

# Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi

## Journal of Geomorphological Researches

© Jeomorfoloji Derneği

www.dergipark.gov.tr/jader

E - ISSN: 2667 - 4238




### Araştırma Makalesi / Research Article

## ŞİLE (İSTANBUL) EOLİNİTLERİNDEKİ ÇÖZÜNME BORULARININ KÖKENİ ÜZERİNE ÖN BULGULAR


### Preliminary results on the origin of dissolution pipes in coastal eolianites of Şile (İstanbul)

Muhammed Zeynel ÖZTÜRK <sup>a</sup>, Çağlar ÇAKIR <sup>b</sup>, Mustafa AVCIOğLU <sup>c</sup>,  
T. Ahmet ERTEK <sup>d</sup>, Nabi EVREN <sup>e</sup>, Ahmet Evren ERĖINAL <sup>f</sup>

<sup>a</sup> Nięde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakóltesi, Coğrafya Bölümü, Nięde - Türkiye  
[muhammed.zeynel@gmail.com](mailto:muhammed.zeynel@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0002-9834-7680>

<sup>b</sup> Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakóltesi, Coğrafya Bölümü, Antalya, Türkiye  
[caglarcakir55@gmail.com](mailto:caglarcakir55@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0002-1090-7146>

<sup>c</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale - Türkiye  
[mustafaavcioglu@gmail.com](mailto:mustafaavcioglu@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0002-1590-0832>

<sup>d</sup> İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakóltesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul - Türkiye  
[taertek@gmail.com](mailto:taertek@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0002-9857-4832>

<sup>e</sup> Şile Çevre Gönüllüleri Derneği, İstanbul - Türkiye  
[nabievren@mynet.com](mailto:nabievren@mynet.com)

<sup>f</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakóltesi, Coğrafya Eğitimi AD, Çanakkale - Türkiye  
[aerginal@gmail.com](mailto:aerginal@gmail.com)  <https://orcid.org/0000-0002-3112-5258> (sorumlu yazar / corresponding author)

#### Makale Tariğesi

Geliş 09 Haziran 2018  
Düzenleme 13 Eylül 2018  
Kabul 28 Eylül 2018

#### Article History

Received 09 June 2018  
Received in revised form 13 September 2018  
Accepted 28 September 2018

#### Anahtar Kelimeler

Ayrışma boruları, Dikey ayrışma, Eolinit,  
Şile

#### Keywords

Dissolution pipes, Vertical waethering,  
Eolianite, Şile

#### Atıf Bilgisi / Citation Info

Öztürk, M.Z., Çakır, Ç., Avcioglu, M.,  
Ertek, T.A., Evren, N., Erginal, A.E.  
(2018). Şile (İstanbul) eolinitlerindeki  
çözünme borularının kökeni üzerine ön  
bulgular, *Jeomorfolojik Araştırmalar  
Dergisi*, 2018 (1): 67-79

#### ÖZET

Tropikal kıyılar ile Akdeniz kuşağı kıyılarındaki karbonat eolinitlerinde yaygın olarak gözlenen silindir ve konik şekilli dikey ayrışma borularının oluşumu halen tartışmalıdır. Bu tür nadir paleo-kıyı karştı şekilleri, Türkiye kıyılarından ilk kez Şile (İstanbul) batısındaki Doğancılı kıyı zonunda, 5 metre kalınlıktaki çapraz lamine olitik eolinit tabakaları içinde tespit edilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı eolinit kütlesi içerisinde gelişmiş bu şekillerin fiziksel özelliklerinin ve gelişim modelinin ortaya konulmasıdır. Eolinitin kuzey kesimindeki falez yüzeyi boyunca çok fazla sayıda ayrışma borusu gelişmiştir. Bu şekillerden bozulmamış olan 45 tanesinden şerit metre yardımıyla derinlik, ve çap ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerine göre, çözünme borularının maksimum ağız çapı 60 cm ve derinliği 460 cm'dir. Bazı şekillerde derinlik, eolinitin örttüğü paleosol katmanı ile olan dokanağa kadar yaklaşır. şekiller çapraz tabakalı eolinit içerisinde gelişmiş olmakla birlikte dikey formları üzerinde çapraz laminasyonun kontrolü yoktur. Boyutlardaki değişkenlik, şekillerin oluşum evrelerinin farklılığı ile ilgili olmalıdır. Birbirine yakın gelişmiş olan çözünme borularının birleşmesiyle bileşik formlar oluşmuş, yan duvarların ortadan kalkması sonucu borular "pinnacle" denilen münferit keskin kenarlı bloklara dönüşmüşlerdir. Denizel izotop dönemi (MIS) 6 sonu ile MIS 5e başlarına tarihlendirilen eolinitler üzerinde gelişmiş bu şekiller, eolien kumlarının oluşumu ve çimentolanmasının gerçekteşiği daha sıcak ve kurak koşulları izleyen nemli koşullar altında gelişmiş olmalıdır. Borular içinde kalker kabuk gözlenmemesi, oluşumları esnasında kurak evrelerin yaşanmadığını açıklar. Sonuç olarak çözünme boruları organik maddece zengin topraktan derine sızan CO<sub>2</sub> ile asitliği artmış suların yol açtığı erime sonucu fosil (örtülü) karst olarak gelişmiş olmalıdır. Çözünme yüzeyde bitki köklerinden vadoz zondaki tercihi akış kanallarına aktararak makro gözenekler boyunca derine ilerlemiştir.

## ABSTRACT

The origin of cylindrical and cone-shaped dissolution pipes commonly observed on coastal eolianites at tropical and Mediterranean coasts is still under debate. Such unusual paleokarstic landforms have been first recognized on Turkey's coasts at Doğanlı village to the west of Şile, İstanbul. Main aim of this study is explain physical properties and development model of these forms. Pipes are carved into cross-bedded laminae of 5 m-thick oolitic eolianites and forms are seen along cliff surface located northern part of the eolianite. Depth and perimeter of 45 pipes which are good condition are measured via ruler. Based on measurements of 45 dissolution pipes along sea-faced cliffs where they are preserved, pipes have the maximum upper diameter of 60 cm and depth of 460 cm. The depth of some pipes reaches the boundary with the underlying paleosol. The vertical shape of these holes are not apparently controlled by the cross bedded laminae. Variability in dimension of forms might represent differences in generation of pipe formation. Composite forms formed by combination of closely-spaced pipes verged into the sharp-edged blocks, i.e. pinnacle, as result of the removal of side walls. These weathered holes in eolianite dated to late MIS6 and early MIS5 might have formed during more humid conditions succeeding hotter and drier conditions, favoring the deposition and cementation of eolianite sands. The lack of calcrete within the dissolution pipes reveals nonoccurrence of arid stages during their formation. Consequently, dissolution pipes are likely the result of covered fossil (covered) karst caused by infiltrated waters having more acidity due to soil CO<sub>2</sub>. The vertical dissolution taking place on macro pores were possibly caused by the effects of infiltrated waters, passing from plant roots to preferred flow paths in vadose zone.

© 2018 Jeomorfoloji Derneği. Tüm hakları saklıdır. All rights reserved.

