



Büyük Menderes Nehri'nin Jeolojisi ve Evrimi

Geology and Evolution of the River Büyük Menderes, Western Anatolia, Turkey

Nizamettin KAZANCI, Alper GÜRBÜZ, Sonay BOYRAZ

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan/Ankara

(e-posta: Nizamettin.Kazanci@eng.ankara.edu.tr; agurbuz@eng.ankara.edu.tr; boyraz@eng.ankara.edu.tr)

ÖZ

Büyük Menderes Nehri (BMN) 615 km uzunluğu ve ~24000 km² lik akaçlama ile Ege Denizi'ne dökülen en büyük akarsu olup Batı Anadolu'nun jeomorfolojisinin oluşumunda önemli rol oynamıştır. Nehrin aşağı yatağı Büyük Menderes Grabeni (BMG), orta yatağı Denizli Grabeni, yukarı yatağı ise Baklan-Dinar Grabeni içindedir. Bütün yatak boyunca, eğim kırıklıkları olan yerler hariç, ana akış kanalı mendereslidir. Aşırı bükümlülüğü tanımlayan 'menderesli kanal (*meandering channel*)' terimi jeoloji literatürüne bu nehrin tarihsel adı '*Maiandros Flu*' esas alınarak üretilmiştir. Büyük Menderes Deltası'ndaki (delta kompleksi) incelemelerin ortaya koyduğuna göre, BMN'nin jeolojik geçmişi Geç Pleistosen'de, son 250000 yıl içindedir. Bununla birlikte, arazi ve sondaj bulguları, eski BMN'nin son Buzul Çağı sonlarına kadar BMG içinde sınırlı kaldığını, bugünkü yukarı ve orta yatak bölümünde akarsu yerine iki ayrı sığ ve geniş göl (Geç Pleistosen Sarayköy Gölü ve Baklan Gölü) bulunduğunu göstermektedir. Geç Pleistosen'de Küfi ve Dinarsuyu Baklan Gölü'ne dökülmektedir. Banaz Çayı ise Sarayköy gölüne ulaşmış ve bugünkü Yeniköy kum ocakları ile temsil edilen büyük bir delta oluşturmuştur. Göller, Holosen başında kapılmış (boşalmış) ve günümüzdeki nehri teşekkül etmiştir. Yeni BMN'nin Baklan ve Sarayköy göllerini kapması, drenaj alanını ve taşınan tortul miktarını artırmış, buna bağlı olarak son delta ilerlemesi çok hızlı gerçekleşmiştir.

Anahtar kelimeler: Akarsu jeolojisi, Büyük Menderes Nehri, Geç Pleistosen, Kuvaterner, nehir kapma, göl

ABSTRACT

The River Büyük Menderes (RBM) with the 615 km course and 24,000 km² drainage area is the longest stream of not only Anatolia but also whole eastern Mediterranean region, which discharges into the Aegean Sea. It is also one of the driven elements on Quaternary morphology of western Anatolia. Upper course of the RBM places in the Baklan-Dinar Graben (BDG) while middle and lower courses are in Denizli Graben (DG) and Büyük Menderes Graben (BMG) respectively. It has a meandering channel along the longitudinal profile except for some short discontinuities. In fact, the term "meandering" channel in earth

sciences was originated from "Maiandros flu" the antic name of the RBM. Based on results obtained from the BM delta (delta complex), the life story of the BMR has been in the last 250,000 years correspond to late Pleistocene. However, field geology and core studies indicated that the old RBM was a short, limited stream at the BMG till last Glacial Stage. During that time middle and upper course were separate drainage basins containing two lakes called Sarayköy Lake and Baklan Lake respectively. The Kufi stream and the Dinar stream have been discharging into the Baklan lake during the Late Pleistocene, while the Banaz into the Sarayköy Lake producing a delta represented by the modern open-sand pits of Yeniköy. Lakes have been emptied by capture or back erosion and then large RBM could form in early Holocene. This capture increased significantly drainage area, water and sediment capacity of the new river, subsequently the uppermost part of the RBM delta complex occurred rapidly.

Key words: River geology, River Büyük Menderes, late Pleistocene, Quaternary, river capture, lake

GİRİŞ

Son yüzyılda nüfus artışı ve teknolojidaki ilerlemelere bağlı olarak akarsular yoğun incelemelerin konusu olmuştur. Büyüyen enerji gereksinimi (dolayısıyla barajların çoğalması), iklim değişimleri (kuraklık, taşkınlar, çölleşme vb olaylar), çevre kirliliği (yer üstü ve yer altı sularının kirlenmesi, temiz suya ihtiyaç) akarsuların önemini günden güne artırmaktadır. Zaten güncel ve eski yerleşimlerin çoğunluğu akarsuların kenarında veya üstündedir ve suya gereksinim hep olagelmıştır (Hassan, 2004). Büyük nehirlerin aktığı veya geçtiği yerlerdeki tesirleri, meydana getirdiği değişimler eskiden beri hep merak konusu olmuştur (Bridge, 2003; Miall, 2006).

Su döngüsünün bir parçası olan akarsular, yeryüzünü şekillendiren etmenlerin başında gelir. Aynı zamanda önemli tortul taşıma ve depolama ortamlarıdır. Tektonizmanın yeryüzüne etkilerini görünür kılarlar. Yarattıkları akaçlama ağı ile üzerinde buldukları litolojinin fiziksel ve kimyasal dayanımlarını ortaya çıkarırlar (Chorley ve diğ., 1984). Çevre şartlarına uyarak kendilerine özgü delta, taşkın düzlüğü, bataklıklar teşkil ederler (Bridge, 2003). Bazıları uzun

ömürlüdür ve başlangıçları Neojen'e kadar gider. Bir başka ifade ile günümüzdeki işleyişlerini jeolojik geçmişte değişerek devam ettirmişlerdir. Örneğin Volga Nehri Hazar Denizi petrolünün rezervuarı olan deltayık istiflerin oluşturucusudur. Delta harfi (Δ), delta istifi ve delta teriminin kökeni olan Nil Nehri, uzun ömürlü akarsulara bir diğer örnektir. Buraya kadar sayılan bütün özellikler, akarsuların kendine özgü jeolojik geçmişleri olduğunun, her bir akarsuyun kendi evrimi çerçevesinde ele alınabileceklerinin kanıtlarıdır.

Akarsu jeolojisi henüz yeni doğmaktadır. Gerçi akarsular tarafından oluşturulan kalın veya ince istiflerin ortamsal incelemesi ve yorumları güvenli kaynaklara bağlanmıştır (örn. Collinson ve Lewin, 1983; Collinson, 1996; Miall, 1996). Burada kastedilen ise bir akarsuyun ilk ortaya çıkışından günümüze kadar geçirdiği doğal değişimlerin tümüdür. İncelemeye akarsuyun şimdiki halinden başlayarak eski zamanlara doğru ilerlemek daha uygundur. Bu yaklaşımda akarsuların jeolojik geçmişlerinin göreceli kısa olduğu, ekserisinin Kuvaterner'de yoğunlaştığı söylenebilir. Bu doğrudur, ancak büyük küçük her akarsu önemlidir ve geçmişinin ortaya

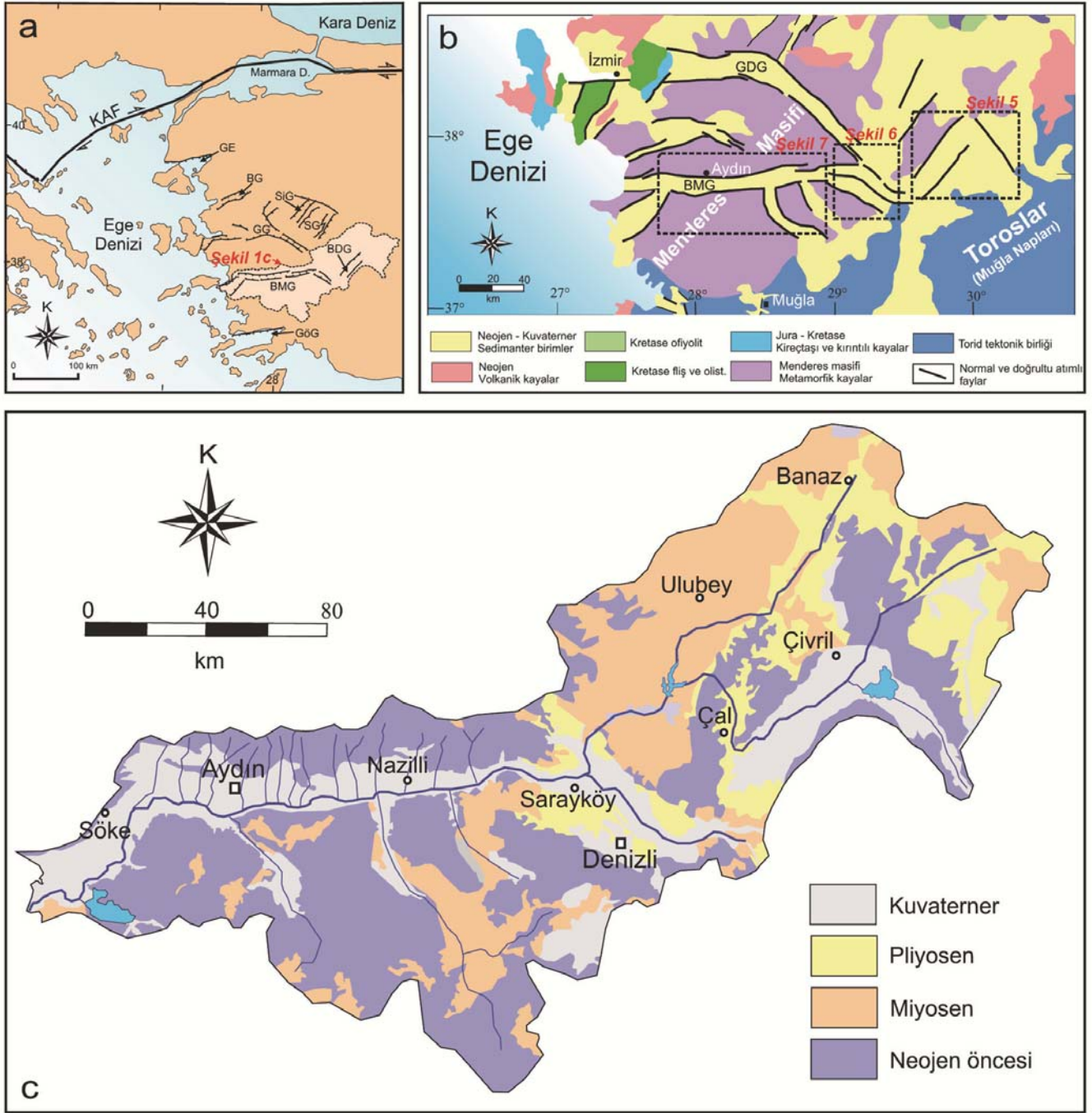
konulması gerekir. İlâveten, nehirlerin gündelik hayattaki önemleri sebebiyle, akarsu jeolojisi yerbilimleri ile toplum arasında bilimsel bağ oluşturacaktır. Kaldı ki, Kuvaterner'in sınırının 2,6 milyon yıla genişletilmesi (Kazancı, 2009), azımsanamayacak bir oluşum zamanı olduğunu işaret eder.

Akarsuların jeolojik incelemesinin (= akarsu jeolojisi) ön şartı, ele alınacak nehrin tortul depolamış ve bu tortulların jeolojik geçmiş hakkında bilgi verecek şekilde istiflenmiş olmasıdır. Tortul birikimi olmaması yerbilimsel veri eksikliğidir. Bunun için ya yeterince süre geçmemiştir, ya tortul birikimi için uygun hidrokinamik koşullar yoktur veya klasik anlamda bir akarsu gelişmemiştir. Belirli bir yatağı izleyerek akan sulara 'akarsu' veya 'nehir' adı verilirken gözetilen husus, içindeki suyun mevsimsel, geçici veya daimi oluşu değil, yatağının belirli ve/veya kalıcı olması esas alınmıştır. Akarsu yatağı (akak) ya akarsuyun kendisi tarafından tanzim edilmiştir, ya da içine yerleştiği vadi yatağı belirlemiştir. Bazen birikimli (tortul bulunduran), bazen aşındırmalı olan yatak, coğrafyanın bir parçasıdır ve dolayısıyla evrimleşme süreci, onun jeolojik geçmişi.

Akarsu jeolojisinin 'büyük nehirler' uygulanacak bir inceleme yöntemi gibi düşünülmesi söz konusu ise de, nehirlerdeki 'büyüklük' kavramı hep tartışılır olmuştur. Örneğin Miall (2006) tanımlamasında uzunluğu 1000 km ve daha fazla olanlar 'büyük nehirler' dir. Bazı araştırmacılar kıta ölçeğinde akaçlama ağı olan nehirler, bazıları ise orojenik kuşakların akaçlamasını yapan nehirler 'büyük' yakıştırması yapmaktadır (Miall, 2006). Büyük akarsular uzun ömürlü ve kalın istiflere sahip olabilirler. Bununla beraber, tortul depolayan bütün akarsuların önemli olduğu, doğaya jeolojik izlerini

bıraktıkları ortadadır. Mevcut çalışmada değinilen konular uygulamalı olarak ele alınmıştır. Bu çalışmanın amacı Büyük Menderes Nehri'nin jeolojik incelemesini yapmak, kaynak alandan denize döküldüğü yere kadar geçirdiği jeolojik evrimi ortaya koymaktır.

Büyük Menderes Nehri (BMN) Batı Anadolu'nun en büyük akarsuyudur ve geniş bir akaçlama ağına sahiptir (Şekil 1, 2). Akışı boyunca etrafında çok eskiden beri büyük yerleşim yerleri kurulmuştur (örn. Eumenia, Tripolis, Laodekia, Hieropolis, Prien, Miletos). Bu durum yörenin ve BMN'nin arkeolojik önemini artırmış ve adeta kültürel merkez olmasını sağlamıştır. Menderes Masifi'nin jeolojik evrimi, Muğla veya Batı Toros napları ile Ege-Akdeniz'in oluşum sorunları, yöre jeolojisini her zaman ilginç kılmış, son yıllara doğru artan yoğunlukta çokça tartışılmıştır. Özellikle, bölgenin sismik bakımdan aktifliği ve nehrin büyük grabenler içine yerleşmiş olması, yöreyi ve BMN'ni ilgi odağı haline getirmiş ve pek çok çalışmanın yapılmasına yol açmıştır. En çok tartışılan husus grabenlerin açılma zamanı ve mekanizması hakkındadır (örn. Seyitoğlu ve Scott, 1991, 1992; Westaway, 1994; Yılmaz ve diğ., 2000; Seyitoğlu ve diğ., 2002; Bozkurt, 2000; 2003; Sarıca, 2000; Purvis ve Robertson, 2005; Rojay ve diğ., 2005; Şen ve Seyitoğlu 2009; Gürer ve diğ. 2001, 2009; Gürbüz ve diğ. 2012 ve bunlardaki değinmeler). Bu çalışmaların sonuçları 'Bölgesel Stratigrafi ve Morfotektonik' bölümünde verilecektir. Bölgenin morfolojik ve coğrafi özellikleri, tarım ve kullanma suyu gerekliliği vb sebeplerle, BMN yalnız günümüzde değil eskilerde de dikkat çekmesi çeşitli araştırmalara konu edilmesine sebep olmuştur (örn. Akyol, 1947; Holzer, 1953; Erinç, 1957; DSİ, 1975; Göney, 1975). BMN'nin denizi doldurması, deniz seviyesi değişimlerinin nehrin aşağı yatağı üzerindeki etkileri



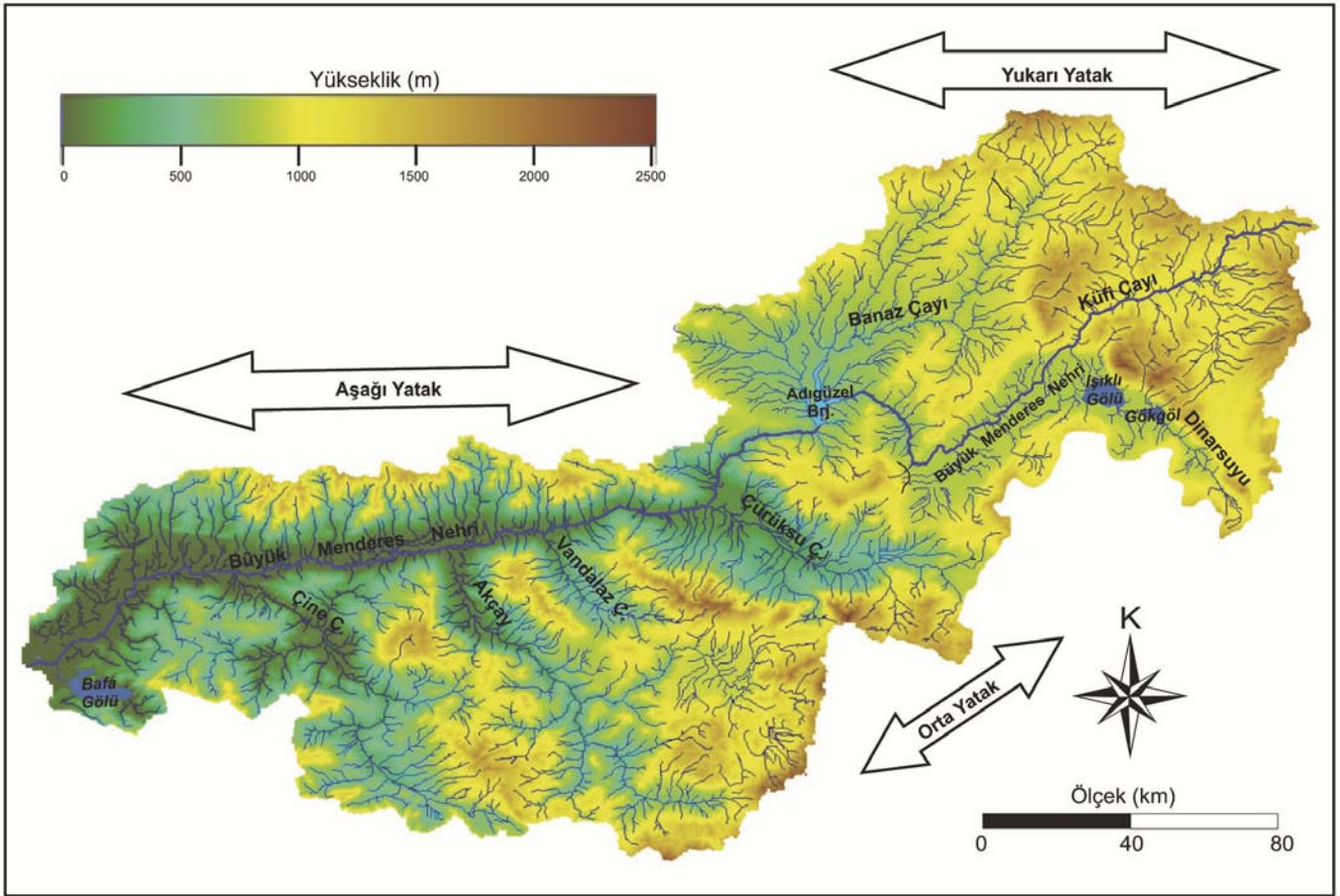
Şekil 1. Ege Bölgesi'nin genel tektonik durumu (a), grabenler (b) ve BMN akaçlama alanındaki temel kaya grupları (c).

