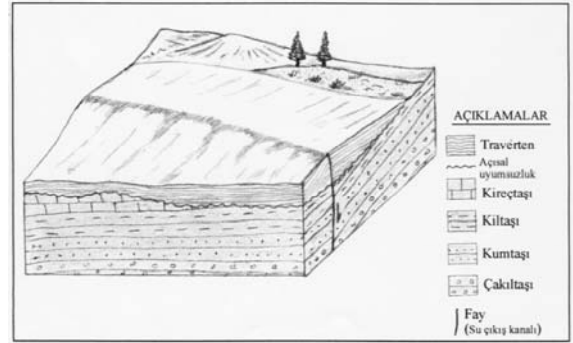
Damar Tipi Travertenler

Açılma çatlakları içerisinde yükselen kalsiyum bikarbonatlı sular tarafından, albatr yapısı şeklinde dikey olarak çökeltilen travertenler "damar tipi travertenler" olarak tanımlanmakta olup, zamanla çevre kayalarının aşınması sonucunda yüzeye çıkmaktadırlar (Şekil 10).

Damar tipi travertenlerin ülkemizdeki en tipik örnekleri, Sıcak Çermik (Yıldızeli-Sivas) yöresinde bulunmaktadır. Bu yöredeki damar tipi travertenlerin hepsi, tabaka tipi travertenleri oluşturan suların yükseldiği kanallar içinde oluşmuş olup, bunların aşınmasıyla yüzeye çıkmışlardır. Bu oluşumlar, bakışımıyla tarak dokusu şeklinde gelişmiş ve genellikle merkezden iki kenara doğru simetrik bantlanma yapıları gösterirler



Şekil 7. Yarı dom şekilli travertenlerden bir görünüm (Cihanbeyli-Konya)
Figure 7: A view of half dome type travertines (Cihanbeyli-Konya)



Şekil 8. Tabaka tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü
Figure 8. A schematic view of the layered type travertines in block diagram



Şekil 9. Tel kesme yöntemiyle kısmen işletilmiş tabaka tipi travertenlerden görünüm (Soğuk Çermik-Sivas)
Figure 9. A view of the layered type travertines partly operated by fibre method (Soğuk Çermik-Sivas)

(Ayaz ve Gökçe, 1998). Yöredeki en büyük damar tipi travertenin açığa çıkmış yüksekliği 2.5 m, alt kesimlerdeki genişliği 130 cm, uzunluğu ise 3-4 m arasında ölçülmüştür (Şekil 11).

Fay Önü Tipi Travertenler

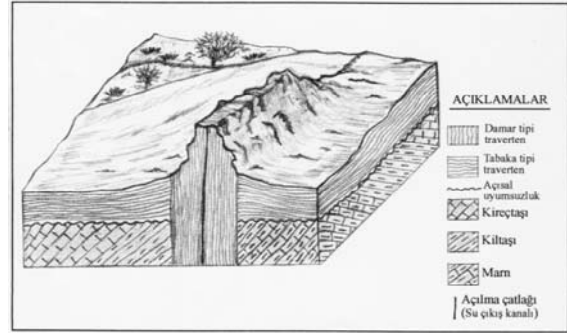
Aktif fay zonlarında, düşen bloklar üzerinde gelişen masif, kaba bantlanmalı ve fay breşi içerikli travertenlere "fay önü tipi travertenler" veya "fay önü travertenleri" denilir (Şekil 12). Breşik malzemeler; mermer, şist, kireçtaşı ve traverten gibi çeşitli bileşenlerden oluşabilirler. Breşlerin arasını dolduran çökeller, genellikle makro ölçekli yapılarda mikritik, mikro ölçekli yapılarda ise spartiktir. Yavaş çökeltme ile gelişenlerin mikroskopik incelemelerinde, kalsitler spartik ve tipik breş dolgusu dokusunda gözlenmiştir (Şekil 13). Fay önü travertenlerinin bantlanma kalınlıkları, eğime ve suyun akış miktarına (debisine) bağlı olarak değişirler.

Fay önü travertenlerine en tipik örneklerden biri Pamukkale'de bulunur. Pamukkale traverten sahasının güneybatı ucunda bulunan bu tip travertenler, yöredeki metamorfitten breşik malzeme almıştır. Bu malzemelerin biçimleri köşeliden yuvarlağa kadar değişmektedir. Tabaka kalınlıkları 30 cm'den 2 m'ye kadar değişmekte olup, genel olarak merceğimsi bir yapı sunarlar (Altunel ve Hancock, 1993a). Fay önü travertenlerinin içinde dikey bantlanmalı damar tipi travertenler de gözlenebilmektedir.

Kanal Tipi Travertenler

Yapay veya doğal olarak oluşmuş kanallar içinde akan kalsiyum bikarbonatlı suların; ince, uzun ve yüksek yapılar şeklinde çökeltiltiği travertenlere "kanal tipi travertenler" denilir (Şekil 14). Kanal tipi travertenlerin üstten görünüşleri yılankavi, yandan görünüşleri ise duvar gibidir.

Kanal tipi travertenlerin en tipik örneklerine Pamukkale'de rastlanılır. Bu yöredeki kanal tipi travertenler, çoğunlukla insanlar tarafından, sulama veya su tahliyesi için oluşturulmuş yapay ark veya kanallar boyunca gelişmişlerdir. Yörede çok sayıda aktif kanal tipi traverten oluşumu bulunmaktadır. Fakat kanalların insanlar tarafından kırıldığı ya da deprem gibi doğal nedenlerle kırılıp koptuğu yerlerde oluşum tamamlanmıştır. Develi köyünün (Pamukkale-Denizli) 700-750 m kuzeydoğusundaki kanal tipi traverten oluşumu tipik olarak yılankavi



Şekil 10. Damar tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü

Figure 10. A schematic view of the vein type travertines in block diagram



Şekil 11. Damar tipi traverten morfolojisinden görünümü (Sıcakçermik-Sivas)

Figure 11. View of the vein type travertines (Sıcakçermik-Sivas)

şekilli iken, eğimli yüzeylerdeki su kaçışları nedeniyle daha düzgün yapılar kazanmıştır.

Bazı terk edilmiş kanalların yükseklikleri 10 m'den fazladır. Çapraz kesitleri boşluklu ve

genellikle M-şekilli ince traverten tabakalarını verir (Altunel ve Hancock, 1993a). Duvarları bazen simetrik, bazen de asimetriktir.

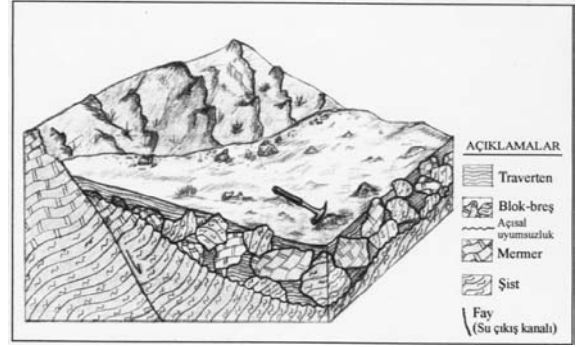
Mağara Travertenleri (Damlataşlar)

Yeraltı sularının karbonat, karbonatlı veya sülfatlı kayaları çözüp, bunları çoğunlukla mağara tavanlarından aşağı doğru akarken çökmeyle oluşturdukları özel şekilli oluşumlara “mağara travertenleri” veya “damlataşlar” denilir (Şekil 15). Mağara travertenleri, sulardaki karbondioksit basıncının (P_{CO_2}) mağaralarda azalması sonucunda gelişirler. Kırık ve çatlaklar boyunca akan/sızan kalsiyum bikarbonatlı sulardan oluşan damlataşlar, aldıkları özel şekillere göre; sarkıt, dikit, sütun, duvar damlataşı, perde-bayrak damlataşı, göğüslük ve sayvan, aykırı şekilli oluşumlar, mağara kalkanları, mağara çiçeği, mağara iğnesi, mağara incisi, mağara taşı ve mağara tüfü gibi çeşitli isimler alırlar (Şekil 16).

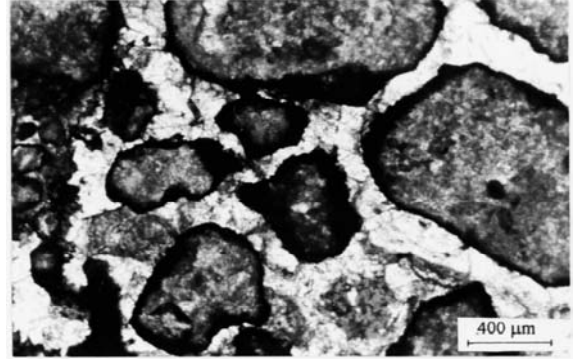
Sarkıtlar, tavadaki kırık ve çatlaklardan damlayan kalsiyum bikarbonatlı sulardan, karbondioksitin tamamının veya bir kısmının serbest hale geçmesiyle oluşan silindirik veya koni biçimli damlataşlara denilir. Sarkıtların büyümeleri, kendilerini oluşturan suların fiziko-kimyasal özelliklerinin sürekliliğine, bölgenin morfolojik ve hidrolojik gelişimi ile zamana bağlı olarak değişir. Buna bağlı olarak sarkıtlar, 10-15 m uzunluğunda ve 2-4 m çapında büyümeler gösterebilirler (Nazik, 1989). Sarkıtlar, aldıkları özel şekillere göre; makarna sarkıt (yavru sarkıt), soğan sarkıt ve fil ayağı sarkıt gibi çeşitli isimler alırlar.

Dikitler, mağara tavanındaki kırık ve çatlaklardan veya sarkıtlardan damlayan kalsiyum bikarbonatlı suların, karbondioksit içeriğinin tamamının ya da bir kısmının serbest hale geçmesiyle mağara tabanında meydana getirdiği düşey damlataşlardır. Damlama sonucu sıçrayarak yayılan sular, damlama noktasındaki çekirdeğin çevresinde $CaCO_3$ çökmesini üst üste devam ettirerek dikitleri oluştururlar. Dikitlerin şekli ve büyüklükleri, tavadan düşen suyun akış şekline, akış miktarına ve karbondioksit içeriğine bağlı olarak değişirler.

Sütunlar (kolonlar), sarkıt ve dikitlerin gelişimlerini sürdürüp belirli bir zaman sonra birleşerek oluşturdukları damlataşlardır. Mağaranın tabanından tavanına dayanan sütunların, iç kısımlarının üst bölümleri sarkıt yapısında, alt bölümleri ise dikit yapısındadır. Bununla birlikte birleşmeden sonra, tüm yüzeyleri tavadan sızan veya damlayan



Şekil 12. Fay önü travertenlerinin blok diyagramdaki şematik görünümü
Figure 12. A schematic view of the range-front travertines in block diagram



Şekil 13. Fay önü travertenlerinin mikroskop altındaki görünümü (breşler; mikritik özellikteki traverten parçalarından, breş dolgusu ise sparitik kalsitten oluşmuştur)
Figure 13. Viewing of the range-front travertines via microscope (breccias; formed of micritic travertine pieces, filling of breccia formed of sparitic calcite)

suların etkisinde kalır ve sarkıt gelişimine döner.

Ülkemizdeki mağara travertenlerine en iyi örnekler, Ballica Mağarası (Pazar-Tokat), Damlataş Mağarası (Antalya), Dim Mağarası (Alanya-Antalya), Ilgarini Mağarası (Kastamonu), Meraspolis Mağarası (Ermenek-Karaman), Damlataş Mağarası (Elazığ), Pınargözü Mağarası (Yenişarbademli-Isparta), Şerefyiğit Mağarası (Bucak-Burdur), Karaca Mağarası (Gümüşhane), Zindan Mağarası (Aksu-Isparta) ve Damla Mağarası (Ulaş-Sivas) verilebilir. Özellikle Ballica Mağarası; büyüklüğü, içerdiği damlataş morfolojileri ve

estetik görünümüyle dünyaca ünlü sayılı mağaralar arasında yer almakta ve her yıl yerli ya da yabancı pek çok insanın ziyaretine sahne olmaktadır.

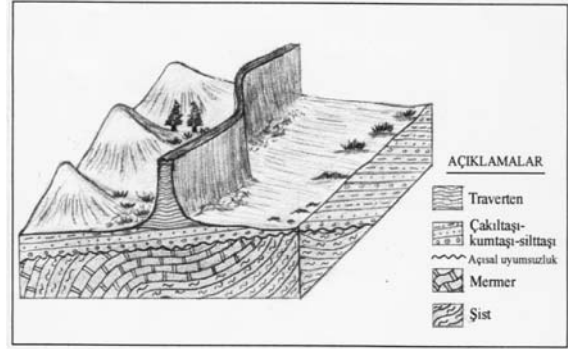
TRAVERTENLERİN TABİAT VARLIĞI OLARAK ÖNEMİ

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO), dünyadaki tabiat ve kültür özelliği bakımından önemli yerleri "tabiat ve kültür varlıkları" olarak tanımlamış ve bunların hizmete sunumu, düzenlenmesi, kullanılması ve bilimsel yöntemlerle incelenmesi ya da tanıtılması için gerekli uluslar arası yasal düzenlemeleri "Dünya Miras Sözleşmesi" adıyla değerlendirmiştir (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 1983). Tabiat ve kültür varlıkları; önem sırasına göre derecelendirilerek (I. derece, II. derece gibi) "doğal ve kültürel (arkeolojik) sit alanları" adıyla koruma altına alınmaktadır. Bu kapsamda yer alan tabiat varlıkları; jeolojik devirlerle tarih öncesi ve tarihi devirlere ait olup, ender bulunmaları veya özellikleri ve güzellikleri bakımından korunması gerekli, yer üstünde, yer altında veya su altında bulunan değerlerdir (Resmi Gazete, 1983) şeklinde tanımlanır.

Türkiye, Dünya Miras Sözleşmesi'ne 1983 yılında imza atmış olup, bu güne kadar dokuz yeri kayıt altına aldırılmıştır. Bir çok dünya ülkesi için dokuz adet varlığın Dünya Miras Listesi'nde yer alması, sayısal olarak yeterli görülebilecekken, ülkemiz açısından bu sayının çok daha yükseltilmesi mümkündür. Çünkü ülkemiz, sahip olduğu tabiat ve kültür varlıkları açısından oldukça zengindir. Bunlar içerisinde; özel morfolojik yapıları nedeniyle tabiat varlığı olarak değerlendirilebilecek bazı traverten oluşumları da yer almaktadır.

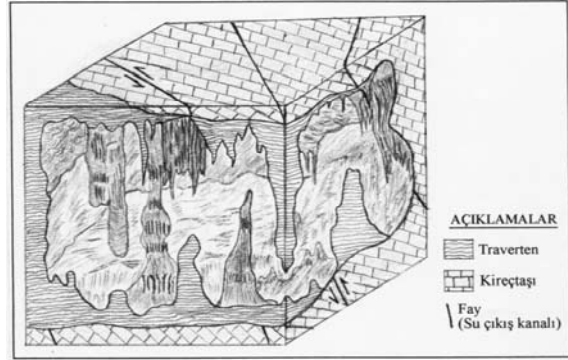
Travertenlerin, endüstriyel açıdan verimli olmayan, buna karşın güzel görünümü ve ender bulunan özel morfolojik yapıları, tabiat varlığı olarak önemli turizm merkezleri arasında yer alabilmektedir. Binlerce yılda oluşan bu tip özel morfolojik yapılar, doğal anıt özelliği taşırlar. Başta gelişmiş dünya ülkeleri olmak üzere birçok ülkede, bu tür traverten oluşumlarının, tabiat varlığı olarak korunup değerlendirilmesi yaygınlaşmaktadır. Bu doğrultuda, insanların çevre duyarlılıklarının geliştirilmesine de özen gösterilmektedir.

Travertenlerde gözlenen morfolojik yapılardan; teras tipi, sırt tipi, dom tipi, kanal tipi ve mağara travertenlerinin, uygun boyut ve tipik özellikler gösterenleri anıtsal değerde olup, tabiat varlığı olarak değerlendirilebilirler. Bunlara en iyi örnek, ülkemizin Dünya Miras Listesi'ne kaydettirdiği dokuz yerden biri olan,



Şekil 14. Kanal tipi traverten morfolojisinin blok diyagramdaki şematik görünümü

Figure 14. A schematic view of the self-built channel travertines in block diagram



Şekil 15. Mağara travertenlerine (damlatışlara) ait çeşitli morfolojik yapıların blok diyagramdaki şematik görünümü

Figure 15. Schematic views of different morphologic structures of the cave type travertines in block diagram

dünyaca ünlü Pamukkale travertenleridir. Bu listede olmayan, ancak dünyada son yıllarda ünlü Balıca Mağarası travertenleri de Dünya Miras Listesi'ne kaydettirilebilecek niteliktedir.

Pamukkale travertenleri; 1988 yılında, Hierapolis-Pamukkale adıyla doğal/kültürel nitelikli ve 485 sıra numaralı olarak Dünya Miras Listesi'ne girmiştir (Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, 1988). Teras (set) tipinde gelişen Pamukkale travertenleri; ortalama debisi 460 lt/sn olan ve litrede yaklaşık 2.2 gr kalsiyum bikarbonat içeren sıcak sulardan, günde 20 m³'ün üzerinde bir çökme gelişecek şekilde oluşmaktadır. Bu travertenler, başlangıçta yumuşak bir jel halinde çökelmekte ve zaman

içerisinde sertleşerek beyaz renkli ve pamuksu bir görünüm kazanmaktadırlar. Bununla birlikte ziyaretçilerin, henüz jel halindeki yumuşak çökellere basmasıyla ezilip dağılabilmektedirler. Ayrıca, travertenleri çökeltten suların akış yönünün farklı alanlara kanalizasyon edilmesinin ya da doğal akış düzeninin değiştirilmesiyle travertenlerin rengi matlaşmakta veya kahverengimsi sarı bir renge dönebilmektedir.

Balıca Mağarası, tabiat varlığı olarak Dünya Miras Listesi'ne girebilecek çok önemli traverten oluşumlarına (damlataşlara) sahiptir. Toplam uzunluğu yaklaşık 680 m, yüksekliği ise en fazla 94 m olan Balıca Mağarası'nda her türlü damlataş oluşumuna rastlamak mümkündür. Güncel oluşumları devam eden ve en çok sarkıt, dikit ve sütun olarak gözlenen bu damlataşlarda, hemen hemen her türlü rengin tonlarını görme olanağı vardır. Bol oksijen içerikli Balıca Mağarası içerisinde, ziyaretçiler için yürüme yolları ve dinlenme yerleri yapılmış, damlataşların korunması için ise özel koruma şeritleri oluşturulmuştur.

Ülkemiz, traverten oluşumları bakımından oldukça zengindir. Bu paralelde, traverten sahalarının içerisinde, çok sayıda anıtsal değer taşıyan tabiat varlığı niteliğindeki traverten oluşumlarının bulunduğu, ancak bunların gerektiği gibi incelenmediği söylenebilir. Ayrıca, Pamukkale travertenleri, Balıca Mağarası travertenleri ve diğer bazı mağara travertenlerinin dışında, hiçbir koruma önlemi alınmamıştır. Örneğin; Uyuz Çermik (Sivas) yöresinde, eşine çok az rastlanabilecek sırt (semer) tipi traverten oluşumu blok çıkarmak amacıyla, Terme (Kırşehir) sırt tipi traverten oluşumu ise düzensiz yapılaşma nedeniyle kısmen zarar görmüşlerdir. Bunun dışında, Develi köyü (Pamukkale-Denizli) kanal tipi travertenleri ise doğal nedenlerle ya da yöre halkı tarafından kısmen tahrip edilmiştir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Travertenler, endüstride sıkça kullanımı nedeniyle önemi gittikçe artan bir hammadde durumundadır. Endüstride, travertenler; yüzey kaplama taşı (mermer), yapıtaşı ve hediyeleşim eşyası olarak kullanılabilirler gibi, kireç ve çimento üretiminde de değerlendirilmektedirler. Ayrıca, ayrışıp toprağımsı yapı kazananları, suyu emip çamurlaşmayı önlemesi nedeniyle toprak yollarda döşeme malzemesi olarak kullanılabilirler. Tabiat varlığı olarak ise; bazı traverten yataklarının tipik ve estetik morfolojik yapıları nedeniyle turizm sektöründe değerlendirilme olanakları vardır. Bu nedenlerle



Şekil 16. Sarkıt, dikit ve mağara gibi damlataşların görünümü (Harput Damlataş Mağarası-Elazığ)
Figure 16. Viewing of the dropping Stones as stalactite, stalagmite and cave flower (Harput Droppingstone Cave-Elazığ)

travertenlerin en uygun kullanım alanının belirlenebilmesi için bazı yöntemlerle ayrıntılı bir şekilde incelenmeleri gerekmektedir. Bunlar; saha incelemeleri, petrografik incelemeler, kimyasal incelemeler ve jeoteknik incelemeler şeklinde sıralanabilir. Saha incelemeleri sırasında belirlenen anıtsal nitelikteki morfolojik yapılar, tabiat varlığı olarak büyük önem taşırlar.

Bu çalışmada, traverten yatakları; (1) teras (set) tipi travertenler, (2) sırt (semer) tipi travertenler, (3) dom (koni) tipi travertenler, (4) tabaka tipi travertenler, (5) damar tipi travertenler, (6) fay önü tipi travertenler, (7) kanal tipi travertenler ve (8) mağara travertenleri (damlataşlar) şeklinde sekiz temel sınıfa ayrılarak incelenmiş ve oluşum şekilleri blok diyagramlarla açıklanmaya çalışılmıştır. Yapılan bu sınıflama; travertenlerin endüstri ve turizm sektörlerinde, doğru kullanım alanlarının belirlenebilmesini ve koruma altına alınması gereken ender ve estetik yapıları travertenlerin önemini açıklamayı amaçlamaktadır.

Tabiat varlıkları; jeolojik devirlerle tarih öncesi ve tarihi devirlere ait olup, ender bulunmaları veya özellikleri ve güzellikleri bakımından korunması gerekli, yer üstünde, yer altında veya su altında bulunan değerler şeklinde tanımlanırlar. Travertenlerde gözlenen anıtsal nitelikteki bazı morfolojik yapılar, tabiat varlığı olarak büyük önem taşımaktadırlar. Örneğin Pamukkale teras tipi travertenleri, UNESCO Dünya Miras Sözleşmesi'ne giren en önemli tabiat varlıkları arasında yer alır.

Ülkemizde; Pamukkale teras tipi travertenleri, Balıca Mağarası travertenleri ve diğer bazı mağara travertenleri, çeşitli çevresel kirlilikler nedeniyle koruma altına alınmışlardır. Ancak, anıtsal değer taşıyan diğer mağara travertenleri ile bazı sırt ve kanal tipi traverten oluşumları, bilinçsiz olarak tahrip edilebilmektedir.

Genellikle teras tipi, sırt tipi, dom tipi, kanal tipi ve mağara travertenlerinin endüstriyel verimliliği düşük olup, buna karşın tabiat varlığı olarak değerleri yüksektir. Bu tür tabiat varlıklarının belirlenmesi, hizmete sunumu, yeniden düzenlenmeleri ve koruma altına alınmaları, bilimsel yöntemlerle incelenmeleri ve tanıtılmaları, turizm amaçlı olarak kullanılmaları için temel planlar yapılmalıdır. Çünkü bu varlıklar, çeşitli eğitim programlarıyla bilinçli ve çevreye duyarlı toplumların gelişmesine de katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acarlar, M., 1991. Van gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi. MTA Rapor No: 9495, Ankara (yayınlanmamış).
- Altunel, E. ve Hancock, P.L., 1993a. Morphology and structural setting of Quaternary travertines at Pamukkale-Turkey. *Geological Journal*, Vol. 28, 335-346.
- Altunel, E. ve Hancock, P.L., 1993b. Active fissuring and faulting in Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Suppl.-Bd.94, Berlin-Stuttgart, 285-302.
- Atiker, M., 1991. Koruyamadığımız doğal anıtlar. *Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi*, C.24, S.238, s. 32-35.
- Ayaz, M.E., 1992. Yüzey kaplama taşları. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Semineri, Sivas, 76 s. (yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E., 1996. Sivas ili bloktaş (mermer) sahaları ön etüt raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 1. Bölge Müdürlüğü Raporu No: S 940, Sivas, 9 s.
- Ayaz, M.E., 1997a. Travertenlerin oluşumunda etkili olan faktörler ve travertenlerin sınıflandırılması. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bil. Enst., Doktora Semineri-1, Sivas, 58 s. (yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E., 1997b. Sivas yöresi traverten sahaları ve travertenlerin Sivas'ın yeraltı kaynakları içindeki önemi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bil. Enst., Doktora Semineri-2, Sivas, 26 s. (yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E., 1998. Sıcak Çermik (Yıldızeli-Sivas) yöresindeki traverten sahalarının jeolojisi ve travertenlerin endüstriyel özellikleri. Cumhuriyet Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, Sivas, 83 s. (yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E., 2001. Damla Mağarası (Ulaş-Sivas) ve çevresinin ön jeolojik-jeomorfolojik etüt raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 1. Bölge Müdürlüğü Rap. No:S864, Sivas, 11s.
- Ayaz, M.E., 2002. Travertenlerin değerlendirilmesinde yapılması gerekli incelemeler ve kullanım yeri seçimi. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.19, S.1, s.11-20.
- Ayaz, M.E., 2003. Sivas yöresindeki traverten yataklarının verimliliğine yönelik değerlendirme raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu 1. Bölge Müdürlüğü Raporu No: S 242, Sivas, 9s.
- Ayaz, M.E., Akıllı, N., Dönmez, E., Yıldız, Ş. ve Kaya, K., 2002. Doğal kaynaklar. Yılmaz, A., Avcı, N. ve Ayaz, M.E. (Edt.), Sivas İli Çevre Durum Raporu, Sivas Valiliği Çevre Koruma Vakfı Yayını, s.22-68.
- Ayaz, M.E. ve Atalay, Z., 2001. Sivas Tersiyer havzasında gelişen endüstriyel hammaddelerin dağılımları ve genel özellikleri. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, S.1, s.21-39.
- Ayaz, M.E. ve Gökçe, A., 1998. Sivas kuzeybatısındaki Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Uyuz Çermik traverten yataklarının jeolojisi ve oluşumu. Cumhuriyet Üniv. Müh. Fak. Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.15, S.1, s.1-12.
- Ayaz, M.E. ve Karacan, E., 2000. Sivas batısındaki traverten oluşumlarının

- yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, C.23-24, S.1, 87-99s.
- Bargar, K.E., 1978. Geology and thermal history of Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park. *Bulletin of the U.S. Geological Survey*, 1444, 1-55.
- Bayarı, C.S. ve Denizman, C., 1993. Preliminary hydrogeologic evaluation of the travertine-depositing karstic springs in the lower Zamantı Basin. Eastern Taurids-Turkey, *Yerbilimleri*, S.22, 95-109s.
- Bayarı, C.S. and Kurttaş, T., 1997. Algae: An important agent in deposition of karstic travertines: Observations on natural-bridge Yerköprü Travertines, Aladağlar, Eastern Taurids, Turkey. *Karst Waters and Environmental Impacts*, Günay and Johnson (eds), Balkema, Rotterdam, 269-280.
- Buccino, S.G., D'Argenio, V. ve Ferri, V., 1978. I travertini della Bassa Valle del Tanagro (Campania) studio geomorfologico, sedimentologico e geochimico. *Boll. Coc. It.*, V.97, p. 617-646.
- Chafetz, H.S. ve Folk, R.L., 1984. Travertines, depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal Of Sedimentary Petrology* 54, 289-316.
- Chafetz, H.S., Akdim, B., Julia, R. ve Reid, A., 1998. Mn and Fe rich black travertine Shrubs, Bacterially (and Nannobacterially) induced precipitates. *Journal of Sedimentary Research*, V.68, p. 404-412.
- Chafetz, H.S. ve Meredith, J.C., 1983. Recent travertine pisoliths (pisoids) from Southeastern Idaho. USA In T.M. Peryt, ed., *Coated Grains*, Springer-Verlag, Berlin, p. 450-455.
- Folk, R.N. ve Chafetz, H.S., 1983. Pisoliths (pisoids) in Quaternary travertines of Tivoli, Italy. In T.M. Perty, ed., *Coated Grains*, Springer-Verlag, New York, p. 474-487.
- Guo, L. ve Riding, R., 1992. Aragonite laminae in hat water travertine crust, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, V.39, p. 1067-1079.
- Guo, L. ve Riding, R., 1994. Origin and diagenesis of Quaternary travertine shrub fabrics, Rapolano Terme, Central Italy. *Sedimentology*, V.41, p. 499-520.
- Guo, L. ve Riding, R., 1998. Hat-springs travertine facies and sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, V.45, p. 163-180.
- Heimann, A. ve Sass, E., 1989. Travertines in the northern Hulla Valley, Israel. *Sedimentology*, V.36, p. 95-108.
- Herlinger, D.L., 1981. Petrology of the Fall Creek travertine, Bonneville County, Idaho. Univ. Houston, Master's Thesis, 172 p (unpub.).
- İnan, N., 1985. Antalya travertenlerinin oluşumu ve özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği*, S. 24, 31-37.
- Julia, R., 1983. Travertines. In P.A. Scholle, D.G. Bebout and C.H. Moore, eds., *Carbonate depositional environments*, Tulsa, Oklahoma, American Association Petroleum Geologists Bulletin, V.33, p. 64-72.
- Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, 1988. Dünya Miras Listesi'de Türkiye. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü Verileri, Ankara.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı, 1983. Dünya Miras Listesi. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Verileri, Ankara.
- Love, K.M. ve Chafetz, H.S., 1988. Diagenesis of laminated travertine crusts, Arbuckle Mountains, Oklahoma. *Journal of Sedimentary Petrology*, V.58, p. 441-445.
- Meredith, J.C., 1980. Diagenesis of Holocene-Pleistocene (?) travertine deposits, Fritz Creak, Clark County and Fall Creek, Bonneville County, Idaho. Univ. Houston, Master's Thesis, 263 p (unpub.).
- Nazik, L., 1989. Mağara morfolojisinin belirlediği jeolojik-jeomorfolojik ve ekolojik özellikler. *Jeomorfoloji Dergisi*, 17, 53-62.
- Pentecost, A., 1990. The algal flora of travertine: An overview, Travertine-marl: Stream Deposits In Virginia. Virginia Div. Of Mineral Resources Publ. No: 101, Charlottesville, Virginia, 184 p.
- Pentecost, A., 1993. British travertines: A review. *Proceedings of the Geologists Association*, V.104, p. 23-39.

- Resmi Gazete, 1983. Kültür ve tabiat varlıklarını koruma kanunu. Kanun No: 2863, Sayı: 18113, Ankara.
- Şenel, M., 1997. 1/100 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Antalya L-10 Paftası. MTA Yayını No: 7, Ankara.
- Tekin, E., Ayyıldız, T., Turan, C. ve Öner A., 1999. Bakteriyal kökenli güncel pizoyid oluşumları. Electron Microscopy, 14. Ulusal Elektron Mikroskopi Kongresi Özel Kitabı/Abstract Book (Uluslararası Katılımlı), Bursa.
- Tekin, E., Kayabalı, K., Ayyıldız, T. ve İleri, O., 2000. Evidence of microbiologic activity in modern travertines: Sıcak Çermik Geothermal Field, Central Turkey. Carbonates and Evaporites, Volume: 15, Number: 1, s.18-27.
- Wyatt, A. (ed.), 1986. Challinor's Dictionary of Geology. 6th edn. Univesity of Wales Press, Cardiff, 374pp.

ÇOBANSARAY-KARAKAYA (YILDIZELİ KB-SİVAS) ARASINDAKİ ORTA ANADOLU BİNDİRME KUŞAĞININ (KUZEY NEOTETİS KENEDİ) TEKTONOSTRATİGRAFİK ve YAPISAL ÖZELLİKLERİ

TECTONOSTRATIGRAPHIC AND STRUCTURAL FEATURES OF THE CENTRAL ANATOLIAN THRUST BELT (NORTHERN NEOTETHYS SUTURE) BETWEEN ÇOBANSARAY-KARAKAYA (NW YILDIZELİ-SİVAS)

B. Levent MESCİ Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak., Jeoloji Müh. Böl. 58140 Sivas
Halil GÜRSOY Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak., Jeoloji Müh. Böl. 58140 Sivas

ÖZ: İnceleme alanı, Orta Anadolu Bindirme Kuşağı ile Sivas Tersiyer Havzasının kuzey kenarı üzerinde yer almaktadır. İnceleme alanındaki kaya birimleri Tersiyer öncesi temel birimler ve Tersiyer birimleri olarak iki bölümde değerlendirilmiştir. Temel birimleri Paleozoyik yaşlı kuvarsit, kalkışist ve mermerden oluşan metamorfikler (Akdağmadeni Litodemi) ve bunu tektonik olarak üzerleyen, ofiyolitik karışık (Tekelidağ Karışığı) oluşturmaktadır. Bu temel üzerine tektonik yönden duraysız bir ortamda oluşan Paleosen yaşlı Kılıçlı olistostromu yer almaktadır. Lütetiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu ve bununla yanaldüşey geçişli Pazarcık volkaniti, Kılıçlı olistostromu üzerinde açısız uyumsuzlukla bulunmaktadır. İnceleme alanı ve dışında da geniş alanlarda yüzeyleyen Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal çökeller (İncesu Formasyonu) tüm birimleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir. Tersiyer öncesi birimlerle Tersiyer birimleri arasında yaklaşık DKD-BGB gidişli kuzeyden güneye doğru gelişmiş 3 ana bindirme fayı ayırtlanmış, bunlar Orta Anadolu Bindirme Kuşağı olarak adlandırılmıştır. Neotetisin kuzey kolunun Geç Kretase'de kapanmaya başlamasıyla bölgede ofiyolitik karışıklar oluşmaya ve yerleşmeye başlamıştır. Geç Miyosen sonrasında da devam eden hareketler, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal kırıntılı çökelleri de etkilemiş ve bunların sınırlarında büyük açılı ters faylar ve geri bindirmelerin gelişiminde etkili olmuştur. Geç Miyosen yaşlı birimlerdeki faylardan elde edilen sınırlı kinematik veriler, K10°B-G10°D doğrultulu sıkıştırımayı göstermekte ve bu sonuç bölgedeki kıvrım eksenlerinin gidişleri ile Orta Anadolu Bindirme Kuşağını oluşturan ana sıkıştırma yönü ile uyumluluk sunmaktadır.

Neotektonik dönem süresince bu bölgede gelişen ve gözlenen tektonik yapıların genişlemeli karakterde değil, aksine Anadolu'nun doğu kısmında neotektonik dönemden bu yana halen K-G yönlü sıkışma tektoniği rejimi devam etmektedir.

Anahtar kelimeler: Sivas Tersiyer Havzası, Stratigrafi, Orta Anadolu Bindirme Kuşağı, Ofiyolitik karışık

ABSTRACT: The study area is located on the northern border of the Central Anatolian Thrust Belt and the Sivas Tertiary Basin. The rock units in the study area have been divided into two sub-units. These units are Pre-Tertiary and Tertiary units. The basement of study area is constituted by Palaeozoic quartzite, calc-schist and marble (Akdağmadeni Lithodem), which is overlain by Tekelidağ Ophiolitic Melange composed of a number of rock blocks in different size and shape. The Tekelidağ Melange is a dismembered unit of lower Cretaceous ocean floor which is very common units in Turkey, and its emplacement started in Upper Cretaceous. The bottom rocks are overlain by Paleocene age Kılıçlı Olistostrome representing an unstable tectonic environment. Lutetian Boğazköy Formation and Pazarcık Volcanics which have lateral extension with Boğazköy Formation unconformably rest on the Kılıçlı Olistostrome. However, Neogene İncesu Formation covers large areas in and outside the study area as terrestrial sediments, unconformably overlies the above units. In Pre-Tertiary units three thrust faults have been distinguished trending ENE-WSW, They are regarded as part of the Central Anatolian Thrust Belt (CATB), within study area. The emplacement of Tekelidağ Ophiolitic Melange

was started in Upper Cretaceous time due to closure of northern branch of Neo-Tethys Ocean. Emplacement of the melange continued after Neogene times and affected the Neogene aged terrestrial sediments. Reverse faults and backthrusts were observed in the study area. Although, limited kinematic data for the İncesu Formation shows that the compression direction is N10°W-S10°E in the area and this result is consistent with the fold axes and direction of compressive stress forming the CATB.

The existence of tectonic structures and rock units observed and developed in the region during the neotectonic period were not occurred with extensional character, on the contrary, the eastern part of Anatolia has still been undergoing N-S compressional tectonic regime since neotectonic period.

Key Words: Sivas Tertiary Basin, Stratigraphy, Central Anatolian Thrust Belt, Ophiolitic melange

GİRİŞ

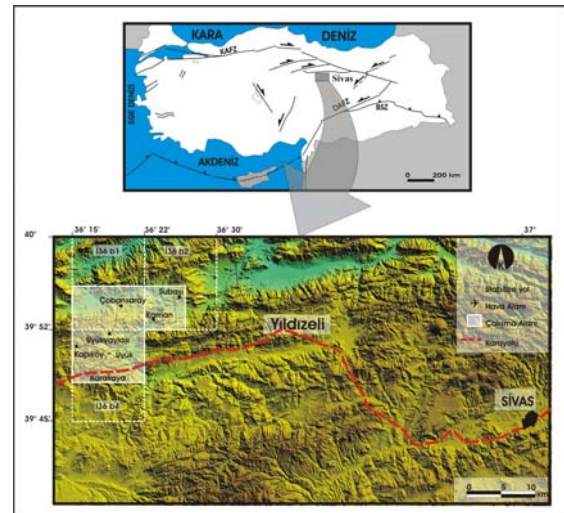
İnceleme alanı Sivas'ın 80 km BKB'sında yer almaktadır (Şekil 1). Bu çalışmada, Yozgat-Erzincan arasında yaklaşık 400 km uzunluğundaki Orta Anadolu Bindirme Kuşağı'nın (Tatar, 1982) inceleme alanı içerisinde kalan bölümünde Tersiyer öncesi Temel kayaçları niteliğindeki metamorfite, ofiyolitik kayaçlar ve bunların üzerinde oluşmuş Tersiyer yaşlı volkanik ve volkanosedimanter kayaçlarla Neojen yaşlı karasal çökellerin stratigrafik ve tektonostratigrafik ilişkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Baykal ve Erentöz (1966), Kurtman (1973), Tatar (1977,1982,1983), Özcan ve diğerleri (1980), Yılmaz (1981,1994), Yılmaz ve Özer (1984), Bingöl (1989), Alparslan (1993), Gökten (1993), Poisson ve diğerleri (1996), Kalkan (1997), Ercanlı (1997), Çerikçioğlu (1997) ve Koçbulut (1998) inceleme alanı ve yakın çevresinde yapılan çalışmalardan bazılarıdır. Bu çalışmalar çoğunlukla bölgenin stratigrafik ve tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

İNCELEME ALANININ STRATİGRAFİSİ

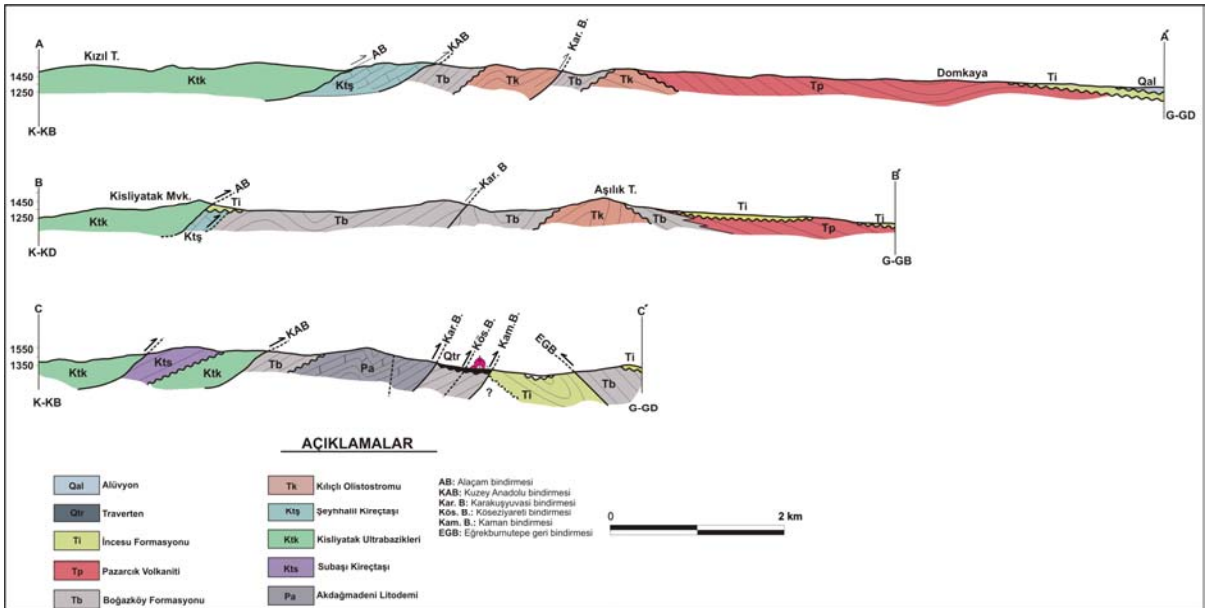
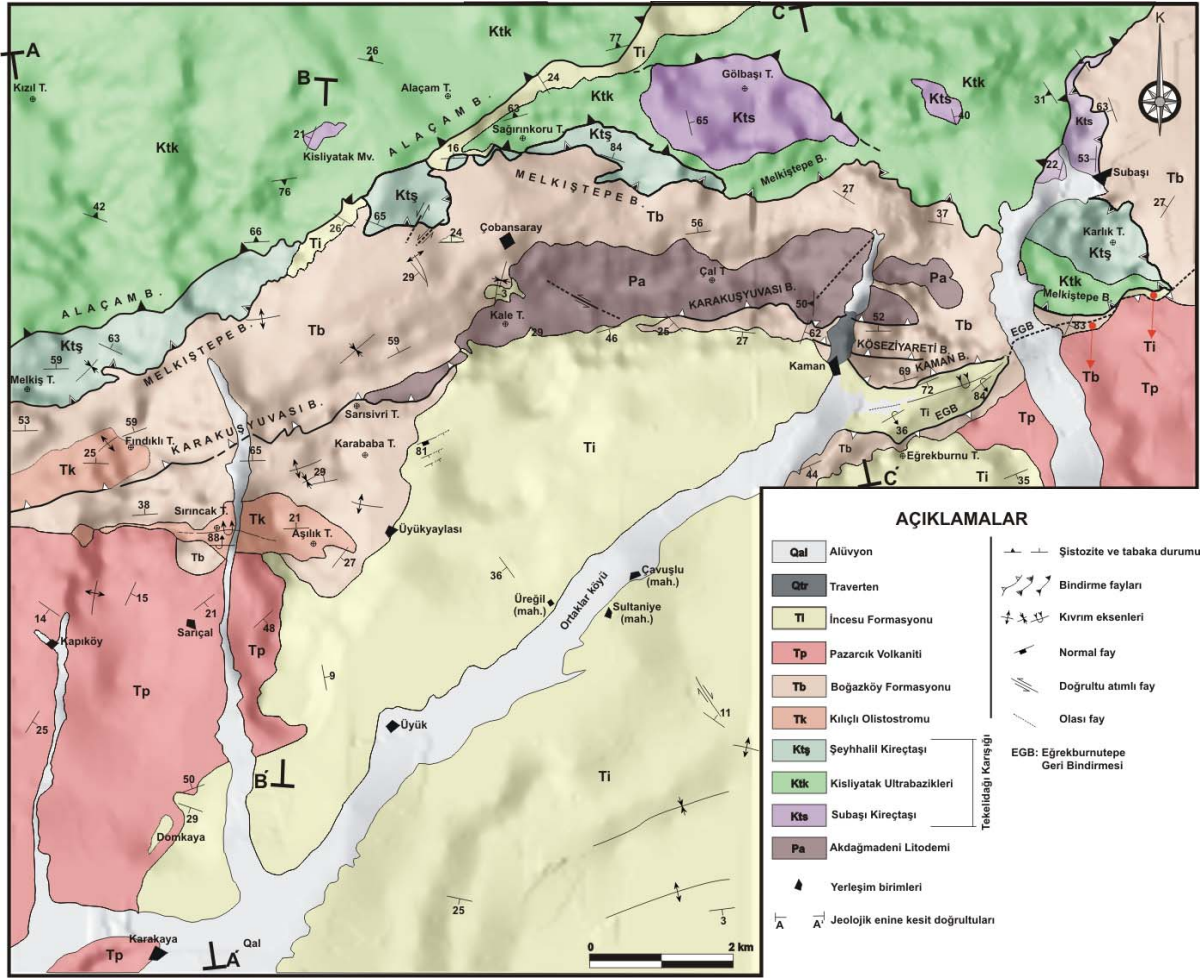
Neotetis okyanusu'nun kuzey kolunun erken Jura'da açılmaya başlaması (Görür ve diğerleri, 1983) ile oluşan ofiyolitik kayaçlar ve bunlar üzerindeki sedimanter kayaç serileri daha sonra Geç Kretase'de başlayan kapanma sürecinde (Şengör ve Yılmaz, 1983) gelişen tektonik hatlarla ilişkili (Kurtman, 1973; Cater ve diğerleri, 1991; Gökten ve Kelling, 1991) oluşan kayaç toplulukları, Sivas Tersiyer Havzası'nın özellikle kuzey kenarının temelinde yaygın olarak yüzeylenmektedir. Bu kapanma sürecinde Paleosen'den Orta Eosen'e kadar bir önülke havzası (Poisson ve diğerleri, 1996) şeklinde gelişen Sivas Tersiyer Havzası'nda yüzeyleyen kaya birimleri, Tersiyer öncesi Temel Birimler ve Tersiyer Birimleri olmak üzere iki ana grup altında toplanmıştır. Tersiyer

öncesi Temel birimleri, Paleozoyik yaşlı metamorfite (Akdağmadeni Litodemi) ve bölgesel ölçekte bu metamorfite tektonik olarak üzerleyen ultrabazik, bazik ve değişik kökenli tortul kayaçlardan oluşan ofiyolitik karışık (Tekelidağ Karışığı) oluşturmaktadır. İlksel oluşumunu ve yerleşimini Tersiyer öncesinde tamamlamış olan bu temel birimleri, Tersiyer birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir. Havzadaki Tersiyer birimlerini, Paleosen-Orta Eosen yaşlı volkanik, volkanotortul ve tortul kayaçlar (Kılıçlı Olistostromu, Boğazköy Formasyonu ve Pazarcık Volkaniti) oluşturmaktadır. Tersiyer birimlerinin üstünde ise Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı karasal kırıntılı ve karbonatlı kayaçlardan oluşan İncesu Formasyonu'nun Geç Miyosen'e karşılık gelen kaba ve ince taneli kırıntılı düzeyleri yer alır (Şekil 2 ve 3).



Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru haritası.

Figure 1. Location map of the investigation area.



Şekil 2. İnceleme alanının jeolojik haritası ve enine jeolojik kesitleri
Figure 2. Geological map and representative cross-sections of the study area

Temel Birimler**Akdağmadeni Litodemi (Pa)**

Birim, Özcan ve diğerleri (1980) tarafından Akdağmadeni Grubu olarak adlandırılmış ve Türkiye Stratigrafi Komitesi Bülteni (TSKB, 1987) tarafından resmi adlama olarak benimsenmiştir. Akdağmadeni Litodeminin yaşı kesin bilinen en yaşlı örtüleri Lütésiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu ve Paleosen yaşlı Kılıçlı Olistostromu olup, açılal uyumsuz olarak bu birimi örtmektedir (Şekil 2 ve 3).

Akdağmadeni Litodemi oluşturulan kayaçlar, çoğunlukla grimsi beyaz renkli, masif, bol çatlaklı, yer yer breşik yapı gösteren mermerler ve kuvarsitlerden, az oranda ise biyotitlişistlerden ve kalkışitlerden oluşmaktadır. Birimin yaşı ile ilgili doğrudan herhangi bir bulgu elde edilememiştir. Ancak inceleme alanı içerisindeki metamorfitle, Lütésiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Yılmaz ve diğerleri (1995), metamorfitleerin yaşının Maestrihtiyen-Paleosen öncesi olarak benimsene-bileceğini öne sürmüştür. Ancak bölgesel ölçekte Akdağmadeni Litodemi'nin yaşı, birçok araştırmacı tarafından Paleozoyik olarak kabul edilmektedir.

Tekelidağı Karışığı (Kt)

Tekelidağı Karışığı (Kt), inceleme alanınada, Kisliyatak ultrabazitleri (Ktk), Subaşı kireçtaşı (Kts) ve Şeyhhalil kireçtaşından (Ktş) oluşmaktadır.

Kisliyatak ultrabazikleri (Ktk)

Tekelidağ Karışığı içerisinde yeşilimsi mavi, yer yer beyaz renkli, çoğunlukla ultrabazik daha az oranda bazik serpantinleşmiş peridotit, harzburjit ve serpantinlerden oluşan birimler, Kisliyatak ultrabazikleri olarak adlandırılmıştır. Birim kuzeyden güneye doğru Berriyaziyen yaşlı Subaşı kireçtaşına, Santoniyen-Maestrihtiyen yaşlı Şeyhhalil kireçtaşına ve Lütésiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu ile Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonu üzerine bindirir bir ilişki sunarken, aynı zamanda Subaşı köyü güneyinde Karlık Tepe'de Berriyaziyen yaşlı Subaşı kireçtaşı ve Çobansaray köyü kuzeydoğusunda Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir (Şekil 2 ve 3). Tekelidağ Karışığının hamuru niteliğindeki Kisliyatak ultrabaziklerinin içerisinde değişik boyutlarda metamorfite, radyolarit/çört blokları gözlenmektedir.

Subaşı kireçtaşı (Kts)

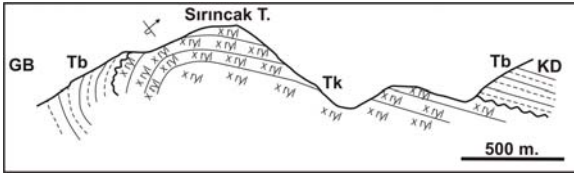
Taban düzeylerinde ofiyolitik kayaçlardan türemiş ince bir çakıltaşı ile başlayan sarı-bej renkli kireçtaşlarına üste doğru ise kumlu kireçtaşlarına geçen birim, hemen Subaşı köyü kuzeyinde ve Gölbaşı Tepe'de Kisliyatak ultrabazikleri üzerinde uyumsuz ilişki sunarken (Şekil 2 ve 3) kuzey-kuzeydoğu sınırı, tekrar Kisliyatak ultrabazikleri tarafından bindirme fayı ile üzerlenir. Karlık Tepe'nin doğu ve güney kenarında Lütésiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu'nu tektonik olarak üzerlemektedir. Birim içerisinde elde edilen paleontolojik bulgular *Remaniella cadischiana* (COLOM), *Calpionella elliptica* CADISCH, *Calpionellites darderi* (COLOM), *Calpionella alpina* LORENZ, *Tintinnopsella carpathica* MURG. ve FILIP. fosillerinin varlığını göstermektedir (Şekil 3). Bu fosil içeriği, birimin yaşının Berriyaziyen (Erken Kretase) olduğunu ortaya koymaktadır. Sınırlı bir alanda korunmuş küçük bir yüzlek olmakla birlikte, bu arazi gözlemleri ve paleontolojik bulgular Tekelidağ Karışığı oluşturulan ofiyolitik kayaçların en azından Berriyaziyen öncesinde oluşmuş olabileceğini göstermektedir.

Şeyhhalil kireçtaşı (Ktş)

Ercanlı (1997) ve Çerikçioğlu (1997) tarafından Şeyhhalil kireçtaşı olarak adlandırılan birim, pembe-bej renkli, ince-orta katmanlı, yoğun çatlaklı, yer yer çört bantları içeren pelajik kireçtaşlarından oluşmakta, D-B gidişli kuşaklar boyunca alt ve üst sınırları bindirmelerle sınırlı tektonik dilimler şeklinde yüzeylenmektedir (Şekil 2 ve 3). Özcan ve diğerleri (1980) ve Yılmaz (1994), Yılmaz ve diğerleri (1995), bu birime karşılık gelen bazı pelajik kireçtaşlarını Paleosen yaşlı Kılıçlı Olistostromu içerisinde blok olarak ayırtlamıştır. Paleontolojik incelemelerle birim içerisinde *Rosita fornicata* (PLUMMER), *Globotruncana* sp., *Marinotruncana* sp., *Dicarinella* sp., *Heterohelix* sp. fosilleri saptanmış olup, bu fosil içeriğine göre Şeyhhalil kireçtaşının yaşı Santoniyen-Maestrihtiyen (Geç Kretase) olarak belirlenmiştir.

Tersiyer Birimleri**Kılıçlı Olistostromu (Tk)**

Gri-yeşil renkli silttaşı ve kumtaşı, yastık yapılı volkanitler, silisleşmiş riyolitler, düzensiz geometri sunan volkanik-vokanoklastikler, mermer olistolitleri ve tüflerden oluşan Kılıçlı Olistostromu TSKB (1987) tarafından resmi adlama olarak kabul



Şekil 4. Sırcak Tepe’de Boğazköy Formasyonu ile Kılıçlı olistostromu arasındaki ilişkiyi gösterir kesit.

Figure 4. Cross-section showing the relationship between Boğazköy Formation and Kılıçlı Olistostrome on the Sırcak Hill.

edilmiştir. Lütesiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenen Kılıçlı Olistostromunun güney sınırı Fındıklı Tepe güneyinde, aynı birim üzerinde KD-GB gidişli bir hat boyunca gelişmiş bir ters fayla sınırlanmaktadır. Sırcak Tepe’de Boğazköy Formasyonu ile ilişkisi net olarak izlenmektedir (Şekil 4). Alterasyon nedeniyle kırmızı-sarı renkli olarak gözlenen birim içerisinde, yer yer silisleşmiş düzeyler gelişmiştir. Birim içerisindeki bloklar arasında hamur niteliğindeki kıltaşı, şeyl ve marnlı düzeylerden alınan yıkama örneklerinde; *Globigerina cf. trilocolinoides*, *Globigerinoides* sp., *Bulimina* sp., *Bolivina* sp., *Anomalinoides* sp., *Siphonodosaria* sp., *Nonion* sp. ve *Rotalidae* fosillerine göre birimin yaşı Paleosen’dir (Şekil 3). Birimi oluşturan kayaların düzensiz iç yapısı ve litolojik özellikleri, havza kenarından devamlı gravitasyonel kaymalarla blok boyutlu malzemelerin taşındığı, volkanik etkinliğin fazla olduğu duraysız nitelikteki denizel-litoral bir ortamda çökelmiş olabileceğini göstermektedir. İnceleme alanı içerisinde tabanı gözlenemeyen bu birimin temelinde bölgesel ölçekte yaygın olarak yüzeyleyen Tekelidağ Karışığı’nın olduğu söylenebilir.

Boğazköy Formasyonu (Tb)

Özcan ve diğerleri (1980), Eosen yaşlı gri, gri-yeşil renkli kırıntılıları Boğazköy Formasyonu olarak adlandırmış ve TSKB (1987) tarafından resmi adlama olarak benimsenmiştir. Yaklaşık D-B gidişli bir hat boyunca yüzeyleyen birim, Akdağmadeni litodemi kayalarının ve Paleosen yaşlı Kılıçlı Olistostromu’nun üzerine uyumsuzlukla gelmekte, Tekelidağ Karışığı ve Kılıçlı Olistostromu tarafından tektonik dokanakla üzerlenmektedir (Şekil 2 ve 3). Birim genellikle kısmen volkanik kökenli çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, marn aralanması ve bunlar içerisindeki

ince volkanik akıntılardan ve merceksi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim içerisindeki merceksi kireçtaşlarından alınan örneklerdeki paleontolojik incelemelerle *Orbitolites complenatus* LAMARCK, *Lockhartia aff. haimeii* (DAVIES), *Nummulites* sp., *Alveolina* sp., *Textularia* sp., *Cribratulina* sp. ve *Miliolidea* mikrofosilleri saptanmıştır (Şekil 3). Bu birimin çökel türü ve fasiyes özellikleri, yer yer kırıntılı getirimin fazla olduğu sığ denizel bir ortamda ve Lütesiyen’de çökelmiş olduğunu göstermektedir.

Pazarcık Volkanitleri (Tp)

Akdağmadeni ve Yıldızeli arasında genelde D-B gidişli bir kuşak boyunca volkanik-volkanotortul ve tortul kayaların egemen olduğu ve yanal/düşey yönde sık değişim sunan Eosen yaşlı birimler için farklı adlamalar kullanılmıştır (Özcan ve diğerleri, 1980; Gökten, 1993; Yılmaz ve diğerleri, 1995; Çerikçioğlu, 1997; Ercanlı, 1997; Kalkan, 1997). Bozunma yüzeyi koyu gri- siyah, taze yüzeyi siyah renkli bazaltik andezitler ve bazaltlar ile siyah-yeşil renkli yer yer bazaltik akıntılar içeren aglomeralardan oluşan birim, Özcan ve diğerleri (1980) tarafından Pazarcık Volkanitleri olarak adlandırılmış ve resmi adlama olarak kabul edilmiştir. Karakaya, Kapıköy ve Sarıçal köyleri arasında ve Karlık tepe güneyinde yüzeyleyen birim, Lütesiyen yaşlı kırıntılı kayalardan oluşan Boğazköy Formasyonu ile yanal/düşey geçişlidir (Şekil 2 ve 3). Bağlayıcı malzemesi genelde camsı tuf olup, çakıl boyutundan blok boyutuna kadar değişen bazalt ve andezitlerden oluşan aglomeralar, formasyonun üst düzeylerini oluşturmaktadır. Pazarcık Volkaniti, Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Sivas Tersiyer havzası içerisinde yaygın olarak gözlenen bu volkanitlerin doğu uzantısında volkanik-volkanotortul kayalar, içerisindeki fosilli kireçtaşı düzeylerinden saptanan verilere göre Lütesiyen yaşlı Çağlayan Formasyonu olarak adlandırılmış (Gökten, 1993), benzer paleontolojik bulgular Yıldız Irmağı vadisi içerisinde Kalkan (1997) tarafından da belirlenmiştir. Yıldız Irmağı vadisinde yüzeyleyen bazaltik kayalardan elde edilen K-Ar yaşı $46,2 \pm 0,17$ Milyon yıl olarak saptanmıştır (Tatar ve diğerleri, 2004). Yanal/düşey yönde değişen stratigrafik ilişki ve yaş bulguları, Pazarcık Volkanitlerinin yaşının Lütesiyen-Priyaboniyen (?) olduğunu göstermektedir. Aynı stratigrafik ve yaş ilişkisi, farklı adlamalar kullanılmış olmakla birlikte,

Yavu GB'sında Ercanlı (1997) ve Çerikçioğlu (1997) tarafından da gözlenmiştir.

İncesu Formasyonu (Ti)

Kırmızı, kırmızı-gri renkli gevşek çimentolu yer yer çapraz katmanlı çakıltası, kumtaşı yer yer silttaşından oluşan birim, Yılmaz (1981) tarafından İncesu Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Yılmaz ve diğerleri (1995), İncesu Formasyonu'nu Derindere, Aydoğmuş ve Porsuk üyesi olmak üzere üç üyeye ayırmış ve TSKB (1987) tarafından resmi adlama olarak kabul edilmiştir. Birim içerisinde yer yer karbonat çimentolu çakıltası bantları yüzeylenmektedir. Çakıltalarının çok tür bileşenli, kötü boylanmalı ve zayıf çimentolu olduğu gözlenmektedir. Birimi oluşturan kaya türlerinin nitelikleri, akarsu ortamında oluştuğunu, karbonatların bulunması, ortamın zaman zaman görsel bir nitelik kazandığını göstermektedir. Sivas'ın 25 km KB'sında bulunan Hayranlı köyü dolaylarında İncesu Formasyonu'nun kırıntılı birimleri içerisinde bulunan kemirgen (rodent) fosillere göre yaşı Geç Miyosen'dir (Ünay ve diğerleri, 2003).

Kuvaterner Birimleri

Travertenler (Qt)

Kaman köyünün 100 metre kuzeydoğusunda bol miktarda bitki kalıntısı içeren, gri-beyaz renkli ve gözenekli bir yapıya sahip traverten oluşumları, İncesu Formasyonu üzerinde açılı uyumsuz olarak gözlenmektedir. Birim topoğrafyaya uygun olarak yataya yakın bir tabakalanma göstermekte, güncel su çıkışına bağlı olarak çökeltim halen devam etmektedir.

Alüvyon (Qal)

Alüvyonlar; inceleme sahasında yüzeyleyen tüm birimler üzerine açılı uyumsuz olarak gelmekte ve genellikle bölgede yüzeyleyen birimlerin ayrışması, ayrışan kayaç parçalarının taşınarak özellikle dere yataklarında birikmesi ile oluşmuştur.

İNCELEME ALANININ TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

İç Anadolu'nun kuzey kesiminde metamorfik ve magmatik kayaç kütlelerini de içeren ofiyolitik karışıklardan oluşan kayaç toplulukları, hem kendi içerisinde hem de daha genç birimler üzerine kuzeyden güneye doğru bindirmeler şeklinde yerleşmiştir. Çankırı ve Sivas Tersiyer havzalarını kuzeyden sınırlayan bu birimler, ilk kez Brinkmann (1976) tarafından "Orta Anadolu Ofiyolit Kuşağı" olarak

adlandırılmıştır. Bu bindirme Tatar (1983) "Orta Anadolu Ofiyolit Bindirmesi" Yılmaz ve Özer (1984) tarafından "Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı" olarak adlandırılmıştır. Erzincan ilinin doğusundan Ankara yakınlarına kadar yaklaşık D-B gidişli 400 km uzunluğundaki bu kuşak, Neotetis okyanusunun kuzey kolunun kapanımının sonucunda gelişmiş ve İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı (IAEKK) (Şengör ve Yılmaz, 1983) olarak bilinmektedir. Şengör ve Yılmaz (1983), Geç Jura - Erken Kretase döneminin, Anadolu'da varlıkları tanınabilen, Neotetis ofiyolit yüzleklerinin çoğunun oluştuğu bir süreç olduğunu, IAEKK'nın oluşumuna neden olan Neotetis'in kuzey kolunun kapanımının, bindirmenin ve üste itilme olayının Geç Kretase'den Eosen sonuna kadar devam ettiğini belirtmektedir. Buna karşılık Okay (1983), mavişist verilerine dayanarak Geç Kretase'de gerçekleşmiş olabileceğini öne sürmektedir. Sonraki çalışmalar kapanmanın diyakron olarak gelişimini sürdürdüğünü, batıda geç Kretase'de başladığını, doğuda ise erken Eosen'e kadar devam ettiğini ortaya koymuştur (Görür ve diğerleri, 1983; Tüysüz, 1993).

IAEKK'nın genel uzanımı, İzmir-Eskişehir-Ankara ve Ankara-Yozgat arasında farklı geometri sunmaktadır. Yozgat, Sivas ve Erzincan arasında ise yaklaşık D-B gidişli bir konuma sahiptir. Kuşağın batı, orta ve doğu kesimlerinin gerek uzanım geometrisinin gerekse kapanım sürecinin farklılık taşıdığı da gözönüne alınarak, Koçyiğit ve diğerleri (1995) nin çalışmalarında yaptığı gibi, IAEKK'nın kısımlara ayrılarak incelenmesinde yarar olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada da bu tektonik çatı içerisinde bindiren birimlerin yalnızca "ofiyolit" veya onun karışımından oluşan bir karışık olmaması ve coğrafik olarak sadece "kuzey" ifadesinin yeterli olmadığı düşüncesi ile IAEKK'nın Yozgat'tan Erzincan'a kadar uzanan yaklaşık 400 km lik kısmının Orta Anadolu Bindirme Kuşağı (OABK) olarak adlandırılması benimsenmiştir.

Bölgede yaklaşık K-G yönlü sıkıştırma kuvvetlerinin etkisi ile Eosen yaşlı birimlerde ve Geç Miyosen yaşlı karasal çökeller içerisinde büyük ve küçük ölçekli birçok fay oluşmuştur. OABK, Tekelidağ Karışığı ile Tersiyer yaşlı birimler arasında gelişmiş olup, ayrıca Tekelidağ Karışığı üzerinde bulunan Geç Miyosen yaşlı çökellerin kuzey dokanağında ve Tekelidağ Karışığı'nın kendi içerisinde kuzeyden güneye doğru büyük açılı ters faylar da gelişmiştir.

Uyumsuzluklar

İnceleme alanında yüzeyleyen kaya birimleri arasındaki ilk belirgin uyumsuzluk Tekelidağ Karışığı'na ait Berriyaziyen yaşlı Subaşı kireçtaşı ile Kisliyatık Ultrabazikleri arasında gözlenmektedir. Erken Alpin dönemi içerisinde gelişen bu uyumsuzluk, olasılıkla Geç Kimmeriyen evresine karşılık gelmektedir. Paleosen yaşlı Kılıçlı olistostromunun iç yapısı ve fasiyes özellikleri bir orojenez evresinin bulunduğunu göstermektedir. Taban ilişkisi inceleme alanı içerisinde gözlenemeyen Kılıçlı Olistostromu'nun hem düzensiz iç yapısı ve hem de üzerinde yer alan Lütesiye yaşlı Boğazköy Formasyonu ile ilişkisi, Yılmaz diğeri (1995)'nin Kılıçlı Olistostromu için "*Üst Kretase yaşlı kırınıtlı kayalarının da kendi içerisinde yer yer olistostromal yapıda olduğu ve Olistostromun da olasılıkla Üst Kretase sırasında gelişen bir havza ürünü olduğu, dolayısıyla biri Üst Kretase diğeri Eosen'de olmak üzere iki ayrı napın gelişimini yansıttığı*" görüşü ile uyuşmamaktadır. Aynı araştırmacılar, Kılıçlı Olistostromu'nun yaşını Eosen olarak vermektedir. Ancak inceleme alanı içerisinde Lütesiye yaşlı Boğazköy Formasyonu ile uyumsuz ilişkisi (Şekil 2, 3 ve 4) bu genellemeyi doğrulamamaktadır. Türkiye genelinde oldukça şiddetli geçen Alpin dağoluşumunun Laramiyen evresi, aynı zamanda Neotetis okyanusu kuzey kolunun kapanım sürecinin (Şengör ve Yılmaz, 1983), nap hareketlerinin en yoğun olduğu ve İç Anadolu'da birçok magmatik sokulumun (Gökten, 1993; Alpaslan ve Boztuğ, 1997; ayrıca ayrıntılı referans için Boztuğ, 2000) devam ettiği dönemdir. Paleosen yaşlı Kılıçlı olistostromu ile Lütesiye (Orta Eosen) yaşlı Boğazköy Formasyonu'nun birbirlerinden farklı fasiyes ve tabakalanma ilişkisi sunması da her iki birim arasında bir uyumsuzluğun olabileceğini açıkça ortaya koymaktadır. İlk kez Anadolu'da saptanmış olan Paleosen-Eosen arasındaki bu orojenezin Orta Alpin döneminin Anadolu fazına karşılık geldiği ve Anadolu'nun değişik kesimlerinde Paleosen'den Orta Eosen sonuna kadar olistostromal oluşumların varlığı ile bilinmektedir (Gökten, 1983; Gürsoy ve diğeri, 1993). İnceleme alanı içerisinde karasal (akarsu) ortamda çökelmiş olan Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu ise diğeri birimler üzerine açılı uyumsuz olarak gelmektedir. Yılmaz ve diğeri (1995)' e göre Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı verilen bu birimin Sivas Tersiyer Havzası içerisinde Oligosen ve Erken Miyosen yaşlı birimler üzerinde de açılı uyumsuz olarak yer alması, Orta-Geç Alpin döneminde de yoğun tektonik hareketlerin

devam ettiğini ve bu uyumsuzlukların gelişmesine yol açtığını göstermektedir.

Kıvrımlar

Santoniyen-Maestrihtiyen yaşlı Şeyhhalil kireçtaşı ve Lütesiye yaşlı Boğazköy Formasyonu içerisinde bir çok kıvrım gözlenmektedir. Şeyhhalil kireçtaşlarındaki kıvrımların eksen gidişlerinin çok değişken ve küçük boyutlu olması, bunların birkaç değişik evrede kıvrımlanmış olabileceği gibi, Tekelidağ Karışığının oluşumu ve taşınması sırasında da gelişmiş olabilir. Lütesiye yaşlı Boğazköy Formasyonu'nda ve Kılıçlı Olistostromundaki kıvrımların eksenlerinin yaklaşık D-B doğrultulu, genelde güney kanatlarının daha fazla eğimli asimetric kıvrımlar olduğu gözlenmektedir. Özellikle bindirme ve ters faylanma şeklinde gözlenen tektonik dokanıklara yakın kesimlerde kıvrımlanmalar daha belirgindir (Şekil 2 ve 3). Kılıçlı Olistostromu içerisinde küçük ölçekli kıvrımlanmalar daha yaygındır. Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonu içerisinde daha çok açık kıvrım olarak nitelendirilebilecek KD-GB gidişli kıvrımlar gelişmiştir. Bu kıvrımların eksenleri, sıkışma rejimine bağlı olarak gelişmiş bindirme faylarının genel gidişlerine paralellik sunmaktadır. Bölgede en belirgin kıvrımlar Cırlavıkdere devrik senklinali, Sırıncaektepe antiklinali olarak adlandırılmıştır.

Cırlavıkdere devrik senklinali

İnceleme alanında belirlenen en önemli kıvrımlardan birisi Kaman köyü doğusunda Cırlavık dere içerisindeki İncesu Formasyonu'nda gözlenen kuzeye devrik senklinaldir (Şekil 2). Kıvrım eksenini KD-GB gidişli olup, İncesu Formasyonu içerisindeki karbonat çimentolu çakıllı tabakalar, Cırlavık derenin her iki kenarında güneye eğimlidir. İncesu Formasyonunun karbonat çakıllı seviyeleri, Cırlavık dere güney yamacında Lütesiye yaşlı Boğazköy Formasyonunun Eğrekburnutepe geri bindirmesi nedeniyle kuzeye doğru devrik bir yapı kazanmıştır. Bu kıvrımlanma aynı zamanda Bölgede KB-GD yönlü sıkışma rejiminin Üst Miyosen sonrasında da devam ettiğini göstermektedir.

Sırıncaektepe Antiklinali

Sarıçal köyünün kuzeyinde Aşılık ve Fırın tepelerini birleştiren hat boyunca yüzeyleyen Kılıçlı Olistostromuna ait silisleşmiş riyolit ve riyolitik tüfler, asimetric ve yer yer güneye devrik bir antiklinal oluşturmaktadır (Şekil 4). Antiklinalin kıvrım eksenini D-B gidişli

olup, yaklaşık 1 km kadar belirgin olarak izlenebilmektedir.

Faylar

İnceleme alanında bulunan faylar, çoğunlukla bindirme ve ters faylardan daha az olarak da doğrultu atım bileşenli küçük ölçekli normal faylardan oluşmaktadır. Bölgede etkin olan neotektonik rejimle ilgili yaklaşımda bulunabilmek amacıyla Kale Tepe dolaylarında Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu içerisindeki bir yol yarmasında gözlenen bu faylar ölçülerek kinematik analizleri yapılmış ve bölgede etkin olan sıkıştırmanın doğrultusu KKB-GGD; açılma doğrultusu ise buna dik yönde, DKD-BGB olduğu görülmektedir (Şekil 5 ve 6).

Orta Anadolu Bindirme Kuşağı Fayları

Orta Anadolu Ofiyolit Bindirmesi (Tatar, 1982) ya da Orta Anadolu Ofiyolit Kuşağı (Brinkmann, 1976) üzerinde bulunan inceleme alanında birbirine paralel BGB-DKD uzanımlı kuzeyden güneye doğru gelişmiş bindirmeler, Tekelidağ Karışığı'na ait ofiyolitik kayaçlarla Tersiyer yaşlı kayaçlar arasında gelişmiş olması nedeniyle Yılmaz ve Özer (1984) tarafından Kuzey Anadolu Bindirme kuşağı olarak adlandırılmıştır. Bu çalışmada ise genelde birbirine paralel 3 ana bindirme fayının yanı sıra (Melkiştepe, Alaçam, Karakuşyuvası Bindirmeleri) ve uzunluk olarak daha küçük faylar haritalanmış ve bu faylarının hepsi Orta Anadolu Bindirme Kuşağı adı altında değerlendirilmiştir (Şekil 2).

Melkiştepe Bindirmesi

Tekelidağ Karışığı ile Eosen yaşlı birimleri birbirinden ayıran ana bindirme fayı, yaklaşık D-B doğrultusunda uzanmaktadır (Şekil 2). Kuzey Anadolu Bindirmesinin Tekelidağ Karışığına ait birimlerle Lütesiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu arasında gözlenmesi ve Çobansaray köyü BKB'sında Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu tarafından kısmen örtülmesi, ilk gelişim hareketinin Eosen sonrası-Üst Miyosen öncesi bir dönemde olduğunu göstermektedir. Ancak Subaşı köyü güneyindeki Karlık Tepe güney eteğinde çok küçük bir alan içerisinde İncesu Formasyonu üzerine bindirmiş bir ilişki gözlenir.

Alaçam Bindirmesi

İnceleme alanının kuzeyinde Tekelidağ Karışığı içerisinde ayırtılan Kisliyatak ultrabazikleri ile Santoniyen-Maestrihtiyen yaşlı Şeyhhalil kireçtaşı ve bunlar üzerinde uyumsuz

olarak bulunan Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu dokanağında 2 metre kalınlığında ezik-breşik bir zon gelişmiştir. Çobansaray köyü kuzeyinde serpantinleşmiş ultrabazikler üzerinde uyumsuz olarak bulunan Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu'nun kuzey sınırına kuzeyden tekrar ofiyolitik kayaçların bindirmesi, Alaçam bindirmesinin Üst Miyosen sonrası bir dönemde oluştuğunu göstermektedir.

Karakuşyuvası Bindirmesi

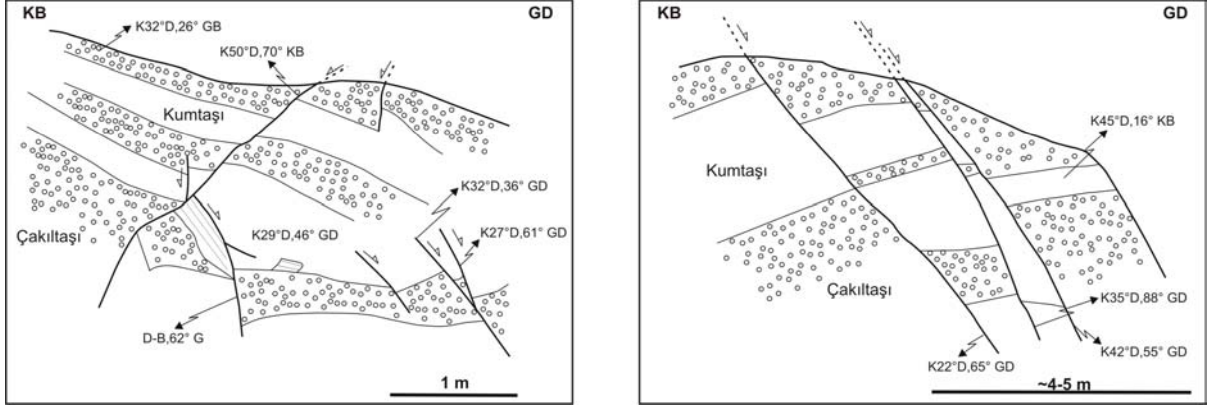
Kaman köyü kuzeydoğusundaki Karakuşyuvası tepeden başlayıp, batıda Kılıçlı Olistostromu'nun güney dokanağına kadar uzanan hat boyunca izlenebilen bindirme, Karakuşyuvası bindirmesi olarak adlandırılmıştır. Karakuşyuvası bindirmesi, Kaman köyü dolayında Lütesiyen yaşlı Boğazköy Formasyonu ile Akdağmadeni Litodemi sınırında gelişmiştir (Şekil 2).

Kaman Bindirmesi

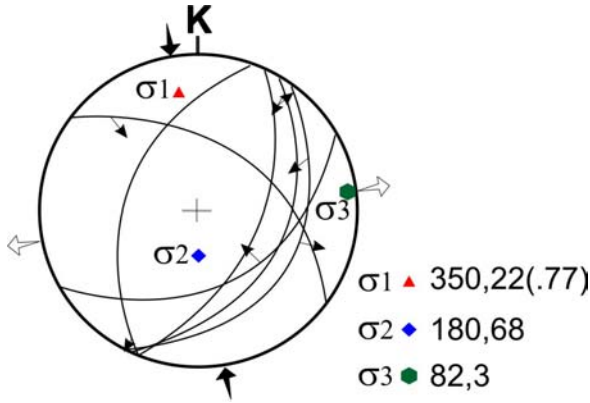
Kaman köyünün güneydoğusunda bulunan Cırlavık dere kuzeyindeki yamaçta Boğazköy Formasyonu ile Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu arasında gözlenen bindirme fayı Tatar (1983) tarafından Kaman bindirmesi olarak adlandırmıştır (Şekil 2). Bu fay boyunca kuzeyde yer alan Boğazköy Formasyonu Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonu üzerine kuzeyden güneye doğru itilmiş olarak gözlenmektedir. Güneye doğru 60°-72° arasında değişen eğimli İncesu Formasyonuna ait özellikle karbonat çimentolu çakıltaşı tabakalarının uçları, kuzeye doğru 60°-70° eğimli Boğazköy formasyonuna ait tabakalar tarafından kesilmekte ve bu kesimlerde tabaka başları oldukça fazla eğim kazanmaktadır. Bu eğim ilişkileri, Kaman bindirmesinin yüksek açılı ters fay karakterinde olduğunu ve her iki kaya birimi arasında gelişen bindirme hareketinin küçük boyutlu olduğunu göstermektedir. İnceleme alanının güney bölümlerinde İncesu Formasyonu kayaçlarının eğimleri 3° ile 30° arasında değişmekle birlikte, Kaman bindirmesi boyunca eğimin yine güneye olduğu ve 50° ile 72° arasında değiştiği gözlenmektedir.

Eğrekburnutepe Geri Bindirmesi

Cırlavık dere güney yamacında İncesu Formasyonu'nun güneye doğru Boğazköy Formasyonu ve Pazarcık Volkanitlerinin altına doğru eğimli olduğu saptanmıştır. Tabaka içerisinde gelişen sedimanter yapılarait veriler bu tabakaların ters dönmüş olduğunu, Cırlavık



Şekil 5. İncesu Formasyonu içerisinde Kale Tepe’de gözlenen küçük ölçekli fayların görünümü
Figure 5. Sketch views of small scale faults developed within the İncesu Formation on the Kale Tepe



Şekil 6 İncesu Formasyonunda ölçülen fayların kinematik analiz sonuçları (Carey (1979) yöntemi).

Figure 6. The fault kinematics results obtained from the İncesu Formation (by Carey (1979) methods).

dere içerisinde yüzeyleyen İncesu Formasyonuna ait karbonat çimentolu çakıltaşlarının kuzeye doğru devrik bir senklinal oluşturduğunu göstermektedir. İncesu Formasyonu ile Boğazköy Formasyonu’nu ayıran hattın güneyden kuzeye doğru gelişmiş bir geri bindirme (backthrust) olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 2 ve 3).

Normal Faylar

İnceleme alanının orta kesiminde Üyükyaylası köyü 1 km kuzeyinde İncesu

Formasyonu'nun temele yakın yüzlelerinde küçük ölçekli normal faylanmalar gelişmiştir. K60°-70°D, 80°-85° GD durumlu birbirine paralel olarak gelişmiş olan bu faylarda 2-3 metreye varan eğim atım gözlenir. Bunların dışında Kale tepenin güneyinde yol yarması boyunca küçük ölçekli çok sayıda vevv atım bileşenli faylar saptanmıştır (Şekil 5).

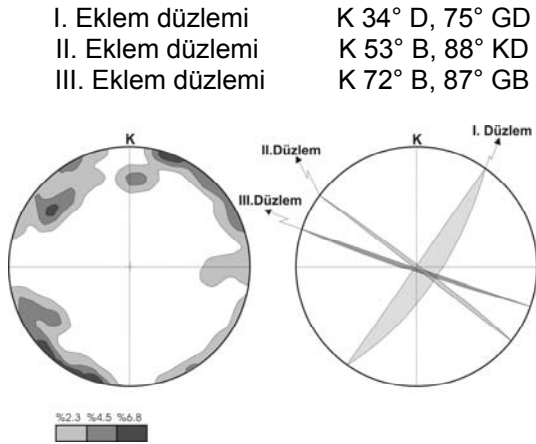
Diğer küçük ölçekli Faylar

İnceleme alanında haritalanabilecek büyüklükte doğrultu atımlı faylar gözlenmemekte, ancak arazide görünümleri üzerindeki atım miktarları birkaç cm den 75 cm ye kadar değişen ve daha çok Tekelidağ Karışığı'nın içerisindeki Şeyhhalil kireçtaşlarında gelişmiş küçük faylar saptanmıştır. Bunların bir kısmı küçük ölçekli doğrultu atımlı faylar olmakla birlikte bir kısmı ise köksüz ve ilksel konumları belirgin olmayan kireçtaşı blokları içerisinde çökme ile yaşıt (sinsedimanter) normal fay niteliğindedir.

Eklemler

İnceleme alanında yüzeyleyen kayaçlar içerisinde, bölgede egemen olan sıkıştırma kuvvetleri nedeniyle Santoniyen-Maestrihtiyen yaşlı pelajik kireçtaşlarında ve Eosen yaşlı kayaçlarda yoğun çatlak sistemleri gelişmiştir. Lütésiyen yaşlı Boğazköy Formasyonunda ölçülen eklem düzlemlerinden yapılan kontur diyagramlarından elde edilen sonuçlar, üç farklı doğrultuda egemen eklem düzleminin geliştiğini göstermektedir (Şekil 7).

Eklemlerin, fayların kinematik analizlerinden bulunan KKB-GGD yönlü



Şekil 7. Boğazköy Formasyonuna ait eklem düzlemlerinin (50 ölçü) kontur diyagramı
Figure 7. Contour diagram showing the measured joint planes of Boğazköy Formation (50 measurements)

sıkışma etkinliği nedeniyle oluşan makaslama eklemleri niteliğinde olduğu düşünülmektedir.

Landsat-Tm Görüntüsü Üzerinde İnceleme Alanı ve Yakın Dolayının Çizgisellik Analizi

İnceleme alanı ve yakın çevresini kapsayan Landsat-Tm uydu görüntüsüne filtre uygulanarak çizgisel yapıların net olarak ortaya çıkarılması sağlanmıştır (Şekil 8, 9 ve 10). Tektonik çizgiselliklerin ortalama doğrultularının KD-GB olması nedeniyle, filtreler (Sun Filter) KD ve KB doğrultularında uygulanmıştır. KD yönünde uygulanan filitrede amaç KB-GD çizgisellikleri, KB yönünde uygulanan filitre ise KD-GB doğrultulu çizgisellikleri ortaya çıkartmaktır (Şekil 9, 10).

