

Buzul Ortamındaki Volkanik Kayaçların Ayrışma Profilleri: Soğuk-Buzlu Mars Yüzey Prosesleri

Yağmur Güneş¹, Nurgül Çelik Balcı¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Fakültesi
gunesy@itu.edu.tr



@itugbl
@itugbl

Özet

Alterasyon prosesleri sonucu oluşan değişimler hem ilksel malzeme hem de söz konusu malzemenin maruz kaldığı fiziksel ve kimyasal olaylar hakkında bilgi verir. Dünya benzeri karasal gezegenlerden olan Mars'ta uzun yıllardır yürütülen uzay ve gezegen temelli çalışmalar, Mars'ın yüzeyi hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. Ancak bu yüzeyi oluşturan jeokimyasal-jeolojik prosesler ve koşullar hakkında henüz fikir birliği bulunmamaktadır. Yerküre'deki Mars benzeri koşullarda yürütülecek çalışmalar, bu proseslerin ortaya konmasına olanak sağlayarak Mars'ın deneyimlediği jeolojik evrim ve güncel proseslerin anlaşılmasına önemli katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada buzul etkisi altında volkanik kayaçların ayrışma süreçleri ve jeokimyasal izleri sediman, su ve kayaç jeokimyası ve mineralojisi esas alınarak araştırılmıştır. Bu amaçla, Antarktik yarımada'nın kuzeyinde bulunan Admiralty Koyu, King George Adası'nda saha çalışması gerçekleştirilmiş; bölgenin değişik noktalarından kayaç, sediman ve su örnekleri toplanmıştır. Bölge için hesaplanan kimyasal alterasyon indeksi (CIA) değerleri düşük alterasyon derecesini göstermiştir. Sediman örneklerinin element içerikleri benzerlik sergilerken, suların iyon içerikleri bölgesel olarak farklılaşmıştır. Su-kayaç etkileşiminin fazla olduğu yüksek enerjili bölgelerdeki sulara Si zenginleşmesi (3,22-0,84 ppm) görülmüştür. Tüm veriler, ayrışma süreçlerinin 1-Buzlu eriyiklerinin atmosferik karbonu bağlayarak bikarbonatça zenginleşmesi ve alkali özellik kazanması 2-Alkali eriyiklerin volkanik kayaçlarla etkileşimi ve amorf silikanın çözünerek ortama element girdisinin sağlanması şeklinde gerçekleştiğini önermektedir.