Figure 1. Simplified tectonic setting (a) and grabens (b) and basic rock groups (c) in the drainage area of the RBM and Aegean region.

hakkında da oldukça geniş bilgi vardır (bkz Erinç, 1955; 1978; Göney, 1973; Erol, 1976; Aksu ve diğ., 1987; Schröder ve Bay, 1996; Bruckner, 1997; Hakyemez ve diğ., 1999; Mullenhoff ve diğ., 2004; Kazancı ve diğ., 2009). Özetle, Batı Anadolu, grabenler ve buradaki jeolojik olaylar yoğun şekilde ele alınmıştır. Bununla beraber, doğrudan akarsuyun jeolojisi üzerinde, yani, BMN'nin ilk oluşumundan bu yana geçirdiği değişimler hakkında yeterli ve toplu bilgi yoktur. Bu çalışmada önce BMN'nin morfolojik özellikleri ortaya konulacak, sonra tortullarına bağlı olarak jeolojik evrimi tartışılacaktır.

BÜYÜK MENDERES NEHRİ

BMN, yerel kayıtlara göre Dinar içinden doğar, sırasıyla Küfi Çayı, Banaz Çayı, Çürüksu, Akçay, Çine Çayı'nı alarak tarihi Milet kenti yakınlarından Ege Denizi'ne dökülür (Şekil 2, 4). DSİ (1975) ve EİE (1993) kayıtlarına göre uzunluğu 584 km, su toplama alanı 24 300 km² dir (Şekil 2). Doğuda Dinar Suçıkkanı'ndan başlayıp yaklaşık 19 km kadar ileride Gök Göl ve 9 km sonra Işıklı Gölü'ne girer (Işıklı Gölü'ne kadar olan kısım Dinarsuyu olarak da bilinir). Holosen'den bu yana, bulunduğu yer ve kısmen Işıklı karstik kaynağının oluşturduğu bir bataklık olan bu bölge (Ismael, 2009), 1952 ve 1972'de sulama ve drenaj



Şekil 2. Büyük Menderes Nehri akçama ağı, ana ve yan kolları (aşağı, orta ve yukarı yatak).

Figure 2. Drainage network, main channel and branches of the River Büyük Menderes (lower, medial and upper courses).

amacıyla yapılan setlerle büyük bir göl halini almıştır (Işıklı Gölü; 65 km²). Buradan yukarıdaki yatağında (Dinarsuyu) mevsimlik su bulunan BMN'nin asıl besleyici ve daimi su kaynağı Işıklı Gölü'dür. Işıklı Gölü'nün çıkış ayağı olan BMN, Çivril ovasını geçtikten sonra Baklan ovasının ortalarında güneybatıya döner, dar ve eğimli bir boğazı geçer (Haşatbeli boğazı) ve Çal ilçesi civarında 60 m derinlikli gömülü vadide akar. Bu vadiden çıkışında (Sarıkaya Boğazı) yine bir eğim kırıklığına uğrar ve 7 m'lik bir şelale oluşturur (Çizelge 1).

Çizelge 1. BMN'nin farklı bölgelerde yatak eğimi.

Table 1. Bed slopes of the RBM in different positions.

Küfi Çayı boyunca	% 9
Dinar Grabeni	% 25
Çal-Sarayköy arası	% 8
Sarayköy-Söke	% 12
Söke-Ege Denizi	% 4
Kaynaktan denize ortalama	% 2

Bazı yerel kayıtlarda Küfi Çayı da BMN'nin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Şekil 2). Sincanlı (Afyon) ilçesinin güneyinde Akharım beldesi yakınlarında başlayan Küfi Çayı, yer yer dar ve derin vadilerden geçer ve yaklaşık 40 km aktıktan sonra Çivril ovasında BMN'e katılır. BMN için önerilen kaynaklardan Dinarsuyu yaz-kış su bulundurur, Küfi Çayı ise daha uzundur. Nehir Sarayköy yakınlarında Çürüksu ile birleşir ve Büyük Menderes Grabeni'ne girer. Buharkent, Kuyucak, Nazilli, Aydın'ı geçtikten sonra Çine Çayı ile birleşir, Söke ovasında güneybatıya yönelir ve denize ulaşır (Şekil 1, 2). BMN'nin en önemli özelliği, yatak eğiminin azlığı, bilhassa Nazilli'den denize dökülünceye kadar çokça kıvrımlar yapması, bırakılmış menderes kolları ve geçici göller oluşturmasıdır (Çizelge 1, 2). BMN'nin

tarihteki adı '*Maiandros flu*' dan üretilen (Strabon, Geographika IV) '*meandering-menderesli kanal*', bu aşırı büklümlü yatakların jeoloji literatüründe kullanılan ismi olmuştur (Bu isim kökenine yabancı kaynaklarda fazla rastlanmaz, Türk yerbilimcilerin daha çok vurgulamaları gerekir). İleriki bölümlerde bu oluşumların sebepleri ve BMN'nin morfolojisi hakkında daha geniş bilgiler verilecektir.

BMN üzerinde belirli istasyonlarda 1950'den bu yana düzenli olarak su, 1985'den bu yana su kalitesi ve sediment gözlemleri yapılmakta olup, bölgenin iklimi, su rejimi ve erozyon durumu hakkında güvenilir veriler mevcuttur (DSİ, 1987; 2003; EİE, 1986; 2006).

BÖLGESEL STRATİGRAFİ VE MORFOTEKTONİK

BMN ana ve yan kolları büyük ölçüde metamorfik ve kristalen kayalar ile Mezozoyik ve Neojen birimleri üzerinde bulunur. Akaçlama alanında bunlardan başka Neojen volkanik ve volkaniklastikleri az da olsa yer alır (Şekil 1, 3). Kristalen ve metamorfik kayalar Menderes Masifi ve örtü kayaları olarak tanımlanmaktadır (Holzer, 1953; Chaput, 1976; Akdeniz ve diğ., 1986; Konak ve diğ., 1986; Dora ve diğ., 1992; Şenel, 1997). Bunlar çoğunlukla nehrin denize döküldüğü yerden itibaren, yaklaşık 180 km doğuya doğru, Buharkent civarına kadar geniş bir alanda yüzeyleyen kaynak kaya konumundadırlar. Bunlara yaşlı olarak Neojen birimleri mevcuttur (Şekil 5-7). BMN'nin aşağı kısımlarını oluşturan bu kesimden daha geriye doğru Mezozoyik ve Neojen yaşlı birimlerin alan dağılımları fazlaşır (Şekil 1). Özellikle Denizli, Çal, Çivril, Dinar yörelerinde az oranda Mezozoyik ofiyolit ve karbonatları ile birlikte Erken, Orta ve Geç Neojen tortulları yaygın olarak bulunmaktadır (örn. Nebert, 1956;

1968; Platen, 1967; Konyalı, 1970; Ermiş ve Karaman, 1987; Göktaş ve diğ., 1989). İleriki bölümlerde değinileceği gibi nehrin ana yatağı grabenler içindedir ve buralarda nehrin kendi ürünlerinden başka çeşitli Neojen ve Kuvaterner tortulları bulunur (Şekil 1). Grabenlerdeki genel stratigrafik benzerliğe karşın litolojik çeşitlilik dikkat çeker (Şekil 3, 5-8). Nehrin aşağı bölümlerini bulunduran Büyük Menderes Grabeni'nde (BMG) yalnızca temel üzerine gelen Erken-Orta Miyosen ürünleri gölsel nitelikte olup, geri kalanlar alüvyal ve flüvyal kökenli kaba kırıntılıdır (Kazancı ve diğ., 2009; Şekil 3, 7). Buna karşın nehrin orta ve yukarı kesimlerini taşıyan Denizli ve Baklan-Dinar grabenleri büyük ölçüde gölsel tortulları bulundurur (Hakyemez, 1989; Alçıçek ve diğ., 2007; Gürbüz ve diğ., 2012; Şekil 3, 8).

BMN, Ege Denizi'ne dökülen en büyük akarsu olup, drenaj alanı büyüklüğü, deltası ve içine yerleştiği arazinin yapısı itibariyle, Ege Bölgesi ve tüm Batı Anadolu'nun simgesi durumundadır. Batı Anadolu ve Ege Bölgesi ise günümüzde genişlemeli tektoniğin tüm dünyada en aktif işlediği yerlerden biridir (Dewey ve Şengör, 1979). Bölgede Geç Neojen'den bu yana KB-GD, KD-GB, K-G uzanışlı çeşitli grabenlerin oluştuğu gözlenmektedir (Bozkurt, 2003; Bozkurt ve Rojay, 2005; Gürer ve diğ., 2009; Gürbüz ve diğ., 2012). En iyi bilinenler Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz, Alaşehir, Denizli, Uşak-Güre, Baklan-Dinar, Acıgöl grabenleri olup tümü geniş bir horst-graben sisteminin küçük veya büyük elemanlarıdır (Şekil 1). Bölgede genişlemeli rejimin ne zaman başladığı konusunda görüş birliği yoktur. Aktif tartışmaların iki önemli konusu grabenlerin kökenlerinin ne olduğu ve genişlemenin halen devam edip etmediğidir. Bu konularda ayrıntılı tartışma ve geniş bir kaynak listesi Gürer ve

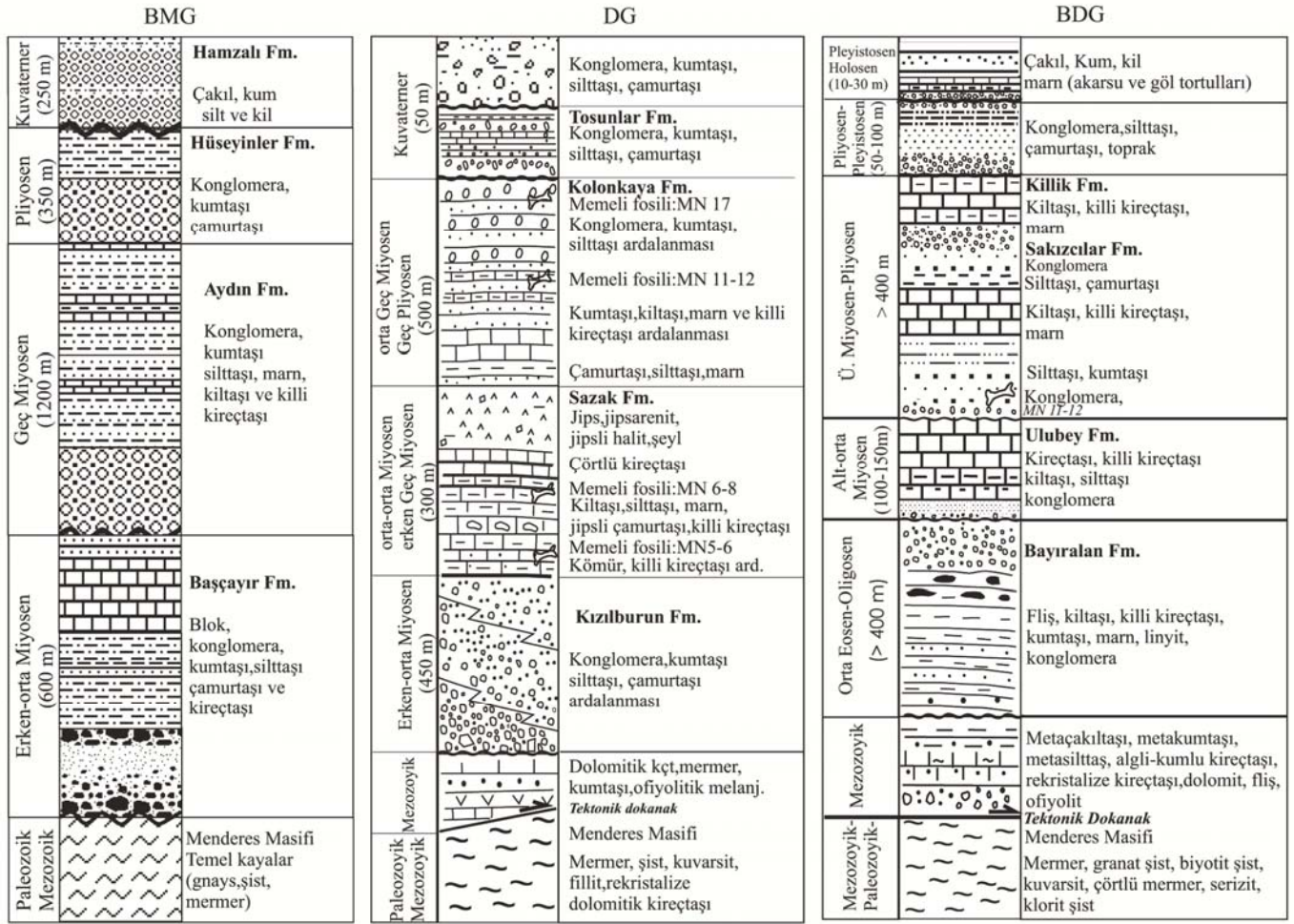
diğ. (2009)'da verilmektedir. Konunun ayrıntıları bu makalenin kapsamı dışındadır.

Batı Anadolu grabenleri ve bunun bir parçası olarak BMN ve BMG, Menderes Masifi, masifin örtü kayaları üzerindedir (Şekil 1). Kuzeye ve doğuya doğru Neojen yaşlı volkaniklastik ve gölsel tortullar yaygınlaşır. Bunların güney ve güneydoğusunda çoğunluğu Mezozoyik kayalarından oluşan Muğla napları (= Likya napları) ve Torid tektonik kuşağı yer alır (Şekil 1). Grabenler bölgesinde yoğun faylanma ve buradaki Neojen kayalarının göreceli dayanımsız oluşu nedeniyle, bölgede yüksek dağlar ve derin vadiler oluşmuştur. Kısaca engebeli topografya bu bölgenin belirgin morfolojik özelliğidir.

BMN'nin hemen güneyinde yaklaşık KB-GD uzanışlı Beşparmak Dağları (1307 m), Madranbaba Dağları (1792 m), Denizli Akdağ (2449 m), Honazdağ (2571 m), kuzeyinde ise D-B uzanışlı Aydın Dağları (1831 m), Küçük Menderes ve Gediz grabenleri arasında D-B uzanışlı Bozdağlar (2149 m) bütün Ege Bölgesi'nin önemli yükseltileridir. Nehirler ve kaynak alanlar arasındaki bu büyük yükseklik farkı, nehirlerle fazla miktar tortul sağladığı gibi dağ eteklerinde çok sayıda alüvyon yelpazesinin oluşmasına yol açmaktadır (Şekil 5-7).

Büyük Menderes Nehri ve İlgili Grabenler

BMN, denize ulaştığı yerde büyükçe bir delta oluşturur (Şekil 1). Deltanın üst üste gelişen dört ayrı ilerleme evresini temsil ettiği ve/veya 'delta kompleksi' olduğu (Aksu ve diğ., 1987), en büyük ilerlemenin Orta-Geç Holosen'de gerçekleştiği bilinmektedir (Göney, 1975; Mullenhorf ve diğ., 2004). Deltayı teşkil eden BMN'nin aşağı yatağı Büyük Menderes Grabeni (BMG), orta yatağı Denizli Grabeni (DG), Yukarı Yatağı ise Baklan-Dinar grabenleri (BDG) içindedir (Şekil 2).



Şekil 3. Büyük Menderes Nehri aşağı-orta-yukarı yatak bölgelerini bulunduran grabenlerin genel stratigrafik durumu ve Kuvaterner birimleri. BMG-Büyük Menderes Grabeni (Yazman ve diğ. 2004), DG-Denizli Grabeni (Alçiçek ve diğ. 2007), BDG-Baklan Dinar Grabeni (bu çalışma).