## GİRİŐ

Çözünme boruları (dissolution pipe) genellikle yüksek karbonat içeriğine sahip, iri tanelerden oluşan, zayıf şekilde taşlaşmış ve boşluk oranı yüksek anakayaların çözünmesi ile meydana gelen; derinliği 20 m'ye, çapı ise 1.5 m'ye kadar ulaşabilen silindir ve konik şekilli ayrışma yapılarıdır (Lundberg ve Taggarf, 1995; Walsh ve Morawiecka, 2001; De Waele vd., 2011). Bu şekiller çeşitli çalışmalarda karstik çukur, karstik baca, karstik boru, karstik kuyu (Lundberg ve Taggarf, 1995), hatta solucan deliği (Petrus ve Szymczak, 2015) ve toprak dili (Yehle, 1954) olarak isimlendirilmiştir. Genel olarak kalkarenit (Walsh ve Morawiecka, 2001; De Waele vd., 2009; Lipar, 2009), tebeşir (Burnaby, 1950; De Bruijn, 1983; Wiliems vd., 2007), kireçtaşı (Brunsden vd., 1976), taşlaşmış kokina deposu (Prouty ve Lovejoy, 1992) kumtaşı (Greenly, 1901; Day, 1928; Lundberg ve Taggarf, 1995), oolitik kayalar (Wright, 1983; Webb, 1994) ve eolinitler (Livingston, 1944; Bretz, 1960; Adams, 1983; Herwitz 1993; Carew and Mylroie, 1994; Baker, 1943; Fairbridge, 1950; Baker, 1958; Bird, 1970; Coetzee, 1975; Caron vd., 2009; Erginal vd., 2013) üzerinde yaygın bir oluşuma sahiptir. En

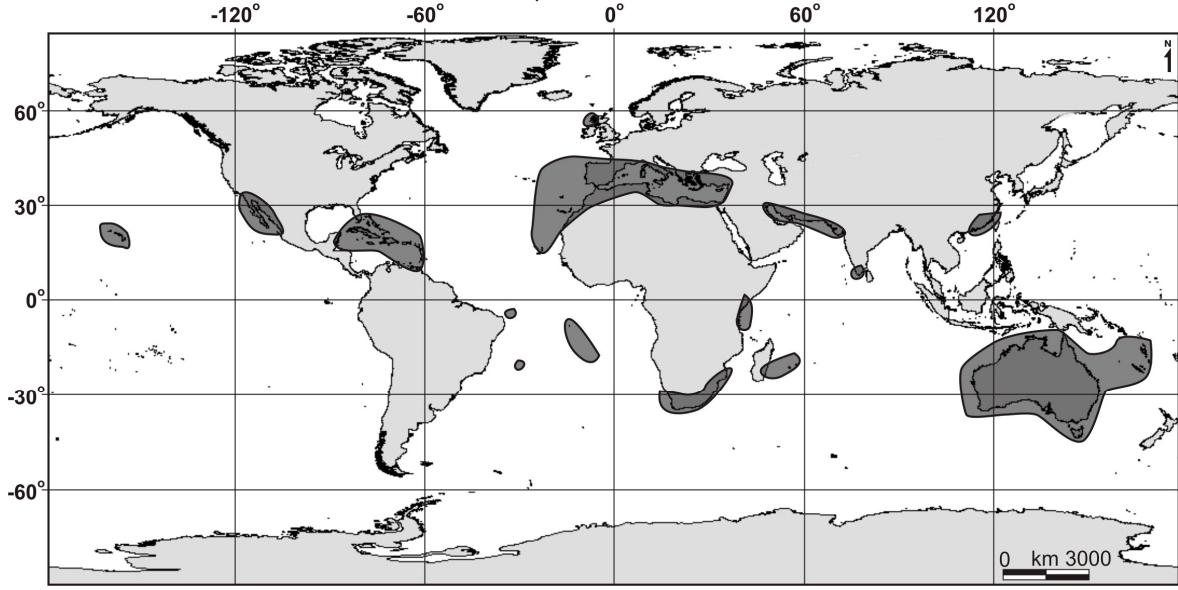
yaygın oluşumu eolinitler üzerinde görüldüğü için küresel dağılışı ile eolinitlerin dağılışı arasında önemli bir bağlantı bulunur (Grimes, 2009).

Eolinit (çimentolanmış fosil kumul/taşlaşmış kumul) orta enlem kıtalarında ve adalarında yaygın olarak gözlenen (Brooke, 2001; Şekil 1), rüzgarla taşınmış ve bol karbonat içeren kumlardan oluşur (Frébourg vd., 2008). McLaren (2004)'e göre çimentolanmış kumtaşı, Brooke (2001)'a göre karbonat çimentolu kıyı kireçtaşı bileşimindedir. Bol miktarda kuvars kumu ve bunları birbirine çimentolayan kalsiyum karbonat eolinitlerin egemen iki unsurudur. Çapraz katmanlanma yapısı ise bunların jeolojik geçmişte denizden karaya veya karadan denize esen paleorüzgarların etkisiyle gelişen tipik katman yapısını oluşturur. Eolinitlerin dünya kıyılarındaki dağılışı ve oluşumu üzerine detaylı bilgiye Brooke (2001)'de ulaşılabilir.

Eolinitler üzerinde gelişen çözünme borularının oluşumundaki en önemli faktör iklimdir ve bu şekiller tropikal iklim koşullarında yaygın bir oluşum gösterir. Bununla birlikte şiddetli buharlaşmanın görüldüğü soğuk ve ılıman iklim koşullarında (Lundberg ve Taggarf, 1995; Morawiecka,

1993; Morawiecka ve Walsh, 1997; De Bruijn, 1983; West, 1973) ve Akdeniz kıyılarında da (Day, 1928; Rudnicki, 1980; Marsico vd., 2003, De Waele vd., 2009, 2011; Caron vd., 2009)

örnekleri bulunmaktadır. Bu paleokarstik şekillerin Karadeniz kıyılarındaki varlığı Erginal vd. (2013) tarafından ilk kez ortaya konmuştur.



Şekil 1: Eolinitlerin yoğun olarak görüldüğü alanların coğrafi dağılımı (Brooke 2001'den düzenlenerek).

### Ayrışma Borularının Oluşum Teorileri

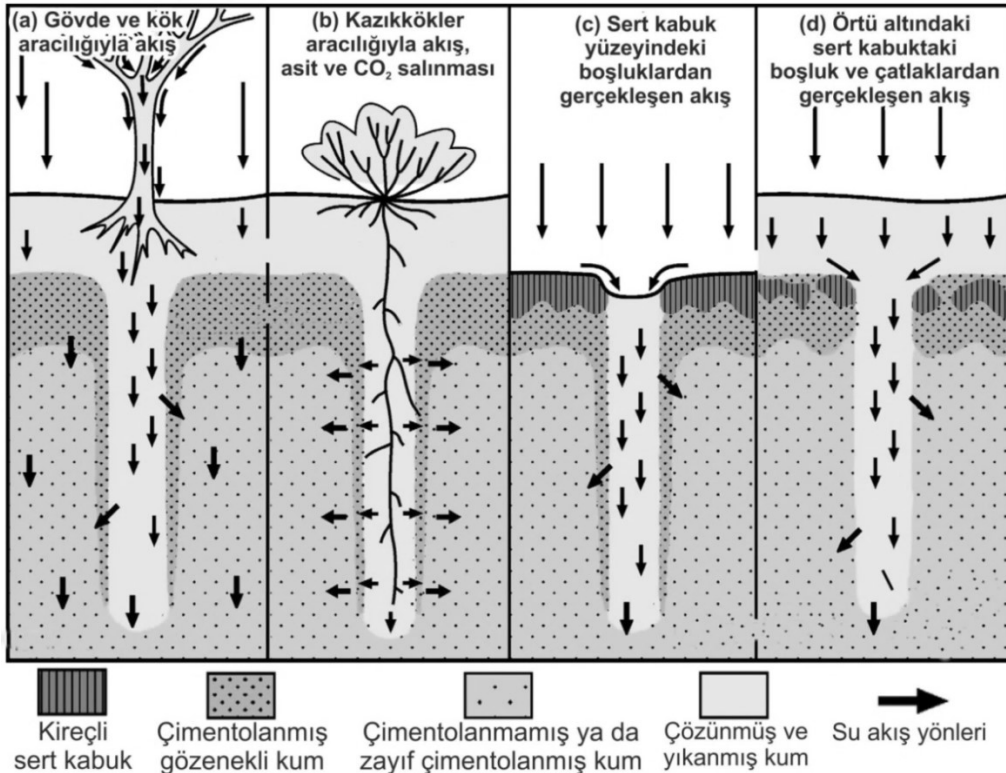
Ayrışma borularının oluşumlarında iklim etkili olduğundan, şekillerin gelişimleri iklim değişimlerinden etkilenir. Günümüzde de oluşan örnekleri bulunmakla birlikte şekillerin çoğunluğu özellikle Pleistosen'de oluşmuştur (Lundberg ve Taggarf, 1995). Swatow'da (Polonya) şekillerin buzularası dönemde buzulların geri çekilmesi, hatta donmuş toprakların erimesi ile oluştuğu vurgulanmıştır (Morawiecka ve Walsh, 1997). Güney İtalya'da bu şekillerin Orta Pleistosen'in sonlarında (Marsico vd., 2003), daha nemli iklim koşulları altında (De Waele vd., 2009) geliştiği belirtilmiştir. Güneydoğu Avustralya'da ise şekillerin MIS 7, 9 ve 11'i takip eden eolinit depolanmasından, yani kumulların sabitlenip bitki örtüsü ile kaplandıktan sonra oluştuğu, daha kuru buzul dönemlerinde ise kabuk yapısının geliştiği belirtilmiştir (Lipar vd., 2015). Marsico vd. (2003) kireçli kabuktan yaptıkları <sup>14</sup>C analizinde yaşını GÖ 32000 olarak bulmuşlardır. İklimin denetiminde oluşan bu şekiller hem biçimleri hem de içerisinde biriken sedimanlar ile alanda etkili olan ayrışma evreleri hakkında da bilgi verebilmektedir. Örneğin Walkden ve Davis (1983) şekiller ve içerisindeki dolgulardan dört farklı ayrışma evresi tespit etmiştir.

