

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**GÜNEYBATI TÜRKİYE’DE GEÇ HOLOSEN (M Ö. 1500 - M S. 1500)
İKLİM KAYITLARININ MAĞARA ÇÖKELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI**

**Ceyhun MERT
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**GÜNEYBATI TÜRKİYE’DE GEÇ HOLOSEN (M Ö. 1500 - M S. 1500)
İKLİM KAYITLARININ MAĞARA ÇÖKELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI**

Ceyhun MERT
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEYBATI TÜRKİYE DE GEÇ HOLOSEN (M Ö. 1500 - M S. 1500)
İKLİM KAYITLARININ MAĞARA ÇÖKELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

Ceyhun MERT
JEOLojİ MÜHENSİZLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez / / 20..... tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erdal KOŞUN (Danışman)

Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL KARTAL

ÖZET

GÜNEYBATI TÜRKİYE’DE GEÇ HOLOSEN (M Ö. 1500 - M S. 1500) İKLİM KAYITLARININ MAĞARA ÇÖKELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI

Ceyhun MERT

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Ocak 2023; 44 sayfa

Bu tez çalışmasında, Antalya, GB Türkiye’de bulunan Molla Deliği Mağarası’ndan alınan bir dikit kullanılarak, geç Holosen (MS 1500 – MÖ 1500) süresince meydana gelen iklim değişikliği izleri araştırılmıştır. Yüksek çözünürlüklü vekil verilerin sağlanması için Mol-2 dikiti üzerinde bir dizi jeokimyasal analizler uygulanmıştır. Yaşlandırma analizleri için Uranyum-serileri yöntemi gerçekleştirilmiştir. Geçmiş hidrolojik koşulları belirleyebilmek için ise duraylı izotop ölçümleri ($\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$) uygulanmıştır. Mol-2 dikiti üzerinde toplam üç adet yaşlandırma, 211 adet duraylı izotop analizi yapılmıştır.

Mol-2 dikiti üzerindeki analitik uygulama sonuçlarına göre, Mol-2 dikiti günümüzden önce (GÖ) 1.728 ± 0.034 yıl ile GÖ 3.578 ± 0.056 aralığında çökelmiştir. Duraylı izotop analiz sonuçlarına göre Mol-2 dikitinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri -4.56% ile -5.83% arasında değişirken, $\delta^{13}\text{C}$ değerleri -7.12% ile -9.28% arasında değişmektedir. Yaşlandırma analizlerine göre Mol-2 dikiti geç Holosen süresince meydana gelen değişimleri yansıtmaktadır. Mol-2 diketine ait $\delta^{13}\text{C}$ verileri efektif nemde meydana gelen değişimleri kaydetmiş olup, $\delta^{18}\text{O}$ değerleri yağışta meydana gelen değişimleri yansıtmaktadır. Sonuç olarak, Mol-2 dikitinden elde edilen tüm vekil veriler Antalya bölgesi için güvenilir paleoiklim verisi olarak yorumlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Antalya, Dikit, Duraylı İzotop, GB Türkiye, Geç Holosen, Paleoiklim, Sarkıt, Uranyum serileri

JÜRİ: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY

Dr. Öğr. Üyesi Neslihan ÜNAL KARTAL

ABSTRACT

INVESTIGATION OF LATE HOLOCENE (1500 CE-1500 BCE) CLIMATE RECORDS IN THE SOUTHWESTERN TÜRKİYE BY SPELEOTHEM RECORDS

Ceyhun MERT

MSc in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

January 2023, 44 pages

In this thesis study, a stalagmite collected from Molla Deliği Cave located in Antalya in SW Türkiye was used to investigate the past climate traces throughout the late Holocene period (1500 CE–1500 BCE). To provide highly resolved Proxy records, a series of geochemical analysis applied on stalagmite Mol-2. For dating analysis, Uranium-series dating method was applied. To determine the past hydrological conditions, stable isotope ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$) measurements were performed. In total, there dating measurements and 211 stable isotope analyses were completed on stalagmite Mol-2,

According to the analytical applications, stalagmite Mol-2 deposited between 1.728 ± 0.034 and 3.578 ± 0.056 years BP. Stable isotope measurements show that $\delta^{13}\text{C}$ values range from -7.12‰ to -9.28‰, and the $\delta^{18}\text{O}$ varies between -4.56‰ ile -5.83‰. The dating measurements show that stalagmite Mol-2 reflects three climatic variations during the late Holocene. The $\delta^{13}\text{C}$ of stalagmite Mol-2 recorded changes in the effective moisture, while $\delta^{18}\text{O}$ values reflect changes in the precipitation amount. Finally, all proxy records of stalagmite Mol-2 have been interpreted as reliable paleoclimate record for Antalya region.

KEYWORDS: Antalya, Stalagmite, Stable Isotope, SW Türkiye, Late Holocene, Paleoclimate, Stalactite, Uranium series

COMMITTEE: Prof. Dr. Erdal KOŞUN

Assoc. Prof. Dr. Volkan ÖZAKSOY

Asst. Prof. Dr. Neslihan ÜNAL KARTAL

ÖNSÖZ

“Güneybatı Türkiye’de Geç Holosen (M Ö. 1500 – M S. 1500) İklim Kayıtlarının Mağara Çökelleri ile Araştırılması” başlıklı bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında 2018-2023 yılları arasında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Prof. Dr. Erdal KOŞUN hocama tez çalışması boyunca bana vermiş olduğu bilgi, görüş ve önerileri için ve değerli zamanını bana ayırdığı için teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca gerek maddi gerek manevi her türlü yardımlarını esirgemeyen ve bana yol gösteren Dr. Koray KOÇ’a teşekkür ederim. Bu çalışma kapsamında analizlerimi yapan ve laboratuvarını açan Prof. Dr. Dominik FEITMANN’a da teşekkürlerimi sunarım.

Değerli görüş ve önerileri ile tez çalışmamı hazırlamama yardımcı olan Doç. Dr. Volkan ÖZAKSOY hocama teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her türlü olumsuzluklarda desteğini eksik etmeyen ailem ve eşim Pınar MERT’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	iv
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı Tanımı	2
2. KAYNAK TARAMASI	5
2.1. Bölgesel Jeoloji	5
2.2. İklim ve İklim Değişikliği	7
2.3. Kuvaterner Dönemi İklim Değişiklikleri	10
2.4. İklimin Değişmesine Sebep Olan Faktörler	10
2.4.1. Milankovitch döngüleri	11
2.4.2. Enlem etkisi	11
2.4.3. Atmosferik dolaşım	12
2.4.4. Okyanusal dolaşım	13
2.4.5. Volkanik aktivite	14
2.4.6. Levha hareketlerinin iklim üzerinde etkisi	15
2.5. Türkiye'nin Genel İklim Koşulları	15
2.6. Paleoiklim Arşivi Olarak Speleotemlerin Kullanılması	16
2.7. Speleotemlerin İklim Kayıtları Olarak Araştırılması	18
2.8. Speleotemlerin Büyüme Hızı ve Oluşum Şekilleri	19
2.9. Speleotemlerin Yaşlandırılması	19
2.10. Duraylı İzotop	19
2.11. İzotop Ayrışma	22
2.12. Türkiye'de ve Dünya'da Yapılmış Olan Başlıca Paleoiklim Çalışmaları	22
3. MATERYAL VE METOT	24
3.1. Arazi Çalışması ve Dikitin Hazırlanması	24
3.2. Yaşlandırma Analizleri	26

3.3. Duraylı İzotop Analizleri	27
4. BULGULAR.....	32
4.1. Yaşlandırma Sonuçları.....	32
4.2. Duraylı İzotop Sonuçları.....	33
5. TARTIŞMA.....	36
6. SONUÇ.....	39
7. KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “GÜNEYBATI TÜRKİYE’DE GEÇ HOLOSEN (M Ö. 1500 - M S. 1500) İKLİM KAYITLARININ MAĞARA ÇÖKELLERİ İLE ARAŞTIRILMASI” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

17/01/2023

Ceyhun MERT

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

δ :	Küçük delta notasyonu
‰ :	Binde (permil)
% :	Yüzde
mm :	Milimetre

Kısaltmalar

GÖ :	Günümüzden Önce
IPCC :	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
ka :	kiloannum
MC-ICP-MS :	Multi collector inductively coupled mass spectrometry
MÖ :	Milattan önce
MS :	Milattan sonra
NAO :	Kuzey Atlantik Salınımı
ppb :	Milyarda bir birim
ppm :	Milyonda bir birim
NOT :	Tez metninde ondalık ayracı olarak “.” kullanılmıştır