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İnceleme alanında yüzeyleyen Tekelidağ Karışığı, ayrıntılı olarak haritalanarak kendi içerisinde 3 ayrı birime ayrılmıştır. Bu karışık içerisinde ilk kez bu çalışmada ayrılan ve ultrabazik kayalardan oluşan bir temel üzerine uyumsuz olarak gelen mikritik kireçtaşlarından oluşan birim, Subaşı kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Subaşı kireçtaşının ofiyolitik kayalar üzerinde paraotokton biçimde uyumsuz olarak bulunması, bölgede Alt Kretase öncesi yaşlı okyanusal kabuğa ait kayalardan oluşan bir temelin varlığını işaret etmektedir. Özellikle ofiyolitik karışık içerisinde genelde ofiyolitik dizi ve onun sedimanter örtüsünün

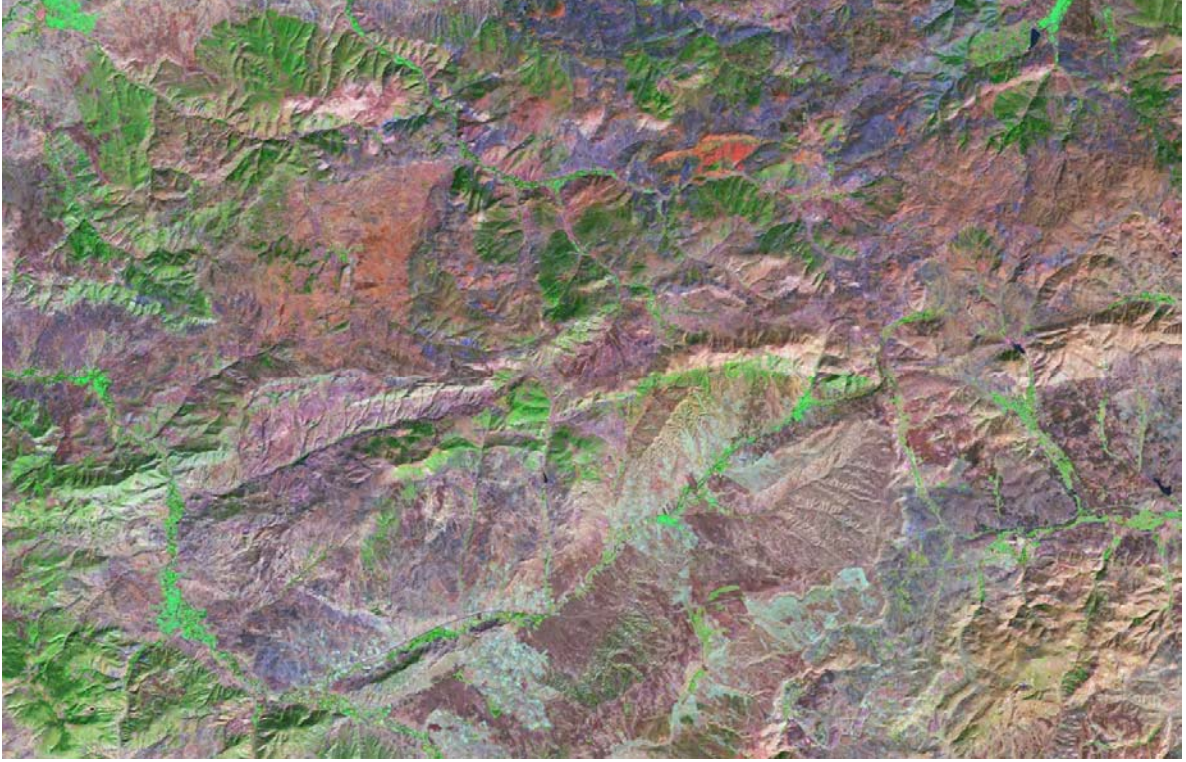
ilksel ilişkilerinin bozulmuş olması, ofiyolitlerin oluşum yaşının alt sınırını belirlemede doğası gereği önemli güçlükler taşıdığından küçük bir alan içerisinde gözlenen bu bulgu, bu açıdan önemlidir. Benzer ilişkiyi destekler başka bulgular Neotetis'in kuzey kolu üzerindeki yorumlara değişik katkılar sağlayacaktır.

İnceleme alanında düzensiz bir iç yapıya sahip değişik kökenli kayalara ait çeşitli bloklar içeren ve kıltaşı, siltaşı, marn, yastık yapıları volkanit ve silisleşmiş riyolit içeren birimin, daha önceki çalışmalarda Kılıçlı Olistostromu olarak adlandırılan birime eşdeğer olduğu, ancak bu birimin stratigrafik konumuna göre inceleme alanındaki yüzleşimin Paleosen yaşlı olabileceği anlaşılmaktadır.

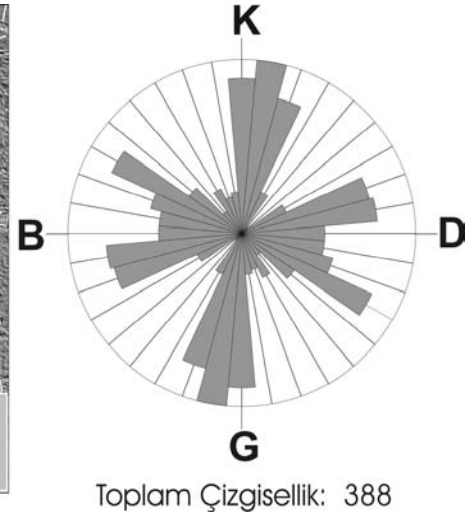
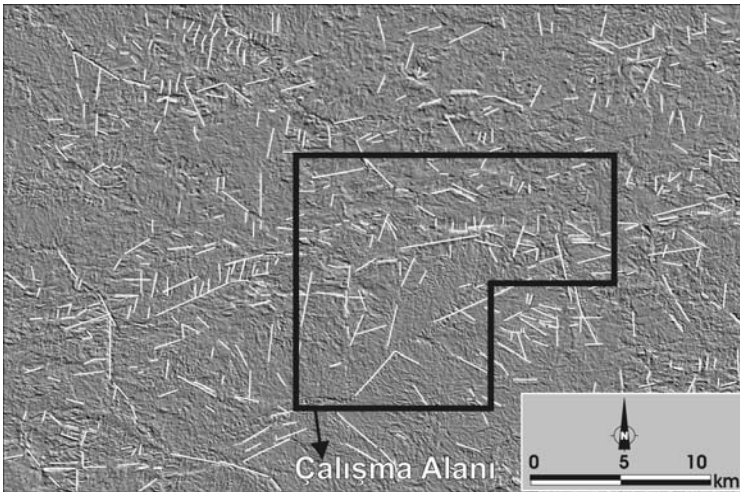
Orta Anadolu Bindirme Kuşağının inceleme alanı sınırları içerisinde kalan kesiminde 3 ayrı ana bindirme fayı haritalanmıştır. Bu fayların kuzeyden güneye doğru bindirmeler şeklinde geliştiği gözlenmektedir. Söz konusu bindirme faylarının Tekelidağ Karışığı üzerinde uyumsuz olarak yer alan Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonunu da etkilemiş olması nedeniyle bölgede bindirme kuşağını oluşturan sıkıştırma rejiminin Üst Miyosen sonrasında da devam ettiğini ortaya koymaktadır.

Bölgede gözlenen Orta Anadolu Bindirme Kuşağını oluşturan bindirmelerin yapısal gidişleri ile Eosen ve Üst Miyosen yaşlı birimlerde gözlenen kıvrım eksenlerinin yapısal gidişleri ile kinematik olarak uyumluluk sunmaktadır. Ayrıca Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonundan elde edilen sınırlı fay kinematiki verileri de K10°B-G10°D doğrultulu bir sıkıştırma yönünü işaret etmektedir. Yıldızeli bölgesinde Gökten (1993) tarafından yapılan çalışmada Pliyosen sırasında egemen olan genişlemelerle Pliyosen yaşlı kireçtaşlarını da etkileyen D-B yönelimli normal faylanmaların oluştuğunu ve Pliyosen sonrasındaki önceki çekim faylarının canlanması sonucunda KD-GB uzanımlı Çağlayan grabeninin meydana geldiğini belirtmektedir. Yazar Geç Miyosen'den sonra genel olarak bütünüyle genişlemeli karakterde süren tektoniğe dayanarak, bölge için Neotektonik dönem başlangıcının Geç Miyosen olduğunu kabul etmektedir. Ancak gerek bu çalışma alanı gerekse daha doğuda yapılan çeşitli çalışmalarda saptanan Kuvaterner yaşlı akarsu çökellerindeki normal faylanmaların (Gürsoy ve diğerleri, 1992) ve Sıcak Çermik travertenlerinde gelişen yapıların (Mesci, 2004) oluşumlarını denetleyen tektonik rejimin genişlemeli neotektonik rejim olmadığını, halen bu bölgelerin sıkışmalı

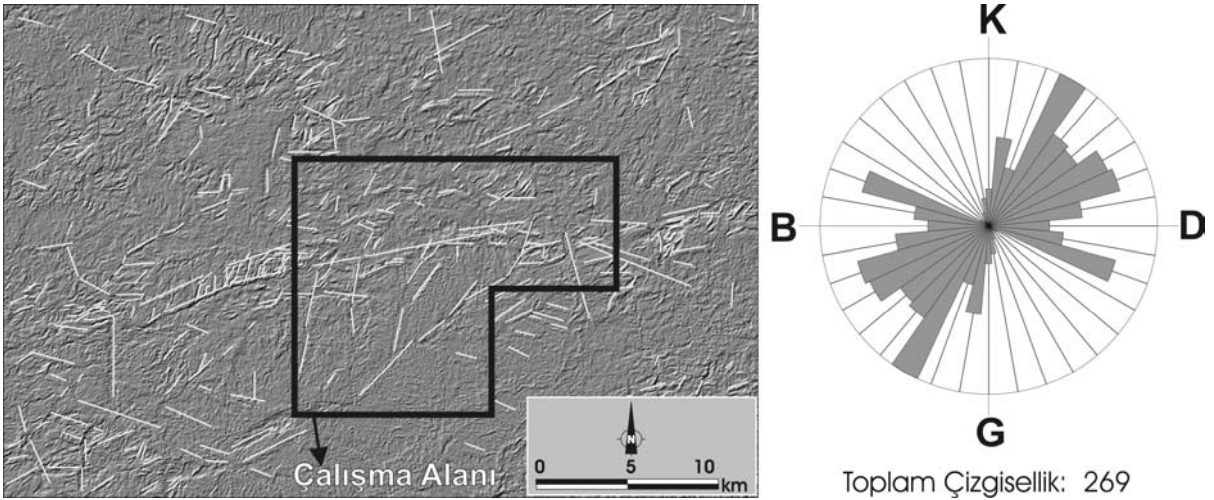
Uydu: Landsat – Tm, **Çözünürlük :** Geometrik düzeltme yapıldıktan sonra 1 piksel = 27.5 m.
Türü : RGB (Red, Green, Blue), **Kanallar :** 3, 4, 5



Şekil 8. İnceleme alanını kapsayan Uydu görüntüsünün 3,4,5 (RGB) kombinasyonu
Figure 8. Satellite image 3,4,5 (RGB) combination of the study area.



Şekil 9. İnceleme alanının uydu görüntüsü üzerinde KD yönünde filtre uygulanması sonucu elde edilen çizgisellik analizi
Figure 9. Lineament analysis of the study area (filter applied from NE to SW)



Şekil 10. İnceleme alanının uydu görüntüsü üzerinde KB yönünde filtre uygulanması sonucu elde edilen çizgisellik analizi
Figure 10. Lineament analysis of the study area (filter applied from NW to SE)

tektonik rejim denetiminde olduğunu göstermektedir. Sıkışmalı tektonik rejim altında K-G uzanımlı açılma çatlaklarının gelişiminin yanı sıra, bazı durumlarda K-G yönlü sıkışmalı rejim altında gelişen kıvrımların ve bindirmelerin yükselen kısımlarında ortaya çıkan genişleme türü gerilmelerle de kinematik açıdan D-B uzanımlı normal faylanmaların oluşması olanaklıdır. Bunun en somut örneklerinden birisi, 1980 El-Asnam (Cezayir) Depreminin (M=7.3) odak çözümlemesine göre KD-GB gidişli bindirme türü bir faylanma vermesine karşın, bu faylanmanın üzerleyen bloğu üzerinde bindirme fayının geometrisine paralel olarak gelişmiş grabenler ve uzamış kademeli çöküntüler biçiminde yüzey kırıkları oluşmuştur (Yielding ve diğerleri, 1981; Philip ve Mehraoui, 1983). Sivas il merkezi batısındaki Kuvaterner yaşlı Kızılırmak nehrinin teras çökelleri içerisindeki kum ocaklarında gözlenen normal faylanmalar (Gürsoy ve diğerleri, 1992) ve hemen kuzeyinde gözlenen yaklaşık KD-GB uzanımlı Pliyosen sonrasında gelişen Sivas Geri Bindirmesi (Poisson ve diğerleri, 1996) El-Asnam'daki (Cezayir) örneğe benzer türdeki tektonik yapılarıdır. Bu türden normal faylanmaların varlığına dayanarak bölgenin neotektonik rejiminin sıkışmalı karakterden genişlemeli karaktere dönüştüğünü öne sürebilmek için, henüz yeterli veri olmadığını düşünmekteyiz.

Saha çalışmaları sırasında alınan eklem ölçümlerinden yararlanılarak yapılan kontur diyagramlarından elde edilen K34°D,

75°GD durumlu eklem düzlemi, uydu görüntüleri üzerinde yapılan çizgisellik analizinden elde edilen çizgisel yapılara genel olarak paralellik sunmaktadır. Çizgisellik analizinden elde edilen K80°-90°D doğrultusundaki yoğunlaşma, bindirme faylarının ve kıvrımların gelişimini kontrol eden sıkıştırma tektoniği ile ilişkili olmalıdır. Uydu görüntüleri üzerindeki çizgiselliklerde K20°D doğrultulu yoğunlaşma ise bölgeyi etkileyen ana sıkıştırma yönüne aykırı bir konumda bulunmaktadır. Bunların küçük ölçekli makaslama düzlemlerinin gelişimi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir (Şekil 9 ve 10). Bölgenin uydu görüntüleri üzerinde gözlenen süreksizlik düzlemlerinin, kaya birimlerinin gerek yaş gerekse litolojik özelliklerine göre belirgin bir farklılık sunduğunu gösterir veri olmaması nedeniyle bunların oluşumlarını eski, geçiş ve yeni tektonik dönem biçiminde ayırtlanmasını güçleştirmektedir. Bu türden bir ayırtlanmanın yapılamamasının bir diğer nedeni, jeolojik zaman içerisinde şiddeti yer yer azalmış olsa bile, genelde bölgenin Geç Kretase'den bu yana tek türde bir rejim (sıkışma rejimi) altında olmasından kaynaklanmaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu makale, Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı'nın desteği (M-104 nolu proje) ile yürütülen Yüksek Lisans Tez çalışmasından elde edilen bulgular ve Sivas havzasında değişik dönemlerde yapılan gözlemsel ağırlıklı çalışmalardan elde edilen

verilerle hazırlanmıştır. Tez çalışması ile ilgili katkılarından dolayı Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Alparslan, M., 1993, Yıldızeli Metamorfitlerinin Petrolojik incelenmesi. C.Ü. Fen Bilimleri Ens., Doktora Tezi 359 sayfa. (Yayınlanmamış)
- Alpaslan, M. ve Boztuğ, D., 1997, The co-existence of the syn-COLG and post-COLG plutons in the Yıldızeli (West of Sivas), Turkish Journal of Earth Sciences, 6, 1-12.
- Baykal, F. ve Erentöz, C., 1966, 1:500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Sivas): MTA Yayını 116s., Ankara.
- Bingöl, E., 1989, 1:2.000.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Sivas): MTA Yayını, Ankara.
- Boztuğ, D., 2000, S-I-A type intrusive associations: Geodynamic significance of synchronism between metamorphism and magmatism in Central Anatolia, Turkey, *Eds: Bozkurt, E., Winchester, J.A. and Piper, J.D.A., Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geol Soc., London, Spec. Publ., 173,441-458*
- Brinkmann, R., 1976, Geology of Turkey: Enke, Stuttgart, 158 s.
- Cater, J.M.L., Hanna, S.S., Ries, A.C., Turner, P., 1991. Tertiary evolution of the Sivas Basin, central Turkey. *Tectonophysics*, 195: 29-46.
- Carey, E., 1979, Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles, *Rev. Géol. Dynam. Géog. Phys.*, 21, 57-66.
- Çerikçioğlu, B., 1997, Yıldızeli-Akdağmadeni Arasındaki (Yavu Çevresi) Volkanik ve Volkanosedimanter Kayaçların Mineralojik -Petrografik ve Jeokimyasal incelemesi. C. Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi 121 Sayfa (Yayınlanmamış)
- Ercanlı, E., 1997, Yavu (Yıldızeli-Sivas) yöresinde Orta Anadolu bindirme kuşağının tektonostratigrafisi ve deformasyon biçimi, C. Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi 58 Sayfa (Yayınlanmamış)
- Gökten, E. 1993, Yıldızeli (Sivas) Güneyinde Akdağ Metamorfitleri ve Örtü Kayalarının Stratigrafisi ve Tektoniği. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni C. 36, s.83 - 93.
- Gökten, E. Kelling, G., 1991, Hafik kuzeyinde Senozoyik istifinin stratigrafisi ve tektoniği; Sivas-Refahiye havzası kuzey kenarında tektonik kontrol, *Ahmet Acar Jeoloji sempozyumu, Bildiriler kitabı*, 113-123, Adana
- Görür, N. Şengör, AMC. Akkök, R., Yılmaz, Y., 1983, Pontidlerde Neotetis'in kuzey kolunun açılmasına ilişkin sedimentolojik veriler, TJKB C. 26, s. 11-19
- Gürsoy H., Temiz, H. and Poisson, A.M. 1992 , Recent faulting in the Sivas area (Sivas basin, central Anatolia, Turkey). C.Ü. Müh. Fak. Derg., Seri A. Yerbilimleri, C. 9, S. 1, 11-18. s.
- Gürsoy H., Öztürk, A., ve İnan, S. 1993, Kelkit (Gümüşhane) ve yakın dolayının tektonostratigrafik gelişimi. Suat Erk Jeoloji Semp. Bildiriler Kitabı, s. 53-64 Ankara
- Ercanlı, E., 1997, Yavu (Yıldızeli - Sivas) Yöresinde Orta Anadolu Bindirme Kuşağının Tektonostratigrafisi ve Deformasyon Biçimi. C. Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 58 s. (Yayınlanmamış)
- Kalkan, E., 1997, Sivas Tersiyer Havzasının Kuzey Kenarının Çırçır-Hamzaşeyh Köyleri (Sivas KB) Arasındaki Kesiminin Jeolojik özellikleri. C.Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 87 sayfa (Yayınlanmamış).
- Koçbulut, F., 1998, Orta Anadolu Bindirme Kuşağının Alicik-Kızıllı (Akdağmadeni-Yıldızeli) Yöresindeki Jeolojik Özellikleri. 1998, Yüksek

- Lisans Tezi, C.Ü. Fen Bil. Enst. (Yayınlanmamış)
- Koçyiğit, A, Türkmenoğlu, A., Beyhan, A. Kaymakçı, N., Akyol E. 1995, Post-collisional tectonics of Eskişehir-Ankara-Çankırı segment of İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (IAESZ); Ankara orogenic phase, TPJD Bulletin V6/1, 69-86
- Kurtman, F., 1973, Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı Bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı, MTA Dergisi, C.80, s.1-33
- Mesci, B. L., 2004, Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi, C. Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 245 Sayfa (Yayınlanmamış)
- Okay, A., 1983, Ağvanis metamorfileri ve çevre kayalarının jeolojisi. M.T.A. Derg., 99/100, 51-71.
- Özcan, A, Erkan, A, Keskin, A, Keskin, E., Oral, A, Özer, S., Sümengen, M., Tekeli O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı - Kırşehir Masifi Arasının Temel Jeolojisi. MTA raporu, 238 sayfa, (Yayınlanmamış)
- Philip, H, Meghraoui, M., 1983, Structural analysis and interpretation of the surface deformations of the El-Asnam earthquake of October 10, 1980, Tectonics 2 (1): 17-49
- Poisson, A, Guezou, J.C., Öztürk, A, İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K.Ş., Özden, S., 1996 Tectonic Setting and Evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. International Geology Review, Vol. 38, p. 838-853.
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları: Türkiye Jeol. Kur. Yayını Ankara, 40 s.
- Şengör, A.M.C., 1984, Türkiye' nin Tektonik Tarihinin Yapısal Sınıflaması. Ketin sempozyumu, s. 37-61 Türkiye Jeol. Kur. Yayını, Ankara.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1983, Türkiye'de Tetis'in Evrimi: Levha Tektoniği Açısından Bir Yaklaşım: Türkiye Jeol. Kur. Yer. Bil. Öz. Dizisi. No:1, 75 s.
- Tatar, Y., 1977, Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) Bölgesinin Stratigrafisi ve Petrografisi. MTA Dergisi, 88, s. 56 - 72. Ankara.
- Tatar, Y., 1982, Yıldızeli (Sivas) kuzeyinde Çamlıbel dağlarının tektonik yapısı, Karadeniz Üniversitesi Yerbilimleri Derg., C.2, s.1-2, 1-20, Trabzon
- Tatar, Y., 1983, Yıldızeli Subaşı Köyü Yöresinde Tektonik incelemeler. Türkiye Jeoloji Kongresi Bülteni s. 4, 3 - 15. Ankara.
- Tatar, O., Temiz, H., Gürsoy, H., Guezou, J.C., 2004, Orta ve Kuzey Anadolu Miyosen-Kuvaterner Volkanizması Işığında Avrasya-Anadolu Levhalarının Çarpışması. TÜBİTAK YDABÇAĞ 198Y092 nolu Proje, 55 sayfa, Ankara.
- Tüysüz, O., 1993, Karadeniz'den Orta Anadolu'ya bir jeotravers: Kuzey Neotetisin tektonik evrimi: TPJD Bült., 5/1, 1-33
- TSKB (Türkiye Stratigrafi Komitesi Bülteni), 1987, Sayı: 1, 15 s. Ankara.
- Ünay,E., Bruijn, H.de, Saraç, G., 2003, A preliminary zonation of the continental Neogene of Anatolia: a review. Deinsia 10, 531-538.
- Yılmaz, A. 1981, Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitli Karışığın İç Yapısı ve Yerleşme Yaşı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni C. 24, s. 31 - 38. Ankara.
- Yılmaz, A. 1984, Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (ÇeltEKdağı) Dolaylarının Temel Jeoloji Özellikleri ve Ofiyolitli Karışığın Konumu. MTA Dergisi, 99 - 100, 1 - 18. Ankara.
- Yılmaz, A. ve Özer, S., 1984, Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı'nın Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) Arasındaki Bölümünün Temel Jeoloji incelemesi ve Tersiyer Havzasının Yapısal Evrimi, 0Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını, Ketin Sempozyumu, 163 - 174. Ankara.

- Yılmaz, A., 1994, Çarpışma Sonrası Bir Çanak örneği: Sivas Havzası, Türkiye. Türkiye 10. Petrol Kongresi 21 - 33. Ankara.
- Yılmaz, A., Uysal, S, Bedi, Y., Yusufolu, H., Havzoğlu, T., Ağan, A., Göç, D., Aydın, N., 1995, Akdağ Masifi ve Dolayının Jeolojisi. MTA Dergisi 117, 125 - 138. Ankara.
- Yielding, G., Jackson, J.A., King, G.C.P., Sinvhal, H., Vita-Finzi, C. and Wood, R.M., 1981, Relations between surface deformation, fault geometry, seismicity, and rupture characteristics during the El Asnam (Algeria) earthquake of 10 October 1980, Earth and Planetary Science Letters, 56, 287-304.

KAPIKAYA (MALATYA) BARAJ YERİNDEKİ KAYA ŞEVLERİNİN KİNEMATİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

KINEMATICAL ASSESSMENTS ON ROCK SLOPES AT THE KAPIKAYA (MALATYA) DAM SITE

Zülfü GÜROCAK, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., ELAZIĞ
Selçuk ALEMDAĞ, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., ELAZIĞ

ÖZ: Bu çalışmada, Kapıkaya baraj yerindeki şevlerinin kinematik açıdan değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, baraj yerinin jeoloji haritası yapılmış, kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin mühendislik özellikleri ve temel sondajı karotları incelenmiş, laboratuvar deneyleri için örnekler derlenmiştir. Temel sondajı karotlarına göre baraj yerindeki diyabazlar eklemli kaya kütlesi özelliğindedir. Baraj yerindeki diyabazların içerdiği süreksizlik düzlemlerinin özellikleri incelenmiş, süreksizlik yönelimleri stereografik projeksiyon tekniğiyle değerlendirilmiş ve üç adet ana eklem seti belirlenmiştir. Bu eklem setleri, yakın-orta aralıklı, düşük-çok düşük devamlı, orta derecede geniş, dalgalı pürüzlü, az bozunmuş ve kalsit dolguludur. Makaslama deneyi sonuçlarına göre eklemlerin kohezyonu 9.37 kPa, içsel sürtünme açısı 41° , Barton görgül yenilme kriterine göre ise eklemlerin kohezyonu 50 kPa, içsel sürtünme açısı ise 52° dir.

Kapıkaya baraj yerindeki kaya şevleri kinematik analizler ile incelenmiş ve farklı duraysızlık türlerinin gelişebileceği olası şev yönelimleri belirlenmiştir. Bu incelemelere göre baraj yerinde 60° den daha büyük eğim açısına sahip şevlerde düzlemsel kayma, kama türü ve devrilme türü duraysızlık olasılığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İspendere ofiyolitleri, Kapıkaya barajı, Kaya şev duraylılığı, Kinematik analiz.

ABSTRACT: In this study, it was aimed to kinematical assesment on rock slopes the at the Kapıkaya dam site. For this purpose, geological map of the dam site, the cores obtained from boreholes and discontuniuties in rock mass were examined and specimens were collected for laboratory tests. According to the cores obtained from the boreholes, the diabases are in character of jointed rock mass. The properties of discontinuity planes in the diabases at the dam site were investigated and evaluated by streographic projection technique and tree major joint sets are determined. These joint sets are of close-moderate spacing, low-very low persistence, moderately wide, rough-undulatig, slightly weathered and filled by calcite. According to the results of shearing tests the joints have cohesion of 9.37 kPa and friction angle of 41° . According to Barton ampirical failure criterion joints have cohesion of 50 kPa and friction angle of 52° .

The slopes at the Kapıkaya dam site was evaluated using kinematic analysis and possible slope orientations for different types instability were determined. According to these studies, the rock slopes with more than 60° dip angle are considered as potentially susceptible to planar, wedge and toppling failure.

Keywords: Ispendere ophiolites, Kapıkaya dam, Kinematic analysis, Stability of rock slope

GİRİŞ

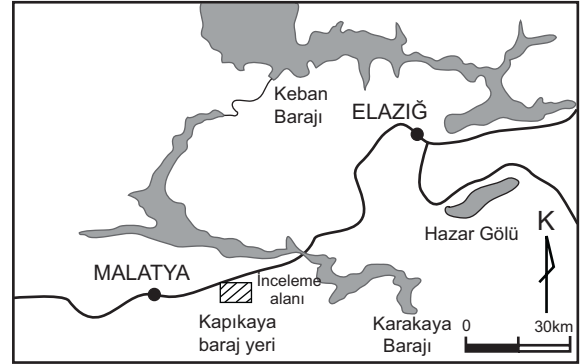
Kaya kütlelerinde oluşturulan şevlerin duraylılığı konusunda günümüze değin bir çok çalışma yapılmıştır (McMahon, 1971, 1975; Piteau an Martin, 1977; Baecher and Einstein, 1978; Marek and Savely, 1978; LaPointe, 1980;

Priest and Brown, 1983; Miller, 1983; Morris and Stotter, 1983; Chowdhury, 1986, 1987; Carosso et al., 1987; Young, 1993). Bu çalışmalarda kaya şevlerinde süreksizlik denetiminde gelişebilecek olan duraysızlık modelleri araştırılmış ve kaya şevlerinin duraylılığı incelenmiştir.

Bu çalışma, Malatya İli'nin yaklaşık 25 km doğusunda, 1/25 000 ölçekli L41a3 paftasında ve Mamikan Çayı üzerinde sulama amaçlı olarak inşa edilmekte olan Kapıkaya barajının (Şekil 1) inşası sırasında yapılacak olan kazılar sonucunda, oluşturulacak şevlerdeki olası duraysızlık türlerini kinematik analizlerle değerlendirmek ve güvenli şev yönelimlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak yapılan çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında baraj yerinin jeoloji haritası yapılmış, DSİ IX. Bölge Müdürlüğü tarafından baraj yerinde açılmış olan temel sondajlarına ait karotlar incelenerek RQD ve eklem sıklığı özellikleri belirlenmiş ve laboratuvar deneylerinde kullanılmak üzere örnekler derlenmiştir. Ayrıca, baraj eksen yerinde temel kayayı oluşturan diyabazların içerdiği eklemlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla hat etüdüleriyle gerekli veriler toplanmıştır. Laboratuvar çalışmaları, arazi çalışmaları sırasında derlenen karot ve blok örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan laboratuvar deneyleri ile diyabazların tek eksenli sıkışma dayanımı ve eklemlerin içsel sürtünme açılarını belirlemek amacıyla, araziden derlenen blok örnekler kullanılarak deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyleri yapılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen veriler, büro çalışmaları sırasında bilgisayar programları ile değerlendirilmiş ve baraj yerinde meydana gelebilecek olası duraysızlık modelleri belirlenerek elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

Kapıkaya Barajı'nın inşa edildiği bölge Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisinde yer almaktadır (Ketin, 1966). Bölgede Üst Triyas'tan itibaren Avrasya ve Arap levhaları arasında açılmaya başlayan Tetis Okyanusu, Alt Kretase sonuna kadar açılmaya devam etmiş ve Üst Kretase'den itibaren etkin olmaya başlayan kuzeye eğimli bir dalma-batma ile kapanmaya başlamıştır. Bu dalma-batma zonu bölgede Elazığ Magmatitleri olarak adlandırılan yay magmatizması ürünlerinin oluşumunu sağlamıştır. Bu dönemde okyanusun aktif olmayan güney kenarına ise okyanusal kabuk ürünleri olan İspendere ve Guleman ofiyolitleri tektonik olarak yerleşmişlerdir (Yazgan, 1981, 1983, 1984; Yazgan vd., 1987; Michard vd., 1984). Bölgede Alt Paleosen'e kadar denizel şartlar hüküm sürmüş ve Alt Paleosen'den itibaren bölgede tamamen karasal ortam



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

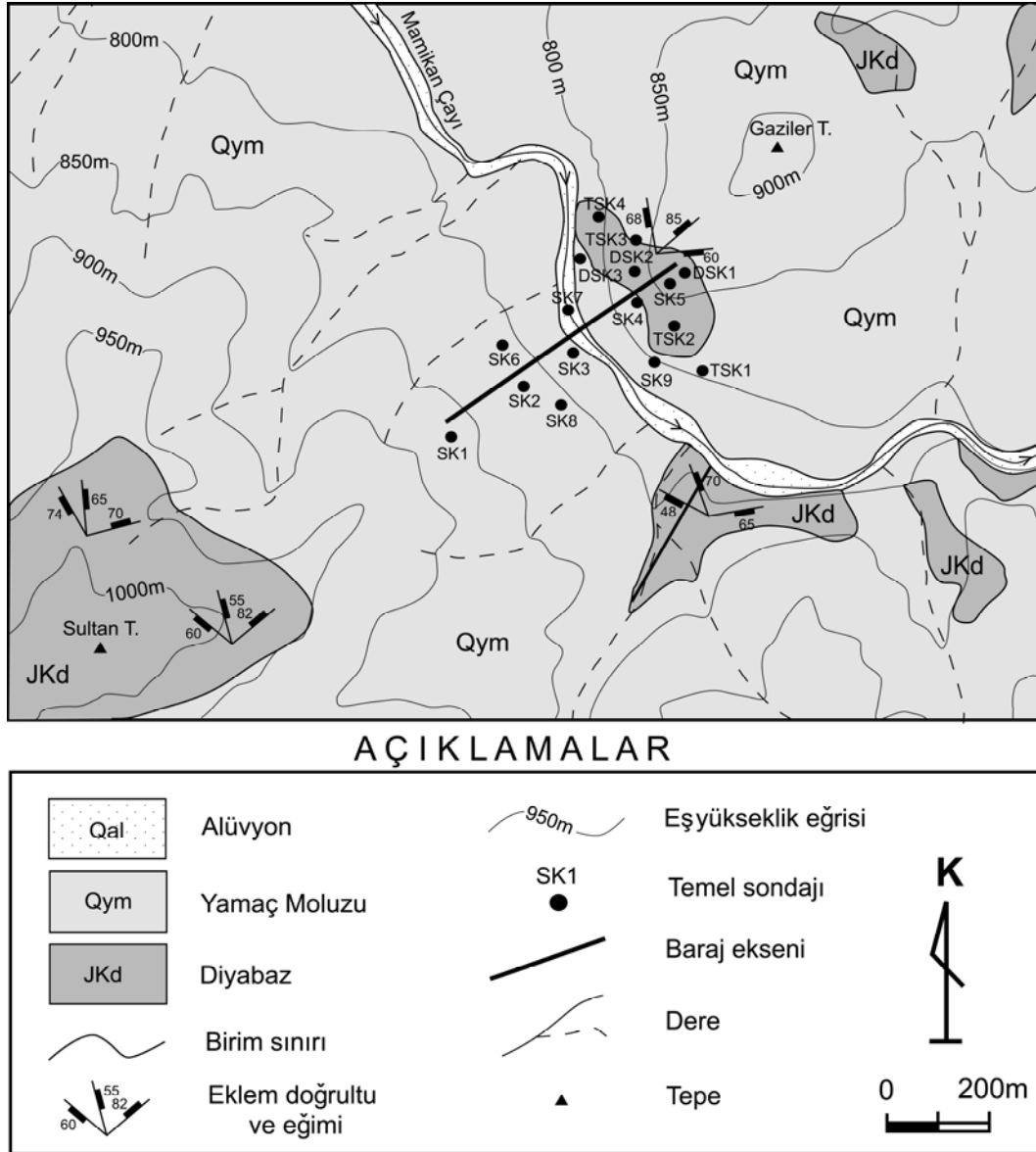
Figure 1. Location map of the investigation area.

oluşmuştur. Orta Miyosende gerçekleşen kıta-kıta çarpışması ile bölgedeki birimler güneye doğru bindirmiş ve bölge bugünkü konumunu kazanmıştır (Poyraz, 1988).

İnceleme alanında esas olarak Tetis Okyanusu'nun ürünleri olan Üst Jura-Alt Kretase yaşlı İspendere ofiyolitik istifinin levha dayk kompleksine ait diyabazlar ile yamaçlarda Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve dere yataklarında ise alüvyonlar yüzeylenmektedir (Şekil 2).

İspendere Ofiyolitleri ilk kez Poyraz (1988) tarafından bölgede yapılan çalışmada İspendere Metaofiyolitleri olarak tanımlanmış ve haritalanmıştır. Sonraki yıllarda yapılan bir çok çalışmada (Beyarslan, 1991; Çetindağ vd., 1993; Dumanlılar vd., 1999) bu ofiyolitik kayalar İspendere Ofiyolitleri olarak tanımlanmışlardır.

İspendere Ofiyolitleri, GD Anadolu Bindirme Kuşağı boyunca yüzeyleme veren, Tetis Okyanusu'na ait okyanusal kabuk ürünlerinin Doğu Toroslardaki kısmını oluşturmaktadır. Genel olarak dünit, gabro, verilitik intrüzyonlar, levha dayk kompleksi ve bunları kesen tekil diyabaz dayklarından oluşmaktadır. Baraj yerinde temel kayayı oluşturan diyabazlar, bu ofiyolitik istifin levha dayk kompleksine aittir. Birim, yeşilimsi-gri renkli ve orta-ince kristallidir. Yüzeyde ileri-orta derecede bozunma gösteren birim, tekil diyabaz daykları tarafından kesilmiş durumdadır (Şekil 3). İnceleme alanı Üst Kretase başlarından itibaren etkin olmaya başlayan K-G doğrultulu sıkışma rejimi altında kalmış ve bu sıkışma rejimi sonucunda bölgenin yapısal unsurları gelişmiştir. Çalışma alanında yüzeylenen İspendere Ofiyolitleri'ne ait diyabazlarda bu rejimin etkileri eklemler ve haritalanabilir



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası.
Figure 2. Geological map of the investigation area.

ölçekteki, herhangi bir atıma sahip olmayan kırıklar şeklinde görülmektedir (Şekil 3).

Baraj yerinde, yamaçların üst kotlarındaki diyabazlardan türemiş, farklı boyutlardaki, köşeli ve tutturulmamış, çeşitli boyutlardaki bileşenlerden oluşan yamaç molozu, oldukça geniş alanlarda, diyabazların üstünde yüzeylenmektedir (Şekil 2). Birim, üst kotlarda blok ve çakıl boyutundaki elemanlardan oluşurken, özellikle Mamikan Çayı yatağının düzlük alanlarında kil-silt boyutundadır. Baraj yerinde yapılan temel sondajı verilerine göre yamaç molozu en fazla 8 m kalınlığa ulaşabilmektedir. İnceleme alanında

alüvyonu, Mamikan Çayı yatağında biriken, gri renkli, gevşek haldeki blok, çakıl, kum sil ve kil oluşturmaktadır. Birim, inceleme alanı ve yakın çevresindeki kayalardan türemiştir. Baraj yerindeki temel sondajlarında en fazla 6 m kalınlığa sahip olduğu belirlenmiştir.

JEOTEKNİK İNCELEMELER

Temel Sondajları

Kapıkaya baraj yerinde, birimlerin düşey yöndeki özelliklerinin belirlenmesi amacıyla DSİ IX. Bölge Müdürlüğü tarafından, toplam 722 m derinliğinde, 16 adet temel sondajı yapılmıştır (DSİ, 1991). Bu temel

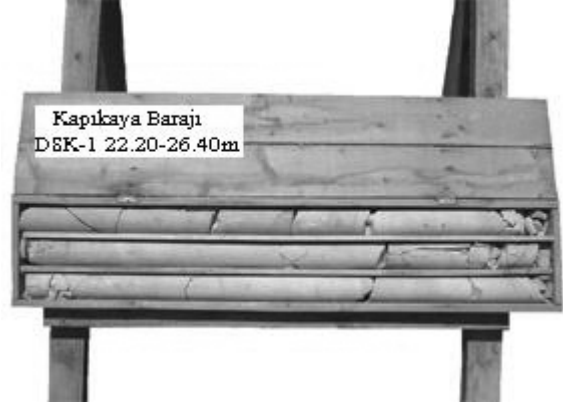


Şekil 3. Baraj yerindeki diyabazlardan bir görünüm.
Figure 3. A view from diabases at the dam site.

sondajlarından SK1,100m; SK2 ve SK3, 80m; SK4, 73m; SK5, 94m; SK6, 30m; SK7 ve SK8, 20m; SK9, 18m; DSK1, DSK2 ve DSK3, 30m; TSK1, 32m; TSK2, 50m; TSK3, 60m ve TSK4 25m derinliğindedir. Temel sondajı karotları incelenerek baraj yerindeki diyabazların RQD ile eklem sıklığı sınıflaması yapılmıştır (Çizelge 1). Baraj yerindeki diyabazlar, RQD değerlerine göre yapılan sınıflamaya göre iyi-orta kalitede kaya kütleli, eklem sıklığı sınıflamasına göre de kırıklı-çatlaklı kaya kütleli özelliğindedir (Şekil 4). Ayrıca, derlenen karot örneklerinde ISRM (1981) tanımlama ölçütlerine göre diyabazların tek eksenli sıkışma dayanımları belirlenmiştir.

Süreksizliklerin Özellikleri

İnceleme alanının, tektonik olarak oldukça aktif bir bölgede bulunması nedeniyle, yüzeylenen kaya kütleleri bu tektonizmanın etkisiyle, sistematik olarak gelişmiş eklem setleri içermektedir. Kapıkaya baraj yerinde yapılan arazi çalışmaları ile diyabazların içerdiği bu eklemlerin ana yönelim, aralık, açıklık, devamlılık, pürüzlülük, bozunma derecesi ve dolgu özellikleri ISRM (1981) tarafından önerilen hat etüdü yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Baraj yerinde eklemlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan bu gözlem ve ölçümler, DSİ IX. Bölge Müdürlüğü tarafından sıyırma kazısı yapılan dolu savak yerinde 12 hat boyunca toplam 86 m olarak gerçekleştirilmiştir. Baraj yeri dolusavak kazısının yapıldığı alandan toplam 846 adet eklem yönelim ölçüsü alınmış, bu yönelim ölçüleri DIPS 3.01 (Diederichs and Hoek, 1989) bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiş ve baraj yerindeki diyabazların içerdiği eklem



Şekil 4. Temel sondajı karotlarından bir görünüm.
Figure 4. A view from the cores of boreholes.

setlerinin ana yönelimleri tespit edilmiştir (Şekil 5).

Diyabazların içerdiği eklemlerden alınan yönelim ölçülerinin stereografik izdüşüm yöntemiyle değerlendirilmesi sonucunda, diyabazın içerdiği eklem setlerinin ana yönelimleri;

75 / 68 (1. Eklem seti)

185 / 78 (2. Eklem seti)

143 / 85 (3. Eklem seti)

olarak belirlenmiştir. Ayrıca, bu eklem setleri ile birlikte herhangi bir ana yönelim göstermeyen gelişigüzel yönelime sahip eklemler de bulunmaktadır.

Eklemlerin aralık, açıklık, devamlılık, pürüzlülük ve dolgu özellikleri ISRM (1981) tanımlama ölçütüne göre incelenmiş ve genel özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Eklemlerin bozunma derecesi ise arazide yapılan Schmidt çekici deneylerine ait değerler kullanılarak, Gökçeoğlu (1997) tarafından önerilen ve

$$W_c = \frac{R_f}{R_w} \quad (1)$$

eşitliği ile belirlenen bozunma indeksine göre tanımlanmıştır. Bu eşitlikte;

R_f : Bozunmamış yüzeyin Schmidt geri sıçrama sertlik değeri

R_w : Bozunma sınıflaması yapılan eklem yüzeyinin Schmidt geri sıçrama sertlik değeridir.