Şekiller, temel olarak iklim denetiminde gelişmekle birlikte oluşumları ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. İlk başlarda şekillerinin düzgün yapısı ve bazılarının arkeolojik alanlara yakın olmaları nedeniyle, insanlar tarafından yapıldığına inanılmıştır (De Waele vd., 2011). Daha sonra şekillerin palmye ağacının ilerleyen kumullar ile örtülmesi, kumulların zamanla ağacın gövdesinin şeklini alarak taşlaşması ve gövdenin çürüyerek ortadan kalması sonucunda oluştuğunu belirtmiştir (Livingstone, 1944). Ancak şekillerin oluştuğu alanlarda bitki köklerine ait hiçbir iz ve fosilin bulunamaması nedeniyle bu teori reddedilmiştir (Coetzee, 1975). Daha sonra çözünme panlarının alçalan deniz seviyesine bağlı olarak derinleşmesi ile boruların oluştuğu belirtilmiştir (Coetzee, 1975). Ancak şekillerdeki düzgünlük bu hipotezde de şüpheye neden olmuştur (De Waele vd., 2009). İlk zamanlarda klasik karstik erime süreçlerinde olduğu gibi sularının çatlaklar boyunca aşağı doğru hareket etmesi ile şekillerin oluştuğu düşünülmüş, hatta bu nedenden dolayı çözünme boruları periglasiyal bölgelerde donma-çözünme çatlakları ile karıştırılmıştır (Yehle, 1954). Ancak yapılan çalışmalar, anakayanın tabakalanma özellikleri ve çatlak yapıları gibi yapısal özelliklerinin bu

şekillerin oluşumunda etkili olmadığını göstermiştir (Morawiecka ve Walsh, 1997; Walsh ve Morawiecka, 2001; Marsico vd., 2003; De Waele vd., 2009, 2011). Bu temel teoriler dışında Lundberg ve Taggarf (1995) şekillerin şiddetli yağış ve buharlaşmanın yaşandığı iklim koşulları altında kumlu kireçtaşının, içerisindeki su akış yolları boyunca ozlmesi ve yeniden birikmesi ile birkaç bin yılda oluştuğunu belirtmiştir. Herwitz (1993) şekillerin yağmur suyunun bitkilerin gövdelerinden akararak (stemflow) toprağın st kısmında oluşturdukları gövde akışı ile belirli alanlarda yoğunlaşarak yeraltına sızması ile oluştuğunu belirtmiştir (şekil 2a, b). Walsh ve Morawiecka (2001) ayrışmayı denetleyen temel unsurun, anakayanın kimyasal özellikleri ya da örtü kayasının geçirgenlik özelliklerindeki değişim olduğunu ifade etmiştir.

Günümüzde ise çoğu araştırmacı bu şekillerin sedimanter örtünün altında gelişen örtülü karst (fossil karst) süreçlerine bağlı olarak

gerçekleştiği konusunda hem fikirdir (Lundberg ve Taggarf, 1995; Morawiecka ve Walsh, 1997; Marsico vd., 2003; De Waele vd., 2009, 2011). Grimes (2004) şekillerin örtünün altında oluşan kaliş tabakasındaki boşluklara bağlı olarak geliştiğini belirtmiştir (şekil 2c, d). De Waele vd. (2009), İtalya'da oluşan ayrışma borularını, çimentolanmamış ve seyrek şekilde bitki örtüsü ile kaplı kumlu bir örtü altında bulunan eolinit yüzeyinin ilk olarak kumlu örtüde bulunan bitki köklerinin yeraltı su akışını etkileyerek bir koni oluşturduğu ve daha sonra koninin kendini besleyen bir sistem ile hızlı bir şekilde derinleştiği şeklinde açıklamıştır (şekil 2a). Bu durumda ayrışma borularını oluşturan temel süreç, aynı (homojen) boşluk oranına sahip anakaya üzerinde yerçekimi denetiminde gerçekleşen akıştır. şekillerin derinleşmesini sağlayan temel süreç ise yüzeydeki suyun asitleşmesine neden olan seyrek bitki örtüsü ya da toprak varlığı gibi yüzey topografyasındaki düzensizliklerdir (De Waele vd., 2011; şekil 2c).



şekil 2: Ayrışma borularının oluşum teorileri (Oklar su akış yönlerini göstermektedir. Grimes, 2009'dan düzenlenerek)

şekillerin oluşum teorilerinde olduğu gibi oluşum zamanları ile ilgili de farkı görüşler bulunmaktadır. Jennings (1968) taşlaşmanın, karstlaşmanın yani boruların oluşumunun ve boruların içerisine sediment birikiminin eř zamanlı gerçekleştiğini kabul etmiştir. Bu teori

Çoğunlukla MIS 5e gibi genç eolinitler üzerinde oluşan şekilleri açıklamaktadır (Lundberg ve Taggarf, 1995; De Waele vd., 2011). Ancak bu görüşten farklı olarak ya depolanma ya da taşlaşma ile eř zamanlı gerçekleştiğini kabul eden görüşler de bulunmaktadır (Lundberg ve

Taggarf, 1995).

Teorilerin çokluğuna rağmen hala herkes tarafından kabul gören bir teori bulunmamaktadır. Bu durum, Şekillerin oluştukları alanın yerel koşullarından etkilenmelerinden kaynaklanıyor olabilir. Tüm bu teorilere göre cznme borularının oluşumu kayacın üstündeki kck cukurlukların, toprak oluşumunun gerçekleştiği alanların, bitkilerin

seyrek olarak geliştiği alanlarda bitki kök ve gövdelerinin yağmur suyunun akışını belirli alanlara yoğunlaştırmadan kaynaklanabilir. Kayaçtaki boşluk oranının fazla olması ise belirli bir alanda yoğunlaşan suyun tabaka yüzeyleri, catlak sistemlerinden bağımsız olarak yerçekimi nedeniyle aşağı doğru direk hareketini sağlayarak cznmenin dik Şekilde gerçekleşmesine neden olmuş olmalıdır.