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanını ve Molla Deliği Mağarası'nın konumunu gösteren Google Earth yer bulduru haritası	3
Şekil 1.2. Molla Deliği Mağarası'nın haritası. (AKÜMAK veri tabanından yeniden düzenlenerek alınmıştır)	4
Şekil 2.1. Türkiye Karst Bölgeleri (Nazik ve Poyraz (2017)'den düzenlenerek alınmıştır).....	5
Şekil 2.2. Toros Dağ Kuşağının alt bölümleri (Özgül 1984'den yeniden düzenlenerek alınmıştır). Kırmızı yıldız Molla Deliği Mağarası' nın konumunu göstermektedir. (KAF: Kuzey Anadolu Fayı; DAF Doğu Anadolu Fayı; EF Ecemiş Fayı; KF Kırk ayak Fayı)	6
Şekil 2.3. Molla Deliği Mağarası'nın içinde yer aldığı bölgenin genel jeolojik özellikleri (Özgül 1984; Şenel vd. 1997, 2016; Poisson vd. 2003'ten sadeleştirilerek alınmıştır).....	7
Şekil 2.4. Bir sistem olarak iklim ve etkilendiği faktörler (Ruddiman 2007'den düzenlenerek alınmıştır)	9
Şekil 2.5. İklim alt sistemlerinin dış kuvvetler tarafından etkilenmesi ve birbirleriyle etkileşimleri (Ruddiman 2007'den düzenlenerek alınmıştır)	9
Şekil 2.6. Milankovitch Döngüsü (Anonim 1)	11
Şekil 2.7. Güneş ışınlarının dünyaya geliş açıları	12
Şekil 2.8. Atmosferik dolaşım (Anonim 2)	13
Şekil 2.9. Okyanusal dolaşım (Anonim 3)	14
Şekil 2.10. Volkan aktivitesi	14
Şekil 2.11. Türkiye geneli yıllık alansal yağış (Anonim 4).....	16
Şekil 2.12. Akdeniz bölgesi yıllık alansal yağış (Anonim 4)	16
Şekil 2.13. Karstik çözünmeyi ve oluşumu gösteren şema	17
Şekil 3.1. Molla Deliği Mağarası Google Earth Uydu Görüntüsü	24
Şekil 3.2. Molla Deliği Mağarası dikit örneği	25
Şekil 3.3. Mol-2 örneğinin ikiye ayrılması ve parlatılması	26
Şekil 3.4. Mol-2 dikit örneğinde yaş verileri için belirlenen noktalar.....	27
Şekil 3.5. Mol-2 örneği duraylı izotop çalışması belirlenen noktalar	28
Şekil 3.6. Üç eksenli Sherline freze makinesi	29
Şekil 3.7. Mol-2 örneğinden alınmış olan toz numuneleri	30
Şekil 3.8. Sherline freze makinesinde büyüme eksenine paralel alınan toz örnekleri....	31
Şekil 4.1. Mol-2 örneği yaş analizi sonuçları	32
Şekil 4.3. Mol-2 dikitinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri.....	33
Şekil 4.4. Mol-2 dikitinin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri	34
Şekil 4.5. Mol-2 dikitinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin karşılaştıran grafik	35
Şekil 5.1. $\delta^{13}\text{C}$ verilerinin -12 ile -6‰ arasında olduğunu gösteren grafik.....	37
Şekil 5.2. Mol-2 dikit örneğinin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin eş hareketlerini gösteren grafik.....	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Jeolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan başlıca izotoplar (Sharp 2017'den düzeltilerek alınmıştır).....	21
--	----



1. GİRİŞ

Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı altında tamamlanan bu yüksek lisans tezi ile bölgede günümüzden önce 1500 ile 3500 yılları arasında meydana gelen iklim değişikliği izleri araştırılmıştır. Yağış miktarının küresel ölçekte azalıyor olması, atmosferik olaylardaki ekstrem değerlerinin meydana gelmesi sıklığının artması sonucu iklim değişikliği iklim krizi olarak isimlendirilmekte ve olumsuz etkileri sürekli olarak artmaktadır. Bu tarz değişmelere dünyanın birçok noktasında rastlandığı gibi ülkemizde de etkisini arttırmakta olan ve özellikle İç Anadolu Bölgesi'nde şiddetini arttırmış olan bir kuraklık söz konusudur. Canlılığı doğrudan ve herhangi bir şüpheye yer bırakmadan etkileyen iklim değişikliğinin gelecekteki projeksiyonlarını belirlemek için yapılan çalışmaların sayısını arttırmakta, karar vericilerin bu tip çalışmalara ayırdığı maddi bütçenin miktarı yükselmektedir. Gerek basının gerekse politikacıların gündemi iklim değişikliği problemi ile yoğun şekilde meşgul durumdadır.

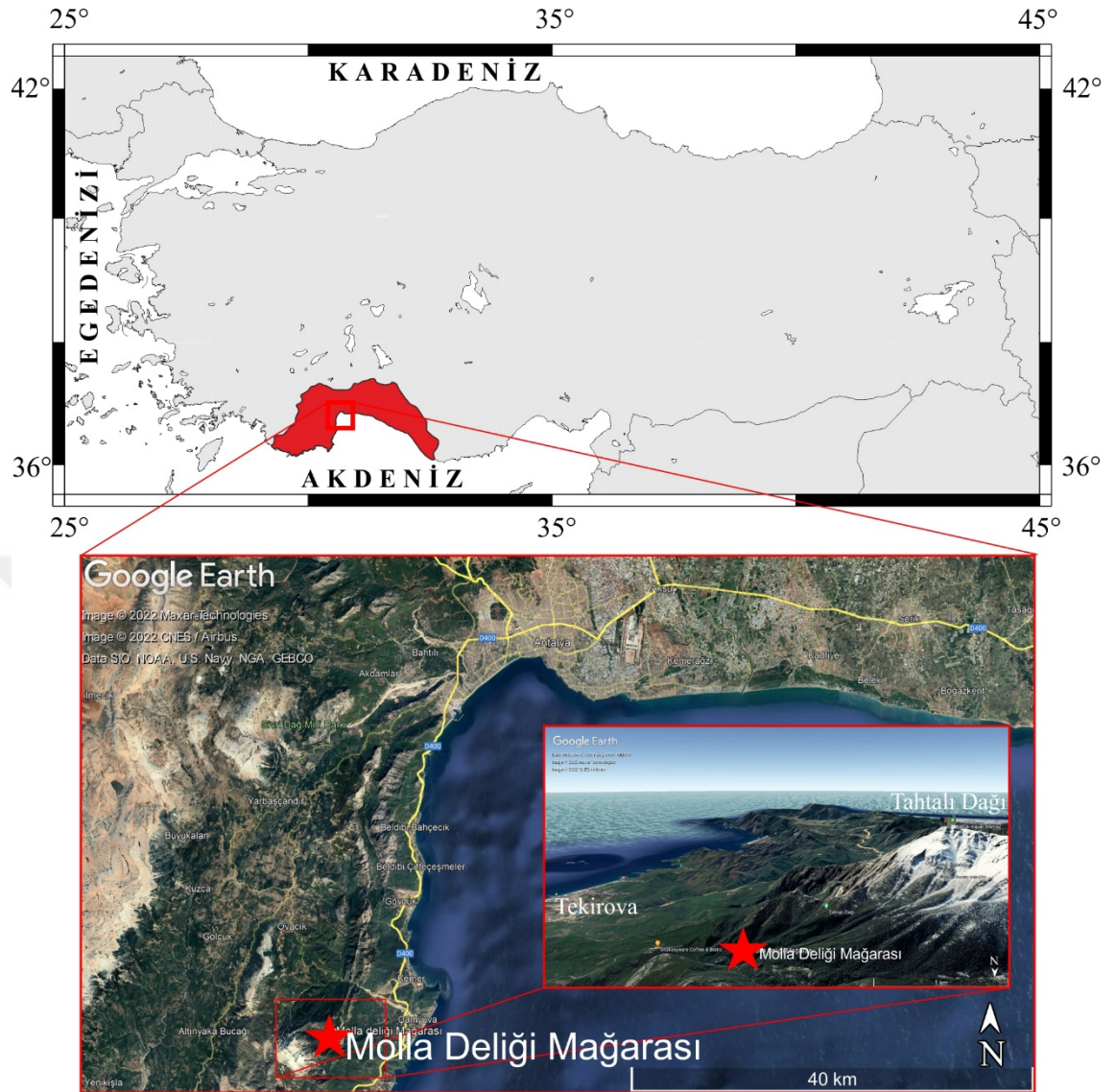
İklim değişikliğinin doğuracağı negatif sonuçların belirlenmesi ve bu sonuçlara karşın hazırlıkların yapılması için stratejiler geliştirilmektedir. Hükümetlerarası iklim Değişikliği Paneli (IPCC) ismi verilen toplantılar ile iklimin güncel durumu hakkında tartışmalar yapılırken, bilimsel araştırmalar sonucunda elde edilen veriler kullanılarak iklim değişikliği modelleri oluşturulmaktadır. Bu modeller çok fazla değişkeni dikkate alarak ve yüksek matematiksel hesaplamalar yaparak, iklimin önümüzdeki birkaç on yıl yanı sıra yüzlerce hatta binlerce yıl içerisinde nasıl değişim profili çizeceğini belirlemeye çalışılmaktadır. Bu tarz çalışmalardan Doğu Akdeniz Bölgesi odaklı olanlar (örn; Lelieveld vd. 2012), bölgenin ortalama sıcaklığının sonraki 70 yıllık sürede 7 °C'ye varan büyüklükte artacağını ön görmektedir. Son derece yüksek olan bu değişim tahmini tehlikeyi net bir şekilde ortaya koymaktadır. Diğer taraftan geçmiş iklim şartlarını dolaylı bir şekilde ortaya koyan vekil veriler, bu iklim modellerini test etmek için imkan sağlamaktadırlar. Gelecek ile ilgili tahminde bulunmaya çalışan modellere, geçmişte yaşanmış ve jeolojik arşivlerde izlerini bırakmış iklim koşullarını yansıtan veriler girilerek, iklimsel salınımların modeller tarafından tahmin edilebilme potansiyeli araştırılmaktadır. Sonuç olarak halihazırda yaşanmış iklim koşullarını tahmin edemeyen bir model gelecekte meydana gelebilecek senaryoları doğru bir şekilde modelleyebilmesini bekleme doğru bir tercih olmayacaktır (Nicholls 2010).

Mağara ortamlarında ikincil olarak çökelererek oluşan dikit, sarkıt, akmataş gibi oluşumların tamamına birden speleotem adı verilmekte ve speleotemler diğer karasal ve denizel jeolojik arşivlere göre yaşlandırma verisi açısından daha kesin ve çözünürlüğü yüksek verileri sunmaktadır (Fairchild ve Baker 2012). Geçmiş son birkaç an yıla kadar buzullardan alınan karotlardan günümüzden önce 800 bin yıllık dönem için iklim verileri paleoiklim çalışmalarında temeli oluşturmaktaydı. Ancak buzul karotlarının elde edilmesi için gerekli koşulların ağırlığı, elde edilen karotların saklanması ve bunların yanı sıra elde edilen berilerin sınırlı olması, speleotemlerin hem buzul hem de diğer arşivlerin önüne geçmesine olanak tanımıştır. Çünkü speleotemlerden Uranyum serileri ile 600 bin yıl geriye kadar uzanan, herhangi bir düzeltmeye ihtiyaç duymayan yaşlandırma verileri elde edilebilmektedir (Cheng vd. 2013, Koç 2019). Gelişen analitik yöntemler ile bu süre Uranyum-Kurşun serileri ile milyon yıl mertebesine çıkmıştır (Koç vd. 2020).

