

# **TECTONIC GEOMORPHOLOGY OF ISTANBUL (NW TURKEY)**

İSTANBUL'UN TEKTONİK JEOMORFOLOJİSİ (KB TÜRKİYE)

**Emre ÖZŞAHİN<sup>1</sup>**

## **Abstract**

In this study, it is aim to questioning the tectonic history of Istanbul, left by geomorphological evidence, with the help of some of the morphometric parameters belong to relief. In addition, eliminating the gap of scientific publications on tectonic geomorphology is another purpose of the study. The study is important in contributing to understanding of the geological history of Europe, as well as interpretation of the geomorphological view of how is opened in the Bosphorus. In the study, DEM (Digital Elevation Model) data and GIS (Geographic Information Systems) software was utilized. In the event, Istanbul morphotectonic development is supported by the data of morphometric take the form of warpage in the way that Anatolian Peninsula to the north Thracian Peninsula to the south. The findings are consistent with the Model of Şengör which reported in related literature.

**Keywords:** Tectonic geomorphology, Morphometry, GIS (Geographical Information Systems), DEM (Digital Elevation Model), Istanbul.

## **Özet**

Bu çalışmada röliyefe ait bazı morfometrik parametreler yardımıyla İstanbul'un tektonik geçmişinin jeomorfolojide bıraktığı delillerin sorgulanması amaçlanmıştır. Bunun yanında tektonik jeomorfoloji konulu yayın boşluğunun doldurulması da çalışmanın diğer bir amacıdır. Çalışmamız hem Avrupa'nın jeolojik geçmişinin anlaşılmasına, hem de İstanbul Boğazi'nin nasıl açıldığının jeomorfolojik açıdan yorumlanmasına katkı sağlaması açısından önemlidir. Çalışmada SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) verisinden ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımlarından faydalanılmıştır. Sonuçta İstanbul'un morfotektonik gelişiminin Anadolu Yarımadası'nda kuzeye, Trakya Yarımadası'nda ise güneye doğru çarpılma şeklinde olduğu morfometrik verilerle de desteklenmiştir. Elde edilen bulgular ilgili literatürde bildirilen Şengör modeli ile tutarlılık göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tektonik jeomorfoloji, Morfometri, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), SYM (Sayısal Yükseklik Modeli), İstanbul.

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Namık Kemal Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Tekirdağ.  
E-mail: [eozsahin@nku.edu.tr](mailto:eozsahin@nku.edu.tr)

## **Giriş**

Tektonik jeomorfoloji, tektonik problemlerin çözümündeki jeomorfolojik prensiplerin uygulanması, yeryüzünde iç ve dış kuvvetler arasındaki rekabet sonucunda oluşan jeodinamik ve jeomorfolojik etkilerin yorumlanması (Burbank ve Anderson, 2008; Ponza, 2010) ve tektonik süreç veya hareketler tarafından meydana getirilen yerçekillerinin incelenmesini (Keller ve Pinter, 2002; Burbank ve Anderson, 2008) konu alan jeomorfolojinin heyecan verici yeni bir alt dalıdır (Hoşgören, 2011; Hancock ve Skinner, 2012).

Jeomorfolojinin bu branşı, bütüncül bir yaklaşım ile topoğrafyadaki deformasyonların bilgilerini ayıklayarak (Enrico ve Tommaso, 2011), topoğrafyanın oluşum ve gelişiminin okunması için benimsenen güncel anahtar bir model sunar (Hack, 1957; Ponza, 2010). Bu model morfometrik verilerin hesaplanmasına dayanan bazı sayısal ölçümler sayesinde uygulanmaktadır. Çeşitli indislerin sonuçlarına dayanan bu uygulama herhangi bir alandaki tektonik aktivitenin göreceli derecesinin değerlendirilmesinde ve bu aktivitenin vurgulanmasında birleştirici rol oynamaktadır (Keller ve Pinter, 2002).

Topoğrafyadaki yerçekilleri ve buna bağlı olarak yer sistemlerinin anlaşılmasında anahtar analizler olarak betimlenen çalışmaları (Kurter ve Hoşgören, 1986; Erinç, 2012; Koç, 2013) kapsayan morfometrik veriler, yeryüzündeki topografik durumunun matematiksel özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Tanoğlu, 1947; Bilgin, 2006; Erinç, 2012; Kouli vd., 2007; Koç, 2013). Aynı zamanda bu veriler tektonik aktivitenin tanımlanması ve yorumlanmasında güçlü (Cooley vd., 2009) ve değerli bir araç olarak da bilinmektedir (Bull ve McFadden, 1977; Rockwell vd., 1984; Keller, 1986; Zovoili vd., 2004).

Son yıllarda morfometrik çalışmalar, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) kullanılarak rakamsal sorgulamaların (Yomralıoğlu, 2002; Turoğlu, 2008; Özdemir ve Bahadır, 2008; Bahadır ve Özdemir, 2011) ve analizlerin (Hirano vd., 2002; Demirkesen, 2003; Akar vd., 2006) kolaylıkla gerçekleştirilebildiği bir durum kazanmıştır. Böylece röliyefe ait morfometrik parametreler yardımıyla herhangi bir alandaki tektonik aktivitenin izleri pratik bir şekilde ortaya konularak, jeomorfolojik oluşum ve gelişim daha sağlıklı bir şekilde açıklanabilmektedir (Erginal ve Cürebal, 2007).

İstanbul'un tektonik geçmişinin jeomorfolojide bıraktığı delilleri konu alan bu çalışmada amaç, röliyefe ait bazı morfometrik parametreler yardımıyla jeomorfolojik oluşum ve gelişimin açıklanmasıdır. Zira bu konu, 19. yüzyılın başlarından beri birçok yerli ve yabancı bilim insanı tarafından tartışılmış (Hochstatter, 1870; Phillipson, 1898; Andrussov, 1900; Pamir, 1938; Erinç, 1939; Yalçınlar, 1949; Scholten, 1974; Stanley ve Blanpied, 1980; Yılmaz ve Sakınç, 1990; Oktay ve Sakınç, 1993; Oktay vd., 2002; Okay, 2008; Oktay, 2010; Şengör, 2011) ve çeşitli bilim insanları tarafından bazı tektonik modeller geliştirilmiştir (Yılmaz, 2002; Oktay vd., 2002; Oktay, 2010; Şengör, 2011). Ayrıca literatürde bildirilen (Cooley vd., 2009) tektonik jeomorfoloji konulu yayın boşluğunun doldurulması da çalışmanın diğer bir amacıdır. Çalışmanın önemi ise hem Avrupa'nın jeolojik geçmişinin anlaşılması (Özşahin, 2013), hem de İstanbul Boğazı'nın nasıl açıldığının jeomorfolojik açıdan yorumlanmasına katkı sağlayacağından kaynaklanmaktadır.

## **Materyal ve Yöntem**

Öncelikli olarak ilgili literatürün detaylı ve eleştirilen bir şekilde değerlendirilmesi ile başlanan çalışmada, temel materyal olarak Japonya Ekonomi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı (METI) Dünya Uzaktan Algılama Veri Analiz Merkezi (ERSDAC) ve Amerika

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından üretilen 30x30 m çözünürlüğündeki SYM (Sayısal Yükseklik Modeli/Global Digital Elevation Model-GDEM) verisi kullanılmıştır. Morfometrik analizler bu veri seti üzerinden yapılmıştır. Çalışma haritalarının oluşturulması, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yazılımlarından ArcGIS/ArcMap 10.3 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler literatür verileriyle kontrol edilmiş ve eksik kalan konular bu şekilde tamamlanmıştır.

### İnceleme Alanının Konumu ve Başlıca Coğrafi Özellikleri

İnceleme alanı, Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde, Marmara Bölgesi'nin Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde yer almaktadır. Coğrafi Koordinat Sistemine göre 28°59'28" – 29°58'28" doğu boylamları ile 40°47'46" – 41°15'40" kuzey enlemleri arasında bulunur (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanının lokasyon haritası

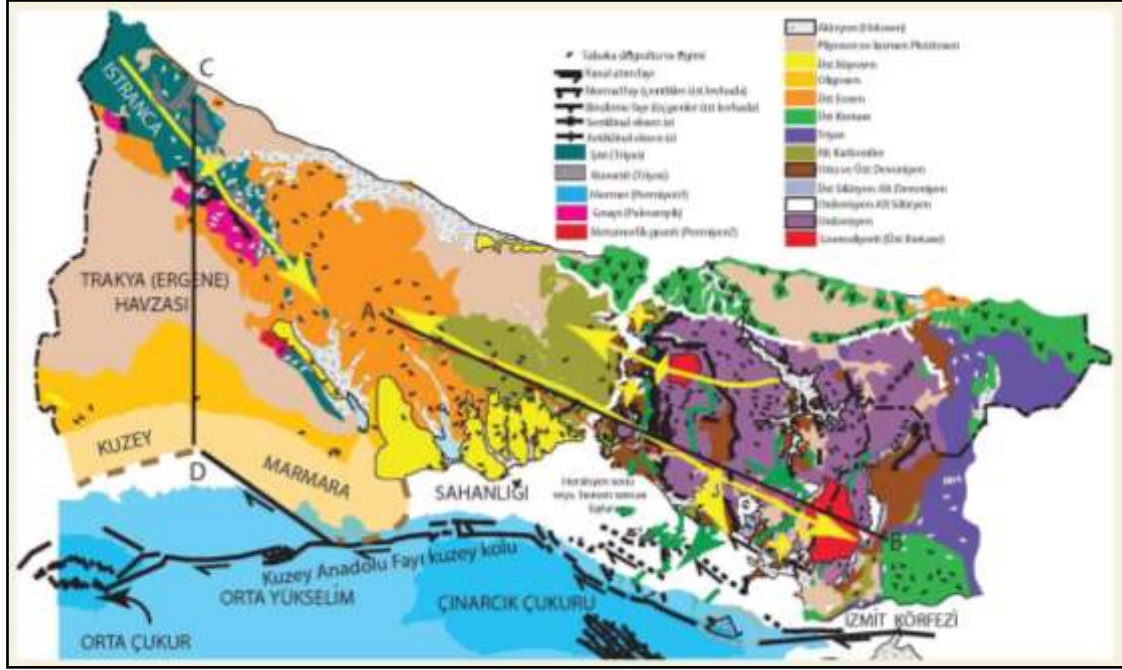
Tektonik olarak Lavrasya ana kıtasında yer almakta olan inceleme alanı (Yılmaz Şahin, 2010), Alpid dağ oluşumunun ürünü olan ve levha tektoniği kuramına göre kıtaların çarpışmaları sonucu meydana gelen Türkiye'nin tektonik birliklerinden Pontidlerin batı bölümündeki İstanbul Zonu üzerinde bulunmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okan ve Tüysüz, 1999; Ustaömer ve Robertson, 1993; Yılmaz Şahin, 2010).

Bununla birlikte orta şiddette kimyasal ayrışma, zayıf derece fiziksel parçalanma, orta derecede kütle hareketleri, yok denecek kadar az don etkisi, kıyı dışında rüzgâr etkisinin olmadığı, akarsuların maksimum etkin olduğu inceleme alanı, bu ölçütlere göre flüvyal morfojenetik bölge sınırları içerisinde bulunmaktadır (Özşahin, 2013).

Yüzölçümü 5243.28 km<sup>2</sup> olan inceleme alanının ortalama yükseltisi; Anadolu Yarımadası'nda, 114.79 m, Trakya Yarımadası'nda ise 103.36 m'dir. İnceleme alanının, en yüksek noktası 538 m ile Aydos Dağı, en alçak noktası ise deniz seviyesidir. Bu duruma göre inceleme alanının yükselti farkı 538 m'dir (Şekil 2).

