

## BEYKOZ (İSTANBUL-TÜRKİYE) CİVARININ JEOLJİSİ VE İSTANBUL BOĞAZININ GELİŞİMİNE BİR YAKLAŞIM

### GEOLOGY OF BEYKOZ (ISTANBUL-TURKEY) AREA AND EVIDENCES FOR THE DEVELOPMENT OF ISTANBUL STRAIT

Hüseyin ÖZTÜRK

İstanbul Üniversitesi, Jeol. Müh. Böl., Avcılar, 34850, İstanbul, Türkiye

**Abstract:** The morphological development of the Bosphorus region began at the Pliocene, associated with increasing tectonism in the area, possibly related to the activity of the North Anatolian Transform Fault. During this period regional uplifting occurred in the north and northeast, whereas collapse in the south and southwest. Stratigraphical and structural analysis from Paleozoic through Neogene formations showed that the İstanbul Strait depression was formed being related to the lithology and the structure. The regional morphological landscape was mainly formed by NW - SE - trending normal faults and coeval N-S - trending microfaults and joint systems. N-S trending normal faults and similarly oriented continuous, intense and open joint systems may have been played an important structural role on the formation of present landscape. The strait has been developed in the limestone depending on the NW-SE and N-S trending structures. Intense karstic structures throughout the limestones in and along the İstanbul Strait indicate long-term carbonate dissolution associated with fresh water - salty water interactions. Water depth of the İstanbul Strait is shallow when passing from andesite and greywacke, whereas deep in the limestone, indicate that lithology - controlled bottom relief formation.

**Anahtar kelimeler:** İstanbul Strait, karstification, tectonism, Neogene

**Özet:** İstanbul ve civarının morfolojik şekillenmesi, Miyosen penepleninin Pliyosen ve takip eden süreçte Kuzey Anadolu Fay hareketine bağlı olarak parçalanmasıyla başlar. Bu süreçte, kuzey ve kuzeydoğuda bölgesel yükselim, güney ve güneybatıda ise çökme yaşanmıştır. Paleozoyikten Neojene kadar değişik formasyonlardan yapılan stratigrafik ve yapısal çözümler, İstanbul Boğazı depresyonunun yapısal ve litolojik kontrollü gelişimini göstermiştir. Bölgesel morfolojik şekillenmeleri, KB - GD gidişli normal faylanmalarla eş yaşlı K - G gidişli mikrofaylar ve eklem sistemleri oluşturmuştur. K - G gidişli normal faylanmalar ve açık- sık - devamlı eklem ta-kımları, İstanbul Bölgesinin morfolojik şekillenmesinde önemli olmuştur. İstanbul Boğazı, gerilme tektonizmasının ürünü KB - GD ve K - G gidişli kırıklara bağlı olarak yüksek eriyebilme özelliği taşıyan kireçtaşları içinde gelişmiştir. Kireçtaşlarında görülen karstik yapılar muhtemelen deniz suyu - tatlı su etkileşimiyle ilişkili gelişmiş olmalıdır. Kireçtaşları içinde derinleşen, buna karşılık andezit ve grovaklarda sığlaşan boğazın güncel dip yapısı kireçtaşlarının yapısal şekillenmede oynadığı litolojik kontrolü göstermektedir.

