

ULAŞTIRMADA JEOFİZİĞİN KATKISI VE İŞLEVİ

Prof. Dr. Uğur KAYNAK

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi YK Üyesi

Karadan yapılacak ulaştırma ağı; Şehir içi, Şehirlerarası ve Ülkelerarası olarak veya raylı–raysız sistem olarak sınıflandırılabilir. Şehir içi ulaşım ise kendi içerisinde Yer-yüzü ve Yeraltı ulaşım sistemleri olarak çeşitlenir. Bütün bu ulaşım sistemlerinin inşası sırasında çoğunlukla bir ya da birkaç yer altı problemi dolayısı ile ek gider anlamına gelen sorunlar, proje değişiklikleri, zaman aşımaları ve kamuoyunda güvensizlikler oluşmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise proje aşamasında yapılmış ve ona harfiyen uyulmuş olan üst düzeyde bir jeolojik çalışmaya rağmen, yeraltındaki sürprizlere hazırlıklı olmak adına yaptırılması yurt dışında zorunlu olan jeofiziksel araştırmaların ihmal edilmesi veya ne işe yaradığının bilinmemesi yüzünden yaptırılmamasından kaynaklanır.

Yayın taraması yapıldığında “Ulaştırma Jeofiziği” kapsamında çalışmalara sıklıkla rastlanılmaz. Bu özel çalışmanın ülkemizdeki bu konuda duyulan belirsizlikleri gidermesi ve gereksinimi karşılaması umut edilmektedir.

Tarihçe :

1936 yılından sonra Avrupa’da ve Amerika’da yapılmış olan Hidroelektrik ve sulama amaçlı barajlar teker teker yıkılmaya başlayınca yapılan müfettişlik çalışmalarının raporları, neredeyse birbirinin aynı kavramları içermekteydi :

Mükemmel Proje,
Mükemmel Malzeme,
Mükemmel İşçilik,
Bilinmeyen Zemin!

Bu gelişmeler üzerine ilgili ülkeler çığınca bir araştırma seferberliği ile zeminleri araştırmaya başladılar. Her ülke kendi standard’larını oluşturuyordu. Zemini tanıma adına sertlik dereceleri, çizilme dirençleri, zımbalama dirençleri, şok dirençleri ve aşınma dirençleri saptanıyordu. Bunun için Martez Sklerometresi, Franck Çekici, Schmidt Çekici, Einbeck Sarkacı, Dupuy Değirmeni gibi cihazlar ön plana

çıkıyordu. Derken Uluslararası standard’lar gelmeye başladı. Bunun üzerine birim sistemlerine bağlı olarak Fransız metrik sistemi ve İngiliz inch sistemi olmak üzere, hiç değilse bu zemin standardı sayısı ikiye indirildi. Fakat bu standard’ların tümü, hem seçilen malzemenin temsili olması, hem de uygulanan bağıntıların ampirik olması nedeniyle güvenilirlikten ve kesinlikten uzaktı. Tam bu aşamada, Jeofiziksel alanda Sismik Refraksiyon yöntemi geliştirildi. Daha önce, 1930 yıllarında Self Potansiyel, Magnetik, Gravite ve Rezistivite Yöntemleri geliştirilmişti. Bu zemin tanıma seferberliğine Jeofizik yöntemler de katıldılar ve önemli derecede başarılar elde edilmeye başlandı. Çünkü bu jeofiziksel yöntemler ampirik (deneysel) bağıntılara değil, SNELL Yasasına, HOOK Yasasına, AMPER Yasasına, OHM Yasasına, FOUCOULT Yasasına, EDDY Yasasına, Universal NEWTON Yasasına, GAUSS, OERSTED ve MAXWELL denklemlerine, Sönümlü Dispersiyonlu GENEL DALGA DENKLEMİ’ne, HUYGENS Prensipli’ne ve FERMAT Prensipli’ne göre çalışmaktaydılar.