İnceleme alanı, ülkemizin geriye kalan kısmından jeolojik açıdan oldukça farklı ve bir o kadar da önemli bir bölgedir. Genel jeolojik özellikleri dikkate alındığında bu saha, birbirinden bağımsız en az üç Wilson (okyanus açılıp kapanma) döngüsünün izlerini taşıması (Şengör ve Özgül, 2010; Şengör, 2011), Alt Ordovisiyen'den günümüze kadar

süren geniş bir zaman aralığında oluşmuş çok sayıda kaya birimlerini kapsamı, oldukça karmaşık yapısal hareketlerin işaretlerine sahip olması ve güncel tektonik hareketlerin etkin olduğu bir bölgede yer alması (Özgül vd., 2005) nedenlerinden dolayı jeolojik yapı açısından çok çeşitlilik arz eder (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Şengör, 2011)

Bu saha çeşitli orojenez süreçleri esnasında yaşanan tektonik hareketler sonucu kıvrılmış, kırılmış ve eğimlenmiş bir şekildedir. İnceleme sahasında kıvrım yapıları röliyefin gelişmesinde iskelet rolü oynamış, daha sonra gelişen faylanmalar ise güncel morfolojinin şekillenmesinde etkili olmuştur. Özellikle inceleme alanında temeli oluşturan araziler, Üst Paleozoyik (Üst Karbonifer?-Permiyen) Orojenezinden etkilenmiş, daha sonra Alpid Orojenezinde ise şiddetli şekilde deforme olmuş ama metamorfizmaya uğramamışlardır.

Üç taraftan denize açık bir konumda bulunan inceleme alanının kıyı kesimlerinde denizel, iç ve doğu kesiminde ise karasal koşullar hâkimdir. Bu durum özellikle inceleme alanında etkili olan üç değişik yağış rejiminden de anlaşılacaktır (Şengör ve Özgül, 2010). İnceleme alanını karakterize eden bölgesel iklim şartları, bazı yerel iklim tiplerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Buna göre inceleme sahasında üç farklı yerel iklim tipi ayırt edilmektedir. Bunlar kuzeyde Karadeniz kıyıları, ortada platolar sahası ve güneyde Marmara Denizi kıyılarıdır (Erinç, 1974-1977).

İnceleme alanında egemen olan iklim özelliklerine bağlı olarak sürekli ve mevsimlik olmak üzere çok sayıda akarsu yer alır. Bu akarsulardan en büyüğü Riva (Çayağzı) nehri'dir. Bu akarsuyun yıllık toplam akımı 236 milyon m<sup>3</sup>tür (Özşahin, 2013). İnceleme alanındaki akarsu rejimleri yıl boyunca aynı değeri göstermez ve basit rejim tipindedir. Genel olarak, tam karakteristik olmamakla birlikte akarsular bozulmuş Akdeniz rejim tipinin özelliklerini göstermektedirler.

İnceleme alanındaki topraklar çok değişik boyut ve sayıda partiküllerden oluşur. Toprak bünyesinin ağır, orta ve hafif olarak ayrıldığı bu sahada, ana toprak tipleri İnceptisoller, Entisoller ve Mollisoller olmak üzere 3 grup altında toplanabilir.



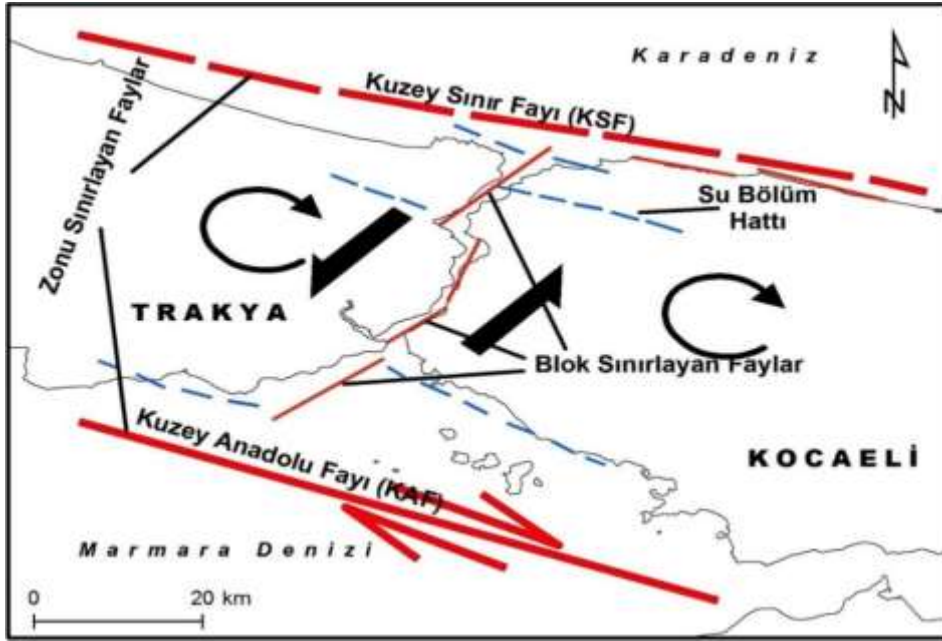
Çeşitli büyüklükteki arazi örtüsü sınıfları tarafından kuşatılmış olan inceleme sahasının % 85'i orman alanı ve yerleşme alanları ile kaplıdır. Geriye kalan % 15'i ise diğer arazi örtüsü (çalı, mera, tarım ve kullanılmayan alanlar) sınıflarıyla örtülüdür.

İnceleme alanında yerşekilleri ile insan arasındaki ilişki, bazı alanlarda yerşekillerinin değiştirilmesine veya düzenlenmesine kapı aralamıştır. Bu durumun sonucunda hızlı nüfus artışı ve yanlış arazi kullanımı ile doğal şartların değiştirilmesi jeomorfolojik gelişimi antropojenik bir süreç şekline dönüştürmektedir. Çeşitli sayı ve boyutlarda ana ve elemanter yerşekillerine sahip olan inceleme alanı, jeomorfolojik gelişim süreci içerisinde genel olarak aşınım yüzeyi karakterinde meydana gelmiştir. Bu sahada, dağ, plato ve ova olmak üzere ana yerşekillerinin tümü mevcuttur. Ana yerşekillerinin yanında taraça, flüvyo-karstik depresyon, falez vs. gibi elemanter yerşekilleri de bulunur.

### **İnceleme Alanının Oluşumu Hakkında Öne Sürülen Modeller**

İnceleme alanının oluşumu ile ilgili önerilen modelleri, aynı yönde hareketin gerçekleştiği ve zıt yönlerde hareketin olduğunu savunan modeller olmak üzere iki grup altında toplayabiliriz. Aynı yönde hareketi savunan modellerde hareket saat yönünde gerçekleşmiştir. Ortaya atılan bu düşünceler, kendi içerisinde Oktay (Oktay vd., 2002; Oktay, 2010) ve Yılmaz (Yılmaz, 2002) modelleri olmak üzere ikiye ayrılabilir (Özşahin, 2013).

Oktay Modeline göre boğaz etrafındaki kuzey ve güney sınır fayları arasında Trakya ve Kocaeli blokları saat yönünde dönmüşlerdir. Kuzey Anadolu Fayı'nın yeni kırılan kesimi (Göktaşan vd., 2001) güney sınır fayı, boğazın Marmara Denizi kesiminin mevcut oluşumunu kontrol eden sağ yanal fayların ise güney sınır fayının sentetik fayları olarak dikkate alınmıştır (Okay, 2008). Bu faylanma hareketleri neticesinde Trakya ve Kocaeli yarımada biribirinden bağımsız bir şekilde sol yanal atımlı fayların aktivitesi sonucunda İstanbul Boğazı eksenini boyunca dönmüştür (Şekil 3). Teorik olarak blok dönme sistemi şeklinde isimlendirilen (Oktay, 2010) tektonik modele göre bu dönme hadisesi, hem Kocaeli, hem de Trakya yarımadaalarında saat dönüşü ile aynı yönde gerçekleşmiştir. Bu dönüş hareketi esnasında boğazın olduğu alanda yerel sıkışma yapıları meydana gelmiş (Oktay vd., 2002) ve ortaya çıkan sıkışma rejimi, İstanbul Boğazı'nın olduğu alanda ters faylanmaların, kuzeyde ise bindirme faylarının gelişmesine neden olmuştur (Oktay ve Sakıncı, 1993; Demirbağ vd., 1999). Yarımada bloklarının saat yönünde dönmeye başlamasıyla İstanbul Boğazı bu iki blok arasında bir kayma zonu olarak açılmış ve Akdeniz-Karadeniz su bağlantısı gerçekleşmiş (Göksu vd., 1990; Meriç ve Sakıncı, 1990; Ryan vd., 1997a; 1997b) ve İstanbul Boğazı meydana gelmiştir (Oktay, 2010).

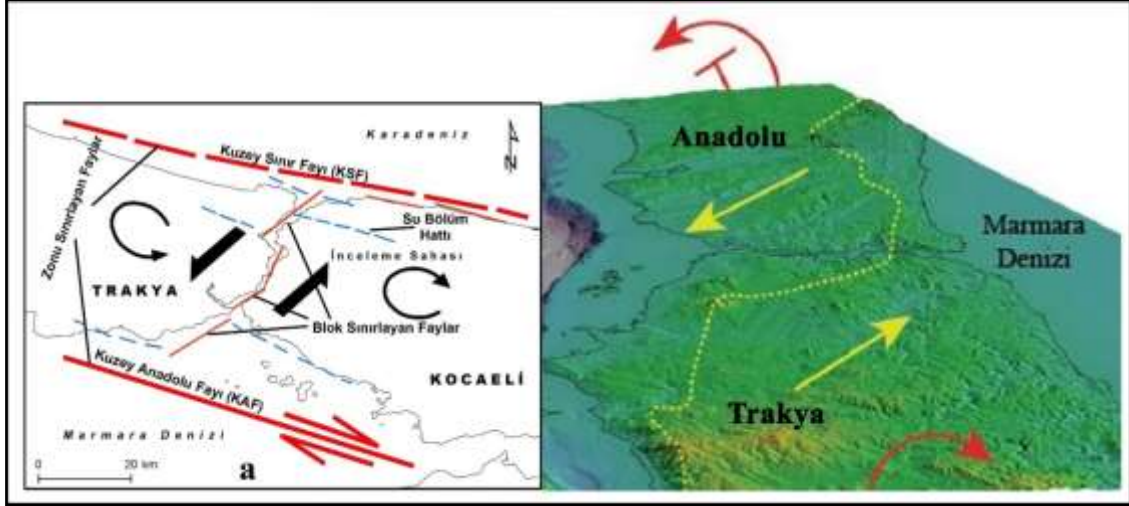


Şekil 3. Oktay Modeline göre inceleme alanının oluşumu

Yılmaz Modeline göre ise Pliyosen-Pleyistosen döneminde Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Bölgesi'ne girmesine kadar, Üst Miyosen-Alt Pliyosen aralığındaki zaman diliminde İstanbul horstu K-G açılma rejimiyle yükselmiştir (Gökaşan vd., 2003). Bu yeni tektonik rejimle, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Karadeniz kıyısı boyunca uzanan Kuzey Sınır Fayı (KSF) (Demirbağ vd., 1999; Oktay vd., 2002; Oktay, 2010) arasında bulunan horst, sağ yönlü kayma gerilmesi altında deforme olmaya başlamıştır. Bu sağ yönlü hareket sonucunda ilksel olarak fayların eşlenik çiftleri meydana gelmiş, daha sonraki aşamada ise horst saat yönünde dönmeye zorlandığından, faylarla sınırlı olan bloklar birbirlerinden uzaklaşmaya başlamışlardır. Böylece saat yönündeki dönmeyle eş zamanlı olarak İstanbul horstu da yükselme temposuna girmiştir (Demirbağ vd., 1999). Bu yükselimin açık belirtileri, boğazın her iki yakasında rastlanan akarsu taraçalarıdır. Zira Karadeniz kıyısında tespit edilen taraçalar bu tür bir yükselme hareketini desteklemektedirler (Erinç, 1953-1954; Erol, 1979; Ertek, 1995). İstanbul horstunu sınırlayan fayların yer değiştirmesi (Demirbağ vd., 1999; Oktay vd., 2002) ve Miyosen/Pliyosen/Kuvaterner sedimentlerinin mevcut yüksekliklerinden (Oktay vd., 2002), bu sahadaki yükselme oranı 0.3-0.5 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Yaltırak, 2002). İstanbul horstunun yukarı hareketi, bugün boğazın olduğu alanda yer alan iki ana akarsu vadisinde gerçekleşen erozyonu hızlandırmış ve sonunda iki vadi birleşerek tek bir sürekli vadi halini kazanmıştır (Yılmaz, 2002). Yine bu esnada vadilerin ağızlarında küçük körfezler ve koylarda meydana gelmiştir (Gökaşan vd., 1997; Okay, 2008).