**Anahtar kelimeler :** İstanbul Boğazı, karstlaşma, tektonizma, Neojen

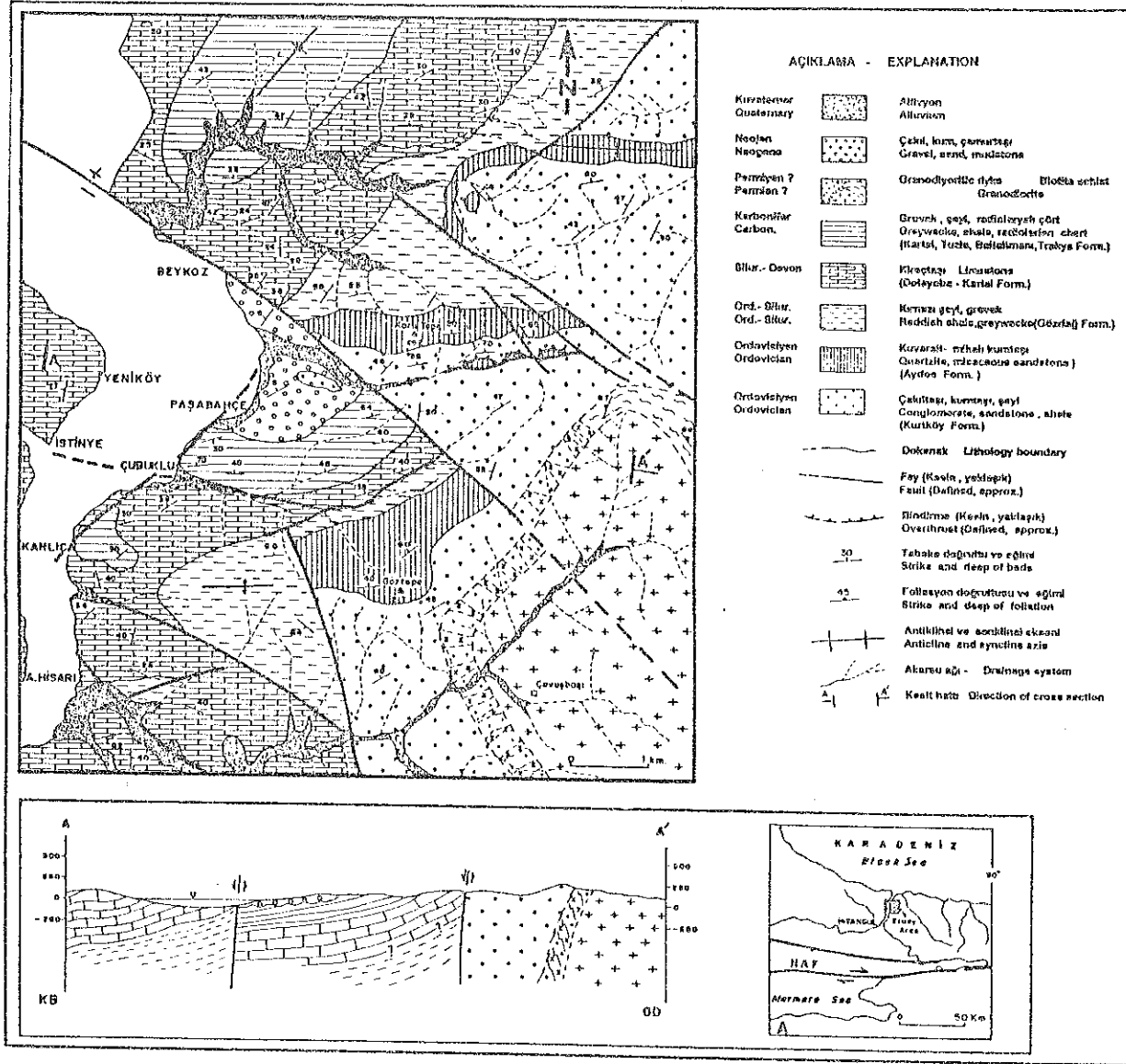
#### GİRİŞ

İstanbul Boğazı ve civarında oldukça fazla sayıda araştırmalar yapılmasına karşın bunlar ya Paleozoyik stratigrafisi üzerinde yoğunlaşmış veya mühendislik amaçlı lokal incelemeler şeklinde olmuştur. İlk olarak Pamir (1938) tarafından irdelenmekle birlikte İstanbul Boğazının oluşumunu, İstanbul ve civarındaki genç tektonik ve/veya morfolojik şekillenmeleri açıklayan son yıllardaki çalışmalar bir yana bırakılırsa (Göktaşan ve diğ. 1993, Göktaşan ve diğ. 1997) tatmin edici bir çalışma her nedense yapılmamıştır. Oysa, İstanbul Boğazı ve civarının genç jeolojik tarihçesinin anlaşılması, hem Karadeniz ile Marmara Denizi bağlantısının ne zaman ve nasıl kurulduğu, hem de aktif tektonizma ve bölgesel depremsellik risklerine yaklaşımda bulunabilmek açısından son derece önem taşımaktadır. İstanbul Boğazı ve civarındaki Neotektonik olayları belirlemek amacıyla

inceleme alanı olarak Beykoz ve civarı seçilmiştir. Bunun birinci nedeni bu bölgenin kıyı çizgisindeki maksimum ötelenme göstermesi, ikincisi ise genç sedimantasyon ve tektonizmaya ışık tutacak Neojen sedimentlerini içermesidir (Şek. 1). Boğaziçi ve civarında yapılmış pek çok değerli çalışmaya karşılık inceleme alanına ait yayınlanmış herhangi bir araştırma yoktur. Bu çalışma kapsamında önce Beykoz ve civarının 1:25 000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, daha sonra boğazın her iki yakasını kapsayan alanın jeoloji haritası eski çalışmalar gözönü alınarak yenilenmiştir. Bölgesel değerlendirme için inceleme alanının dışında ve özellikle Neojen formasyonlarında saha çalışmalarına ihtiyaç duyulmuştur.

#### Stratigrafi

İnceleme alanında Paleozoik yaşlı sedimentler, bunların içine sokulum yapmış granodiyoritik plütonlar, Üst



Aydos Formasyonu tabanda kırmızımsı pembemsi mor renkte laminalı ortokuvarsitler ve yersel olarak izlenen iri yuvarlak çakıllı çakıltaşlarıyla başlar. Formasyon üste doğru ince belirgin katmanlı kuvarsitik kumtaşı -mikali kumtaşı-şeyl ar dalanmasına dönüşmektedir. Bunun üzerinde ise tabandaki kuvarsitlere göre daha beyaz ve mercerler şeklinde izlenen masif kuvarsit kütleleri yer almaktadır. Kuvarsit mostralari esas olarak stratigrafik ilişki göstermekle birlikte yapısal dokanaklı kuvarsitler Kurtköy Formasyonu içinde tektonik bir dilim şeklinde de izlenilmiştir. Genellikle faylarla parçalanmış olarak izlenen kuvarsitlerin üzerine kırmızımsı kahverenkli laminalı şeyl mavimsi gri silisli şeyl ve çamurtaşlarından oluşma Gözdağ Formasyonu gelmektedir. Bu geçiş zonu İstanbul Paleozoyiğinde en tartışmalı düzey olup, pek çok araştırmacı kuvarsitlerin üst dokanak ilişkisi üzerine tekrarlanan çalışmalara ihtiyaç duymuşlardır (Mc Callien ve Ketin 1947., Altınlı, 1951., Ketin, 1959). Bu dokanak çok iyi olmamakla birlikte en iyi Karlı Tepe'nin kuzey yamaçlarında izlenmekte ve muhtemelen dereceli bir geçiş göstermektedir. Sayar (1978)'a göre Kurtköy ve Aydos Formasyonları Ordovisyen yaşlıdır.

Gözdağ Formasyonu altta kırmızımsı kahve renkli laminalanmalı şeyllerle başlar ve üste doğru serisit pullarınca zenginleşerek siltli kilitaşlarına geçer. Bu düzeylerde serisitlerce zengin siltli kilitaşları içinde sık demiroksit benekleri göze çarpmaktadır. Bu düzey çeşitli araştırmacılar tarafından İstanbul Paleozoyiğinde şamositlik oolitlerin oluşturduğu kılavuz bir düzey, Conulariid fosil zonu olarak tanımlanmıştır (Sayar, 1978). Oysa Karlı Tepe'nin kuzey yamacında yol yarmalarında detayları açık olarak izlenen kırmızı benekler 1 cm.'ye varan çapta genellikle yassı elipsoidal geometrilili silis ve demiroksit dolgulu aglere benzemektedir. Bu alanda birinci dünya savaşı ve izleyen yıllarda yeraltı madenciligi şeklinde demir üretimi yapıldığı yerli halk tarafından ifade edilmiştir. Siluriyen yaşlı formasyon, üst düzeylerde silsilemiş şeyl, siltaşı -grovak ar dalanmalıdır ve yersel kireçtaşı mercerleri içermektedir.

Gözdağ Formasyonunu uyumlu olarak üstleyen değişik yaş ve tipteki kireçtaşları tek bir formasyona indirgenerek haritalanmıştır. Gözdağ Formasyonunu uyumlu olarak üstleyen ve eski araştırmacılarca Siluriyen yaşlı verilerek tanıtılan Dolayoba Formasyonu inceleme alanında sahil şeridi boyunca Anadoluhisarı, Çubuklu ve Beykoz tepelerinde izlenilir. Tabanda bioklastik karakterli kireçtaşları., mavimsi gri üste doğru siyahımsı gri renkte, sert, ağsal sparit dolgulu, bol mercan ve krinoid fosillidir. Dedeoğlu Deresi'nde yapılan viyadük temel kazıları, kireçtaşlarının aşırı karstik yapılı olduğunu göstermiştir. Bundan başka Beykoz'un kuzeyinde Hünkar Tepe taş ocağında kırık hatları boyunca dikine inen erime boşlukları izlenmiştir. Dolayoba Formasyonunun kireçtaşları, üste doğru Kartal Formasyonunun Devoniyen kireçtaşlarına geçiş göstermektedir. Bu çalışmada her iki formasyonun kireçtaşları bir bütün olarak haritalanmıştır.