Figure 3. General stratigraphy and Quaternary units in the grabens hosted upper-middle-lower courses of the RBM. BMG Büyük Menderes Graben (from Yazman et al. 2004), DG-Denizli Graben (Alçiçek et al., 2007), BDG Baklan Dinar Graben (this study).

BMG yaklaşık Ege Denizi'nden başlar ve Çubukdağ/Buharkent ilçesinde sona erer. Kanca şeklindedir. Kancanın ucu Söke-Bağarası hattından itibaren güneybatıya ilerleyen 35 km'lik kısımdır. Uzunluğu 175 km, genişliği 8-12 km arasındadır (Şekil 1, 2). BMG doğu ucunda, Kızıldere (Sarayköy) yakınlarında Denizli Grabeni ile birleşir (Şekil 2, 4, 6). Denizli Grabeni, güneyde Babadağ fay zone, kuzeyde ise Pamukkale fay zone ile sınırlanan yaklaşık 70 km uzunluğunda, 50 km genişliğinde KB-GD gidişli geniş bir çöküntü

alanıdır (Koçyiğit, 2005; Kaymakçı, 2006; Alçiçek ve diğ. 2007). Çökelleri büyük ölçüde Neojene ait olan graben başlangıcından bu yana gölsel havza niteliğinde olmuştur (Nebert, 1958; Kastelli, 1971; Hakyemez, 1989). Denizli Grabeni, BMN'nin kolu olan Çürüksu ve ona bağlı yan dereleri bulundurur (Şekil 2, 6). Nehrin yukarı yatağı çapraz graben olarak yorumlanan Baklan-Dinar Grabeni (BDG) içine yerleşmiştir (Gürbüz ve diğ., 2012). Baklan Grabeni, KD-GB uzanışlı bir havza olup yaklaşık 50 km boyunda 15 km genişliktedir.

BDG'ne dik konumda ve KKB-GGB gidişli Dinar Yarı Grabeni ise 50 km uzunlukta ve 10 km genişliktedir. Bu tektonik çöküntüleri çevreleyen Akdağ (2450 m) ve Beşparmakdağı (1600 m) Batı Anadolu'nun önemli yükseltilerindendir (Şekil 2, 4, 5). Graben oldukça kalın, yer yer kömürlü bir Neojen istifini kesmektedir (Topkaya, 1957; Şenay, 1965; Konyalı, 1970; Ünal, 1981).

MATERYAL VE YÖNTEM

Nehir jeolojisi, akarsuyun uzanımı boyunca evrimine tesir eden bütün olayların incelenmesini kapsar. Dolayısıyla, BMN'nin jeolojisini ortaya koymak için doğduğu yerden denize döküldüğü yere kadar, bütün güzergahının incelenmesi gerekir. Anlaşılabilirlik ve anlatım kolaylığı açısından güzergah *aşağı yatak*, *orta yatak* ve *yukarı yatak* olarak bölünmüştür. Aşağı yatak, nehrin, BMG içindeki bölümüdür. Burası nehir ağzından Buharkent'e kadar olan kesimini kapsar (Şekil 1, 2). Orta yatak kısmı Sarayköy'den Haşatbeli kanyonuna kadardır. Denizli Grabeni orta yatak bölümünün merkezidir. Orta yatağın kuzeye doğru üst başında Çal ilçesi sınırlarına girilir (Şekil 2, 4). Yukarı yatak olarak nehrin Sandıklı yakınlarında Küfi Çayı'nın doğduğu yerden Haşatbeli kanyonuna kadar olan kısmı alınmıştır. Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi, bazı okul ansiklopedilerinde nehrin başlangıç ve anakolu olarak Banaz Çayı, bazılarında Dinarsuyu, bazılarında da Küfi Çayı gösterilir. Daimi su bulunan yer ise Işıklı Gölü'nden itibaren olan kısımdır. Bu çalışmada nehrin her üç büyük kolunun başlangıcından sonuna kadar olan bütün akış güzergahında saha incelemesi yapılmış olup, uydu görüntülerinden ve hava fotoğraflarından da yararlanılarak Kuvaterner tortulları haritalanmıştır (Çizelge 1-3; Şekil 5-7). Ayrıca Çivril

ovası ve Söke ovasında akarsu kökenli tortulların kalınlıklarını bulmak için 5 metreye ulaşan yarmalar açılmış ve bunların kayıtları DSİ sondajları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 8). Akarsuyun su ve tortul varlığının değerlendirilmesinde EİE (1993, 1996, 2000 ve 2006) kayıtları esas alınmıştır. Bunlarda anlık akım, aylık ve yıllık ortalama akımlar, sudaki tortul varlığı (ppm olarak), toplam ve net drenaj alanları verilmektedir. DSİ akım ölçümlerine, daha çok istasyona ait veri bulundurmakla beraber, tortul yük kapsamı dikkate alınmadığından, ihtiyaç halinde başvurulmuştur.

Güncel ve tutturulmamış tortulların haritalanmasında Kazancı ve diğ. (2000)'de verilen 'depolanma alanı' yöntemi izlenmiştir. Bu yöntemde, gözlenen güncel depolanma süreçlerinin etkin olduğu ve tortul bulunan yerler "depolanma alanları" olarak ayrılmakta ve haritalanmaktadır. Bu bir anlamda güncel çökeltme ortamlarının ayırılmasındadır. Böyle bir ayırım bu çalışma için gereklidir, çünkü Kuvaterner tortullarının ekserisi alüvyon yelpazeleri ile oluşturulur ve bunların akarsu tortulları ile karışması ve hepsinin birden Q-alüvyon şeklinde verilmesi yanlış yorumlara götürebilir.

BMN'nin jeolojisi konu edilirken esas alınan dayanaklar, a) akarsuyun kendisi tarafından oluşturulan tortullar ve istifler, b) akarsuyun kendisi tarafından oluşturulan boğaz, kanyon, vadi vb aşınımlardır. Taraçalar, aşınma ve birikme kökenli oluşlarına göre, tektonizma yorumlarında kullanılmıştır. Drenaj alanı tortul sağlayan aşınma bölgesidir ve buranın jeolojisi akarsuyun jeolojisi ile doğrudan ilintili değildir. Bu sebeple bu çalışmada akarsu kökenli Kuvaterner tortulları üzerinde daha çok durulacaktır. Daha önceki dönemlerde DSİ, EİE, belediyeler vb kuruluşlarca yaptırılmış sondajlar ayrıntılı

şekilde gözden geçirilmiştir. DSİ arşivlerinde olup logları ve karotları olan sondajların kullanılmasına öncelik verilmiştir. Aynı şekilde önceki çalışmalarda verilen Kuvaterner'e ilişkin kayıtlardan da yararlanılmıştır. Bu incelemede doğrudan yaş tayini yapılamamıştır. Kullanılan yaşlandırma görelidir ve ekseri Büyük Menderes deltasındaki Aksu ve diğ. (1987; 1990) tarafından verilen değerlere dayanmaktadır. Yani, delta istifleri ve buradaki yaşlar, daha içerilerdeki akarsu tortulları için karşılaştırma malzemesi olarak kullanılmıştır. Işıklı Gölü'ndeki sondaj çalışmaları ve göllerdeki depolanma hızları yorumlara dayanak olmuştur (Ismael, 2009; Kazancı ve diğ., 2011). Buna göre, BMN'nin denize ulaştırdığı tortullar son 250 000 yıl içinde, dört ayrı deniz girişimi ile bölünen dört delta seviyesi, hepsi birden delta kompleksi teşkil etmiştir (Aksu ve diğ., 1987). Son deniz sokulumu Kuyucak'a kadar ilerlemiş ve Ege Denizi'nin en uzun halicini oluşturmuştur (Kazancı ve diğ., 2009).

GÖZLEMLER-BULGULAR

Büyük Menderes Nehri'nin Kaynağı ve Ana Yatağı

BMN yukarı kesimlerinde başlıca üç büyük kolun Banaz Çayı, Küfi Çayı ve Dinarsuyu'nun birleşmesinden oluşur (Şekil 2). Banaz Çayı yaklaşık 170 km olup, Banaz ilçesinin hemen kuzeyinden doğar, Ulubey kanyonlarını geçerek Adıgüzel Barajı'na ulaşır. Küfi Çayı, Sandıklı'nın kuzey kesiminden başlar ve Işıklı Gölü'ne kavuşur. Buraya kadar uzunluğu 90 km'dir. Dinarsuyu, Dinar'ın hemen güneyinden başlar ve Işıklı Gölü'nde Küfi Çayı ile birleşir. Uzunluğu 47 km'dir. Küfi Çayı ve Banaz Çayı göreceli daha yüksek eğimli vadilerden geçer, buna karşılık Dinarsuyu düşük eğimli bir yatak içindedir (Çizelge 1). Işıklı Gölü'nde Küfi Çayı ile birleşen Dinarsuyu BMN adını alır,

kuzeybatıya dönerek Adıgüzel Barajı'nda Banaz Çayı ile birleşir (Şekil 2, 4). Buldan ilçesi yakınlarında Gediz Nehri ile su ayırım hattı birbirine çok yaklaşıp (Şekil 4).

Büyük Menderes Nehri'nin yatağı başlangıcından itibaren göreceli az eğimlidir. Küfi Çayı vadisinde %25 iken bu değer orta yatakta %16, aşağı yatakta ise (örn. Sarayköy-Kuyucak arası) %12 kadardır (Çizelge 1). BMN önemli özelliği, nehir ana kanalının yukarı, orta ve aşağı yataklarda hep az eğime sahip olması, yatak geçişlerinin ani eğim kırıklıkları ile (3-10 metrelik şelaleler halinde) birbirine bağlanmasıdır (Çizelge 2; Şekil 2, 4). Bu durum nehrin hemen bütün bölümlerinde grabenler içine yerleşmiş olması ve graben çıkışlarında eğimlerin değişmesinin sonucudur. BMN'nin ortalama eğimi %2'dir (Çizelge 1).

Büyük Menderes Nehri Akaçlama Ağı ve Su Toplama Alanı

BMN su toplama alanı yaklaşık 24000 km²'dir (Şekil 2). Su ayırım hattının geçtiği yerlerde 2000 metreyi aşan zirveler vardır (örn. Aydın Dağları, Babadağ, Akdağ). Diğer bir deyişle BMN çok çeşitli kayaların yüzelediği çok geniş bir alandan su ve tortul alır.

Büyük Menderes Nehri'nin ana yatağı ve/veya nehrin boyuna profili Küfi Çayı-Işıklı Gölü-Adıgüzel Barajı-Sarayköy-Nazilli-Aydın-Söke hattını izler. Bu ana yatağa katılan başlıca büyük kollar, yukarı yatakta Dinarsuyu ve Banaz Çayı, orta yatakta Aksu Çayı, Çürüksu, aşağı yatakta Dandalaz Çayı, Akçay ve Çine Çayı'dır. En uzununu Akçay'dır (Çizelge 3). Bu çayların hemen hepsinin üzerinde göletler mevcut olup, su akışları düzenlenmiş, buna bağlı olarak tortul gelintisi ise oldukça azalmıştır. Nehrin tortul yüküne ilişkin yorumlarda baraj ve göletlerin dikkate

alınması, özellikle 1990 sonrası veriler için geçerlidir (Çizelge 4).

Çizelge 2. BMN'nin bazı noktalarında rakım değerleri.

Table 2. Altitude values of RBM in some points.

Yer	Rakım (m)
Banaz Çayı başlangıcı	2172
Küfi Çayı başlangıcı	2059
Dinar Suyu başlangıcı	1695
Işıklı Gölü	815
Adıgüzel Barajı	434
Denizli il merkezi	450
Çürüksu başlangıcı	1494
Çürüksu BMN kavşağı	143
Sarayköy merkez	140
Nazilli ilçe merkezi	132
Akçay başlangıcı	1600
Akçay BMN kavşağı	53
Aydın il merkezi	60
Çine Çayı başlangıcı	735
Çine Çayı BMN kavşağı	23
Söke ilçe merkezi	12
Bafa Gölü	2

Çizelge 3. BMN büyük kollarının uzunlukları.

Table 3. Lengths of the RBM large branches.

Nehir Kolu	Uzunluk (km)
Dinar Suyu	47
Küfi Çayı	90
Banaz Çayı	170
Çürüksu	96
Aksu/Dandalaz	60
Akçay	151
Çine Çayı	119

Ana ve yan kollara kavuşan dereler dışında, doğrudan BMN'e ulaşan çok sayıda mevsimlik akarsular mevcuttur. Özellikle Aydın-Kuyucak arasında yüksek yamaçlardan inen yüksek eğimli ve fakat kısa akış yatakları sıkıdır (Şekil 1, 2). Bunların bir kısmı grabene açılan yerde alüvyon yelpazeleri teşkil ederler (Şekil 7). Söke-Kuyucak arasında, uzunlukları 10 km'den fazla olan böyle yan kolların sayısı 12'dir. Nehrin kuzeyindeki akarsuların mevsimlik ve kısa oluşlarına karşın, güneydekilerin boyları uzun, yatak eğimleri göreceli daha az ve daimi olarak su bulundurlar (Çizelge 3). Bu durum nehrin içine yerleştiği

Çizelge 4. BMN üzerindeki baraj yerleri, büyük göletler ve yapım yılları.

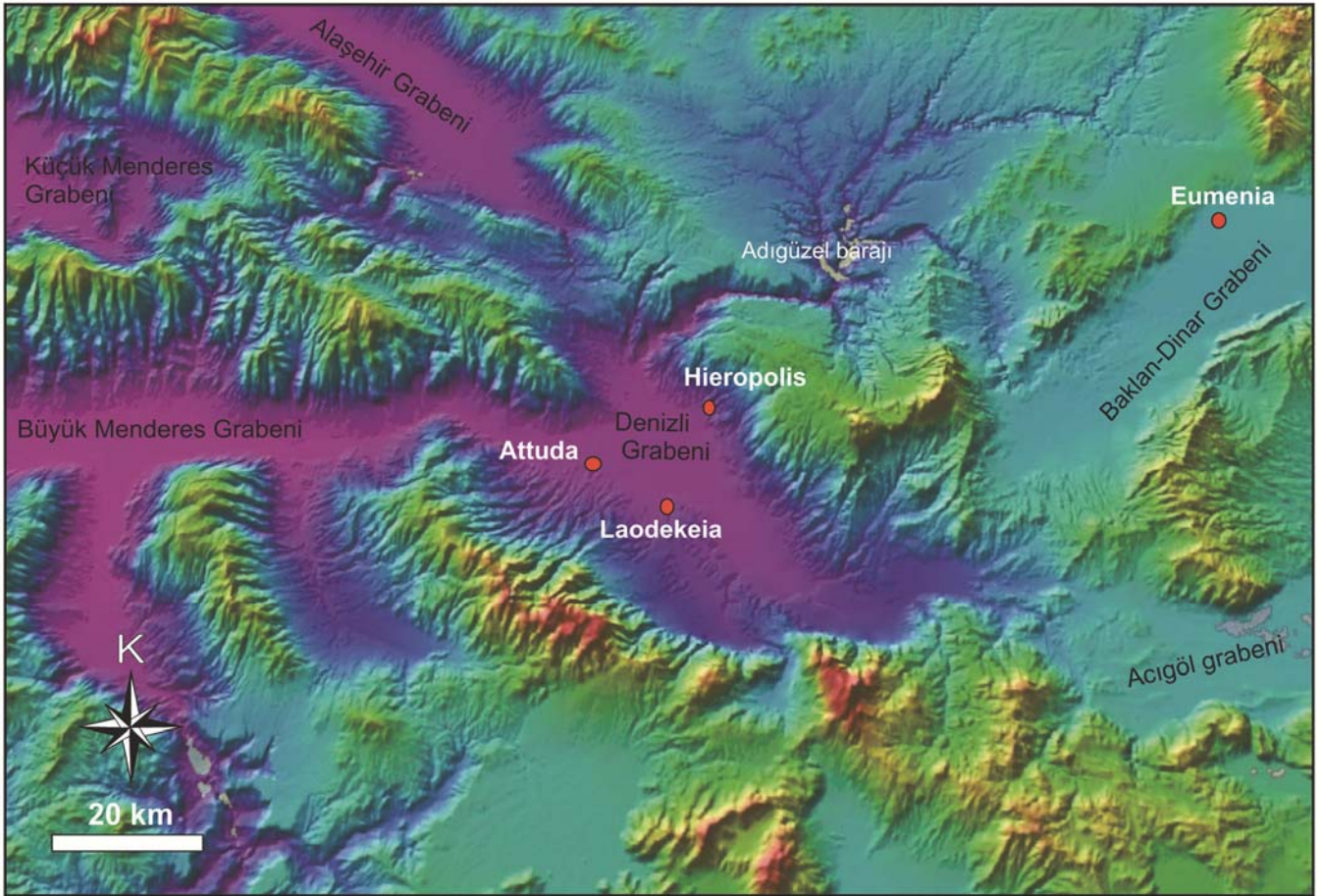
Table 4. Dam locations, large ponds and their construction dates on the RBM.

Gölet/Baraj Adı	Bulunduğu Yer	İşletme Yılı
Bozdoğan/ Kemer HES	Akçay	1958
Topçam	Madran Çayı	1985
Yaylakavak	Kocaçay	1996
Çardak Göleti	Değirmendere	2006
Kahvederesi	Karacasu	1992
Hıdırbeyli	Germencik	1988
Akçaova	Çine Kocadere	1999
Çatak	Çine Kavşit Çayı	2002
Karacaören	Kızılcalar deresi- Kocalı	2000
Çine	Çine Çayı	2010
İkizdere	İkizdere (Aydın)	2010
Karacasu	Dandalaz Çayı	1999
Adıgüzel	BMN	1989
Cindere	BMN	2009
Denizli Gökpınar	Gökpınar deresi	2002
Yenidere	Yenidere	1995
Işıklı	Dinarsuyu	1953

arazinin topoğrafik özelliği olup, aşağı yatak bölgesinde BMN'nin drenaj ağı (graben tabanı ve yamaçları) kuzey ve güney itibariyle asimetrik biçimdedir. Aynı sebeple, güneyde kalan akaçlama alanı göreceli daha geniştir (Şekil 2).