Tanıtım :

Bir ulaştırma sisteminin inşası sırasında zeminden kaynaklanabilecek sorunlarla ilgili örneklemeler, takip eden paragrafta kısaca ele alınmaktadır. Çok iyi bilinen bir yerüstü örnek, bu sorunların ne denli önemli olabileceğini vurgulamak adına buraya alınmıştır:

Karayollarının (TCK) geçmişte yaptığı Belde-Büyükçekmece, Yer-Deve Bağirtan Rampası gibi projeleri yapıldıktan sonra ciddi sorunları olan çalışmalarıydı. Bunlarda sorun killi, kumlu, sığ yer altı sulu ve heyelanlı zemin bölgelerinde yapılmış olmalarıydı. TCK buradaki heyelanları durdurmak için tam otuz yıl uğraş verdikten sonra ikinci bir yol ile sorunu çözmeye çalıştı. Ancak aşırı yerleşimin getirdiği aşırı yer altı suyu çekiminden sonra sorunun önemi kendiliğinden azalmaya başlamıştır.

Türkiye’de geçmişte yapılan bazı tünel projeleri de ortaya

çıkardıkları sorunlar açısından iyi bilinmektedir. Kaş Tünelinin, fayın ezik zonu içerisinde, özellikle kolay delinsin diye inşa edilmesi ve iki ucunun birleşmemesi, Bolu Tünelinin yıllarca mehter havası ile iki ileri bir geri yapması ve ihaleyi bir tünel için kazanan konsorsiyumun on tünel ihalesi kazanmış kadar para kazanması, Bolu Tüneline ulaşabilmek için neredeyse on kûsur km kadar viyadük yapılması, üstelik bu viyadüklerin ve tünelin tam da Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisinde veya yakınında yer alması, bu viyadük + tünel sistemi yerine Bolu Dağı'nın yarma içerisinde tabandan ısıtmalı oto yol ile geçilmesinin daha ucuz ve daha güvenli olacağı savları, Kınık Tünelinin ise terk edilmesi... Tüm bu sayılan olaylar uzun süre kamuoyunu işgal eden ciddi konular olmuş, önemli ölçüde kamu kaynaklarının harcanmasına yol açmıştır.

Oysa; jeofizik yöntemlerle güzergâh seçimi aşamasında yer altı veya yerüstü, raylı veya oto yol ulaşım sistemlerinde (fark etmeksizin) baş belası olan alterasyon, kaolinizasyon, açık tansiyon çatlağı, erime boşluğu, heyelan, kaya düşmesi, kaya kayması, dağ kayması, yavaş sürüklenme, yer altı suyu, radyoaktivite gibi sakıncaların önceden belirlenerek güzergâh seçiminin isabetli olarak yapılması veya güzergâh değiştirilemiyorsa önlemlerin ve zemin iyileştirmelerin yol inşaatından önce yapılması sağlanabilir. Bu yukarıdaki sakıncalar arasında yer alan "radyoaktivite" ise, yapım için bir engel oluşturmaz. Ancak böyle bir araziden farkına varılmaksızın tünel veya yarma ile geçilmesi, sonradan olay fark edildiğinde kamuoyunda büyük tepki doğuracak bir hata olacaktır.

Örneğin Marmaray Tüpgeçşi, tam olarak Haliç Önü rrr Üçlü Eklemi üzerine inşa edilmiştir (Bkz. Şekil-1). Bunun etkileşimlerinin getiri ve götürü'sünün önceden tartışıldığına değin bir duyuma veya yayına rastlanılmamıştır.