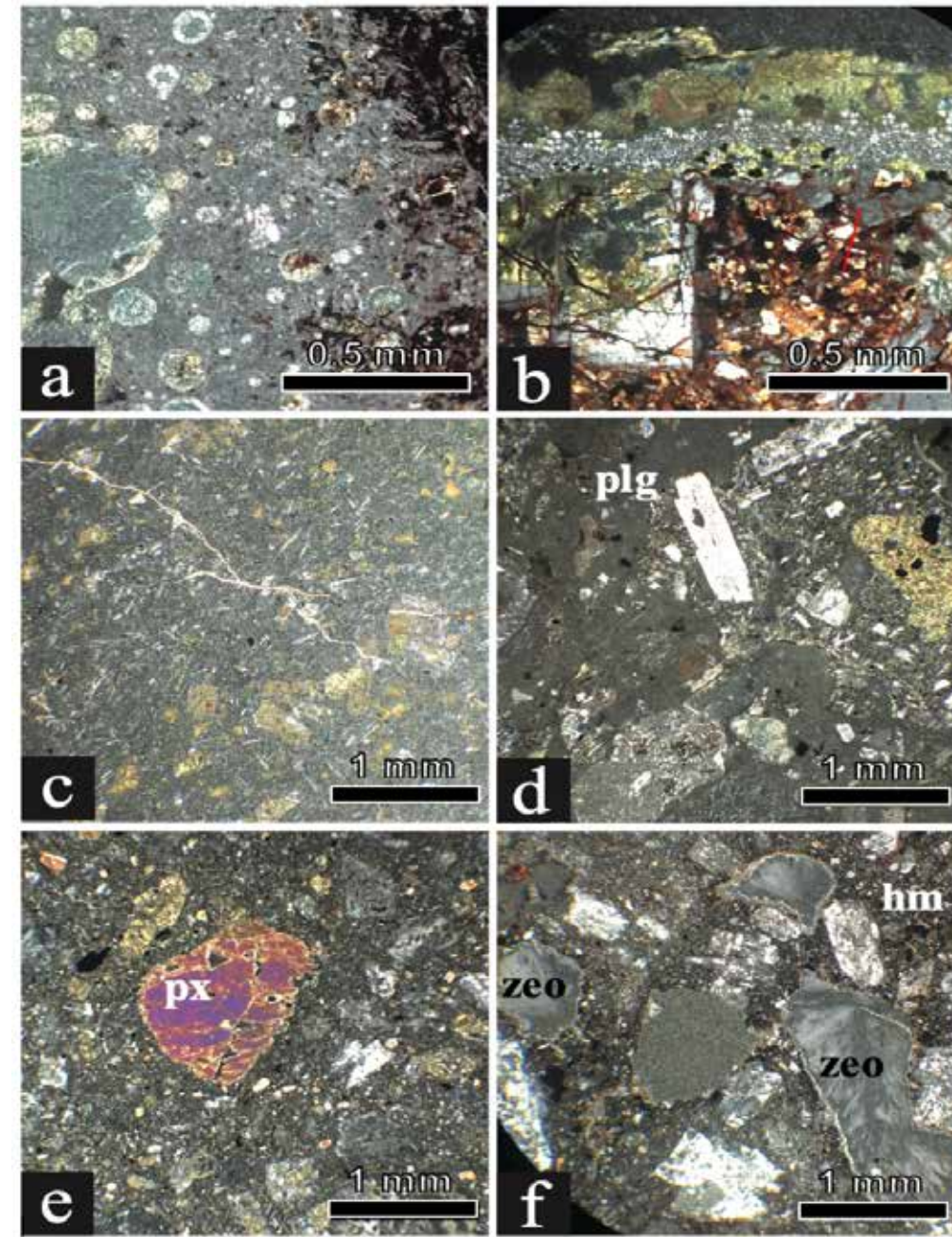
Yöntem

Bölgede gerçekleştirilen saha çalışması sırasında su, sediman ve kayaç örnekleri toplanmıştır. Su örneklerinin pH ve iletkenlik değerleri yerinde ölçülmüş; yaklaşık 250 ml su örneği filtre edilerek asit eklenmiş ve sonraki analizleri için korunma altına alınmıştır. Su ve sediman örneklerinin element içerikleri ICP-MS ile analiz edilmiştir. Bu analizlere ek olarak, sediman ve kayaçların mineral içeriği X ışını saçılımı (XRD) analizi ve optik incelemeler ile tayin edilmiştir. Analiz verisi, alterasyon indisleri, Gibbs grafiği, korelasyon grafikleri kullanılarak ayrışma türü, derecesi ve kaynak analizi yorumlamaları yapılmıştır.

Giriş

Mars'ın yüzeyinde tespit edilen bazı minerallerin sulu ortamları işaret etmesinin yanı sıra suyu işaret eden morfolojik yapıların tespit edilmesi gezegenin bir zamanlar şimdikine göre daha sulu bir ortama sahip olduğu görüşünü desteklemektedir (Bishop, 2005). Ancak bu su-kayaç etkileşiminin hangi koşullar altında gerçekleştiği konusunda görüş birliği bulunmamaktadır. Yerküre'deki mafik bileşimli kayaçların farklı jeokimyasal ortamlardaki ayrışma ve depolanma koşullarının incelenmesi bu konuda önemli veriler sağlayacaktır. Antarktik Yarımada'nın kuzeyinde yer alan King George Adası'nda bulunan Admiralty Koyu, gelişmiş akarsu sistemleri ve gölleri ile ekstrem koşullar altındaki su-kayaç ilişkisini anlamak için ideal çalışma alanı sunmaktadır. Bu çalışmada, Admiralty Koyu'nun batı kıyısında bulunan Petrified Forest Deresi, Mud Gölü, Upper Göl ve çevre sahalardan alınan sediman, su ve kayaçların jeokimyasal özellikleri ortaya konularak; bölgenin ayrışma profili araştırılmıştır. Çalışmanın sonraki aşamasında ayrışma ürünleri ile Mars regoliti arasındaki benzerlikler esas alınarak; soğuk-buzlu Mars yüzeyinde gerçekleşmesi olası jeokimyasal prosesler için çıkarımlar yapılmıştır.