BMN akaçlama ağının en belirgin özellikleri yan kolların ana nehir koluna dik veya dike yakın şekilde kavuşması ve böylece kafesli bir ağ oluşmasıdır (Şekil 2). Bunun birincil sebebi graben kenarlarının göreceli yüksek eğime sahip olmasıdır.

Genel duruma kısmen aykırı olan yan kol Banaz Çayı'dır. Banaz Çayı litoloji kontrollü bir yatakta akar ve buradaki Neojen kireçtaşları (Ulubey Fm) çok uzun, dik ve derin vadilerin oluşmasına yol açmıştır (Ulubey kanyonu). Kafesli akaçlama ağı tektonik kontrollü arazilerin tipik göstergesidir (Chorley ve diğ., 1984). BMN, oluşumundan itibaren D-B yönlü grabenler içine yerleşmiştir ve bu durum bütün Batı Anadolu'nun bilinen, tipik özelliğidir (Şekil 1).



Şekil 4. BMN yukarı, orta ve aşağı yatak bölgelerini bulunduran grabenlerin morfolojileri, antik kentler.

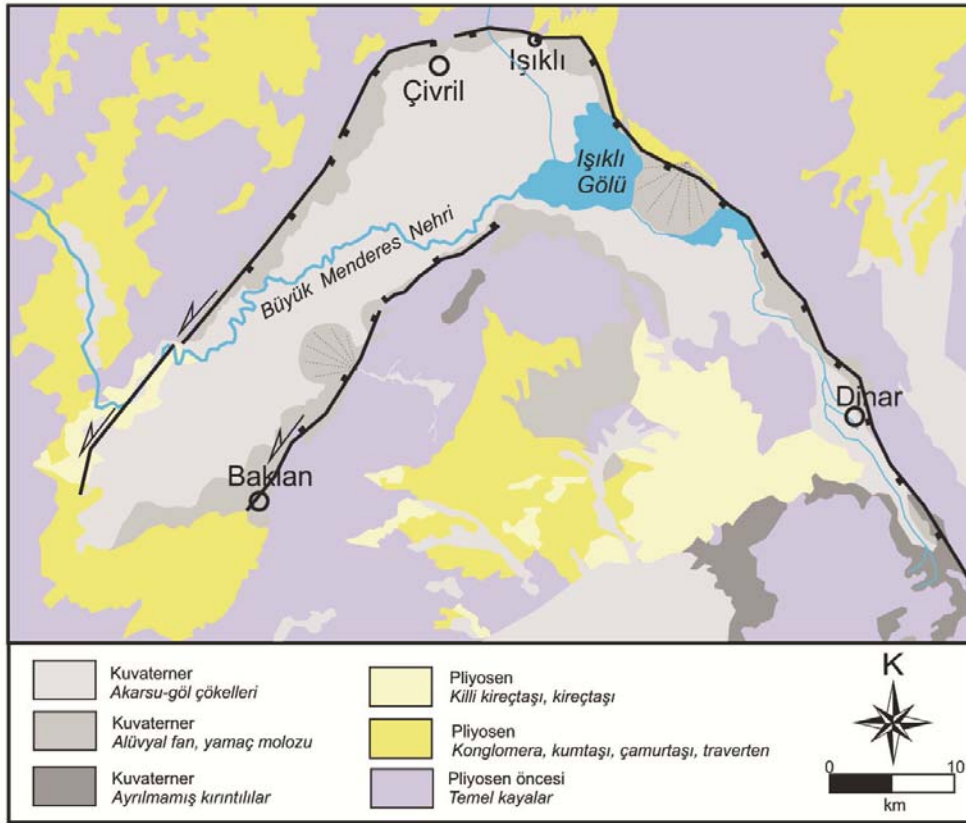
Figure 4. Morphologies of the grabens in where upper-middle-lower courses of the RBM and location of antique cities.

BMN'nin bir başka özelliği başlangıcından itibaren bazı kısa mesafeler hariç hemen her yerde, aşağı, orta ve yukarı yatakta menderesli kanallara sahip olmasıdır (Şekil 2). Dalı (dentritik) akaçlama ağına sahip akarsular, genelde yukarı ve orta yataklarında örgülü kanallara sahiptirler, yalnızca aşağı yataklarında menderesli akarlar (Miall, 1996; Bridge, 2003). BMN ise yukarı yatakta BDG, orta yatakta Denizli Grabeni, aşağı yatakta ise BMG içinde akar ve her üç grabenin tabanları büyük ölçüde menderesli kanalların gezinme, yerdeğiştirme alanı olmuştur. Kanal hareketleri yalnızca graben kenarlarından ilerleyen alüvyon yelpazeleri ile sınırlanmaktadır (Şekil 5-7). Güncel uydu görüntülerinden seçilebildiği kadarıyla, nehir ana yatağının gezinme ge-

nişliği ve taşkın düzlükleri (bırakılmış menderes kollarının olduğu yerler ve bataklıklar), Dinar Grabeni içinde 0,7-1,5 km, Baklan Grabeni'nde 1,5-2,5 km, Denizli Grabeni'nde 3,5-4,5 km, Büyük Menderes Grabeni'nde ise 2,5-7 km arasındadır (Şekil 2, 4).

BMN Kaynak Kayaları

Nehir jeolojisinde, nehrin kendisi kadar üzerinde aktığı ve suyunu topladığı alanın litolojisi de önemli rol oynar, çünkü litoloji hem tortul kaynağı hem de morfoloji elemanıdır (Bridge, 2003). Bu durum özellikle BMN için çok dikkat çekicidir, çünkü çok çeşitli litolojiye sahip arazide akar. BMN'nin aşağı yatak



Şekil 5. BMN yukarı yatak bölgesinin (Baklan-Dinar Grabeni) jeoloji haritası (Gürbüz ve diğ. 2012'dan değiştirilerek).

Figure 5. Geological map of the upper course of the RBM (Baklan-Dinar graben; modified from Gürbüz et al., 2012).

bölümü, çok büyük oranda göreceli zor aşınan Paleozoyik ve Erken Mesozoyik yaşlı kayaların olduğu sahayı akaçlar. Bunlar Menderes masifinin örtü kayalarıdır (Gürer ve diğ., 2009; Şekil 1,7). Orta ve yukarı yatakta ise kaynak alanı yaklaşık 3/4 nispetinde Senozoyik, özellikle de Neojen kayaları kaplamaktadır (Şekil 1, 6, 7). Dinar Grabeni'ni çevreleyenlerin tümü, Baklan Grabeni'ni çevreleyenlerin ise yalnızca yüksek kotlardaki kayaları Mesozoyik yaşlıdır ve çoğunlukla kireçtaşlarıdır (Şekil 1, 5-7). Bunlar genel jeoloji ve tektonik yorumlarda Muğla naplarının (Gürbüz ve diğ., 2012; *Likya napları* - Yılmaz ve diğ., 2000; Gürer ve diğ., 2009) parçaları olarak adlandırılırlar.

BMN' nin Güncel Su ve Sediment Varlığı

Yarı kurak Akdeniz iklim kuşağındaki Türkiye için akarsular önemli enerji kaynağı ve sulu tarımın temelidir. Bu sebeple başka akarsular ile birlikte BMN'nin ana ve yan kollarındaki su ve tortul taşınma durumu ile taşınan suyun kalitesi, kamu kurumlarınca (DSİ ve EİE) 1985'den itibaren düzenli olarak izlenmektedir. İstasyonların yerleri, değişen akım ve sediment durumlarına göre yeniden konumlandırılmakta ve ölçümler sürdürülmektedir (ölçüm sonuçları 2002'ye kadar ilgili kurumlar tarafından kamuoyuna duyurulurken, sonrasında isteğe göre açıklanmaktadır). Eski ve yeni veriler, BMN'nin, Türkiye'nin en fazla su ve sediment taşıyan akarsulardan biri olduğunu göstermektedir. Bu sebeple nehir üzerine birçok baraj ve sulama göleti yapılmıştır (Çizelge 4).

Su ve enerji kaynağı göletlerden ayrı olarak, BMN'nin Aydın ili sınırlarında kalan yan kollar üzerinde, toplam 28512 ha alanı kontrol eden 81 adet, Denizli sınırlarında kalan kesiminde ise 7450 ha akaçlama alanına 52 adet sediment ve taşkın kontrol tesisleri

(regülatör, set, gölet) yapılmıştır (www.dsi.gov.tr). Yöredeki yoğun sulu tarım dolayısıyla yüzey ve yer altı suları aşırı şekilde kullanılmakta, bazı yıllar ağustos, eylül ve ekim aylarında aşağı yatakta nehrin ana kanalı neredeyse tamamen kuru olmaktadır. 1984, 1990 ve 2005 yıllarındaki ortalama akım sırasıyla 154 m³/s, 90 m³/s ve 40 m³/s olarak bulunmuştur ve giderek azalmayı gösterir. BMN' nin uzun süreli etkilerini yorumlarken, sulama sistemlerinin nispeten az olduğu 1990 yılı ortalamasını (90 m³/s) veya bundan önceki uzun yılların ortalamasını kullanmak daha uygun olabilir. 1990 öncesi uzun yıllar ortalaması EİE kayıtlarında 59.9 m³/s, DSİ kayıtlarında 79 m³/s 'dir (EİE, 1993; DSİ, 2003). Bu çalışmadaki hesaplamalarda akım ve tortul miktarının birlikte ölçüldüğü EİE kayıtları kullanılmıştır. İki veri arasındaki fark istasyon yerleri, ölçüm zamanları, ölçüm yöntemleri vb ayrıntılardan kaynaklanmaktadır.

BMN'nin tortul yükü dikkat çekici şekilde yüksektir (Çizelge 5). Bunun temel sebebi, büyük yan kolların kolay aşınabilir Neojen birimlerini akaçlaması, kısa yan kolların ise yüksek graben kenarlarından yüksek eğimlerle ana kola bağlanmaları ve bolca tortul yük taşımalarıdır (Şekil 1, 2). Öyle ki, Söke-Buharkent arasında kuzeyden nehre dik ulaşan, neredeyse tüm nehir ve çaylar alüvyon yelpazeleri oluşturmaktadır (Şekil 7). Her birinin üzerlerine tortul önleme havuzları ve göletleri yapılması da aynı sebeptendir. 1990 öncesi E707, sonrasında E706 istasyonunda ölçülen akım ve tortul yük değerleri Çizelge 5 ve 6 olarak verilmiştir. E706 istasyon kayıtlarına göre BMN'nin 2005'de taşıdığı ortalama asılı yük miktarı 3182x10³ ton/yıl olarak hesaplanmaktadır (EİE, 2006). Bu değer, Işıklı Gölü ve barajların akaçlama alanı BMN'nin toplam drenaj alanından

Çizelge 5. BMN 1985-2002 akım (m^3/sn) değerleri.

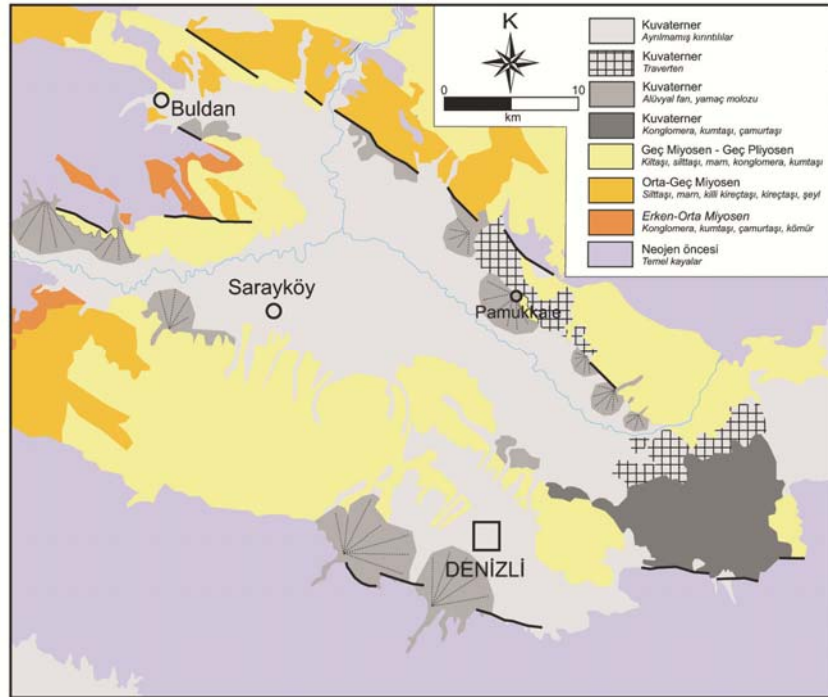
Table 5. 1985-2002 flow values (m^3/s) of the RBM.

Yıllar/Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort.
1985	0	0	67.233	81.282	28.503	31.928	49.134	35.583	32.852	41.746	0	49.803	34.840
1990	27.127	49.311	14.345	19.039	9.737	4.297	46.872	36.99	4.623	14.102	16.01	43.091	23.355
1995	70.452	28.767	77.22	43.604	12.6	22.824	49.508	39.386	5.081	12.169	20.547	21.64	33.649
1998/1999	28.1	67.2	40.6	31.7	27.1	16.9	21.6	22.4	24.4	11.3	16.32	24.9	27.718
2000	29.285	45.804	39.884	17.327	19.877	51.867	42.075	30.115	19.039	23.547	14.558	19.183	29.280
2002	68.48	29,06	20.244	59.686	24.163	3.498	65.673	39.402	8.353	20.178	21.087	35.679	32.954

Çizelge 6. BMN'nin 1985-1995 yıllarına ait aylık sediment konsantrasyonları (ppm).

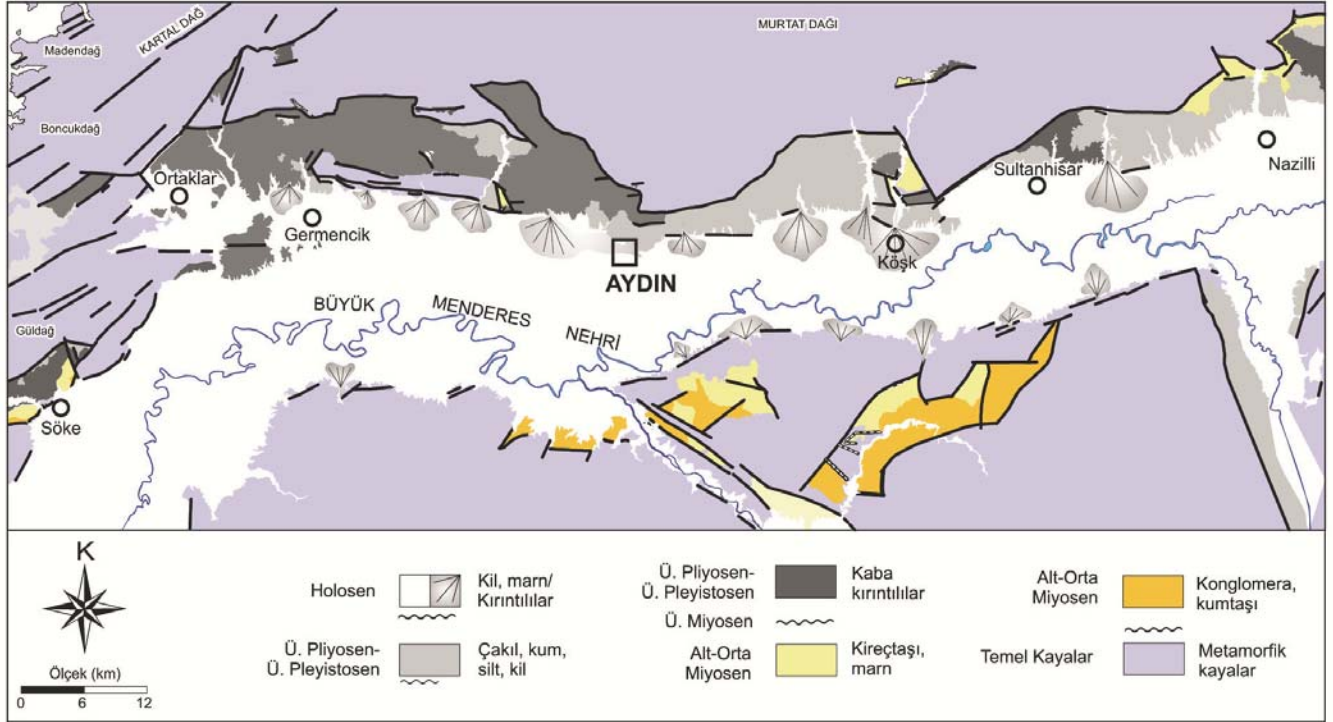
Table 6. Monthly sediment concentrations of the RBM for 1985-1995 years (ppm).

Yıllar/ Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort.
1985	0	0	413	504	282	400	258	236	185	326	0	297	241.75
1990	135	1339	121	244	178	121	1056	230	65	288	155	3388.67	610.06
1995	623.95	366.9	553.7	215.2	107.8	678.9	372.9	196.3	55.1	443.3	264.5	87	297.21



Şekil 6. BMN orta yatak bölgesinin (Denizli Grabeni) jeoloji haritası (Alçiçek ve diğ. 2007'den değiştirilerek).

Figure 6. Geological map of the middle course of the RBM (Denizli graben; modified from Alçiçek et al., 2007).