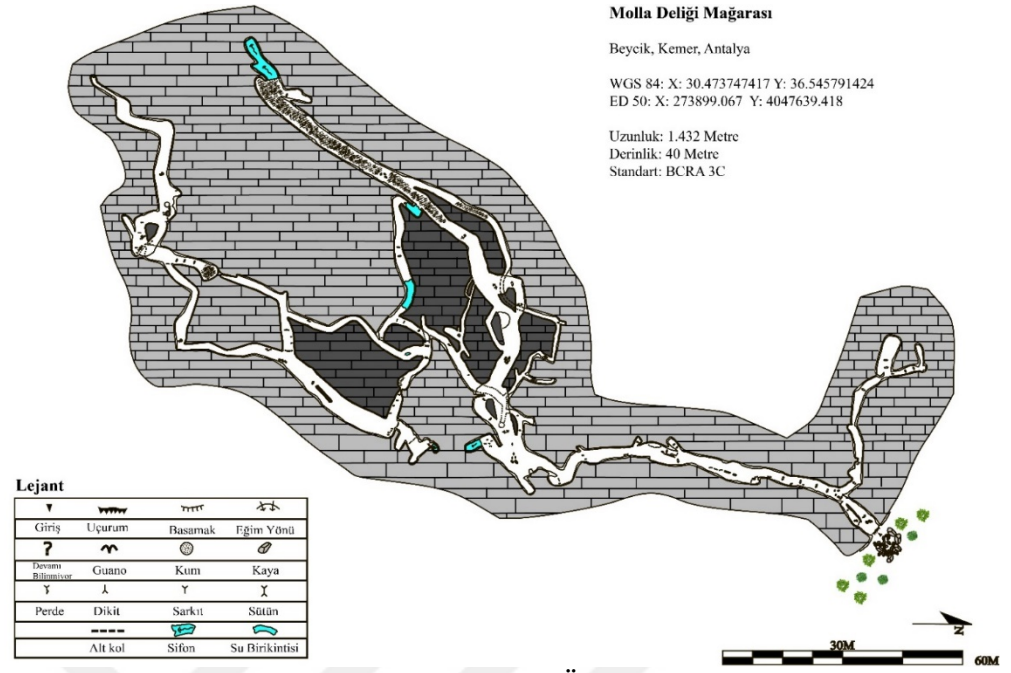
Yerkürenin oluşumundan itibaren jeolojik tarihçesi incelendiğinde, iklimin çok sayıda değiştiği görülmektedir (Ruddiman 2007). Oluşan koşullar yıkıcı olabildiği gibi yeryüzünde yaşamın oluşabilmesi için elverişli durumları da meydana getirmiştir. Kartopu Dünya Hipotezi olarak bilinen olayda (Ruddiman 2007), 600 milyon yıl önce Yerküre'nin ekvator bölgesine kadar buzullar ile kaplanmış olduğuna dair bulgular elde edilmiştir. Daha yakın geçmişi temsil eden Kuvaterner dönemi günümüzden önce 2.58 milyon yıllık süreyi kapsar. Dünya'nın yaşı göz önüne alındığında son derece kısa olan bu periyotta çok sayıda buzul ve buzul dönemi takip eden buzularası dönem yaşanmıştır. Son bir milyon yıllık sürede dahi en az 11 defa buzul ve buzularası geçiş meydana gelmiştir (Sarıkaya 2012). Dünya'nın iklimini değiştiren faktörlerin başında Dünya'nın yörüngesi ile alakalı faktörler gelmekte olup bunlara Milankoviç Döngüleri ismi verilmektedir. Milankoviç Döngüleri yaşanan buzul ve buzularası dönemleri genel hatları ile açıklamakta olup, yörünge hareketlerindeki değişimleri ifade eden bu döngülere sonraki bölümlerde detaylı şekilde değinilmiştir. Günümüzden 11700 yıl önce başlayan ve bugünü de içeren Holosen, Kuvaterner Döneminin bir katı olup, buzul-buzularası geçişlerde buzul arası döneme karşılık gelmektedir. Normal şartlarda Holosen'i takip etmesi gereken buzul döneminin zamanlaması ise artan sera gazları ve diğer antropojenik etkilerden kaynaklanan sebepler nedeniyle ötelenmiştir (Archer ve Ganpoloski 2005). Kısa sürede birçok kısa genlikli iklimsel değişimin meydana geldiği Kuvaterner Dönemi (Bond vd. 1997; Bond vd. 2001; Mayewski vd. 2004; Luterbacher vd. 2006; Wanner vd. 2008; Weninger vd. 2009), iklimdeki değişimlerin jeolojik tarihçe içerisindekilerden daha hızlı gerçekleşmesinin sebebinin hala tam olarak anlaşılmamış olması, modern insanın ortaya çıkışını içermesi, antropojenik etkinin önemli faktörler arasında yer almasından dolayı gelecek iklim koşullarının tahmin edilmesinde önemli bir periyodu temsil etmekte olup, bu döneme ait iklim verilerinin yüksek çözünürlükte ve belirsizliği en az şekilde üretilmesi önem arz etmektedir.

1.1. Çalışma Alanı Tanımı

Tez çalışmasının gerçekleştirildiği Molla Deliği Mağarası, Antalya il merkezine kuş uçuşu uzaklığı 50 km olup ve şehrin güneybatısında yer almaktadır. Araç ve yaya yoluyla beraber toplamda 80 km mesafededir (Şekil 1.1). Beydağları Milli Parkı'nda yer alan Tahtalı Dağı'nın içerisinde gelişmiştir. Tahtalı Dağı'nın Kuzey Doğu yamacında gelişmiş olan Molla Deliği Mağarası, girişi yaklaşık 3.5 m yükseklikte yer almaktadır. Girişten itibaren yan kollarla birlikte toplam uzunluğu 1432 metredir. Çok sayıda yan kola sahip ve bu kolların büyük çoğunluğu birbiriyle bağlantılıdır. Mağara Giriş kotundan itibaren 40 m derinlikte ve güneybatı yönünde ilerleyerek sonlanır. Mağaranın ana kolu ve bir yan kolunda toplamda iki adet göl bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında bazı kolların da su birikintileri gözlenmiş olup, göllere dalış gerçekleştirilmediği için mağarasının son noktası ana kol üzerindeki yaklaşık 5 m çapındaki (mevsim ve yağışa bağlı değişiklik göstermektedir) göl olarak kabul edilir. Mağaranın girişinden itibaren üzerleyen ana kayanın kalınlığı 100 metredir. Molla Deliği Mağarası haritası için bu tez çalışması kapsamında Akdeniz Üniversitesi Mağara Araştırma Kulübü tarafından çizilen haritadan faydalanılmıştır (Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Çalışma alanını ve Molla Deliği Mağarası'nın konumunu gösteren Google Earth yer buldurma haritası

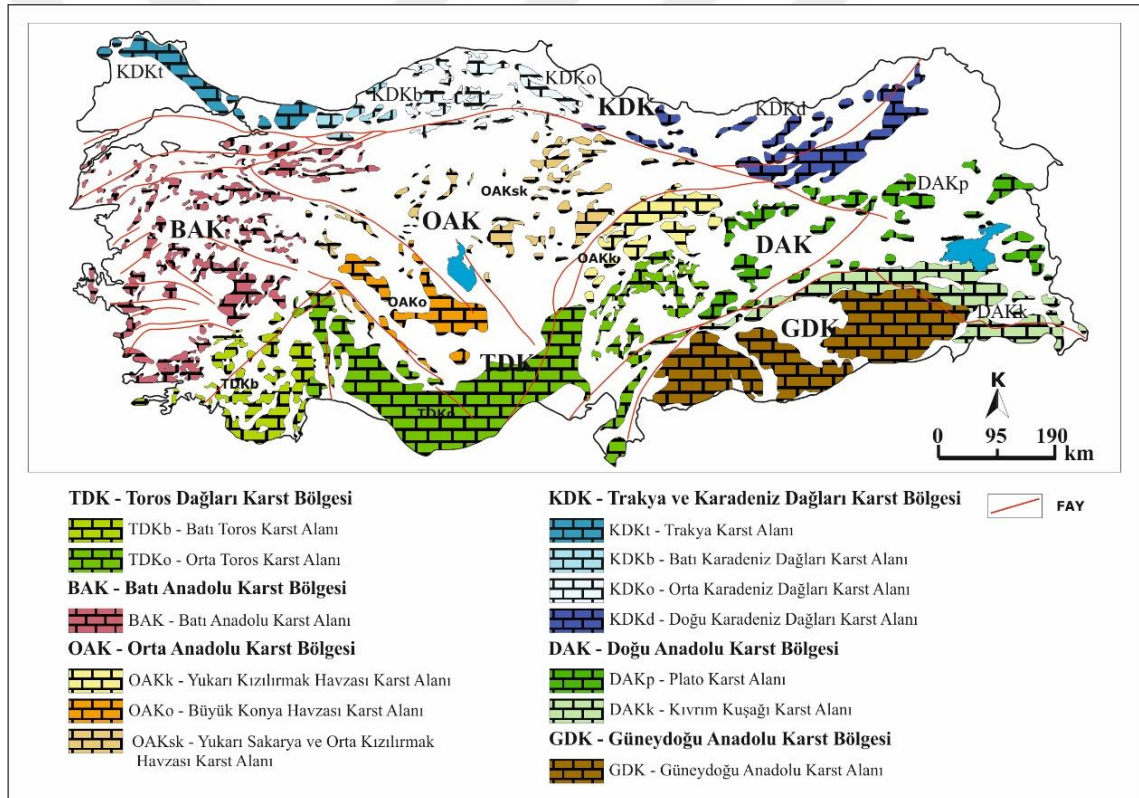


Şekil 1.2. Molla Deliği Mağarası'nın haritası. (AKÜMAK veri tabanından yeniden düzenlenerek alınmıştır)