## VERİ ve YÖNTEM

Çalışma alanının iklim özelliklerinin açıklanmasında Şile Meteoroloji istasyonunun ortalama verileri kullanılmıştır. İklm zelliklerinin yorumlanmasında sıcaklık, yağış ve rüzgar verileri kullanılmıştır. Ayrışma borularına ait fiziksel özellikleri ortaya koyabilmek amacıyla arazi calışması gerçekleştirilmiş ve bu arazi calışması sırasında Őerit metre aracılığıyla, Őekilleri düzgün olan 45 tanesinin derinlik, üst cap ve alt cap ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçülen değerlerden derinlik/alt cap ve derinlik/üst cap oranları hesaplanmış ve tüm değer arasındaki korelasyonlar hesaplanarak saçılım

diyagramları oluşturulmuştur. Arazi gözlemleri, daha önceki calışmalara ait veriler ve istatistiksel korelasyonlardan elde edilen sonuçlara göre ayrışma borularının gelişim modeli oluşturulmuştur. Eolinit kütlesinin yaşlarının ve ayrışma borularının oluşumunun yorumlanmasında Vostok buzulundaki izotop analizlerinden oluşturulan sıcaklık anomalisi değerleri kullanılmıştır (Jouzel vd., 1987). İzotop değerleri üzerine daha önceki calışmalardan elde edilen tarihler (Polymeris vd., 2012; Erginal vd., 2013) yerleştirilerek kütlenin oluştuğu denizel izotop dönemi ve o dönemdeki deniz seviyeleri belirlenmiştir.

## ÇALIşMA ALANI

Çalışma alanı Şile ilçesinin (İstanbul) batısındaki Doğancılı yerleşmesinin kıyı kesiminde yer alan eolinit kütlesini içerir. Çalışma alanının cevresi kıyı kumullarıyla kaplıdır (Şekil 3). Kıyı boyunca 9 km uzanan bu kumullar, karaya doğru maksimum 1 km genişliğe ve toplam 2,77 km<sup>2</sup> alana sahiptir.

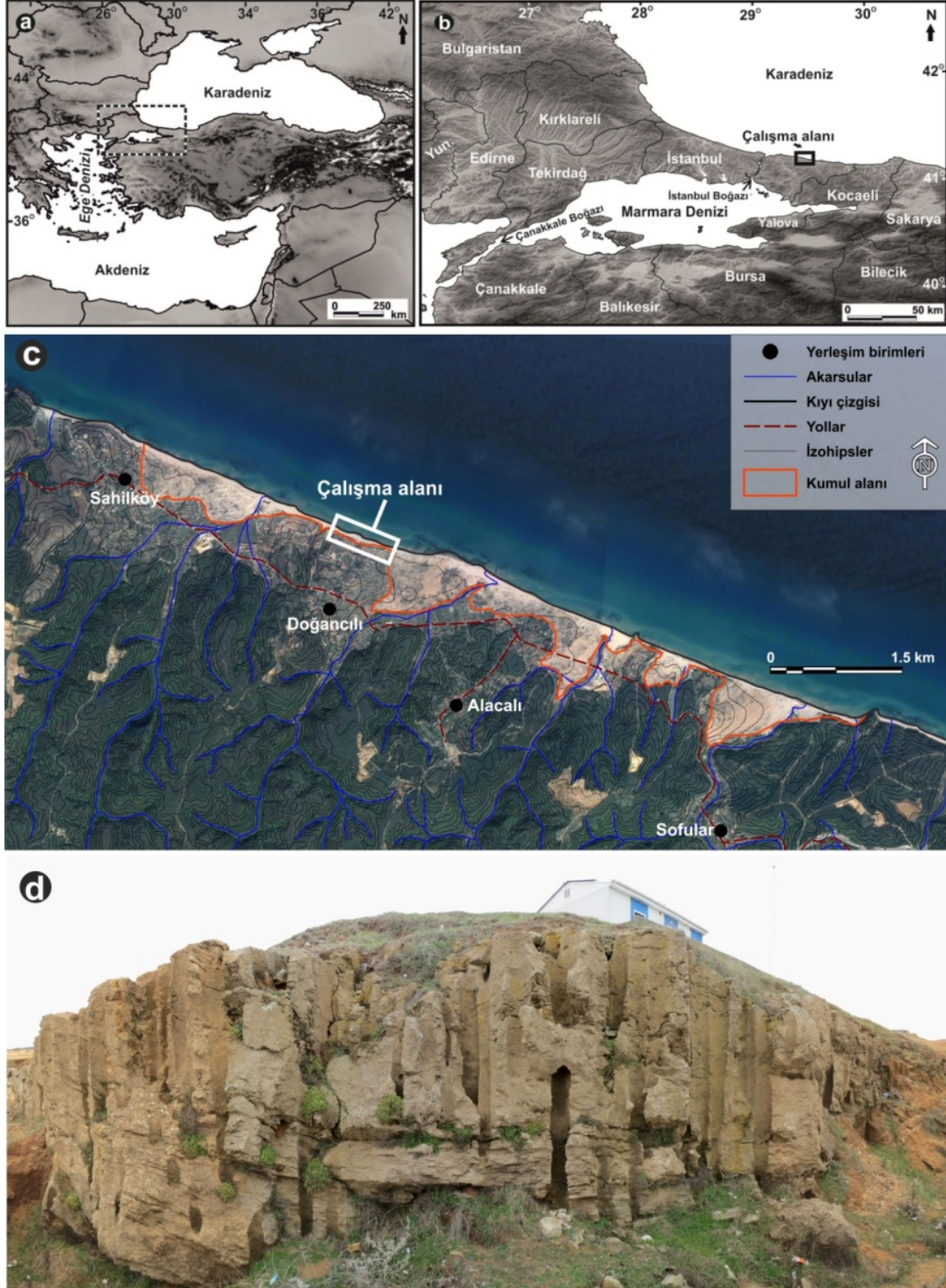
Şile Meteoroloji İstasyonu'na ait ortalama verilere göre araştırma alanında yıllık ortalama sıcaklık 13,6°C iken, maksimum sıcaklıklar 45,2°C'ye ulaşabilmektedir. Yıllık toplam yağış miktarı ise 816 mm'dir. En yüksek yağış Aralık ayında düşerken (121 mm) yaz mevsimindeki tüm aylarda da 30 mm'nin üstünde yağış düşmektedir (Tablo 1). Araştırma alanı Thornthwaite iklim sınıflandırmasında göre B1 B'2 s b'4 harfleri ile gösterilen "nemli, orta sıcaklıkta (Mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, okyanus iklimine yakın iklim" iklim sınıfı içerisinde yer alır. Köppen iklim sınıflandırmasına göre ise

tipik Akdeniz İklmi'ne karşılık gelen ve Csa harfleri ile gösterilen yazları sıcak ve kurak, kışları ılıman nemli orta enlem iklim tipine karşılık gelir (ztrk vd., 2017).

Eolien sistemleri ve eolinitler açısından en önemli iklimsel parametre rüzgar özellikleridir. Rüzgar, özellikle hızının ve kuraklığın maksimuma cıktığı dönemlerde önemli etkilere sahiptir. Maksimum rüzgar hızları açısından kasım-nisan döneminde rüzgarlar daha hızlı eserler. Yaz döneminde ise maksimum rüzgar hızlarının azaldığı görülmektedir (Tablo 1). Rüzgar yönleri açısından kış mevsiminde rüzgarların büyük bölümü N, NNE, S, SSW yönlerinden esmektedir. Bu yönlerden esen rüzgarlar toplam frekansın % 47,1'ini oluşturur (Şekil 4a). İlbaharda kuzey ve güney yönlü rüzgarların frekansında önemli bir düşüş yaşanmaktadır. N, NNE, S, SSW yönlerinden esen rüzgarlar toplam frekansın % 39,5'ini oluşturur. Bu dönemde NE yönlü rüzgarlar

belirginleşmeye başlar (% 10) (şekil 4b). Yaz mevsiminde ise güney yönlü rzgrların frekansı iyice azalmaktadır. N, NNE ve NE yönlü rzgrlar frekansın % 44,8'ini oluşturur (şekil 4c). Sonbahar mevsiminde rüzgâr frekansında güney yönlü rzgrlar tekrar belirlemeye başlar. N, NNE ve NE yönlü rzgrlar frekansın % 37,7'sini oluştururken, S ve SW yönlü rzgrlar %18,5'ini oluşturmaktadır (şekil 4d). Kuzey yönlü rzgrlar tüm yıl