Kartal Formasyonunun tabanında izlenen kireçtaşları ince katmanlı ve kıvrımcıklı, üste doğru yumru yapı gösterir. İnce katmanlı kireçtaşları dereceli olarak Kartal Formasyonunun üst düzeylerine, en tanıtılan kayaçlarını oluşturan karbonatlı kilitaşlarına ve grovoklara geçmektedir. Karbonatlı kilitaşlarında hatta kireçtaşlarında karbonat çözülmeleri ve yıkanmaları nedeniyle kayaç yüzeyde kahverenkli şeylleri andırır bir görünüm kazanmıştır. Yüzeyde hahverenkli, kilce zengin toprağımsı oluşukların derine doğru masif kireçtaşlarına geçişi taş ocaklarında açıkça izlenmektedir. Penplenleşme sürecinde karbonatların yıkanıp uzaklaşmasıyla gelişen kalın killi ayrışma kabuğu sahada sağlıklı litoloji ayırdını zorlaştırmakta ve dolayısıyla karbonatların haritalanmasında sorunlara neden olmaktadır. Kartal Formasyonunun grovokları Gözdağ Formasyonunun grovoklarından daha yumşak olması, bol fosil içermesi ve daha kalın katmanlanma göstermesiyle makroskobik olarak ayrırtlanmaktadır. Ancak özellikle sınırlı mostra koşullarında ayırtlamada güçlük vardır. Ortalama 20 cm. kalınlığa erişen belirgin tabakalanmalı, kısa dalga boylu, sık kıvrımlanmalı grovak ve kilitaşlarının oluşturduğu istif, Tuzla ve Baltalımanı Formasyonunu olarak tanımlanan ve inceleme alanında Yuşa Tepe civarında gözlenen, silisli şeyl yumru kireçtaşı ve radiolaritlere geçmektedir. Bunların üzerine de ise Boğazın özellikle batı yakasında izlenen Trakya Formasyonunun silisli şeyl ve grovokları bulunur. Bu çalışmada yapısal ilişkileri sadeleştirmek için Devoniyen yaşlı Kartal Formasyonunun grovak ve şeylleri, Tuzla Formasyonunun ince dokulu yumru kireçtaşları ve silisli şeylleri, Karbonifer yaşlı Baltalımanı Formasyonunun silisli şeyl ve radiolaritli çörtleri ile Trakya Formasyonunun silisli şeyl ve grovokları bir bütün olarak haritalanmıştır.

### Magmatikler

İnceleme alanındaki magmatik kayaçlar, Öztunalı ve Satır (1973) tarafından Çavuşbaşı granodiyoriti olarak tanımlanan intrüsyonlar ile Paleozoyik formasyonları içinde sık gözlenen andezitik dayk ve sillerden oluşmaktadır.

### Çavuşbaşı Granodiyoriti

Granodiyorit yüzlekleri tektonik etkiler sonucu ileri derecede arenalaşmış olarak Çavuşbaşı ve civarında izlenilir. İntrüzifin batı ve kuzeybatı dokanaklarında ortalama 20 metre kalınlıktaki porfirik dokulu granodiyorit bileşimli damar kayaçları ile arkozik sedimentler tipik bir kontak karmaşığı oluştururlar. Bu karmaşığın içinde, 3-5 cm kalınlığındaki kuvars epidot ve spekülaritten oluşma damarlar yaygındır. Biotit şistli sıcak kontak zonları ise inceleme alanının kuzey batısında kalın bir zon şeklindedir (Şek.1). Burada 0.5 cm. boyutlarındaki biyotitlerin oluşturduğu çizgisel yapılar yanında kayaçta çok iyi yapraklanma gözlenir. Plütonun egemen mineralleri plajiyoklas, kuvars, K Feldispat, biyotit ve horn-

blenttir. Granodiyorit içinde aplitik, kuvarsitik, andezitik ve dasitik damar dolguları gözlenmektedir. Aplit ve kuvars damarlarında kabaca KB - GD yönelimler izlenir. Çavuşbaşı granodiyoritinin yaşı üzerine değişik görüşler ileri sürülmüştür. Bürküt (1966) tarafından yapılan radyometrik yaşlandırma 225+5 milyon yıl yaş vermesine karşılık, Öztunalı ve Satır (1973) biyotitlerden yaptıkları çalışmada 65+10 milyon yaş elde etmişler ve bu yaşı alp orojenezinin biyotitler üzerinde bıraktığı izler olarak yorumlamışlardır. Yılmaz (1984) ise intrüsifin Trias öncesine ait olduğunu belirtmiştir.

### Andezitik Damar Kayaçları

İnceleme alanında andezitik dayklar haritaya geçirilemeyecek kalınlıklarda, ancak oldukça sık yerleşimli olarak izlenir. Jeoloji haritalasına yansımamakla birlikte hacimsel olarak Paleozoyik formasyonlarına göre küçümsenmeyecek değerdedir. Andezitik dayk ve siller ayrışmasız iken yeşilimsi renklerde kolaylıkla tanınmasına karşılık, ayrışmalı iken boz-sarımsı kahverenkli ve özellikle şeyller içinde tanınması güçleşmektedir. Ayrışmış yüzlekleri elle kolayca ufalanabilmekte, yan kaya yapılarına uyumsuzluğu ve içindeki feldispat erime boşluklarıyla ayırtılabilmektedir. Kireçtaşları içinde genellikle ayrışmasız olarak bulunmasına karşılık, şeyller, grovaklar ve arkozik kumtaşları içindekiler ileri derecede ayrışmalıdır. Bunun muhtemel nedeni ortamdaki suyun pH'sı olmalıdır. Kireçtaşlarının görece yüksek pH lı suları nedeniyle andezitlerdeki feldispatlar ayrışmamakta, buna karşılık şeyller içindeki görece asidik sular feldispat ve amfiboldeki ayrışmayı hızlandırmaktadırlar. Dayklarda porfirik dokuyu oluşturan ana mineraller feldispat ve amfiboller olup az miktarda K feldispat, biyotit ile alterasyon ürünü olarak serisit, kalsit ve epidotlar izlenir.

Damar kayaçları Seymen, (1995) tarafından magmatik yay gelişim ürünü olarak tanımlanmıştır. Dayklar genellikle D-B doğrultusuna yaklaşan bir sokulum deseni göstermektedir. Bu sokulum deseni muhtemelen Kre-tase öncesine ait yapısal unsurları tanımlamaktadır.

### Neojen Çökelleri

Neojen çökelleri, Paşabahçe ile Beykoz arasındaki kıyı şeridi boyunca gözlenmektedir. Muhtemelen Belgrad formasyonuna karşılık gelen kırıntılılar en iyi Paşabahçe'de Sirmakeş mevki ve civarında, deniz kıyısında izlenir. Buradaki sedimentler yol genişletme çalışmaları nedeniyle 40 metrelik dik bir şevde ve 200 metrelik geniş bir kuşakta bütün açıklığıyla ortaya çıkmıştır. Formasyonun taban kesimleri ise, Paşabahçe Cam Fabrikası'nın su amaçlı açtığı sondaj kuyuları yardımıyla çözümlenebilmiş olup burada geçilen 120 metrelik killi zon, Neojen kalınlığının 150 metreden daha fazla olduğuna ve deniz seviyesinden en az 100 metre aşağıya indiğine işaret eder. Su sondajı boyunca geçilen mavimsi gri renkli plastik killer Paşabahçe Sigorta Hastanesi'nin temelinde de gözlenmiştir.