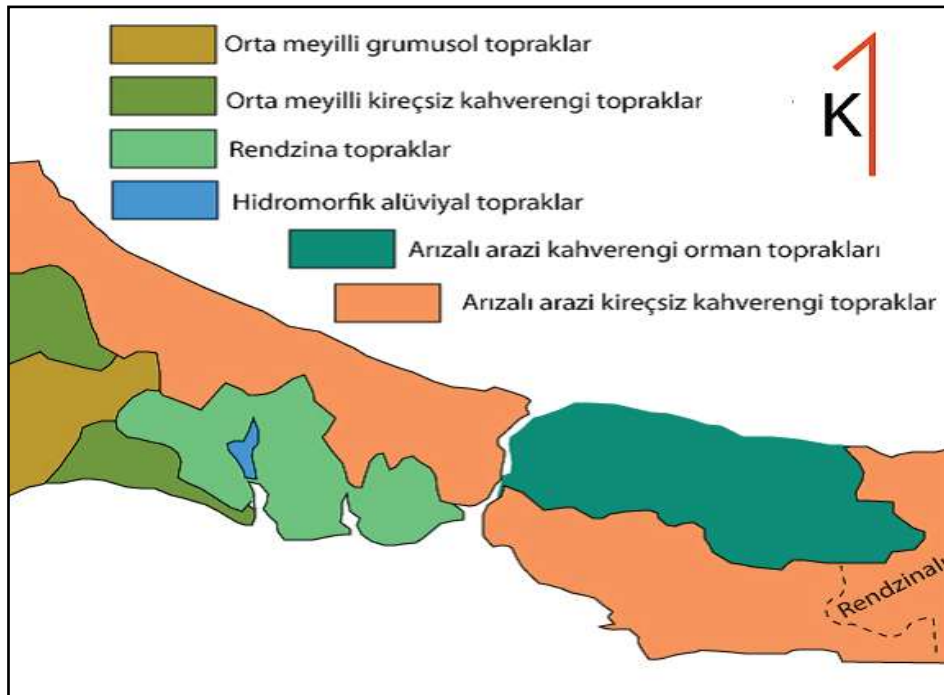
Boğazın her iki yakasının da zıt yönlerde dönmesiyle açıldığını savunan görüş ise Şengör Modeli'dir (Şengör, 2011). Bu modele göre Orta-Üst Miyosen'de Marmara Denizi civarında sağ yanal atımla ilgili yamulma başlamıştır. Bu aşamada kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu açılma çatlakları ve normal faylar, bunun aksi yönde de kıvrımlar ve bindirme fayları gelişmiştir. Sağ yanal yamulma geliştikçe, bu sefer daha önce oluşmuş yapılar yamulmanın karakterine uygun olarak dönmeye başlamışlardır. Ancak yaklaşık 2 milyon yıldan bu yana meydana gelen bu dönüş, Kocaeli Yarımadası'nda saat yönünde, Çatalca Yarımadası'nda ise saatin tersi bir istikamette

gerçekleşmiştir. Burulmanın “nötral” diyebileceğimiz geçiş noktasında yer alan boyun bölgesine ise İstanbul Boğazı yerleşmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Şengör Modeline göre inceleme alanının oluşumu

Şengör (2011) ileri sürdüğü bu modelin tutarlılığını, toprak özellikleri ve su bölümü çizgisinin konumuna dayalı bir şekilde denetlemeye çalışmıştır. Ona göre İstanbul'daki toprak dağılımı şaşılacak bir hassasiyetle, topoğrafyanın Trakya ve Kocaeli yarımadalarında birbirinin tersine çarpılmasını yansıtmakta ve boğazın oluşumu hakkında ileri sürdüğü varsayıma akla gelmeyecek şekilde destek sağlamaktadır (Şekil 5). Ayrıca günümüz su bölümü çizgisinin konumunu da bu durumun ilgili düşünce lehinde olduğunu göstermektedir (Şengör, 2011).



Şekil 5. İnceleme alanının toprak haritası (Şengör, 2011)

### **Bulgular ve Tartışma**

Herhangi bir alanın morfometrik özelliklerinin açıklanmasında en temel belirteç jeomorfolojik özelliklerdir (Erginal ve Cürebal, 2007; Özşahin, 2010). Bu özelliklere göre farklı indisler kullanılmaktadır. İnceleme alanında da röliyefin morfometrisini açıklamaya yönelik olarak, yükselti ve eğim özelliklerinin içinde bulunduğu havza röliyefi, engebelik değeri, hipsometrik eğri ve hipsometrik integral olmak üzere 4 uygulama indisi kullanılmıştır. Bu indisler aynı zamanda aktif tektonik çalışmalarında genellikle kullanılan araçlardır (Özkaymak ve Sözbilir, 2012). Gerçekleştirilen uygulamalar hem yarımadalar, hem de ana akarsu havzaları kapsamında yapılmıştır.

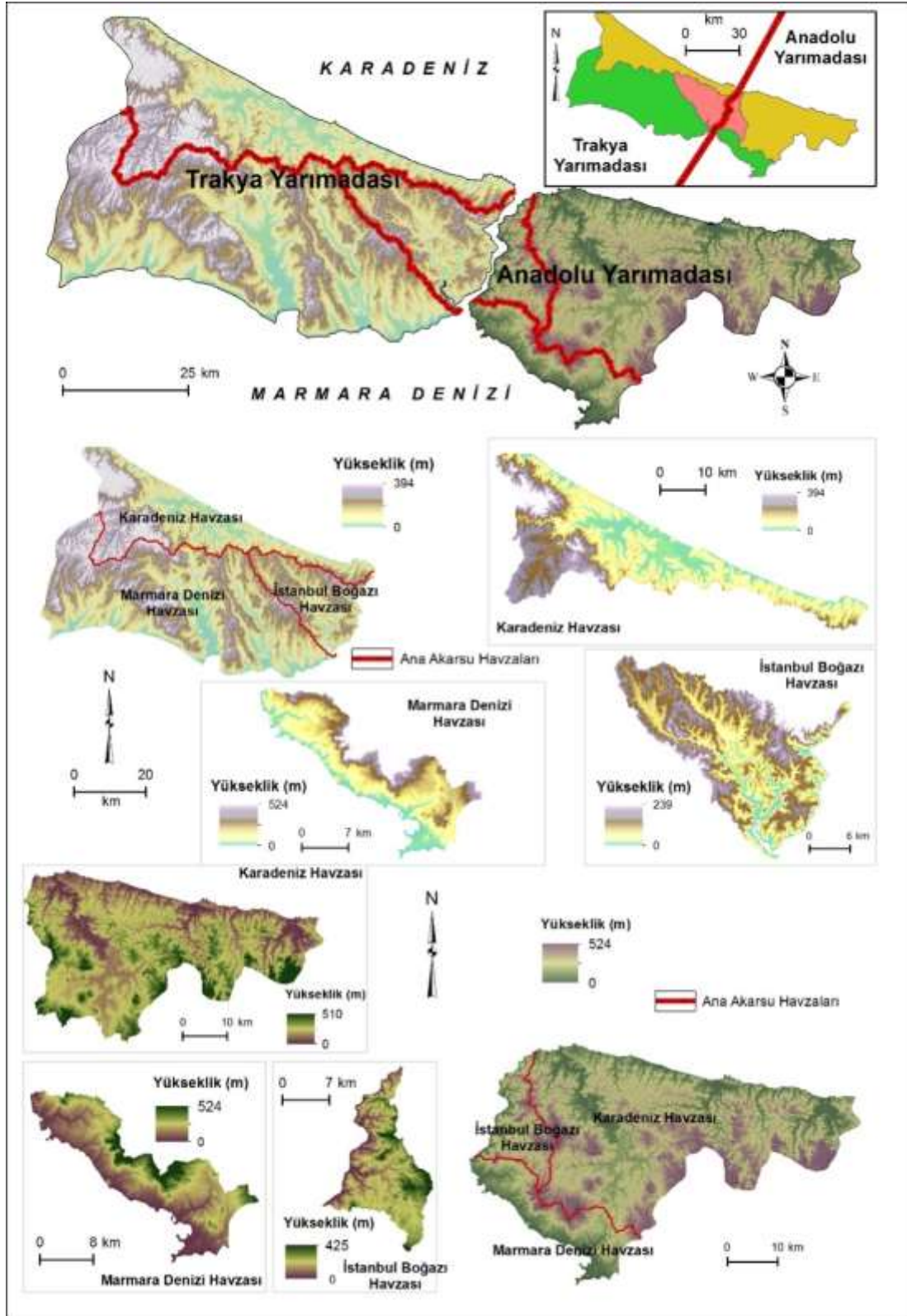
**Yükselti Özellikleri:** İnceleme alanının en yüksek noktası 538 m ile Aydos Dağı, en alçak noktası ise deniz seviyesidir. Buna göre inceleme alanının yükselti farkı 538 m'dir. Bunun yanında ortalama yükselti değeri ise farklılık gösterir. Ortalama yükseltinin en fazla olduğu saha 123.04 m ile Anadolu Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzasıdır. Yarımadalar içinde ise Trakya Yarımadası 114.79 m yükselti ile ortalama yükseltinin en fazla olduğu sahadır (Tablo 1; Şekil 6).

Tablo 1.

İnceleme alanında ortalama yükseltinin dağılışı

<b>Anadolu Yarımadası</b>				<b>Trakya Yarımadası</b>			
Genel H.	Karadeniz H.	İstanbul Boğazı H.	Marmara Denizi H.	Genel H.	Karadeniz H.	İstanbul Boğazı H.	Marmara Denizi H.
103.36	119.61	123.04	89.15	114.79	114.96	97.36	100.79





Şekil 6. İnceleme alanında yarımadalara ve ana akarsu aklanlarına ait yüksekli basamakları haritası

**Eğim Özellikleri:** İnceleme alanında, hem tektonik, hem de aşınma ve parçalanma sonucu birbirinden farklı eğim değerleri meydana gelmiştir. Bu durum morfolojinin de şekillenmesinde belirleyici olmuştur. İnceleme sahasındaki eğim değerleri Erol (1993) tarafından yapılan sınıflandırma dikkate alınarak düzlük ve yamaç olarak ayrılmıştır (Tablo 2). Düzlükler % 0-2 (Düzlük) ve % 2.01-5 (Dalgalı düzlük), yamaçlar ise % 5.01-10 (Az eğimli yamaç), % 10.01-40 (Eğimli dik yamaç) ve % 40.01-+ (Çok dik yamaç) eğim sınıfları ile temsil edilmektedir (Tablo 2).