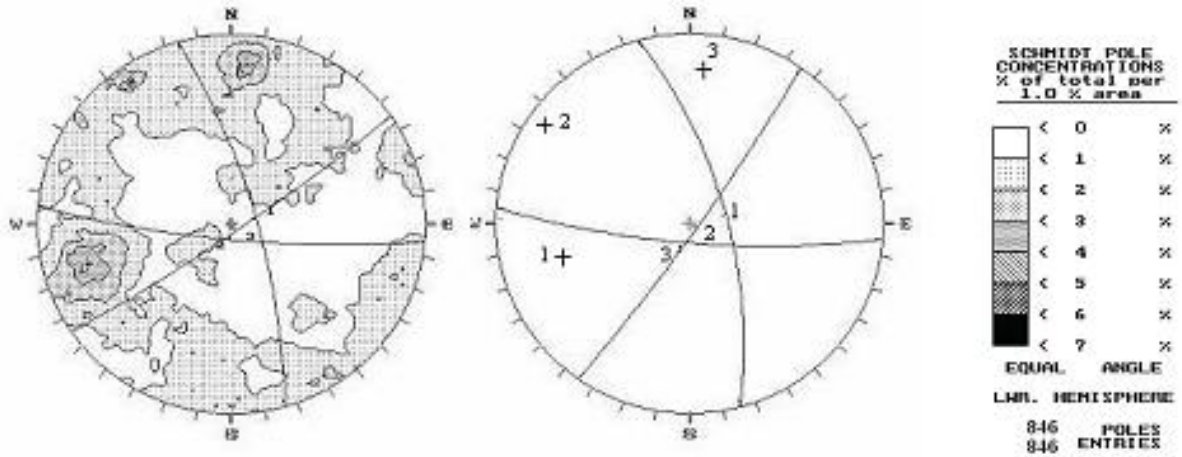
Baraj yerinde yapılan gözlemler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 2'de verilmiştir. Bu verilere göre eksen yerindeki diyabazın içerdiği eklemler "yakın-orta derecede aralıklı, düşük-çok düşük derecede devamlı, orta derecede geniş, dalgalı pürüzlü ve az bozunmuş" özelliktedir. Eklemler genel

Çizelge 1. İnceleme alanındaki diyabazların RQD ve eklem sıklığı değerlerinin yüzde dağılımı.
Table 1. The percentage distribution of RQD and joint frequency values of diabases in the investigated area.

| Özellik | Sınır Değerleri | Kaya Kalitesi | Dağılım (%) |
|------------------------------------|-----------------|----------------------|-------------|
| RQD* | 0-25 | Çok düşük | 17 |
| | 25-50 | Düşük | 15 |
| | 50-75 | Orta | 25 |
| | 75-90 | İyi | 29 |
| | 90-100 | Çok iyi | 14 |
| Eklem sıklığı (m ⁻¹)** | <1 | Masif | 2 |
| | 1-4 | Az çatlaklı-kırıklı | 16 |
| | 5-10 | Kırıklı-çatlaklı | 45 |
| | 11-50 | Çok çatlaklı-kırıklı | 13 |
| | >50 | Parçalanmış | 24 |

* Deere (1964)'e göre

** Franklin vd. (1971)'e göre



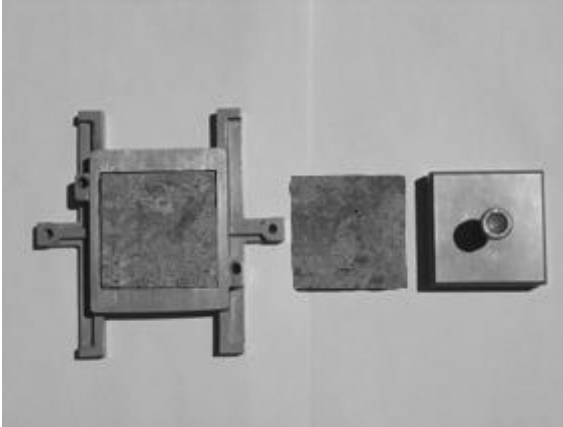
Şekil 5. Diyabazlardaki eklem setlerine ait kontur diyagramı ve ana eklem setleri
Figure 5. The contour diagram and major joint sets in diabases.

olarak kalınlıkları 1-5 mm arasında değişen kalsit, bozunmanın fazla olduğu yüzey ve yüzeye yakın seviyelerde ise kalınlığı 1-8 mm arasında değişen kil dolgu da gözlenmektedir.

Süreksizliklerin Makaslama Dayanımı

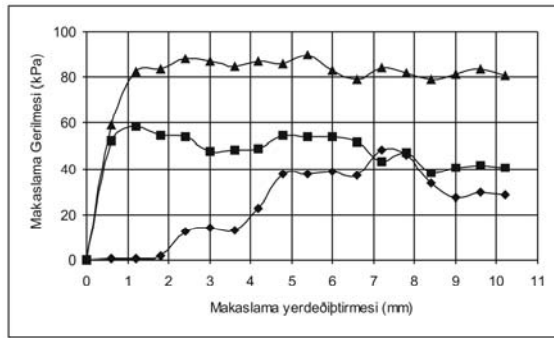
Kapıkaya baraj yerindeki diyabazların içerdiği eklemlerin içsel sürtünme açısı (ϕ), CANMET (1977b) tarafından önerilen yöntemle göre deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyleri yapılarak ve Barton (1973) görgül yenilme ölçütü kullanılarak belirlenmiştir.

Deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyinde, arazi çalışmaları sırasında derlenen ve eklem içeren blok diyabaz örnekleri kullanılmıştır. Eklem içeren diyabaz örneklerinin, eklemin her iki bloğunu oluşturan kısımları 6x6x1 cm ebatlarında kesilerek deneye uygun hale getirilmiş ve farklı normal gerilmeler altında üç adet makaslama deneyi gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Bu deneylere ait makaslama yer değiştirme (δ) - makaslama gerilmesi (τ) grafiği Şekil 7'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde makaslama yer değiştirme (δ) - makaslama gerilmesi (τ) eğrilerinin dalgalandığı



Şekil 6. Doğrudan makaslama deneyinde kullanılan örnekler.

Figure 6. Using specimens on the direct shear tests.

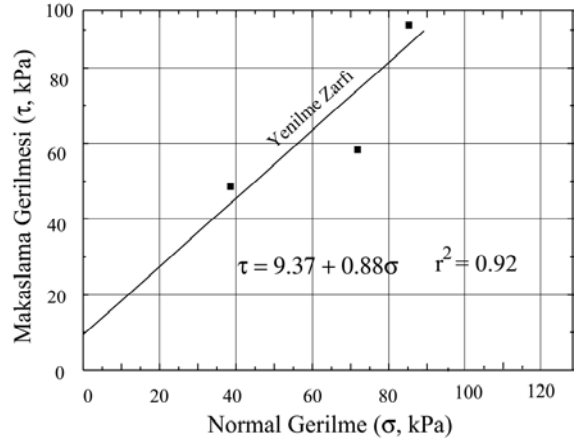


Şekil 7. Doğrudan makaslama deneyine ait makaslama gerilmesi (τ)-makaslama yerdeğiştirme (δ) grafiği.

Figure 7. The shear strength (τ) – shear displacement (δ) graph obtained from direct shear test.

görülmektedir. Bunun nedeni eklem yüzeylerinin dalgalı olması ve deneyin düşük normal gerilmeler altında gerçekleştirilmesi nedeniyle, yenilme düzlemi oluşmadan yanıl hareketin gerçekleşmesidir.

Bu grafikten her bir normal gerilme değeri için doruk makaslama değerleri belirlenmiş, bu değerler kullanılarak makaslama gerilmesi (τ) - normal gerilme (σ) grafiği ile yenilme zarfı çizilerek eklemlerin doruk içsel sürtünme açısı (ϕ_e°) ve kohezyonu (c_e) belirlenmiştir (Şekil 8). Çizilen yenilme zarfına göre, diyabazların içerdiği eklemlerin içsel sürtünme açısı (ϕ_e°) 41° , kohezyonu (c_e) ise 9.37 kPa'dır.



Şekil 8. Doğrudan makaslama deneylerine göre eklem yüzeylerine ait yenilme zarfı.

Figure 8. According to the direct shear tests the envelope failure of joint surfaces.

Barton (1973) makaslama gerilmesi ile normal gerilme arasındaki ilişkiyi;

$$\tau = \sigma_n \tan \left[JRC \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_r \right] \quad (2)$$

eşitliği ile ifade etmektedir. Bu eşitlikte;

τ : Makaslama gerilmesi

σ_n : Süreksizlik düzlemine etki eden normal gerilme

JRC : Süreksizlik pürüzlülük katsayısı

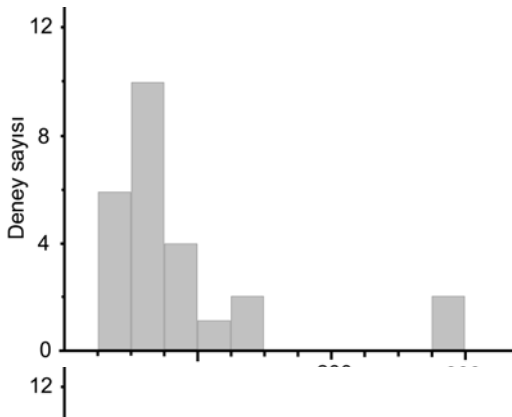
JCS : Süreksizlik yan kaya biriminin tek eksenli sıkışma dayanımı

ϕ_r : Süreksizlik yan kaya biriminin temel sürtünme açısıdır.

Barton (1973) Görgül Yenilme Ölçütü'nde kullanılan parametrelerden süreksizlik pürüzlülük katsayısı (JRC), arazi çalışmaları sırasında eklem yüzeylerinden alınan pürüzlülük profillerinin Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen standard pürüzlülük profilleri ile denştirilmesi sonucunda (JCR=11) olarak, süreksizlik yan kaya biriminin tek eksenli sıkışma dayanımı (JCS), derlenen diyabaz karot örneklerinde yapılan tek eksenli sıkışma dayanımı deneyi sonuçlarına ait dağılım histogramından (Şekil 9) 62.50 MPa olarak belirlenmiştir. Süreksizlik yan kaya biriminin temel sürtünme açısı (ϕ_r) ise kesilerek yüzeyleri pürüzsüz hale getirilen diyabaz örneklerinde gerçekleştirilen ve deney sonucunda elde edilen makaslama gerilmesi (τ) ve normal gerilme (σ_n) değerleri kullanılarak

Çizelge 2. Çalışma alanındaki diyabazların içerdiği eklem setlerinin mühendislik özellikleri.
Table 2. The engineering properties of joint sets in diabases at the investigated area.

| Özellik | Sınır Değerleri | Tanımlama | Dağılım (%) |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------|-------------|
| Eklem Aralığı (mm) | <20 | Çok dar aralıklı | 0.72 |
| | 20-60 | Dar aralıklı | 14.03 |
| | 60-200 | Yakın aralıklı | 47.12 |
| | 200-600 | Orta derecede aralıklı | 35.61 |
| | 60-200 | Geniş aralıklı | 2.52 |
| Eklem Devamlılığı (m) | < 1 | Çok düşük devamlılık | 32.45 |
| | 1-3 | Düşük derecede devamlılık | 55.63 |
| | 3-10 | Orta derecede devamlılık | 8.61 |
| | 10-20 | Yüksek devamlılık | 3.31 |
| Eklem Açıklığı (mm) | < 0.1 | Çok sıkı | 5.45 |
| | 0.1-0.25 | Sıkı | 1.00 |
| | 0.25-0.5 | Kısmen açık | 4.81 |
| | 0.5-2.5 | Açık | 42.95 |
| | 2.5-10 | Orta derecede geniş | 46.47 |
| Eklem Pürüzlülüğü | IV | Dalgali pürüzlü | 46.88 |
| | V | Dalgali düz | 27.19 |
| | VII | Düzlemsel pürüzlü | 18.13 |
| | VIII | Düzlemsel düz | 7.80 |
| Eklem bozunma durumu (W_c) | < 1.1 | Bozunmamış | 2.83 |
| | 1.1-1.5 | Az bozunmuş | 65.18 |
| | 1.5-2.0 | Orta derecede bozunmuş | 27.54 |
| | >2.0 | Tamamen bozunmuş | 4.45 |

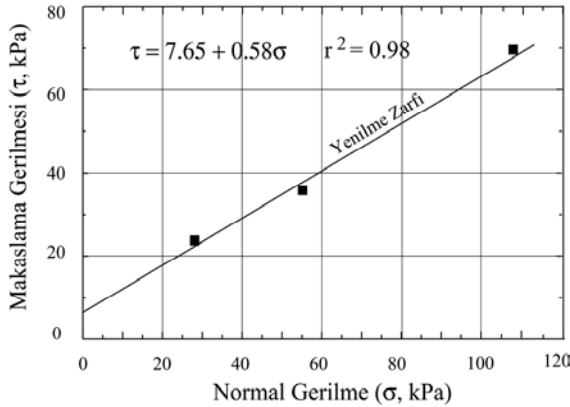


Şekil 9. Tek eksenli sıkışma dayanımı sonuçlarının dağılım histogramı.
Figure 9. Frequency histogram for the results of uniaxial compressive strength tests

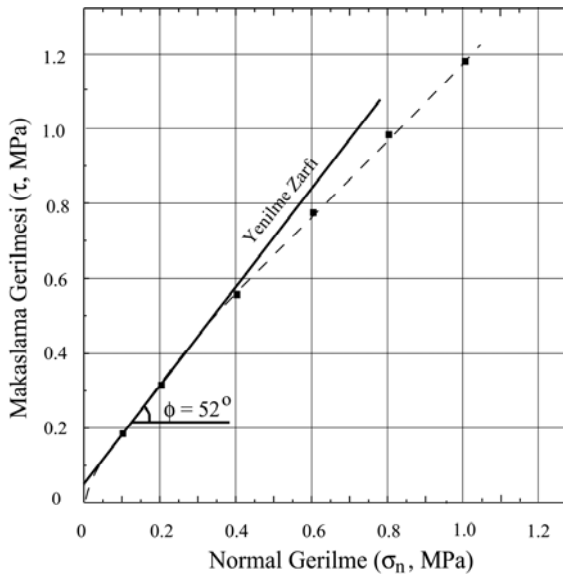
çizilen makaslama gerilmesi (τ)-normal gerilme (σ_n) grafiğinden 30° olarak bulunmuştur (Şekil 10).

Barton (1973) görgül yenilme ölçütüne göre diyabazların içerdiği eklemlerin içsel sürtünme açısını belirlemek amacıyla 0.00 - 1.00 MPa arasında değişen düşük normal gerilme değerlerine (σ_n) göre makaslama gerilmeleri hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak yenilme zarfı çizilmiştir (Şekil 11). Elde edilen yenilme zarfına göre diyabazların içerdiği eklemlerin içsel sürtünme açısı (ϕ) 52° , eklemlerin kohezyonu ise (c) 50 kPa olarak belirlenmiştir.

Deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyi sonucunda eklemlerin içsel sürtünme açısı (ϕ) 41° , Barton (1973) görgül yenilme ölçütüne göre elde edilen veriler değerlendirildiğinde ise 52° olarak belirlenmiştir. Kapıkaya baraj yerinde oluşturulacak kaya şevleri için yapılan kinematik analizlerde daha güvenli olması bakımından tutucu davranılmış ve eklemlerin içsel sürtünme açısı (ϕ) değeri 41° olarak alınmıştır.



Şekil 10. Diyabazların temel sürtünme açısına ait yenilme zarfı
Figure 10. The envelope failure of basic friction angle of diabbases.



Şekil 11. Barton görgül yenilme ölçütüne göre eklem yüzeylerinin yenilme zarfı.

Figure 11. According to Barton empirical failure criterion the envelope failure of joint surfaces.

KİNEMATİK ANALİZLER

Kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlıklar, kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklere bağlı olarak gelişmekte ve bu duraysızlıklar, bir veya kesişen iki süreksizlik düzlemi boyunca oluşmaktadır. Ancak, kaya kütlelerinin süreksizlik içermesi her zaman süreksizlik düzlemlerine bağlı olarak herhangi bir duraysızlığın oluşabileceğini ifade etmez. Kaya şevlerinde meydana gelen duraysızlıklar,

ancak kaya kütlelerinde duraysızlığa neden olabilecek yönelime sahip süreksizlik veya süreksizliklerin varlığı ile mümkün olabilmektedir. Kaya kütlelerinde süreksizliklerin denetiminde oluşabilecek duraysızlıkların değerlendirilmesi ilkeleri Hoek and Bray (1981) ve Goodman (1980) tarafından ortaya konulan kinematik analiz tekniği yapılmaktadır. Kinematik analizler, stereografik izdüşüm yöntemi kullanılarak, şev yönelimi, süreksizlik yönelimi, kesişen süreksizliklere ait kesişme noktasının dalım açısı ile süreksizlik düzleminin içsel sürtünme açısı arasındaki ilişkilerin incelenmesi esasına dayanan bir değerlendirmedir. Kinematik analiz sonucunda, oluşabileceği ortaya konulan duraysızlıklar bir olasılıktan ibaret olup, duraysızlık olasılığı varsa, bu duraysızlığın gerçekleşip gerçekleşmeyeceği ancak yapılacak olan Limit Denge Analizleri ile kesin olarak ortaya konulabilmektedir. Çünkü kinematik analizler kohezyonu, süreksizlik devamlılığını, kayma olasılığı bulunan kütlelerin ağırlığını ve su basınçlarını dikkate almaz.

Kaya kütlelerinde süreksizliklere bağlı olarak düzlemsel, kama türü duraysızlık ve devrilme türü duraysızlık olmak üzere üç tür duraysızlık modeli mevcuttur (Hoek and Bray, 1981).

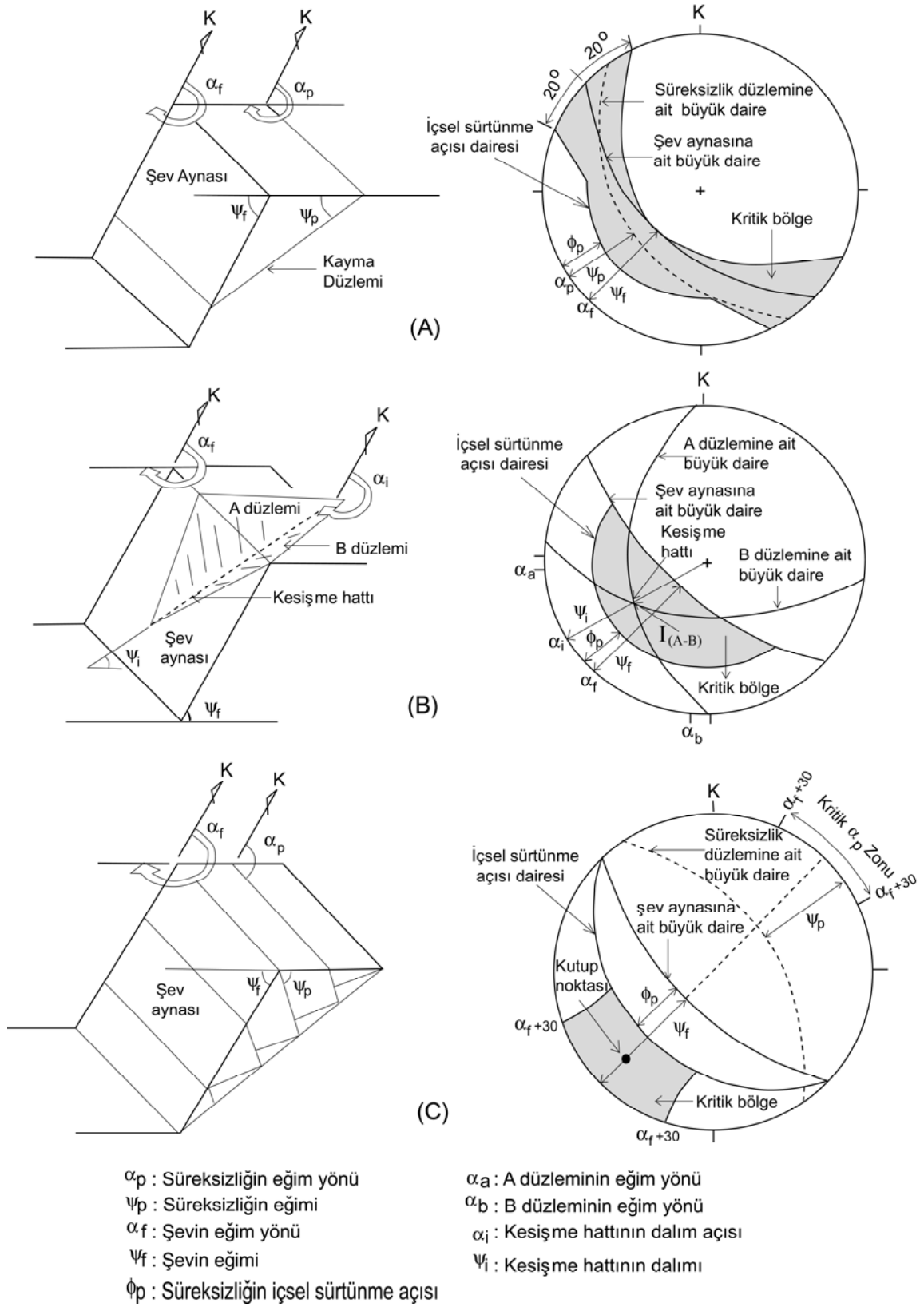
Düzlemsel kayma, kaya şevlerinde bir süreksizlik düzlemine bağlı olarak gelişen bir yenilme türüdür (Şekil 12A). Düzlemsel kaymanın oluşabilmesi için bir çok geometrik koşulun bir araya gelmesi gerekmektedir. Bu koşullar;

a) Şevin eğim açısının (ψ_f) süreksizliğin eğim açısından büyük, süreksizliğin eğim açısının (ψ_p) ise süreksizliğin içsel sürtünme açısından (ϕ_p) büyük olması, ($\psi_f > \psi_p > \phi_p$)

b) Şevin eğim yönü açısı ile süreksizliğin eğim yönü açısı arasındaki farkın $\pm 20^\circ$ den büyük olmaması,

c) Kayan kütlelerin iki tarafında yenilmeye karşı çok az direnç gösteren yan yüzeylerin bulunmasıdır.

Kama türü duraysızlık, kesişen iki süreksizlik düzleminin oluşturduğu kamanın, bu kesişme doğrusu boyunca kayması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 12B). Ancak, kaya kütlelerinde kesişen süreksizliklerin varlığı her zaman kama türü duraysızlığa neden olmaz. Duraysızlığın oluşabilmesi için süreksizliklerin kesişme noktasının (I_{A-B}), stereografik iz düşümde içsel sürtünme açısı dairesi ile şev düzlemine ait büyük daire arasında kalan kritik bölgeye (Şekil 12B) düşmesi gerekmektedir. Kesişme noktasının kritik bölgeye düşmesi,



Şekil 12. Kaya şevlerinde duraysızlıkların gelişebilmesi için gerekli kinematik koşullar (Hoek and Bray, 1981).

Figure 12. The Kinematical conditions for rock slope instability (Hoek and Bray, 1981).

kama türü duraysızlık için gerekli olan kesişme noktasının dalim açısının (ψ_i) şevin eğim açısından (ψ_f) küçük, süreksizliğin eğim açısından (ψ_p) büyük olması koşulunu da sağlamış olacaktır.

Devrilme türü duraysızlık, şev eğim yönünün tersi yönde eğimli ve yüksek devamlılığa sahip süreksizlikler boyunca oluşabilmektedir (Şekil 12C). Devrilme türü duraysızlığın oluşabilmesi için

$$a) (90 - \psi_p) + \phi_p < \psi_f$$

$$b) \alpha_p = (\alpha_f + 180) \pm 30^\circ$$

koşullarının sağlanması gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, süreksizliğin eğim yönünün (α_β) şevin eğim yönüne (α_f) zıt yönde olması gerektiğidir.

Kapıkaya baraj yerindeki inşaa çalışmaları sırasında yamaçlarda bulunan yamaç molozu ve bozunmuş diyabazların sıyrılması gerekmektedir. Bu durum, mevcut doğal yamaç eğimlerinin değişmesine ve dolayısıyla duraysızlıkların oluşmasına neden olabilecektir. Arazi çalışmaları sırasında diyabazların içerdiği eklem setlerinden alınan yönelim ölçülerinin stereografik projeksiyon tekniği ile değerlendirilmesi sonucunda (Şekil 5), diyabazların gelişigüzel yönelime sahip eklem seti içerdiği belirlenmiştir. Bu durum Kapıkaya baraj yerinde oluşturulacak olan kaya şevlerinde meydana gelebilecek duraysızlıkların esas olarak bu eklem setlerinin kontrolünde oluşacağını, yani dairesel tipte duraysızlığın oluşmayacağını ifade etmektedir. Ayrıca, baraj yerinde 70° - 90° eğim açılarına sahip kaya şevlerinde, özellikle devrilme ve kama türü duraysızlıkların görülmesine karşın dairesel kayma yüzeyli duraysızlıklara rastlanmamış olması bu tespiti desteklemektedir.

Bu durum dikkate alınarak, baraj yerinde yapılacak sıyrma kazıları sonucunda hangi yönelime sahip şevlerde hangi duraysızlık modellerinin gelişebileceğini belirlemek amacıyla düzlemsel kayma, kama türü ve devrilme türü duraysızlıklar için Hoek and Bray (1981) tarafından önerilen kinematik analiz yöntemi'ne göre duraysızlık analizleri yapılmıştır. Düzlemsel kayma, kama türü ve devrilme türü duraysızlıklar için gerekli olan şartlar, farklı yönelimlere sahip şevlere uygulanmış ve bu duraysızlık modellerinin oluşabileceği kritik şev yönelimleri belirlenmiştir. Kinematik analizler yapılırken, diyabazların içerdiği eklem setlerinin ana yönelimleri için arazi çalışmaları sırasında yapılan yönelim ölçümleri kullanılarak çizilen kontur diyagramından (Şekil 5) belirlenen, eklem setlerine ait ana yönelimler;

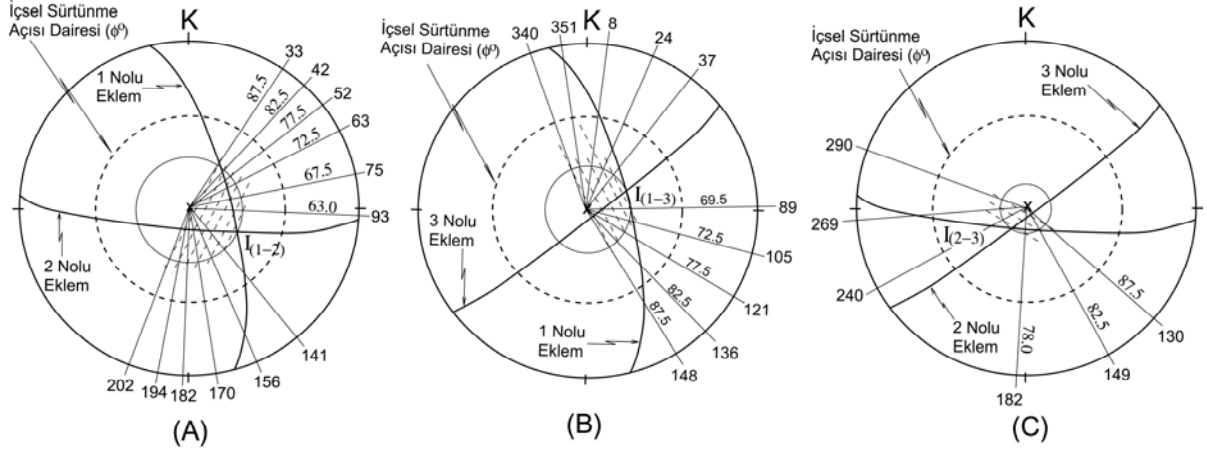
eklem setlerinin içsel sürtünme açısı (ϕ_e) ise arazi çalışmaları sırasında araziden derlenen blok örneklerde laboratuvar ortamında yapılan deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyleri sonucunda çizilen yenilme zarfından (Şekil 8) elde edilen 41° değeri esas alınmıştır.

Kama türü duraysızlık için stereografik izdüşüm yöntemi kullanılarak kritik şev yönelimlerini belirlemek amacıyla yapılan kinematik analiz Şekil 13'de, düzlemsel kayma, kama ve devrilme türü duraysızlıklar için yapılan kinematik analizler sonucu belirlenen kritik şev yönelimleri ise Çizelge 3' de verilmiştir.

Kinematik analizler sonucunda her bir duraysızlık türü için belirlenen ve Çizelge 3'de verilen duraysızlıkların gelişebileceği olası şev yönelimleri incelendiğinde, 68° ve daha düşük eğime sahip şevlerde düzlemsel kaymanın gerçekleşmeyeceği, ancak 68° den daha büyük eğim açısına sahip şevlerde düzlemsel kayma olasılığının olduğu ve özellikle dike yakın şevlerde bu olasılığın oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Şev açısının 68° - 78° , şev eğim yönü açısının 55° - 95° aralığında olması durumunda 1 nolu eklem setine, şev açısının 78° - 85° , şev eğim yönü açısının 165° - 205° aralığında olması durumunda 2 nolu eklem setine, şev eğim açısının 85° - 90° ve şev eğim yönü açısının da 123° - 163° aralığında olması durumunda ise 3 nolu eklem setine bağlı olarak düzlemsel kayma olasılığı mevcuttur.

Kama türü duraysızlık açısından, duraysızlık olasılığının en fazla olduğu eğim açısı 85° - 90° aralığıdır. Bu durumda, şev eğim yönü 33° - 202° aralığında ise 1 ve 2 nolu eklem setlerine, şev eğim yönü 340° - 148° aralığında ise 1 ve 3 nolu eklem setlerine, şev eğim yönü 130° - 290° aralığında ise 2 ve 3 nolu eklem setlerine bağlı olarak kama türü duraysızlık olasılığı vardır. Şev eğiminin 60° olması durumunda, şev eğim yönü ne olursa olsun bu olasılık ortadan kalkmakta ve kama türü duraysızlık oluşmamaktadır.

Devrilme türü duraysızlığa ait kritik şev yönelimleri incelendiğinde; 285° - 293° aralığında eğim yönü açısına sahip şevlerde eğim açısı ne olursa olsun devrilme türü duraysızlık olasılığı bulunmamaktadır. Şevin eğim yönü açısı 293° - 335° aralığında ve eğim açısının da 46° den büyük olması durumunda 3 nolu eklem setine bağlı olarak devrilme olasılığı mevcuttur. Şev eğim yönü açısı 335° - 353° aralığında ve şevin eğim açısı da 47° - 53° aralığında ise sadece 3 nolu eklem setine, şev açısının 53° den büyük olması durumunda 2 ve 3 nolu eklem setlerine bağlı olarak



Şekil 13. Kama türü duraysızlık için olası şev yönelimlerinin belirlenmesi.
Figure 13. The determination of possible slope orientations for wedge type failure.

Çizelge 3. İnceleme alanında farklı duraysızlık tiplerinin gelişebileceği olası şev yönelimleri
Table 3. Possible slope orientations for different types of instability in the investigated area.

| DÜZLEMSEL KAYMA | | | | |
|---------------------------|------------------------------|--|--|-----------|
| Eklem Seti No | Eklem Yönelimi | Duraysızlığın gelişebileceği şev yönelimleri | | |
| | | Eğim | Eğim yönü | |
| 1 | 75/68 | > 68 | 55-95 | |
| 2 | 185/78 | > 78 | 165-205 | |
| 3 | 143/85 | > 85 | 123-163 | |
| KAMA TÜRÜ DURAYSIZLIK | | | | |
| Kesişme hattı | Kesişme hattının dalım açısı | Kesişme hattının dalım yönü | Duraysızlığın gelişebileceği şev yönelimleri | |
| | | | Eğim | Eğim yönü |
| $I_{(1-2)}$ | 61 | 117 | (63.5) | 62-65 |
| | | | (67.5) | 65-70 |
| | | | (72.5) | 70-75 |
| | | | (77.5) | 75-80 |
| | | | (82.5) | 80-85 |
| | | | (87.5) | 85-90 |
| $I_{(1-3)}$ | 68 | 64 | (69.5) | 69-70 |
| | | | (72.5) | 70-75 |
| | | | (77.5) | 75-80 |
| | | | (82.5) | 80-85 |
| $I_{(2-3)}$ | 75 | 210 | (78) | 76-80 |
| | | | (82.5) | 80-85 |
| | | | (87.5) | 85-90 |
| DEVİRİME TÜRÜ DURAYSIZLIK | | | | |
| Eklem Seti No | Eklem Yönelimi | Duraysızlığın gelişebileceği şev yönelimleri | | |
| | | Eğim | Eğim yönü | |
| 1 | 78/68 | > 63 | 22-285 | |
| 2 | 185/78 | > 53 | 335-275 | |
| 3 | 143/85 | > 46 | 293-353 | |

devrilme olasılığı bulunmaktadır. Şev eğim yönü açısı 353° - 22° aralığında ve şev eğim açısı 53° den büyük ise 2 nolu ekleme, şev eğim yönü aralığının 22° - 275° aralığında ve şev eğiminin 54° - 63° aralığında olması halinde 2 nolu ekleme, eğim açısının 63° den büyük olması durumunda 1 ve 2 nolu eklemlere bağlı olarak devrilme türü duraysızlık gerçekleşebilir. 275° - 285° eğim yönü aralığına sahip şevlerde, eğim açısının 63° den büyük olması durumunda ise 1 nolu ekleme bağlı olarak devrilme türü duraysızlık görülebilecektir.

Baraj eksen yerinde, baraj gövdesinin inşa edilebilmesi amacıyla sağ ve sol yamaçlardaki yamaç molozu ve üst seviyelerdeki bozunmuş diyabazlar ile, talvegde yüzeylenen alüvyon ve altındaki bozunmuş diyabazların da sıyırma kazıları ile sıyırılması gerekmektedir. Bu işlemler sonucu baraj eksen yerinde yamaç eğimlerinin değişmesi söz konusudur. Sıyırma kazısı sonucunda oluşacak durumu belirlemek amacıyla, sıyırma kazı sınırını ve yeni yamaç eğimlerini gösteren, baraj eksen yerinin 1/2000 ölçekli enine kesiti yapılmıştır (Şekil 14). Enine kesitten de görüleceği gibi, sıyırma kazısı sonucunda sağ ve sol yamaçta oluşturulacak şevler en fazla 27° lik bir eğime sahip olacaktır. Bu durum baraj yerinde yapılan kinematik analizlere göre değerlendirildiğinde, en fazla 27° lik eğim açısına sahip şevlerde düzlemsel kayma, kama ve devrilme türü duraysızlık olasılığının olmadığı görülmektedir. Baraj eksen yerinde yapılacak olan sıyırma kazısında duraysızlık olasılığı mevcut değildir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Malatya İli'nin yaklaşık 25 km doğusunda, Mamikan Çayı üzerinde, sulama amaçlı olarak inşa edilmekte olan Kapıkaya baraj yerinde meydana gelebilecek süreksizlik denetimli duraysızlık modellerini belirleyebilmek amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

1. Baraj yerinde DSİ IX. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmış olan temel sondajı verilerine göre, baraj yerinde temel kayayı diyabazlar oluşturmaktadır. Yamaçlarda kalınlığı en fazla 8 m'ye ulaşabilen yamaç molozu, talvegde ise en fazla 6 m kalınlığa ulaşabilen alüvyonlar yüzeylenmektedir.

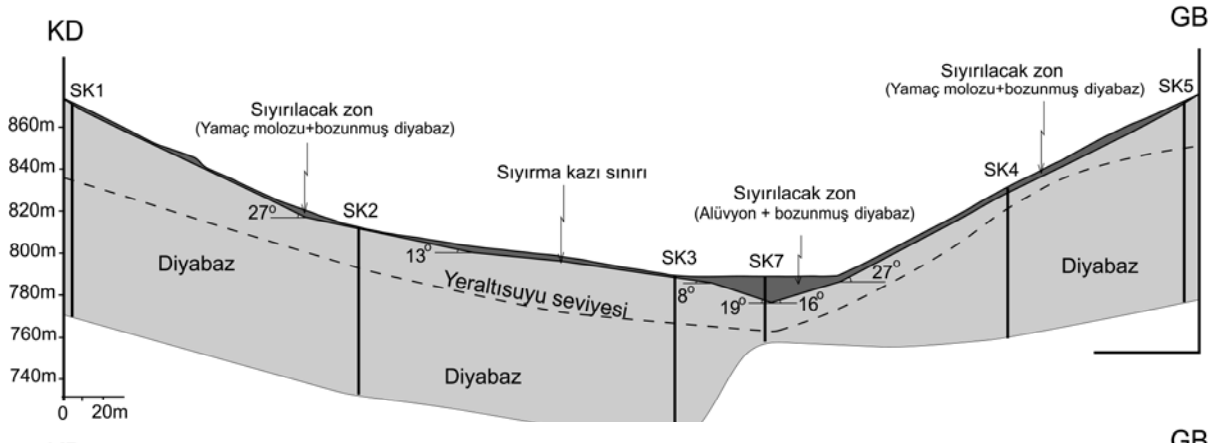
2. Diyabazlar, bölgede etkin olan tektonizmanın etkisiyle gelişmiş 3 ana eklem seti ve gelişigüzel yönelime sahip eklemler içermektedir. Bu eklemler, yakın-orta derecede aralığa, düşük-çok düşük derecede devamlılığa ve orta derecede aralığa sahiptir. Eklemler,

dalgalı pürüzlü-dalgalı ve az bozunmuş özelliktedir. Yüzeyde ve yüzeye yakın seviyelerde 1-8 mm kalınlığında kil dolgu içerirken, bozunmanın daha az olduğu alt seviyelerde 1-5 mm kalınlığa sahip kalsit dolgu gözlenmektedir. Deformasyon kontrollü doğrudan makaslama deneyi sonuçlarına göre eklemlerin kohezyonu (c) 9.37 kPa, içsel sürtünme açısı (ϕ_e) ise 41° , Barton (1973) görgül yenilme ölçütüne göre ise eklemlerin kohezyonu (c) 50 kPa, içsel sürtünme açısı (ϕ) ise 52° dir.

3. Baraj yerindeki diyabazların içerdiği eklem setlerinden alınan yönelim ölçülerinin stereografik projeksiyon tekniği ile değerlendirilmesi sonucunda, diyabazların gelişigüzel yönelime sahip eklemler içermesine karşın esas olarak üç ana eklem seti içermesi, ayrıca baraj yerinde 70° - 90° eğim açılarında sahip kaya şevlerinde, özellikle devrilme ve kama türü duraysızlıkların görülmesine karşın dairesel kayma yüzeyli duraysızlıklara rastlanmamış olması, Kapıkaya baraj yerinde oluşturulacak olan kaya şevlerinde meydana gelebilecek duraysızlıkların esas olarak eklem setlerinin kontrolünde oluşacağını göstermektedir.

4. İnceleme alanında eklemlere bağlı olarak meydana gelebilecek olası duraysızlık türlerini ve şev yönelimlerini belirlemek amacıyla yapılan kinematik analizlere göre, 68° ve daha düşük eğime sahip şevlerde düzlemsel kayma olasılığı mevcut değildir. Ancak, 68° den daha büyük eğim açısına sahip şevlerde düzlemsel kayma olasılığı mevcuttur ve özellikle dike yakın şevlerde bu olasılık oldukça yüksektir. Şev açısının 68° - 78° , şev eğim yönü açısının 55° - 95° aralığında olması durumunda 1 nolu eklem setine, şev açısının 78° - 85° , şev eğim yönü açısının 165° - 205° aralığında olması durumunda 2 nolu eklem setine, şev eğim açısının 85° - 90° ve şev eğim yönü açısının da 123° - 163° aralığında olması durumunda ise 3 nolu eklem setine bağlı olarak düzlemsel kayma olasılığı mevcuttur.

5. Kama türü duraysızlık açısından, duraysızlık olasılığının en fazla olduğu eğim açısı 85° - 90° aralığıdır. Bu durumda, şev eğim yönü 33° - 202° aralığında ise 1 ve 2 nolu eklem setlerine, şev eğim yönü 340° - 148° aralığında ise 1 ve 3 nolu eklem setlerine, şev eğim yönü 130° - 290° aralığında ise 2 ve 3 nolu eklem setlerine bağlı olarak kama türü duraysızlık olasılığı vardır. Şev eğiminin 60° den az olması durumunda şev eğim yönü ne olursa olsun bu olasılık ortadan kalkacak ve kama türü duraysızlık oluşmayabilecektir.



Şekil 14. Baraj eksen yerinin enine kesiti.
Figure 14. The cross section of the dam axis.

6. Devrilme türü duraysızlık açısından, 285°-293° aralığında eğim yönü açısına sahip şevlerde eğim açısı ne olursa olsun devrilme türü duraysızlık olasılığı bulunmamaktadır. Şevin eğim yönü açısı 293°-335° aralığında ve eğim açısının da 46° den büyük olması durumunda 3 nolu eklem setine bağlı olarak devrilme olasılığı mevcuttur. Şev eğim yönü açısı 335°-353° aralığında ve şevin eğim açısı da 47°-53° aralığında ise sadece 3 nolu eklem, şev açısının 53° den büyük olması durumunda 2 ve 3 nolu eklemlere bağlı olarak devrilme olasılığı bulunmaktadır. Şev eğim yönü açısı 353°-22° aralığında ve şev eğim açısı 53° den büyük ise 2 nolu eklem, şev eğim yönü aralığının 22°-275° aralığında ve şev eğiminin 53°-63° aralığında olması halinde 2 nolu eklem, eğim açısının 63° den büyük olması durumunda 1 ve 2 nolu eklemlere bağlı olarak devrilme türü duraysızlık gerçekleşebilir. 275°-285° eğim yönü aralığına sahip şevlerde, eğim açısının 63° den büyük olması durumunda ise 1 nolu eklem bağlı olarak devrilme türü duraysızlık görülebilecektir. Ancak, devrilme türü duraysızlıklar yüksek devamlılığa sahip eklemlerin varlığı sonucu gerçekleşebilmektedir. Diyabazların içerdiği eklemlerin düşük derecede devamlılığa sahip oldukları dikkate alındığında, meydana gelebilecek duraysızlığın devrilmeden ziyade blok düşmeleri şeklinde gerçekleşeceğini söylemek mümkündür.

7. Baraj eksen yerinde, baraj gövde dolgusunun gerçekleştirilebilmesi amacıyla sağ ve sol yamaçlarda yapılacak olan sıyırma kazısı sonucunda oluşturulacak şevler en fazla 27° lik bir eğime sahip olacaktır. Bu durum baraj yerinde yapılan kinematik analizlere göre

değerlendirildiğinde, düzlemsel kayma, kama ve devrilme türü duraysızlık olasılığının olmadığı görülmektedir. Ancak, diyabazların üç ana eklem seti beraberinde gelişigüzel yönelimlere sahip eklemlerde içerdiği dikkate alınır, kazı sırasında blok düşmesi gibi hareketlerin görülmesi olasıdır.

8. Kapıkaya baraj yerinde yapılacak olan çalışmalar sırasında çeşitli amaçlara yönelik olarak farklı yönelimlere sahip şevler oluşturulacaktır. Bu çalışmalar yapılırken, kinematik analizler sonucunda elde edilen kritik şev yönelimlerinin dikkate alınması emniyet ve maliyet açısından büyük önem taşımaktadır.