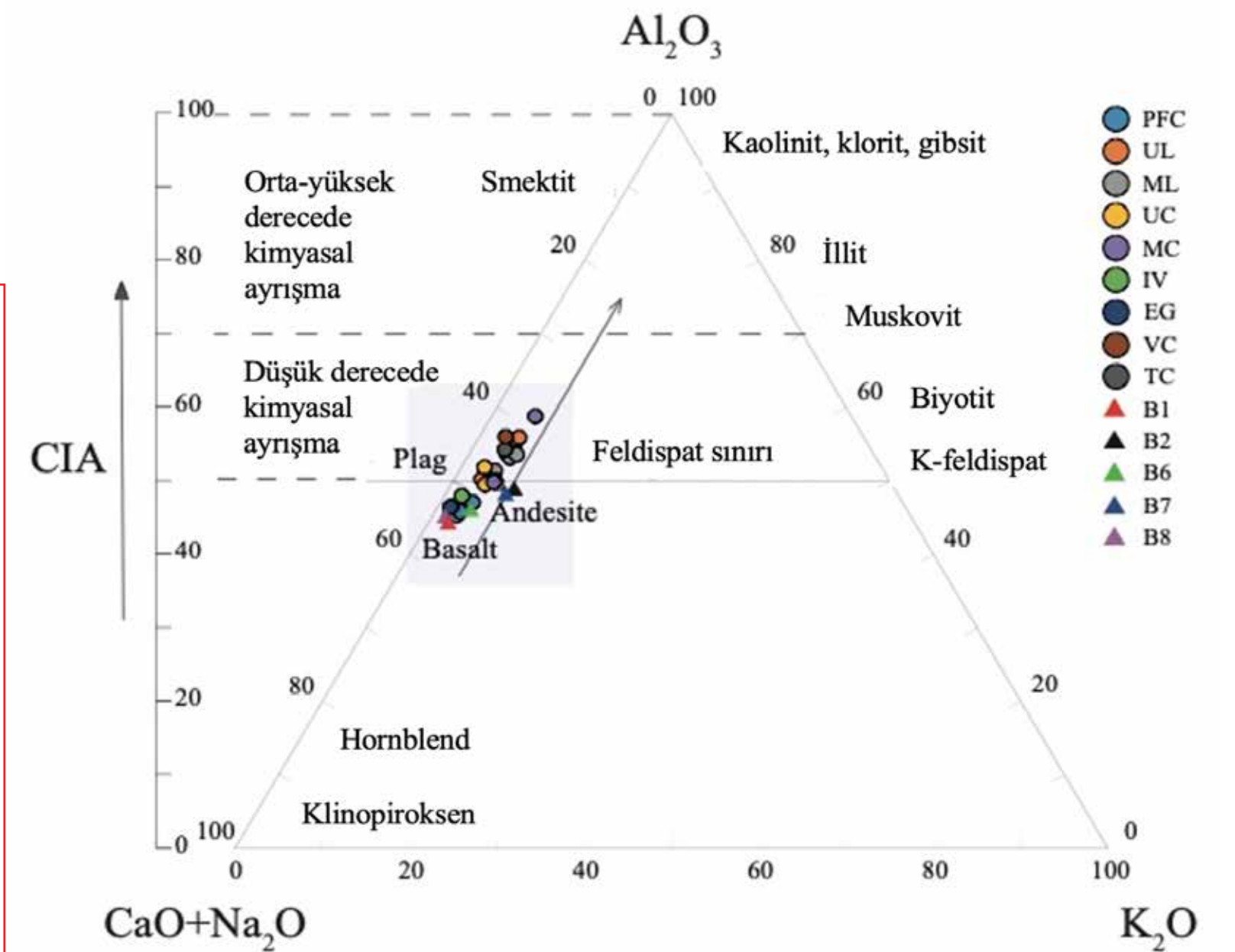
Sonuçlar



Şekil 1: Alterasyon minerallerini gösteren ince kesit görüntüleri.