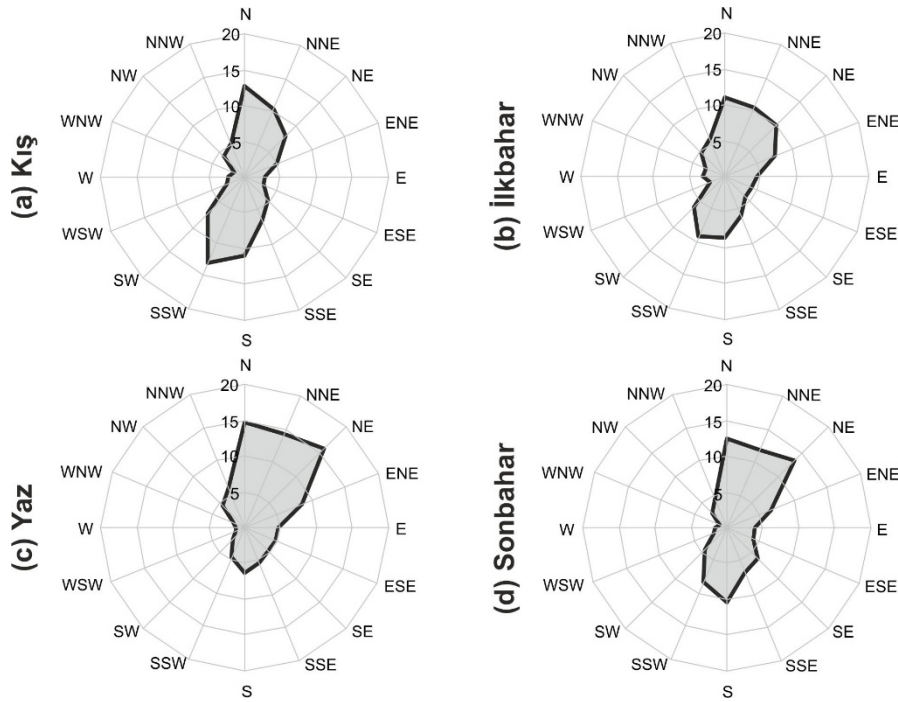
etkinliğini korurken, güney yönlü rzgrlarda, özellikle yaz mevsiminde önemli bir azalma yaşanmaktadır. Bu durum topraktaki nemin minimuma indiği kurak karakterdeki yaz mevsiminde, kumulların kuzey yönlü rzgrlar ile taşınımını kolaylaştırır. Kumulların özellikle vadi içerinde güneye doğru genişlemiş olması (şekil 3c) kuzey sektörlü rzgrların alanda etkili olduğunu destekler.



şekil 3: (a,b,c) alışma alanının lokasyonu ve (d) genel görünümü.

**Tablo 1.** Şile Meteoroloji İstasyonuna ait bazı iklimsel parametrelerin aylık değişimi.

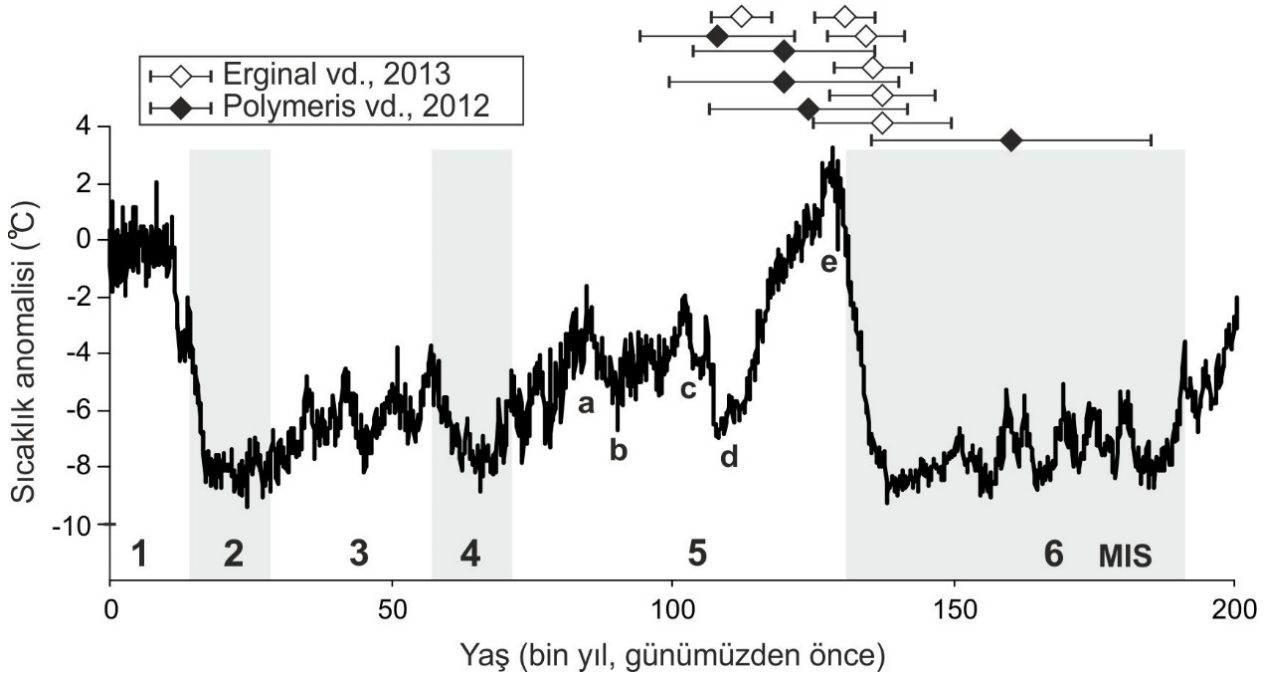
Parametreler	Aylar												Yıllık
	O	Ő	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	
Ort. Sıc. (°C)	5.5	5.5	7.1	10.9	15.4	20	22.5	22.6	19.2	15.3	11.2	7.7	<b>13.6</b>
Mak. Sıc. (°C)	22.2	25.6	28.8	34.5	37.3	43.2	45.2	41	37	35.6	29.3	27.3	
Min. Sıc. (°C)	-11.1	-11	-8.9	-2.3	1.5	7	10.3	10.5	6.2	1	-2.4	-6.4	
Toplam Yağış (mm)	101.4	68.3	65.9	47.5	33.1	31.2	30.2	53.5	65.2	105.6	93.4	121	<b>816.3</b>
Ort. Rüz. Hızı (m/sn)	4	3.9	3.5	3	2.7	2.8	3	3.3	3.4	3.6	3.6	4	<b>3.4</b>
Mak. Rüz. Hızı ( m/sn)	39	42	36	39	30	25	30	29	30	32	36	35	

**Şekil 4:** Şile Meteoroloji İstasyonu rüzgâr yönü frekanslarının (%) mevsimlik değişimi.

## EOLİNİT KÜTLESİNİN ÖZELLİKLERİ

Çalışma konusu olan eolinitler kırmızı renkli, fosilsiz ve görünür kalınlığı 2 m olan Pliosen kumlu killerin üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Polymeris vd., 2012). Görünür 5 m, jeofiziksel ölçümlere göre 8 m kalınlığa olan eolinit, birkaç cm kalınlığında sertleşmiş laminalı tabakadan oluşur. Eolinit, tamamen güneye eğimlenmiş, ooid açısından zengin tabakalardan oluşur ve CaCO<sub>3</sub> oranı % 65-95 arasında değişir. Ooidleri birbirine bağlayan çimento, kalsit ve aragonitten oluşur (Erginal vd., 2013). Tabaka ölçümlerine göre eolinitte egemen tabaka doğrultusu KKB-GGD iken egemen eğim yönü KD ve GB şeklindedir. Eğim değerleri ise 13°- 55° arasında değişmekle birlikte 30°-40° arasında bir yoğunluk gösterir. OSL yaşlandırmasına göre eolinit kumlarının çökeli mi MIS 6 sonu ile MIS 5e başlarında gerçekleşmiştir (Polymeris vd., 2012; Erginal vd., 2013; Şekil 5). MIS 6'da deniz seviyesi

günümüz deniz seviyesinden 125 m (Shackleton, 1987; Rohling vd., 1998), 128 m (Rabineau vd., 2006), 130 m'den daha fazla (Ferland vd., 1995) aşağıdadır. Federov (1978)'a göre ise, Karadeniz'in seviyesi yaklaşık 100 m düşmüştür. Winguth vd. (2000) ise Karadeniz seviyesinin MIS 6 maksimumunda deniz seviyesi ~-140 m civarında olduğunu belirtmiştir. Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi, İstanbul Boğazı-Kefken arası batimetri haritasına (SHOD, 2000) göre bu koşullarda araştırma alanı kıyılarında deniz seviyesi 18-22 km daha açıkta bulunur. Bu durum denizel sedimentlerin taşınımı için çok geniş bir alanın rüzgâr koşullarının etkisi altına girdiğini gösterir. Tabaka eğim yönleri de taşınımın kıyıda karaya doğru yani kuzeyden güneye doğru olduğunu desteklemektedir (Erginal vd., 2013).