Tablo 2.

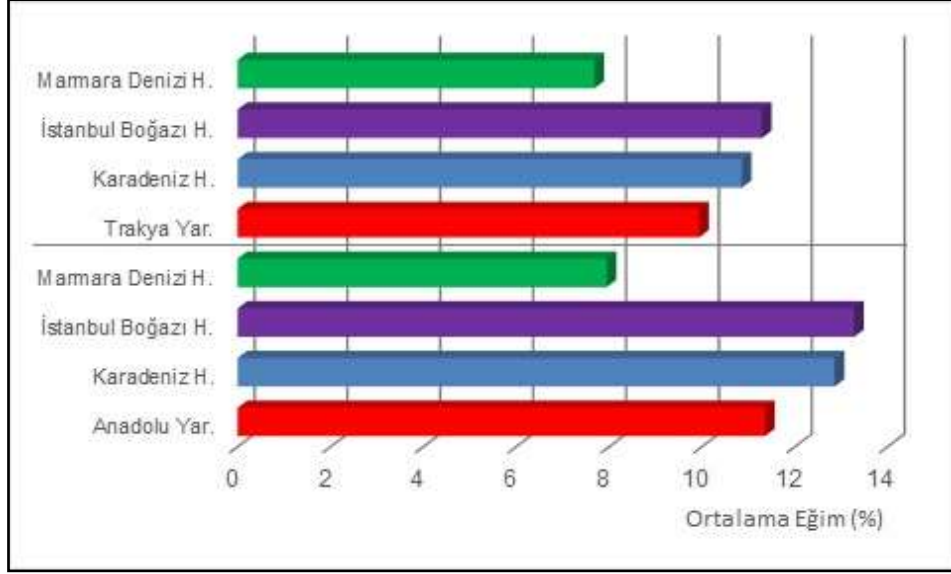
İnceleme alanında eğim (%) sınıflarının dağılışı

Havzalar	Alt Havzalar	Ortalama Eğim (%)	EĞİM (%) SINIFLARININ ALANI (km <sup>2</sup> )				
			DÜZLÜK		YAMAÇ		
			0-2 (Düzlük)	2.01-5 (Dalgalı düzlük)	5.01-10 (Az eğimli yamaç)	10.01-40 (Eğimli dik yamaç)	40.01-+ (Çok dik yamaç)
Anadolu Yarımadası	Karadeniz H.	12.86	113.63	150.59	355.36	761.24	22.21
	İstanbul Boğazı H.	13.28	9.96	21.72	47.09	101.69	2.66
	Marmara Denizi H.	7.95	34.94	65.53	97.83	72.93	1.11
	Genel H.	11.36	158.53	237.84	500.28	935.86	25.98
Trakya Yarımadası	Karadeniz H.	10.86	112.11	127.01	256.62	432.98	8.19
	İstanbul Boğazı H.	11.29	41.53	55.84	137.06	228.11	4.17
	Marmara Denizi H.	7.69	181.66	473.57	736.47	521.6	3.33
	Genel H.	9.94	335.3	656.42	1130.15	1182.69	15.69

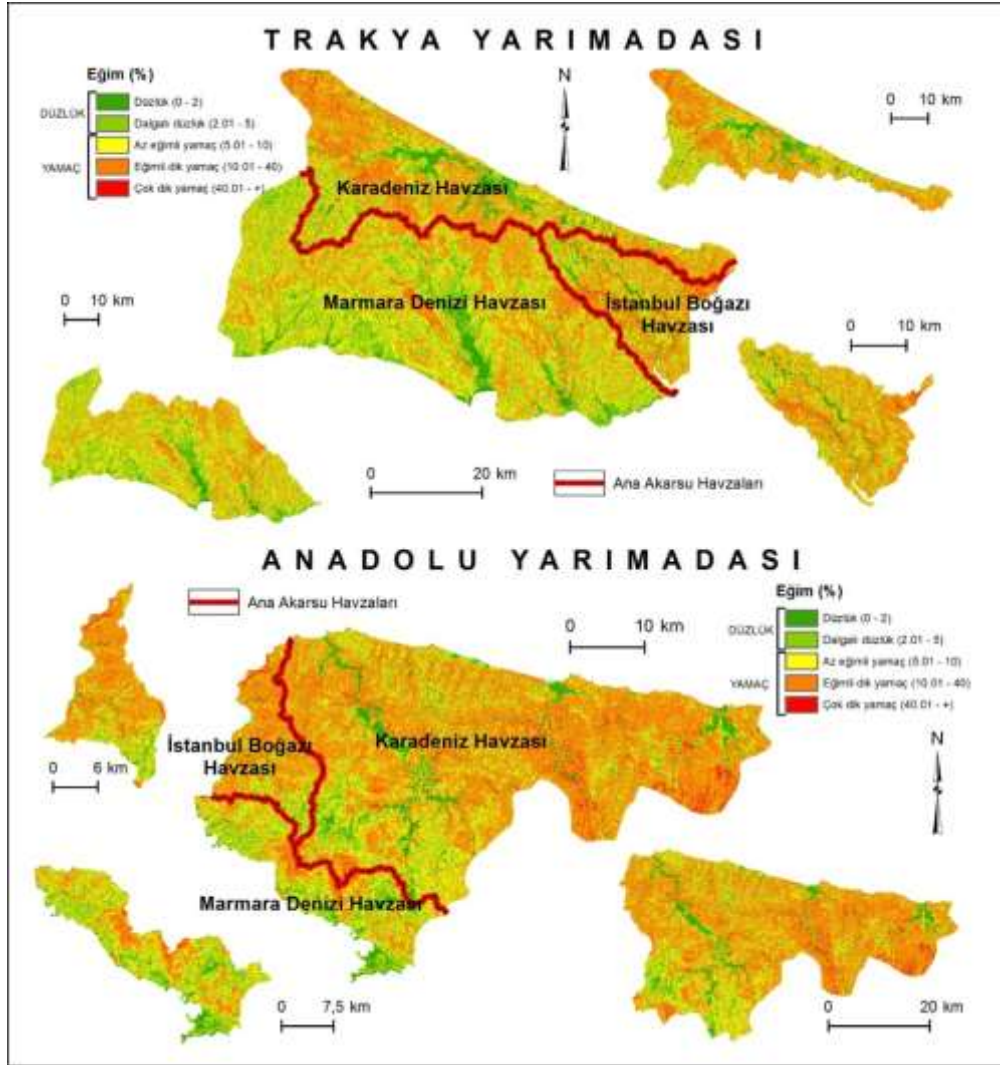
Buna göre inceleme alanında eğim sınıfları genellikle yamaçlarla temsil edilmektedir. Bu bağlamda ortalama olarak en yüksek eğim değerleri Anadolu Yarımadası'nda görülür. Burada ortalama eğim % 11.36'dır. Buna karşılık Trakya Yarımadası'nda ise ortalama eğim % 9.94'tür. Bu durum Anadolu Yarımadası'nda daha arızalı bir topoğrafyanın varlığına işaret etmektedir. Zira bu konuda yapılan bilimsel çalışmalarda durumun bu şekilde olduğunu doğrulamaktadır (Özşahin, 2013). İnceleme alanındaki alt havzalar arasında ortalama eğim oldukça farklı bir dağılışa sahiptir. Ortalama eğimin en yüksek olduğu saha % 13.28'le Anadolu Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzası, en düşük olduğu saha ise % 7.69'la Trakya Yarımadası'ndaki Marmara Denizi Havzası'dır (Şekil 7; 8).

İnceleme alanında eğim değerlerinin alansal dağılışı da farklılık gösterir. Her iki yarımada da en fazla alansal dağılışı yamaçlarla temsil edilen eğim sınıflarında görülür. Yamaçlar Anadolu Yarımadası'nda 1462.12 km<sup>2</sup>, Trakya Yarımadası'nda ise 2328.53 km<sup>2</sup> alan kaplar. Hem Anadolu'da (935.86 km<sup>2</sup>), hem de Trakya'da (1182.69 km<sup>2</sup>) yamaçlar, eğimli dik yamaçlarla (% 10.01-40) temsil edilmektedir. Buna karşılık düzlükler ise Anadolu'da 396.37 km<sup>2</sup>, Trakya'da 991.72 km<sup>2</sup> bir alan kaplar.

Alt havzalarda da eğim sınıfları alansal olarak değişkendir. Ancak bu değişkenlik eğim sınıflarının alansal olarak dağılışıyla örtüşmektedir. Nitekim hem Anadolu'da, hem de Trakya'da, Karadeniz ve İstanbul Boğazi havzalarında eğimli dik yamaçlar daha fazla alan kaplamaktadır. Bunun aksine hem Anadolu'da, hem de Trakya'da Marmara Denizi havzası ise az eğimli yamaçların baskın olduğu yerlerdir. Bu durum gerek Anadolu'da, gerekse Trakya'da topoğrafyanın daha engebeli ve parçalanmış olduğunu gösterirken, Marmara Denizi havzasında engebellik ve parçalanmışlığın daha az olduğuna dikkat çekmektedir.