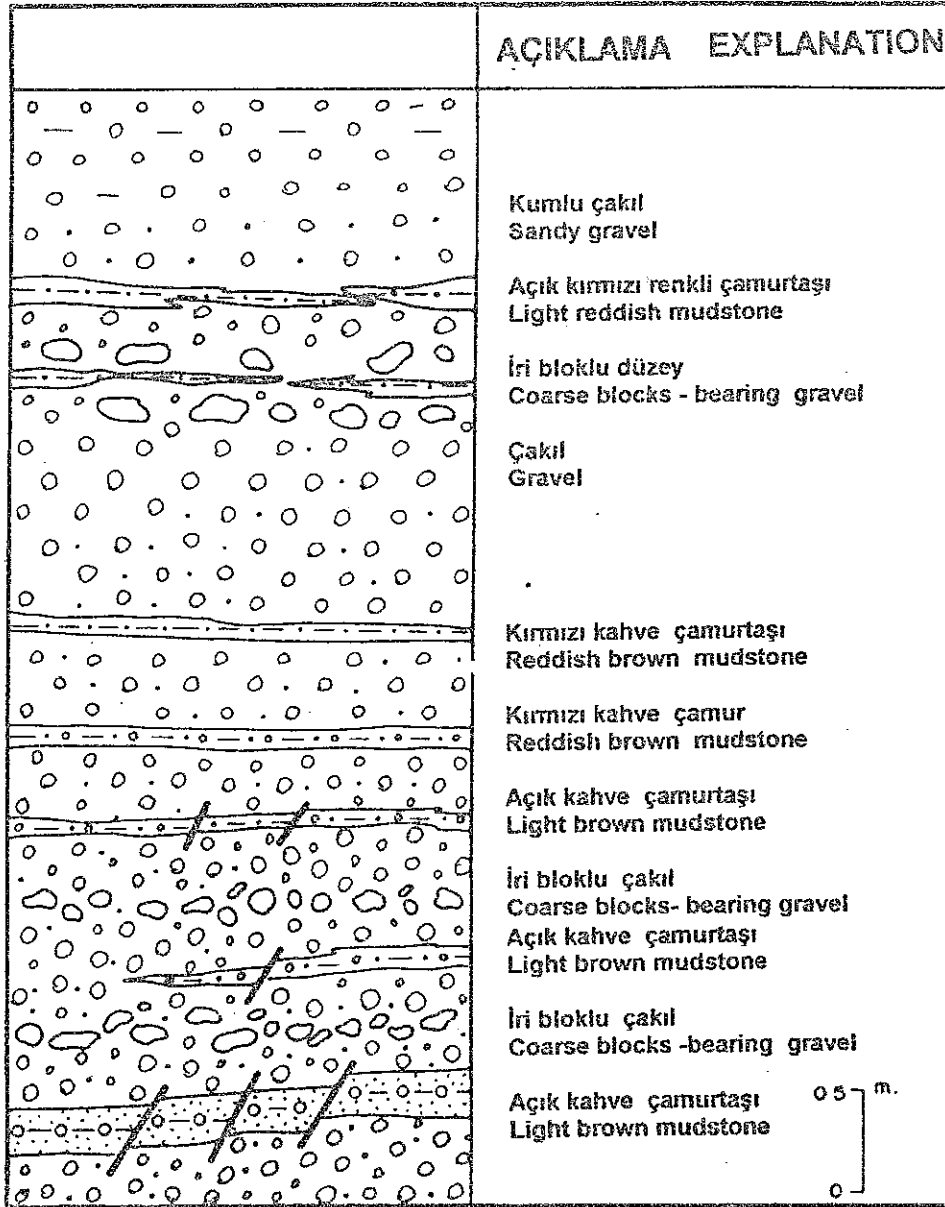
Formasyon genel olarak kahvemsı kırmızı renklidir. Tabanda açık kahve istif üstte doğru kırmızı renk almaktadır. Formasyon karasal koşullarda depolanmış iri bloklu-çakıllı sedimentlerden oluşur. Çökelimdeki mevsimsel değişimler iri bloklu çakıltaşları arasındaki ince çamur bantları şeklinde izlenir. Alüvial yelpaze çökellimini yansıtan istifte iri bloklu düzeyler yassılaştırmış grovak ve andezit bileşenlerinden oluşmakta çok iyi imbrasyonlar göstermektedir (Şek.2). Gerek kuzeybatıya merceklenen tabaka yapıları, gerekse çakıllardaki fabrik değerlendirmeleri sediment taşınımının güneydoğudan olduğunu göstermektedir. Tabakalanmalar özellikle kumlu ara düzeyler nedeniyle belirgin yataya yakın izlenir. İyi sıkılaşmış çakıllı kumtaşı- çamurtaşı düzeyleri içinde yaklaşık D- B gidişli 5-10 cm atım gösteren, seyrek bazen 40 cm. aralıkla gelişmiş mikrofaylar ve eklemeler saptanmıştır. Bu eklemeler ve mikro fayların bloklu düzeylerde kaybolmaktadır. İri bloklu düzeyler, kili kumlu bir matris içinde iyi yuvarlaklaşmış, boyutları genellikle birbirine yakın, çokluk sırasına göre andezit ve kuvarsit az miktarda arkozik kumtaşı ve şeyllerden oluşur. Ortalama 15-25 cm. boyutlarındaki iri ara zonların dışında istif genel olarak 5 -15 cm. iriliğindeki kırıntılardan oluşmaktadır. Neojen istifi içinde %50 gibi yüksek oranda bulunan porfirik dokulu andezit materyalinin nereden ve nasıl çökeline katıldığı soruna tatmin edici bir cevap verilemez Zira, inceleme alanının güneydoğusunda geniş alanlarda mostra veren bir kaynak bulunmamaktadır. Andezitik bloklar iyi yuvarlaklaşmış - yassı şekillerde, yeşilimsi renklerde ve zayıfca ayrışmalıdır. Kuvarsit elamanları ise dış yüzeyleri çizik- li, olup dış yüzeyleri ve içindeki kırık hatları siyah mangan oksit boyamalıdır. Neojen sedimentlerinin gerek iyi yuvarlaklaşmış ve boyları birbirine yaklaşan elamanlardan kurulu olması, gerekse yataya yakın tabakalanmalar göstermesi bunların faya dayalı yakınsak alüvial yelpazelerden öte, uzun süreli taşınmış iraksak alüvial yelpaze çökeli olduğuna işaret etmektedir. İnceleme alanındaki Neojen serileri fosilden yoksun olup yaşı hakkında bir görüş ileri sürmek son derece zordur. Oluşuk, Boğaz çökellerinden üst düzeyleri itibariyle Belgrad Formasyonuna benzerlik göstermektedir. İstif renk ve sediment bileşimi açısından Kireçburnu civarındaki kırıntılılara kısmen benzerdir.

### Kuvaterner

Kuvaterner sedimentleri, Bogaza boşalan akarsu kıyılarında 50 metreye varan kalınlıklarda izlenilir. Bu akarsu sedimentleri, Göksu, Çubuklu ve Paşabahçe civarında, inceleme alanının dışında ise Haliç kıyılarında gözlenmektedir. Killi kumlu sedimentler içinde küçük gastropod fosilleri bulunmaktadır.