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Bölgesel Jeoloji

Karstlaşma ve karstlaşma ürünü olan mağaralar açısından Türkiye, Dünyada karst araştırmaları açısından önemli potansiyele sahiptir. Özellikle, Türkiye'nin oluşmasında rol alan Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı'nın Türkiye'de olan bölümü olan Toros Dağ kuşağında çok sayıda mağara olduğu bilinmektedir. Sadece güney bölümü olmayıp, ülkenin %40'a varan büyük bir bölümü karstlaşmaya uygun kayalardan oluşması (Nazik ve Poyraz 2017), mağara, polye, obruk, lapyalar gibi karstlaşma ürünlerinin sıkça meydana gelmesini açıklamaktadır. Nazik ve Poyraz (2017), tüm Türkiye'yi karstlaşma açısından altı alt bölgeye ayırmıştır (Şekil 2.1). Bunlar, Toros Dağları Karst Bölgesi, Batı Anadolu Karst Bölgesi, Orta Anadolu Karst Bölgesi, Trakya ve Karadeniz Dağları Karst Bölgesi, Doğu Anadolu Karst Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Karst Bölgesi olup, tez çalışmasının tamamlandığı Molla Deliği mağarası, Toros Dağları Karst Bölgesi-Batı Toros Karst Alanı içerisinde yer almaktadır.



Şekil 2.1. Türkiye Geneli Karstlaşma Bölgeleri ile alt bölümleri (Nazik ve Poyraz (2017) ve Koç (2019)'dan düzenlenerek alınmıştır)

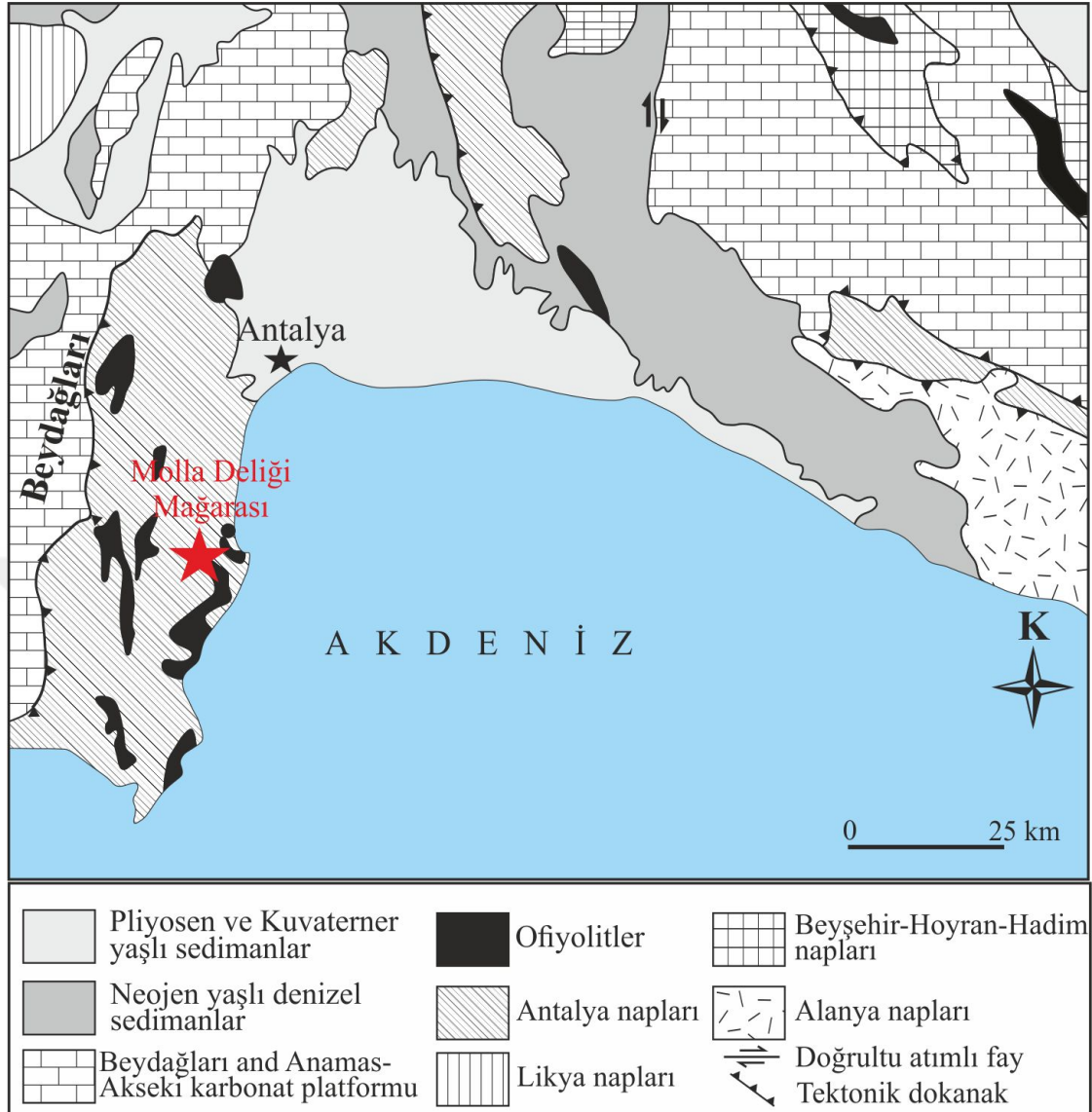
Toros Dağ Kuşağı, ağırlıklı olarak Paleozoyik döneminde çökelmiş kayaç topluluklarından meydana gelmektedir. Bu kuşak boyunca farklı alt çökelim mekanizmaları tarafından meydana getirilmiş havzalar yer almakta olup, bunlar Özgül (1976) tarafından "birlikler" olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamalara göre Toros Dağ Kuşağı, Bolkar Dağı, Aladağ, Geyik Dağı, Alanya, Bozkır ve Antalya birliklerinden meydana gelmektedir. Her bir birlik içerdikleri kayaçlar, bu kayaçların stratigrafik

ilişkisi ve yapısal jeoloji açısından özellikleri bakımından farklılık göstermektedir (Özgül 1976). Alt sınıf olarak tanımlanan birlikler, birbirlerini üzerlemekte ve oluşturdıkları kuşak boyunca yanıl olarak devamlılık göstermektedir. Birbirlerini üzerleyerek örten birlikler, bir açıdan allohton örtü özelliğindedir (Özgül 1976).

Alp-Himalaya orojenik kuşağının bir bölümü olan Toros Dağları (Şengör ve Yılmaz 1981), en temel şekliyle Batı, Orta ve Doğu Toroslar olmak üzere üçe ayrılmıştır (Şekil 2.2) (Özgül 1984). Molla Deliği Mağarasının da içinde bulunduğu Batı Toroslar allohton ve otokton birimlerden meydana gelmiştir (Brunn vd. 1971; Özgül 1976; Şenel vd. 1996; Poisson vd. 2003). Batı Torosların bünyesinde Beydağları otoktonu, Antalya napları ile Likya napları bulunmakta ve otokton birimler platform tipi karbonatlarca baskın durumda görülürken, Batı Torosları bunlara ek olarak ofiyolitler, yamaç ve havza sistemleri ile napların temsil ettiği görülmektedir (Şenel vd. 1996). Birçok mağara oluşumunun içinde gerçekleştiği platform tipi karbonatlardan meydana gelen Beydağları otoktonu yayılımı itibari ile güneybatıda Kaş ilçesinden başlayarak Isparta ilçesine kadar uzanmaktadır (Şekil 2.3) (Özgül 1976; Poisson 1977; Şenel 1977).



Şekil 2.2. Toros Dağ Kuşağının alt bölümleri (Özgül 1984'den yeniden düzenlenerek alınmıştır). Kırmızı yıldız Molla Deliği Mağarası'nın konumunu göstermektedir. (KAF: Kuzey Anadolu Fayı; DAF Doğu Anadolu Fayı; EF Ececiş Fayı; KF Kırk ayak Fayı)



Şekil 2.3. Molla Deliği Mağarası'nın içinde yer aldığı bölgenin genel jeolojik özellikleri (Özgül 1984; Şenel vd. 1997, 2016; Poisson vd. 2003'ten sadeleştirilerek alınmıştır)

Çalışma alanının içinde yer aldığı Tahtalı dağ birimi altta Ordovisyen şeylleri üzerine uyumsuz olarak gelen Jura-Kretase neritik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Morcoux 1977). Üst Kambriyen-Maastrichtiyen yaşlı Keçili Formasyonu üzerine, Resiyen-Senomaniyen yaşlı kireçtaşlarından oluşan Teke Dağı Formasyonu kıvrılarak ve/veya kırılarak meydana gelen Tahtalı Dağı, üstte Alt Kretase, çekirdekte Üst Jura altında sırasıyla Alt Kretase, Senomaniyen kireçtaşlarını kapsar (Şenel 1986).

2.2. İklim ve İklim Değişikliği

Bir bölgenin iklimi, o bölgedeki sıcaklık, yağış, nem, bulutluluk, atmosferik basınç, rüzgar yönleri gibi atmosferik parametrelerin 30 yıl boyunca gözlemi ile oluşturulan ortalamaları olarak tanımlanır (Türkeş 2010; Bradley 2015). Bu parametrelerin içerisinde normal koşulların yanında, ekstrem bir diğer ifade ile sınır

değerler de eklenmektedir (Türkeş 2010). İklim ile çok karıştırılan bir diğer önemli kavram olan “hava” ise o bölgedeki günlük, haftalık gibi kısa süreli değişimlerini ifade eder. Bu sebeple meteorolojik raporlarda, hava koşulları ibaresi yer alırken, coğrafik özelliklere değinilirken bölgenin “iklimi” ifadesi yer alır.