9. Baraj yerinde oluşturulacak şevlerde eğim açısının ortalama 60° nin altında olması durumunda duraysızlık olasılığı bulunmamaktadır. Ancak çok küçük blok düşmeleri gözlenebilecektir. Kısa süreli şevler için herhangi bir şev korumasına veya destekleme yapmaya gerek bulunmamaktadır. Ancak, şev eğim açısının 60° yi aşması durumunda duraysızlık olasılığı önemli oranda artmaktadır. Özellikle 80° den daha büyük eğime sahip şevlerde düzlemsel kayma ve kama türü duraysızlık beraberinde önemli oranda blok düşmesi şeklinde duraysızlıklar olasıdır. Ancak bu durumun limit denge analizleriyle ayrıntılı bir şekilde incelenmesinde yarar vardır.

KAYNAKLAR

- Barton, M.R., 1973. Review of a new shear strength criterion for rock joints. *Engineering Geology*, 7, 287-332.
- Barton, M.R. and Choubey, V., 1977. The shear strength of rock and rock joints. *International Journal of Rock*

- Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 13, 255-279.
- Beyarslan, M., 1991. İspendere (Kale-Malatya) Ofiyolitlerinin petrografik özellikleri. F.Ü. Fen Bilimleri Enst., Yüksek lisans tezi, (yayımlanmamış), 57 s.
- CANMET, 1977b. Laboratory tests for design parametres. In Pit Slope Manual of CANMET, Supplement 3-2, Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report 77-26, 74pp.
- Çetindağ, B., Afşin, M. ve Canik, B., 1993. İspendere (Malatya) sıcak ve mineralli içmece kaynağının hidrojeoloji incelemesi. Suat Erk Sempz., Bildiriler, 403-410, Ankara.
- Deere, D.U., 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mechanics and Rock Engineering, 1, 17-22.
- Diedrics, M.S. and Hoek, E., 1989. DIPS 3.01. Advanced version computer programme, Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- DSİ, 1991. Kapıkaya Barajı planlama raporu. DSİ IX Bölge Müdürlüğü, Elazığ.
- Dumanlılar, H., Aydal, D. ve Dumanlılar, Ö., 1999. İspendere (Malatya) yöresi sülfür mineralleşmelerinin jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyası. MTA Dergisi, 121, 255-250, Ankara.
- Franklin, J.L., Broch, E. ve Walton, G., 1971. Logging the mechanical character of rock. Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy, 81, Mining Section, 1 A-9.
- Goodman, R.E., 1980. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley&Sons, 362pp.
- Gökçeoğlu, C., 1997. Killi, yoğun süreksizlik içeren ve zayıf kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında karşılaşılan güçlüklerin giderilmesine yönelik yaklaşımlar, Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enst., 214s (yayımlanmamış).
- Hoek, E. and Bray, J.W., 1981. Rock slope engineering. The Enst. Of Mining and Metallurgy. Stenhen Austin and Sons, 527p., London.
- ISRM, 1981. International Society for Rock Mechanics Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and monitoring. E.T. Brown (ed.), Pergamon presss, London, 211pp.
- Ketin, İ., 1966. Türkiye'nin tektonik birlikleri. MTA Dergisi. 66, 20-34, Ankara.
- Michard, A., Whitechurch, H., Richou, L.E., Montigny, R. ve Yazgan, E., 1984. Tauric subduction (Malatya-Elazığ provinces) and its bearing on tectonics of the Tethyan realm in Turkey. Dixon J.E. and Robertson, A.H.F., (eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geol. Soc. Spec. Pub., Oxford.
- Poyraz, N., 1988. İspendere-Kömürhan (Malatya) ofiyolitlerinin jeolojisi ve petrografisi. G.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora tezi (yayımlanmamış), 151 s.
- Ulusay R. ve Sönmez, H., 2002. Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:60, Ankara
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A., 2001. Kaya mekaniği laboratuvar deneyleri. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları No:58, 161s., Ankara.
- Yazgan, E., 1981. Doğu Toroslar'da etkin bir paleo-kıta kenarı etüdü. H.Ü. Yerbilimleri Bülteni, 7, 83-104.
- Yazgan, E., 1983. A geotraverse between the Arabian platform and the Munzur nappes. Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., (eds), Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt, Field Guide Book, Exc. V, 26-29, Ankara.
- Yazgan, E., 1984. Geodynamic evolution of the Eastern Taurus region. Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., (eds), Int. Symp. on the geology of the Taurus Belt, Proceedings, 199-208, Ankara.
- Yazgan, E., Gültekin, M.C., Poyraz, N., Sirel, E. ve Yıldırım, H., 1987. Malatya güneydoğusunun jeolojisi ve Doğu Toroslar'ın jeodinamik evrimi. MTA Rapor No:2268 (yayımlanmamış), Ankara.

DONATILI ZEMİNLERİN DEĞİŞİK MÜHENDİSLİK UYGULAMALARINDA PROJELENDİRME YÖNTEMLERİ

DESIGN METHODS FOR REINFORCED SOILS IN VARIOUS ENGINEERING APPLICATIONS

Pelin AKLIK, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Bornova-İZMİR
Alper SEZER, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Bornova-İZMİR

ÖZ: İnşaat mühendisliği uygulamalarında jeosentetik malzemeler zeminin taşıma gücünü arttırmak için donatı, herhangi iki tabakayı ayırma, drenaj ve filtrasyon amaçlarıyla kullanılabilir. Bu malzemelerden en çok kullanılanı jeotekstil ve jeogriddir. Jeosentetik malzemelerin kullanımı ancak iyi bir projelendirme ve doğru bir uygulama ile fizibil olabilmektedir. Bu çalışmada, jeosentetikler ile kalıcı ve geçici yolların, şevlerin, seddelerin ve istinat duvarlarının projelendirilmesi adım adım bir yöntemle açıklanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Donatılı zemin, jeogrid, jeotekstil, donatı.

ABSTRACT: In civil engineering applications, geosynthetic materials are used as reinforcements for increasing the bearing capacity of soils, separator between two layers, also for drainage and filtration. Most frequently used of these materials are geogrids and geotextiles. Use of geosynthetics can only be feasible with a suitable design and a proper application. In this study, a step by step method for the design of temporary and permanent roadways, slopes, embankments and retaining walls is explained.

Keywords: Reinforced soil, geogrid, geotextile, reinforcement.

GİRİŞ

İnşaat mühendisliği uygulamalarında jeosentetik malzemeler, özellikle zeminin taşıma gücünü arttırmak için donatı amacıyla kullanılırlar. Zayıf temel zeminleri üzerine yapılacak olan seddelerin duraylılığını sağlamak, kaplamasız yollarda dayanımı artırarak tekerlek izi derinliğini azaltmak, şev duraysızlıklarını önlemek ve betonarme olarak inşa edilemeyecek yükseklikteki istinat duvarlarında istenilen kriterleri sağlamak için donatı amacıyla jeosentetik ürünler, özellikle jeotekstil veya jeogrid kullanılmaktadır. Jeosentetikler ailesinden olan jeotekstillere ve jeogridler, en çok kullanılan polimerik malzemelerdir. Jeotekstillere inşaat mühendisliğinde ayırma, donatı, filtrasyon ve drenaj amacıyla kullanılırken; jeogridler donatı ve ayırma amacı ile kullanılmaktadır. Jeotekstil, tekstil ürünleri yardımı ile hazırlanan geçirimsiz jeosentetiklerdir. Jeogrid, çevredeki zemin, kaya veya diğer jeoteknik malzemelerin içinden geçmesine izin veren, yeterli boyutta açıklıkları olan ve donatı amacıyla kullanılan jeosentetiklerdir

(Koerner, 1994). Donatılı zemin, zeminin taşıma gücünü arttırmak için zeminin içine metal veya polimer malzemeler yerleştirilerek zemine çekme dayanımı sağlayan bir sistemdir. Bu yazıda, "değişik mühendislik uygulamalarında jeotekstilli çözümlerin inşaat esasları" açıklanmaya çalışılacaktır.

YOLLARDA ve KAPLAMALARDA KULLANILAN JEOSENTETİKLER

Jeosentetiklerin en çok kullanıldığı yerler, kaplamalı ve kaplamasız yollardır. Jeotekstillere duraylılığı arttırmakta ve birincil olarak agregayı temel zemininden ayırarak zayıf temellerin performansını arttırmaktadır. Bu fonksiyonlarının yanı sıra, jeogridler ve bazı jeotekstillere sürtünme ile dayanım sağlar veya agrega ile jeosentetik arasında kilitleme oluşturur. Jeotekstillere ayrıca agrega tabanında jeotekstil düzlemi boyunca temel zemininde sönmünecek aşırı boşluk suyu basınçlarına izin vererek filtrasyon ve drenaj da sağlarlar.

Geçici ve kaplamasız yolların projelendirilmesi için iki yaklaşım söz konusudur. Birinci

yaklaşımında jeotekstilin donatı etkisi dikkate kullanılmaktadır. İkinci yaklaşımda, jeotekstilin olası donatı etkisi göz önüne alınır. Ayırma özelliği, yaklaşık 50-100 mm arasında değişen tekerlek izi derinliğinin olduğu düşük hareketli yüklere maruz ince yollarda daha önemlidir. Bu durumda, jeotekstilin donatı etkisi olmadığı bir projelendirme şekli tercih edilmektedir. Diğer taraftan, 100 mm'den büyük tekerlek izi derinliğinin olduğu ince kaplamalı yollarda büyük hareketli yükler ve zayıf temel zeminleri üzerindeki daha kalın kaplamalı yollarda duraylılığın sağlanması için donatının etkisi artarak önem kazanmaktadır. Bu durumlar için donatı analizi uygun görülmektedir.

Geçici Yolların Projelendirme Yöntemi

Geçici yolların projelendirilmesi özel koşullar gerektirmekte, doğal olarak kaplamalı yolların projelendirilmesinden farklı olmaktadır. Proje kriterleri kaplamalı yollara göre daha kabul edilebilir değerler den oluşan bu tip yolların projelendirme adımları aşağıdaki gibidir:

1. Temel zemininin dayanımının belirlenmesi

Arazi CBR deneyi, konik penetrometre, kanatlı kesici veya diğer uygun deneyler kullanılarak arazide temel zemininin dayanımı belirlenmektedir. Zeminin drenajsız dayanımı aşağıdaki ilişkilerden elde edilebilmektedir:

- Arazi CBR değeri için $c = 30 \times \text{CBR}$ (kPa) değerini almaktadır. Burada c, kohezyon ve CBR ise Kaliforniya Taşıma Oranıdır.
- Konik penetrometre için c, koni indeksinin 10 ilâ 11'de biri olmaktadır.
- Kanatlı kesici deneyi için c direkt ölçülmektedir.

Statik konik penetrometre deneyi (CPT) veya dilatometre (DMT) gibi diğer arazi deneyleri, bölgede yapılan çalışmalardan sağlam veriler elde edilebildiği durumlarda, temel zemininin dayanımının belirlenmesinde kullanılabilir. SPT deneyi yumuşak killer için tavsiye edilmemektedir.

2. Birçok yerde ve değişik zamanlarda temel zemininin dayanımının belirlenmesi

Temel zemininin en zayıf görüldüğü bölgelerde dayanımı belirlenmektedir. Dayanımlar 0~200 mm ve 200~500 mm derinlikler arasında belirlenmeli, iyi bir ortalama değer elde etmek için her bölgede 6 ilâ 10 dayanım ölçümü tavsiye edilmektedir. Deneyler yeraltı su seviyesinin en yüksek (zeminin en zayıf) olduğu durumlarda gerçekleştirilmelidir.

alınmamakta, jeotekstilin sadece ayırma özelliği

3. Tekerlek yükünün belirlenmesi

Projelendirme süresi boyunca yol için önceden tahmin edilen en büyük tek tekerlek, çift tekerlek, dört tekerlek yükünün belirlenmesinden ibarettir.

4. Trafik miktarının tahmin edilmesi

Her proje vasıta sınıfı için en büyük trafik miktarı tahmin edilir.

5. Tolere edilen tekerlek izinin belirlenmesi

Yolun proje ömrü süresince izin verilen tekerlek izi miktarı bulunmaktadır. Örneğin, inşaat süresince 50-75 mm'lik tekerlek izi genel olarak uygun kabul edilebilir.

6. Taşıma gücü faktörünün elde edilmesi

Tablo 1'deki tekerlek izi ve trafik yükleri kullanılarak uygun taşıma gücü faktörleri elde edilir.

Çizelge 1. Değişik tekerlek izi ve trafik şartları için jeotekstilli ve jeotekstilsiz taşıma gücü faktörleri (Steward vd., 1977).

Table 1. Bearing capacity factors for various wheel trace and traffic conditions with and without geotextile application (after Steward et al., 1977)

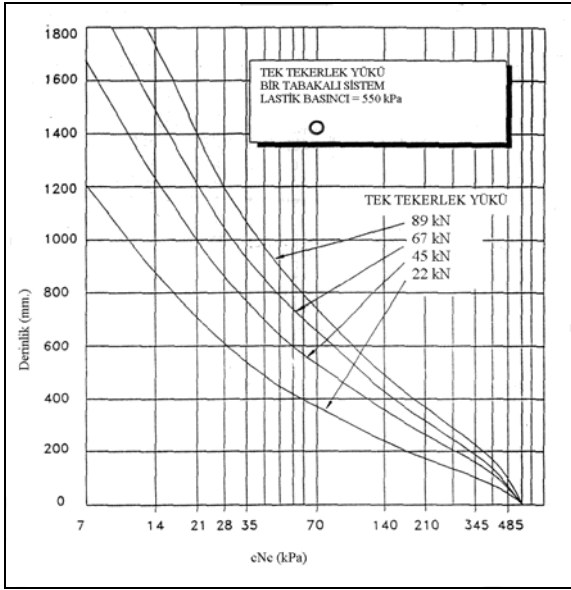
| Koşul | Tekerlek izi (mm) | Trafik (80 kN aks eş-değeri geçişler) | Taşıma gücü faktörü, N_c |
|---------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Jeotekstilli | <50 | >1000 | 2.8 |
| | >100 | <100 | 3.3 |
| Jeotekstilsiz | <50 | >1000 | 5.0 |
| | >100 | <100 | 6.0 |

7. Gerekli olan agrega kalınlığının belirlenmesi

En büyük yüklemelere karşılık gelen agrega kalınlığı (Şekil 1, 2, 3 deki) projelendirme grafikleri kullanılarak belirlenir. Gerekli olan her yerde taşıma gücünü (cN_c) elde etmek için, projelendirme temel zemini drenajsız dayanımı (c) ile taşıma gücü faktörü (N_c) çarpılarak eğriden uygun derinlik seçilir.

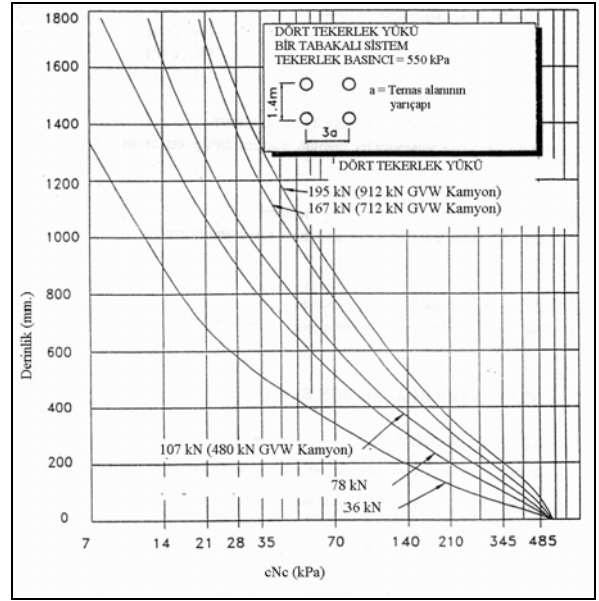
8. Projede kullanılacak jeotekstil kalınlığının seçilmesi

Proje gereksinmelerine dayanan proje kalınlığını seçilir. Bu değer 25 mm'nin katlarına yuvarlatılmalıdır.



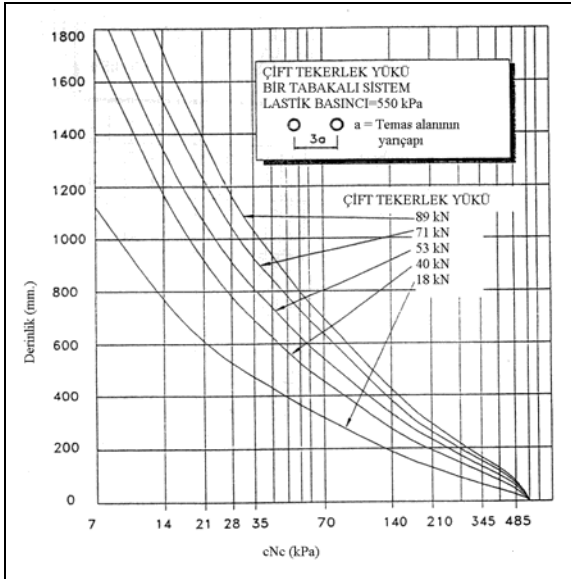
Şekil 1. Tek tekerlek yükü için tasarım eğrileri (Steward vd., 1977).

Figure 1. Design curves for one wheel load (after Steward et al., 1977)



Şekil 3. Dört tekerlek yükü için tasarım eğrileri (Steward vd., 1977).

Figure 3. Design curves for four wheel load (after Steward et al., 1977)



Şekil 2. Çift tekerlek yükü için tasarım eğrileri (Steward vd., 1977).

Figure 1. Design curves for two wheel load (after Steward et al., 1977)

9. Jeotekstilin drenaj ve filtrasyon karakteristiklerinin kontrolü

Temel zemininin dane boyu dağılımı ve permeabilite, yeraltı su seviyesi durumu, tutma ve permeabilite kriterleri de kullanılır. Yoğun trafik ile yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu durumlarda, filtrasyon kriteri de ayrıca gerekli olabilir.

Görünür açıklık boyutu (AOS) için;

$$\text{AOS} \leq D_{85} \text{ (örgülü jeotekstillerde)} \quad (1)$$

$$\text{AOS} \leq 1.8 D_{85} \text{ (örgüsüz jeotekstillerde)} \quad (2)$$

Burada D_{85} , malzemenin ağırlıkça % 85 inin daha küçük olduğu çaptır.

Permeabilite katsayısı için ,

$$k_{\text{jeotekstil}} \geq k_{\text{zemin}} \quad (3)$$

Burada $k_{\text{jeotekstil}}$, jeotekstilin geçirimsizlik katsayısı, k_{zemin} ise zeminin geçirimsizlik katsayısıdır.

Permitivite katsayısı (Ψ) için,

$$\Psi \geq 0.1s^{-1} \quad (4)$$

10. Uzun süreli dayanım gereksinimlerinin karşılanması

Tablo 2 kullanılarak arazideki zeminin CBR değerine bağlı olarak uzun süreli dayanım gereksinimlerini karşılayabilecek jeotekstil türü seçilir.

Çizelge 2. Uzun süreli dayanım kriterleri (ASTM)
Table 2. Long term strength criteria (ASTM)

| Yerleştirme esnasında CBR | <1 | | 1~2 | | <3 | |
|---------------------------------------|-------------------------|------|----------------|------|----------------|------|
| | >350 | <350 | >350 | <350 | >350 | <350 |
| Eşdeğer toprak değme basıncı (kPa) | | | | | | |
| | Kaplama kalınlığı, (mm) | | | | | |
| 100 ^{3,4} | TE | TE | 1 ⁵ | 1 | 2 ⁵ | 2 |
| 150 | TE | TE | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 300 | TE | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 450 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

1. Doygun CBR düşünülecektir.

2. En büyük agrega boyutu sıkıştırılmış yüzey kalınlığının yarısını geçmemelidir.

3. Az aracın geçtiği, kaplamasız yollar içindir.

4. 100 mm minimum kaplama kalınlığı varolan yollarla sınırlıdır.

5. TE = tavsiye edilmemektedir. Uzun süre dayanabilen jeotekstiller Sınıf 1, orta dayanımlı jeotekstillere, Sınıf 2 jeotekstillere karşı gelmektedir.

11.İstenen jeotekstil özelliklerinin belirlenmesi

Tablo 3 kullanılarak jeotekstilin uzun süreli dayanabilmesi için sağlaması gereken proje kriteri belirlenir.

12.İnşa gereksinimlerinin belirlenmesi

Bölgede imalat esnasında özel gereksinimler duyuluyorsa, (kazı, dolgu, patlatma, v.b.) bunların projesi ve planlaması yapılır.

KALICI YOLLARIN PROJELENDİRME YÖNTEMİ

Kalıcı yollarda kullanılan jeotekstiller için tavsiye edilen projelendirme yöntemi aşağıdaki gibi özetlenebilir (Christopher vd., 1985).

1. Standart yöntemler genel kaplama sistemini projelendirmek için kullanılır (ör: AASHTO, CBR, v.b.).

2. Jeotekstilin dayanım sağlamadığı varsayıldığından dolayı, agrega kalınlığı azaltılmaz.

3. Tavsiye edilen yöntem, stabilize edici tabaka da denen ve temel zeminini stabilize edip inşaat makinelerinin inşaat alanına girmesini sağlayacak ilk inşa tabakasını projelendirmek için kullanılır.

4. Bu tabakanın inşaatı bittikten sonra, inşaat standart yöntemler kullanılarak devam eder. Projelendirme esnasında, stabilize tabaka, bir çok araç geçişine maruz kalan ve teçhizat yük

leri altında 50-75 mm tekerlek izine izin veren kaplamasız bir yol olarak kabul edilmektedir. Projelendirme aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

1. Jeotekstil ihtiyacının belirlenmesi

Temel zemini dayanımına belirlenerek jeotekstile ihtiyaç duyulup duyulmadığı ortaya konur.

2. Kaplamanın jeotekstilsiz projelendirilmesi

Normal kaplama projelendirme yöntemleri kullanılarak jeotekstil kullanılmadan tasarım yapılır.

3. İlave agrega ihtiyacının belirlenmesi

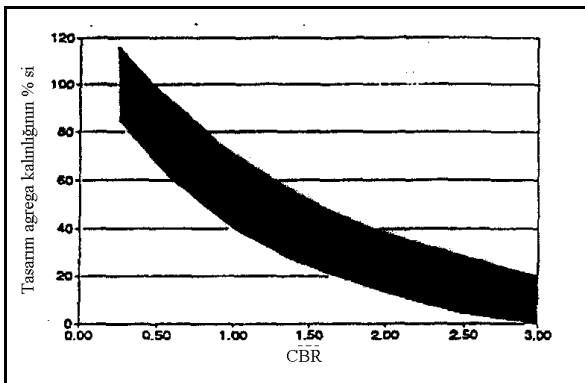
Pompaj ve taban malzemesi karışmasını önlemek için gerekli olan malzeme miktarının artırılıp arttırılmayacağına Şekil 4'den karar verilebilir. Bir artırım söz konusu ise, malzeme kalınlığı azaltılır ve temel-temel zemini arasına jeotekstil uygulanır. Yaklaşık %50 oranında kalınlık azalması maliyeti azaltmaktadır.

4. İnşaat ekipmanına dayanacak olan gerekli agrega derinliğinin belirlenmesi

İnşaat işlemleri sırasında temel zeminin stabilizasyonu için gerekli olan ilave agreganın belirlenmesinde inşaat ekipmanı için 50-75 mm'lik tekerlek izi kriteri kullanılır.

Çizelge 3. Stabilizasyon amaçlı kullanılacak jeotekstillerden istenen özellikler (AASHTO, 1997)
Table 3. Properties of the geotextiles to be used for stabilization (AASHTO, 1997)

| Özellik | ASTM Deney Yöntemi | Uzama < %50 | Uzama >%50 |
|-----------------------------|--------------------------|--|---------------|
| Uzun Süreli Dayanım | | | |
| Tutma dayanımı | D4632 | 1400 | 900 |
| Dikiş dayanımı | D4632 | 1200 | 810 |
| Yırtılma dayanımı | D4533 | 500 | 350 |
| Delinme dayanımı | D4833 | 500 | 350 |
| Patlama Dayanımı | D3786 | 3500 | 1700 |
| Ultraviyole duraylılığı | D4355 | 500 saat sonra %50 dayanım sağlanır. | |
| Drenaj Ve Filtrasyon | | | |
| Görünür açıklık oranı (AOS) | D4751 | -0.075 mm elekten %50 den azı geçiyorsa < 0.6 -0.075 mm elekten %50 den fazlası geçiyorsa <0.3 -0.075 mm elekten %15 den azı geçiyorsa 0.5 | |
| Permitivite | D4491 | -0.075 mm elekten %15-50 arası geçiyorsa 0.2 -0.075 mm elekten %50 den fazlası geçiyorsa 0.1 | |



Şekil 4. Zayıf temel altı tabakasına gömülen agrega (AASHTO, 1997)

Figure 4. Aggregate used for weak under-foundation layer (AASHTO, 1997)

4. İnşaat ekipmanına dayanacak olan gerekli agrega derinliğinin belirlenmesi

İnşaat işlemleri sırasında temel zeminin stabilizasyonu için gerekli olan ilave agreganın belirlenmesinde inşaat ekipmanı için 50-75 mm'lik tekerlek izi kriteri kullanılır.

5. Kalınlıkların karşılaştırması

3. ve 4. adımlarda belirlenen agrega-jeotekstil sisteminin kalınlıkları karşılaştırılır ve projelendirmede büyük olan kalınlık seçilir.

6. Jeotekstilin filtrasyon kontrolü

Temel zeminin dane boyu dağılımı ve permeabilite, yeraltı su seviyesi, tutma ve permeabilite kriterlerini kullanarak jeotekstil filtrasyon özelliklerinin kontrolü yapılır.

$$AOS \leq D_{85} \text{ (örgülü)} \quad (1)$$

$$AOS \leq 1.8D_{85} \text{ (örgüsüz)} \quad (2)$$

$$k_{\text{jeotekstil}} \geq k_{\text{zemin}} \quad (3)$$

$$\Psi \geq 0.1s^{-1} \quad (4)$$

ZAYIF TEMEL ZEMİNLERİ ÜZERİNDE UYGULANAN DONATILI SEDDELER

Zayıf temel zeminleri üzerine yapılan seddeler, seddenin içinde oluşan yatay toprak basıncından dolayı yanal yayılma eğilimine sahiptir. Bu toprak basınçları seddenin tabanında, temel zemininin karşılamak zorunda olduğu yatay kayma gerilmelerine neden olur. Eğer temel zemini yeterli dayanıma sahip değilse kayma oluşabilir. Uygun olarak projelendirilmiş yüksek dayanımlı jeotekstil veya jeogridli yatay tabakalar, duraylılığı artırarak kaymaya engel olurlar. Bu iki malzeme bindirme yerlerinde talep edilen projelendirme özelliklerini sağlamak koşuluyla kullanılabilir. İki malzeme, özellikle bindirme yerlerindeki uygulamada farklılık arzeder. Jeogridler özellikle turba tipi zeminlerin olduğu bölgelerde, zemin tabakalarının birbirine karışmasını engellemek ve filtrasyonu sağlamak için kullanılabilir. Eğer ilk tabaka kum ise ilk tabakanın altına jeotekstil gerekmez, çünkü bu durumda mevcut zemin, filtrasyon kriterini zaten sağlamaktadır.

Donatı ayrıca alt zemin tabakasının yatay ve düşey deformasyonlarını azaltabilmektedir. Ancak, donatılar, seddenin birincil veya ikincil konsolidasyon miktarını azaltmadığı unutulmamalıdır.

Sedde yapımında donatı kullanımının avantajları:

- Projelendirme güven sayısında artış,
- Sedde yüksekliğinde artış,
- Yapım sırasında sedde yer değiştirmelerinin (düşey deformasyonların) azalması, buna bağlı olarak dolgu ihtiyacının azalması,
- Daha üniform bir oturma oluşmasına imkan yaratarak seddenin işlevine yardımcı olmasıdır.

Donatılı Seddelerin Projelendirme Yöntemi

Donatılı seddelerin projelendirilmesi için kullanılan genel yöntem aşağıda adım adım açıklanmaktadır.

1.Sedde boyutlarının ve yükleme durumlarının tanımlanması

Bu adım aşağıdaki özelliklerin belirlenmesini kapsamaktadır.

- Sedde yüksekliği (H), sedde uzunluğu kret genişliği, kenar (şev) eğimleri (b/H)
- Dış yükler: Sürşarj, geçici (trafik) yükleri, dinamik yükler
- Çevresel faktörler: Donma etkisi, büzülme-şişme, drenaj, erozyon ve oyulma
- Sedde yapım hızı:Proje ile ilgili sınırlamalar, beklenen ve planlanan yapım hızı

2.Zemin profilinin oluşturulması ve temel zemininin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi

Bu adım aşağıdaki özelliklerin belirlenmesini kapsamaktadır.

- Temel zemini etüdünden sonra,
 - Yeraltı tabaka yapısı ile zemin profilinin belirlenmesi
 - Yeraltı su seviyesinin belirlenmesi
- Temel zemininin aşağıda sıralanan mühendislik özelliklerinin saptanması
 - Drenajsız kayma mukavemeti, c_u
 - Uzun dönem incelemeleri için drenajlı kayma mukavemeti parametreleri, c' ve ϕ'
 - Konsolidasyon parametreleri (C_c , C_r , c_v , σ_p')
 - Donatıya zararlı olabilecek kimyasal ve biyolojik faktörler
- Derinlikle ve mevcut alan kapsamında özelliklerin değişimi

3.Seddede kullanılacak dolgu malzemesinin mühendislik özelliklerinin elde edilmesi

Dolgu malzemesinin mühendislik özellikleri aşağıdakileri kapsamaktadır.

- Sınıflandırma özellikleri
- Su içeriği-birim hacim ağırlık ilişkileri (Kompaksiyon deneyi bulguları)
- Kayma dayanımı özellikleri ve parametreleri
- Donatıya zararlı olabilecek kimyasal ve biyolojik faktörler

4.Sedde için minimum uygun güven sayılarının ve oturma kriterinin belirlenmesi

Önerilen minimum güvenlik sayıları aşağıdaki gibidir:

- Genel taşıma gücü (1.5-2.0)
- İnşaat sonu kayma duraylılığı (<1.3)
- İçsel kayma duraylılığı (uzun vadede) (1.5)
- Yanal yayılma/ kayma (1.5)
- Dinamik yükleme (1.1)
- Proje gereksinmelerine bağlı oturma kriteri

5.Taşıma gücünün kontrolü

Eğer yumuşak temel zemini kalınlığı sedde genişliğinden çok daha fazla ise, klasik taşıma gücü teorisi kullanılır:

$$Q_{nihai} = \gamma_{dolgu} H = c_u N_c \quad (5)$$

Burada N_c taşıma gücü faktörüdür ve genellikle 5.14 alınır (Bu değer koheziv bir zeminde yapılacak şerit temeller için derinlikle sabit olarak kabul edilmiş drenajsız kayma mukavemeti, c_u değeridir).

Temel zemini yumuşak ve kalınlığı fazla değilse yanal yayılma analizi yapılır.

6. Dairesel kayma duraylılığının kontrolü

Donatısız olan sedde ve temel zemini için kritik kayma yüzeyini saptayarak duraylılık saptanır.

i. Eğer hesaplanan güven sayısı gerekli olan minimum değerden daha büyük ise donatı gerekli değildir. 7. adımdaki seddenin yanal yayılması kontrol edilir.

ii. Eğer hesaplanan güven sayısı gerekli olan minimum değerden küçük ise Şekil 5'de gösterildiği gibi uygun güven sayısını sağlamak için gerekli donatı mukavemeti, T_g , hesaplanır.

$$T_g = \frac{FS(M_D) - M_R}{R \cos(\theta - \beta)} \quad (6)$$

7. Yanal yayılma (kayma) duraylılığının kontrolü

Yanal yayılma veya kayma için duraylılık analizi gerçekleştirilir.

i. Güven sayısı gerekli olan minimum değerden büyük ise bu göçme olasılığı için donatı gerekli değildir.

ii. Eğer güven sayısı uygun değilse, gerekli donatının yanal yayılma mukavemeti, T_{1s} , belirlenir. Zemin / jeosentetik kohezyonu (adhezyonu), c_a , aşırı yumuşak zeminler ve düşük seddeler için sıfıra eşit olarak dikkate alınmalıdır. Kohezyon değeri çok kademeli bir sedde inşaatında ikinci ve sonraki dolgu kademelerinde dikkate alınmalıdır.

iii. Donatı üzerindeki sedde için kayma kontrolü yapılır (Şekil 6a).

8. ASTM D4595'e göre izin verilen jeosentetik deformasyonun saptanması ve gerekli donatı modülü, J 'nin hesabı

Donatı modülü,

$$J = \frac{T_{1s}}{\varepsilon_{\text{jeosentetik}}} \quad (7)$$

olarak verilmektedir. Dolguda kullanılacak malzemenin dayanım özelliklerine göre deformasyon limitleri, kohezyonsuz zeminlerde %5 - %10, kohezyonlu zeminlerde %2, turbalarda %2 - %10 arasında alınabilir.

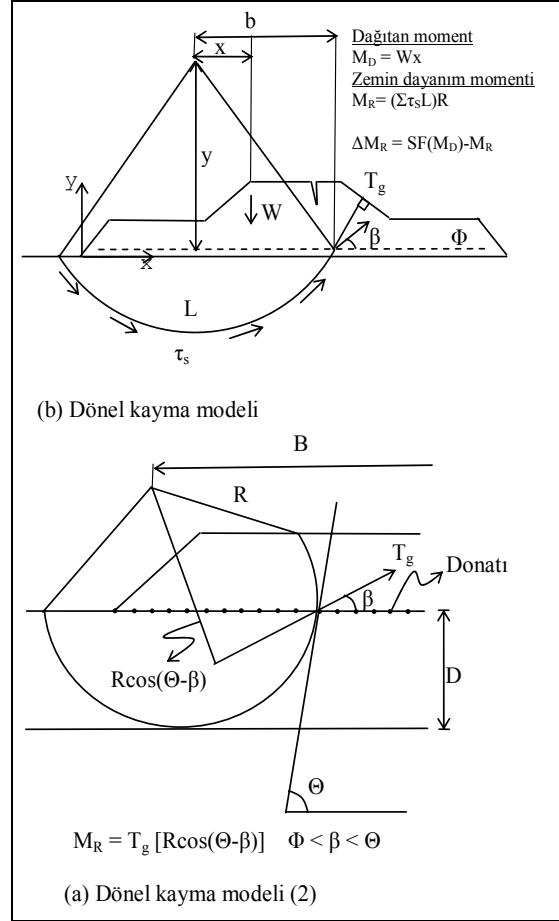
9. Seddenin boyuna yönündeki jeosentetik mukavemet gereksinimlerinin saptanması

i. Sedde sonlarındaki taşıma gücü ve dairesel şev duraylılığı kontrolü (5. ve 6. Adım)

ii. İnşaat esnasında sedde yayılımını ve yapımı takiben eğilmeyi kontrol etmek için 7. ve 8. adımlarda elde edilen dayanım ve uzama değerleri kullanılır.

iii. Sedde güzergâhının enine dikmiş dayanım gereksinimlerini kontrol ederken, dikmiş dayanım

gereksinimleri 9-i ve 9-ii adımlarında belirlenen dayanımların en büyüğüdür.

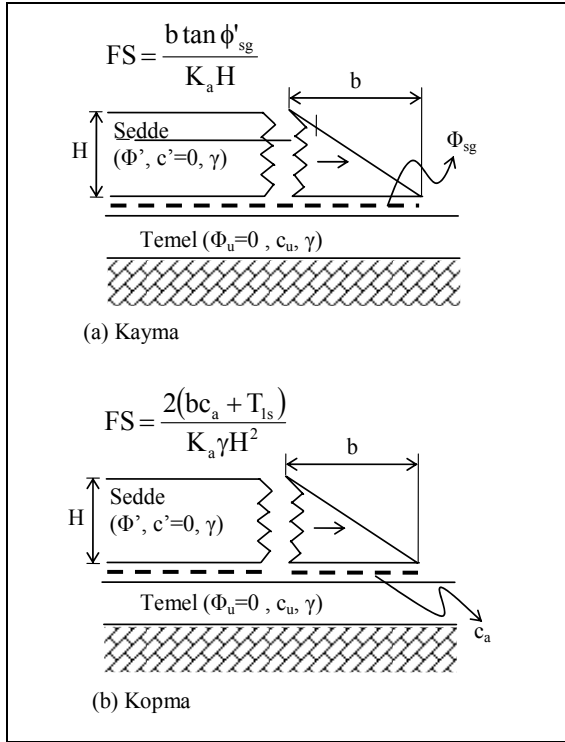


Şekil 5. Dönel duraylılığın sağlanması için gerekli donatı: (a) Wager (1981), (b) Bonaparte ve Christopher (1993) - Bu durumda donatı zemin dayanımını arttırmamaktadır.

Figure 5. Reinforcement necessary for rotational stability: (a) Wager (1981), (b) Bonaparte and Christopher (1993)- In this case reinforcement does not increase soil strength. (6)

DONATILI ZEMİN ŞEVLERİN PROJELENDİRME YÖNTEMİ

Donatılı zemin şevleri, mekanik olarak stabilize edilmiş zeminlerin bir şeklidir. 70°'den düşük yüzey eğimine sahip zemin - şev yapılarının düzlemsel donatı elemanları ile güçlendirilmesi ile elde edilir. Dolgu malzemesi kullanılarak yapılan şevlerden daha dik şevleri inşa etmek için jeosentetikler, şev donatısı olarak kullanılır. Böylece jeosentetikler, projeye ekonomi sağlar:



Şekil 6. Yanal yayılmaya dayanım için donatı gereksinimi: (a) Donatı üzerinde kayan sedde, (b) Donatının kopması ve temel zemini üzerinde kayan sedde (Schmertmann vd., 1987).

Figure 6. Reinforcement requirement against lateral extension: (a) Embankment sliding on the reinforcement, (b) Failure of the reinforcement and embankment sliding on the basement soil.

1) Donatı, şevin topuğunda ve tepesinde kullanım alanı oluşturur. 2) Gerekli olan dolgu hacmini azaltır. 3) Yüksek kaliteli dolgunun az miktarda kullanımına izin verir. 4) Duvarlarda gerekli olan ön yüz elemanlarının maliyetini yok eder.

Donatılı zemin uygulamasının avantajlı olduğu alanlar: 1) Yeni otoyol seddelerinin yapımı 2) İstinat duvarlarına alternatif olan inşaatlar 3) Varolan otoyol seddesinin genişletilmesi 4) Bozulan şevlerin tamiratıdır.

Donatılı zemin şevleri için projelendirme adımları aşağıda açıklanmakta, Şekil 7'de ise resmedilmektedir.

1.Projelendirme için geometrik, yükleme ve performans için gerekenlerin belirlenmesi

i. Geometri ve yük gereksinimleri:

-Şev yüksekliği (H) ve şev açısı (β)

ii. Dışsal (sürşarj) yükler:

-Sürşarj yük (q), geçici hareketli yük (Δq), projelendirme sismik ivmesi (A_m), trafik bariyerinin yükü

iii. Performans gereksinimleri ve bunlara ait güvenlik katsayıları (FS ile belirtilecektir),

a. Dışsal duraylılık ve oturma

-Temel boyunca MSE (mekanik olarak stabilize edilmiş zemin) kütlelerinin yatay kayması, $FS \geq 1.3$

-Dışsal derin oturma, $FS \geq 1.3$

-Yerel göçme kırılması, $FS \geq 1.3$

-Dinamik yükleme, $FS \geq 1.1$

-Oturma

b. Bileşik kırılma modları (Donatılı kütlelerden ve arkasından geçen düzlemler)

-Bileşik kırılma yüzeyleri, $FS \geq 1.3$

c. İçsel duraylılık

-İçsel kırılma yüzeyleri, $FS \geq 1.3$

2.Şevde arazi zemininin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi

i. Olası oturmaların değerlendirilmesi için güzergah boyunca her 30 ilâ 60 m.'de bir sondaj yapılabilir. Önerilen araştırma derinliği şev yüksekliğinin 2 katı kadardır.

ii. Temel ve tutulan dolgu zemininin mukavemet parametreleri (c_u , ϕ_u veya c' ve ϕ') ıslak ve kuru birim hacim ağırlık ve her tabaka için konsolidasyon parametrelerinin (C_c , C_r , c_v ve σ_p') belirlenmesi

iii. Yeraltı su seviyesinin, (d_w) ve piyezometrik yüzeylerin belirtilmesi

iv. Şev ve toprak kayması sonrası yapılan onarımlarda, duraysızlığın nedeninin tanımlanması ve önceki kırılma yüzeyinin gösterilmesidir.