Şekil 7. BMN aşağı yatak bölgesinin (Büyük Menderes grabeni) jeoloji haritası (Gürer ve diğ., 2009'dan değiştirilerek).

Figure 7. Geological map of the lower course of the RBM (Büyük Menderes graben; modified from Gürer et al., 2009).

düşüldükten sonra geriye kalan yaklaşık 7100 km²'lik kaynak alandan türeyen tortul miktardır. Buna karşılık 1985'de E706 istasyonunda BMN'nin yükünün 3 kg/m³ olduğu ve bunun günlük 23300 ile 38900 ton/gün arasında yüke karşılık geldiği görülmektedir. Genelleştirilirse, yılda 8.5-14 milyon/ton arası yük taşınması sözkonusudur (EİE, 1986). Bu miktarın genelde yüksek olduğu, örneğin Avrupa'nın en büyük büyük su kaynaklarından olan Rhone Nehri'nin taşıdığı tortulla eşdeğer olduğu düşünülmektedir (Westaway, 1994). Akım gözlemi yapılan 1952'den 1996' a kadar ölçümlere bağlı bir hesaplama yapılarak, BMN'nin taşıdığı toplam tortul yükün 1089 ton/gün olduğu bulunmuştur (Kazancı ve diğ. 2009). E706 istasyonunda 2010 yılına kadar olan gözlemler dikkate alınarak hesaplama yapılırsa, nehrin

ortalama 52 m³/s lik akım ve 210 gr/m³ asılı yükü olduğu görülür. Bu değerler yaklaşık 944 ton/gün ve 345 000 ton/yıl tortul taşınmasına karşılık gelir.

Büyük Menderes Nehri'nin Eski ve Güncel Tortulları

Yukarı Yatak

Önceki bölümde belirtildiği gibi, BMN'nin yukarı 'yatak kesimi' ana nehir kanalının içinde olduğu BDG'nin akarsu ile işgal edilmiş bölümünü tanımlar (Şekil 2). Nehrin Çal ilçesindeki gömülü menderesli kısmı yukarı yatak içinde olmakla birlikte burada belirgin tortul depolanması yoktur. Nehir eski tortullar içine gömülmüş olarak akar.

Yukarı yatakta Kuvaterner tortulları grabenin fay sarplıkları önündeki sınırlı

kolüvyon birikimleri Küfi boğazından Çivril'e doğru ilerleyen büyük alüvyon yelpazeleri ile Beşparmak Dağı önünde bitişik alüvyon yelpazeleri Gök Göl ve Işıklı Gölü'nün göl ve bataklık tortulları, graben tabanındaki akarsu tortullarından ibarettir (Şekil 5). Alan yayılımı olarak akarsu tortulları daha geniştir. Başlıca kanal ve taşkın düzlükleri olarak gelişmiştir. Ana kanal belirgin olarak mendereslidir (Şekil 2). Çivril-Baklan arasındaki kesimde 1-4 m yükseklikte dirsek barları gözlenir. Dirsek barı tortulları orta-kaba kumludur, seyrekçe ince çakıllar bulundurur. Bunlar yer yer kum ocakları olarak işletilmektedir. Graben içinde BMN ana kanal derinliği (ova tabanına göre) 2-4 m arasındadır. Belirgin biçimde, Işıklı-Gökgöl-Dinar arasında kesimde dirsek barları gözlenmez. Bu durum Çivril-Baklan civarındaki dirsek barlarının malzemesinin Küfi yelpazesinden sağlandığını işaret eder (Şekil 2, 5).

BMN, Baklan Grabeni'nin yaklaşık orta kesimlerinde ani olarak kuzeybatıya yönelir. Bu yönelimin oluşturduğu dirseğin hemen doğusunda, graben tabanında beyaz renkli marn ve marnlı kireçtaşları yüzeyler. Killik Fm. (Şekil 3, 5) olarak anılan bu tortulların Gelinören köyü yakınındaki kesimleri gölsel Pliyosen fosilleri bulundurur (Wesselingh ve Alçiçek, 2010). Yine grabenin tabanında, BMN dirseğinin güney-güneybatı kısmında ise çok geniş bir alan önceki bütün jeoloji haritalarında alüvyon olarak işaret edilmesine karşın, mavi renkli, bol organik maddeli marnlardan oluşur. Killik formasyonunun beyaz renkli, bol kırıntılı, killi marnlarını uyumsuz olarak örterler. İçlerinde bolca tatlı su gastrapodları bulunur. Tipik olarak sığ göl-bataklık tortullarıdır. BMN'nin taşkın düzlüğü ve ana kanalının etkisi dışında kalmış olup, yaklaşık 12 m'lik

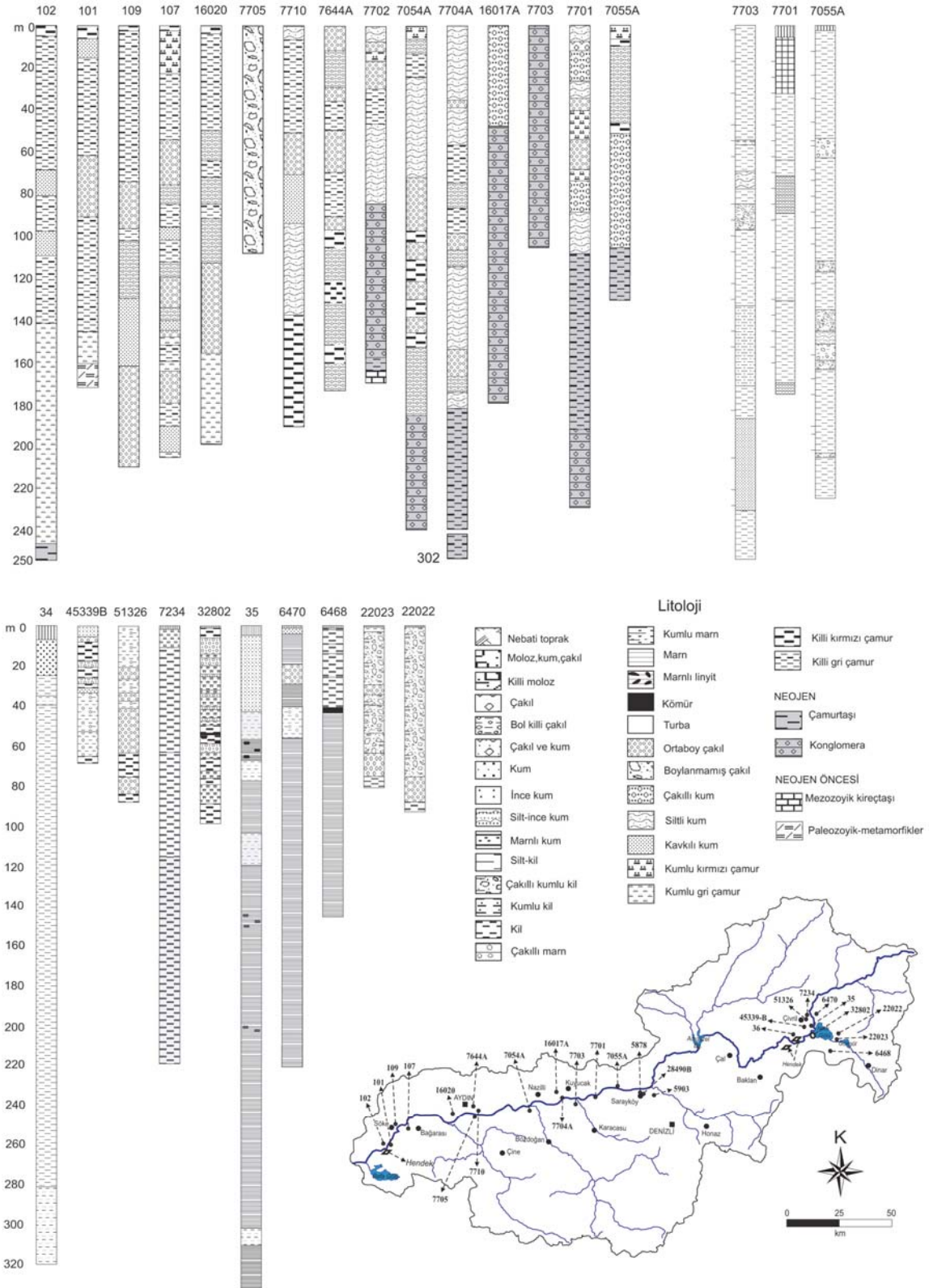
bir istif hiçbir şekilde akarsu tortulları ile ilişkilendirilemez. İstifin 6 m'lik kısmı ovada açılmış drenaj kanalları yardımıyla iyi gözlenir.

BMN'nin taşkın düzlüğü istifinin iç yapısını görmek ve kalınlığını teşkil etmek amacıyla, Çivril-Baklan arasındaki alanda ana kanala ~300-400 m'lik mesafede üç adet yarma açılmıştır. Yarmalarda kanal tortul ve/veya dirsek barlarının en fazla 2 m kalınlıkta ve fakat çok yaygın biçimde bulunduğu gözlenmiştir.

BDG'de derinlikleri 300 metreyi bulan MTA ve DSİ tarafından yapılmış çeşitli sondajlar mevcuttur (Şekil 8). Bu sondajlarda Kuvaterner'e ait tortulların durumu açıkça görülmektedir (Şenay, 1965; Ceylan, 1998; Gürbüz ve diğ. 2012). Sondajlar Kuvaterner'e ait alüvyon yelpaze tortullarının 110 m, akarsu tortullarının ise 10 m'ye varan kalınlıklarda olduğunu göstermektedir. Özetle, yukarı yatakta akarsu tesirleriyle birikmiş tortullar oldukça incedir ve Pliyosen çökelleri üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Şekil, 3, 5, 8).

Yukarı yatakta Kuvaterner tortullarının yaşlarına ilişkin olabilecek bir veri Işıklı Gölü'nden elde edilmiştir (Ismael, 2009; Kazancı ve diğ., 2011). Göl içinde yapılan 5 m'lik sondajların taban düzeyinden alınan C¹⁴ yaşları, göl-bataklık tortullarının G.Ö. 4500 yılını ortaya koymaktadır (Ismael, 2009).

Işıklı Gölü tortulları silt-egemen çamurlardır. Organik madde bulundurur ve akarsu çökellerinden belirgin şekilde farklıdır. 5 m'lik gölsel tortulların 4500 yılda depolandığı dikkate alınarak 10 m'lik flüviyal tortulların da Holosen'den bu yana, son Buzul Çağı sonrası depolandıkları yorumu yapılabilir.



Şekil 8. Yukarı-aşağı-orta yatak bölgesinde Kuvaterner tortularını gösteren sondaj logları ve lokasyonları.

Figure 8. Boreholes of the Quaternary deposits in the upper-middle-lower courses and their locations.

Orta Yatak

BMN'nin 'depolanmalı orta yatak' kesimi Denizli Grabeni içindedir. Nehrin orta yatak kısmı içinde olmakla birlikte Aksu ve Çürüksu'nun yukarı kısımları (Adıgüzel Barajı-Buldan arası) aşınmalıdır. Denizli Grabeni ise güncel akarsu tortulları bulundurur (Şekil 6) Sadeleştirilmiş jeoloji haritalarında BMN'nin Denizli Grabeni bölümü alüvyon işaretlenmiştir (örn. Şenel, 1997; Alçiçek ve diğ., 2007). Jeotermal saha olması dolayısıyla bölgenin jeolojisi önceki yıllarda ayrıntılı şekilde incelenmiştir (Kastelli, 1971; Uysallı ve Keskin, 1971; Şimşek, 1984; Çakmakoglu ve diğ., 1986). Bu kesimde Kuvaterner tortulu alüvyon ve travertenlerden kuruludur. Travertenler Kaklık, Pamukkale ve Karahayıt bölgesinde çeşitli yaş ve özelliklerde olup, graben kenarlarından graben tabanına ilerleyen şekildedir (Özkul ve diğ., 2002, 2005, 2010). Bu karbonatlar tektonizma ile yakın ilişkili olarak orta Pleyistosen'den bu yana oluşmaktadır (Altunel, 1996). *Homo erectus* dahil çeşitli fosiller kapsarlar (Erten ve diğ., 2005; Kappelman ve diğ., 2008). Travertenlerin oluşumu devam etmektedir ve üst bölümleri alüvyonlarla yanal geçişlidir (Özkul ve diğ., 2002). Güncel akarsu çökelleri, ekseri bataklık ve taşkın düzlüğü olarak Sarayköy-Kızıldere arasında bulunur. Ana kanal mendereslidir. Yatak eğiminin az olması nedeniyle ana kanal ve yakın civarı sucul bitkilerle kaplı olup, yoğun bir kırıntılı depolanması yoktur.

Denizli Grabeni içindeki kırıntılı Kuvaterner istifi DSİ sondaj loglarında ve çeşitli yarmalarda açıkça gözlenir. Toplam 40 m'lik kırıntılı istifin varlığı söz konusudur. Travertenler de yaklaşık bu kalınlıktadır. Ancak yanal geçiş sebebiyle travertenler ve kırıntılıların toplamı iki kat kalınlığa ulaşamaktadır.

Sondaj ve yarmalar Denizli Grabeni içindeki Kuvaterner tortullarının Kaklık-Sarayköy arasında özellikle Sarayköy civarında ince tabakalı, laminalı, mavimsi-gri renkli, killi marnlı çamurlar olduğunu göstermektedir (Şekil 8). Sarayköy-Buldan arasında özellikle Yeniköy kum ocaklarında ince mavimsi kil bantları ile bölünen yıkanmış kum ve çakıl depoları şeklinde görülür (Şekil 9). Denizli'nin malzeme ihtiyacını karşılayan kumlu tortullar yaklaşık 5 km'lik bir alanda Sarayköy-Buldan arasında, Adıgüzel baraj sularının Denizli Grabeni'ne katıldığı kesimlerde gözlenir. Kumların içinde ara seviyeler halinde çakıl depoları bulunur. Çakılların boyları maksimum 12 cm kadardır ve bazıları köşelidir. Bu gevşek kum-çakıl istifinin ara kesimler halinde mavi renkli çamur-çamurtaşları ile bölünmeleri dikkat çekicidir. Kum ocaklarında yarmalar 15-17 m'lik yamaçlara sahiptir (Şekil 9). Kum istifinin toplam kalınlığı ise 30 m olduğu ocak sahiplerince belirlenmiştir (Haydar Erkoç; sözlü görüşme 2011).

Yarmalarda açıkça izlendiği gibi kumlu istif güneydoğuya doğru 2-10°'lik eğime sahiptir. Eğimler Sarayköy'e (güneye doğuya) doğru hızla azalır. Kumların tortul özellikleri ve buldukları yer deltayik depolanmayı düşündürmektedir. Ara düzeyler ise sığ gölsel çökellerdir (Şekil 9).

Aşağı Yatak

Bu çalışmada Söke ile Buharkent arasındaki kesim, kabaca güneybatıya uzanan çengel bölümü hariç BM Grabeni, BMN'nin aşağı yatağı olarak nitelenmiştir. Söke-Bağarası ile Ege Denizi arasındaki kesim ise Büyük Menderes Nehri Deltası olup nehrin aşağı yatağından ayrı olarak ele alınacaktır.



Şekil 9. Pleyistosen Sarayköy Gölü'nde Banaz Çayı deltasının kumları.

Figure 9. Pleistocene Sarayköy lake and its delta formed by the Stream Banaz.

BMG ve/veya aşağı yatak içindeki Kuvaterner tortulları, oluşum tarzlarına göre başlıca alüvyon yelpazesi ve akarsu kökenli olmak üzere iki gruptur (Şekil 8). Bunlar önceki bir çalışmada haritalanmış ve fasiyeslerine ayrılmıştır (Kazancı ve diğ., 2009). Söke-Buharkent arasında Kuvaterner tortullarının kapladığı alan toplam 1050 km² olup bunun yarıya yakını grabenin kuzey kenarlarından güneye doğru büyük ilerlemeler gösteren alüvyon yelpazeleri teşkil eder (Şekil 7). Özellikle kuzey kenar yelpazelerinin büyüklükleri ve hepsinin 6 km ye yaklaşan ilerlemeleri dikkat çeker. Grabenin güney kenarında neredeyse hiç yelpaze geliş-

memiştir. Alüvyon yelpazeleri adeta akarsu ana kanalı ve tortullarını güneye doğru ilerlemeye zorlamaktadır. Bu durum grabeni oluşturan kuzeydeki fayların halihazırdaki oransal faaliyetlerinin daha fazla oluşunun sonucudur (Hakyemez ve diğ., 1999; Gürer ve diğ., 2009). Grabenin kuzey kenarını oluşturan yüksek Aydın Dağları K-G yönlü derin vadilerle yarılmış, dayanımsız Neojen çökelleri ile Menderes masifi kayaları bir yandan hızla değişirken bir yandan da bol kırıntılı malzeme sağlayarak büyük yelpaze ilerlemelerine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, yapılan çeşitli su ve sediment barajları ile arazi ıslah

çalışmaları, seksenli yıllardan bu yana alüvyon yelpazelerinin ilerlemelerini durdurmuştur.