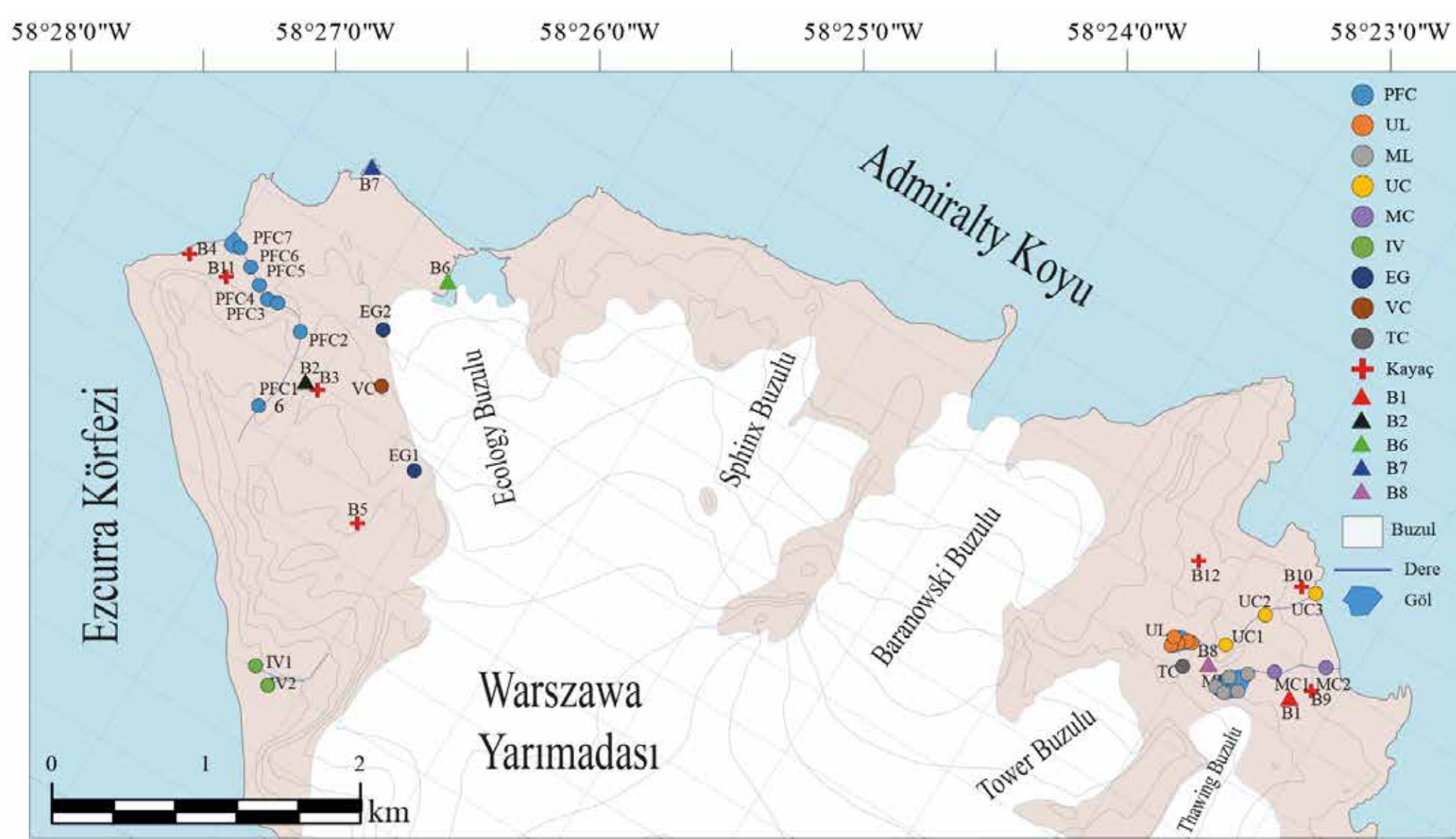
Tablo 1: Sediman örneklerinde XRD ile tayin edilmiş mineraller.