3.Donatılı zemin bölgesindeki dolgunun özellikleri ile eğer farklı ise, donatılı dolgu arkasındaki dolgu özelliklerinin belirlenmesi

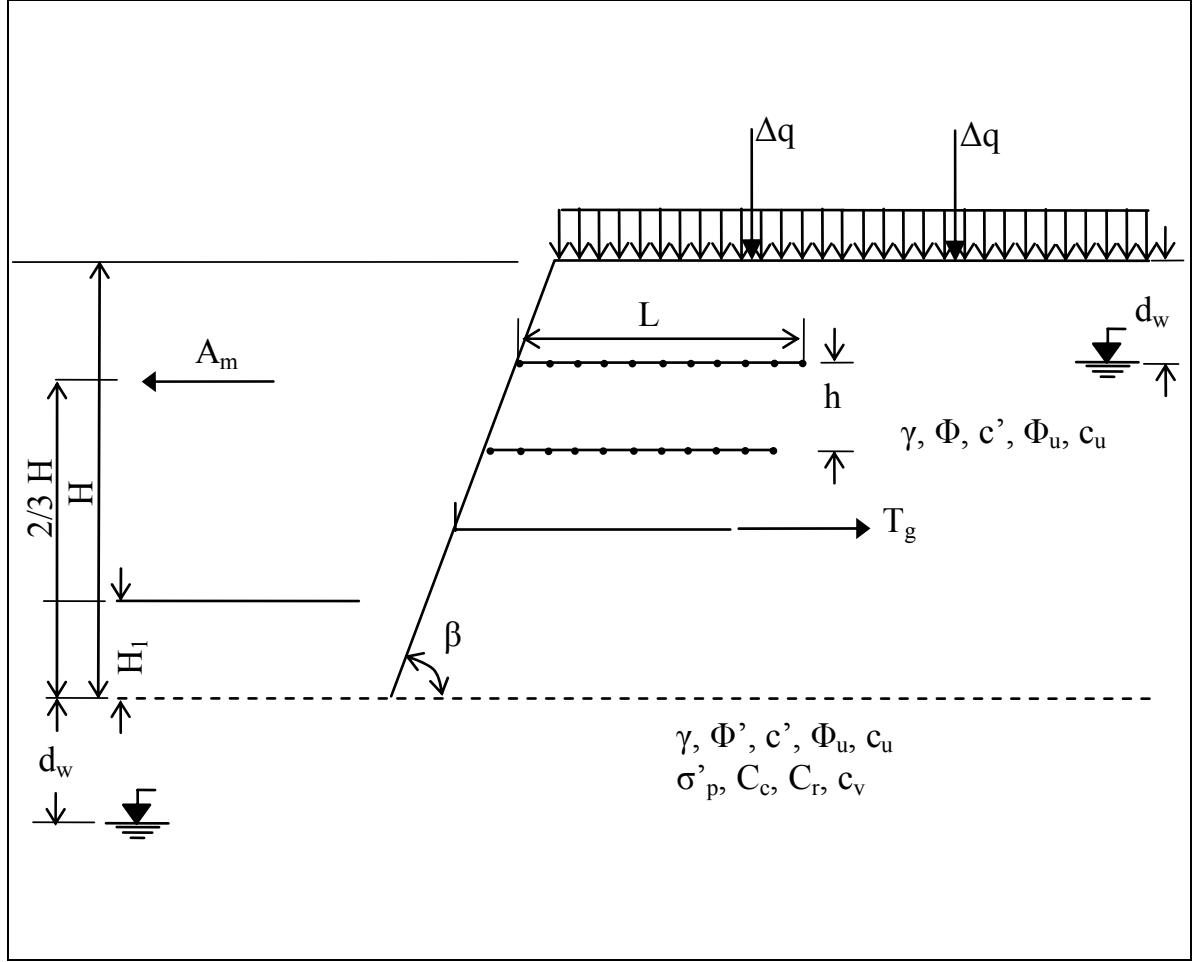
Tane boyu dağılımı ve plastisite indisi, sıkıştırma özellikleri ve yerleştirme gereksinimleri, kayma mukavemeti parametreleri (c_u , ϕ_u , c' , ϕ'), zeminin pH değeri.

4.Donatının projelendirme parametrelerinin değerlendirilmesi

i. Müsaade edilen jeosentetik mukavemeti, nihai mukavemetin sünme, yerleştirme zararı ve durabilite için azaltma faktörleri ile bölünmesi ile elde edilmektedir

$T_{all} = T_{ult} / \text{Azaltma faktörleri (sünme, yerleştirme hasarı ve dayanım)}$ (8)

ii. Minimum gömme uzunluğu $L_e = 1m$ olup kohezyonlu zeminlerde güvenlik katsayısı, $FS \geq 2$ ve granüler zeminler için $FS \geq 1.5$ değeri kullanılır.



Şekil 7. Donatılı zemin tasarımında boyutlar.
Figure 7. Dimensions in reinforced soil design.

5. Donatısız duraylılık kontrolü

i. Eğer donatı gerekli ise, göçme problemleri ve donatılı bölgenin sınırlarını belirlemek için donatısız duraylılık değerlendirilmesi yapılır.

- Güven sayıları ve potansiyel kırılma yüzeylerine gelen devirici momentleri belirlemek için duraylılık analizinin yapılması
- Hem dairesel hem de kama şeklinde yüzeylerde duraylılık analizi yapılır. Kırılmalar, topuk boyunca, yüz boyunca ve topuk altında oturma şeklinde göz önüne alınır. Kırılma yüzeyi çıkış noktaları, her potansiyel kırılma bölgesi içinde tanımlanmalıdır.

ii. Donatılacak kritik bölgenin boyutları belirlenir.

- Şevin amaçlanan güvenliğine eşit veya daha az güvenlik sayısına sahip potansiyel kırılma yüzeylerinin bütün sıraları incelenir.

- Şevin enkesitinde tüm yüzeyler işaretlenir.
- Amaçlanan güven sayısına karşılık gelen yüzeyler, donatılacak bölgeyi sınırlar.

6. Stabil bir şev sağlamak için şev donatısı projelendirilmesi

Donatı ihtiyacı aşağıdaki şekilde belirlenmektedir:

i. Şev topuğu boyunca veya altında uzanan kritik bölgenin içinde her potansiyel kayma dairesi için gerekli olan güven sayısını elde etmek için ihtiyaç duyulan şevin birim genişliğine düşen toplam donatı çekme kuvveti, T_s , hesaplanır. Bu amaçla,

$$T_s = \frac{(FS_R - FS_U)M_D}{D} \quad (8)$$

denklemini kullanılır.

Burada;

T_s : Kayma yüzeyini kesen bütün donatı tabakalarında donatının birim genişliğine gelen toplam çekme kuvveti

M_D : Kayma dairesinin merkezine göre devirici momentler

D : Kayma dairesinin merkezi çevresindeki T_s 'nin moment kolu

FS_R : Hem zemin hem de donatı için, amaçlanan minimum şev güven sayısı

FS_U : Donatısız şevin güven sayısı

T_{s-max} : Hesaplanan en büyük T_s değeri olup, gerekli olan toplam tasarım çekme gerilmesidir.

ii. Şevin birim genişliği için gerekli olan toplam projelendirme çekme gerilmesinin Şekil 8' deki grafik kullanılarak belirlenmesi.

iii. Donatı dağılımının hesabı

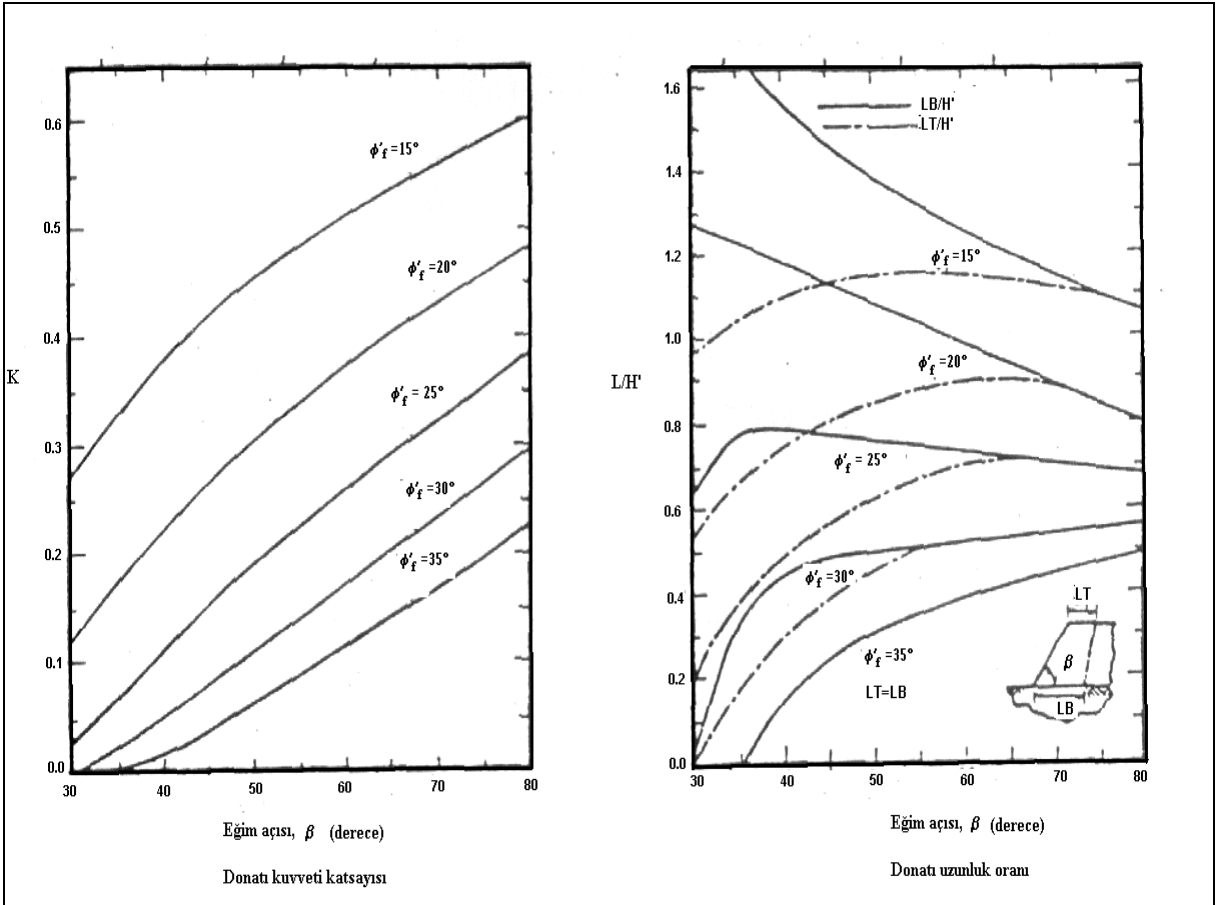
a. $H \leq 6m$ olan şevler için donatının üniform dağıldığı varsayılır ve 6-iv basamağında belirlenen ara mesafe ile donatının çekme ge-

rilmesi gereksinmelerini belirlemek için T_{s-max} değeri kullanılır.

b. $H > 6m$ olan yüksek şevler için şev eşit yükseklikte alt ve üst kısım olarak iki veya alt, orta ve üst olarak üç donatı bölgesine bölünür ve 6-iv basamağındaki ara mesafesi veya donatının çekme gerilmesi için her bölgede T_{s-max} değeri esas alınır. Her bölgede oluşacak toplam çekme gerilmesi aşağıdaki denklemlerden bulunur:

$$\begin{aligned} \text{İki bölge için: } T_{alt} &= 3/4 T_{s-max} \\ T_{üst} &= 1/4 T_{s-max} \\ \text{Üç bölge için: } T_{alt} &= 1/2 T_{s-max} \\ T_{orta} &= 1/3 T_{s-max} \\ T_{üst} &= 1/6 T_{s-max} \end{aligned}$$

iv. Donatı düşey ara mesafesinin (S_v) veya en büyük proje çekme gerilmesinin (T_{max}) belirlenmesi:



Şekil 8. Toprak basıncını elde etmek için kama şeklinde kayma yaklaşımı (Schmertmann vd., 1987).

Figure 8. Wedge type slide approximation to obtain soil pressure (Schmertmann et al, 1987).

Her bölge için varsayılan S_v değerine dayanarak her donatı tabakası için proje çekme gerilmesi (T_{max}) hesaplanır. Eğer müsaade edilen donatı dayanımı biliniyor ise, her bölge için aşağıdaki formüle dayanan minimum düşey ara mesafe ve donatı tabakalarının sayısı (N) hesaplanır.

$$T_{max} = \frac{T_{bölge} \times S_v}{H_{bölge}} = \frac{T_{bölge}}{N} \leq T_{all} R_c \quad (10)$$

Burada;

R_c : Planda donatı yüzdesi

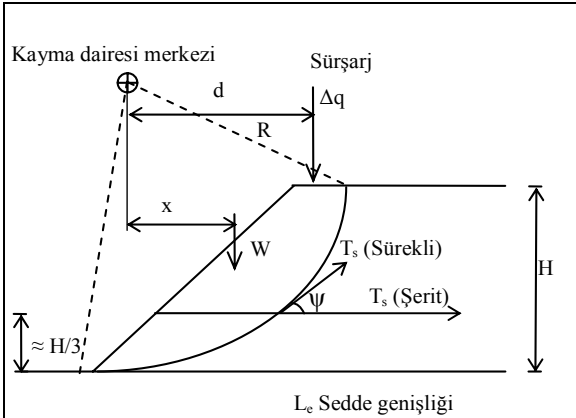
S_v : Donatının düşey ara mesafesi (İnşa kolaylığı için sıkıştırılan tabaka kalınlığının katları olmalıdır).

$T_{bölge}$: Her bölge için gerekli olan en büyük donatı çekme gerilmesi ($H < 6m$ olan alçak şevler için $T_{bölge}$ değeri T_{s-max} değerine eşittir).

$H_{bölge}$: Bölge yüksekliği ($H > 6m$ olan yüksek şevler için $H_{bölge}$ değeri T_{alt} , T_{orta} ve $T_{üst}$ değerlerine eşittir).

N : Donatı tabakalarının sayısıdır.

Orta bölge donatı tabakalarının uzunlukları (1.2m'den 2m'ye kadar) ön yüz duraylılığı ve sıkıştırma kalitesi için en büyük düşey ara mesafe olarak 600 mm'yi veya daha azını korumak için kullanılabilir.



Şekil 9. Donatı mukavemetinin belirlenmesi için dairesel kayma yaklaşımı.

Figure 9. Circular slide approximation to determine reinforcement strength.

v. Gerekli donatı uzunluğunun belirlenmesi

- En kritik kayma yüzeyi arkasındaki donatı tabakalarının tümünde gömme uzunluğu (L_e) sıyırma dayanımını sağlamak için yeterli olmalıdır (Şekil 9).

$$L_e = \frac{T_{max} FS}{2F^* \alpha \sigma'_v} \quad (11)$$

denklemleri kullanılır.

F^* , sıyırma dayanımı faktörü olup, jeogridlerde 0.8 $\tan\phi$, jeotekstillerde 0.67 $\tan\phi$; α değeri bir düzeltme faktörü olup, jeogridlerde 0.8, jeotekstillerde 0.6 alınır.

σ'_v , zemin ve donatı arasındaki efektif düşey gerilme, L_e ise kırılma yüzeyi arkasında direnen bölgede gömme uzunluğudur.

b. L_e 'nin en küçük değeri 1m'dir.

c. Donatı uzunlukları işaretlenir.

-Temelde kayma duraylılığı için gerekli olan uzunluk alt donatı tabakalarının uzunluğunu da kontrol eder.

-Alt tabakadaki donatı uzunlukları kritik bölgenin sınırlarına kadar uzatılmalıdır. Göçme problemlerini çözmek için daha uzun donatılar gerekebilmektedir.

-Donatının üst seviyeleri kritik bölgenin sınırlarına kadar uzatılmayabilir.

d. Her kırılma yüzeyini geçen donatı kuvvetlerinin toplamının T_s değerinden büyük olduğu kontrol edilir.

-Sıyırma dayanımını hesaplamak için sadece yüzey arkasında 1m uzanan donatı hesaplanır.

-Eğer uygun donatı dayanımı yeterli değil ise, yüzeyi geçmeyen donatının uzunluğu artırılır veya alt seviyedeki donatının dayanımı artırılır.

e. İnşa kolaylığı için eşit donatı uzunluğunda iki veya üç kısım oluşturmak için bazı donatı tabakalarını uzatarak donatı düzeni basitleştirilir.

f. Her donatı kısmının en alt seviyeleri hariç, donatı tabakalarını genellikle kritik bölgenin sınırlarına kadar uzatma ihtiyacı duyulmaz.

g. Şekil 8'deki grafik kullanarak elde edilen uzunluk kontrol edilir.

7. Dış duraylılık kontrolü

Donatılı zemin kütlelerinin dışsal duraylılığı, stabil kütle olarak davranarak ve kırılmadan bütün dışsal yüklere dayanarak zemin kütlelerinin davranışına dayanır. Kırılma şekilleri; kayma, derin oturmada duraylılık kaybı, topukta yerel taşıma gücü kaybıdır (Yanal yayılma tarzı göçme).

i. Kayma dayanımı:

Donatılı kütle, donatının kaymaya karşı dayanabilmesi için her seviyede yeteri kadar geniş olmalıdır. 5.adımda tanımlanan donatı sınırları tarafından belirlenen kama tipi kırılma yüzeyinin aşağıdaki ilişkilerden kayma dayanımı uygun olup olmadığı kontrol edilebilir.

Direnen kuvvet = FS x Kayma kuvveti

$$(W + P_a \sin\phi_b) \tan\phi_{min} = FS P_a \cos\phi_b$$

$$L < H \text{ için } W = \frac{1}{2} L^2 \gamma_r (\tan \beta_r) \quad (12)$$

$$L > H \text{ için } W = (LH - \frac{H^2}{2 \tan \beta}) \gamma_r \quad (13)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma_b H^2 K_a \quad (14)$$

Burada,

L : Donatı uzunluğunda değişim olduğu her bölgedeki alt donatı tabakasının uzunluğu

H : Şev yüksekliği

FS : Kaymaya karşı güven sayısı (> 1.5)

P_A : Aktif toprak basıncı

φ_{min} : Donatılı zemin ile jeosentetik arasındaki minimum kayma sürtünme açısı veya temel zemininin sürtünme açısı

β : Şev açısı

γ_r, γ_b : Ayrı ayrı donatılı dolgu ve tutulan arka dolgunun birim hacim ağırlığı

φ_b : Tutulan dolgunun sürtünme açısı

(Eğer jeotekstil filtre veya geokompozit drenler arka şeve sürekli yerleştirilirse, φ_b açısı jeosentetik ile tutulan dolgu arasında iç yüzey sürtünme açısına eşit olacak şekilde oluşturulmalıdır.)

ii. Genel derin göçme duraylılığı

Kontrol amacıyla, donatılı zemin kütle arkasındaki potansiyel derin göçme kırılma yüzeyleri tekrar değerlendirilmelidir. 5.adımda uygulanan analiz bu bilgiyi sağlamalıdır. Basitleştirilmiş Bishop (1955), Morgenstern ve Price (1965), Spencer vd. (1981) gibi klasik dairesel şev duraylılık yöntemleri kullanılabilir.

iii. Topuktaki lokal göçme (yanal yayılma)

Şevin topuğundaki taşıma gücüne dikkat edilmelidir. Sedde altındaki serbest yumuşak zemin tabakasında yüksek yanal gerilmeler göçmeye yol açabilmektedir. Eğer şev yumuşak temel üzerinde ise bu tür analiz yapılmalıdır.

iv. Temel oturması

Temelin oturma değeri sıradan jeoteknik mühendisliği yöntemleri kullanılarak belirlenmelidir. Eğer hesap edilen oturma projenin gerektirdiklerini aşarsa, temel zeminleri iyileştirilmelidir.

v. Dinamik duraylılık

- Sismik yer ivmesi katsayısı A₀ yerel koşullara göre seçilerek ve proje ivmesi A_m = A₀ / 2 değeri kullanılarak eşdeğer statik analiz yapılır..
- Eğer şev sismik aktiviteye maruz bir alanda bulunuyor ise, uygun bir yöntemle dinamik

analiz yapılır. Yerel veya ulusal yönetmeliklerden elde edilen sismik katsayı kullanılarak, eşdeğer statik analiz benzeri bir analiz gerçekleştirilir. Yüksek sismik riskli alanlardaki kritik projeler için gerçek bir dinamik analiz uygulanmalıdır.

- Temel zemininin sıvılaşma potansiyeli araştırılmalıdır.

8.Yeraltı ve yüzey suyu kontrolü için gerekenlerin belirlenmesi

i. Yeraltı suyu kontrolü

Kontrolsüz yeraltı suyu sızıntısı şev duraylılığını azaltarak şev kaymasına yol açabilir. Donatılı kütle arkasındaki hidrostatik kuvvetler ve donatılı kütle içindeki kontrolsüz sızma, duraylılığı azaltmaktadır. Kütle boyunca sızma jeosentetiğin sıvılaşma kapasitesini azaltabilir ve yüzeyde erozyon oluşturabilir. Yüzey altı drenaj sistemini projelendirirken, suyun içinden geçmesi gereken doğal ve dolgu zeminlerinin permeabilitesi ve su kaynağı göz önünde tutulmalıdır.

- Yeraltı suyu akımının projelendirilmesinde akım hızı, filtrasyon, drenaj sisteminin yerleştirilme ve çıkış yeri detayları belirlenmelidir.
- Drenler, donatılı kütle arkasına yerleştirilmelidir.
- Jeokompozit drenaj sistemleri veya tipik granüler drenaj battaniyesi ve drenler kullanılabilir.
- Çıkış yerlerinin yanal ara mesafesi; arazi geometrisi, tahmin edilen akım ve varolan standartlar tarafından belirlenmektedir. Çıkış yerlerinin projelendirilmesi, uzun süreli performans ve bakım gereksinimlerini içermelidir.
- Şev duraylılık analizi, jeokompozit dren boyunca iç yüzey kayma dayanımı için hesaplanmalıdır. Jeokompozit / zemin iç yüzeyi, zeminin sürtünme değerinden küçük bir sürtünme değerine sahip olmalıdır. Olası kırılma yüzeyi iç yüzey boyunca oluşabilir.
- Jeotekstil donatılar (ilk ve orta tabakalar), donatılı dolgu malzemesinden daha geçirgen olmalıdır.

ii. Yüzeysel su akımı

Şev duraylılığı, oluşan yüzeysel akıma göre erozyon tarafından kaybolabilir. Erozyonla oluşan dereler yüzey bataklığı ve olası derin kayma ile sonuçlanabilmektedir. Erozyon kontrolü ve bitkilendirme ölçümleri, donatılı şev sisteminin projelendirmesinin ve özelleştirilmesinin bir bölümü olmalıdır.

Yüzeysel sular donatılı şev üzerinde biriktirilmeli ve şevin tabanı altında borularla veya kanallarla uzaklaştırılmalıdır. Standart drenaj detayları kullanılmalıdır. Donatılı şevler, yağmur suyuna ve yüzeysel akış durumuna göre erozyonu engellemek veya azaltmak için inşaattan sonra bitkilendirilmelidir. Bitkilendirme, coğrafi ve iklim koşullarına göre değişim gösteren özel projelerdir. Jeosentetik donatılı şevlerde dik şevlere göre bitki örtüsü yaratılması ve bakımının sağlanması daha zordur. Şevin dikliği, akım oluşmadan önce zemin tarafından emilen su miktarını sınırlar. Bitkilendirme önce yüzeyde yapılmalıdır ve uzun süreli dayanabilmesi için bakımı sağlanmalıdır.

Kalıcı sentetik örtü; çok dik olmayan şevlerde (1:1 şev eğiminden az), düşük yükseklikli şevlerde, orta seviyede akım durumlarında gerekemeyebilir. Bu durumda, geçici erozyon örtüsü şev yüzünü korumak ve bitki örtüsü oluşuncaya kadar gelişimini desteklemek için düşünülebilir.

JEOSENTETİK DONATILI DUVARLARIN PROJELENDİRME YÖNTEMİ

Boyutları ve yükleme özellikleri Şekil 10'da verilen donatılı duvarların projelendirme yöntemi aşağıdaki adımlarda anlatıldığı gibidir:

1. Projelendirme sınırları, projenin alanı ve dışsal yüklerin belirlenmesi

- i. Duvar yüksekliği, H
- ii. Duvar uzunluğu, L
- iii. Yüzey eğim açısı
- iv. Dış yükler
 1. Geçici nokta hareketli yükler, Δq
 2. Üniform sürşarj yükler, q
 3. Sismik yükler, A_m
- v. Kaplama tipi
 1. Parçalı beton birimler, ahşaplar, arttırılmış yükseklikte prefabrike paneller
 2. Tam yükseklikte beton paneller
 3. Sarma yüzeyler
- vi. Kaplama birleşimleri, inşaat sırasında duraylılık, tabaka kalınlığı, yerleştirme (jeotekstil ve jeogrid kaplı duvarlar için en büyük s=0.5 m.) ve donatı dayanımına dayanan ara mesafe gereksinimleri
- vii. Donma etkisi, oyulma, büzülme ve şişme, drenaj, sızma, yağış suları, arka dolgunun kimyasal yapısı ve sızma suyu gibi çevresel faktörler (örneğin pH sınırı, hidroliz potansiyeli, kloritler, sülfatlar, kimyasal çözücüler, dizel yakıt, diğer hidrokarbonlar)
- viii. Projelendirme ve servis ömrü süreleri

2. Temel zemininin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi

- i. Duvar altı temel zemin profilinin belirlenmelidir. Araştırma derinliği duvar yüksekliğinin en az iki katı olmalıdır. Sondaj kuyuları, donatılı zeminin önünde ve arkasında duvar güzergâhı boyunca en az her 30-45 m.'de bir düşünülmalıdır.
- ii. Her temel tabakası için temel zemininin dayanım parametreleri (c_u , ϕ_u , c' ve ϕ'), birim hacim ağırlığı (γ), konsolidasyon parametreleri (C_c , C_r , c_v ve σ_p) belirlenir.
- iii. Yeraltı su seviyesinin yerinin belirlenir. Duvar altında ve arkasında drenaj ihtiyacının kontrol edilir.

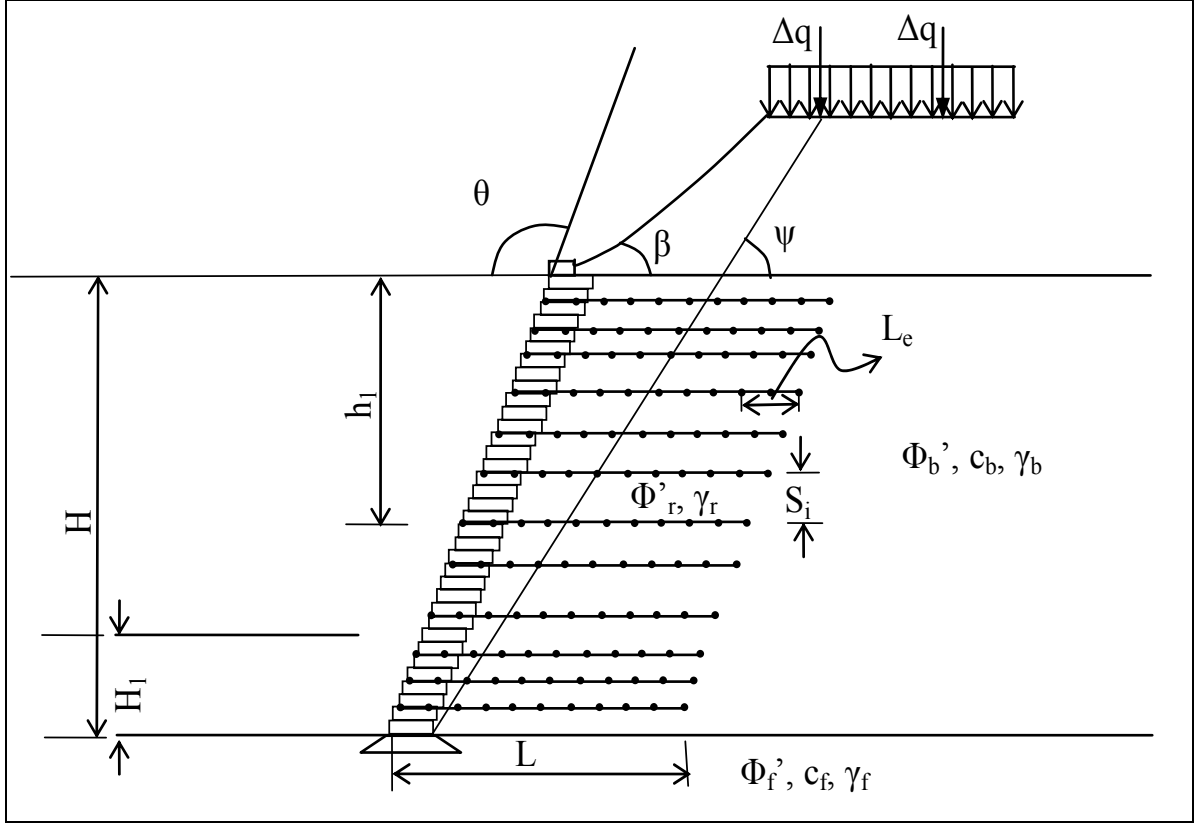
3. Hem donatılı dolgu zeminin hem de tutulan arka dolgu zeminin özelliklerinin belirlenmesi

- i. Zeminlerin su içeriği, dane boyu dağılımı ve plastisitesi belirlenir. MSE duvarları için kabul edilebilir ince daneli zeminler (siltler ve killer) tavsiye edilmez.
- ii. Kompaksiyon özellikleri (en büyük kuru birim hacim ağırlık, γ_d ve optimum su içeriği, w_{opt} veya rölatif yoğunluk)
- iii. İçsel sürtünme açısı, ϕ_r
- iv. pH.

4. Projelendirme güven sayılarının ve performans kriterinin belirlenmesi

Aşağıdaki değerler minimum değerler olarak tavsiye edilmektedir, yerel yönetmelikler daha büyük değerler gerektirebilir.

- i. Dışsal duraylılık
 1. Kayma : $FS \geq 1.5$
 2. Taşıma gücü: $FS \geq 2.5$
 3. Derin göçme duraylılığı: $FS \geq 1.3$
 4. Oturma: Projenin gereklerine dayanan en büyük müsaade edilen toplam ve kısmi oturmalar.
 5. Dinamik yükleme : $FS \geq 1.1$
- ii. İçsel duraylılık
 1. Donatının müsaade edilen uzun süreli çekme dayanımı, T_{all} belirlenir. Donatı ile kaplama elemanı arasındaki birleşme dayanımının hesaba katılır ve donatının projelendirme çekme dayanımı sınırlandırılır.
 2. İçsel duraylılığa karşı minimum güven sayısı $FS=1.5$ değeri kullanılarak, $T_d=T_{all}/FS$ olan donatının uzun süreli projelendirme dayanımı, T_d belirlenir.
 3. Sıyırılma dayanımı $FS \geq 1.5$ dir. Minimum gömme uzunluğu yaklaşık 1 m.'dir. Sismik etkilerden oluşabilecek sıyırılma için $FS \geq 1.1$ değeri kullanılır.



Şekil 10. MSE duvarların geometrik ve yükleme özellikleri.
Figure 10. Geometric and loading properties of the MSE walls.

5. İlk duvar boyutlarının belirlenmesi

- İlk deneme için donatılı bölgenin uzunluğu $L=0.7 H$ olarak kabul edilir.
- Tablo 4'ten duvar gömme derinliği belirlenir.
 - Duvarın önünde minimum gömme derinliği H_1 'dir.
 - Temel zeminlerinin olası don etkisi, büzülme ve şişme potansiyeli, genel duraylılığı ve sismik etkinliği dikkate alınır. Her durum için minimum H_1 değeri 0.5 m. dir.

Tablo 4. Duvar ön yüzü şev açısı ile minimum gömme derinliği arasındaki ilişki

| Duvarın önünde şev açısı | Minimum H_1 |
|------------------------------|---------------|
| Yatay (duvarlar) | $H / 20$ |
| Yatay (köprü kenar ayakları) | $H / 10$ |
| 3 : 1 | $H / 10$ |
| 2 : 1 | $H / 7$ |
| 3 : 2 | $H / 5$ |

6. Donatılı bölge için içsel ve dışsal yanal toprak basıncı grafiklerinin belirlenmesi

Dışsal duraylılık hesaplamalarında, donatılı zemin kütesinin ve kaplamanın rijit bir kütle olduğu düşünülür ve içsel duraylılık hesaplamalarında basitleştirilmiş yöntem kullanılması tavsiye edilir.

- Donatılı zemin dolgusundan, ölü yükten, hareketli yükten oluşan içsel gerilmeler göz önünde tutulur.
- Tutulan arka dolgudan, ölü yükten ve hareketli yükten oluşan dışsal gerilmeler göz önünde tutulur.
- İçsel ve dışsal projelendirme için zemin, sürşarj ve hareketli yüklemelerinin tamamı aynı anda yapılır.

7. Dışsal duvar duraylılığının kontrolü

- Kayma dayanımı (Sürşarj yüklü veya sürşarj yüksüz kontrol edilmelidir).
- Temel zeminin taşıma gücü
- Derinde oluşacak göçme
- Sismik analiz

8. Tipik oturma analizi kullanılarak donatılı bölgenin oturmasının tahmin edilmesi

Tipik oturma analizi kullanılarak donatılı bölge için oturma tahmini işlemi gerçekleştirilir.

9. Her donatı seviyesinde en büyük yatay gerilmenin hesaplanması

- Her donatı seviyesinde donatılı dolgu ağırlığı, üniform sürşarj yükü ve dış kuvvetlerin bileşkesinden oluşan düşey gerilme dağılımı belirlenir.
- Her donatı seviyesinde, herhangi bir noktasal sürşarj yükten oluşan ek düşey gerilme belirlenir.
6. adımda yatay toprak basıncı grafikleri kullanılarak σ_H yatay gerilmesi hesaplanır.

10. İçsel duraylılık kontrolü ve donatı gereksinmelerinin belirlenmesi

Donatılı bölge için 6. adımdaki yanal toprak basıncı grafikleri kullanılır.

- İçsel yanal basınçlara dayanması için donatı tabakalarının düşey ara mesafesine (S_v) dayanan, duvarın birim genişliğine düşen her donatı tabakasında en büyük çekme gerilmesi (T_{max}) hesaplanır.
- Proje dayanımı $T_a \geq T_{max}$ olmak üzere saptanır (T_a uzun dönemdeki müsaade edilebilir çekme dayanımı T_{all} 'in içsel göçmeye karşı güven sayısına bölünmüş değeridir).
- Donatının birleşiminin dayanımı, donatı dayanım değerini kontrol etmemektedir. Duvar kaplaması olarak kullanılan birimler ile ahşap ve beton panellerin lokal duraylılığı kontrol edilir.
- Rankine kırılma kamasının sıyrılma dayanımını sağlamak üzere gerekli olan donatı uzunluğu, L_e kontrol edilir. Minimum L_e uzunluğu 1 m. olarak tavsiye edilir.

SONUÇLAR

Jeosentetikler, tekstil teknolojisinin gelişmesiyle inşaat mühendisliği uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Jeosentetik uygulamaların ülkemizde yaygınlaşması, bu konuda yapılacak Türkçe çalışmaların artmasıyla mümkün olacaktır. Jeosentetik ürünler ile projelendirme yöntemi daha ekonomik çözümler sunmaktadır.

Geçici ve daimi yollarda donatı amacıyla kullanılan jeotekstiller ve jeogridler, üst tabaka kalınlığında %50'ye varan azalma sağlamaktadır. Şevlerde ve seddelerde kullanılan jeotekstiller ise şev kaymasını engellemekte ve güven sayısını arttırmaktadır.

İstinat duvarları ise betonarme olarak yapımı mümkün olmayan yüksekliklerde inşa edilebilmektedir. Ayrıca yapımı betonarme duvarlara göre daha hızlı olmaktadır. Bu nedenlerle, ülkemizde inşaat mühendisliği uygulamalarında geleneksel yöntemlerin yerine jeosentetik ürünlerin kullanılması hem maliyet hem de yapım kolaylığı ve yapım hızı açısından tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- AASHTO, 1972, Interin Guide for the Design of Pavement Structures, American Association of State Transportation and Highway Officials, Washington D.C.
- AASHTO, D4943-Geosynthetics, 1997, Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1246 p.
- ASTM D4632, 1996, Test Method for Grab Breaking Load and Elongation of Geotextiles (04.08).
- Bishop, A.W., 1955, "The Use of Slip Circle in the Stability Analysis of Earth Slopes", Geotechnique, Vol 5, NO.1, 7-17.
- Bonaparte, R. and Christopher, B.R., 1993, Design and Construction of Reinforced Embankments Over Weak Foundations, Proceedings of the Symposium on Reinforced Layered Systems, Transportation Research Record 1153, Transportation Research Board, Washington D.C., 395 p.
- Christopher, B.R. and Holtz, R.D., 1985, Geotextile Engineering Manual, Report No: FHWA-TS-86 / 203, Federal Highway Administration, Washington D.C., 1044 p.
- Geosynthetic Design & Construction Guidelines Participant Notebook, 1998, National Highway Institute, Federal Highway Administration, Mclean, Virginia.
- Koerner, R.M., 1994, Designing with Geosynthetics, Third Editon, Prentice Hall, New Jersey, USA, 783 p.
- Morgenstern, N.R. ve Price, V.E., 1965, "The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces", Geotechnique, Vol 15, No.1, 79-93.
- Schmertmann, G.R., Chouery-Curtis, V.E., Johnson, R.D. and Bonaparte, R., 1987, Design Charts for Geogrid-Reinforced Soil-Slopes, Proceedings

- of Geosynthetics'87, New Orleans, LA, Volume 1, 108-120.
- Spencer, E. , 1967, "A method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Paralel Inter-slice forces", Geotechnique, Vol 17, No.1, 11-26.
- Steward, J., Williamson, R. and Mohney, J. , 1977, Guidelines for Use of Fabrics in Construction and Maintenance of Low -Volume Roads, USDA Forest Service, Portland, OR.
- Wager, O., 1981, Building of a Site Road over a bog in Kilanda, Alvsborg County, Sweden in Preparation for the Erection of Three 400 kV Power Lines, Report to the Swedish State Power Board, AB Fodervävnader, Borä, Sweden, 16p.

YILDIZ IRMAĞI ÇÖKELLERİNİN BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE USEFULLNESS OF THE YILDIZ IRMAK SEDIMENTS AS THE CEMENT AGGREGATES

Mustafa YILDIRIM
Işık YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas
Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

ÖZ: Bu çalışmada Sivas ili Yıldızeli ilçesinin doğusunda yer alan Yıldız Irmağı çökellerinin beton agregası olarak kullanılabilirliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Yıldız Irmağı, Sivas ilinin yaklaşık 27 km batısında yer almakta olup, kuzey-güney yönünde uzanmaktadır. Yıldız Irmağı üzerinde iki ayrı agrega ocağı bulunmakta ve bu ocaklardan alınan örnekler üzerinde tane boyu dağılımı (granülometri), birim ağırlık, özgül ağırlık, Los Angeles aşınma kaybı, su emme, dona karşı dayanıklılık (Na_2SO_4), kil toprakları içeriği ve ince madde oranı deneyleri yapılarak değerleri bulunmuş, tane şekli ve mineralojik bileşimleri (XRD ile) belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmalar sonucunda, Yıldız Irmağı çökellerinin dona karşı dayanım değerlerinin TSE 707 (1980)'de verilen sınır değerlerinin dışına çıktığı diğer agrega özelliklerini sağlayabildiği belirlenmiştir. Söz konusu malzemelerin Sivas ve civarında kullanılacağı, bu bölgenin iklimi dikkate alındığında dona karşı dayanım değerlerinin düşük olmasının sorun yaratacağı ve bu sorunun çözümüne yönelik bazı önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yıldız Irmağı, Agregası, Granülometri, Los Angeles Aşınma kaybı, Dona karşı dayanım, XRD

ABSTRACT: This study aims to determine the suitability of the Yıldız Irmak cement aggregates sediments as the cement aggregates in the east of Yıldızeli County of Sivas. Yıldız Irmak lies in the North-South direction in the 27 km west of Sivas. There are two aggregate quarries in Yıldız Irmak valley. Laboratory experiments including grain size distribution, unit weight, specific gravity, Los Angeles abrasion test, water suction, strength loss after frost (Na_2SO_4), quantity of clay balls, fine and light material quantity, grain shape and mineralogical content by XRD were carried out on the samples taken from the locations in the two active quarries.

As a result of this study it was concluded that all the aggregate properties are close to the desirable ranges except strength loss after the frost. The strength loss after the frost was determined as lower than the proposed range. So, due to the cold climate conditions of the Sivas city and its environs, this lower value of strength loss after frost would be a problem when they were used as an aggregate. That's why it would be needed some remediation techniques such as; chemical mixtures, resin etc.

Key-Words: Yıldız Irmak, Aggregate, grain size, Los Angeles abrasion test, strength loss after frost, XRD

GİRİŞ

Agregalar çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olmakla birlikte, özellikle inşaat sektöründe zorunlu olarak kullanılan bir gereçtir. Ülkemizde özellikle son 25-30 yıl içinde köyden kente hızlı bir nüfus göçünün meydana gelmiş olması, bu nüfus hareketinin doğal sonucu olarak inşaat sektöründeki

büyüme ve gelişme, yol yapımının hızlanması ve benzeri nedenlerle agrega gereksiniminde büyük artışlara neden olmuştur.

Beton agregası; beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan (yapı

betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış tanelerin oluşturduğu bir yığındır (TSE 706, 1980).

Agregalar genel olarak kaynağına, tane şekline, özgül ağırlığına ve tane büyüklüğüne göre sınıflandırılmaktadır (Çavuşoğlu ve diğ., 2004). Bunların dışında çok değişik özellikler göz önüne alınarak sınıflama yapılabilmektedir (Çizelge 1). Sınıflama işlemi, kullanacak kişiye agregaları daha iyi tanıtarak kullanım alanına göre daha doğru biçimde seçim yapmasını sağlar.

Temel bir yapı gereci olan beton, ilerleyen teknolojinin getirdiği avantajlarla birlikte günümüzde çok önemli bir yer tutmaktadır. Beton, mineral kökenli taneli malzemelerin bir bağlayıcı ile birleştirilmesi ile üretilen yapay bir taştır. Çimento, agrega ve su karışımından yapılan betonun, hacim olarak $\frac{3}{4}$ 'ü agrega tarafından oluşturulmaktadır. Agreganın özelliklerinin; betonun işlenebilirliğine, mukavemetine, sağlamlılığına, dayanıklılığına, aşınmaya dayanımına, kısaca beton kalitesine etkisi büyüktür. Agreganın maliyetini azaltmakta, sertleşme ve beton hacminin değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı beton dayanıklılığını arttırmaktadır.

Genel olarak beton agregaları, harçtan en ekonomik şekilde yararlanılacak granülometriye sahip olmalı, suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli, sert ve sağlam olmalı, su ile zararlı kimyasal bileşikler oluşturmamalı, kimyasal olarak zararlı maddelerle ve kille sarılı bulunmamalı veya çimentonun yapışma etkisine zarar vermemeli, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir. Agreganın kullanım yeri ve amacına göre; granülometrik dağılımı, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, donatı dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TSE'nin belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır.

Bu çalışmada Yıldız Irmağı'nın güncel çökellerinden elde edilen malzemenin beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bunu belirlemek için elde edilen malzeme üzerinde aşağıda verilen deneysel çalışmalar yapılmış ve TSE (1980, 1981, 1983)'nin beton agregaları için belirlediği standartlarla

karşılaştırıp sonuçlandırılmıştır. Bu deneysel çalışmalar; tane büyüklüğü dağılımı, incelik modülünün bulunması, birim hacim ağırlığının bulunması, özgül ağırlığının bulunması, su emme oranının bulunması, ince malzeme oranının bulunması, ısı değişikliklerine karşı dayanım, aşınma dayanımının bulunması, kil toprakları miktarının bulunması ve mineralojik bileşimin belirlenmesi şeklindedir.