### Yapısal Unsurlar

İnceleme alanındaki yapısal unsurların belirgin olanları Alpin orojenezile ilişkili yaklaşık D- B gidişli bindirmeler ile bunları kesen ve genç morfolojik ge-



Şekil 2. İnceleme alanındaki Neojen sedimentlerinin üst düzeylerine ait ölçülü sütun kesiti.

Figure 2. Measured stratigraphic section of the upper horizon of the Neogene sediments in the study area.

killenmeye sebebiyet veren KB -GD ve KD - GB ve en son fazda gelişen K - G gidişli normal faylar olarak tespit edilmiştir. İnceleme alanındaki kıvrım yapıları son derece düzensizdir. Bununla birlikte, belirgin kıvrım eksenleri yakalşık D - B gidiş gösterir. İnceleme alanında en belirgin eklem takımı K - G doğrultusuna yönelim gösterirler ve en son tektonik fazda gelişmişlerdir.

İnceleme alanında D- B gidişli bindirmeler, Kurtköy Formasyonu içine kuvarsit mercceklerinin yerleşimini sağlamıştır. Oldukça açık bir şekilde tespit edilen ekalanmalar Acarkent inşaat alanı içinde gözlenmiştir. Buradaki bindirme düzlemi Kurtköy Formasyonunun tabakalanmasına yaklaşık bir uyum göstermektedir. Bu yapı, kuzeyden güneye doğru bölgesel ölçekte itilmelerin ol-

duğunu göstermektedir. Öte yandan Akartuna (1963) tarafından ileri sürülen kuzeyc bindirme yapıları inceleme alanında tespit edilememiştir.

Bölgede izlenen KB - GD istikametinde uzanan normal faylanmalar, bölgesel morfolojiye şekil veren en önemli yapılardır. Eroskay ve Kale (1986), İstanbul ve civarındaki KD - GB ve KB - GD yönelimli genç morfolojiyi, ilk kez ifade etmekle birlikte, bu araştırmacılar gerek yapı unsurlarını, gerekse oluşum mekanizmalarını irdelememişlerdir. İnceleme alanındaki bu tipte iki önemli yapı bulunmaktadır. Birincisi yaklaşık K70 B doğrultusunda izlenen normal faydır. Bu fay Çavuşbaşı'ndan başlamakta, boğazın karşı yakasına Sariyer'e kadar devam etmektedir. Bu fay boyunca düşey atım nede-

niyle Kurtköy Formasyonu ile Kartal formasyonu karşı karşıya gelmiş, tipik bir fay morfolojisi oluşmuş, kireçtaşlarından yüksek debili su boşalmaları gerçekleşmiş (Onçeşme kaynağı), ve bu faylarla tabana atılan genç sedimentler erozyondan korunabilmişlerdir. İkincisi ise inceleme alanının biraz daha kuzeyinde bulunmakta, Paleozoyik stratigrafisinde ötelenmeleri oluşturmakta ve kireçtaşlarını geçtiği yerlerde benzer şekilde yüksek debili kaynak boşalmalarına (Akbaba Kaynağı) sebebiyet vermektedir. Yapısal çözümlenmeler, faylarda düşey yönlü hareket olduğunu göstermektedir. Diğer yapı unsurları da dikkate alındığında İstanbul Boğazı ve civarında sıkışmadan öte gerilmelerin egemen olduğu ileri sürülebilir.

Saptanan bir diğer yapısal unsur, en son fazda gelişen K- G gidişli mikrofaylar ve açık eklemelerdir. Bunlar Neojen sedimentlerinde 40- 30 cm aralıkta, yaklaşık K - G doğrultulu ve 70 derecelik batıya eğimli basamak faylanmalar şeklindedir. Bu haliyle batıya bakan tipik bir yarı graben yapısı izlenmektedir. Neojen formasyonlar içinde mikrofayların ve eklemelerin çakıllı bloklu malzeme içinde görülmeşi sadece kumlu düzeylerde bulunuşu ilgi çekicidir. Bunun muhtemel açıklaması çakıl ve blokların hareketi rotasyonlarla karşılaşması ve böylelikle deformasyonun sediment içinde tutuklanması şeklinde olmalıdır. K - G yönelimli mikro faylanmalar ve açık eklemeler yaklaşık D- B yönelimli faylanmalarla gerek yaş gerekse oluşum mekanizması açısından ilişkili olmalıdır. İnceleme alanında K - G yönelimli eklemeler ve atımı düşük normal faylar sık gözlenmekle birlikte makro ölçekte bir kırık saptanamamıştır. Öte yandan Sarayburnu ile İsküdar arasında yapılan deniz sondajlarında yaklaşık K- G gidişli normal faylar tespit edilmiştir (Meriç ve diğ. 1988). Kuzey - güney gidişli yapılar boğazın Karadeniz çıkışlarında, andezitik volkanitler içinde de izlenmektedir. Boğazın güneybatısında Silivri -Selimpaşa sahil şeridinde oldukça seyrek süreksizlikler gözlenmiştir. K- G yönelimli bu yapılar Oktay ve Sakıncı (1993) tarafından belirtilmektedir. Buradaki eklemeler veya faylar Oligo-Miyosen yaşlı kumtaşları içinde birkaç metrede bir tekrarlanmakta, 5 -10 cm. atımlı düşey düzlemler şeklinde izlenmektedir.

İnceleme alanında makro yapısal düzlemlere benzer şekilde üç ana eklem sistemi gözlenir. Bunlar yaşlıdan gence doğru, D-B, KD - GB ve KB - GD ile K - G dir. Bu eklemelerden en belirgin olanı K - G gidişli olanlardır. Bunların eklem düzlemleri dike yakın, düzgün, dolgusuzdur. K - G yönelimli eklemeler mikro fay karakteri de gösterirler ve tüm İstanbul Bölgesi'nin genel bir yapı özelliği olarak izlenirler. İnceleme alanının batı yakasında, Kemerburgaz civarında ölçülen mikrofaylar ve/ veya eklem sistemleri de K- G doğrultuya yaklaşım göstermektedir.

#### Tartışma ve Sonuçlar

İnceleme alanında Paleozoyik -Mezozoyik ve Senozoyik yaşlı çökel ve magma kayaları gözlenir.