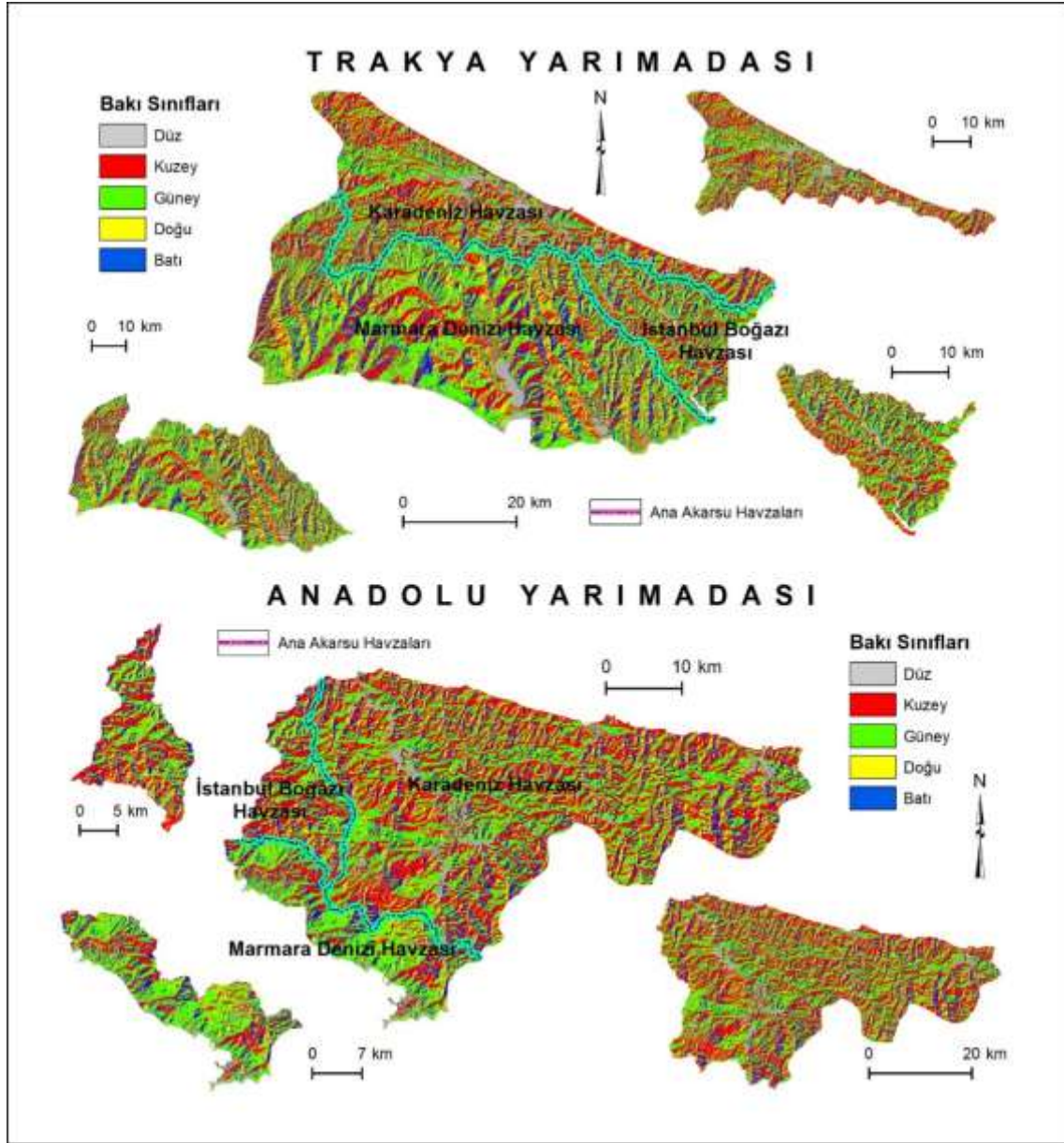
**Şekil 7.** İnceleme alanının ortalama eğim değerleri



Şekil 8. İnceleme alanının eğim haritası

**Bakı Özellikleri:** Topoğrafyadaki bakı özellikleri kullanılarak, jeomorfolojik aşınım döngüsündeki aşama ve topoğrafyanın oluşumu hakkında da fikir sahibi olunabilmektedir (Ekinci, 2004). Bakı özellikleri özellikle topoğrafyadaki yönelmeyi göstermektedir. İnceleme alanındaki bakı sınıfları 4 ana yön ve düz alanlar dâhil olmak üzere toplamda 5 farklı sınıfta toplanmıştır (Şekil 9).





Şekil 9. İnceleme alanının baki haritası

Bu bakımdan değerlendirildiğinde inceleme alanında genel olarak Anadolu Yarımadası 670.31 km<sup>2</sup> oranla kuzeye, Trakya Yarımadası da 1194.01 km<sup>2</sup> oranla güneye bakan bir pozisyona sahiptir. Yarımadalarda kendi içerisinde farklı topografik pozisyonlara göre konumlanırlar. Anadolu Yarımadası'nda en geniş oranla Karadeniz havzası 538.08 km<sup>2</sup> ve İstanbul Boğazı havzası 70.59 km<sup>2</sup> kuzeye yönelmişken, Marmara Denizi havzası ise 131.06 km<sup>2</sup> ile güneye yönelmiş olarak bulunur. Trakya Yarımadası'nda ise Karadeniz Havzası 354.58 km<sup>2</sup> ile kuzeye bakarken, İstanbul Boğazı havzası 164.41 km<sup>2</sup> ve Marmara Denizi havzası 762.22 km<sup>2</sup> güneye bakmaktadır (Tablo 3).



Tablo 3.

İnceleme alanında bakı sınıflarının dağılışı

Havzalar	Alt Havzalar	BAKİ SINIFLARININ ALANI (km <sup>2</sup> )				
		Düz	Kuzey	Güney	Doğu	Batı
Anadolu Yarımadası	Karadeniz H.	64.98	538.08	430.00	191.56	178.34
	İstanbul Boğazı H.	3.77	70.59	60.73	16.97	31.04
	Marmara Denizi H.	14.04	61.64	131.06	23.19	41.49
	Genel H.	83.15	670.31	622.33	231.72	250.87
Trakya Yarımadası	Karadeniz H.	67.47	354.58	267.38	139.78	107.63
	İstanbul Boğazı H.	25.52	150.55	164.41	67.39	58.79
	Marmara Denizi H.	51.55	508.43	762.22	280.82	313.06
	Genel H.	144.54	1013.56	1194.01	487.99	480.02

İnceleme alanı genelinde ve ana ana akarsu havzalarında bakı sınıflarının dağılışı, Şengör (2011) tarafından bölgenin oluşumu hakkında ileri sürülen tektonik modellerle uyumluluk göstermektedir. Bu bağlamda Anadolu Yarımadası kuzeye, Trakya Yarımadası da güneye doğru çarpılmıştır. Son zamanlarda yaşlandırma tekniklerine dayalı olarak yapılan güncel çalışmalarda da durumun bu şekilde olduğu teyit edilmiştir (Özşahin, 2013).

**Havza Röliyesi:** Havzanın en yüksek noktası ile en alçak noktası arasındaki maksimum dikey uzaklığı farkı ifade etmektedir (Özdemir, 2011). Bu değer yüksek olması daha eğimli ve dik yamaçlarla temsil edilen bir topoğrafyanın varlığının işareti. Havza röliyesi değeri, havzanın en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki farkın alınmasını gösteren aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$B_h = H_{max} - H_{min}$$

Bu formülde;  $B_h$ : Havza röliyesi,  $H_{max}$ : Havzanın en yüksek noktası (m) ve  $H_{min}$ : Havzanın en alçak noktası (m)'na karşılık gelir.

İnceleme alanında en yüksek havza röliyesi değeri Anadolu Yarımadası'nın Marmara Denizi havzasında (524 m) yer almaktadır (Tablo 4). Bu alanda röliye değeri yüksek olması İstanbul ilinin en yüksek noktası olan Aydos Dağı (538 m)'nin (Özşahin, 2013) burada yer almasından dolayıdır. Havza röliyesinin en düşük olduğu (239 m) yer ise Trakya Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzası'dır (Tablo 4). Bu durum ilgili havzada topoğrafyanın daha monoton ve emles bir karakter sunmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.

İnceleme sahasında havza röliyesi değerleri

Adı	$H_{max}$	$H_{min}$	$B_h$
Anadolu Y.	524 m	0 m	524 m
Karadeniz H.	510 m	0 m	510 m
İstanbul Boğazı H.	425 m	0 m	425 m
Marmara Denizi H.	524 m	0 m	524 m
Trakya Y.	394 m	0 m	394 m
Karadeniz H.	394 m	0 m	394 m
İstanbul Boğazı H.	239 m	0 m	239 m
Marmara Denizi H.	318 m	0 m	318 m

**Engebelilik Değeri:** Bu değer havza rölyefi ve drenaj yoğunluğunun çarpılmasıyla tespit edilmektedir (Melton, 1957; Özdemir, 2011). Engebelilik değeri, topoğrafyanın genel karakteri ve yarıлма derecesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bu bakımdan yüksek oranda yarıılmış araziler alçak, daha az yarıılmış ve engebeli araziler ise yüksek rölyef özellikleri gösterirler. Ayrıca engebelilik değerinin artışına bağlı olarak akarsuların erozif faaliyetlerinin hızı da artmaktadır. Engebelilik değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$R_n = B_h \times D_d$$

Bu formülde;  $R_n$ : Engebelilik değeri,  $B_h$ : Havza rölyefi (km);  $D_d$ : Drenaj yoğunluğu (km/km<sup>2</sup>) değerlerini göstermektedir.

İnceleme alanında engebelik değerlerinin en yüksek olduğu (0.99) ana akarsu akları Anadolu Yarımadası'dır (Tablo 5). Bu değer Trakya Yarımadası'nın yaklaşık iki katıdır. Bunun yanında alt havza kapsamında engebelik değeri en yüksek Anadolu Yarımadası'ndaki Karadeniz havzasındadır (1.14). Bu değer inceleme alanı ortalamasının (0.61) yarısından fazladır (0.53). Genel bir ifadeyle inceleme alanında Anadolu Yarımadası, Trakya Yarımadası'na göre daha engebeli bir rölyef yapısına sahiptir (Tablo 5).

Tablo 5.

İnceleme alanındaki engebelilik değerleri

Adı	$B_h$	$D_d$	$R_n$
Anadolu Y.	0.524	1.88	0.99
Karadeniz H.	0.510	2.24	1.14
İstanbul Boğazı H.	0.425	1.14	0.48
Marmara Denizi H.	0.524	0.50	0.26
Trakya Y.	0.394	1.47	0.58
Karadeniz H.	0.394	1.78	0.70
İstanbul Boğazı H.	0.239	1.39	0.33
Marmara Denizi H.	0.318	1.34	0.43

**Hipsometrik Eğri:** İnceleme alanında değişik yükselti kademeleri arasındaki oranları daha belirgin ve jeomorfoloji ile daha uyumlu bir şekilde ifade etmek için hipsografik (hipsometrik) eğriler kullanılabilir (Özdemir, 2007). Böylece sahanın genel jeomorfolojik özelliklerinden yükselti katlarının alansal dağılışı belirlenebilir, ana jeomorfolojik birimler tespit edilebilir ve aşınım yüzeylerinin genel karakteri ortaya çıkarılabilir (Ekinci, 2011).

Hipsografik eğrinin elde edilmesinde iki farklı yöntem vardır. Bunlardan ilki Strahler (1952) tarafından ortaya konulmuştur. Bu metot, toplam havza yükseltisinin, toplam havza alanı ile olan ilişkisi esasına dayanmakta ve hipsografik eğri ise nispi yükselti (h/H) ve nispi alanın (a/A) tespit edilmesi ile ortaya konulmaktadır. Burada "h" ilgili yükselti seviyesine ait yükselti değeri (m), "H" ise inceleme sahasının en yüksek noktasına ait değerdir (Ekinci, 2011). "a" ilgili yükselti seviyesine ait yüzölçümü alanı (m<sup>2</sup>), "A" ise havzanın m<sup>2</sup> olarak toplam yüzölçümü alanıdır.

İnceleme alanında yarımadalara ve ana akarsu aklanlarına ait uygulamadaki yükseklik aralığı 50 m olarak alınmış ve buna göre hipsometrik eğriler oluşturulmuştur (Tablo 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13). Alansal değerler 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarından elde edilen 10 m aralığındaki yükseklik verisinden (Sayısal Yükseklik Modeli-SYM) elde edilmiş olup iz düşüm alanı değil, yüzey alanı kullanılmıştır.

Tablo 6.

İnceleme alanındaki Anadolu Yarımadası'nda yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı m <sup>2</sup> )	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	524	1889063233.83	1889063233.83	0.00	1.00
50	524	1578012438.35	1889063233.83	0.10	0.84
100	524	1085010032.30	1889063233.83	0.19	0.57
150	524	517350904.24	1889063233.83	0.29	0.27
200	524	182964788.46	1889063233.83	0.38	0.10
250	524	63355310.93	1889063233.83	0.48	0.03
300	524	28297234.81	1889063233.83	0.57	0.01
350	524	13470236.95	1889063233.83	0.67	0.01
400	524	6917757.48	1889063233.83	0.76	0.00
450	524	2027981.38	1889063233.83	0.86	0.00
500	524	119393.72	1889063233.83	0.95	0.00
524	524	2560.75	1889063233.83	1.00	0.00

Tablo 7.