**Şekil 5:** Son 200 bin yıldaki sıcaklık anomalisi (Jouzel vd., 1987) ve çözünme borularının geliştiği eolinitlerin OSL yaşlarının denizel izotop dönemleri ile ilişkisi.

## ÇÖZÜNME BORULARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

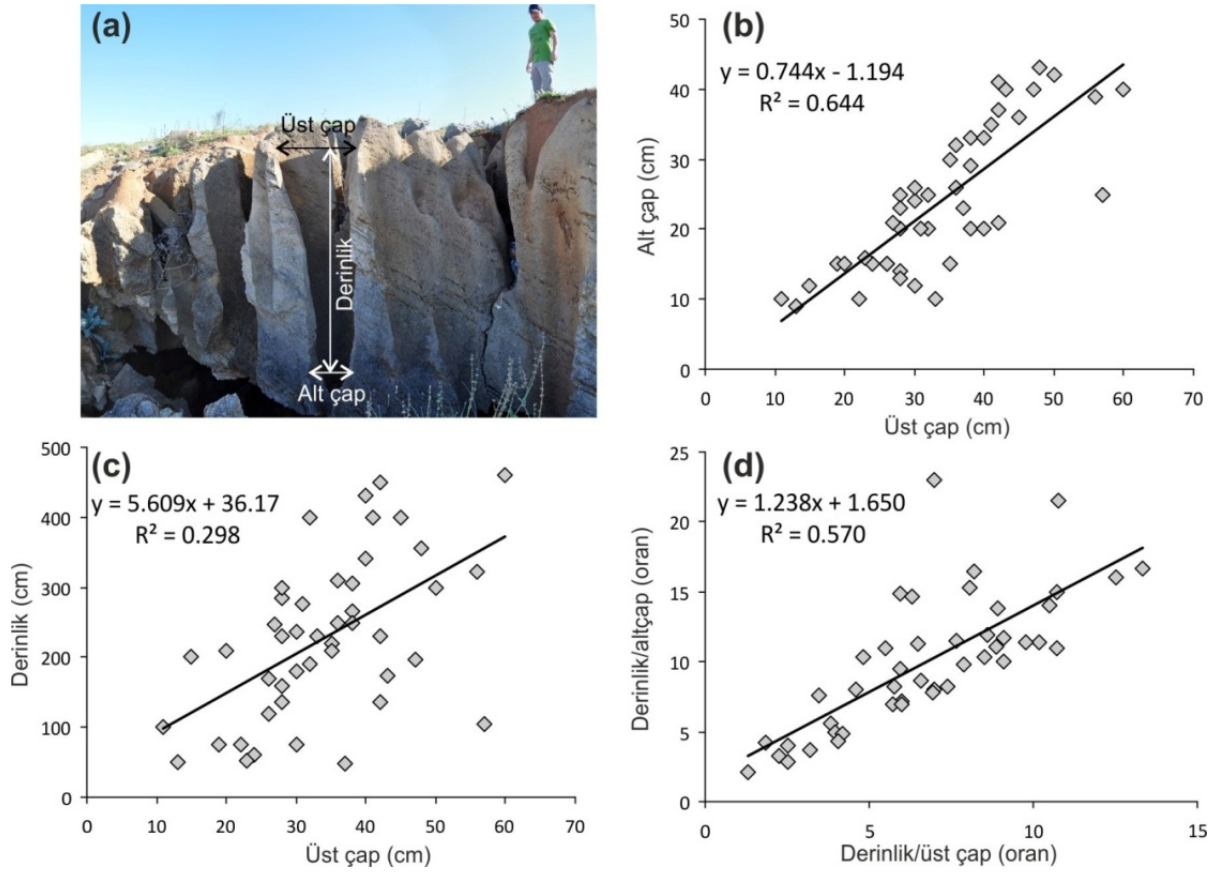
Ayrışma borularında çap genişlikleri çok fazla değişkenlik göstermezken ana kayanın kalınlığına bağlı olarak en fazla değişkenlik derinlik özelliklerinde görülür. Silindirik şekillerde derinliğin çapa oranı 1/6 ile 1/50 oranında değişebilmektedir (Lundberg ve Taggarf, 1995). Ortalama 2-9 m arasında derinliğe sahip bu şekiller (Lundberg ve Taggarf, 1995; Walsh ve Morawiecka, 2001; Grimes, 2009; De Waele vd., 2011) Mozambik'te 20 m derinliğe ulaşabilmektedir (Coetzee, 1975). Çeşitli alanlarda bu şekillerin iç duvarları 1 cm'den 10 cm'ye kadar değişen kalınlıklarda kahverengimsi kireç kabuk ile kaplıdır (Morawiecka ve Walsh, 1997; Lipar vd., 2015).

Arazi çalışması sırasında 45 şeklin derinlik, üst çap ve alt çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 6a). Ortalama 34 cm olan üst çap değerleri 11-60 cm, ortalama 24 cm olan alt çap değerleri 9-43 cm ve ortalama 226 cm olan derinlik değerleri 48-460 cm arasında değişir. Üst çap değerleri her zaman alt çap değerlerinden daha yüksektir ve aralarında pozitif anlamlı bir korelasyon bulunur ( $r = 0.80$ ) (Şekil 6b). Üst çap ile derinlik değerleri

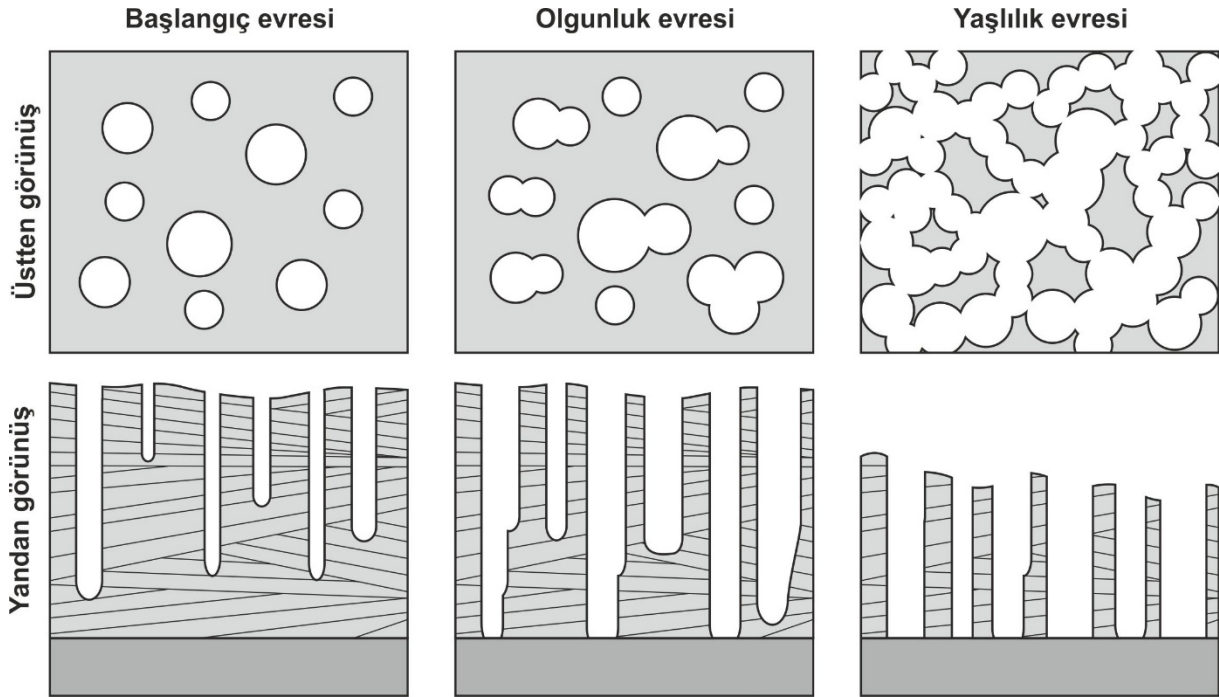
arasında da pozitif anlamlı bir korelasyon bulunur ( $r = 0.54$ ) (Şekil 6c). Değerler arasındaki pozitif korelasyon derinlik/üst çap ve derinlik/alt çap değerleri arasında da anlamlı pozitif bir korelasyonun oluşmasına neden olmuştur ( $r = 0.55$ ) (Şekil 6d). Bu sonuçlara göre çözünme borularının ağız kısmındaki çap oranları arttığında alt çap değerleri ve derinlik değerleri de artış göstermektedir. Çözünme boruları şekilsel olarak silindirik ile konik şekle sahiptirler.