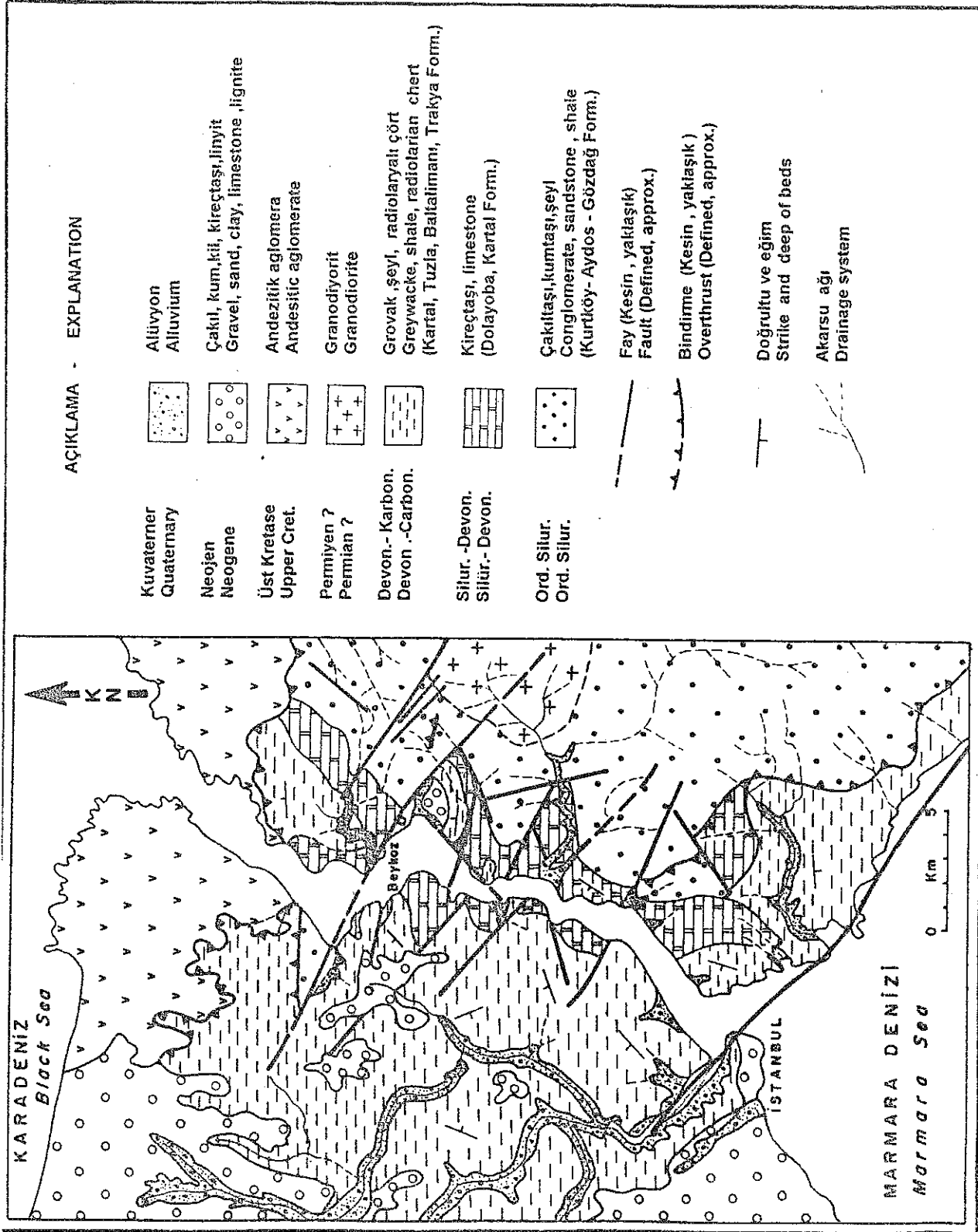
Bölge, Hersiniyen ve Alpin orojenezine bağlı olarak karmaşık kıvrımlanmalar gösterir. Bunlardan muhtemelen Kretasede, kuzey güney yönlü kompresif kuvvetlerin etkisinde gelişen D-B eksenli kıvrımlanmalar ve bindirmeler belirgin olarak izlenmektedir. D- B gidişli bindirmeler kuzeyden beslenmiş olup bu süreksizlik hatları İst Kretase volkanizmasıyla ilişkili olarak andezit bileşimli dayk ve silllerle doldurulmuştur.

İnceleme alanındaki karasal Neojen sedimentleri muhtemelen Pliyosen yaşlı alüvyal yelpazelerden oluşmaktadır. Gerek yataya yaklaşan tabaka yapısı, gerekse yuvarlak geometriye iri çakıllardan kurulu olması, istifin Pliyosende geniş alanlara yayılı olduğuna işaret eder. Alüvyal yelpaze içindeki sedimanter yapılar (tabaka kalmaları, çakıllardaki fabrikler) malzeme taşımının güneydoğudan kuzeybatıya olduğunu göstermektedir. Bu yön şimdiki drenaj yönüyle ters olup, bu terslenme morfolojik verilere dayandırılarak daha önceden ifade edilmiştir (Y. Yılmaz'ın sözlü bildirişi ve son olarak Gökaşan ve diğ., 1997). Bölgesel ölçekte değişen akarsu akış yönündeki terslenmelerin sorumlusu kuzeydoğudaki bölgesel yükselim, güneybatıdaki ise çökme olmalıdır. İnceleme alanının doğusunda bulunan akarsuların kuzeye (örneğin Riva Deresi), batısındaki akarsuların ise (Kağıthane Deresi veya Haliç) güneye boşalmaları ilgi çekicidir. Tanımlandığı gibi., İstanbul Boğazı doğuda kuzeye, batıda ise güneye bakan farklı iki morfoloji arasında, bir anlamda denge zonunda yer almaktadır.

İstanbul penepleninin parçalanma işlemi fayların gidişleri ve karakterleri itibariyle Kuzey Anadolu Fayının bölge üzerindeki etkisiyle ilişkili olmalıdır. Bu süreçte bölgesel olarak kuzeyde yükselim, güneyde ise çökme yaşanmış, drenaj yönünde terslenmeler gelişmiştir.