Şekil-1'deki rrr üçlü eklem noktası Türk Boğazlarının oluşumu ile yakından ilgili bir Levha tektoniği elemanıdır. Eğer yerkabuğu dipten yaklaşan ergimiş kor kayalar tarafından kaldırılırsa, kural gereği aralarında 120'şer derecelik açılar oluşan üç kollu yarıklarla yanıt verecektir. Buna rift-rift-rift üçlü eklemi adı verilir. Eğer bu kısaltılmış yazımı ile rrr üçlü eklemine çok yakınlarında başka rrr eklemeleri de oluşmuşsa, bu kez sürekli uzayan ve açılan yarıklardan biri, önünde sonunda komşu rrr'lerin kollarından biri ile kesişecektir. Böylece zaman içerisinde bir rrr zinciri oluşur. O zaman da bu yarıkların açılmal birleşim yaparak üç kolunun da açılması kabuk rijitidesi tarafından engelleneceği için, her üçlü eklem kollarından birinin işlevi durdurularak iptal edilir. Bu üçlü eklem zincirinin körleşmiş koluna "karkıl" denilir. Levha tektoniği terminolojisinde bu durum rrr' kısaltması ile gösterilir. Eğer bu rrr eklemi tek başına bir okyanus tabanında oluşup gelişirse, bu kez her yarık, uzunlamasına üç adet sırt'ın simetri eksenini

üzerinde uçurum biçiminde yer alacağından, buna Ridge-Ridge-Ridge'in kısaltılmışı olarak RRR üçlü eklemi adı verilir.

Şekil-1'de verilen harita ise, bir deniz tabanı tüp geçşi projelendirilirken, sadece deniz tabanından numune almakla veya sadece litolojik çalışmalar yapmakla kalınmaması, olaya bir de Levha Tektoniği açısından bakılması gerekliliğinin çok çarpıcı bir örneğidir.

Şekil-2 ise örnek olarak Haliç'te K-G olarak konuşlanmış bir kesiti göstermektedir. Ancak Şekil-1'e bakıldığında, bu kesitin boğazdan, örneğin Doğu-Batı doğrultulu alınmasının da hiçbir fark oluşturmayacağı, aynı magma odası kaldırmasının (bundan yaklaşık sekiz-on milyon yıl önce) boğazın oluşumunda işlev yaptığı açık seçik görülecektir. Şu anda Haliç Önü rrr Üçlü Eklemi'nin kilitli olduğu düşünülmektedir. Yine de tam onun üzerine bir deniz tabanı sanat yapısı oturtmak, ne denli risk alacaktır diye bir tartışma yapılması gerekirdi.

Yerüstü, yer altı, raylı, raysız karasal-kıtasal ulaşım sistemlerinde genel olarak bakıldığında, jeofizik işlevi ne yazık ki proje aşamasında çok önemli olmakta ve bu aşamada çok eskiden de bilinen bir yöntem olan jeolojik araştırmalar öncelikle yaptırıldığı için, işlem tamam denilerek (veya sanılarak) jeofiziksel araştırmalar ihmal edilmektedir. Oysa yüzeysel gözlemlerin yerine derinlerden de yanıtlar alınmalıdır. Sondajlar yardımıyla derinlerden nokta bilgiler elde edilmektedir. Oysaki günümüzde çoğu jeofiziksel yöntemler teknolojik olarak son derece gelişmiş aletlerle ve üç boyutlu ters çözümlerle güçlendirilmiş durumdadır.

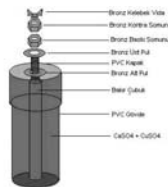
Eğer "İstanbul'un Anadolu Yakası"nda olduğu gibi yarı sert bir kayaç olan arkozlar ve grovaplardan oluşmuş bir taban kayada çalışılıyorsa (Yer altı suyu da dâhil olmak üzere, Arkozların alterasyon zonları veya kaolinizasyon cepleri dışında) hiçbir sorunla karşılaşılacağı için, Jeofizik hiç akla gelmeyecek ve "her yerde de olay böyle gelişecek" diye düşünülebilenecektir. Anadolu yakasında baskın olan bu iki kumtaşı türü kayaç, yer altı çalışmalarını için ideal bir ortam sunmaktadır. Köstebek makineler bu yarı sert kayaları peynir keser gibi keserek ilerlemektedir. Hemen makinenin ardında göçüklük oluşmamakta ve daha az iksa masrafı gerekmektedir. Bu yakada sadece Kıreçtaşları ve nadiren kalın kalışler sorun çıkarabilmektedir.