Eolinit tabakasının kıyıya yakın kesiminde gözlenebilen bu oluşumlar, birçok alanda eolinit kütesini dikine olarak boydan boya geçmektedir. Başlangıçta çapları küçük olan bu oluşumların zamanla birleşerek daha karmaşık şekillerin oluşmasına ve en son aşamada da birbirleriyle birleşerek eolinit kütlelerinin tamamen ortadan kalkmasına neden oldukları gözlenmiştir (Şekil 7). Ayrışma borularının birleşerek kütleli parçalaması ve sivri tepeler şeklindeki kalıntılar halini alması sivri tepelikler (pinnacle) olarak adlandırılan yapının oluşmasına neden olur (Lowry, 1973; Lipar, 2009).





**Şekil 6:** (a) Ayrışma borularında ölçülen birimler, (b) üst ve alt çap, (c) derinlik ve üst çap, (d) derinlik/alt çap ve derinlik/üst çap değerlerinin saçılım diyagramları.



**Şekil 7:** Çözünme borularının gelişim evreleri.

Şekillerin gelişiminin her aşamasına ait örneklerin arazide gözlenmesi mümkündür. Kıyıya en uzak alanda ve üstünde kum örtüsünün bulunmadığı eolinitlerde çapları 30 cm'ye kadar ulaşan birbirinden bağımsız şekiller görülür (Şekil 8a). Kıyıya yaklaştıkça bu

şekillerin yoğunlukları, derinlikleri ve çapları artar. Bu yoğunluk ve çap artışı hücrelerin birleşmesi ile sonuçlanırken derinlik artışı hücrelerin tüm kütleli boydan boya geçmesine neden olur (Şekil 8b,c,d). Gelişimin son aşamasında ise hücre yoğunluğunun

maksimuma çıkması sonucunda plaj seviyesinden yüksekte olan kütleler koparak eolinitin parçalanmasına ve kıyı çizgisinin gerilemesine neden olur (Şekil 8f). Plaj

seviyesindeki Şekiller ise eolinit kütlesini iyice ayrıştırarak eolinitin kalıntı tepelikler Őeklinde kalmasına neden olur (Şekil 8e).



Şekil 8: Çözünme borularının (a) başlangıç, (b-d) olgunluk, (e-f) yaşlılık evrelerini gösteren fotoğraflar.

## SONUÇ

Denizel izotop dönemi 6 maksimumu ve 5'e tarihlendirilen eolinitlerde yoğun bir gelişim gösteren silindirik ve konik biçimli ayrışma boruları ortalama 34 cm st çap, 24 cm alt çap ve 226 cm derinliğe sahiptir. İlk olarak birbirinden bağımsız olarak oluşumuna başlayan Şekiller, zamanla birleşerek daha karmaşık Şekillerin oluşmasını sağlar. Bu birleşim kıyı çizgisine en yakın noktada ve kütlenin en yüksek merkezi kesiminde, yani

falezin hemen gerisinde eolinitin parçalanmasına neden olurken, kıydan daha uzakta bulunan ve önünde kumsalın gelişmiş olduğu daha alçak kesimlerde "pinnacle" olarak adlandırılan sivri tepeliklerin oluşmasına neden olur.

Kumların taşlaşmanın başlaması ile birlikte, eolinit istifi üzerinde gelişen seyrek bitki örtüsü, zayıf toprak örtüsü ve istifin yüzeyinde bulunan küçük çukurlukların etkisiyle yağmur

suları belirli alanlarda yoğunlaşarak kütlenin yüzeyinden tabanına doğru taşınmaya başlar. Eolinit istifı çok fazla sayıda çapraz tabakadan oluşmakla birlikte boşluk oranının fazla olması, yağmur suyunun derine doğru akışı sırasında tabakaların etkisi altında kalmadan istif içerisinde aşağı doğru hızlı bir şekilde akmasına neden olur. Boylice yağmur suyunun belirli alanlarda yoğunlaşıp derine doğru direk süzülmesinin etkisiyle gerçekleşen dikine znme sonucunda silindirik boru şekilleri gelişmiştir. Ancak hiçbir şeklin içerisinde boru yüzeyini kaplayacak şekilde kabuk yapısının bulunmaması, şekillerin düzgün biçimlere sahip olması, şekillerin içerisindeki sedimentlerin gevşek olması bu şekillerinin gelişimleri sağlayan koşullarda önemli bir değişim olmadığını gösterir.

## KATKI BELİRTME

Bu alışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (proje numarası: 113Y418). Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca, AEE Türkiye Bilimler Akademisine TBA-GEBİP programı kapsamında sağlanan destek için teşekkr eder.

## KAYNAKLAR

- Adams, R.A. (1983) General Guide to the Geological Features of San Salvador. In: Gerace, D. T. (ed.), *Field Guide to The Geology of San Salvador*, CCFL Bahamian Field Station, San Salvador, pp. 1-66.
- Baker, G. (1943) Features of a Victorian limestone coastline. *Journal of Geology*, 51 (6), 359-386.
- Baker, G. (1958) Stripped zones at cliffed edges along a high wave energy coast, Port Campbell, Victoria. *Proceedings of The Royal Society of Victoria*, 70, 175-179.
- Bird, E. C. F. (1970) Shore potholes at Diamond Bay, Victoria. *Victoria Naturalist*, 87, 312-318.
- Brelz, J. H. (1960) Bermuda: A partially drowned, Late Mature, Pleistocene Karst. *Bulletin of The Geological Society of America*, 71 (12), 1729-1754.
- Brooke, B. (2001) The distribution of carbonate eolianite. *Earth Science Reviews*, 55 (1-2), 135-164.
- Brunsdon, D., Doornkamp, J.C., Green, C.P. & Jones, D.K.C. (1976) Tertiary and Cretaceous

sediments in solution pipes in the Devonian Limestone of South Devon. *Geological Magazine*, 113 (5), 441-447.