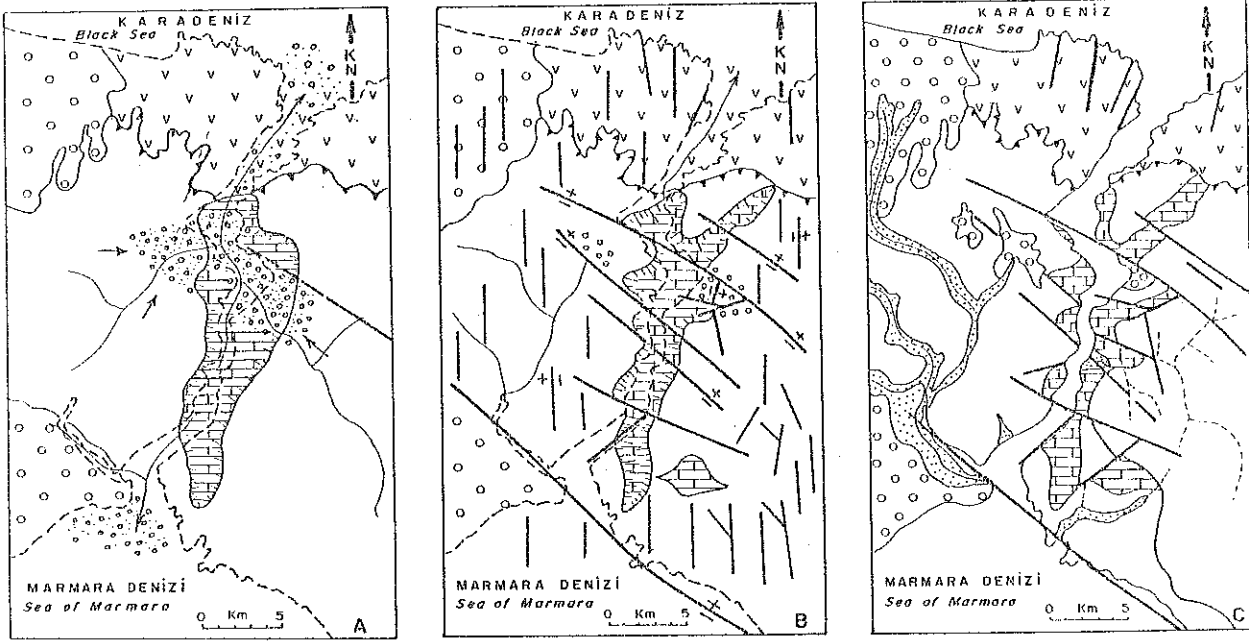
KB- GD doğrultulu, düşey atımlı faylar kuzeye Karadenize boşalan akarsularını parçalayarak açılacak olan İstanbul Boğazına ilk şekillenmeyi vermiştir. Bu faylar İstanbul peneplenini yataya yakın bir konumda yer yer örten Neojen sedimentlerini de katederek düşey atımlara uğratmış ve bunları erozyondan korumuştur. Bu faylanma ve takip eden süreçte gelişen K - G yönelimli mikrofaylar ve açık eklemeler K - G yönlü çöküntüye ve tali drenaj sistemlerinin gelişmesine neden olmuştur. Bununla birlikte gerek inceleme alanında, gerekse boğaz genelinde K - G gidişli önemli bir yapısal unsur saptanamamıştır. İstanbul depresyonu (Kaya, 1978) K - G gidişli mikro fayların ve sık mikro fissürlerin etkisiyle eriyebilme yeteneği diğer kayalara göre son derece yüksek kireçtaşları içinde litolojik ve yapısal kontrollerin beraberliğinde gelişmiştir. Kireçtaşlarının İstanbul Boğazının her iki yakasında da bulunması, bir başka deyişle İstanbul Boğazının kireçtaşları içinde gelişmesi bir tesadüf olmamalıdır (Şek.3).

Kireçtaşlarındaki yapısal unsurların kontrolünde gelişen K - G gidişli erime yapıları karstlaşmalara sebebiyet vermiş, kireçtaşları hem yüzeysel hem de yeraltı su hareketiyle çözümlenere maruz kalarak derin ve geniş bir



Şekil 3. İstanbul Boğazı civarının sadeleştirilmiş jeoloji haritası. Batı yaka Baykal ve Kaya (1963), Güneydoğu bölgesi ise Seymen, (1995) den yararlanılarak hazırlanmıştır.

Figure 3. Geological map of the Istanbul Strait and surrounding area. Western side modified from Baykal and Kaya (1963) and SE region modified from Seymen, (1995).



Şekil 4. İstanbul Boğazının gelişimini gösterir model.

- 4a. İstanbul Boğazı ve civarındaki karstik kireçtaşlarının Üst Miyosen - Pliyosen başlarındaki dağılımı, Beykoz civarında güneydoğudan beslenen alüvyal yelpaze çökelişi ve bu dönemde bölgesel olarak kuzeye eğim gösteren paleocoğrafya.
- 4b. Pliyosen - Pleistosen sürecinde KB- GD gidişli normal faylarla bölgesel olarak kuzeyin yükselmesi ve güneyin çökmesiyle morfolojik terslenmenin ve, D-B yönlü tansiyonel kuvvetler altında ve kireçtaşları içinde İstanbul depresyonunun gelişimi.
- 4c. Üst Pleistosen - Holosende? su seviyesi yükselimi sonucu nehir sisteminin kanala dönüşmesi.

Figure 4. Conceptual model for the development of the Istanbul Strait.

- 4a. Figure showing the geographical scene and the karstic limestone outcrops in the study area during the late Miocene - early Pliocene, and southeast - northwest - directed alluvial fan deposition.
- 4b. The development of NW- SE trending normal faults associated with the North Anatolian Fault in the Pliocene - Pleistocene period. Please note the regional uplifting in the north, whereas collapsing in the south and the formation of the İstanbul depression in the limestone under the E- W - oriented tensional tectonic regime.
- 4c. A rapid sea level rise possibly in the late Pleistocene - Holocene ? period and evolution of the river system between the Sea of Marmara and Black Sea.

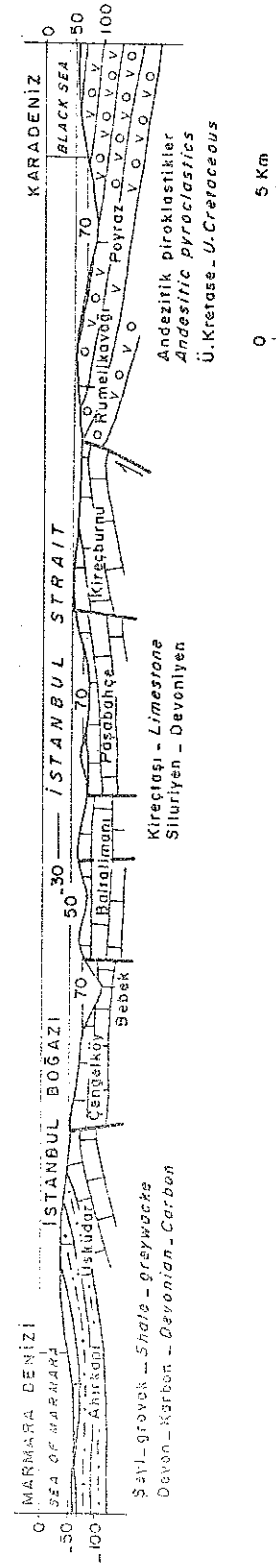


çöküntüye erişmiştir (Şek.4). Uzun süre peneplenleşme sonucu stratigrafi kısmında da belirtildiği gibi kireçtaşları üzerinde kalın bir terra rosa örtüsü gelişmiştir. Genç tektonizma ve ilişkili blok hareketleriyle terra rosalar erozyonla tamamen süpürülmüş, ve aktif tektonizma alanlarını gösterir şekilde sağlam kireçtaşları yüzeylenmiştir. Boğazın karstlaşmanın iyi geliştiği kireçtaşlarından geçerken derinleştiği, kireçtaşlarının bulunmadığı boğazın kuzey ve güney ağzlarında ise sığlaştığı (kuzeyde en derin yeri yaklaşık 50 metre, güneyde ise 40 metre civarında) bilinen bir olgudur. Boğazın güney ağzında killi-silt- grovacklar ile boğazın Karadeniz'e bağlandığı kuzey çıkışında andezitik aglomeralardan oluşma birimlerdeki sığlaşmalar litolojinin kanal gelişiminde ne denli önemli olduğunu göstermektedir (Şek.5). Bu bağlamda, boğazın gelişimi süresince Karadeniz ile Marmara Denizi arasındaki hidrolik bağlantı yeraltından daha önce sağlanmış olabilir. Tatlı su ile tuzlu su etkileşimine bağlı olarak karbonat çözünmesi ve permeabilite ve porozitedeki artış (Randazzo ve Bloom, 1985) muhtemelen yapısal şekillenmelerle birlikte yürümüştür. İstanbul Boğazı'nda ani iniş ve çıkış gösteren dip yapısı (örneğin Bebek önünde 110 metre) olgunlaşmamış taban morfolojisini yansıtır. Bu şekildeki dip yapıları ya genç tektonik etkilerle, yada son derece genç bir akarsuyun hızlı bir şekilde deniz istilasına uğramasıyla mümkündür. Boğazda sismik çalışmalarla belirlenen ve 100 metre kalınlığa ulaşan güncel sediment depolanmalarındaki (Göktaş ve diğ., 1993) düzensizlikler ile bu sedimentlerin taban kotlarındaki değişiklikler aktif tektonizma ile açıklanabilir. Bununla birlikte boğaza akan derelerin deniz sularınca boğulu oluşu (Göksu, Küçüküsu, İstinye) tektonizma veya buzul crimleriyle ilişkili olarak su seviyesindeki oldukça genç yükselimi göstermektedir.