Ancak Avrupa yakasında ise çoğunlukla yer altı suyu da içeren, bazen 700 metre kalınlığa ulaşabilen kil, kum, çakıl, volkanik kül katmanları ile savaşmak zorunda kalınmaktadır. Bu durumda en azından yer altı suyunun olmadığı kesimlerin saptanması bile yer altı ulaşımı inşaat aşamasında büyük katkı koyacaktır. Diğer taraftan Vs(h)



YÖNTEMLERE GÖRE	KULLANIM ALANLARI (Kalın ve altı çizgiler, Ulaştırma alt yapı inşasında sorun önleyici olarak kullanılabilecek yöntemlerdir.)
GRAVİTE (HAVADAN, DENİZDEN VE YERDEN)	Litolojik yapı, çevresi ile yoğunluk farkı olan maden ve/veya ham maddeler, doğal kaynaklar, boşluk.
MANYETİK (HAVADAN, DENİZDEN VE YERDEN)	Bütün ferromanyetik, antiferromanyetik ve paramanyetik mineraller, sıcak - soğuk - temiz - kirliliği yer altı suyu. Yapısal jeoloji, petrol.
KIRILMALI SİSMİK	Her türlü plaser yatakları, maden filonları ve mercekleri, kömür, derin jeolojik yapı.
YANSIMALI SİSMİK	Derin jeolojik yapıya bağlı; ham petrol, doğal gaz, kömür gazı, jeotermal enerji, kömür.
ELEKTRİK YÖNTEMLER (DOĞRU AKIM REZİSTİVİTE – ALTERNATİF AKIM REZİSTİVİTE – SELF POTANSİYEL – INDUCED POLARİZATİON – ÇOK ELEKTRODLU GÖRÜNTÜLEME, HAVADAN INPUT, ...)	Masif, stock-werke, filoniyen, dissemine ve/veya emprenye ; Bütün sülfürlü mineraller, açık tansiyon çatlakları, mağara, sıcak - soğuk - temiz - kirliliği yer altı suyu, yapısal jeoloji, gossan, sementasyon zonu, alterasyon zonu, litoloji, içerişi kille dolu boşluklar.
ELEKTROMAGNETİK YÖNTEMLER (HAVADAN, DENİZDEN VE YERDEN UYGULANAN; VLEM – HLEM – VLF – ELF – TURAM – GUN - TELLURİK – MANYETOTELLURİK – CSAMT – AMT - TEM - GPR...)	Sülfürlü mineraller, oksitli mineraller, killeri, yer altı suyu, hidrotermal alterasyon, kireçtaşı çatlak dolguları, sülfatlar, kromatlar, vanadatlar, spilitleşme, kaolinleşme, oksitleşme, içerişi kille dolu boşluklar...
RADYOAKTİF YÖNTEMLER(HAVADAN, DENİZDEN VE YERDEN)	Radyoaktif mineral aramaları.
TERMAL YÖNTEM (HAVADAN VE YERDEN)	Sülfürlü minerallerin aktif oksidasyon zonları
MSS (UYDUDAN; MULTI SPECTRAL SCANNER)	Yerde mostra veren mineralin optik spektrumunun, uydu yardımı ile, mostranın 1600 m yarıçaplı çevresinde eş spektrumlu noktaların varlığının saptanması.
MASW – MAM – REMI	Siğ Mühendislik araştırmalarında kullanılan KIRILMALI SİSMİK cihazları için geliştirilmiş özel yazılım yöntemleri.
MICRO TREMOR	Yapay veya doğal kaynakları kullanarak hakim periyod hesaplaması.

Tablo 1. Arama ve güzergah jeofiziği



hızı yardımı ile plastisite/elastisite oranı saptanması da, onlarca sondaj yapmak yerine rutin bir jeofiziksel güzergâh çalışması ile kolayca çözülebilmektedir.

Ulaştırma uygulanan Jeofiziksel yöntemlerin yetilerini, sorun'un cinsine göre sınıflandırarak sunmak, bu karmaşık konuyu daha anlaşılır bir düzeye çekecektir. Bu bağlamda aşağıda, jeofiziksel yöntemlerin yetileri bir tablo halinde sunulmuştur.