BMG taban düzlüğü tarımsal faaliyetlerle yoğun şekilde işlendiğinden hiçbir yerde yüzeyde tortul gözlenmez. Düzlükte genelde 0,2-1,0 metre arasında azonal toprak gelişmiş olup ancak yarmalarda toprakları, alüvyal ve flüvyal çökelleri fark etmek mümkündür. Toprak kalınlığının az oluşu taşınma-depolanma süreçlerinin göreceli etkili olduğunun işaretidir. Mevcut ince taneli tortullar olgun/zonal topraklar gibi tarım olanağı vermektedir. İnce toprak örtüsü altındaki akarsu tortullarının büyük bölümü taşkın düzlüğü, daha az orandaki kısmı ise terkedilmiş ve aktif menderesli kanal çökellerinden ibarettir. Bu durum akarsu yataklarının gezinebildiği/yer değiştirdiği geniş graben düzlükleri için olağandır (Miall, 1978; Collinson ve Lewin, 1983; Fielding, 1984). Terkedilmiş menderes kanallarının boyları birkaç yüz metreden iki kilometreye kadar ulaşabilir. Sayılarının çokluğuna karşın, yapay drenaj kanalları sebebiyle bunların hemen hiç biri su bulundurmaz (= *akmaz gölü / ox-bow lake* teşkil etmez) ve daha önce oluşmuş art bataklık alanları da kurutulmuştur. Menderesli kanalların çokluğu ve bölümlenmeleri ile dünyanın ilk örneği olmasına karşın, tarım faaliyetleri bazı noktalarda nehir ana yatağına dayanmıştır. BMG, akarsu faaliyetleri ile beraber tarım faaliyetlerinin de yoğun oluşu ile de dünyada örnek olsa gerekir.

BMN'nin aşağı yatakta bulunan güncel ve eski tortulları sondajlarla tespit edilmiş ve Kuvaterner tortulları fasiyeslerine ayrılmış, fasiyeslerin alansal dağılımı gösterilmiştir (Kazancı ve diğ., 2009). Buna göre, graben ekseninde yer alan Söke ile Nazilli arasındaki bazı sondajlar, yüzeyden itibaren 45-55 metre derinlere kadar denizel tortulları kesmekte ve

sonra akarsu tortullarına girilmektedir. Bazı sondajlar ise yüzeyden itibaren doğrudan yelpaze ve akarsu tortullarına ulaşır. İncelenen sondajlardaki akarsu tortulları kalınlığının 100 ile 175 metre arasında değiştiği gözlenir. Buradaki yelpaze çökelleri ise 75-125 metre kadardır, ancak bu kalınlıkların orta ve dış yelpaze istiflerine ait oldukları göz önüne alınmalıdır. Doğrudan iç yelpazeler üzerinde sondaj verisi yoktur. Miall (1984)'de önerilen yöntem izlenerek sondajlarda kesilen, tümü tutturulmamış gevşek tortullar dokuz fasiyese ayrılabilir. Bunlar 1- kaba çakıllar, 2- boylanmamış çakıllar, 3- çakıllı kum, 4- siltli kum, 5- kavkılı kum, 6- kumlu kırmızı çamur, 7- kumlu gri çamur, 8- killi gri çamur, 9- killi kırmızı çamur olup, ayrıca bulunuşu bir düzen göstermeyen travertenler tespit edilmiştir (Şekil 8). Kuvaterner tortulları çimentosuz oluşları ve kırmızı alacalı renkleri ile daha eski tortullardan kolayca fark edilmektedir. Yukarıdaki çakıllı fasiyesler alüvyon yelpazelerine, kırmızı ince taneli fasiyesler akarsu tortullarına, kavkılı (denizel) ve organik maddece zengin gri fasiyesler ise denizel ortamlara yorulmuştur. Bu sonuncular doğruya doğru hızla incelik ve kuyucak yakınlarında son bulur. Toplam Kuvaterner istifi ise Buharkent'ten/Söke'ye doğru kalınlaşarak devam eder. En fazla kalınlık delta istifindedir. DSİ tarafından yapılan sondajlar ile yakın zamanda verilen jeofizik inceleme sonuçları dikkate alınarak (Yazman ve diğ., 2004; Sarı ve Şalk, 2006), graben içindeki Kuvaterner tortullarının toplam kalınlığının 245 m olduğu söylenebilir (Şekil 8) (Kazancı ve diğ., 2009). Sondaj verilerine göre Kuvaterner akarsu tortullarının en kalın olarak bulunduğu yerler Aydın ile Nazilli arasındadır ve delta çökelleri ile yanallı geçişlidir. Dolayısıyla, delta ve karasal çökellerin yaşları da benzer olup, deltadan üretilen verilere göre Geç Pleistosen-Holosen aralığındadır (Aksu ve diğ., 1987; 1990).

Bunların tümünün Holosen yaşlı olabileceği görüşü de vardır (Hakyemez ve diğ., 1999; Ünay ve Göktaş, 2000). Çünkü graben kenarlarında asılı, kırmızı renkli, alacalı kırıntılı çökellerin yaşı Ünay ve diğ (1995)'de belirtildiğine göre Toringiyen'e kadar çıkar. Üzerlerinde bunları kesen daha genç, kaynak ve iç yelpaze kesimleri görülmeyen ve fakat orta ve dış yelpaze istifi çok açık olan alüvyon yelpaze tortulları (telescoping fan) bulunmaktadır. Örneğin Aydın Tralles düzlüğü böyle bir oluşumu temsil eder. Buradaki 1000 metreyi geçen tortul kalınlığının oluşumunda tektonizma etkili olmuştur. Bunlar graben tabanındaki akarsu tortulları ile geçişlidir, dolayısıyla tümünün oluşumu Holosen'e yorulabilir (Y.Hakyemez, 2011, Sözlü görüşme). Kesin olan husus bu yöredeki tortulların daha ayrıntılı stratigrafiye ihtiyaçları olduğudur. Kuvaterner istifi Neojen tortulları üzerine uyumsuzlukla oturmuştur (Şekil 3, 8).

BMN Deltası

Büyük Menderes Nehri Deltası (BMND) ve yakın civarının morfolojisi önceki yıllarda çokça araştırılmıştır (Erinç, 1955, 1978; Göney, 1973, 1975; Erol, 1976; Eisma, 1978; Kayan, 1988; 1999; Ergin ve diğ., 2007). Burada delta hakkında özet bilgi sunulmaktadır.

BMG'nin güneybatıya uzanan, yerel olarak 'Söke Ovası' olarak adlanan bölümü BMND olarak nitelendirilmiştir (Şekil 1, 2). Nehir jeolojisinde deltalar nehrin 'uç noktası', 'bitiş noktası'dır, bu nedenle delta başlangıcının tespiti önemlidir. Bu çalışmada Söke-Bağarası hattının 5 km kuzeyi, BMND'nin başlangıcı olarak tespit edilmiştir (Şekil, 2). Bu tespit dayanağı, BMN'e kavuşan en son kolun güneyden kuzeye ilerleyerek ana kola bağlanan Bağarası Deresi'dir (Şekil 2). Zaten, ana yatağın bükümlenmesi ve terkedilmiş menderes kolları

burada biter ve eski dağıtım kanalları (*distributary channels*, uçları nehir yatağına bağlanarak sonlanan eski yataklar) başlar. Tarafımızdan açılan sığ yarmalarda yüzeydeki 0,5 - 1,0 metrelik toprak/akarsu çökellerinin hemen altında denizel kavkılı kumların varlığı gözlenmiştir. Bu durum çok eskilerde yapılan doğal gaz ihbarı sırasında da tespit edilmiş ve Söke ovasının altında kalın denizel tortullar olabileceği rapor edilmiştir (Ternek, 1959). Özetle, BMND'nin başlangıcı Söke-Bağarası hattının 5 km kuzeyidir. Buradan itibaren delta ilerlemesi 35 km dir (Şekil 2, 7). Bu tespit Milet ve Prien antik kentlerinden elde edilen yazılı kayıtlar ile de uyumludur. Tarihi bilgiler yaklaşık 3500 yıl önce denizin Söke'ye 5 km kadar yaklaştığını, 2000 yıl önce, nehrin taşıdığı tortulların Latmos Körfezi'ni doldurarak bugünkü Bafa Gölü'nü oluşturduğunu, kıyı kentleri olan Prien ve Milet'in hızlı ilerleyen delta nedeniyle karaya hapsediklerini göstermektedir (Erinç, 1955; Göney, 1973, 1975; Mullenhoff ve diğ., 2004).

Söke Ovası ve denize doğru devamında, BMND dahil tüm Kuvaterner tortullarının kapladığı alan 570 km² olup bunun yalnızca 40 km² kadarı alüvyal ve kolüvyal birikimler olarak tespit edilmiştir. Akarsu etkenliğinde ve/veya delta olarak biriken çökellerin alanı 530 km² gibi yüksek bir değerdedir. Bu geniş alan, nehrin kendisinin olduğu gibi deltasının da bütün Ege Denizi'nin en büyük deltası olduğunu göstermektedir.

BMND, çok az gelgit etkisinin olduğu 'dalga-egemen' kıyasal oluşumdur (Aksu ve diğ., 1987; Ergin ve diğ., 2007). Güncel kıydan açıklara doğru, su derinliğinin 10 metreden daha az olduğu, 1-2,5 km genişliğinde su altı delta platformu vardır. Delta yüzeyi buradan sonra hızla eğimlenir ve yaklaşık 10 km açıkta şelf kenarına ulaşılır. Su altı delta bölümünde, olasılıkla BMN tarafından oluşturulmuş kıydan

şelf kenarına kadar devam eden ve derinliği yer yer 70 metreye ulaşan bir kanyon vadi bulunmaktadır (Ergin ve diğ., 2007).

BMND su altı kesiminde yapılan sismik incelemeler, buradaki oluşumun dört ayrı deniz transgresyonu ve bunları izleyen dört delta ilerlemesiyle, son 250 000 yıl içinde meydana gelmiş delta kompleksi olduğunu açık olarak göstermektedir (Aksu ve diğ., 1987; 1990). Bu tekrarlı oluşum delta düzlüğündeki sondajlarda da izlenmektedir (Kazancı ve diğ., 2009). Milet ve Prien şehirlerini karaya hapseden en üstteki deltayik ilerleme son 6000 yıl içindeki kıyı olaylarının bir bölümüdür. Aydın yakınlarındaki sondaj verilerine dayanarak, bu sırada denizin kara içine 50 km kadar sokulduğu belirlenmiştir (Schröder ve Bay, 1996; Bruckner, 1997; Bruckner ve diğ., 2002). Ayrıntılı çalışmalar son deniz ilerlemesinin Kuyucak'a kadar ulaşabildiğini göstermiştir (Kazancı ve diğ., 2009). Esasında bu durum denizin aşırı yükselmesi sonucu değil buradaki arazi eğiminin çok düşük oluşu nedeniyle gerçekleşmiştir. Orta-Geç Holosen'deki olayların sonucu olarak, Ege denizi kıyılarında çokça bulunan karaya hapsedilmiş şehirler, kültürel jeolojinin önemli veri kaynaklarıdır ve deniz seviyesi hakkındaki bazı veriler bunlardan üretilmektedir (Franco, 1996; Flemming ve diğ., 1998; Pirazolli, 2005; Mariner ve Morhange, 2007).

TARTIŞMA: BMN'NİN OLUŞUMU VE EVRİMİ

BMG'nin içindeki ve yakın civarındaki tortullar, özellikle Neojen yaşlı olanlar, bölgenin tektonik evrimine sağlayacağı katkılar nedeniyle eskiden beri incelenmekte ve stratigrafiler önerilmektedir (örn. Sözbilir ve Emre, 1990; Seyitoğlu ve Scott, 1992; Hakyemez ve diğ., 1999; Ünay ve Gökteş, 2000; Yılmaz ve diğ., 2000; Gürer ve diğ., 2001, 2009). Ekserisi yüzey gözlemlerine dayanan bu önerilerde,

Kuvaterner tortulları için verilen 10 metre ile 1500 metre arası kalınlıklar ile Erken Pleyistosen'den Holosen'e yaş benzemezlikleri dikkat çekicidir. Bu çalışmada kabul edilen yaklaşım delta istifi ile onu besleyen akarsu tortullarının zamansal ve alansal olarak dengeli bir gelişim içinde olmaları gerektiğidir (Morgan, 1970; Reading ve Collinson, 1996).

a- BMN'nin Doğuş ve Bitiş Yeri

DSİ kayıtlarında ve çeşitli okul kitaplarında Dinar ilçesindeki Suçikan BMN'nin başlangıç yeri, Dinarsuyu anakol olarak gösterilir. Buna göre nehrin uzunluğu 584 km' dir. Son 35 km'lik kısmı delta üzerindedir. Bu çalışma kapsamında uydu görüntüleri, haritalar, DSİ kayıtları üzerinde yapılan incelemeler, başlangıcında su kaynağı olmamakla birlikte Küfi Çayı'nın daha uzun, vadisinin daha derin, taşıdığı tortul miktarı ile mevsimlik suyun daha fazla olduğunu göstermiştir (Şekil 2). Küfi Çayı'nın morfolojisi daha önce de tespit edilmiş (Zeybek, 1994; Ceylan,1998), ancak nehir başlangıcı olarak önerilmemiştir. Mevcut durum Küfi çayı'nın BMN'nin başlangıcı ve anakolu sayılması gerektiğini göstermektedir. Bu durumda nehrin uzunluğu 615 km'dir.

b- BMN'nin Tortul Varlığının Delta ile Karşılaştırılması

Ana ve yan kolları üzerine su ve tortul barajları yapılmadan önceki BMN'nin su ve tortul taşıma kapasitesi, mevcut kayıtlara göre 8-14 milyon ton/yıl arasındadır (EİE, 1986). Önceki bölümlerde belirtildiği gibi bu büyük bir değerdir. Öte yandan, fosil bulgular ve radyometrik veriler BMND'nin oluşumunun son 250 000 yıldır devam etmekte olduğunu göstermektedir (Aksu ve diğ., 1987; Ünay ve diğ., 1995; Ünay ve Gökteş, 2000). Bu süre ve ortalama 10 milyon ton yıllık tortul miktarı, mevcut deltanın su içi ve su dışı toplam hacmi

karşılaştırılırsa, deltanın çok düşük kaldığı görülmektedir. Oysa delta kompleksinin en üstteki Geç Holosen istifi ile mevcut tortul yük birbirini karşılamaktadır. Bu durum Kazancı ve diğ (2009)'da olası bir kapma ile açıklanmıştır. Bu görüş eldeki bu çalışma ile doğrulanmış olup, BMN son Buzul Çağı sonrasına ait bir akarsudur. Bu kapmaların saha verileri sonraki bölümlerde tartışılmıştır.

c- Pleyistosen Sarayköy Gölü ve Banaz Çayı Deltası

Sarayköy-Buharkent arasında, nehrin aşağı yatağı ile orta yatağının geçişinde akarsu çökellerinin 10 metreye kadar incelendiği, neredeyse tabandaki Pliyosen ve temel kayaların yüzelediği görülür. Burası Denizli Grabeni ile BMG'nin kavuşma yeridir (Şekil 1, 2, 6-8). Buna karşın hemen Sarayköy civarındaki sondajlarda yüzeyden itibaren mavimsi-gri renkli çamurlar vardır ve kalınlığı 60 metre kadardır. Bu çamurlar akarsu kökenli olamayacak kadar ince taneli, bol organik maddelidir ve göl oluşukları olarak yorumlanmıştır. Yani, Denizli-Sarayköy arasındaki yataya yakın, şimdiki nehrin bükümlendiği, yer yer sazlık olan alan eski bir göl düzlüğünü temsil etmektedir. Bu 60-70 metre derinlikteki olası gölün bir diğer işareti, Yeniköy civarındaki kum ocakları ve bu kumların ortaya koyduğu delta istifidir (Şekil 6, 9). Ocaklardaki yarmalarda deltayik istiflenmenin içyapısı (ön takımlar, delta ilerisi çamurlar, karasal delta düzlüğü) açıkça görülür. Deltayik kumların kalınlığı 30 metredir. Bu delta Banaz Çayı'nın Sarayköy Gölü'ne kavuşma yerinde gelişmiştir ve yanal yönde mavimsi-gri çamurlara geçerler (Şekil 8-10). Bu sırada bölgede BMN yoktur, asıl akarsu Banaz çayı'dır. Delta istifinin büyük oranda kireçtaşı kırıntılarında oluşması, Banaz Çayı'nın Neojen karbonatlarından (Ulubey

formasyonu) oluşan drenaj alanı ile uyumludur (Büyük olasılıkla buradaki delta tortulları Ulubey kanyonlarının birikim eşdeğeridir). Kaklık tarafından gelen akarsu kolu ile Çürüksu, bu gölün diğer besleyicileridir (Şekil 10). Çürüksu'nun gölde delta meydana getirmiş olması beklenmektedir.