İnceleme alanındaki Trakya Yarımadası'nda yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı m <sup>2</sup> )	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	394	3354221341.87	3354221341.87	0.00	1.00
50	394	2495683442.07	3354221341.87	0.13	0.74
100	394	1579859048.17	3354221341.87	0.25	0.47
150	394	849008263.32	3354221341.87	0.38	0.25
200	394	349036357.96	3354221341.87	0.51	0.10
250	394	92494774.31	3354221341.87	0.63	0.03
300	394	32554922.02	3354221341.87	0.76	0.01
350	394	7722461.42	3354221341.87	0.89	0.00
394	394	1134.30	3354221341.87	1.00	0.00

Tablo 8.

İnceleme alanındaki Anadolu Yarımadası'ndaki Marmara Denizi havzası için yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı m <sup>2</sup> )	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	524	271837410.98	271837410.98	0.00	1.00
50	524	185568395.05	271837410.98	0.10	0.68
100	524	98422296.54	271837410.98	0.19	0.36
150	524	45362378.35	271837410.98	0.29	0.17
200	524	20624498.05	271837410.98	0.38	0.08
250	524	8639008.00	271837410.98	0.48	0.03
300	524	3603765.91	271837410.98	0.57	0.01
350	524	1584964.51	271837410.98	0.67	0.01
400	524	669175.30	271837410.98	0.76	0.00
450	524	303561.87	271837410.98	0.86	0.00
500	524	92692.69	271837410.98	0.95	0.00

524 524 2560.75 271837410.98 1.00 0.00

Tablo 9.

İnceleme alanındaki Anadolu Yarımadası'ndaki Karadeniz havzası için yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı) m <sup>2</sup>	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	510	1419466284.39	1419466284.39	0.00	1.00
50	510	1225645583.60	1419466284.39	0.10	0.86
100	510	856801434.71	1419466284.39	0.20	0.60
150	510	410670636.15	1419466284.39	0.29	0.29
200	510	141248129.26	1419466284.39	0.39	0.10
250	510	48357907.38	1419466284.39	0.49	0.03
300	510	22370594.71	1419466284.39	0.59	0.02
350	510	10922841.29	1419466284.39	0.69	0.01
400	510	5922997.22	1419466284.39	0.78	0.00
450	510	1633294.92	1419466284.39	0.88	0.00
500	510	18466.83	1419466284.39	0.98	0.00
510	510	68.14	1419466284.39	1.00	0.00

Tablo 10.

İnceleme alanındaki Anadolu Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzası için yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı) m <sup>2</sup>	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	425	184378641.69	184378641.69	0.00	1.00
50	425	162118240.56	184378641.69	0.12	0.88
100	425	123857714.47	184378641.69	0.24	0.67
150	425	55587957.60	184378641.69	0.35	0.30
200	425	17197425.47	184378641.69	0.47	0.09
250	425	4344100.27	184378641.69	0.59	0.02
300	425	1100654.19	184378641.69	0.71	0.01
350	425	429095.87	184378641.69	0.82	0.00
400	425	79947.73	184378641.69	0.94	0.00
425	425	2413.55	184378641.69	1.00	0.00

Tablo 11.

İnceleme alanındaki Trakya Yarımadası'ndaki Marmara Denizi havzası için yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı) m <sup>2</sup>	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	318	1922657810.12	1922657810.12	0.00	1.00
50	318	1436675959.71	1922657810.12	0.16	0.75
100	318	927749535.80	1922657810.12	0.31	0.48
150	318	460928586.61	1922657810.12	0.47	0.24
200	318	130831884.92	1922657810.12	0.63	0.07
250	318	9120545.92	1922657810.12	0.79	0.00
300	318	140700.88	1922657810.12	0.94	0.00
318	318	3054.17	1922657810.12	1.00	0.00

Tablo 12.

İnceleme alanındaki Trakya Yarımadası'ndaki Karadeniz havzası için yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı m <sup>2</sup> )	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	394	942873484.45	942873484.45	0.00	1.00
50	394	648095495.39	942873484.45	0.13	0.69
100	394	425040931.36	942873484.45	0.25	0.45
150	394	334276753.28	942873484.45	0.38	0.35
200	394	209341994.43	942873484.45	0.51	0.22
250	394	82169942.37	942873484.45	0.63	0.09
300	394	31986037.57	942873484.45	0.76	0.03
350	394	7698945.68	942873484.45	0.89	0.01
394	394	1134.30	942873484.45	1.00	0.00

Tablo 13.

İnceleme alanındaki Trakya Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzası için yükselti basamaklarının dağılışı ve hipsometrik eğri için veri değerleri

Yükseklik (h)	Maksimum Yükseklik (H)	Alan (a) (Yüzey Alanı m <sup>2</sup> )	Havza Alanı (Yüzey Alanı) (A) m <sup>2</sup>	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	239	469397429.85	469397429.85	0.00	1.00
50	239	403636704.52	469397429.85	0.21	0.86
100	239	221788585.74	469397429.85	0.42	0.47
150	239	49449708.26	469397429.85	0.63	0.11
200	239	6020014.07	469397429.85	0.84	0.01
239	239	1490.40	469397429.85	1.00	0.00

Formül içeriği doğrultusunda elde edilen hipsometrik eğriden sahanın aşınım döngüsü bakımından derecesi elde edilebilmektedir (Lupiapalmieri, 2004). Bunun yanında kayaçların direnç özellikleri, ani litolojik değişimler morfolojik ötelenme ve kapmalarda hipsometrik eğriler üzerinde anomaliler olarak izlenebilmektedir (Hurtrez vd., 1999; Chen vd., 2003; Tarı ve Tüysüz, 2008).

Hipsometrik eğrinin 1 ve ona yakın olan kısımları henüz yeni oluşmuş yüzeylere işaret etmektedir. Değerin orta ve düşük çıkması topoğrafyanın olgun veya yarı olgun bir aşınım döneminde olduğunu göstermektedir (Tarı ve Tüysüz, 2008; Özdemir, 2011). Çok düşük eğri değerleri ise tepelik ve dağlık alanların varlığına işaret etmektedir (Ekinci, 2011). Ayrıca bu eğriden jeomorfolojik görünümde değişikliklere neden olan süreçler hakkında da bazı genel değerlendirmeler yapılabilmektedir (Ciccacci vd., 1992; Ekinci, 2011).

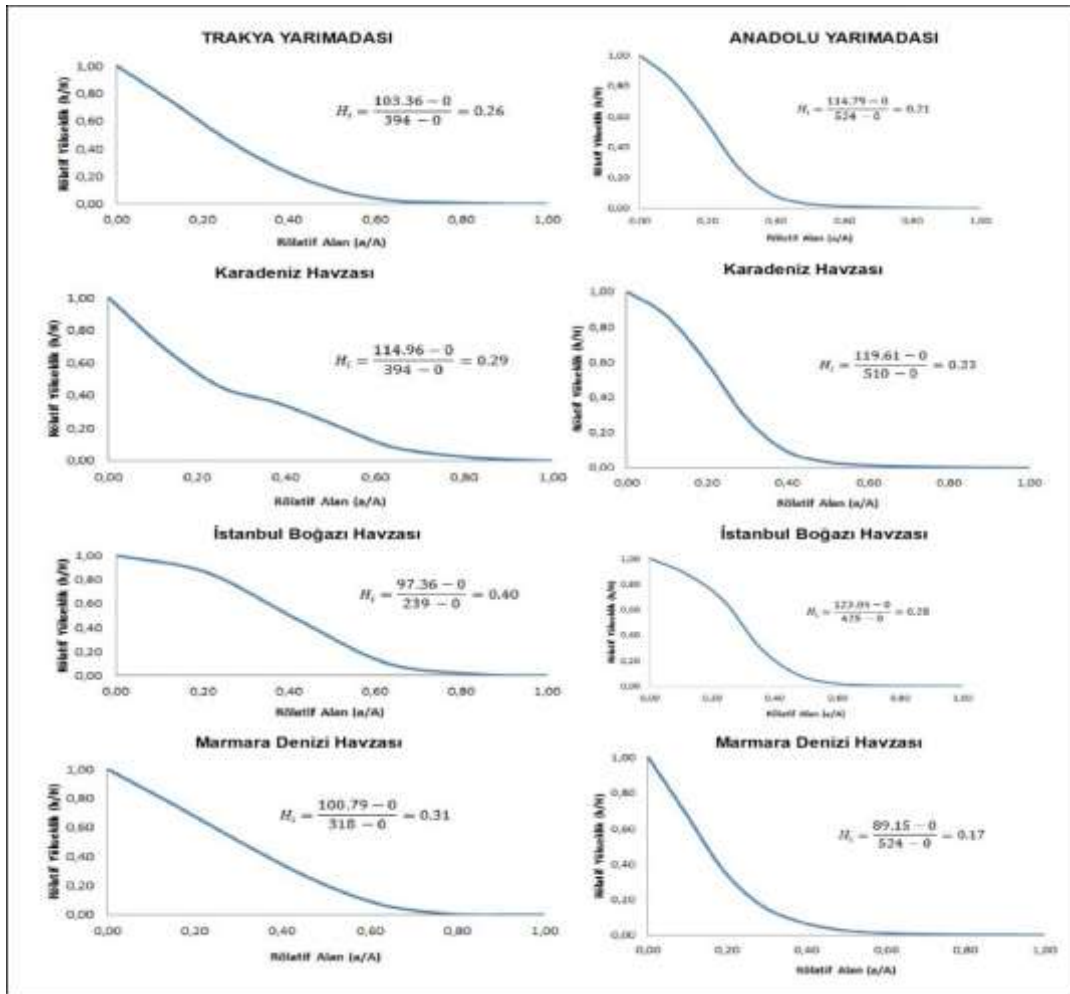
Buna göre inceleme sahasının hipsometrik eğrisi, dış bükey (konveks) ve iç bükey (konkav) eğriler arasında çok düz bir şekilde uzanış gösterir (Şekil 10). Ancak eğrideki hakim konveks eğilimler (Cürebal, 2003; 2004) alanın kütleli durumunu koruyan, akarsular tarafından yarılmış bir plato alanı karakteri taşıdığı düşüncesini hissettirmektedir. Bununla birlikte eğride belirgin bir dış bükey veya iç bükey profilin olmayışından sahanın genç veya yaşlı bir topoğrafyadan çok ileri gençlik veya olgunluk safhasında olduğu anlaşılmaktadır (Keller ve Pinter, 2002; Ekinci, 2011). İnceleme sahasının tamamına istinaden yapılan bu hipsometrik analiz sonuçları bölgenin yakın çevresinde yapılan çalışmalarda (Tarı ve Tüysüz, 2008) sonuçlarla benzerlik sunmaktadır.