Eğer tablo jeofizik yöntemlere göre değil de ulaştırma problemlerine göre düzenlenseydi çok daha uzun ve karmaşık bir tablo elde edilecekti (ki bu türden tablolar elimizde bulunmaktadır). Kullanım alanları kutucuklarında yer alan hedef malzemelerden ve/veya hedef yapılardan güzergâh çalışmalarında problemin cinsine göre seçim yapılacak olanlar, kalın ve altı çizili olarak sunulmuştur. Jeofizik Yöntemlerin yetileri bu tabloya alınanlarla sınırlı değildir. Yatay Süreksizlikleri abartanlar. Düşey süreksizlikleri abartanlar. Ters çözüm yapılmasına olanak tanıyanlar. İki Boyutlu Panel Diyagramda çalışılanlar. Üç Boyutlu Blok Diyagramda çalışılanlar. Çok derinlerden yanıt alanlar. Çok sığda ayrıntılı sonuç verenler. Kantitatif analiz yapılabilenler. Kalitatif analiz yapılabilenler... gibi ayrıntılar buraya alınmamışlardır.

Gövde metin olmadan, bu tablo bile tek başına Jeofiziğin Ulaştırmadaki potansiyelini açıklamaya yeterlidir.

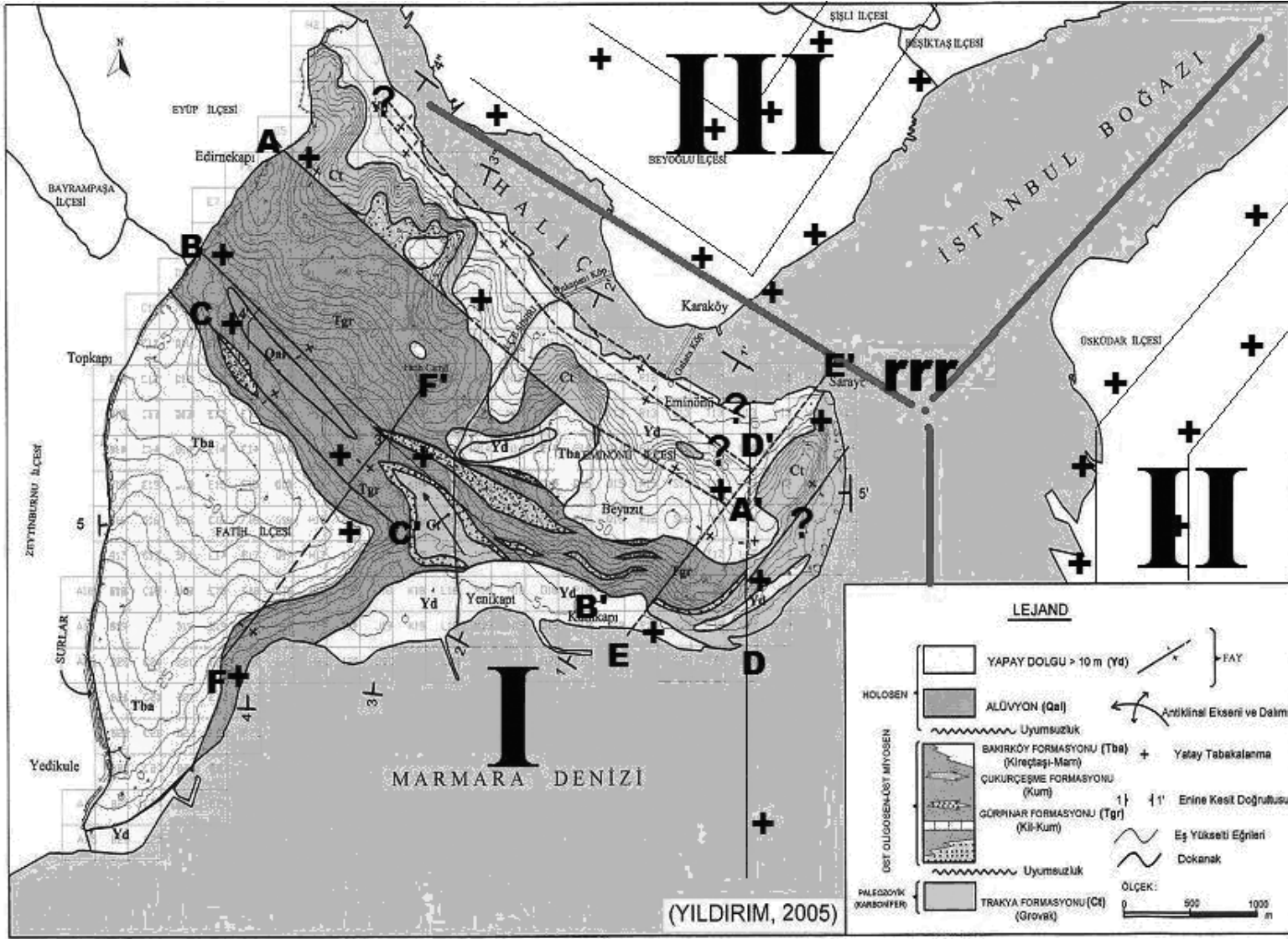
TEŞEKKÜR

Makale yazarı, ayrıntılı eklemeler, mizampaj ve redaksiyon yapan sayın Murat Fırat ve sayın Aydın Erdemir'e teşekkür eder. Sağlıklı ve uzun yaşasınlar.