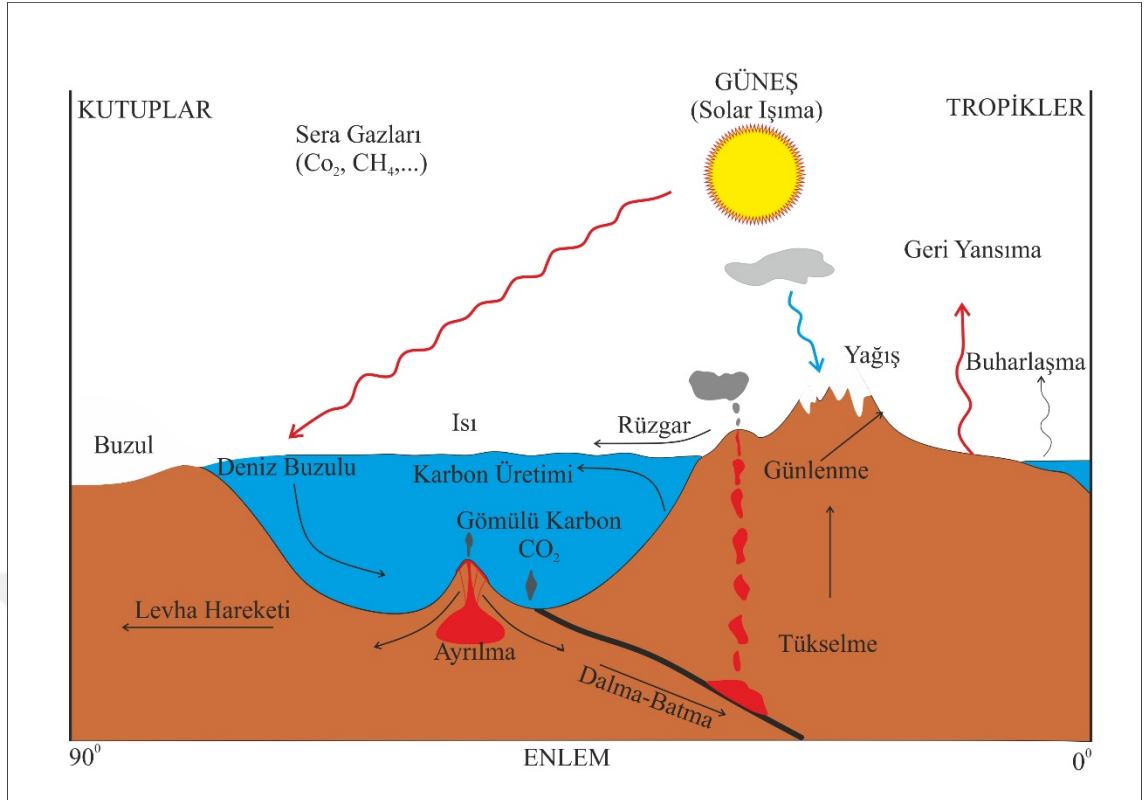
Günlük değişimler tarım faaliyetlerini, günlük yaşam koşullarını etkilemekte ve kısa süreli değişimlere önlem almak nispeten kolay olmaktadır. Ancak iklim uzun bir süreç içerisinde geri döndürülemeyecek şekilde değiştiğinden, tüm ekosistemi, canlı yaşamını, tarımsal politikaları, mühendislik uygulamalarını kısacası hayatın kendisini en derinden etkilemektedir. Özellikle sanayi devrimi ile atmosferde hızlı ve yoğun şekilde artan sera gazları, küresel ölçekte iklimi değiştirmekte ve yaşamı zor hale sokmaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak birçok bitki ve hayvan türü yok olmakla birlikte, çok sayıda canlı yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır.

Yerküre’nin kendi işleyişi içerisinde geçmiş jeolojik dönemlerde iklimde meydana gelen bozulmalar, yine Yerküre üzerindeki sistemlerde meydana gelen değişimler ile bir şekilde dengelenmiştir. Örneğin, atmosferde yoğun olarak biriken karbondioksit gazı, kayaçların günlenme ile bozunması sırasında karbondioksiti bağlaması, günlenme şiddeti artarak sera gazının atmosferdeki yoğunluğu azaltılmıştır (Ruddiman 2007). Ancak insanın çevre üzerindeki etkisini arttırmaya başladığı Holosen dönemi içerisinde özellikle son 2000 yıl ve sonrasında sanayi devrimi ile birlikte, atmosferde sera gazı birikiminin kontrolden çıkmış olması ve diğer olumsuz aktiviteler sonucunda Yerküre’nin kendisini dengeleyemediği ve bu sebeple özellikle sera gazı salınımının bir an önce kontrol altına alınması gerektiği bilimsel yayınlarla vurgulanmakta (örn. Allen vd. 2014), IPCC raporları ile de hem karar vericilere hem de topluma aktarılmaktadır.

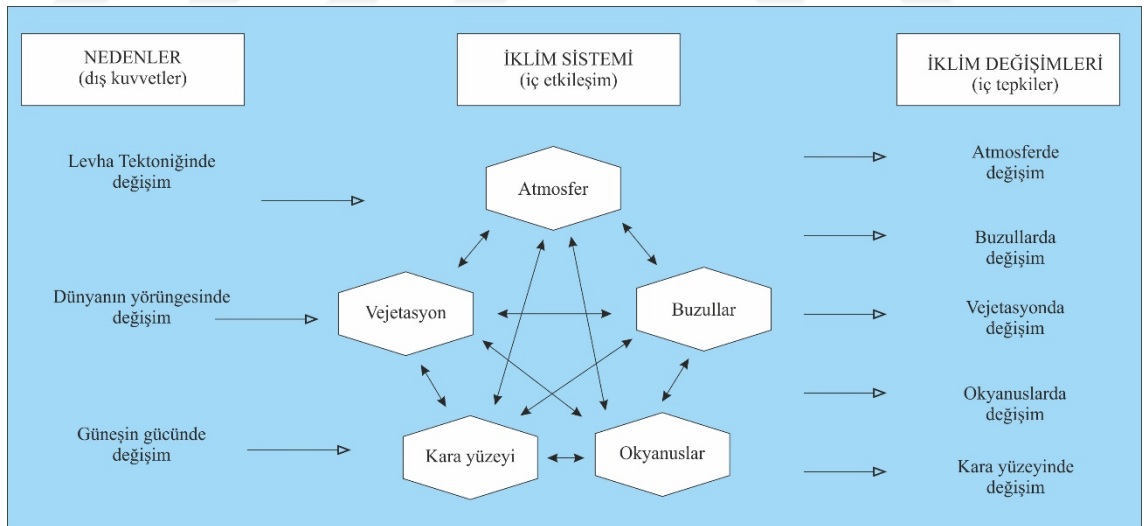
İklim başlıca büyük bir sistem olup, bu sistemi etkileyen değişimleri tetikleyen çok sayıda faktör bulunmaktadır.

- Dünya’nın yörüngesel hareketlerinde meydana gelen değişimler,
- Kara alanları ve Ormanlık alanların dağılımı,
- Volkanik etkiler,
- Okyanus akıntıları,
- Atmosferde biriken sera gazı(CO₂) ve su buharı,
- Kayaçlarda meydana gelen günlenme vb,

gelmektedir (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5) (Ruddiman 2007; Barley ve Hall-McKim 2014; Barley 2015).



Şekil 2.4. Bir sistem olarak iklim ve etkilendiği faktörler (Ruddiman 2007'den düzenlenerek alınmıştır)



Şekil 2.5. İklim alt sistemlerinin dış kuvvetler tarafından etkilenmesi ve birbirleriyle etkileşimleri (Ruddiman 2007'den düzenlenerek alınmıştır)

Giriş bölümünde değinildiği üzere, jeolojik geçmiş içerisinde büyük katastrofik iklimsel salınımların gerçekleştiğine dair önemli veriler elde edilmiştir. 710 ile 640 milyon yıl önce Yerküre'nin büyük bir bölümünün buzullar ile kaplanması ile sonuçlanan Kartopu Dünya olayı meydana gelmiştir. Bir başka iklimsel olayda ise

yaklaşık 100 milyon yıl önce atmosferde CO₂ gazının çok yüksek oranda birikmesi sonucunda küresel bir ısınma meydana gelmiş, atmosferdeki CO₂ gazı miktarının 1600 ppm'e çıkması sonucunda buzulların yer aldığı bir dönem yaşanmıştır (Barry ve Hall-McKim 2014). Bu tip küresel iklim olayları, Yerküre'nin geçmişinin katastrofik iklim değişimleri yaşandığına dair önemli kanıtlar sunmakta ve gelecekte yaşanabilecek yıkıcı olaylar hakkında bir ön görüş sağlamaktadır.

2.3. Kuvaterner Dönemi İklim Değişiklikleri

Kuvaterner dönemi Pleistosen ve Holosen olmak üzere iki devirden oluşur ve günümüzden önce 2,58 milyon yılı kapsamaktadır. Bu dönem boyunca toplam 21 adet buzul dönemi görülmüştür (Sarıkaya 2012). Kuvaterner döneminde yaşanan buzullaşmalar Dünya'nın yörüngesel hareketleri ile ilişkilendirilmektedir. GÖ 800 bin yılına kadar olan soğuk dönemler 41 bin yıl sürmekteyken, bu tarihten sonraki soğumalar 100 bin yıllık periyotlar halinde oluşmaya başlamıştır. Bu olay Dünya'nın eksen eğikliği ve dönüş yörüngesinin eliptik oluşuna karşılık gelen periyodik hareketlerle örtüşmektedir (Barry ve Hall-McKim 2014). Pleistosen buzullaşmalarının 21 bin yıl öncesinde en üst noktaya ulaştığı Son Buzul Maksimum (Last Glacial Maximum) sırasında ise kara ve deniz buzulları geniş bir yayılıma ulaşmış, deniz seviyesinin de 100 m kadar düştüğü saptanmıştır (Roberts 2013). Günümüzden önce 90 bin ile 11700 yılları arası meydana gelen Dansgaard-Oeschger salınımları ise sıcak dönemleri takip eden soğuk dönemleri temsil etmektedir (Bond vd. 1993). Bond vd. (1993) çalışmasında kullanılan Kuzey Atlantik sedimanları başka bir çalışma olan buzul karotları ile sıcaklık çevrimselliğini temsil eden Henrich olayı arasında yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir (Bond vd. 1993). Henrich olayları ise GÖ. 60 bin ile 12 bin yılları arasında gerçekleşen sıcaklık değişimleridir.