	PFC1	PFC2	PFC3	PFC4	PFC5	PFC6	PFC7	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5	UL1	UL2	UL3	UL4	UL5	UL6	UC1	UC2	MC1	MC2	IV	IV2	EG1	EG2	VC	TC
Albite/Anorthite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Quartz	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Magnetite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Stilbite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vermiculite (?)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Montmorillonite (?)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Laumontite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Chabasite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Carbon	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Natrolite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Analcime	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Heulandite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Faujasite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Diopside	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Unidentified zeolite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gonnardite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Andesine	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Hematite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Mordenite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Halite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Calcite	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Harmotome	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Clinoptilolite-Na	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

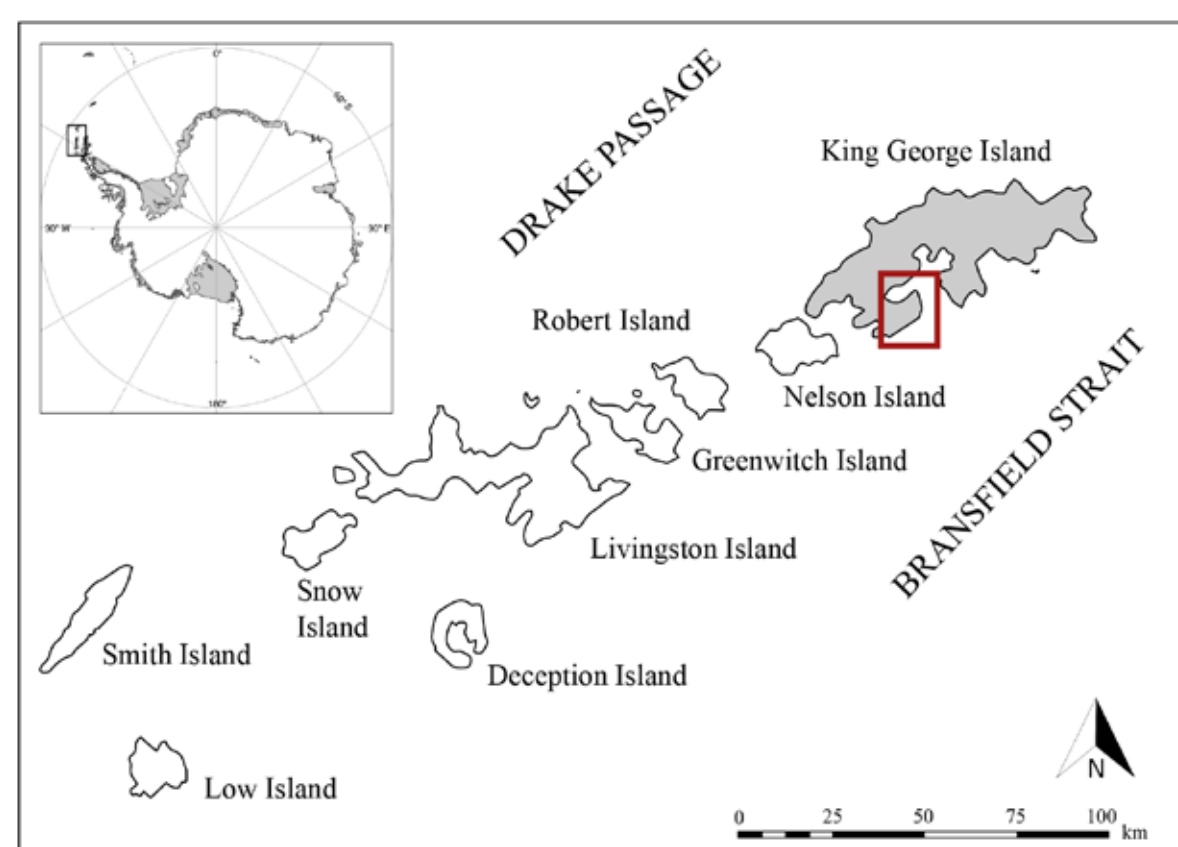


Şekil 2: Sediman ve kayaç örneklerinin A-CN-K diyagramında gösterimi

Çalışma Alanı ve Yerde Ölçümler



Örnek	Özellikler	pH	T (°C)	EC (µS/cm)
PFC1	Dere	8.3	240	240
PFC2		8.0	220	220
PFC3		8.2	160	160
PFC4		8.0	170	170
PFC5		8.3	170	170
PFC6		8.0	180	180
PFC7		8.0	160	160
UL1	Göl	8.1	100	100
UL2		8.3	190	190
UL3		8.2	190	190
UL4		8.1	190	190
UL5		8.2	190	190
UL6		7.9	170	170
ML1	Göl	8.0	110	110
ML2		8.3	160	160
ML3		8.3	170	170
ML4		8.2	160	160
ML5		8.0	160	160
UC1	Dere	8.1	260	260
UC2	sızıntısı	9.0	230	230
UC3		8.2	220	220
MC1	Dere	8.4	-	-
MC2	sızıntısı	8.6	-	-
IV1	Dere	-	-	-
IV2		-	-	-
TC	Dere	8.2	250	250
EG1	Ergiyik su	-	-	-
EG2		-	-	-
VC	Ergiyik su	8.2	-	-



Tartışma

Optik incelemelere göre örnekler, bazaltik andezit-andezit bileşimli kayaçlardır. Plajiyoklazlarca zengin örneklerde camı hamur gözlenmiştir. Ayrışma yapıları, serütilleşme ve hematitleşme kesitlerde yaygın görülen ikincil minerallerdir. XRD analizleri, plajiyoklazların kayaç örneklerinin büyük çoğunluğunu oluşturduğunu opak minerallerin ise manyetit-titanomanyetit şeklinde bulunduğunu göstermiştir. Kayaç örneklerinde hematit ve zeolit mineralleri ayrışmaya bağlı ikincil mineraller olarak görülmüştür (Şekil 1).

Çalışma bölgesinde kayaçların buzul etkisinde abrazyon derecesi, kimyasal ayrışma derecesinden yüksektir. Bu saptama düşük CIA değerleri (<9%) ile de uyumludur (Nesbitt ve Young, 1982) (Şekil 2).

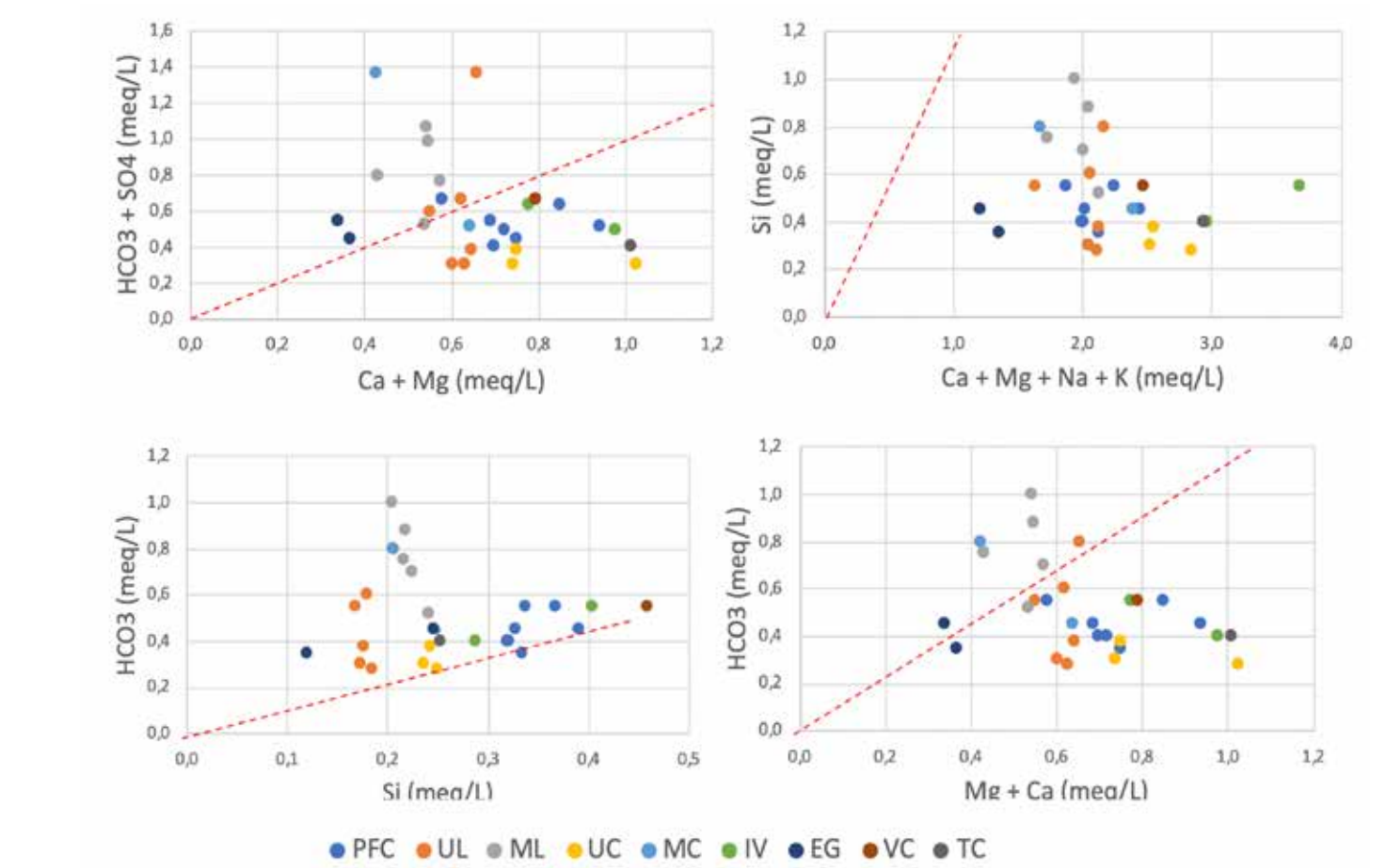
Suların HCO₃ içeriği ve katyonlar arasındaki korelasyon silikat minerallerinin ayrışmasında atmosferik karbonu kaynak olarak önermektedir.