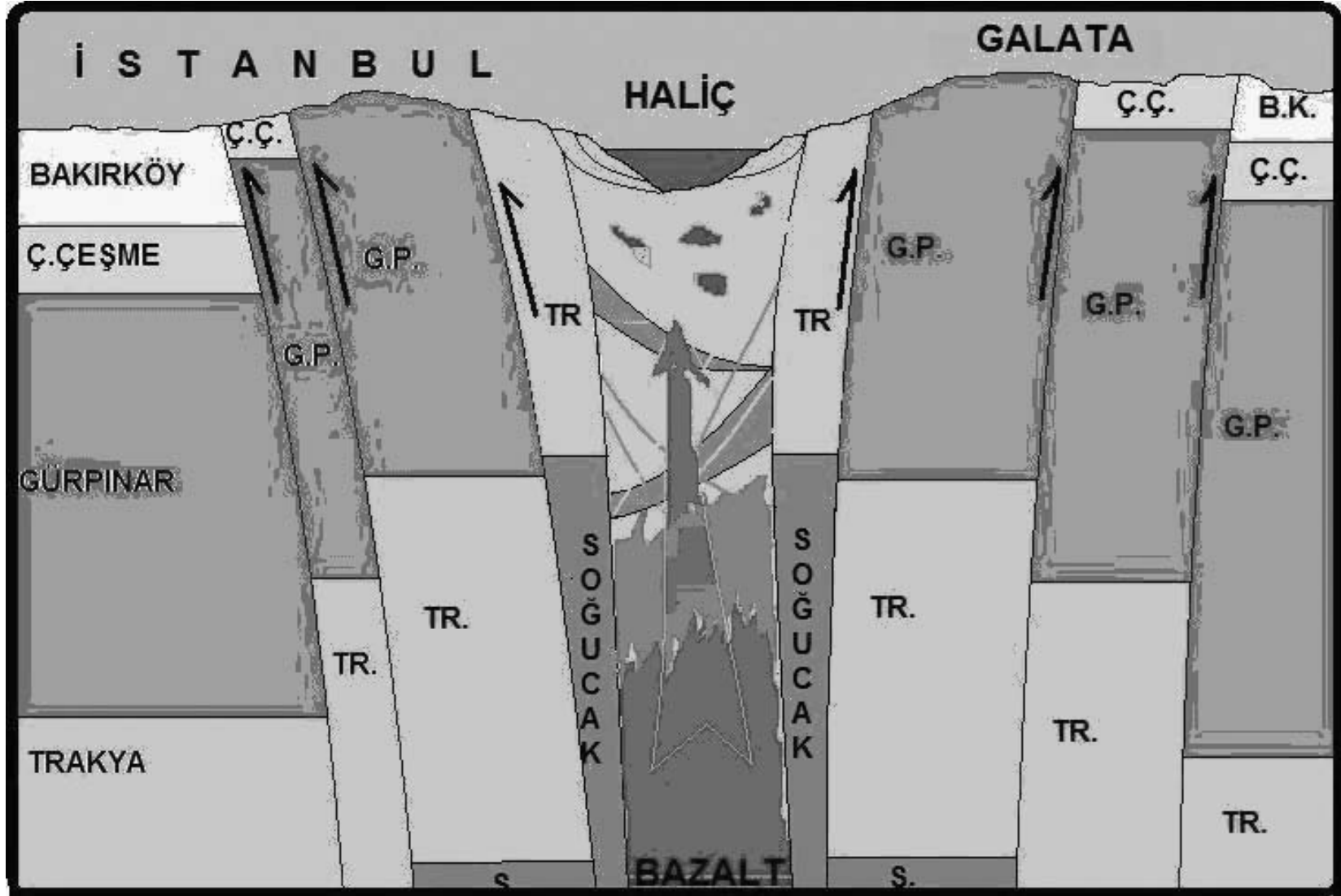
KAYNAKLAR

1. YILMAZ, YÜCEL, 2007, Morphotectonic development of the southern Black Sea region and the Bosphorus channel, The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement, Springer Netherlands.
2. VALENTINA V. YANKO-HOMBACH, 2007, Controversy over Noah's Flood in the Black Sea: geological and foraminiferal evidence from the shelf, The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement. Springer Netherlands.
3. VALERY I. SHMURATKO, 2007, The post-glacial transgression of the Black Sea, The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate, and Human Settlement, Springer Netherlands.
4. ARPAT, ESEN, 1972?, Doğa Mirası Yapılar, Yeryüzeri ve İnsan.

5. CANITEZ, NEZİHİ., (Editör), 1983, Levha tektoniği (Ders Notları), TÜBİTAK-İTÜ. Yaz Okulu Yayını.
6. FLERIT, F., ARMIJO, R., KING, G.C.P., MEYER, B. And BARKA, A., 2003, Slip Partitioning in the Sea of Marmara Pull-Apart Determined from GPS Velocity Vector, Geophys. J. Int. 154, 1-7.