**Hipsometrik İntegral:** Hipsometrik integral, hipsometrik eğri altında kalan toplam alan olup, inceleme sahası için hipsometrik eğriyi karakterize etmenin en basit yollarından birisidir (Özdemir, 2007). Hipsometrik integral, ortalama ve minimum yükseklik arasındaki farkın, maksimum ve minimum yükseklik arasındaki farka oranlanmasıyla elde edilmektedir (Keller ve Pinter, 2002; Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990; Dehbozorgi vd., 2010; Ekinci, 2011). İnceleme alanı için hipsometrik integral, SYM kullanılarak formül içeriği doğrultusunda aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Hipsometrik integral (Hi)} = \frac{\text{Ortalama Yükseklik} - \text{Minimum yükseklik}}{\text{Maksimum yükseklik} - \text{Minimum yükseklik}}$$

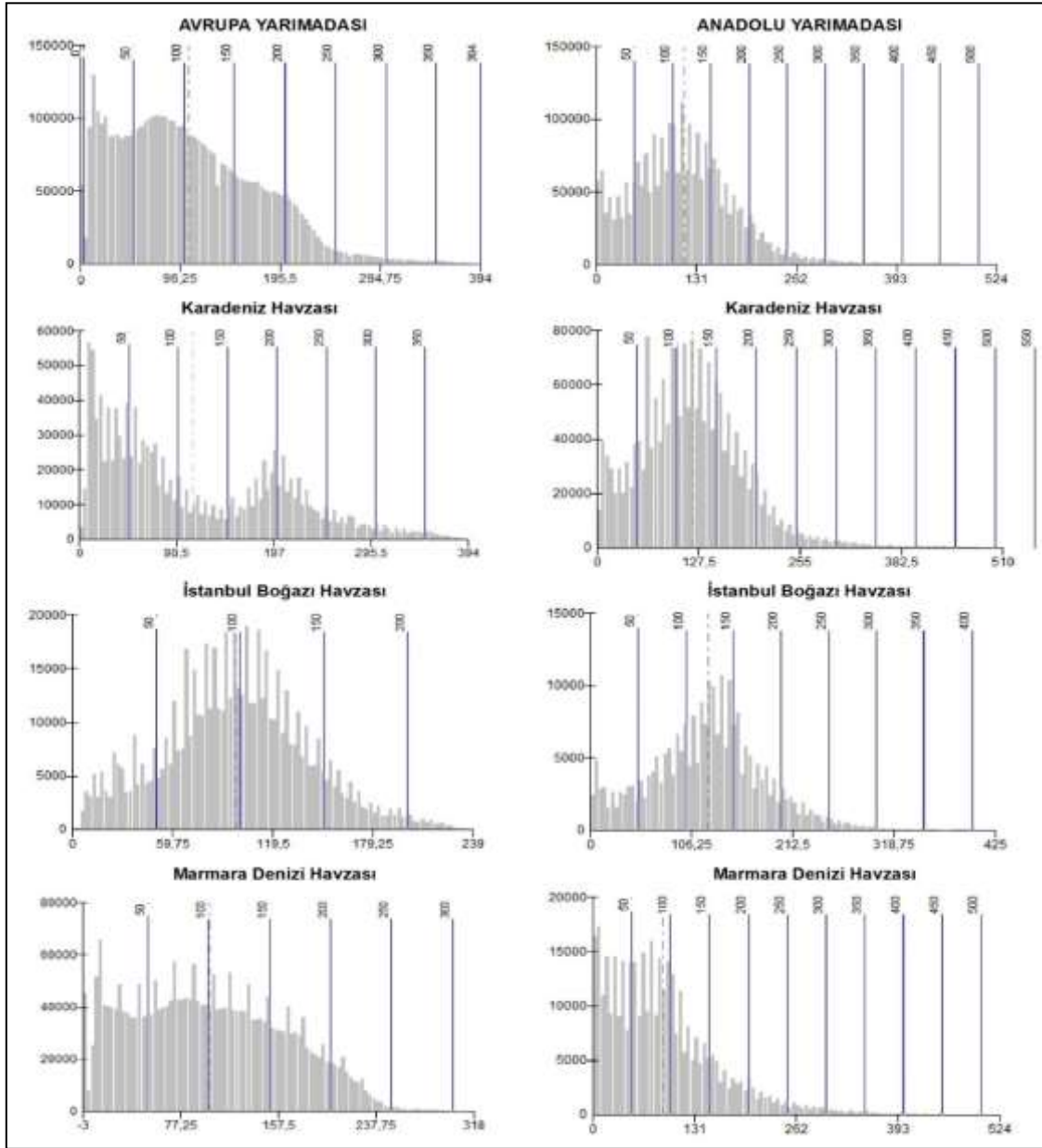
Elde edilen değere göre inceleme alanı, aşınım döngüsü bakımından kabaca yer yer ileri gençlik; yer yer de olgunluk devresindedir. Bunun yanında dış kuvvetler ve özellikle de akarsular tarafından gerçekleştirilen aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetlerinin hâlâ etkili olduğu anlaşılmaktadır. Hesaplanan bu veriler içerisinde hipsometrik integralin genel değeri yarımada ve havza kapsamında birbirine ve sıfıra yakındır. Bu veriler inceleme alanının olgunluk safhasında olduğunu kanıtlamaktadır (Tablo 14; Şekil 11).



Şekil 10. İnceleme alanının hipsometrik eğrileri

Tablo 14.  
İnceleme alanında yarımadalara ve ana akarsu aklanlarına ait hipsometrik integral değerleri

Aklan Adı	Hipsometrik integral ( $H_i$ )	Aklan Adı	Hipsometrik integral ( $H_i$ )
Karadeniz H.	0.29	Karadeniz H.	0.23
Marmara Denizi H.	0.31	Marmara Denizi H.	0.17
İstanbul Boğazı H.	0.40	İstanbul Boğazı H.	0.28
Trakya Yarımadası	0.26	Anadolu Yarımadası	0.21



Şekil 11. İnceleme alanının SYM histogramları

İnceleme alanında hipsometrik integralin en büyük olduğu akarsu akları Trakya Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı (0.40), en küçük olduğu akarsu akları ise Anadolu Yarımadası'nda Marmara Denizi (0.17) havzalarıdır. Bu değerler en olgun topoğrafya yüzeyinin Anadolu Yarımadası'nın Marmara Denizi havzasında yer aldığını göstermektedir. Buna mukabil Anadolu Yarımadası'nda Marmara Denizi havzası hariç her iki yarımada da hipsometrik integral değerlerinin yarımada genelinin ortalamasının üzerinde olması yarı olgun evrenin alametleri olarak ifade edilebilir. Bu durum bölgenin plato şeklinde gelişmiş bir jeomorfolojik yapısının olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bölgenin tektonik olarak halen aktif bir şekilde olduğunu ispat eden bir kanıt olarak belirtilebilir (Tablo 14; Şekil 11).

### **Sonuç**

Çeşitli morfometrik parametreler kullanılarak jeomorfolojik oluşum ve gelişimdeki tektonik hadiselerin açıklanmasını temel alan tektonik jeomorfoloji kapsamlı bu çalışma sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir. Yükselti farkının 538 m olduğu inceleme alanında, ortalama yükseltinin en fazla olduğu saha yarımada genelinde 114.79 m'yle Trakya, havzalar genelinde ise 123.04 m'yle Anadolu Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzasıdır. Eğimin genellikle yamaçlarla temsil edildiği inceleme alanında, ortalama olarak en yüksek eğim değerleri (% 11.36) Anadolu Yarımadası'nda görülür. Ortalama eğimin en yüksek olduğu saha ise % 13.28'le Anadolu Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzası, en düşük olduğu saha ise % 7.69'la Trakya Yarımadası'ndaki Marmara Denizi Havzası'dır. İnceleme alanının bakı özelliklerine göre genel olarak Anadolu Yarımadası 670.31 km<sup>2</sup> oranla kuzeye, Trakya Yarımadası da 1194.01 km<sup>2</sup> oranla güneye yönelimlidir.

İnceleme alanında havza röliyefi değeri en yüksek Anadolu Yarımadası'nın Marmara Denizi havzasında, en düşük ise Trakya Yarımadası'ndaki İstanbul Boğazı havzasında tespit edilmiştir. Hesaplanan engebelilik değerlerine göre Anadolu Yarımadası'nın Trakya Yarımadası'na göre daha engebeli bir röliyef yapısına sahip olduğu anlaşılmıştır. İnceleme alanının hipsometrik eğrisi, dış bükey (konveks) ve iç bükey (konkav) eğriler arasında çok düz bir şekilde uzanış gösterirken, egrideki hakim konveks eğilimler sahanın kütleli durumunu koruyan, akarsular tarafından yarılmış bir plato alanı karakteri taşıdığı düşüncesini hissettirmektedir. Ayrıca hem hipsometrik eğri, hem de hipsometrik integral değerlerinden sahanın genç veya yaşlı bir topoğrafyadan çok ileri gençlik veya olgunluk safhasında olduğu da anlaşılmaktadır.

İstanbul'un morfotektonik gelişiminin Anadolu Yarımadası'nda kuzeye, Trakya Yarımadası'nda ise güneye doğru çarpılma şeklinde olduğu morfometrik verilerle desteklenmiştir. Çarpılma Anadolu Yarımadası'nda ve özellikle de İstanbul Boğazı havzası çevresinde daha fazla gerçekleşmiştir. Bu sonuç, özellikle bakı özellikleriyle en kuvvetli bir şekilde desteklenmiştir. Elde edilen bulgular ilgili literatürde bildirilen Şengör modeli ile tutarlılık göstermektedir. Ayrıca çalışma sonuçları tektonik jeomorfoloji çalışmalarında CBS ve SYM destekli morfometrik yöntemlerin kullanılarak daha pratik veri üretilebileceğini ortaya çıkarmıştır.

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında değerli bilgilerinden faydalandığım Prof. Dr. Ali Mehmet Celal ŞENGÖR'e teşekkür ederim.

### Kaynakça

- Akar, İ., Özdemir, S. ve Özdemir, H. (2006). Jeomorfoloji Çalışmalarında CBS'nin Kullanımı: Kasatura Körfezi ve Çevresi Örneği. 4. CBS Bilişim Günleri 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Andrussow, N. (1900). Bosphorus und Dardanellen. *Annuarie Geologique et Mineralogique de la Russe*, 4, 3-10.
- Bahadır, M. ve Özdemir, M. A. (2011). Acıgöl Havzası'nın Sayısal Topoğrafik Analiz Yöntemleri ile Morfometrik Jeomorfolojisi. *The Journal Of International Social Research*, 4 (18), 323-344.
- Bilgin, T. (2006). Genel Kartografya II, İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Bull W. ve Mcfadden, L. (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California. *Geomorphology in Arid regions*, D.O., Doehring, ed., Publications in Geomorphology, State University of New York at Binghamton, pp.: 115-138.
- Burbank D. W., Anderson, R. S. (2008). Tectonic Geomorphology. 7th edition, UK: Blackwell Publishing.
- Chen, Y. C., Sung, Q. C. ve Cheng, K. Y. (2003). Along-strike variations of morphotectonic features in Western Foothills of Taiwan and its tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis. *Geomorphology*, 56, 109-137.
- Ciccacci, S., D'alessandro, L., Fredi, P. ve Lupiapelmieri, E. (1992). Relations Between Morphometric Characteristics and Denudational Processes in Some Drainage Basins of Italy. *Zeitschrift für Geomorphology*, 36, 53-67.
- Cooley, S. W., Mcmillan, M. E. ve Tressler, C. R. (2009). GIS Methods for Tectonic Geomorphology. 2009 Portland GSA Annual Meeting (18-21 October 2009), General Information for this Meeting, Steady and Unsteady Deformation of Folds, Faults, and Orogens: Dynamics, Kinematics, and Insights to Coupled Processes (Posters), *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 41 (7), 301.
- Cürebal, İ. (2003). Madra Çayı Havzasının Uygulamalı Jeomorfolojik Etüdü. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Cürebal, İ. (2004). Madra Çayı Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11, 11-24.
- Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H. ve Hosseiniasl, A. (2010). Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. *Geomorphology*, 121 (3-4), 329-341.
- Demirbağ, E., Gökaşan, E., Oktay, F. Y., Şimşek, M. ve Yüce, H. (1999). The last sea level changes in the Black Sea: Evidence from seismic data. *Marine Geology*, 157, 249-265.
- Demirkesen, A. C. (2003). Sayısal Yükseklik Modellerinin Analizi ve Sel Basman Alanlarının Belirlenmesi. Konya: TUJK 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı Poster Bildiri Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, 24-25-26 Eylül 2003.