COĞRAFİ KONUM VE BÖLGENİN JEOLJİSİ

Yıldız ırmağı, İç Anadolu bölgesinin kuzeydoğusunda yer alan Sivas ilinin 27 km batısında olup yaklaşık olarak kuzeyden güneye doğru akmakta ve Kızılırmak ile birleşmektedir. İnceleme alanı Yıldız Irmağının geçtiği Karamehmet köyü ile Yıldız ırmağının birleştiği Kızılırmak arasında sınırlandırılmıştır (Şekil 1).

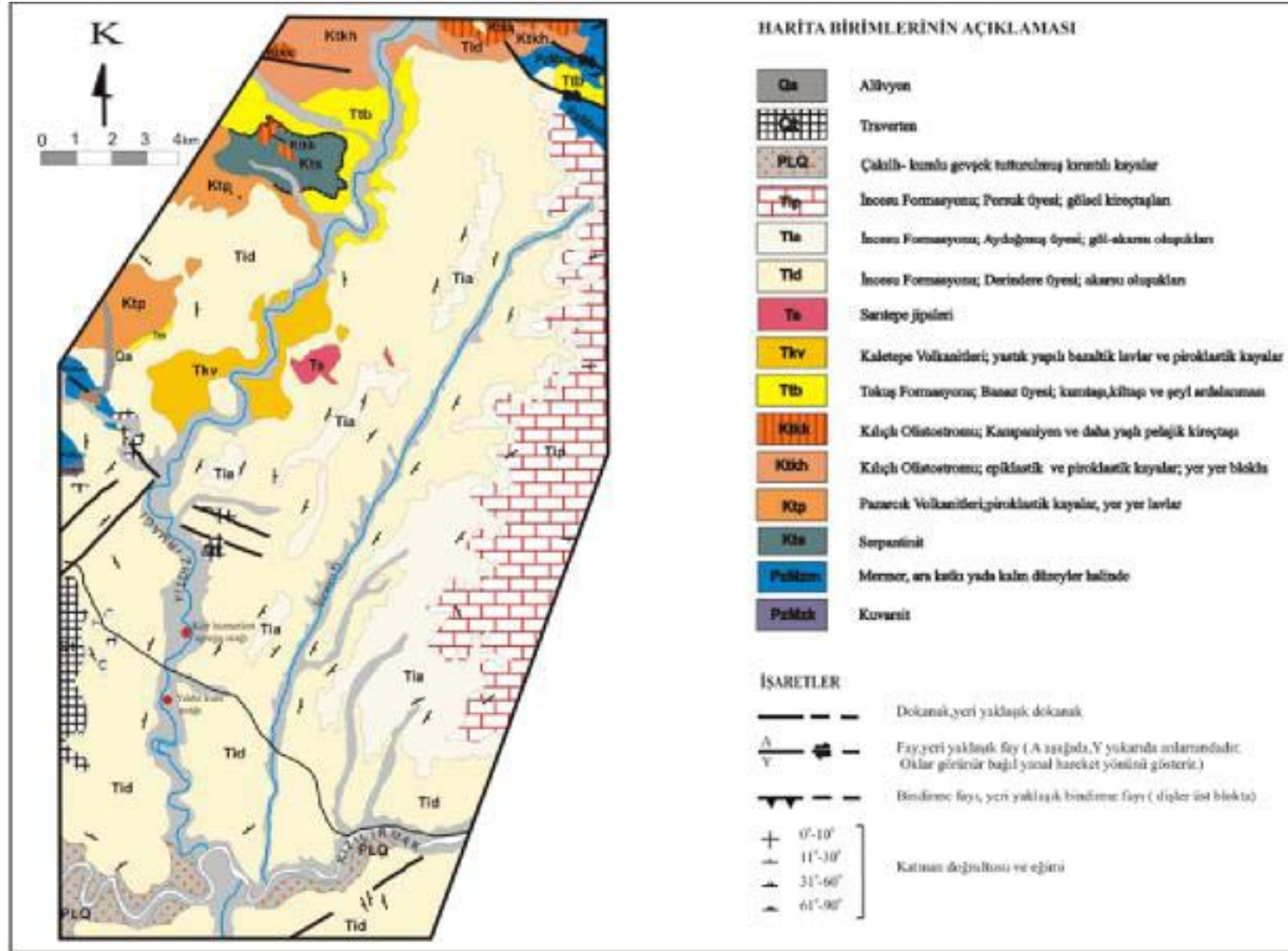
İnceleme alanında yüzeyleyen birimlerin yayılımlarının ve stratigrafik dizilimlerinin belirlenmesi amacıyla MTA tarafından 1993 yılında yapımı tamamlanan ve 1997 yılında basılan Sivas F 23 1:100.000 ölçekli jeoloji haritasından (Yılmaz vd., 1997) yararlanılmıştır. Bu haritaya göre inceleme alanında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin yüzeylediği görülmüştür (Şekil 1). Bölgede yüzeyleyen birimler önceki çalışmalarda kullanılan isimlendirmeler de dikkate alınarak aşağıda basitçe açıklanmıştır.

Akdağmadeni Litodemi (PzMz), başlıca gnays, şist, mermer, kuvarsit ve amfibolitten oluştuğu, genellikle yüksek dereceli başkalaşıma uğramış tortul kayalardan oluşmaktadır (Tülümen, 1980).

Tekelidağı Karışığı (Ktk), ofiyolitli karışıktan oluşan Tekelidağı Karışığı dm'den km'lere değin değişik boyda ve farklı köken ve yaştaki kayaçların karışması ile oluşan sedimanter-tektonik bir birimdir (Yılmaz, 1980).

Pazarcık Volkanitleri (Ktp), Genellikle gri-boz, siyah renkli olup çoğunlukla andezit ve bazalt litolojisinden oluşmaktadır. Aglomeralar ise irili, ufaklı yer yer blok boyutlu andezit, bazalt ve diyabaz malzemelerinden ve karbonatlı tuf çimentosundan oluşan bir litoloji sunmaktadır (Yılmaz, 1980).

Kılıçlı Olistostromu (KT), sık sık değişen ve genellikle volkanit kırıntılı pelitik kum, kil ve çakıltaşından oluşan bir hamur ve genellikle Üst



Şekil 1. İnceleme alanının genel jeoloji haritası (Yılmaz vd., 1997).
Figure 1. Geological map of the study area (Yılmaz et al., 1997).

Kretase yaşlı aglomera, aglomera-kireçtaşı ve kireçtaşı olistolitlerden oluşmaktadır (Yılmaz, 1983).

Pazarcık Volkanitleri (Ktp), Genellikle gri-boz, siyah renkli olup çoğunlukla andezit ve bazalt litolojisinden oluşmaktadır. Aglomeralar ise irili, ufaklı yer yer blok boyutlu andezit, bazalt ve diyabaz malze-melerinden ve karbonatlı tuf çimentosun-dan oluşan bir litoloji sunmaktadır (Yılmaz, 1980).

Kılıçlı Olistostromu (KT), sık sık değişen ve genellikle volkanit kırıntılı pelitik kum, kil ve çakıltaşıdan oluşan bir hamur ve genellikle Üst Kretase yaşlı aglomera, aglomera-kireçtaşı ve kireçtaşı olistolitlerden oluşmaktadır (Yılmaz, 1983).

Tokuş Formasyonu (Ttb), çakıltaşı ile başlayan birim dereceli olarak Nummulites' li kireçtaşına, bu da kumtaşı-kıltaşı araldanmasına dereceli olarak geçmektedir. Çakıltaşının genellikle mermer, kalkışit ve mikaşit çakıllarını kapsadığını, tanelerin iyi yuvarlaklaşmış, kötü boylanmış olduğunu daha önceki bölgede yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Kireçtaşının; sarımsı, orta kalınlıkta, düzenli tabakalı, bol ve iri Nummmulites'li yanal olarak inceli kalınlaştığı, kumtaşı-kıltaşı araldanmasının ise gri, sarımsı, ince ve orta kalın tabakalar ardışıklı ve oldukça kıvrımlı olduğu açıklanmıştır (Yılmaz, 1982, 1983).

Kaletepe Volkanitleri (Tkv), andezitik veya bazaltik volkanitlerden oluşmakta olup olivin, amfibol ve plajiyoklaz kapsamaktadır (Yılmaz vd., 1997).

Sarıtepe Jipsleri (Ts), Jipsler, beyaz yer yer alacalı renkte olup, genel olarak masif yer yer orta-ince katmanlıdır (Yılmaz, 1980).

İncesu Formasyonu (Ti); gri-alacalı renkli, yatay katmanlı, serpantin, diyabaz, gabro, şist, mermer, radyolarit, nummunitesli kireçtaşı çakılları içeren çakıltaşı, kumtaşı ve kıltaşı araldanmasından oluşan Derindere üyesi (Tid); bu üyenin üzerine uyumlu ve geçişli olarak gelen akarsu-göl arası bir dereceli geçiş ortamını temsil eden Aydoğmuş Üyesi (Tia) ve en üstte hakim olarak kireçtaşı, yer yer de kumlu kireçtaşı ve killi kireçtaşı litolojisi ile temsil edilen gölsel oluşuklar Porsuk Üyesi (Tid) üyelerinden oluşmaktadır (Yılmaz vd., 1997).

Pliyo-Kuaterner Oluşuklar (PLQ), inceleme alanında çok genel olarak Kızılırmak

nehri etrafında gözlenen bu oluşuklar ağırlıklı olarak çakıltaşı ve kumlardan oluşmaktadır.

Traverten (Qt), sarı-krem veya kahverengimsi renkli çökeller şeklindeki travertenlerin en geniş yayılımı Sıcak Çermik sahasında bulunmaktadır.

Alüvyon (Qa) İnceleme alanında genellikle ince-orta tane boyuna sahip çökeller şeklinde bulunan alüvyonlar Kızılırmak, Yıldız Irmağı, İncesu Deresi ve bu akarsuları besleyen kollarda görülürler. Alüvyonların kalınlığı; İncesu deresinde yaklaşık 15 m, Yıldız Irmağında yaklaşık 25–35 m'ye ve Kızılırmak'ta 30–40 m.'ye çıkabilmektedir. Alüvyonların eski ve güncel oluşumları bulunmaktadır. Bu oluşumlar yer yer çakıl ve kum ocakları şeklinde değerlendirilebilmektedir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yıldız Irmağı üzerinde işletilmekte olan iki adet agrega ocağı bulunmaktadır. Bunlardan birinci inşaat alanında kullanılmak üzere piyasaya çeşitli elek açıklıklarına sahip agrega üretirken diğer, ocak Köy Hizmetleri kuruluşuna ait olup agregaları büz yapımında kullanılmaktadır. TSE 706 (1980)'ya göre bu iki ocağın ayrı ayrı deneyleri alınmış ve Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına getirilerek deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Laboratuarda kurutulan örnekler üzerinde homojenliğin sağlanması için örnekleri dörde bölerek küçültme yöntemi uygulanmış ve çeşitli kümelerle birleştirilerek deney örnekleri oluşturulmuş ve deneyler yapılmıştır.

Elek Analizi ve İncelik Modülünün Hesaplanması

Elde bulunan agreganın en iyi bir şekilde beton elde edebilmek için, o betonun bünyesine giren her sınıf malzeme kendinden bir üst irilikteki malzemedeki boşlukları dolduracak miktarda olmalıdır. Yani, çimento ince agreganın, ince agrega ise iri agreganın içerdiği boşlukları doldurmalıdır. Bu sebeple elek analizi önemli bir deneydir.

Deney TSE 3530 (1980)'a uygun olarak yapılmış ve agregayı oluşturan malzemenin bir takım seri eleme işlemi yardımıyla, azalan büyüklüklerdeki farklı tane boyutları halinde belirlenmesiyle sağlanmıştır. Agregaya yığılı içerisindeki tanelerin tane çaplarına göre

dağılımına tane dağılımı (granülometri) adı verilmektedir. Agregada örneğinin içerisindeki taneler çeşitli tane sınıflarına göre, belirli boy gruplarına ayrılmaktadırlar. Her boy grubunda agregada tanelerinin toplam ağırlıkları bulunarak tüm agregada kümesi içerisinde % miktarı bulunmaktadır. İncelik modülü ise birbirinin iki katı artan elek açıklığına sahip eleklerde kalan kümülatif malzeme miktarının yüze bölünmesiyle elde edilen bir rakamdır. İncelik modülü granülometriyi temsil etmemektedir.

Deneyler sonunda elde edilen sonuçlar Şekil 2 ve Çizelge 1 de verilmiştir.

Birim Ağırlık

Kullanılan agreganın maksimum tane boyutuna göre seçilmiş, hacmi belirli bir kaptan, standartlar dahilinde sıkıştırılmış malzemenin ağırlığının kabın hacmine oranına birim ağırlık denilmektedir. Bu deney, beton karışım hesabında ve boşluk oranlarının bulunması için yapılır. Birim hacim ağırlık deneyinde kullanılacak birim ağırlık kovaları, maksimum agregada çapına göre seçilmektedir. Maksimum tane boyutu 31,5 mm olduğu için TSE 3529 (1980)'da belirtilen 14 dm³ lük birim ağırlık kovası kullanılmıştır.

Çizelge 1. Bulunan ortalama sonuçlar.
Table 1. Mean values of obtaincal result.

| Elek Açıklığı (mm) | Kümülatif Geçen (%) | Kümülatif Kalan (%) |
|--------------------|---------------------|---------------------|
| 63 | 100 | 0 |
| 32 | 99 | 1 |
| 16 | 88 | 12 |
| 8 | 76 | 24 |
| 4 | 62 | 38 |
| 2 | 44 | 56 |
| 1 | 22 | 78 |
| 0,5 | 10 | 90 |
| 0,25 | 3 | 97 |
| İncelik modülü | | 3,96 |

Sıkışık Birim Ağırlık Deneyi (Şişleme Suretiyle):

En büyük tane çapı 32 mm olduğu için şişleme suretiyle sıkıştırılarak bulunmuştur. Ölçek, yüksekliğinin 1/3 'üne kadar agregada ile doldurulup yüzeyi düzeltilmiş ve şişleme çubuğu ile yüzeyin her tarafına yayılacak

şekilde 25 kez şişlenmiş, ölçek kabının yüksekliğinin 2/3 'üne kadar tekrar malzeme doldurulup yine 25 kez şişlenmiş, geri kalan 1/3 miktar malzeme için, her bir kenar 25 defa düşürülmek suretiyle toplam 50 kez düşürülerek sıkışık birim ağırlık değerleri bulunmuştur.

Gevşek Birim Ağırlık Deneyi:

Ölçek, üst kenarından 5 cm den daha fazla yükseklikten olmamak üzere agregayla, kürekle tartarcasına ve ayrışım olmamasına dikkat edilerek doldurulmuş ve agregada yüzeyi elle, fazla çıkıntılarının boşlukların doldurulması sağlanarak düzeltilmiş ve tartılmıştır. Bu değerlerin ölçek kabının hacmine bölünmesiyle o agreganın gevşek birim ağırlığı hesaplanmıştır.

Deneyler sonucunda; sıkışık birim hacim ağırlığı minimum 1695 kg/m³ ve maksimum 1705 kg/m³ olmak üzere ortalama 1700 kg/m³, gevşek birim ağırlığı minimum 1645 kg/m³, maksimum 1655 kg/m³ olmak üzere ortalama 1650 kg/m³ değerleri bulunmuştur.

Özgül ağırlık ve su emme (Absorbsiyon) deneyi

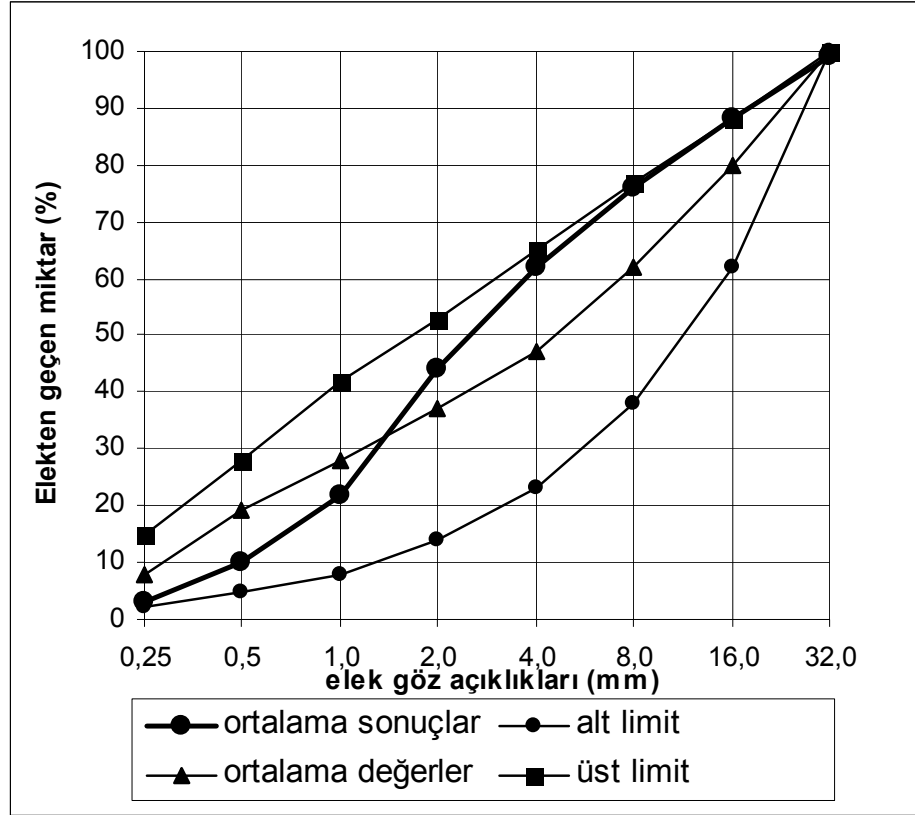
Bu deneylerden elde edilen değerler beton karışım hesaplarının yapılmasında kullanılmaktadır. Normal özgül ağırlık değerlerinden daha düşük değerlerin bulunması, malzeme karakterinde şüpheli durumların olduğunu; yüksek absorpsiyon yüzdesi, malzeme kalitesinin iyi olmadığını kaba agreganın dona karşı dayanıklı olmadığı şüphesini arttırmaktadır.

Agregalar ince ve iri agregada olarak iki kısma ayrılmış, su emme ve özgül ağırlık değerleri ayrı ayrı bulunmuştur.

İnce agregada için:

İnce agregada için; örnek alınarak 24 saat su içerisinde bekletilmiştir. Sonra örneğin serbest suyu aktararak kurumaya bırakılmıştır. Kuruma ile örnekler doymuş yüzey kuru hale gelmesi sağlanmıştır.

Doymuş yüzey kuru hale gelen malzeme iki kısma ayrılmıştır. Absorpsiyon (su emme) deneyi için ayrılan kısım tartıldıktan sonra etüvde kurutularak su emme miktarı bulunmuştur. Diğer kısım ile 500 ml lik cam balon ile özgül ağırlık değeri bulunmuştur.



Şekil 2. Tane boyu dağılım eğrileri.
Figure 2. Grainsize distribution curves.

Kaba agrega için:

Örnek 15–25 °C sıcaklığındaki su içerisine konmuş ve hafifçe sallanarak taneler üzerindeki toz ve diğer yabancı maddelerden temizlenmiştir. Su içerisinde 24 saat bırakıldıktan sonra taneler üzerinde gözle gözükür bir su filmi kalmayana kadar kurulanmıştır. Bütün malzemenin kurulan-ması biter bitmez hemen tartılarak malzemenin doymuş yüzey ağırlığı, daha sonra da su içerisindeki ağırlığı bulunmuş-tur. Son olarak agregalar etüvde kurutulup ağırlığı hesaplanmıştır.

Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra ince agregaların ortalama su emme değerleri %2.46, kaba agregaların ortalama su emme miktarı % 1.44, ince agregaların özgül ağırlığı 2.67, kaba agregaların özgül ağırlığı 2.62 bulunmuştur.

Kaba agreganın aşınma deneyi (Los Angeles aşınma deneyi)

Los Angeles aşınma makinesiyle yapılan bu deney kaba agregaların aşınma mukavemetini belirleme yönünden yararlı bir deneydir. Bu deney, darbe ve aşınmaya karşı mukavemeti bakımından kaba malzemenin kalitesini araştırır. Yassı ve uzun malzeme, yuvarlak malzemeye göre daha fazla aşınma yüzdesi vermekte, gevrek malzeme, yumuşak malzemeye göre daha fazla aşınmaktadır.

Örnekler A aşınma sınıfına göre gerekli eleklerden elenerek her elek üzerinde kalan agrega, kil ve tozdan iyice temizleninceye kadar kaldığı elek üzerinde yıkanmıştır. Agregaların suyu sızdırıldıktan sonra 105 ± 5 ° C etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulup kaldıkları eleklerden tekrar dikkatle elenmiş ve tartılmıştır. Makine dakikada 30 – 33 devir yapacak şekilde döndürülmüştür. 100 devir ve 500 devir sonunda numune alınarak

1.7 mm' lik elekten elenmiş ve elek üzerinde kalan örnek tartılmıştır. Deneyler sonucunda 100 dönüşte %6.63 ve 500 dönüş sonunda %25.71 aşınma kaybı değerleri elde edilmiştir.

Beton Agregalarının Dona Karşı Dayanım Değerleri

Dona dayanıklılığın bulunması için kimyasal yöntemlerden Na_2SO_4 ile dona dayanıklılığın bulunması yöntemi tercih edilmiştir. Deneyde; $1,155 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğunda, deneye sokulacak tane hacminin 5 katından daha fazla sodyum sülfat (Na_2SO_4) çözeltisi hazırlanmıştır. Deney sırasında çözeltinin yoğunluğunun değişmemesi için çözeltinin üzeri kapalı tutulmuştur. Deney 4–8, 8–16 ve 16–32 mm tane sınıflarına uygulanmıştır. Özel tel sepetler içerisine konup üstünü en az 5 – 10 cm kaplayacak şekilde sodyum sülfat çözeltisi içerisine konan örnekler 16–18 saat bekletilmiştir. Daldırma süresi sonucunda örnekler çözelti içerisinden çıkartılarak 15 dakika süzölmeye bırakılmış ve daha sonra $100-110^\circ\text{C}$ de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra etüvden çıkarılarak çözelti sıcaklığına gelene kadar soğutulmuş ve tekrar çözelti içerisine daldırılmıştır. Bu işlemler 5 defa tekrarlanmıştır. Beşinci tekrarın sonunda kurutulup oda sıcaklığına kadar soğutulan örnekler üzerinde sodyum sülfat kalmaması için su ile alt tane büyüklüğünden bir küçük göz açıklıklı elek üzerinde yıkanmıştır. Daha sonra örnek tekrar $100-110^\circ\text{C}$ de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve oda sıcaklığında tartılmıştır.

Deney sonucunda 4–8 mm tane sınıfında ortalama %20.79, 8–16 mm tane sınıfında ortalama %21.39, 16–32 mm tane sınıfında ortalama %21.32 kayıp bulunmuştur.

Kil toprakları içeriği

Agregalar ince ve iri agregalar olarak iki kısma ayrıldıktan sonra üzerlerine yapışan toz ve killerden ayıklanmak için yıkanmıştır. Daha sonra değişmez ağırlığa gelinceye kadar $100-110^\circ\text{C}$ lik etüvde kurutulmuş, oda sıcaklığında tartılmıştır. Daha sonra örnekler ince bir tabaka halinde geniş bir kaba yayılmış ve su ile örtülerek 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra su, tane kaybı olmayacak şekilde dikkatli bir şekilde boşaltılmış ve kil toprakları deneyi için

hazır hale getirilmiştir. Parmakla ezilip ince parçalara bölünebilen yumuşak taneler kil topağı olarak kabul edilmektedir. Parçalanmış bütün taneler ufalandıktan sonra yıkanarak kilden temizlenmiş ve $100-110^\circ\text{C}$ lik etüvde tekrar kurutulmuş ve oda sıcaklığında tartım yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda ince agregaların %0.63, kaba agregaları %0.21 oranında kil topağı içerdikleri belirlenmiştir.

0,075 mm'den (No 200 elekten) geçen malzeme miktarı

Yıkabilir maddeler, agregada ince halde dağılmış veya toprak halinde veya agregaların yapışık olarak bulunabilir. Bu maddeler genellikle kil, silt ve çok ince taş unudur. Bu deney agreganın temiz veya kirlili olup olmadığının kontrolü, örneği yıkayarak içerisindeki kil ve silt miktarının bulunması için yapılmaktadır. Bu deneyde; en büyük tane çapına göre (30–32 mm) alınan örnek $105 \pm 5^\circ\text{C}$ de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup tartılmış, sonra tanelerin hepsi su içerisinde kalacak şekilde su banyosunda 8 saat bekletilmiştir. Daha sonra 0,075 mm göz açıklığına sahip elek üzerinde yıkanan malzeme kurutulup tartılmıştır.

Deneyler sonunda %0.22 oranında 0.075 mm den küçük tane olduğu bulunmuştur.

Tane şekli sınıfı tayini

Agrega şekillerinin beton dayanımı ve özellikleri üzerine etkisi büyüktür. Eni boyunun $1/5$ 'i veya daha fazla olan ince uzun agregalar kolayca kırılacaklarından beton dayanımını düşürürler (Öztabak, 1988). Agregaların şekli olabildiği kadar toparlak (küresel, kübik) olmalıdır. Tanenin en büyük boyutunun (L) en küçük boyutuna (S) oranı 3 den büyük olan tanelere şekilce kusurlu denilmektedir. Şekilce kusurlu taneler (yassı ve uzun taneler) oranı, 8 mm' nin üzerindeki agregalarda ağırlıkça %50 den çok olmamalıdır (TSE 706, 1980).

Tane şekli sınıfı, agregaların en büyük boyutunun (L), en küçük boyutuna (S) bölünmesiyle elde edilen oran ile belirlenmiştir. Bunun için 8 mm den büyük 450 adet agregalar üzerinde $1/20$ hassaslığa sahip kumpas ile ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümler Zingg (1935) Sınıflama Çizelgesi'ne göre değerlendirilip, sınıflandırılmıştır. Kusurlu

tanelerin oranları Çizelge 2' de, Zingg Sınıflama Çizelgesi'ne göre dağılımı Çizelge 3' te gösterilmiştir.

Mineraloji

Agregaların içerdikleri minerallerin belirlenmesi için, Yıldız Irmağı agregalarının A.S.T.M. elek serisinin 3/8"-4#, 4#-10#, 10#-20#, 20#-40#, 40#-60#, 60#-140#, 140#-200# ve doğal karışık, tane sınıflarından yaklaşık 100'er gram örnekler alınarak öğütülmüş ve Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü MİPJAL laboratuvarında XRD'ları çekirtilmiştir (Şekil 3). Agregalarının XRD grafiklerine bağlı mineral yoğunluklarının yarı kantitatif yüzde değerleri

Çizelge 4 de, tane sınıflarına ait grafikler Şekil 3 te gösterilmiştir.

Çizelge 2. Kusurlu tanelerin dağılımı
Table 2. Distribution of the flat grains

| L/S | Tane sayısı | Toplam ağırlık (g) | Toplam ağırlık (%) |
|----------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| 5 ve/veya daha büyük | 15 | 141,3 | 1,64 |
| 4 ve/veya daha büyük | 24 | 234,3 | 2,72 |
| 3 ve/veya daha büyük | 72 | 744,3 | 8,64 |

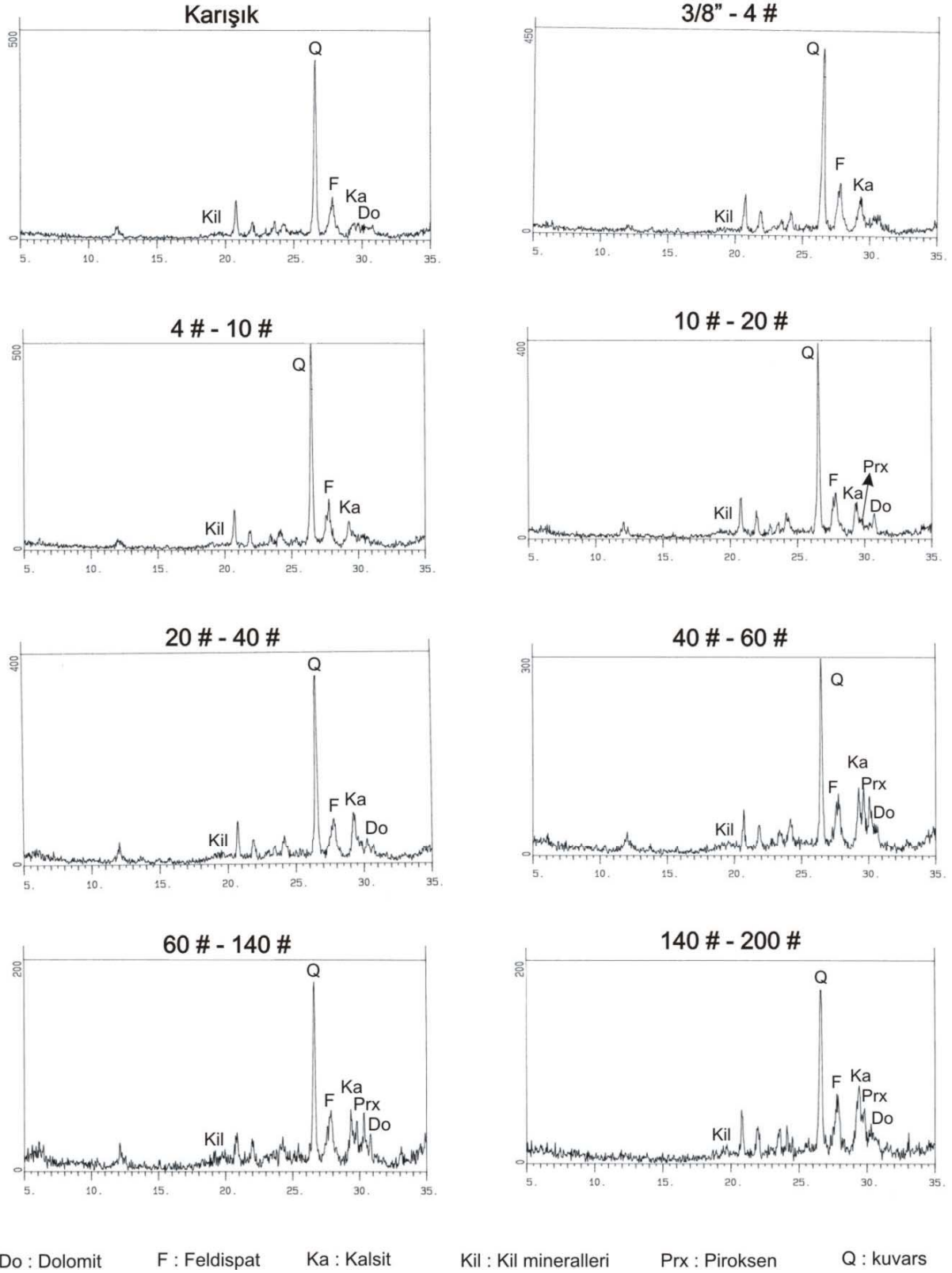
Çizelge 3. Tane şekli dağılımı.
Table 3. Grain shape distribution.

| Zingg Sınıflama Çizelgesi (1935) | | | | Deneyde kullanılan tanelerin dağılımı | |
|----------------------------------|------|------|------------|---------------------------------------|-----|
| Sınıf Numarası | I/L | S/I | Tane şekli | (adet) | (%) |
| I | >2/3 | <2/3 | Disk | 159 | 35 |
| II | >2/3 | >2/3 | Küre | 136 | 30 |
| III | <2/3 | <2/3 | Yassı | 76 | 17 |
| IV | <2/3 | >2/3 | Oval | 79 | 18 |

Çizelge 4. Değişik tane sınıflarına ait XRD tüm kayaç çözümlmelerine göre bazı minerallerin dağılımı.

Table 4. Quantities of the minerals belong of different grain classes, according to the XRD analyses.

| Tane Sınıfları | Karışık | 3/8"-4# | 4#-10# | 10#-20# | 20#-40# | 40#-60# | 60#-140# | 140#-200# |
|----------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| Mineraller | | | | | | | | |
| Dolomit | -- | -- | -- | 5 | 5 | -- | -- | 5 |
| Kalsit | 10 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 10 | 5 |
| Kuvars | 30 | 35 | 35 | 30 | 30 | 20 | 20 | 15 |
| Feldispat | 30 | 35 | 35 | 25 | 25 | 25 | 30 | 25 |
| Piroksen | -- | -- | -- | 10 | -- | 20 | -- | 20 |
| Kil | 30 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 40 | 30 |



Şekil 3. Değişik tane sınıflarına ait XRD tüm kayaç çözümlmelerine ait grafikler.
Figure 3. XRD analyses graphs of the different grain classes.

SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Yıldız Irmağı agregalarının beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yıldız Irmağı üzerindeki agrega ocaklarından alınan numuneler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle varılan sonuçlar ve tartışmalar aşağıda sırasıyla özetlenmiştir.

- a. Yıldız ırmağının doğal karışık haldeki tane boyu dağılımı TSE 707 (1980)'de verilen en büyük tane boyutunun 31,5 mm olduğu grafik ile karşılaştırılmış, tane boyu dağılımlarının standart eğriler arasında kaldığı görülmüştür. Ancak agregalar içerisinde 31,5 mm den daha büyük taneler bulunmaktadır. Beton yapımında kullanılacak agregaların eleme ile bu tane boyutlarından arındırılmaları gerekmektedir.
- b. Agregaların ortalama gevşek birim hacim ağırlığı 1650 kg/m^3 , ortalama sıkışık birim hacim ağırlığı 1700 kg/m^3 tür. TSE 706 (1980)'da beton agregalarının birim ağırlıkları için bir standart bulunmamaktadır. Fakat genel olarak beton yapımında kullanılacak agregaların gevşek birim ağırlık değerlerinin 1350 kg/m^3 'ten yüksek olması tercih edilmektedir.
- c. Özgül ağırlık değerleri 2,62–2,67 değerleri arasında olup, bu özgül ağırlık değerleri normal ağırlıklı agrega (2,5-2,7) standartlarına (Erdoğan, 2003) uygundur.
- d. Yıldız Irmağı agregalarının tane sınıflarına göre su emme değerleri kaba agrega için % 1.44, ince agrega için %2.46 dir. TSE 706' da su emme miktarının maksimum %2 olması istenmektedir.
- e. Örnekler üzerinde yapılan A sınıfı Los Angeles aşınma kaybı deneyleri ile 100 dönüş sonunda ortalama %6.63, 500 dönüş sonunda ortalama %25.71 kayıp bulunmuştur. TSE 706 (1980)' da bu değerlerin 100 dönüş için % 10, 500 dönüş için % 50 den daha az olması istenmektedir.
- f. Don sonu kayıp miktarının bulunması için Na_2SO_4 çözeltisi ile don kaybının bulunması deneyi yapılmıştır. 4–8 mm tane sınıfında %20.79, 8-16 mm tane sınıfında %21.39, 16-32 tane sınıfında % 21.32 kayıp oluşmuştur. Bu değerler (TSE 706, 1980)' ya göre, iri agrega için maksimum %18, ince agrega için %15; A.S.T.M. standartlarına göre, iri agrega için maksimum %15, ince agrega için maksimum %10) maksimum değerleri geçmektedir.
- g. Kil topağı içeriği, ince agrega için %0.63, kaba agrega için %21 dir. TSE 706 (1980)' da kil topağı sınırları, kaba agrega için %0.25, ince agrega için %0.50 (maksimum %1) olarak verilmektedir. Bulunan değerler bu sınır değerleri arasında kalmaktadır.
- h. Doğal karışık numuneler üzerinde yapılan ölçümler sonucunda %0.22 oranında 0.075 mm'den küçük tanelerin olduğu görülmüştür. Bu değerler TSE 706 (1980)' da verilen en büyük tane boyu 32 mm olduğunda kullanılacak eğri değerlerine (%2) göre sınırlar içerisinde kalmaktadır.
- i. Agregaların en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı (L/S) 3 ve daha büyük olması halinde agrega tanesine şekilce kusurlu denilmektedir. 8 mm den büyük tanelerin oluşturduğu agregalarda kusurlu tanelerin % 50'den çok olması istenmemektedir (TSE 706, 1980). Karışık agregalarda bu değer %15 dir. Yıldız ırmağı agregalarında ağırlıkça kusurlu tane miktarı %8.68 dir.
- j. Yapılan tane şekli belirleme deneyine göre Yıldız ırmağı agrega tanelerin % 35' i disk, % 30' u küre, % 17' si yassı, % 18' i ovaldir.
- k. XRD-TK çözümülemesi incelemelerinde; Yıldız ırmağı agregalarının ortalama %0-5 Dolomit, %5-10 Kalsit, %15-35 Kuvars, %25-35 Feldispat, %0-20 Piroksen, %25-40 Kil minerali içerdikleri görülmüştür. Dolomit ve kalsit mineralinin Porsuk kireçtaşlarından, Kuvars ve Feldispat minerallerinin ise çevrede

bulunan volkanik ve metamorfik kayalardan geldiği düşünülmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda; bölgede bulunan agregaların genel olarak TSE 706 (1980)'da verilen sınır değerler içerisinde kaldığı, su emme değerinin sınır değerinin çok az üstünde olduğu ve dona karşı dayanımın düşük olduğu belirlenmiştir. Su emme değerinin biraz yüksek olması su ihtiyacının artmasına neden olmakla beraber beton yapımı sırasında agregaların işlenebilirliğini yükseltmektedir.

Ancak dona karşı dayanım değerlerinin düşük olması, söz konusu malzemelerin Sivas ve dolayında kullanılacağı, bu bölgelerin iklimi dikkate alındığında (özellikle kış aylarının ortalarında -20 °C) önemli bir sorun yaratacağı düşünülmektedir.

Beton karışımının içerisine katıldıklarında, çimento hamurunun içerisinde birbirleriyle bağlantısı olmayan çok küçük ve kararlı hava kabarcıkları oluşturan katkı malzemeleri "hava sürükleyici katkı maddeleri" olarak tanımlanırlar. Hava sürükleyici katkı maddelerinin tümü su içerisinde erime gösteren türde değildir. O nedenle bu tür katkı maddeleri ayrı bir grubu oluştururlar.

Hava sürükleyici katkı maddeleri betonun dona karşı dayanımını arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Erdoğan, 2003). En çok kullanılan madde çam kütüğünden elde edilen ve ticari adı Vinsal Resin (Vinsal Reçinesi) olan maddelerdir. Bunun yanı sıra kimyasal olarak aril-alkil-sülfanat grubuna dahil olan sentetik deterjanlarda büyük miktarlarda kullanılır. Bunların çimento ağırlığına oranı %0.01 civarındadır (Ramachandran, 1995).

Yıldız Irmağı agregaları kullanılarak elde edilecek betonlarda, dona karşı dayanım değerinin yükseltilebilmesi için katkı maddelerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, sınır değerlerini çok az geçen değerler için de beton yeterlilik deneyleri yapılarak dayanım değerlerinin ölçülmesi ve elde edilen sonuçlara göre kullanılmaları gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar öncelikle çalışmalar sırasında numunelerin lokasyonlarının belirlenmesi, alınması ve değerlendirilmesi aşamalarındaki katkılarından dolayı Prof. Dr. Ergun KARACAN (Muğla Üniversitesi) a, XRD çekimleri ve değerlendirilmeleri için Prof. Dr. Hüseyin

YALÇIN (Cumhuriyet Üniversitesi) ve Kim. Müh. Fatma YALÇIN (Cumhuriyet Üniversitesi) a teşekkürü borç bilirler.

KAYNAKLAR

- A.S.T.M., 1994 Standart Specification for Concrete Aggregates (C 33), Annual Book of A.S.T.M. Standarts.
- Çavuşoğlu, İ., Yılmaz A. O., Alp, İ., Vıcıl, M., 2004. Harşit Çayı (Giresun-Tirebolu) Kırılmış Dere Malzemesinin Agregat Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi; VII Kaya mekaniği Sempozyumu, 6 s.
- Erdoğan, T., Y., 2003. Beton. O.D.T.Ü. Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, 771 s.
- Öztabak, F.H., 1988. Beton ve beton malzemeleri ders notları, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 42 s.
- Ramachandran, V.S., 1995 Concrete Admixtures Handbook, Noyes Publication, New Jersey , U.S.A.
- TSE 706, 1980, Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 707, 1980, Beton Agregalarından Numune Alım ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 3526, 1980, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TSE 3527, 1980, Beton Agregalarda İnce Madde Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 3529, 1980, Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 3530, 1980, Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini (Granülometrik Birleşim Tayini). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 3655, 1981, Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 3694,1980, Beton Agregalarında Bilyalı Tamburla Tane Dayanım Değerinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 3814,1983, Beton Agregalarında Tane Şekli Sınıfı Tayini Deney Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tülümen, E., 1980, Akdağmadeni (Yozgat) Yöresinde Petrografik ve Metalojenik

- İncelemeler; Karadeniz Teknik Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Doktora Tezi; 157 s
- Yılmaz, A., 1980, Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitlerin Kökeni, İç Yapısı ve Diğer Birimlerle İlişkisi. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü, Doktora Tezi, 163 S
- Yılmaz, A., 1982-1983, Dumanlıdağı (Tokat) ile Çeltek Dağı (Sivas) Dolaylarının Temel Jeoloji Özellikleri ve Ofiyolitli Karışığın Konumu, M.T.A. Dergisi, s. 99-100
- Yılmaz, A. ve Özer, S., 1984, Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağının Akdağmadeni (Yozgat) İle Karaçayır (Sivas) İncelemesi ve Tersiyer Havzasını Yapısal Evrimi: T.J.K., Ketin Sempozyumu, s. 163-174
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Ağan, A., Göç, D., Aydın, N., 1997. 1/100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, Sivas F-23 Paftası, M.T.A. Jeoloji Etütleri Dairesi Ankara 15 s.
- Yılmaz A.O., Alp İ., Kaya R. ve Çavuşoğlu, İ., 2003. Trabzon İlindeki Taş Ocaklarının İncelenmesi ve Agregat Potansiyelinin Belirlenmesi. 3. Kırmataş Sempozyumu, s 133.