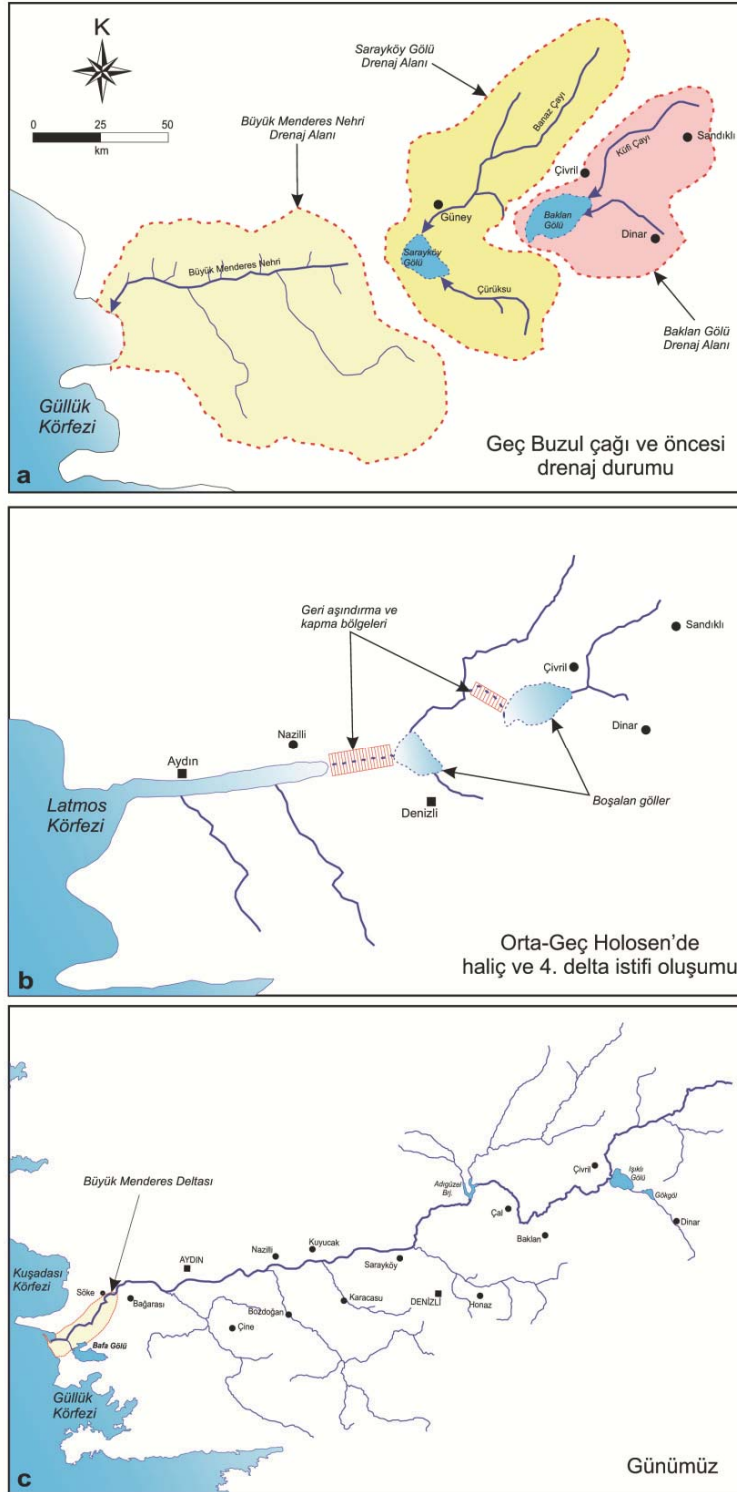
Delta olarak yorumlanan kum ocaklarında ve yanal eşdeğeri gölsel çamurlarda yaş verisi elde edilememiştir. Ancak Geç Pliyosen çökelleri üzerine uyumsuz geldikleri açıktır. Bu durumda delta ve göl tortullarının yaşlarını Pleyistosen olarak yorumlamak mümkündür. Olasılıkla göl Geç Pleyistosen'de boşalmış ve BMN'e katılmıştır.

d- Geç Pleyistosen Baklan Gölü

'Yukarı yatak' bölümünde Baklan-Çivril civarındaki tortullar tanıtılmış idi. Çal-Çivril yol ayırımı ile Baklan ilçesi batısındaki alanda mavimsi-gri renkli çamurların yüzelediği, sondajlarda ve drenaj kanallarının yarmalarında açıkta gözlendikleri ve toplam kalınlıklarının 30 metreyi bulduğu tespit edilmiştir (Şekil 5, 8, 10). Tortullar organik maddece zengin olup göl-bataklık ürünleridir. Bir başka ifade ile bunlar bölgedeki az derinlikli eski bir gölün temsilcileridir. Baklan Grabeni'nin güney yarısını kaplayan gölün tatlı sulu olması muhtemeldir, çünkü tortullar içinde bunu işaret eden gastropodlar bulunmuştur. Küfi Çayı ve Dinarsuyu ayrı ağızlardan bu göle dökülmekteydi (Şekil 10). Göl daha sonra dış drenaja açılmış, boşalmış ve BMN bölgeye yerleşmiştir. Bol tortul taşıyan Küfi Çayı'nın Çivril ilçe merkezi civarında teşkil ettiği alüvyon yelpazesi, büyük saha yayılımına karşılık tortul kalınlığı bakımından son derece ince, adeta bir örtü şeklindedir. Çünkü bu yelpaze, Geç Pleyistosen Baklan Gölü'nün kapılmasından bu yana gelişen, göreceli genç bir çökel deposudur. Kalın istif için henüz

yeterli zaman geçmemiştir. Bu yelpazenin oluşmaya başlaması, olası gölün dış drenaja

açılması, BMN'nin ortama yerleşmesi ile hemen hemen aynı zamana rastlamıştır.



Şekil 10. Geç Pleyistosen-Günümüz'de BMN'nin paleocoğrafik evrimi.

Figure 10. Late Pleistocene-Recent paleogeographic evolution of the River Büyük Menderes.

e- Güncel Büyük Menderes Nehri'nin Kuruluşu

BMN'nin deltası, aşağı-orta-yukarı yatağının morfolojileri ve buralardaki gölsel istifler birlikte ele alınırsa, BMN'nin ilk oluşmağa başladığı günden bu yana önemli değişimler geçirdiği ortaya çıkar. En önemli olay bu nehrin çok uzun süre BMG içinde sınırlı, yaklaşık 250 km lik bir akarsu olarak kalmış olmasıdır. Olasılıkla Akçay ana nehir kolu idi (Şekil 2, 10). Deltanın alttan itibaren ilk üç istifi bu akarsu tarafından oluşturulmuştur. Pleyistosen Sarayköy ve Baklan göllerinin boşalıp dış drenaja bağlanması ile günümüzdeki BMN ortaya çıkmıştır. Asıl soru bu kapılmanın ne zaman ve nasıl gerçekleştiğidir. Bu soruya deltadan yola çıkılarak cevap bulunması mümkündür. Bulgular, Baklan ve Sarayköy göllerinin kapılmasının delta kompleksinin en üstteki istifinin oluşması ile bağlantılı olduğunu göstermektedir (bkz BMN deltası bölümü).

Delta kompleksinin en üstteki dördüncü istifinin oluşmasından önce, son Buzul Çağı'nın hemen sonrasında deniz seviyesinin bugüne göre 140 metre kadar daha düşük olduğu bilinmektedir (Aksu ve diğ., 1987; Flemming ve diğ., 1998; Pirazolli, 2004). Bu akarsu taban seviyesinin önemli ölçüde düşmüş olması demektir. Akarsular yataklarını derine ve geriye doğru, taban seviyelerinin düşüklüğü ölçüsünde kazarlar (Chorley ve diğ., 1984; Reading ve Collinson 1996; Bridge, 2003). Son Buzul Çağı sonrası (M.Ö. 18.000) eski BMN yatağını geriye kazarak, önce tüm Geç Pleyistosen'de var olan Sarayköy Gölü'nü kapmış ve boşaltmıştır. Sarayköy Gölü'nün boşalımı geçici taban seviyesini ortadan kaldırmış, böylece Banaz Çayı ve yan kollarının geriye doğru aşındırmasını tetiklemiş olmalıdır. Artan geriye kazıma ile Sarayköy

Gölü'nden bir süre sonra Baklan Gölü kapılmıştır. Bu ikincisinin daha sonra olduğu, açığa çıkan göl tortulları üzerinde henüz zonal toprak örtüsü gelişmemiş olmasına dayanarak söylemek mümkündür. Baklan Gölü'nün kapılması ile Dinarsuyu ve Küfi Çayı ana nehir kolu haline gelmişlerdir (Şekil 10). Geç Pleyistosen'deki global deniz seviyesi değişim eğrileri ile bu zaman içinde Ege Bölgesi'nin jeolojik-jeomorfolojik evrimine bakılarak (örn. Erol, 1976; Kayan, 1999), kapma olaylarının yaklaşık 18 000 ile 12 000 arasında gerçekleştiği söylenebilir.

SONUÇLAR

BMN Ege Denizi'nin en uzun akarsuyudur. Küfi Çayı'nın ana kol ve başlangıç kabul edilmesi gerekir. Bu durumda nehrin uzunluğu 615 km dir. Nehir bugünkü haline Geç Pleyistosen'de, Holosen'den hemen önce ulaşmıştır. Nehrin bugünkü halinin denizdeki tortul karşılığı BMN delta kompleksinin en üstteki istifidir. Bu istif göreceli kalın ve yaygındır. Bu deltayık istifin oluşmasından önce deniz dar ve uzun bir dil halinde Kuyucak'a sokulmuş, o gün itibariyle yaklaşık 80 km uzunluğunda bir haliç meydana getirmiştir. Söke'nin güneyi ise büyük bir körfezdır. Bu haliç ve körfez son 5000 yılda hızla dolmuştur. Bu hızlı dolmanın asıl kaynağı büyüyen drenaj alanı ve sağlanan fazla miktar tortul gereçtir. Bunun öncesindeki delta istifleri BMG içine hapsolan eski küçük nehir tarafından oluşturulmuştur.

BMN'nin tortul birikimine çeşitli kapma olaylarına tektonizmanın tesir ettiği şüphesizdir. Ancak bu etkinin ne ölçüde olduğu belli değildir. Tespit etmek de mümkün değildir. Akarsu süreçleri ve tüm yeryüzü olayları, doğası gereği hızlı şekilde gerçekleşirler. Asıl faktör iklimdir. Bu sebeple grabenlerdeki olayların salt tortullara dayalı olarak yorumlanması yanıltıcı olabilir. Aynı

şekilde, nehirlerin jeolojisi her zaman içinde bulunduğu çöküntülerin jeolojik yansıması değildir. BMN buna güzel bir örnektir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Kuvaterner Araştırma Grubu'nun tematik faaliyetlerinden olup saha giderleri büyük oranda AUBAP 2005-07-45-032 projesi kapsamında, kısmen TÜBİTAK-YDABÇAG 106Y043 projesi ile karşılanmıştır. Çivril ve Işıklı Gölü civarında yürütülen incelemelere M.Tarık Ismael (M. Tarık Ercan), Dr. Özden İleri, Dr. Salim Öncel, Dr. Özlem Makaroğlu; Çal, Buldan, Kuyucak civarındaki arazi incelemelerine Yaşar Suludere; Denizli civarı arazi çalışmalarına Prof. Dr. M. Özkul, Hüseyin Erten, Oruç Baykara, İrfan Deniz Yaman; Aydın, Söke civarı incelemelerine Ediz Kırman, Fatih Çakır zaman zaman katılmış, yardım etmiş ve görüşleriyle katkıda bulunmuşlardır. Esra Önde BMN'ne ait verilerin işlenmesi aşamasında katkı sağlamıştır. Haydar Erkoç bazı saha ve uydu görüntülerini temin etmiştir. DSİ Çivril Bölge Müdürlüğü arazi çalışmaları süresince teknik ve lojistik destek sağlamıştır. Bunların herbiri ayrı ayrı önemli ve büyük desteklerdir. Makale mevcut halini Prof. Dr. Faruk Ocakoğlu, Dr. Yavuz Hakyemez ve Prof. Dr. Gürol Seyitoğlu'nun önerileri üzerine yapılan ekleme ve düzeltmelerden sonra almıştır. Yazarlar bütün katkılar için adı geçen kişi ve kurumlara teşekkürü borç bilirlir.

EXTENDED SUMMARY

UN and then Turkish government declared that energy, food and clean water are the most three vital things for human and societies. Rivers, elements and natural architects of the lands are also important water resources. Thus, their geologies and natural evolution could help to sustainability and conservation efforts on

natural sources. However, river geology is highly different from the geological studies of fluvial deposits. While the latter is a work of classical geology, river geology comprises the history of a river from its birth to present. The River Büyük Menderes (RBM) of Turkey seems to be a convenient example for such an attempt as it occupies some tectonic depressions of western Anatolia and caused to land lock some antique cities like Myus, Prien and Miletus.

The RBM is the longest stream which discharges into the Aegean Sea with a 615 km course. It originates from the Sandıklı town (Afyonkarahisar) of central west Anatolia and ends at the Güllük Bay forming a large, wave-dominated delta (with a surface area of 530 km² and 35 km progradation). Based on measurements in last two decades its annual water discharge and sediment load were 90 m³/s and 8-14 millions ton/year respectively. Its upper course places in the Baklan-Dinar Graben (BDG) while middle and lower courses are in Denizli Graben (DG) and Büyük Menderes Graben (BMG) respectively. Mean course dip is % 0.2. Its has a meandering channel along the longitudinal profile except for some short discontinuities as falls of 5-10 m high at the course- or graben-connections. As a matter of fact, the term "meandering" channel in earth sciences was originated from "Maiandros flu" the antic name of the RMB. Shortly, this river is the main representative of meandering channels in geology. Core logs provided from the State Water Works (DSI) of Turkey show that thickness of fluvial sediments formed by the RBM are 5-10 m at upper course, 30-50 m at middle course and 60-140 m. However, its delta was ca. 245 m thick comprising four deltaic and four marine sequences (= delta complex). When comparing the modern sediment load and amount of fluvial and deltaic deposits, an inequality is clear between transportation and

deposition. Paleogeographic evolution of the river course explains it well; according to data obtained from the delta, the BMR has a life history of a quarter millions years in late Pleistocene. However, the main sediment source, the old RBM was a short, limited stream at the BMG till last Glacial Stage and three first delta sequences was formed by this old and short stream. During that time middle and upper course were separate drainage basins containing two lakes and steams. They were Sarayköy Lake and Baklan Lake of late Pleistocene. The Sarayköy Lake was relatively deep up to 60 m and the Banaz stream could form a 30 thick delta in it. The delta deposits are still used as raw material of construction. Lowering base-level during the Glacial Stage caused and/or increased erosion, particularly at river courses (=back erosion). At last, the old RBM reached and captured the Sarayköy Lake at pleniglacial period. This capture increased significantly drainage area, water and sediment capacity of the new river. However, it also caused to wash out sediment (infill) at middle and upper courses due to low base (sea)-level. Some subaqueous delta lobes of latest Pleistocene created just after this capture. Later, during the mid Holocene transgression, a narrow and long, tongue-like estuary was occurred along the lower course of the RBM. It was filled in a short time and the uppermost sequence of the delta complex occurred. Delta progradation was so rapid that old Latmos Bay was filled in three millennia locking antique cities into the land. Presently delta progradation seems to be stopped by deep submarine topography and high energy of the Aegean Sea.

DEĞİNİLEN BELGELER

Akdeniz, N., Konak, N., Öztürk, Z. ve Çakır, M.H., 1986. İzmir-Manisa dolaylarının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Raporu, No 7929, Ankara (yayınlanmamış).

- Akgün, F. ve Akyol, E., 1999. Palynostratigraphy of the coal-bearing Neogene deposits in Büyük Menderes graben, western Anatolia. *Geobios* 32, 367-383.
- Akyol, İ.H., 1947. Türkiye'de "akarsu sistemleri" ve rejimleri. *Türk Coğrafya Enst. Derg.*, 9-10, 1-36.
- Aksu, A. E., Piper, D.J.W. ve Konuk T., 1987. Quaternary growth patterns of Büyük Menderes and Küçük Menderes deltas, western Turkey. *Sedimentary Geology* 52, 227-250.
- Aksu, A.E., Konuk, T., Uluğ, A., Duman, M. ve Piper, D.J.W., 1990. Quaternary tectonic and sedimentary history of eastern Aegean Sea shelf area. *Jeofizik* 4, 3-35.
- Alçıçek, H., Varol, B. ve Özkul, M., 2007. Sedimentary facies, depositional environments and palaeogeographic evolution of the Denizli basin, SW Anatolia, Turkey. *Sedimentary Geology* 202, 596-637.
- Altunel, E., 1996. Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 118, 47-64.
- Ardel, A., 1957. Batı Toroslarla kenar ovalarının jeomorfolojisi (Xavierde Planhol'a göre). *İstanbul Üniv. Coğrafya Enst. Derg.*, 8, 1-15.
- Bozkurt, E., 2000. Timing of extension on the Büyük Menderes Graben, western Turkey, and its tectonic implications. In: Bozkurt, E. Winchester, J.A. & Piper J.D.A. (Eds.) *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society of London Special Publication 173, 385-403.
- Bozkurt, E., 2003. Origin of the NE trending basins in western Turkey. *Geodinamica Acta* 16, 61-81.
- Bozkurt, E. ve Rojay, B., 2005. Episodic, two-stage Neogene extension and short-term intervening compression in Western Turkey: field evidence from the Kiraz Basin and Bozdağ Horst. *Geodinamica Acta* 18, 299-316.
- Bridge, J.S. 2003. *Rivers and Floodplains; Forms, Processes and Sedimentary Records*. Blackwell Publishing, Oxford, 491s.
- Brückner, H., 1997. Coastal changes in western Turkey; rapid delta progradation in historical times. In: F. Briand and A. Maldonado (Eds), *Transformations and Evolution of the Mediterranean Coastline vol. 3*, CIESM Science Series, pp. 63-74.
- Brückner, H., Müllenhoff, M., Handl, M. ve van der Borg, K., 2002. Holocene landscape evolution of the Büyük Menderes alluvial plain in the environs of Myous and Priene (Western Anatolia Turkey). *Zeitschrift für Geomorphologie Supplement Band* 127, 47-65.
- Ceylan, M.A., 1998. Baklan-Çivril ve yakın çevresinin hidromorfoloji etüdü. Marmara Üniv. Sosyal Bil. Enst. Coğrafya Anabilim Dalı, Doktora tezi, İstanbul, 260 s (yayınlanmamış).
- Chaput, E. 1976. Türkiye'de jeolojik ve jeomorfolojik tetkik seyahatleri. İstanbul Üniv. Coğrafya Enst. Yayını, no 11, İstanbul (Çeviren A.Tanoğlu).
- Chorley, R.J., Schumm, S.A. ve Sugden, D.E., 1984, *Geomorphology*. Methuen, London, 605s.