Silisyum majör katyonlarla gösterdiği düşük korelasyon, sudaki katyonların tek kaynağının silikat minerallerinin çözünmesi olmadığına işaret etmektedir.

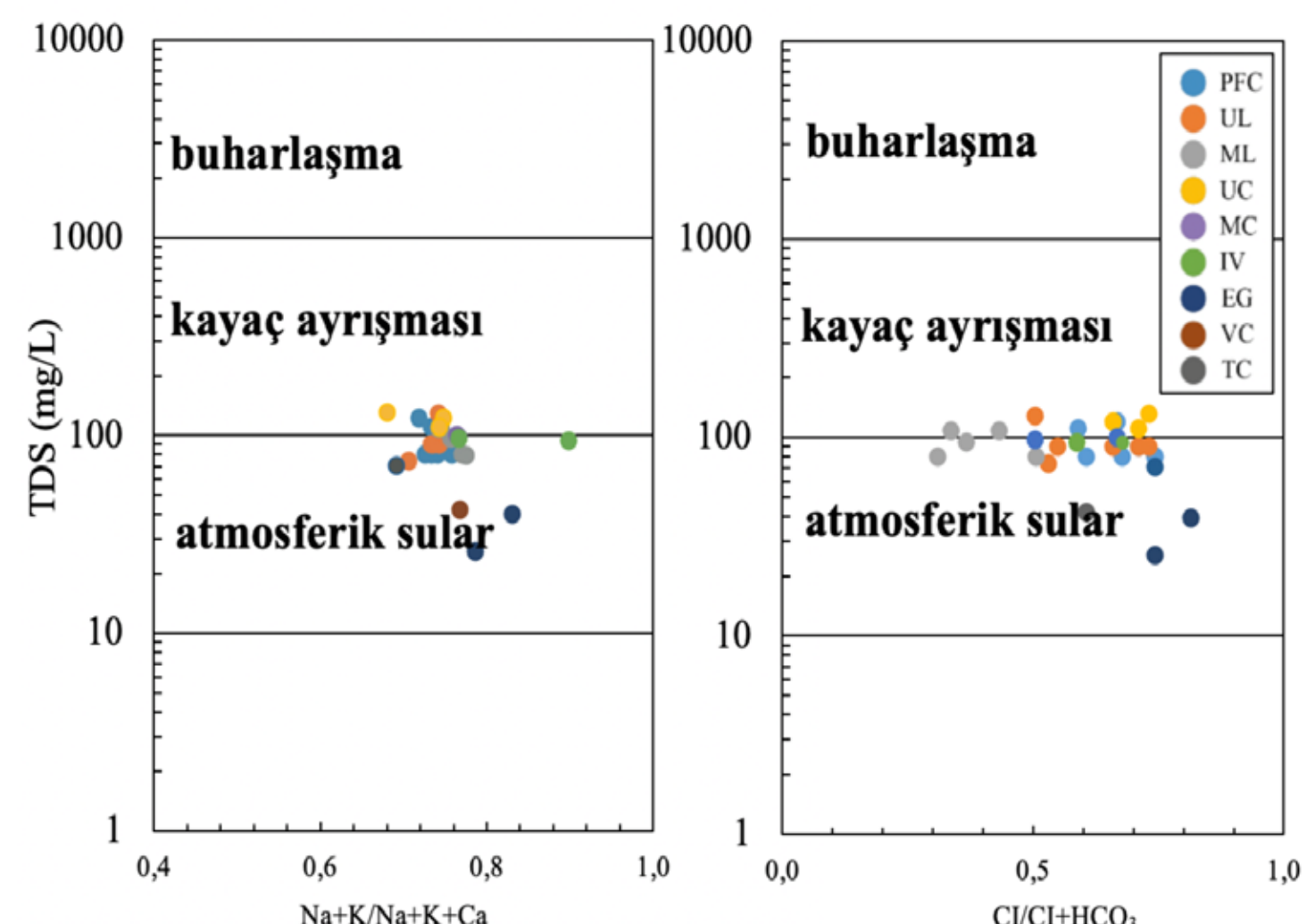
Sulardaki Na⁺ ve Ca²⁺ zenginleşmesi ana kaynak olarak plajiyoklazların ayrışmasını işaret etmektedir. Mg²⁺+Ca²⁺ vs. HCO₃ ve Na⁺ vs. HCO₃ grafikleri birlikte yorumlandığında suların Mg²⁺ ve Ca²⁺ içeriğinin silikat minerallerinin ayrışma derecesi ile ilişkili olduğu, sodyumun zenginleşmesinde deniz suyu aerosollerinin de etkili olduğu çıkarımı yapılmıştır (Şekil 3).

Düşük alterasyon derecesine sahip mafik kayaçların hâkim olduğu bölgede suda silisyum zenginleşmesinin bölgedeki kayaçların amorf silika içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Rutledge vd., 2018). Elde edilen tüm veriler, buzul etkisi altındaki volkanik kayaçların ayrışmasını denetleyen ana faktörün amorf silis zenginleşme derecesi olduğunu göstermektedir.

Bölgedeki mafik kayaçların buzul koşullarında, ergiyik su ile etkileşimleri sonucu oluşan elementel farklılaşmalar mineralojik değişimlere göre daha etkin olarak