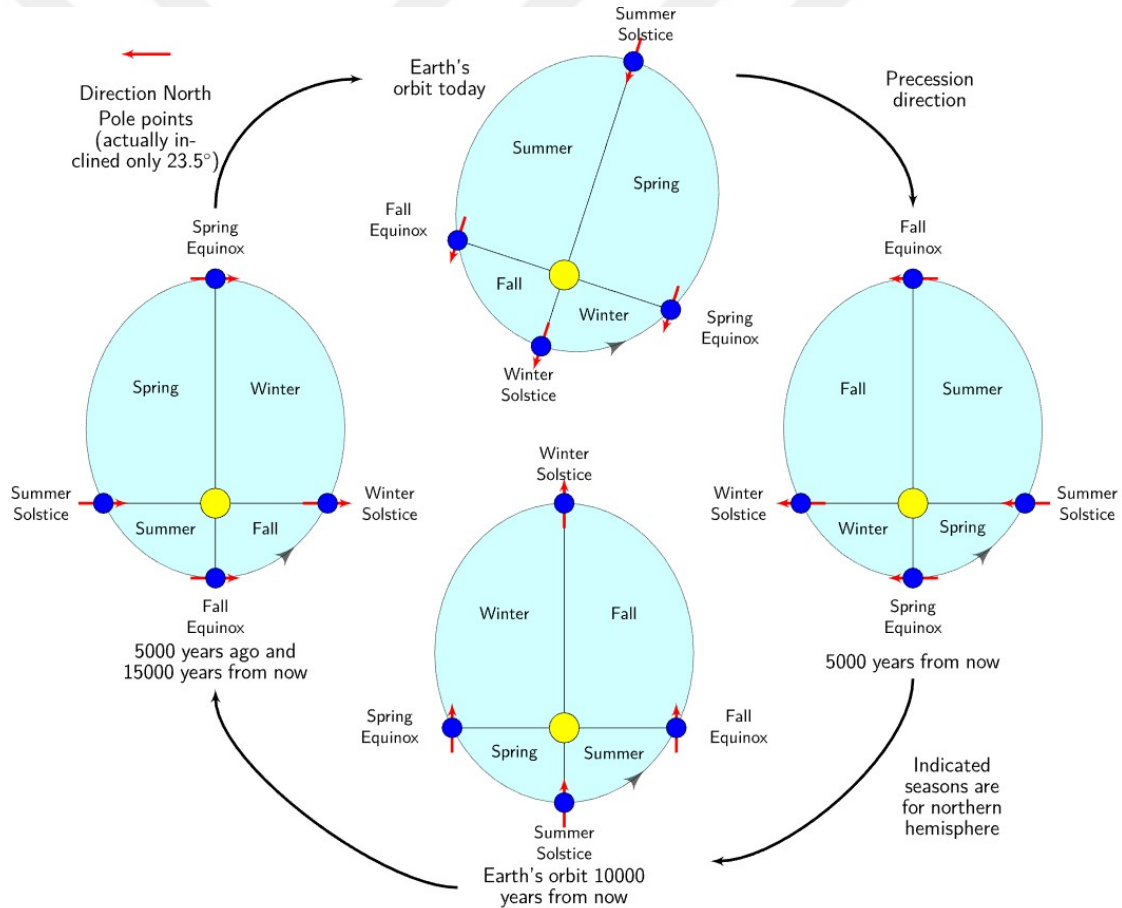
Holosen dönemine bakıldığında ise GÖ. 8200 yılında ani soğumalar meydana gelmiştir (Wickens 2013). Bir diğer olayda ise GÖ. 4200 yılına karşılık gelen kuraklık olayıdır ve Mezopotamya'da Akad İmparatorluğu'nun yıkılması ile ilişkilendirilmiştir (Weiss vd. 1993; Weiss ve Bardley 2001; Kaniewski vd. 2012; Weiss 2016; Kathayat vd. 2018). Fakat bu kuraklık dönemine ait verilerin küresel olup olmadığı konusunda tartışmalar devam etmektedir (Kaniewski vd. 1993). GÖ. 3200 yılında yani Geç Holosende gerçekleşen kuraklık ise Bronz Çağı-Demir Çağı dönemine denk gelmektedir. Bu kuraklığın Orta Doğu'da ve Anadolu'daki uygarlıkların yıkılmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (DeMenocal 2001; Kaniewski vd. 2012; Kaniewski vd. 2013; Kaniewski vd. 2015; Finné vd. 2017 Psomiadis vd. 2018).

2.4. İklimin Değişmesine Sebep Olan Faktörler

İklim çalışmalarının başlıca amacı geçmişte yaşanmış iklimleri tespit ederek gelecekte yaşanabilecek olan iklimleri tahmin ve/veya tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda yakın zamanda yüksek çözünürlüklü veriler sunan iklim çalışmaları hız ve önem kazanmıştır. Bu doğrultuda bir önceki başlıkta da belirtildiği gibi iklim oluşturan birçok alt sistem ve bu sistemi oluşturan parametreler karmaşık bir bütünlük sağlamaktadır. Dünya'nın iklimi etkileyen faktörleri bu başlık altında açıklanmaya çalışılmıştır.

2.4.1. Milankovitch döngüleri

Dünya'nın yörüngesel olarak yapmış olduğu periyodik döngüleri Milankovitch tespit etmiştir ve bu döngüsel hareketlere Milankovitch Döngüleri adı verilmiştir (Şekil2.6). Bu periyodik hareketler sonucu Dünya'ya gelen Güneş ışınları miktarı ve açısı farklılık göstermektedir. Milankovitch Döngüsü iklim üzerinde etkisi yapılan çalışmalarla da kabul görmüştür. Temelde üç unsur bulunduran bu döngüsel hareket dışmerkezlik (Eccentricity), eksen eğikliği, devinme (Precession) adları verilen üç farklı süreci kapsamaktadır. Kısmen eliptik olan yörüngesel harekete dışmerkezlik (Eccentricity) adı verilmiştir ve periyodu 100 bin yıl olarak hesaplanmıştır. Dünya'nın Güneş etrafında dönerken düzleme dik olmayan bir açıyla döndüğü ve bu açının yaklaşık 23.5° olup, 41 bin yıllık periyotlarla 21.8° ile 24.4° arasında değiştiği görülmüştür (Bardley 2015). Kutup ve ekvator bölgelerindeki şekil farklılığı nedeni ile Dünya üzerinde diğer gezegenlerin çekim kuvveti sonucu yapmış olduğu topaç hareketi ise devinme (Precession) olarak tanımlanmıştır ve bu durum ekinoks zamanlarını değiştirmekle birlikte periyodu 23 bin yıl olarak saptanmıştır (Barley 2015).

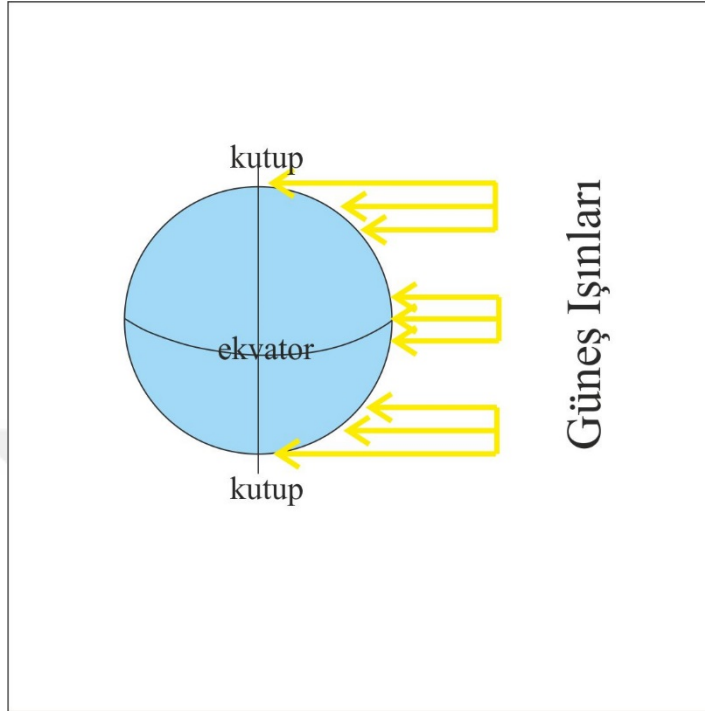


Şekil 2.6. Milankovitch Döngüsü (Anonim 1)

2.4.2. Enlem etkisi

Dünya'nın şekli nedeni ile Güneş ışınları da farklı açılarda düşmektedir. Ekvatora neredeyse dik açıyla gelen bu açılar kutup bölgelerine daha düşük açılar da

düşer ve neredeyse teğet geçmektedirler. Ekvatordan kutuplara doğru gidildikçe sıcaklık değerleri düşmektedir. Bunun nedeni ise düşük açıyla gelen ışınlar yüzeyi daha az ısıtırken, dik veya dike yakın açıyla gelen ışınlar yüzeyi daha çok ısıtır (Şekil 2.7).