- Ekinci, D. (2011). Safranbolu ve Çevresinin Jeomorfoloji Özellikleri. II. Baskı, İstanbul: Titiz Yayınevi.
- Enrico, M. ve Tommaso, P. (2011). Two Tectonic Geomorphology Studies on the Landscape and Drainage Network of Chain and Piedmont Areas of the Abruzzi Region (Central Apennines, Italy). *Earth and Planetary Sciences "Geology and Geophysics" "New Frontiers in Tectonic Research - At the Midst of Plate Convergence"*, book edited by Uri Schattner.
- Erginal, A. E. ve Cürebal, İ. (2007). Soldere Havzasının Jeomorfolojik Özelliklerine Morfometrik Yaklaşım: Jeomorfik İndisler ile Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 203-210.
- Erinç, S. (1939). Boğaziçi Eşiğinde Morfoloji Araştırmaları, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Enstitüsü, Yayınlanmamış Lisans Bitirme Tezi, No: 223.
- Erinç, S. (1953-1954). Karadeniz ve Çevresinin Morfolojik Tekâmülü Pleistosen'deki İklim Tahavvülleri Arasındaki Münasebetler. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 5-6, 46-94.
- Erinç, S. (2012). Jeomorfoloji I. Güncelleştirenler: Ahmet ERTEK - Cem GÜNEYSU, İstanbul: Der Yayınları, No: 284.
- Erol, O. (1979). Dördüncü Çağ (Kuvaterner) Jeoloji ve Jeomorfolojisinin ana çizgileri. Ankara: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Yayınları No: 289, Coğrafya Araştırmaları Enstitüsü Yayınları No: 22.
- Erol, O. (1993). Ayrıntılı Jeomorfoloji Haritaları Çizim Yöntemi. *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni*, 10, 19-37
- Ertek, T. A. (1995). Kocaeli Yarımadasının Kuzeydoğu Kesiminin Jeomorfolojisi. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Gökaşan, E., Alpar, B., Gazioğlu, C., Yücel, Z. Y., Tok, B. ve Doğan, E. (2001). Active tectonics of the İzmit Gulf (NE Marmara Sea) from high resolution seismic and multi-beam bathymetry data. *Marine Geology*, 175, 271-294.
- Gökaşan, E., Demirbağ, E., Oktay, F. Y., Ecevitoglu, B., Şimşek, M. ve Yüce, H. (1997). On the origin of the Bosphorus. *Marine Geology*, 140, 183-197.
- Gökaşan, E., Ustaömer, T., Gazioğlu, C., Yücel, Z. Y., Öztürk, K. ve Tur, H. (2003). Morpho-tectonic evolution of the Marmara Sea inferred from multi-beam bathymetric and seismic data. *Geo-Marine Letters*, 23, 19-33.
- Göksu, Y. H., Özer, M. A. ve Çetin, O. (1990). Mollusk kavkılarının ESR yöntemi ile tarihlendirilmesi. İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları, s.: 96-97, In: Meriç, E. (Ed.),. İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları.
- Hack, J. T. (1957). Studies of longitudinal profiles in Virginia and Maryland. *U. S. Geological 529 Survey Professional Paper*, 294-B, 45-97.
- Hancock, P. L. ve Sinner, B. J. (Edit.) (2012). The Oxford Companion to the Earth, UK.: Oxford University Press, e-ISBN: 9780191727535.
- Hirano, A., Welch, R. ve Lang, H. (2002). Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy Assessment. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 57, 356- 370.
- Hochstatter, F. (1870). Die Geologischen Verhältnisse des Östlichen Teils der Europäischen Türkei. *Jahrb. Kk. Geol. Reichsanstalt*, 20 (1), 365-461.



- Hoşgören, M. Y. (2011). Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Hurtrez, J. E., Sol, C. ve Lucazeau, F. (1999). Effect of drainage area on the hypsometry from an analysis of small-scale drainage basins in the Siwalik hills (Central Nepal). *Earth Surface Process and Landforms*, 24, 799-808.
- Keller, E. (1986). Investigation of active tectonics: use of surficial earth processes. In: Wallace, R.E. (Ed.), Washington: Active Tectonics. Studies in Geophysics. Nat. Acad. Press, 136-147.
- Keller, E. A. ve Pinter, N. (2002). Active Tectonics. 2nd edition, Upper Saddle River. New Jersey: Prentice Hall.
- Koç, T. (2013). Türkiye'nin Morfometrik Özellikleri. s.: 433-467, Prof. Dr. İlhan Kayan'a Armağan, (Editör: Prof. Dr. Ertuğ ÖNER), İzmir: Ege Üniversitesi yayınları Edebiyat Fakültesi Yayın No: 18.
- Kouli, M., Lydakıs-Sımantırıs, N. ve Soupios, P. (2007). GIS-based aquifer modeling and planning using integrated geoenvironmental and chemical approaches. Crete, Greece: Technological Educational Institute of Crete, Department of Natural Resources and Environment.
- Kurter, A. ve Hoşgören, Y. (1986). Jeomorfoloji Tatbikatı. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 1944.
- Lupiাপalmieri, E. (2004). Hypsometric Analysis. Encyclopedia of Geomorphology (Edit.: Goudie, A. S.), London: Routledge Ltd.
- Mayer, L. (1990). Introduction to Quantitative Geomorphology. NJ.: Prentice Hall, Englewood, Cliffs.
- Melton, M. A. (1957). An Analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology, Tch. Rep. No: 11, New York: Department of Geology, Columbia University.
- Meriç, E. ve Sakınç, M. (1990). Foraminifera. s.: 15-41, In: Meriç, E. (Ed.). İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) Dip tortulları, İstanbul: İTU Vakfı Yayınları.
- Okay, S. (2008). İstanbul Boğazı Karadeniz Çıkışının İncelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği Anabilim Dalı.
- Oktay, F. Y. (2010). İstanbul Boğazının Oluşumu. s.: 254-263, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Editörler: ÖRGÜN, Y., ŞAHİN, S. Y.), İstanbul: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi.
- Oktay, F. Y. ve Sakınç, M. (1993). Geç Kuvaterner'de İstanbul Boğazı'nın oluşumuna neden olan tektonik hareketler. *Türkiye Kuvaterneri Çalıştayı Bildiri Özleri*, 69-72.
- Oktay, F. Y., Gökaşan, E., Sakınç, M., Yaltırak, C., İmren, C. ve Demirbağ, E. (2002). The effects of the North Anatolian Fault Zone on the latest connection between Black Sea and Sea Marmara. *Marine Geology*, 190, 367-387.
- Özdemir, H. (2007). Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Özdemir, H. (2011). Havza Morfometrisi ve Taşkınlar. s.: 507-52, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemantik ve Bölgesel, İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No: 6.
- Özdemir, M. A. ve Bahadır, M. (2008). CBS ile Armutlu Yarımadasının Morfometrik Özellikleri. Çanakkale: Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, 20-23 Ekim 2008.
- Özkaymak, Ç. ve Sözbilir, H. (2012). Tectonic geomorphology of the Spildağı High Ranges, western Anatolia. *Geomorphology*, 173-174, 128-140.
- Özşahin, E. (2013). İstanbul İlinin Anadolu Yakasının Jeomorfolojik Özellikleri. Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı.
- Pamir, H. N. (1938). İstanbul Boğazı'nın teşekkülü meselesi. *MTA Dergisi*, 13, 61-68.
- Phillipson, A. (1898). Bosphorus und Hellespont. *Geogr. Zeitschr.*, 4, 16-26.
- Pike, R. J. ve Wilson, S. E. (1971). Elevation-Relief Ratio, Hypsometric Integral and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Soc. Am. Bull.*, 82, 1079-1084.
- Ponza, A. (2010). Tectonic Geomorphology and Active Strain of The Northern Apennines Mountain Front, Tesi di Dottorato, Bologna, Italy: Università Di Bologna Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Dottorato Di Ricerca In Scienze Della Terra XXII Ciclo, Coordinatore: Prof. Roberto Barbieri.
- Rockwell, T., Keller, E. ve Johnson, D. (1984). Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California. p.: 183-207, In: Morisawa, M., Hack, T. (eds.), Tectonic Geomorphology. Binghamton: Publ. In Geomorphology, State University of New York.
- Ryan, W. B. F., Pitman III, W. C., Major, C. O., Shimkus, K., Moscalenko, V., Jones, G. A., Dimitrov, P., Görür, N., Sakıncı, M. ve Yüce, H. (1997a). An abrupt drowning of the Black sea shelf. *Marine Geology*, 138, 119-126.
- Ryan, W. B. F., Pitman III, W. C., Major, C. O., Shimkus, K., Moscalenko, V., Jones, G. A., Dimitrov, P., Görür, N., Sakıncı, M. ve Yüce, H. (1997b). An abrupt drowning of the Black sea shelf at 7.5 kyr BP. *Geo-Eco-MARINA*, 2, 115-126.
- Sholten, R. (1974). Role of the Bosphorus in Black Sea chemistry and sedimentation. The Black Sea: Geology, Chemistry and Biology, D. A. Ross and Degens (eds.), USA: Published by AAPG, Tulsa Oklahoma.
- Stanley, D. J. ve Blanpied, C. (1980). Late Quaternary water Exchange between the Eastern Mediterranean and the Black Sea. *Nature*, 265, 537-541.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. Boston, USA.: Geological Society of America Bulletin, 63.
- Şengör, A. M. C. (2011). İstanbul Boğazı Niçin Boğaziçi'nde Açılmıştır?, s.: 57-102, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemantik ve Bölgesel, İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No: 5.
- Tanoğlu, A. (1947). Türkiye'nin İrtifa Kuşakları. *Türk Coğrafya Dergisi*, 9-10, 37-63.
- Tarı, U. ve Tüysüz, O. (2008). İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği. *İstanbul Teknik Üniversitesi İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 7 (1), 17-28.
- Turoğlu, H. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları. Genişletilmiş 2. Baskı, İstanbul: Çantay Kitabevi.

- Yalçınlar, İ. (1949). İstanbul Civarı ve Kocaeli Yarımadasının Jeomorfolojisi Hakkında Notlar. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 2 (1), 134-143.
- Yaltırak, C. (2002). Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, 190, 493-529.
- Yılmaz, Y. (2002). Morphotectonic development of the Eastern Anatolia, International Workshop on the Tectonics of Eastern Turkey and Northern Arabian Plate. Bogazici University, Cornell University, Erzurum: Atatürk University, Abstracts Book, p.: 32.
- Yılmaz, Y. ve Sakıncı, M. (1990). İstanbul Boğazı'nın jeolojik gelişimi üzerine düşünceler. s.: 99-105, İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) Dip Tortulları, Engin Meriç (ed.), İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları.
- Yomralıoğlu, T. (2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. 2. Baskı, ISBN 975-97369-0-X, Trabzon: Akademi Kitabevi.
- Zovoili, E., Konstantinidi, E. ve Koukouvelas, I. K. (2004). Tectonic Geomorphology of Escarpments: The Cases Of Kompotades and Nea Anchialos Faults. Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XXXVI, 1716-1725.