7. KAYNAK, UĞUR., 2007, Dışmerkez Dağılımına Dayalı Türkiye Sismotektoniği, Jeofizik Bülteni Sayı.54., Ocak-Nisan
8. KAYNAK, UĞUR., 2009, Anadolu Viskoelastik Kabuğunun Morfolojik, Hidrolojik, Volkanolojik, Sismolojik ve Tektonik Kanıtlarla Desteklenmiş Kinematik Modeli, Jeofizik Bülteni Sayı-57,58,58 Ocak-Aralık 2008.
9. MOHR, P. A., 1974, Mapping of the Major Structures of the African Rift System, SAO Special Report no.361
10. SUROIT, 2004, Batimetrik Marmara Denizi Haritası. TÜBİTAK-MAM
11. Lecturer Notes, 2000, Leicester University Pres, U.K



Şekil-1 : İstanbul Boğazı Halic Önü rift-rift (rrr) Üçlü Eklemi, tam Marmaray Tüp Geçışı ile çakışmaktadır. Kuzeye doğru yer alan diğer altı adet üçlü eklem ise karkil kollu olarak rrr' kodu ile gösterilir. Bu üçlü eklemler RRR aşamasına ulaşmadan durdurulmuşlardır. (Yıldırım-2005 Sur İçi Jeolojisi Haritası üzerine Ek bilgiler U. Kaynak tarafından yapılmıştır)



Şekil-2 : Haliçten (veya Boğazdan) geçen yaklaşık jeolojik kesit. Bu kesit Yıldırım-2005'in Sur İçi Tümü Jeolojik Haritasından çıkarılmıştır.