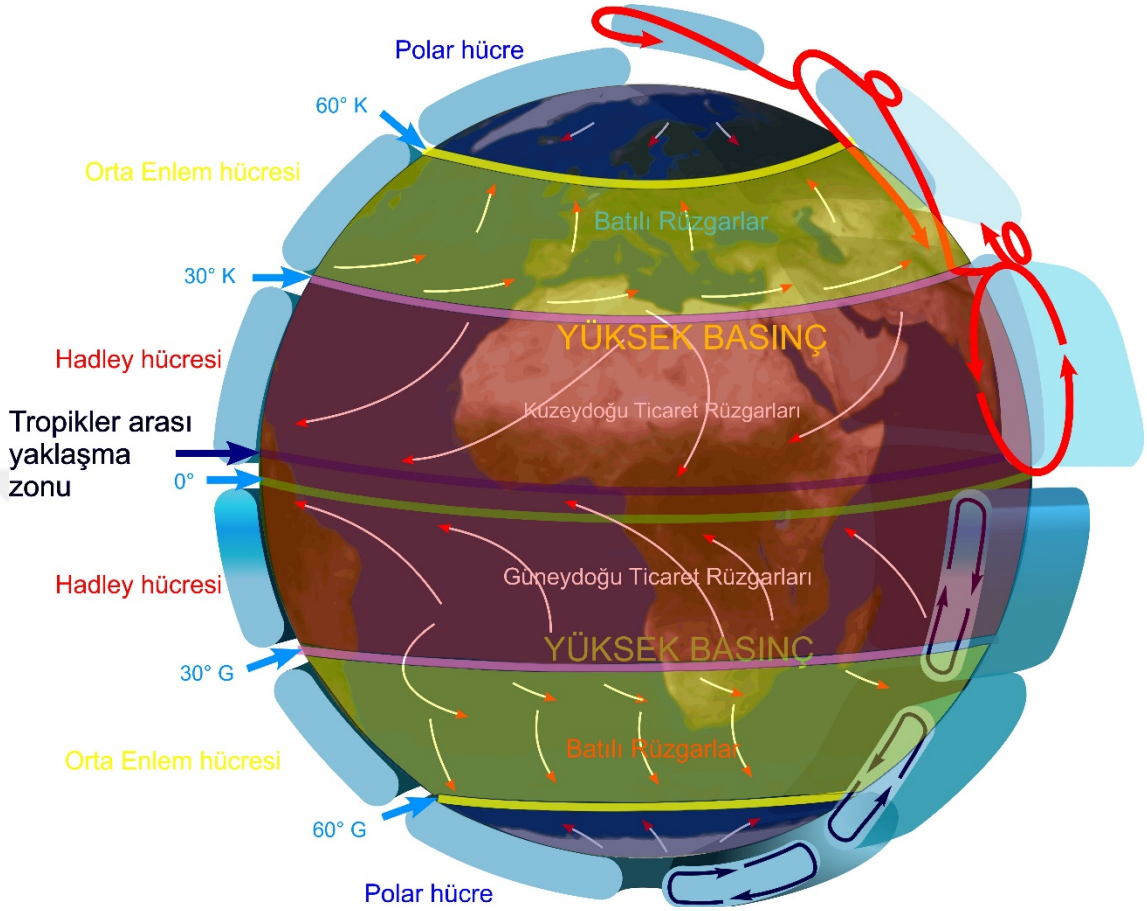
Şekil 2.7. Güneş ışınlarının dünyaya geliş açıları

2.4.3. Atmosferik dolaşım

Atmosfer ısı tutma kapasitesi düşük olma nedeni ile dış kuvvetlerdeki değişimlere çok hızlı tepki gösterir. Atmosfer Dünya'nın ısı dengesinin korunmasını sağlar ve düşey yönde farklı katmanlardan oluşan atmosferin en alt kısmında bulunan troposfer'de hava olayları meydana gelmektedir.

Hardley, Ferrel ve Polar hücre isimli basınç ve rüzgar sistemleri atmosferik döngüde oluşan havanın ekvatorunda ısınması ve kutuplarda soğuması şeklinde döngüsel sistemidir (Türkeş 2010). Isınan hava yükselir prensibi ile ekvatorunda ısınan hava kutuplara doğru ilerler ve soğuyarak alçalıp ekvatora doğru dönerek bir döngü oluşturur. Bu harekete ek olarak Dünya'nın kendi çevresinde dönmesi ve Koriolis (Coriolis) kuvveti ile farklı bileşenlere sahip olmaktadır. Etki eden bu kuvvet sonucunda Kuzey yarım kürede Hardley hücresi içerisinde hava kuzeyden güneye doğru hareket etmesi gerekirken, Koriolis kuvvetinin etkisi ile hareket kuzeydoğudan güneybatıya doğru oluşur ve ticaret rüzgarları kuşağı gelişir. Ferrel hücresinde yine Koriolis etkisi nedeniyle hava güneyden kuzeye doğru hareket etmesi gerekirken, güneybatıdan hareket eder ve bu harekete de batılı rüzgarlar denmektedir. Batılı rüzgarlar 30° ile 60° arasında gerçekleşmekte olup, kış mevsiminde Akdeniz'e, yaz mevsiminde ise Avrupa'ya nemli hava kütlelerini taşır (Şekil 2.8) (Türkeş 2010). Okyanuslar üzerinde oluşan hava kütleleri genellikle aynı karakterdedir. Yine nem ve sıcaklık bakımından benzer özellikler taşırlar. Bu durumlar da kuvvetli konveksiyonel hareketler olduğu

halde genellikle cephesel durum görülmemektedir. Bu tür olaylara tropikler arası yaklaşma zonu (ITCZ) denmiştir (Erinç 1984).

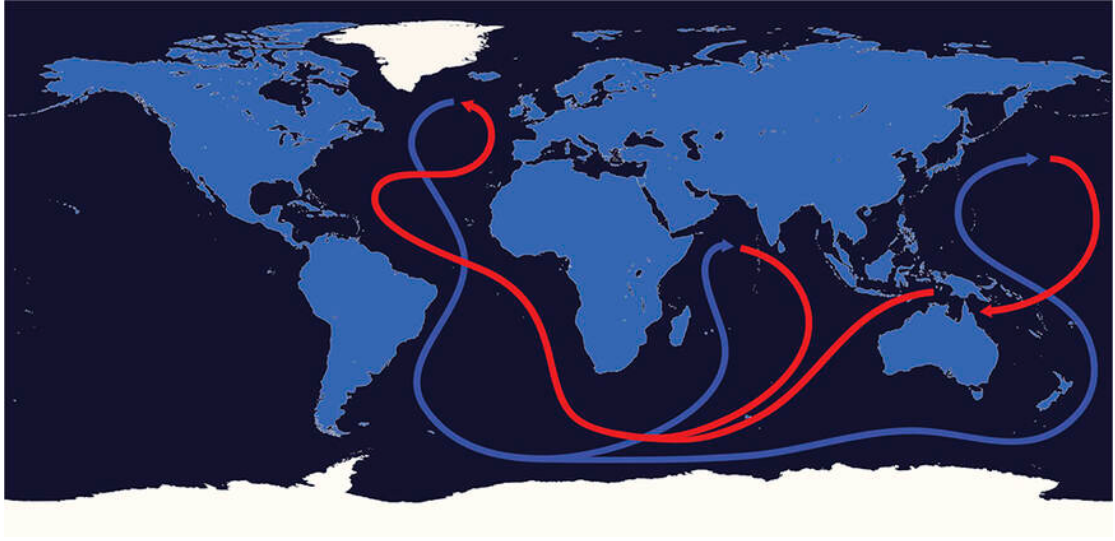


Şekil 2.8. Atmosferik dolaşım (Anonim 2)

2.4.4. Okyanusal dolaşım

Dünya'nın büyük bir çoğunluğu okyanuslar ile kaplı olması nedeniyle iklimi etkileyen önemli faktörlerden biri olmuştur. Okyanuslarda gerçekleşen akıntılar ekvator ve kutuplar arasında ısının taşınmasını sağlamaktadır. Yüzeyde gerçekleşen akıntılar nedeni ile sular ılık iken derinlere doğru sıcaklık farkı düşmekte ve bu nedenle su soğumaktadır. Okyanusta meydana gelen hareketler, sıcaklık, yoğunluk farkı, tuzluluk oranı, rüzgar ve buna bağlı dalgalanmalar, diğer gezegenlerin ve yıldızların Dünya üzerinde uyguladığı kuvvetler gibi nedenler ile okyanusal dolaşımında etkili olmaktadır (Koç 2019). Soğuk ve tuzlu sular, sıcak ve soğuk sulara göre daha yoğun olması nedeni ile soğuk sular sıcak suların altına dalmaktadır. Bu olay Körfez akıntısı (GulfStream) gibi önemli sıcak su akışlarını devam ettirir. Körfez akıntıları kuzeydoğu yönünde ilerlerken kuzeye yaklaştıkça soğur ve yüksek enlemlerde derine batarak Kuzey Atlantik Sularını oluşturmaktadır (Barry ve Hall-McKim 2014).

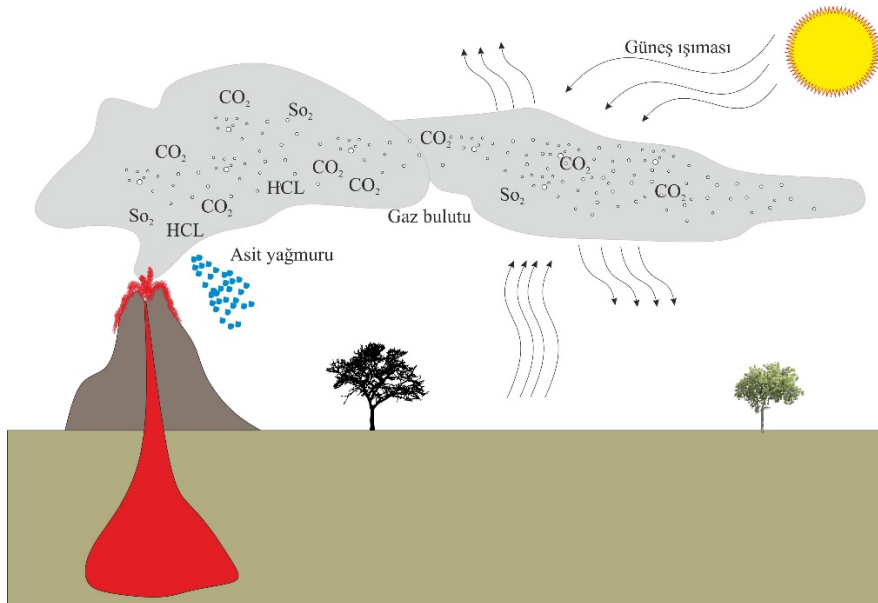
Yüzey akıntıları ve rüzgarların da etkisiyle hareket eden sular kuzeye doğru ilerlerken soğuyarak gömülür ve derinden güneye doğru hareket ederek farklı enlemler arasında sıcaklık farklarının düzenlenmesini sağlamaktadır (Şekil2.9) (Koç 2019).