### Summary

The study area is located at the northern edge of the Bosphorus where is important with regarding to make an approach for the development of the İstanbul Strait. The Pliocene - aged sediments of this area displays structural contact with the basement rocks of the Paleozoic, indicates post Pliocene tectonic activity associated with North Anatolian Transform Fault. The Pliocene sediments represent an alluvial fan deposit which consisted mostly of coarse blockstone and mudstone alternations. These sediments were locally protected from erosion due to large scale vertical separation by normal faults.

The regional geological map of the Bosphorus region indicates that Bosphorus depression has been developed with regard to lithology and structure. The Paleozoic limestone was highly karstified under the extensional tectonic regime during the Pleistocene - Holocene. N-S trending joints and microfaults has been resulted in the graben morphology related with carbonate dissolution. The unmaturred bottom relief of the İstanbul Strait indicates that the lithologie and structure - controlled strait formation.



Şekil 5. Boğaz dip yapısını ve litoloji ilişkisini gösterir enine kesit.

Figure 5. Figure showing the relationship between the lithologic and bottom relief of the İstanbul Strait.

**Katkı belirtme**

Yazar, çalışmaya verdiği destekten dolayı Türk Deniz Araştırmaları Vakfına, değerli yorumlarından dolayı Prof. Dr. Engin Meriç'e ve Yrd. Doç. Dr. Ali Elmas'a, yazının gelişimine katkıda bulunan Prof. Dr. Yücel Yılmaz'a ve Prof. Dr. İhsan Seymen'e teşekkür borçludur.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

- Akartuna, M., 1963,** Şile şariyajının İstanbul Boğazi yakınlarında devamı. MTA Dergisi, s.61, s. 14-21.
- Altınlı, E. İ., 1951,** Çamlıcalar şariyajlı mıdır? İst. Üniv. Fen Fak. Mec. Mec. B 19, 213-223.
- Baykal, F. ve Kaya, O., 1963,** İstanbul Bölgesinde bulunan Karboniferin genel stratigrafisi. MTA Dergisi, s. 61, s. 1-10.
- Bürküt, Y., 1964,** Kuzeybatı Anadolu'da yer alan plütonların mukayeseli jenetik etüdü. Doktora tezi, İTÜ Maden Fak. 272 s.
- Erol, O. ve Çetin, O., 1995,** Marmara Denizi'nin Geç Miyoson - Holosen'deki evrimi. İzmir Körfezi Kuvaterner istifi (Ed. Meriç, E) s. 313 - 341.
- Eroskay, O. ve Kale, S., 1986,** İstanbul Boğazi Tüp geçişi güzergahında jeoteknik bulgular. Müh. Jeolojisi Bült., 8, 2-7.
- Göktaşan, E., Demirbağ, E., Oktay, F.Y. ve Doğan, E., 1993,** İstanbul Boğazının oluşumu üzerine yeni gözlemler, Türkiye Kuvaterneri bildiri özleri, 63-68.
- Göktaşan, E., Demirbağ, E., Oktay, F.Y., Ecevitoglu, B., Şimşek, M. ve Yüce H., 1997,** On the origin of the Bosphorus. Marine Geology, 40, 183-199.
- Kaya, O., 1978,** İstanbul Ordovisiyeni ve Silüriyeni. Yerbilimleri. Hacettepe Üniv. Yerbilimleri Ens. c. 4. s.1-22.
- Ketin, İ., 1959,** Çamlıca Bölgesinin tektoniği hakkında. Türkiye Jeol. Kur. Bült. c. 7, s. 1-10.
- Callien, W. J. ve Ketin, İ., 1947,** The structure of Çamlıca etc. Annales de Universite d'Ankara.
- Meriç, E., Sakıncı, M. ve Eroskay, O., 1988,** İstanbul Boğazi ve Haliç çökellerinin evrim modeli. Müh. Jeolojisi Bült. S. 10, 10-14.
- Oktay, F.Y. ve Sakıncı, M., 1993,** Geç Kuvaternerde İstanbul Boğazının oluşumuna neden olan tektonik hareketler. Türkiye Kuvaterneri bildiri özleri, s. 69-71.
- Önal, M., 1981,** İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyen istifinin çökeltme ortamları. İstanbul Yerbilimleri, s. 2 s. 92 -108.
- Önal, M., 1988,** İstanbul devoniyen çökellerinin sediment özellikleri ve çökeltme ortamları. Yerbilimleri Dergisi, s.2, s. 92-108.
- Öztunalı, Ö. ve Satır, M., 1975,** Çavuşbaşı kristalin karmaşığının petrografi ve petrolojisi. 50 Yıl Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı. s. 445-456.
- Pamir, H.F., 1938,** İstanbul boğazının teşekkül meselesi. MTA Mec. c-4, 61-68
- Randazzo, A. F. ve Bloom, J. I., 1985,** Mineralogical changes along the fresh water - salty water interface of a modern aquifer : Sed. Geol. v. 43, p. 219- 239.
- Sayar, C., 1978,** İstanbul Boğazi ve çevresindeki Ordovisiyen - Silüriyen sınırı. TJK Bült. c. 22, s.157-160
- Seymen, İ., 1995,** İzmir Körfezi ve çevresinin jeolojisi. İzmir Körfezi Kuvaterner istifi (Ed. Meriç, E.), s. 1-23.
- Yılmaz, Y., 1984,** Türkiye'nin jeolojik tarihinde magmatik etkinlik ve tektonik evrimle ilişkisi. Ketin Simp. s. 63-81.
- Yılmaz, Y. ve Sakıncı, M., 1990,** İstanbul Boğazının jeolojik gelişimi üzerine düşünceler. İstanbul Boğazi güneyi ve Haliçin geç Kuvaterner (Holosen) dip turları (Meriç, E. ed.) İTÜ Vakfı, s.99-105.

Makalenin geliş tarihi: 28.04.1997

Makalenin yayına kabul tarihi: 12.01.1998

Received April 28, 1997

Accepted January 12, 1998