- Burnaby, T. P. (1950) The tubular chalk stacks of Sheringham. *Proceedings of The Geological Association*, 61 (4), 226-241.
- Carew, J. L. & Mylroie, J. E. (1994) Geology and Karst of San Salvador Island, Bahamas. *A Field Trip Guidebook*. Bahamian Field Station, San Salvador Island, Bahamas, pp. 32.
- Caron, V., Bernier, P. & Mahieux, G. (2009) Record of Late Pleistocene (Oxygen Isotopic Stage 5) climate changes during episodes of karst development on the Northern coast of Crete: Sequence stratigraphic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 277 (3-4), 246-264.
- Coetzee, F. (1975) *Solution pipes in coastal aeolianites of Zululand and Mozambique*. *Transactions of The Geological Society of South Africa*, 78, 323-333.
- Day, A.E. (1928) Pipes in the coast sandstone of Syria. *Geological Magazine*, 65 (9), 412-415.
- De Bruijn & R.G.M. (1983) Some considerations on the factors that influence the formation of solution pipes in chalk rock. *Bulletin of The International Association of Engineering Geology*, 28 (1), 141-146.
- De Waele, J., Mucedda, M. & Montanaro, L. (2009) Morphology and origin of coastal karst landforms in Miocene and Quaternary carbonate rocks along the central-western coast of Sardinia (Italy). *Geomorphology*, 106 (1-2), 26-34.
- De Waele, J., Lauritzen, S. E. & Parise, M. (2011) On the formation of dissolution pipes in Quaternary coastal calcareous arenites in Mediterranean settings. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (2), 143-157.
- Erginal, A. E., Kiyak, N. G., Ekinci, Y.L., Demirci, A., Ertek, A. & Canel, T. (2013) Age, composition and paleoenvironmental significance of a late Pleistocene eolianite from the western Black Sea coast of Turkey. *Quaternary International*, 296, 168-175.
- Fairbridge, R.W. (1950) The geology and geomorphology of point peron, Western Australia. *Journal of The Royal Society of Western Australia*, 34, 35-72.
- Fedorov, P. V. (1978) Pleistocene Ponto-Caspian (The Pleistocene of the Ponto-Caspian Region). *Trudy*

- Geologicheskogo Instituta Akademii Nauka SSSR, Nauka, Moscow.
- Ferland, M., Roy, P. & Murray-Wallace, C. (1995) Glacial lowstand deposits on the outer continental shelf of Southeastern Australia. *Quaternary Research*, 44 (2), 294–299.
- Frebourg, G., Hasler, C., Le Guern, P. & Davaud, E., (2008) Facies characteristics and diversity in carbonate eolianites. *Facies*, 54 (2), 175–191.
- Greenly, E. (1901) On sandstone pipes in the Carboniferous limestone at Dwlban Point. *Geological Magazine*, 7 (1), 20-24.
- Grimes, K. G. (2004) Solution pipes or petrified forests? Drifting sands and drifting opinions! *The Victorian Naturalist*, 121 (1), 14-22.
- Grimes, K. G. (2009) Solution pipes and pinnacles in syngenetic karst. In: Ginès, A. Knez, M., Slabe, T., Dreybrodt, W., (eds.) *Karst Rock Features: Karren Sculpturing*, Založba ZRC, Ljubljana, pp. 513-523.
- Herwitz, S.R. (1993) Stemflow influences on the formation of solution pipes in Bermuda eolianite. *Geomorphology*, 6 (3), 253-271.
- Jennings, J.N. (1968) Syngenetic karst in Australia. In: Williams, P. W., Jennings, J. N. (eds.) *Contributions to the Study of Karst*, Australian National University, Canberra, pp. 41–110.
- Jouzel, J., Lorius, C., Petit, J.R., Genthon, C., Barkov, N.I., Kotlyakov, V.M. & Petrov, V.M. (1987) Vostok ice core: a continuous isotope temperature record over the last climatic cycle (160,000 years). *Nature*, 329, 403-408.
- Lipar, M. (2009) Pinnacle syngenetic karst in Nambung National Park, Western Australia. *Acta Carsologica*, 38 (1), 41-50.
- Lipar, M., Webb, J.A., Whit, S.Q. & Grimes, K.G., (2015) The genesis of solution pipes: Evidence from the Middle–Late Pleistocene Bridgewater Formation calcarenite, southeastern Australia. *Geomorphology*, 246, 90–103.
- Livingston, W. (1944) Observations on the structure of Bermuda. *Geographical Journal*, 104 (1-2), 40-48.
- Lowry, D.C. (1973) *Origin of the Pinnacles*, Nambung, WA: Australian Speleological Foundation Newsletter, 62, pp. 7–8.
- Lundberg, J. & Taggarf, B. E., 1995. Dissolution pipes in northern Puerto Rico: An exhumed paleokarst. *Carbonates and Evaporites*, 10 (2), 171-183.
- Marsico, A., Selleri, G., Mastronuzzi, G., Sansò, P. & Walsh, N. (2003) Cryptokarst: A case-study of the Quaternary landforms of Southern Apulia (Southern Italy). *Acta Carsologica*, 32 (2), 147-159.
- McLaren, S. (2004) Aeolianite. In: Andrew S. Goudie (ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, London, pp. 11-12.
- Morawiecka, I. (1993) Palaeokarst phenomena in the Pleistocene raised beach formations of the South West Peninsula of England. Preliminary report. *Kras / Speleologia*, 7, 79–91.
- Morawiecka, I. & Walsh, P. (1997) A study of solution pipes preserved in the Miocene limestones (Staszów, Polska). *Acta Carsologica*, 26 (2), 337-350.
- Öztürk, M.Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017) Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.
- Petrus, K. & Szymczak, P. (2015) Influence of layering on the formation and growth of solution pipes. *Frontiers in Physics*, 3, 92.
- Polymeris, G.S., Erginal, A. E. & Kiyak, N.G. (2012) A comparative morphological, compositional and TL study of Tenedos (Bozcaada) and Şile aeolianites, Turkey. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 12 (2), 117-131
- Prouty, J.S. & Lovejoy, D.W. (1992) Remarkable cylindrical solution pipes in Coquina south of Baffin Bay, Texas. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies*, 42, 599-606.
- Rabineau, M., Berne, S., Olivet, J. L., Aslanian, D., Guillocheau, F. & Joseph, P. (2006) Paleo sea levels reconsidered from direct observation of paleoshore-line position during glacial maxima (for the last 500,000 yr). *Earth and Planetary Science Letters*, 252 (1-2), 119–137.
- Rohling, E., Fenton, M., Bertrand, F., Ganssen, G. & Caulet, J. (1998) Magnitudes of sea level lowstands of the past 500,000 years. *Nature*, 394, 162–165.
- Rudnicki, J. (1980) Karst in coastal areas - development of karst processes in the zone of mixing of fresh and saline water (with special reference to Apulia, Southern Italy). *Studia Geologica Polonica*, 65, 9–59.
- Shackleton, N. (1987) Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quaternary Science Reviews*, 6 (3-4), 183–190.
- Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi (SHOD) 2000. *İstanbul Boğazı-Kefken Arası Batimetri Haritası*.
- Walkden, G. & Davis, J. (1983) Polyphase erosion of

- subaerial omission surfaces in the Late Dinantian of Anglesey, North Wales. *Sedimentology*, 30 (6), 861-878.
- Walsh, P. & Morawiecka, I. (2001) A dissolution pipe palaeokarst of mid-Pleistocene age preserved in Miocene limestones near Staszów, Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 174 (4), 327–350.
- Webb, G.E. (1994) Paleokarst, paleosol, and rocky-shore deposits at the Mississippian-Pennsylvanian unconformity, northwestern Arkansas. *Geological Society of America Bulletin*, 106 (5), 634-648.
- West, I. M. (1973) Carbonate cementation of some Pleistocene temperate marine sediments. *Sedimentology*, 20 (2), 229–249.
- Willems, L., Rodet, J., Fournier, M., Laignel, B., Dusar, M., Lagrou, D., Pouclet, A., Massei, N., Dussart-Baptista, L., Compere, P. & Ek, C. (2007) Polyphase karst system in Cretaceous chalk and calcarenite of the Belgian-Dutch border. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 51 (3), 361–376.
- Winguth, C., Wong, H. K., Panin, N., Dinu, C., Georgescu, P., Ungureanu, G., Krugliakov, V.V. & Podshuveit, V. (2000) Upper Quaternary water level history and sedimentation in the northwestern Black Sea. *Marine Geology*, 167 (1-2), 127–146.
- Wright, V.P. (1983) The polphase karstification of the Carboniferous Limestone in South Wales. In: Sweeting, M. M., Paterson, K. (eds.) *New Trends in Karst Geomorphology*. Geo-Abstracts, Norwich, pp. 569-580.
- Yehle, L.A. (1954) Soil tongues and their confusion with certain indicators of periglacial climate. *American Journal of Science*, 252 (9), 532–546.