KAMANDAĞI İLE CAMDERE KÖYÜ ARASININ STRATİGRAFİSİ (GÖKSUN-K.MARAŞ)

STRATIGRAPHY OF THE AREA BETWEEN KAMANDAĞI AND CAMDERE VILLAGES (GÖKSUN-K.MARAŞ)

Zeki Ünal YÜMÜN
Ali Murat KILIÇ

Cumhuriyet Üniversitesi Sivas Meslek Yüksek Okulu 58140 Sivas
Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas

ÖZ: Kamandağı ile Camdere Köyü arasındaki (Göksun, K.Maraş) bölgede gözlenen birimler birbirleriyle tektonik ilişkilidir. Bunlardan Keban-Malatya Grubu'na ait olan birimler Paleozoyik-Üst Triyas yaşlı olup, bu grubu tektonik dokanakla üzerleyen Andırın Kireçtaşı ise Üst Triyas-Alt Kretase yaşlıdır. Yapılan öncel araştırmalarda Keban-Malatya Grubu'nun en üst seviyesinde yer alan Camdere formasyonu tanımlanamamıştır. Bu çalışmada Göksun (K.Maraş) ilçesinin D-KD'sunda yüzeyleyen birimlerin stratigrafik ilişkilerinde gözlenen sorunların çözümüne katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Doğu Toroslar, Göksun, Stratigrafi, Triyas.

ABSTRACT: The units surfacing between the Kamandağı and Camdere villages (Göksun, K.Maraş), have a tectonic relation with each other. The age of the units of the Keban-Malatya Group is Paleozoic-Upper Triassic. This group is overlid by Upper Triassic-Lower Cretaceous aged Andırın limestone. In the prewiev researches Camdere formation, taking part in the uppermost level of the Keban-Malatya Group, couldn't defined. In this research we try to support to solving the problems of the units surfacing at the E-NE part of the Göksun (K.Maraş) town.

Key words: Northern Taurids, Göksun, Stratigraphy, Triassic.

GİRİŞ

İnceleme alanı, Doğu Toroslar'ın Batı kesiminde, Göksun (Kahramanmaraş) ilçesinin kuzeydoğu ve doğusunda ve Kamandağı ile Camdere köyü arasında yer almaktadır (Şekil 1).

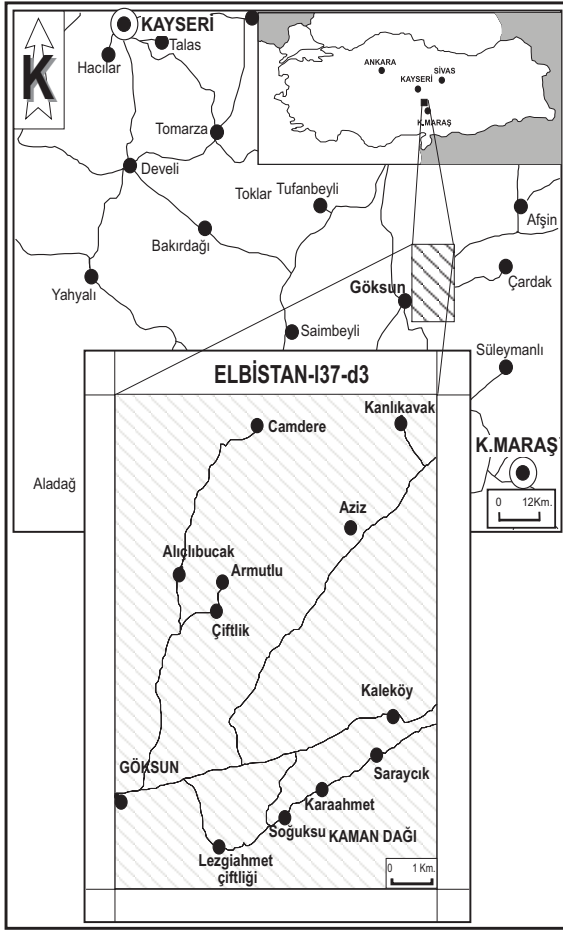
Çalışma, geniş bir yayılım sunan birimlerde gözlenen stratigrafik sorunların çözümünü amaçlamaktadır. Bölgede yer alan ve stratigrafik konumu tam aydınlatılamamış olan metamorfik birimler Keban-Malatya Grubu olarak adlandırılmış olup (Yılmaz vd., 1993) bu birim, alttan üste doğru Yoncayolu (Özgül ve Turşucu, 1983), Çayderesi (Özgül ve Turşucu, 1983), Alıçlı (Özgül ve Turşucu, 1983) ve Camdere formasyonlarından oluşmaktadır.

Kuvarsit ve mermer düzeyleri içeren şistlerden oluşan Yoncayolu formasyonu, Paleozoyik yaşlıdır. Alttan üste doğru metamorfizma derecesinde düşüş görülen bu birimin üzerinde rekristalize kireçtaşları ile temsil edilen Çayderesi formasyonu yer alır. Üst

Permiyen yaşlı olan bu birimin üzerinde ise şist, kalkşist, çörtlü kireçtaşı ve kırıntılı kayaçların aralanması şeklinde gelişen Alıçlı formasyonu bulunur. Alıçlı formasyonunun üzerinde ise rekristalize kireçtaşlarından oluşan ve ilk kez bu çalışmada tanımlanan Camdere formasyonu gözlenir. Elde edilen fosiller yardımıyla bu birimin Üst Triyas yaşında olduğu saptanmıştır.

Malatya-Keban Metamorfikleri kuzeyden güneye doğru Üst Kretase yaşlı Göksun Ofiyoliti'ne bindirmiştir. Birim tavanda Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Andırın Kireçtaşı tarafından tektonik dokanakla üzerlenir. Megalodont'lu, açık gri-bej renkli kireçtaşları ve orta-kalın tabakalı, beyazımsı-açık sarı renkli kireçtaşlarından meydana gelen Andırın Kireçtaşı, ilk kez Perinçek ve Kozlu (1983) tarafından tanımlanmıştır.

Andırın Kireçtaşı, Üst Miyosen yaşlı siltaşı, kumtaşı-çamurtaşı aralanmasından oluşan ve kireçtaşı olistolitleri içeren, Üst



Şekil 1. İnceleme alanının yer buldurur haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Miyosen yaşlı Salyan formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmüştür. Bu formasyonun üzerine açısız uyumsuzlukla polijenik konglomera ve yer yer de bloklar içeren Pliyosen yaşlı Nadir formasyonu gelir.

STRATİGRAFI

İnceleme alanında tabanda Üst Kretase yaşlı Göksun Ofiyoliti yer alır. Bu birim üzerine tektonik dokanakla gelen Keban-Malatya grubu dört formasyondan oluşmuştur. Bunlar; Paleozoyik yaşlı Yoncayolu, Üst Permiyen yaşlı Çayderesi, Alt Triyas yaşlı Alıncı ve Üst Triyas yaşlı Camdere formasyonlarıdır. Keban-Malatya Grubu Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Andırın Kireçtaşı tarafından tektonik dokanakla üzerlenir. Andırın Kireçtaşı üzerine açılı uyumsuzlukla Salyan formasyonu ve bunun üzerine ise yine açılı uyumsuzlukla Nadir formasyonu gelir. Tüm bu istif, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından örtülür (Şekil 2 ve 3).

Göksun Ofiyoliti

Göksun ofiyoliti, birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve birim için değişik adlandırmalar önerilmiştir. Birim, Ricou (1980) tarafından Kenar Kıvrımları içerisinde Senoniyen Ofiyolitleri olarak verilirken, Perinçek ve Kozlu (1983) tarafından Yüksekova Kompleksi olarak adlandırılmış ve Üst Kretase yaşlı olduğu belirtilmiştir. Birimi ayrıca, Tarhan (1986) Göksun Metaofiyoliti; Kozlu vd. (1990) Dağlıca Karmaşığı; Yiğitbaş vd. (1992) Berit Metaofiyoliti; Yılmaz vd. (1993) ise Göksun Ofiyolitleri olarak adlandırmışlardır. Bu çalışmada da öncel araştırmalarda kullanılan Göksun Ofiyolitleri adı ve Üst Kretase yaşlı benimsenmiştir.

Birim, Göksun (K.Maraş) ilçesinin doğu ve güneydoğusunda geniş bir yayılım sunan peridotit, gabro, diyabaz gibi mafik ve ultramafik kaya toplulukları ve yer yer de granit sokulumlarından oluşmaktadır (Şekil 1, 2 ve 3).

Çalışma alanının tabanında yer alan bu birim Keban-Malatya Grubu'nun tabanında bulunan Paleozoyik yaşlı Yoncayolu formasyonu tarafından tektonik dokanakla üzerlenmektedir (Şekil 2 ve 3).

Keban-Malatya Grubu

Bölgede yer alan ve stratigrafik konumu tam aydınlatılmamış olan metamorfik birimleri Ricou (1980) Pütürge ve Bitlis Metamorfikleri; Perinçek ve Kozlu (1983) Malatya Metamorfikleri; Tutkun (1984) Binboğa Masifi; Tarhan (1986) Kabaktepe metamorfikleri; Metin vd. (1986) Göksun Metamorfikleri; Kozlu vd. (1990) Malatya Metamorfikleri, Yılmaz vd. (1993) ise Keban-Malatya Birimi olarak vermiştir. Bu çalışmada ise Keban-Malatya Grubu adı benimsenmiştir.

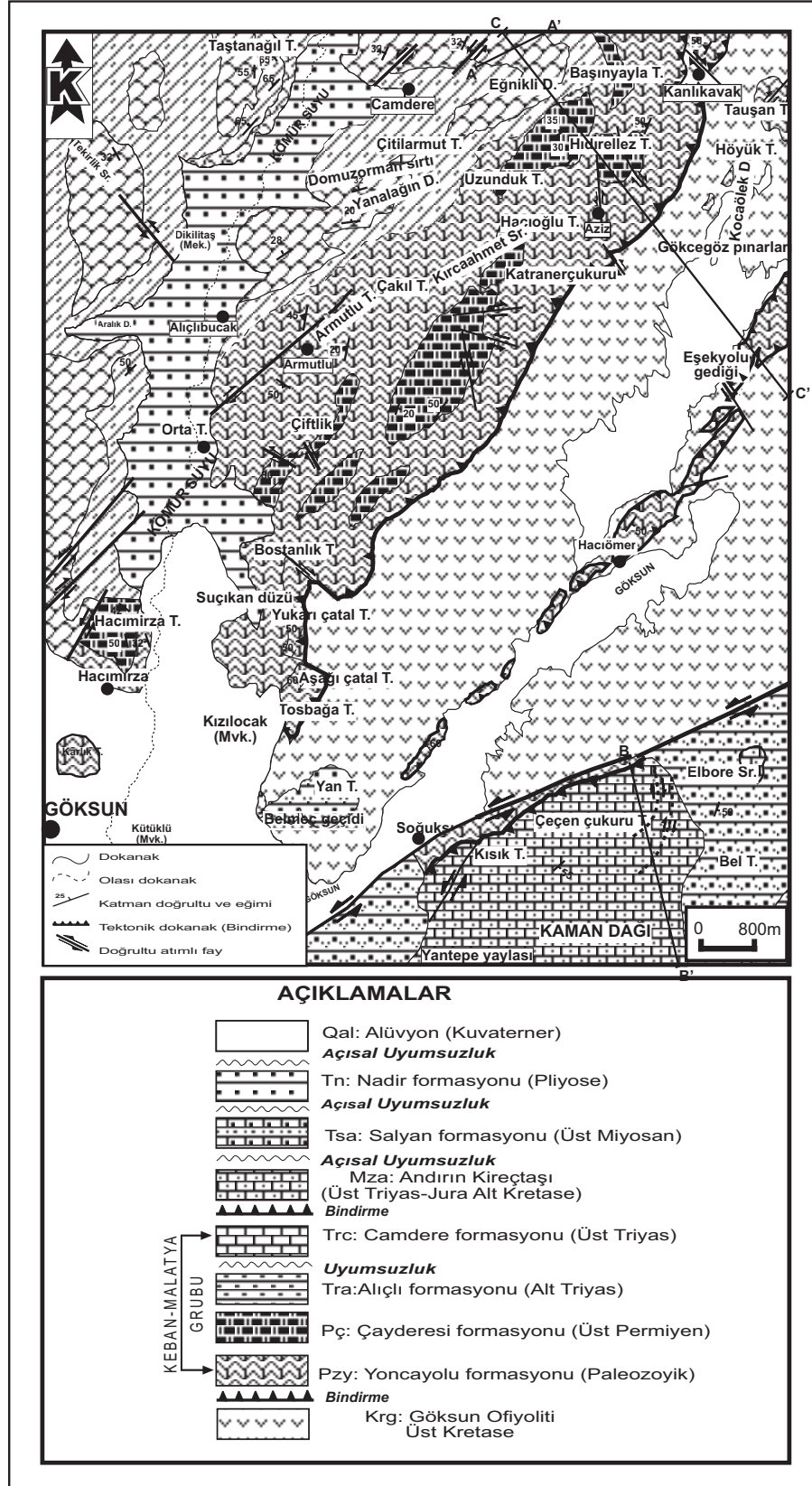
İnceleme alanının kuzey bölümünde yüzeyleyen bu birim, alttan üste doğru azalan bir metamorfizma derecesine sahip olup (Metin vd., 1986), temeldeki Göksun ofiyolitleri üzerinde bindirme ile yer alır. Birim, alttan üste doğru Yoncayolu, Çayderesi, Alıncı ve Camdere formasyonlarından oluşmaktadır.

Yoncayolu formasyonu

Çalışma alanının daha doğusunda yer alan şist ve mermerlere Özgül ve Turşucu (1983) tarafından Yoncayolu formasyonu adı verilmiştir. Yılmaz vd. (1993) ise çalışma alanımızda yer alan ve Keban-Malatya Grubu'nun en alt düzeyini oluşturan şist ve mermerlerden oluşan düzey için aynı adı kullanmıştır. Bu çalışmada da Keban-Malatya

| ÜST SİSTEM | SİSTEM | SERİ | GRUP | FORMASYON | KALINLIK (m) | KAYA TÜRÜ | SİMGE | AÇIKLAMALAR | |
|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|-----------|--------------|-----------|--|--|---------------|
| | | | | | | | | LİTOLOJİK | PALEONTOLOJİK |
| SENOZOYİK | KUVATERNER | | | | | | Qal | Alüvyon | |
| | | | | | | | | Açısal uyumsuzluk | |
| | TERSIYER | PLİYOSEN | | Nad ir | >100 | | Tn | Siyah-kırmızı renkli polijenik çakıltaşı. | |
| | | Açısal uyumsuzluk | | | | | | | |
| ÜST MİYOSEN | | | Salyan | 350 | | Tsa | Orta ince tabakalı çakıltaşı, kumtaşı, marn ve kireçtaşı olistolitlerini içermektedir. | | |
| | Açısal uyumsuzluk | | | | | | | | |
| MESOZOYİK | KRETASE | ÜST | Göksun Olyolitli | | ? | | | Yer yer granit sokulumlarının görüldüğü gablo, peridotit ve serpantinit. | |
| | | Tektonik dokanak | | | | | | | |
| | ALT | | Andirin Kireçtaşı | 3000 | | Mza | Orta-kalın tabakalı, beyazımsı-açık sarı renkli kireçtaşı. | | |
| | JURA | | | | | | Megalodontlu açık gri-bej renkli kireçtaşı. | | |
| | TRİYAS | ÜST | | | | | | Tektonik dokanak | |
| | | ALT | | Camdere | 380 | | Trc | Koyu gri-siyah renkli yer yer rekristalize olmuş bol algli kireçtaşı. | |
| PALEOZOYİK | PERMIYEN | ÜST | | | | | | Uyumsuzluk | |
| | | ALT | | Aliçli | 250 | | Tra | Şist, kalkşist ve kristalize kireçtaşı. | |
| | Yoncayolu | | Çayderesi | | >200 | | Pç | Koyu gri-siyah yer yer de açık renkli, rekristalize kireçtaşı (kısmen mermer), yer yer dolomit. | |
| | | | | | 700 | | Pzy | Rekristalize kireçtaşı-şist ardalanması. Kuvarsit düzeylerinin yaygın olduğu şist ve mermer ardalanması. Açık renkli ve kuvarsit damarlı mermer ve şist ardalanması. | |

Şekil 2. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (ÖLÇEKSİZ).
Figure 2. Generalized stratigraphic columnar section of study area (NON-SCALE).



Şekil 3. İnceleme alanının jeoloji haritası.
Figure 3. Geological map of the study area.

Grubu'nun en alt düzeyini oluşturan şist, kuvarsit ve mermerlerden oluşan birim için Yoncayolu formasyonu adı benimsenmiştir.

Çalışma alanının orta kesiminde bulunan birim Paleozoyik yaşlıdır (Şekil 2). Göksun Ofiyolitleri'nin üzerinde nap şeklinde yer alır birimin üzerinde ise uyumlu olarak Üst Permiyen yaşlı rekristalize kireçtaşı ve mermerlerden oluşan Çayderesi formasyonu bulunmaktadır (Şekil 2 ve 3). Kalınlığı yaklaşık olarak 700 m olan birim içerisinde büyük ve küçük ölçekli kıvrımlar gözlenmiştir (Şekil 4).

Çayderesi formasyonu

Çayderesi formasyonu adı ilk olarak Özgül ve Turşucu (1983) tarafından Yoncayolu formasyonu üzerindeki algi rekristalize kireçtaşları için kullanılmıştır. Daha sonra Yılmaz vd. (1993) Keban-Malatya Grubu'nun orta düzeyini oluşturan rekristalize kireçtaşlarına aynı adı vermişlerdir. Bu çalışmada ise bölgede yapılan öncel araştırmalarda Çayderesi formasyonuna dahil edilen kayaların bir bölümünün Üst Triyas yaşlı fosiller içerdiği saptanmış ve ilk kez tarafımızca Camderesi formasyonu olarak tanımlanarak ayırtlanmıştır (Şekil 2 ve 3).

Yoncayolu formasyonu üzerinde yamalar şeklinde görülen birimin üzerinde uyumlu olarak Alt Triyas yaşlı kalkışist, şist ve metakırıntılı seviyelerden oluşan Alıçlı formasyonu yer alır. Birim içerisinde, Göksun ilçesinin 1 km. kuzeydoğusundaki Ortatepe köyü ile Camdere köyü arasındaki yol yarmasında gözlenen *Mizzia* kalıpları birimin Üst Permiyen yaşında olduğunu gösterir. Ayrıca Yılmaz vd. (1993) ile Özgül ve Turşucu da (1983) birim için Üst Permiyen yaşını önermişlerdir.

Alıçlı formasyonu

Özgül ve Turşucu (1983), Alt Triyas yaşlı, metakırıntılı, kalkışist, kuvarsit ve rekristalize kireçtaşları için Alıçlı formasyonu ismini kullanmışlardır. Daha sonra Yılmaz vd. de (1993) aynı adı benimsemişlerdir. Bu çalışmada da Alt Triyas yaşlı metakırıntılı, kalkışist, kuvarsit ve rekristalize kireçtaşlarının aralanmasından oluşan birim için aynı ad benimsenmiştir.

Camdere formasyonu

İnceleme alanının kuzey bölümünde yüzeyleyen, pelesipod kavkı parçaları içeren ve rekristalize kireçtaşlarından oluşan birim Kozlu vd. (1990) tarafından Malatya Metamorfik Kayaları içerisinde Paleozoyik Mermerleri

olarak tanımlanırken, Yılmaz vd. (1993) tarafından ise Çayderesi formasyonuna dahil edilmiştir.

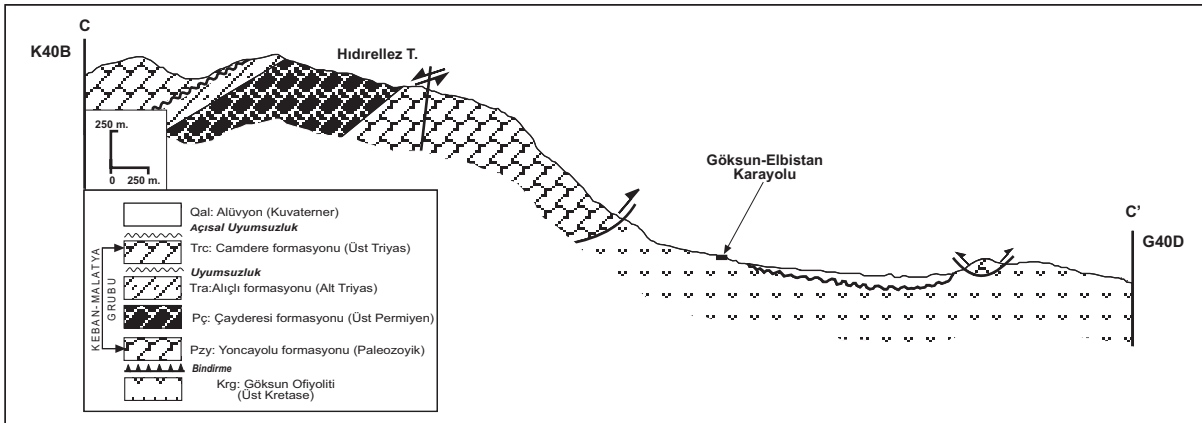
Yer yer rekristalize olmamış bölümler de içeren birim bu çalışmada ise Çayderesi formasyonundan ayrılarak yeni bir formasyon olarak tanımlanmıştır. Çayderesi formasyonundan yaş ve fasiyes olarak farklı olan bu birim en iyi Camdere köyü civarında gözleendiği için Camdere formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Orta kalın tabakalı ve yaklaşık 380 m kalınlığa sahip, koyu gri renkli ve kısmen rekristalize kireçtaşlarından oluşan birimde, pelesipod kavkı parçaları ve bol miktarda alg fosilleri gözlenmektedir. Birimin tip yeri Camdere köyünün 300 m KD'sunda yüzeylenmektedir. Tip kesitinden (Şekil 5, ÖSK-1) derlenen örneklerde çok sayıda alg (*Clypeina besici* Pantic) ve foraminifer (*Aulotortus friedli* (Kristan-Tollmann), *A. gr. sinuosus* (Weynschenk) ve *A. sp.*) fosilleri elde edilmiştir (Levha 1). Belirlenen bu fosillere dayanarak birime Üst Triyas yaşı verilmiştir. Bu veri, Keban-Malatya Grubu'nun üst düzeyinde Üst Triyas yaşlı bölümlerin de var olduğunu göstermektedir.

Andırın kireçtaşı

İnceleme alanının güney ve güneydoğusunda yüzeyleyen Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı şelf türü karbonatlar, Tarhan (1986) tarafından Andırın Gurubu olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Andırın Kireçtaşı ve altında yer alan Üst Kretase yaşlı Ofiyolitik melanaj, Perinçek ve Kozlu (1983) tarafından Andırın Gurubu olarak tanımlanmıştır. Andırın dolaylarında yüzeyleyen karbonatlar için ilk olarak Ayaşoğlu (1970) tarafından Andırın Karbonatları ismi kullanılmıştır. Daha sonra Pampal ve Kurtman (1983) ve Perinçek ve Kozlu (1983) çalışma alanının güney batısında yüzeyleyen karbonatları Andırın Kireçtaşları olarak vermişlerdir. Bu çalışmada da aynı ad benimsenmiştir.

Çörtlü kireçtaşlarıyla başlayan Andırın Kireçtaşları, üste doğru genelde gri, yer yer açık gri renkli kireçtaşlarıyla devam etmektedir. Birimden alınan ölçülü stratigrafik kesitten (Şekil 6, ÖSK-2) derlenen örneklerde Üst Triyas- Alt Kretase yaşını veren foraminifer (*Aulotortus friedli* (Kristan-Tollmann), *Protopenoplis striata* (Weynschenk), *Endothyranella sp.*, *Fronicularia sp.*, *Ophthalmidium sp.*, *Variostoma sp.*, *Aulotortus spp.*, Lagenidae, Milioliporidae, Trochamminidae, Valvulinidae ve



Şekil 4. Camdere, Alıçlı, Çayderesi, Yoncayolu formasyonları ve Göksun Ofiyoliti arasındaki sınır ilişkisi.

Figure 4. Boundary relation between Camdere, Alıçlı, Çayderesi, Yoncayolu formations and Göksun ophiolite.

alg fosilleri (*Thaumatoporella pervovesiculifera* (Raineri)) elde edilmiştir (Levha-2).

Salyan formasyonu

İlk kez Perinçek ve Kozlu (1983) tarafından Miyosen yaşında olduğu belirtilmiş ve Kuzgun formasyonu olarak tanımlanmıştır. Tarhan (1986) ise birimin Oligosen-Miyosen yaşında olduğuna değinmiş ve Salyan formasyonu olarak tanımlanmıştır. Aynı birim Metin vd. (1986) tarafından ise Üst Miyosen çökelleri olarak sunulmuştur. İnceleme alanının güney ve güneydoğusunda geniş bir alanda yüzeyleyen çakıltaşı, kumtaşı, marn ve kireçtaşı aralanmasından ve Andırın Kireçtaşına ait olistolitlerden oluşan birim, bu çalışmada da Salyan formasyonu olarak verilmiştir (Şekil 2).

Nadir formasyonu

İnceleme alanının kuzey bölümünde Kömür Suyu yöresinde yüzeyleyen ve iri bloklar da içeren polijenik çakıltaşıdan oluşan birim, ilk kez Tarhan (1986) tarafından Nadir formasyonu olarak tanımlanmış ve yaşının Pliyosen olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada da Nadir formasyonu adı benimsenmiştir. Arazi gözlemlerinde bu birimin Salyan formasyonu üzerinde açılı uyumsuzlukla yer aldığı belirlenmiştir.

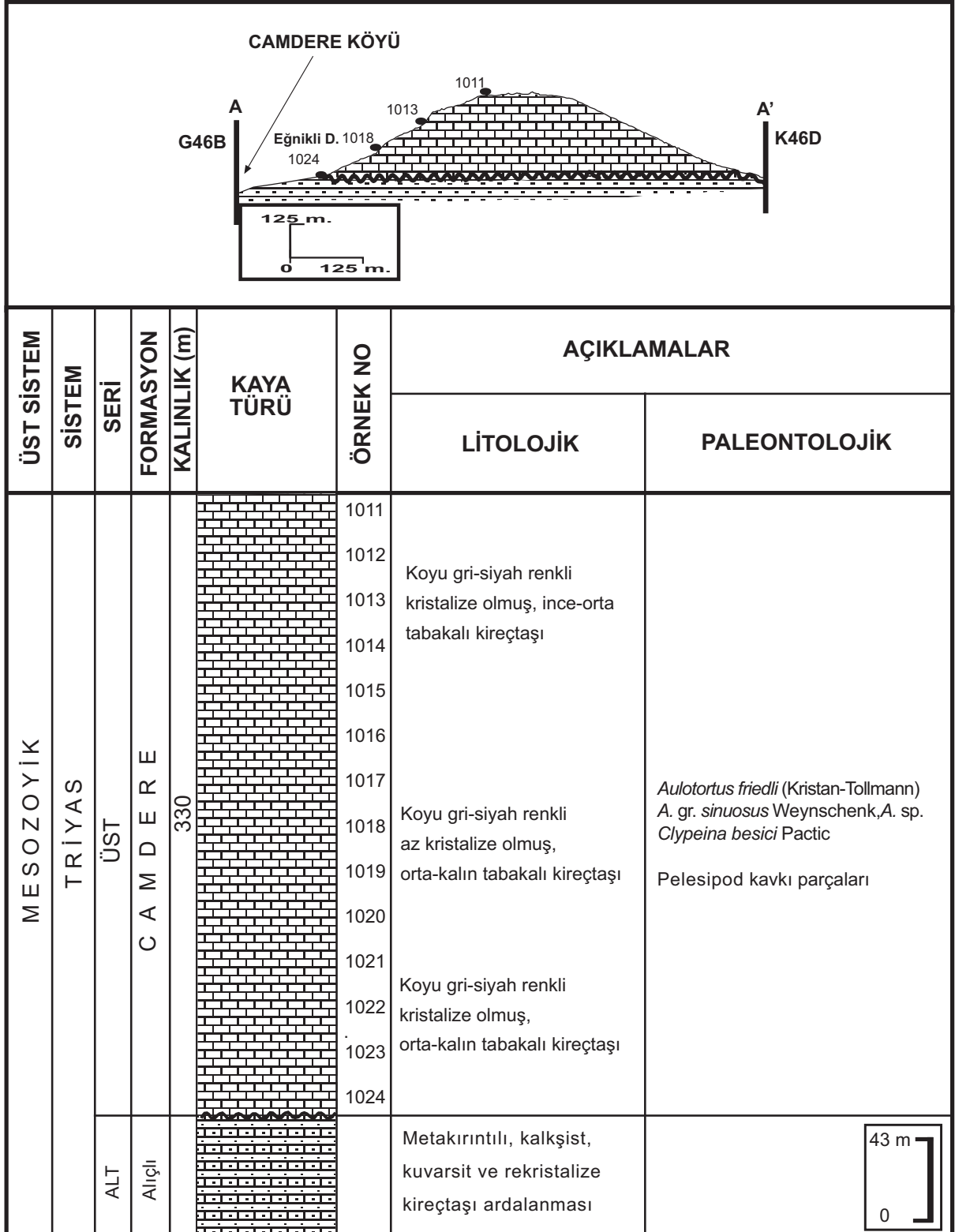
Alüvyonlar

Tüm birimler dere yataklarında ve düzlük alanlarda Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

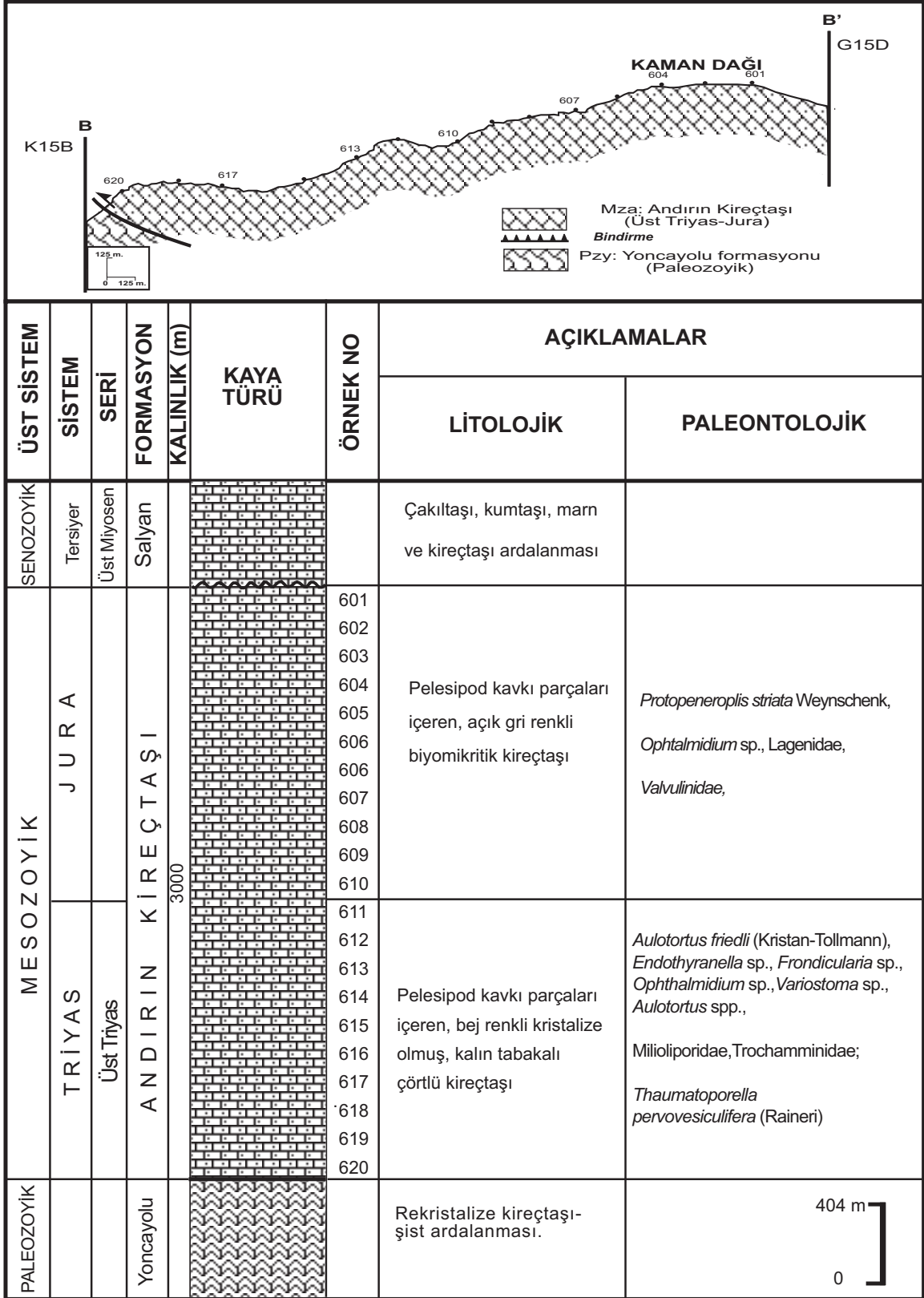
Bu çalışmada, Göksun (K.Maraş) ilçesinin D-KD'sunda yüzeyleyen birimlerin stratigrafik ilişkilerinde gözlenen sorunların çözümüne katkı sağlanmaya çalışılmıştır. Bölgede yer alan ve stratigrafik konumu tam aydınlatılamamış olan metamorfik birimler bu çalışmada Keban-Malatya Grubu olarak adlandırılmış olup bu birim, alttan üste doğru Yoncayolu, Çayderesi, Alıçlı ve Camdere formasyonlarından oluşmaktadır.

Yoncayolu formasyonu, Paleozoyik yaşlı olup, tabandan tavana doğru metamorfizma derecesinde düşüş görülen bu birimin üzerinde rekristalize kireçtaşlarından oluşan Çayderesi formasyonu yer alır. Üst Permian yaşlı olan birimin üzerinde ise şist, kalkışit, çörtlü kireçtaşı ve kırıntılı kayaların aralanmasından oluşan Alıçlı formasyonu bulunur. Grubun en üstünde ise rekristalize kireçtaşlarından oluşan ve ilk kez bu çalışmada tanımlanan Camdere formasyonu gözlenir. Birimin tip kesitinden (ÖSK-1) elde edilen fosillerle (*Clypeina besici* Pantic; *Aulotortus friedli* (Kristan-Tollmann), A. gr. *sinuosus* Weynschenk ve A. sp.) birime Üst Triyas yaşı verilmiştir. Tavanda Andırın Kireçtaşı tarafından tektonik dokanakla üzerlenir. Andırın Kireçtaşı birimi, Megalodont'lu, açık gri-bej renkli kireçtaşları ve orta-kalın tabakalı, beyazimsi-açık sarı renkli kireçtaşlarından oluşur. Alınan ölçülü stratigrafik kesitten (ÖSK-2) derlenen örneklerde Üst Triyas-Alt Kretase yaşını veren *Aulotortus friedli* (Kristan-Tollmann), *Protopenneroplis striata* (Weynschenk),



Şekil 5. ÖSK-1, Camdere ölçülü stratigrafik dikme kesiti (A-A')

Figure 5. ÖSK-1, Camdere measured stratigraphic columnar section (A-A').



Şekil 6. ÖSK-2, Kamandağı ölçülü stratigrafik dikme kesiti (B-B').

Figure 6. ÖSK-2, Kamandağı measured stratigraphic columnar section (B-B').

Endothyranella sp., *Fronicularia* sp., *Ophthalmidium* sp., *Variostoma* sp., *Aulotortus* spp., Lagenidae, Milioliporidae, Trochamminidae, Valvulinidae bentik foraminiferleri ile *Thaumatoporella pervovesiculifera* (Raineri) alg türü saptanmıştır. Andırın Kireçtaşı, Üst Miyosen yaşlı silttaşı, kumtaşı-çamurtaşı araldanmasından oluşan ve kireçtaşı olistolitleri içeren, Üst Miyosen yaşlı Salyan formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmüştür. Bu formasyon üzerine ise polijenik konglomera ve yer yer de bloklar içeren Pliyosen yaşlı Nadir formasyonu açısız uyumsuzlukla gelir.

KATKI BELİRTME

Arazi çalışması esnasında kamp olanaklarından yararlanma fırsatı veren M.T.A Genel Müdürlüğü'ne ve Mesozoyik yaşlı foraminiferlerin tanımlanmasındaki katkıları için Sn. Kemal Erdoğan'a (M.T.A. Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdüleri Dairesi) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ayaşoğlu, Y., 1970. Berke Projesi-Berke Barajı. TPAŞ Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu, DSİ Arşivi, yayımlanmamış.
- Kozlu, H., Fourcade, E. ve Günay, Y., 1990. Doğu Toros bölgesinde Neo-Tetis'in konumu. Türkiye 8. Petrol Kongresi, 16-20.04.1990, Ankara, 387-402.
- Metin, S., Ayhan, A. ve Papak, İ., 1986. Doğu Toroslar'ın batı kesiminin jeolojisi (G-GD Türkiye), MTA Dergisi, Sayı 107, s.1-12.
- Özgül, N. ve Turşucu, A., 1983. Stratigraphy of the Mesozoic carbonate sequence of the Munzur Mountains (Eastern Taurides): In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C. (eds), Geology of the Taurus Belt. Ankara-Turkey, 173-180.
- Pampal, S. ve Kurtman, F., 1983. New data on the Neo-Tehys rifting in the Eastern Taurus region: In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C. (eds), Geology of the Taurus Belt. Ankara-Turkey, 217-222.
- Perinçek, D. ve Kozlu, H., 1983. Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşar region (Eastern Taurus) In Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C. (eds), Geology of the Taurus Belt. Ankara-Turkey, 181-197.
- Ricou, L-E, 1980. Toroslar'ın Helenidler Zagridler Arasındaki Yapısal Rolü,

Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 23, 101-118.

- Tarhan, N., 1986. Doğu Toroslarda Neo-Tetis'in kapanımına ilişkin granitoid magmalarının evrimi ve kökeni. M.T.A. Dergisi, 107, 95-110.
- Tutkun, S.Z., 1984. Saimbeyli (adana) yöresinin stratigrafisi. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A Yerbilimleri, 1, 1, 31-43.
- Yılmaz, A., Bedi, Y., Uysal, Ş., Yusufoglu, H. ve Aydın, N., 1993. Doğu Toroslar'da Uzunyayla ile Beritdağı arasının jeolojik yapısı: TPJD bült., c. 5/1, s. 69-87.
- Yiğitbaşı, E., Yılmaz, Y. ve Genç, Ş.C., 1992. Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nda Eosen nap yerleşmesi. Türkiye 9. Petrol Kongresi, 17-21.02.1992, Ankara, 307-318.

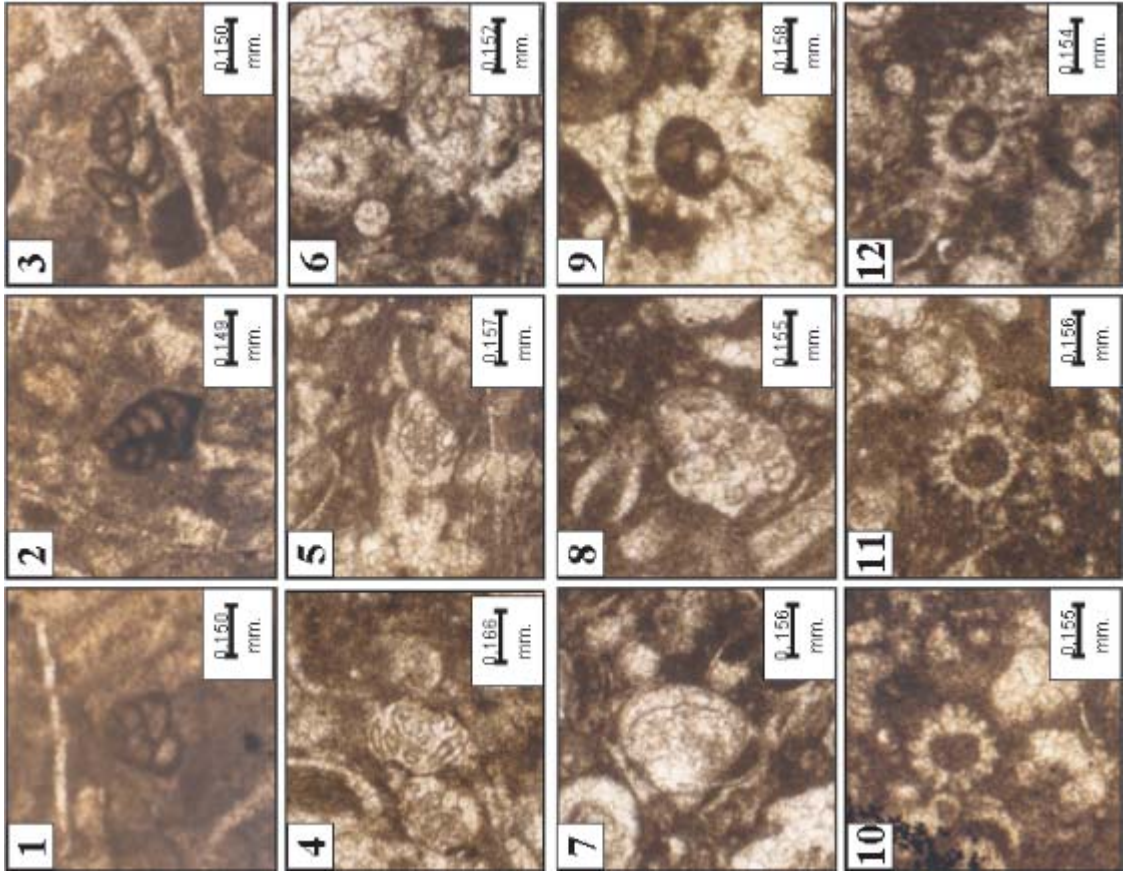
LEVHA 1 / PLATE 1

- 1: *Agathammina judicarinensis* PREMOLI SİLVA x58.
- 2-6: *Ophthalmidium* sp. x60.
- 7- 8: *Miliolipora?* sp. x57.
- 9: *Haplophragmella inflata* ZANİNETTİ & BRÖNNİMANN x 60.
- 10: *Auloconus permodiscoides* (OBERHAUSER) x 60.
- 11: Ekinit dikenli x58.
- 12: Ooid x60.

LEVHA 2 / PLATE 2

- 1-3: "*Siphovalvulina*" sp. x60.
- 4-5: *Aulotortus friedli* (KRISTAN-TOLLMANN) x57.
- 6-8: *Aulotortus gr. sinuosus* WEYNSCHENK x58.
- 9-12: *Clypeina besici* PANTIC x58.

LEVHA2 / PLATE 2



LEVHA 1 / PLATE 1