görülmüştür. Özellikle dere sularındaki silis zenginleşmesi, Mars'taki silis zengin benzer alanların gezegenin geçişinin soğuk-buzlu olduğuna önemli yaşanılabilir sulu ortamlar olabileceğine işaret eden, jeokimyasal arşivler olabileceğini önermektedir.



Şekil 3: Su örneklerinin Gibbs diyagramında gösterimi.



Şekil 4: Su örneklerinde major anyon-katyon korelasyon grafikleri.

Katkı Belirtme

Bu çalışma Cumhurbaşkanlığı himayesinde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi (PoReC) koordinasyonunda gerçekleştirilen 2. Ulusal Antarktik Bilim Seferi kapsamında yapılmıştır.

Kaynakça

- Bishop, J. L. (2005). 4 Hydrated Minerals on Mars. In Water on Mars and Life (pp. 65-96). Springer, Berlin, Heidelberg.
Nesbitt, H., & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lites. Nature, 299(5885), 715-717.
Rutledge, A. M., Horgan, B. H. N., Havig, J. R., Rampe, E. B., Scudder, N. A., & Hamilton, T. L. (2018). Silica dissolution and precipitation in glaciated volcanic environments and implications for Mars. Geophysical Research Letters, 45, 7371-7381. https://doi.org/10.1029/2018GL078105