- Collinson, J. D. 1996. Alluvial sediments. In: Reading, H.G. (Ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford, 37-82.
- Collinson, J.D. ve Lewin, J., (eds) 1983. *Modern and Ancient Fluvial Systems*. Special Publication of the International Association of Sedimentologists, no 6, Blackwell, Oxford, 575 s.
- Çakmakçoğlu, A., Göktaş, F., Tari, E.S., Yavuz, F., Sarıkaya, H., 1986. Çivril-Banaz-Sandıklı arasındaki sahanın jeoloji ön raporu. Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu, no 8062, Ankara (yayınlanmamış).
- Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. 1979. Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin* 190, 84-92.
- Dora, Ö., Kun, N. ve Candan, O., 1992. Menderes masifinin metaforfik tarihçesi ve jeotektonik konumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 35, 1- 25.
- DSİ, 1975. Aşağı Büyük Menderes Havzası Hidrojeoloji İncelemesi. Devlet Su İşleri Raporu, 207 s. Ankara.
- DSİ, 1987. 1981 Akım Gözlem Yıllığı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Matbaası, Genel yayın no 957, Ankara.
- DSİ, 2003. 1999 Akım Gözlem Yıllığı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Basım ve Foto Film Şube Müdürlüğü, Ankara.
- EİE, 1986. Türkiye akarsularında sediment gözlemleri ve sediment taşınım miktarları. *Elektrik İşleri Etüd İdaresi Yayını*, No 86-61, Ankara.
- EİE., 1993. Türkiye akarsularında sediment gözlemleri ve sediment taşınım miktarları. *Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü*, Yayın No: 93-59, Ankara.
- EİE, 2000. Türkiye akarsularında asılı yük gözlemleri ve asılı sediment taşınım miktarları. *Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü*, Yayın No 20-17, Ankara.
- EİE, 2006. Türkiye akarsularında asılı yük gözlemleri ve asılı sediment taşınım miktarları. *Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü*, Yayın No 93, Ankara.
- Eisma, D., 1978. Stream deposition and Erosion by the Eastern shore of the Aegean. In: W.C. Brice (Ed.), *The Environmental History of the Near and Middle East since the Last Ice Age*, Academic Press, London, p. 38-44.
- Ergin, M., Kadir, S., Keskin, Ş., Turhan-Akyüz, N. and Yaşar, D., 2007. Late Quaternary climate and sea-level changes recorded in sediment composition off the Büyük Menderes River delta (eastern Aegean Sea, Turkey). *Quaternary International* 167/168, 162-176.
- Erinç, S., 1955. Gediz ve Küçük Menderes deltalarının morfolojisi. 9. Coğrafya Meslek Haftası (22-29 Aralık 1954) - Tebliğler ve Konferanslar. *Türk Coğrafya Kurumu Yayını* 1, İstanbul, p. 33-66.
- Erinç, S., 1957. Türkiye'de akarsu rejimlerine toplu bakış. *Türk Coğrafya Enstitüsü Derg.* 17, 93-117.
- Erinç, S., 1967. Acıgöl'ün Pleistosen'deki seviyesi hakkında. *İstanbul Üniv. Coğrafya Enst. Derg.*, 16, 140-143.
- Erinç, S., 1978. Changes in the physical environment in Turkey since the end of the last glacial. In: W.C. Brice, (Ed.), *The Environmental History of the Near and Middle East since the Last Ice Age*, Academic Press, London, p. 45-58.
- Ermış, E. ve Karaman, M.E., 1987. Bekilli (Denizli) dolayının stratigrafisi ve petrografik özellikleri. *Akdeniz Üniv. Isparta Müh. Fak. Derg.*, 7, 267-280.
- Erol, O. 1976. Quaternary shoreline changes on the Anatolian coasts of the Aegean Sea and related problems. *Bulletin de la Société Géologique de France* 2, 459-468.
- Erten, H., Özkul, M., Şen, Ş., 2005. Some Pleistocene mammals from travertine deposits of the Denizli basin, SW Turkey. In: Özkul, M., Yağız, S. Ve Jones, B. (Eds), *Proceedings of 1st International Symposium on Travertine*, 21-25 September 2005, Pamukkale University, Denizli, Türkiye, s. 102.
- Fielding, C.R. 1984. Upper delta plain lacustrine and fluviolacustrine facies from the Wesphalian of the Durham coalfield, NE England. *Sedimentology* 31, 547-567.
- Flemming, K., Johnston, P., Zwart, D., Yokoyama, Y., Lambeck, K. ve Chappell, J., 1998. Refining the eustatic sea-level curve since the Last Glacial Maximum using far- and intermediate-field sites. *Earth and Planetary Science Letters* 163, 327-342.
- Franco, L., 1996. Ancient Mediterranean harbours: a heritage to preserve. *Ocean Coast Management* 30, 115-151.
- Göktaş, F., Çakmakçoğlu, A., Tari, E.S., Yavuz, F., Sarkaya, H., 1989. Çivril-Çardak arasındaki jeolojisi. MTA Ege Bölge Müdürlüğü Raporu, no Je/94, İzmir (yayınlanmamış).
- Göney, S., 1973. Büyük Menderes deltası. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi* 18/19, 339-354.
- Göney, S., 1975. Büyük Menderes Bölgesi. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi* No.79, İstanbul, 15 pp.
- Gürbüz, A., Boyraz, S., Ismael, M.T., 2012. Plio-Quaternary development of the Baklan-Dinar graben: implications for cross-graben formation in SW Turkey. *International Geology Review*, 54, 33-50.
- Gürer, Ö. F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Yılmaz, Y., 2001. Neogene basin development around Söke-Kuşadası (Western Anatolia) and its bearing on tectonic development of the Aegean region. *Geodinamica Acta*, 14, 57-69.
- Gürer, Ö.F., Sarıca-Filoreau, N., Özbüran, M., Sangu, E., Doğan, B., 2009. Progressive development of the Büyük Menderes Graben based on new data, western Turkey. *Geological Magazine* 146, 652-673.
- Hakyemez, H.Y., 1989. Kale-Kurbalık (GB Denizli) bölgesindeki Senozoyik yaşlı çökel kayaların jeolojisi ve stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 109, 9-21.
- Hakyemez, H. Y., Erkal, T. ve Göktaş, F., 1999. Late Quaternary evolution of the Gediz and Büyük Menderes grabens, western Anatolia, Turkey. *Quaternary Science Reviews* 18, 549-554.
- Hassan, F., 2004. Water and Ethics. A Historical Perspective. UNESCO International Hydrological Programme and World

- Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology, Unesco, ISBN 92-9220-017-8, Paris, 56 p.
- Holzer, H., 1953. Menderes masifi doğu kısmının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Raporu, no 2365, Ankara (yayınlanmamış).
- Ismael, M.T. 2009. Işıklı Göl (Çivril, Denizli) tortullarının sedimentolojik İncelemesi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, Yüksek Lisans Tezi, 80 s.
- Kappelman, J., Alçiçek, M. C., Kazancı, N., Özkul, M., Schultz, M. ve Şen, Ş., 2008. First Homo erectus in Turkey and implications for human migration to temperate world. American Journal of Physical Anthropology 135 (1), 110-116.
- Kastelli, M. 1971. Denizli-Sarayköy-Çubukdağ-Karacasu alanı jeoloji incelemesi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (M.T.A) Raporu, no; 4573, Ankara (unpublished).
- Kayan, İ., 1988. Late Holocene sea-level changes on the western Anatolian coast. Palaeogeography Palaeoclimate Palaeoecology 68, 205-218.
- Kayan, İ. 1999. Holocene stratigraphy and geomorphological evolution of the Aegean coastal plains of Anatolia. Quaternary Science Reviews 18, 541-548.
- Kaymakçı, N., 2006. Kinematic development and paleostress analysis of the Denizli Basin (Western Turkish): Implications of spatial variation of relative paleostress magnitudes and orientations: Journal of Asian Earth Sciences 27, 207-222.
- Kazancı, N., 2009. Neojen-Kuvaterner sınırının değişmesi ve beklenen gelişmeler. Türkiye Jeoloji Bülteni 52, 365-371.
- Kazancı, N., DüNDAR, S., Alçiçek, M.C. ve Gürbüz, A., 2009. Quaternary deposits of the Büyük Menderes Graben in western Anatolia, Turkey; implications on a river capture and the longest Holocene estuary of the Aegean Sea. Marine Geology 264, 165-176.
- Kazancı, N., Emre, Ö., Keçer, M., Özdoğan, M., 2000, Jeoloji raporları için güncel çökellerin haritalanması. Öneri ve örnek. 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı (20-24 Şubat 2000) Bildiri Özleri, s.237-238, Ankara.
- Kazancı, N., Koç, K., Boyraz, S., 2011. Türkiye göllerindeki depolanma hızı araştırması ve yorumu. Türkiye 18. Uluslararası Petrol ve Doğal Gaz Kongre ve Sergisi (11-13 Mayıs 2011, Ankara). IPETGAS 2011 Bildiri Özleri Kitabı, Türkiye Petrol Jeologları Derneği, Ankara, s. 64-65.
- Koçyiğit, A., 2005. The Denizli graben-horst system and the eastern limit of the western Anatolian continental extension: Basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey: Geodinamica Acta 18, p. 167-208.
- Konak, N., Akdeniz, N. ve Çakır, N.H., 1986. Çal-Çivril-Karahallı dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Raporu, no 8945, Ankara (yayınlanmamış).
- Konyalı, Y., 1970. Çivril kazası Tokça-Karahallı bölgesi jeolojik etüdü ve linyit imkanları. Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu, no 6142, Ankara (yayınlanmamış).
- Mariner, N. ve Morhange, C., 2007. Geoscience of Mediterranean harbours. Earth-Science Reviews 80, 137-194.
- Miall, A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: A summary. In: Miall, A.D. (Ed.), Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 5, 597-604.
- Miall, A.D., 1984. Principles of Sedimentary Basin Analyses. Springer Verlag, New York, 490 pp.
- Miall, A., 1996. The Geology of Fluvial Deposits. Springer Pub., Ny, 552 s.
- Miall, A., 2006. How do we identify big rivers? And how big is big? Sedimentary Geology 186, 39-50.
- Morgan, J.P. (Ed.), 1970. Deltaic Sedimentation; Modern and Ancient. SEPM Spec. Pub. No 15, Tulsa, Oklahoma, USA, 312 pp.
- Mullenhoff, M., Handl, M., Knipping, M. ve Bruckner, H. 2004. The evolution of Lake Bafa (western Turkey) - sedimentological, microfaunal and palynological results. In: Schemevski, G. and Dolch, T. (Eds), Geographie der Meere und Küsten. Coastline Reports, vol. 1, pp. 55-66.
- Nebert, K., 1956. Denizli-Acıgöl mevkiinin jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu, no 2509, Ankara (yayınlanmamış).
- Nebert, K., 1958. Denizli Pliyosen teressübatı ve bunların batı Anadolu tatlı su Neojen stratigrafisi için ehemmiyeti. Maden Tetkik ve Arama Derg., 51, 7-19.
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçiçek, M.C., 2002. Denizli travertenlerinin depolanma ortamları ve petrografisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi 125, 13-29.
- Özkul, M., 2005. travertine deposits of Denizli extensional basin in western Turkey; a general review. In: Özkul, M., Yağız, S. Ve Jones, B. (Eds), Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, 21-25 September 2005, Pamukkale University, Denizli, Türkiye, s. 18-24.
- Özkul, M., Gökğöz, A., Horvatincic, N., 2010. Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: A case study from the Denizli province, Western Turkey. In: Pedley, H.M. (ed.) Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls. The Geological Society, London. Special Publications 336, 245-262.
- Pirazolli, P.A. 2005. A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contributions in eight late-Holocene relative sea-level histories from the Mediterranean area. Quaternary Science Reviews 24, 1989-2001.
- Purvis, M. ve Robertson A.H.F., 2005. Sedimentation of the Neogene-Recent Alaşehir (Gediz) continental graben system used to test alternative tectonic models for western (Aegean) Turkey. Sedimentary Geology 173, 373-408.
- Platen, B., 1967. Çivril bölgesindeki Neojen sahasının linyit etüdü. MTA Ege Bölge Müdürlüğü Kütüphanesi, Rapor no kö/70, İzmir (yayınlanmamış).
- Reading, H.G. ve Collinson, J.D. 1996. Clastic coasts. In: Reading, H.G. (Ed.), Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell Science, Oxford, p. 154-231.

- Rojay, B., Toprak, V., Demirci, C. ve Süzen, M.L. 2005. Plio-Quaternary evolution of the Küçük Menderes graben (western Anatolia, Turkey). *Geodinamica Acta* 18, 241-255.
- Sarı, C. ve Şalk, M. 2006. Sediment thicknesses of the western Anatolia graben structures determined by 2D and 3D analysis using gravity data. *Journal of Asian Earth Sciences* 26, 39-48.
- Sarıca, N., 2000. The Plio-Pleistocene age of Büyük Menderes and Gediz grabens and their tectonic significance on N-S extensional tectonics in west Anatolia: mammalian evidence from the continental deposits. *Geological Journal* 35, 1-24.
- Schröder, B. ve Bay, B., 1996. Late Holocene rapid coastal change in western Anatolia-Büyük Menderes plain as a case study. *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. 102, 61-70.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. 1991. Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geological Magazine* 128, 155-166.
- Seyitoğlu G. ve Scott, B.C. 1992. The age of the Büyük Menderes graben (west Turkey) and its tectonic implications. *Geological Magazine* 129, 239-242.
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş. ve Işık, V. 2002. The role of the flexural rotation / rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey. *Geological Magazine* 139, 15-26.
- Sözbilir, H. ve Emre, T., 1990. Neogene stratigraphy and structure of the northern rim of the Büyük Menderes graben. *International Earth Sciences Congress on Aegean Regions (IESCA- 1990)*, Proceedings, İzmir, Turkey, pp. 314-322.
- Şen, Ş. ve Seyitoğlu, G., 2009. Magnetostratigraphy of early-middle Miocene deposits from E-W trending Alaşehir and Büyük Menderes grabens in western Turkey, and its tectonic implications. In: Van Hinsbergen, D. J. J., Edwards, M. A. And Govers, R. (Eds), *Geodynamics of Collision and Collapse at the Africa - Arabia - Eurasia Subduction Zone*. -Geological Society of London, Special Publications, no 311, 321-342.
- Şenay, Y., 1965. Denizli-Çivril ovası jeofizik rezistivite etüdü. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Ege Bölgesi Müdürlüğü Kütüphanesi, Rapor no jf/30, İzmir (yayınlanmamış).
- Şenel, M., 1997. 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Denizli Paftası, no 16. Jeoloji Etüdüleri Dairesi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Şimşek, Ş., 1984. Denizli-Kızıldere-Tekkehamamı-Tosunlar-Buldan-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Raporu, No 7846, Ankara (yayınlanmamış).
- Ternek, Z., 1959. Söke'deki tabii gaz hakkında jeolojik not. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 7, 58-74.
- Topkaya, M., 1957. Çivril ve Baklan ovalarının hidrojeoloji etüdü. Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu, no 2365, Ankara (yayınlanmamış).
- Ünal, D., 1981. Denizli-Çivril-Tokça kömürlü Neojen havzası jeoloji raporu. Maden Tetkik ve Arama Enst. Raporu, no 1017, Ankara (yayınlanmamış).
- Ünay, E., Göktaş, F., Hakyemez, Y. ve Şan, Ö. M., 1995. Dating the sediments exposed at the northern part of the Büyük Menderes graben (Turkey) on the basis of Arvicolidae (Rodenti-Mammalia). *Türkiye Jeoloji Bülteni* 38, 63-68.
- Ünay, E. ve Göktaş, F., 2000. Small mammal biocronology of the Early Miocene and Quaternary small mammal in the surroundings of Söke (Aydın); Preliminary results. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 42/2: 99-113.
- Uysallı, H. ve Keskin, B., 1971. Denizli-Sarayköy-Kızıldere Jeotermal sahası KD-13 ve KD-15 derin jeotermik enerji sondajları bitirme raporu. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Raporu, No 4717, Ankara (yayınlanmamış).
- Wesselingh, F.P. ve Alçiçek, H., 2010. A new cardiid bivalve from the Pliocene Baklan Basin (Turkey) and the origin of modern Pontocaspian taxa. *Palaeontology* 53, 711-719.
- Westaway, R., 1994. Evidence for dynamic coupling of surface processes with isostatic compensation in the lower crust during active extension of western Turkey. *Journal of Geophysical Research* 99, 20203-20223.
- Yazman, K. M., Çopur, S., Özdemir, İ., İztan, Y. H., Sayılı, A. ve Batı, Z., 2004. Büyük Menderes Grabeni'nin (Germencik-Denizli arası) jeolojisi, petrol olanakları ve Nazilli-1 arama kuyusu. *Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Raporu*, No 4546, Ankara (yayınlanmamış).
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. ve Elmas, A., 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? In: Bozkurt, E., Winchester, J.A., Piper, J.D.A. (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society of London Special Publication 173, pp. 353-384.
- Zeybek, Y.Z., 1994. Sandıklı ve Çivril ovalarını birbirine bağlayan Kufi Boğazının coğrafi etüdü. Selçuk Üniv. Sosyal Bilimler Enst., Yüksek Lisans Tezi, Konya (yayınlanmamış).

Makale Geliş Tarihi : 3 Ağustos 2011
Kabul Tarihi : 12 Ekim 2011

Received : August 3rd, 2011
Accepted : October 12th, 2011