Şekil 2.9. Okyanusal dolaşım (Anonim 3)

2.4.5. Volkanik aktivite

Volkanik aktiviteler sonucu oluşan partikül, gaz çıkışları ve çeşitli gazlardan oluşan bulutlar iklimi olumsuz yönde etkilemektedir. Tarihte de bu olaylar rastlamak mümkündür. Jeolojik çökel olan göl çökelleri ve dikitlerde de yapılan jeokimyasal analizler sonucu elde edilen sonuçlarda bunu göstermektedir (Badertscher vd. 2014). Volkan aktiviteleri sonucu yer kabuğunun altında biriken CO_2 ve çeşitli gazlar yer yüzüne çıkarak karbon çevirimini etkiler ve bu olay sonucunda iklimde değişiklikler görülebilir. Püskürmeler sonucu atmosferde biriken partikül ve gaz bulutları Güneş ışınlarının yer yüzüne ulaşmasını zorlaştırır ve buna bağlı olarak da mevsimsel değişiklikler gözlenebilir (Şekil 2.10). Bu tarz olaylar sonucu Dünya'nın ortalama sıcaklığı 4 yıl boyunca 0.3°C düşebileceği görülmüştür (Lutherbacher 2001).



Şekil 2.10. Volkan aktivitesi

2.4.6. Levha hareketlerinin iklim üzerinde etkisi

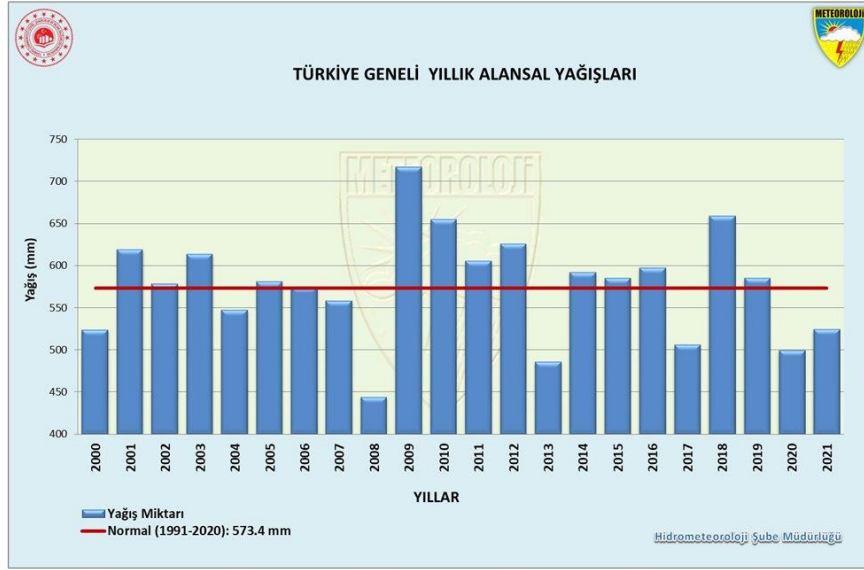
Levha konumları, yeryüzü şekilleri ve okyanus yayılımı gibi etkenler iklimi etkilemediği düşünülse de bu süreçler uzun vadede gerçekleştiği için iklim üzerinde etkisi bulunmaktadır. Levha hareketleri sonucunda gelişen kıta konumları, yeryüzü şekilleri, okyanus akıntıları ve günleme gibi süreçler uzun süreçte iklimi etkileyen faktörlerdir. 550 milyon yıllık süreçte bilinen kıtaların konumu ve değişimleri zaman içerisinde incelendiğinde kutup pozisyonu hipotezi (polar position hypothesis) Dünya üzerindeki buzullaşmayı açıklamada yardımcı olmuştur (Ruddiman 2007). Bu hipoteze göre kıtalar yüksek enlemlere çıktığında buzullaşmalar arttığı ve genişlediği görülmektedir. Bu nedenle doğrudan veya dolaylı yolda levha hareketleri iklimi etkilediği görülmektedir.

2.5. Türkiye'nin Genel İklim Koşulları

Türkiye matematiksel konumu olarak Orta Kuşak'da yer alır. Kuzey ve Güney 23.5° paralellerinde yer alan Yengeç dönencesi ve Oğlak dönencesi ile sınırlandırılmış bölgelere subtropikal kuşak da denmektedir. Türkiye'de bu bölgede yer almakta olup, iklim özellikleri Akdeniz makro iklimini temsil etmektedir (Türkeş 2010). Doğu Akdeniz bölgesi yazları musonu, kışları ise Kuzey Atlantik/Sibiryaya Yüksek Basınç sisteminin etkisinde farklı hava ve basınç olaylarının geçiş zonunu temsil etmektedir.

Türkiye geneline yağın yağmurların büyük çoğunluğu kış ve ilk bahar mevsimlerinde gerçekleşmektedir. Bu yağışların sebebi Kuzey Atlantik Okyanusu ve Doğu Akdeniz havzasında gelişen Alçak basınç fırtınalarının doğuya doğru hareketi ile gerçekleşir (Türkeş ve Erlat 2003). Türkiye geneli Kasım ayı yağışları normalin altında gerçekleşmiş olup, diğer yıllara göre düşüş görülmüştür. Kasım ayı 1991-2020 verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne göre 58.3 mm, 2021 yılı Kasım ayı yağışı 45.6 mm, 2022 yılı Kasım ayı yağışları ise 46.2 mm olarak gerçekleşmiş olup normale göre % 21 azalma görülmüştür. Türkiye genelinde Kasım ayı yağışlarına göre son 5 yılda normalin altında gerçekleşmiştir. Bu durum sadece Güney Doğu Anadolu bölgesinde gerçekleşmemiştir.

Çalışmanın yapılmış olduğu Akdeniz bölgesi ise Kasım ayı yağışı 64.9 mm, normali 77.2 mm ve 2021 yılı Kasım ayı yağışı 59.0 mm'dir. Yağışlarda normaline göre %16 azalma görülmüş olup, 2021 Kasım ayı yağışına göre ise %10 artma gerçekleşmiştir (Şekil 2.11 ve Şekil 2.12).



Şekil 2.11. Türkiye geneli yıllık alansal yağış (Anonim 4)



Şekil 2.12. Akdeniz bölgesi yıllık alansal yağış (Anonim 4)

2.6. Paleoiklim Arşivi Olarak Speleotemlerin Kullanılması

Mağaralar da ikincil çökelim sonucu oluşan sarkıt, dikit, sütun ve akma taş gibi kalsiyum karbonat yapılarının genel ismi speleotemdir (Fairchild ve Baker 2012). Çözünmeye uygun kayaların sular ile çözünüp ve tekrar birikimiyle oluşan mağaralar, bir insanın içine sığabileceği kadar olup, yer yer metrelerce yer yer ise kilometrelerce büyüklüğe sahip yapılardır (Fairchild vd. 2006; Ford ve Williams 2013).

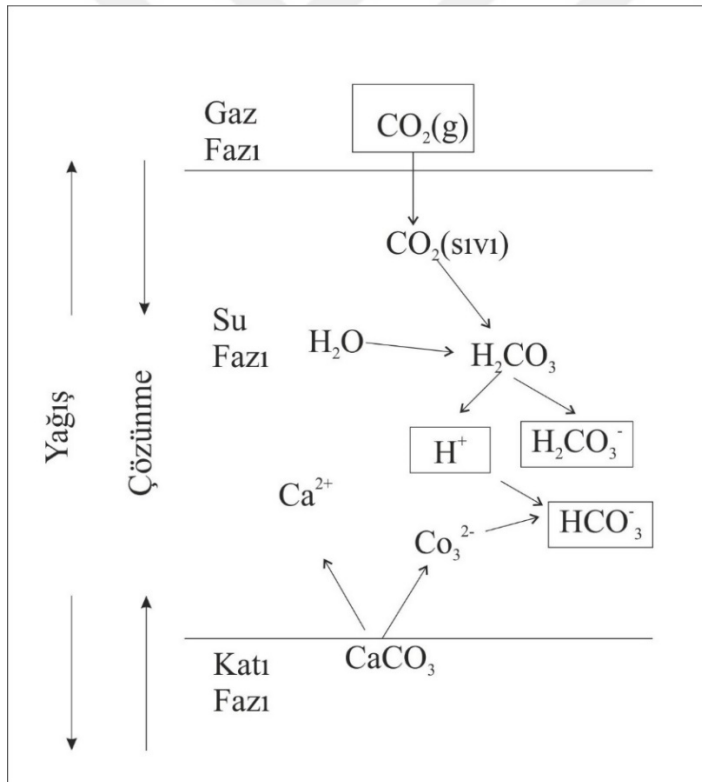
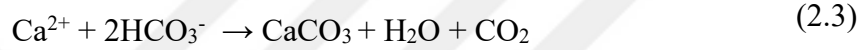
Yağış kaynaklı sular ilk olarak atmosferik karbondioksit, sonrasında ise bitki köklerindeki solunum ile organik maddenin çözünmesi sonucunda toprakta oluşan karbondioksit ve süzülme sırasında kimyasal etkilere geçmesi sonucunda karbonik asit oluşumuna yol açmaktadır (2.1).



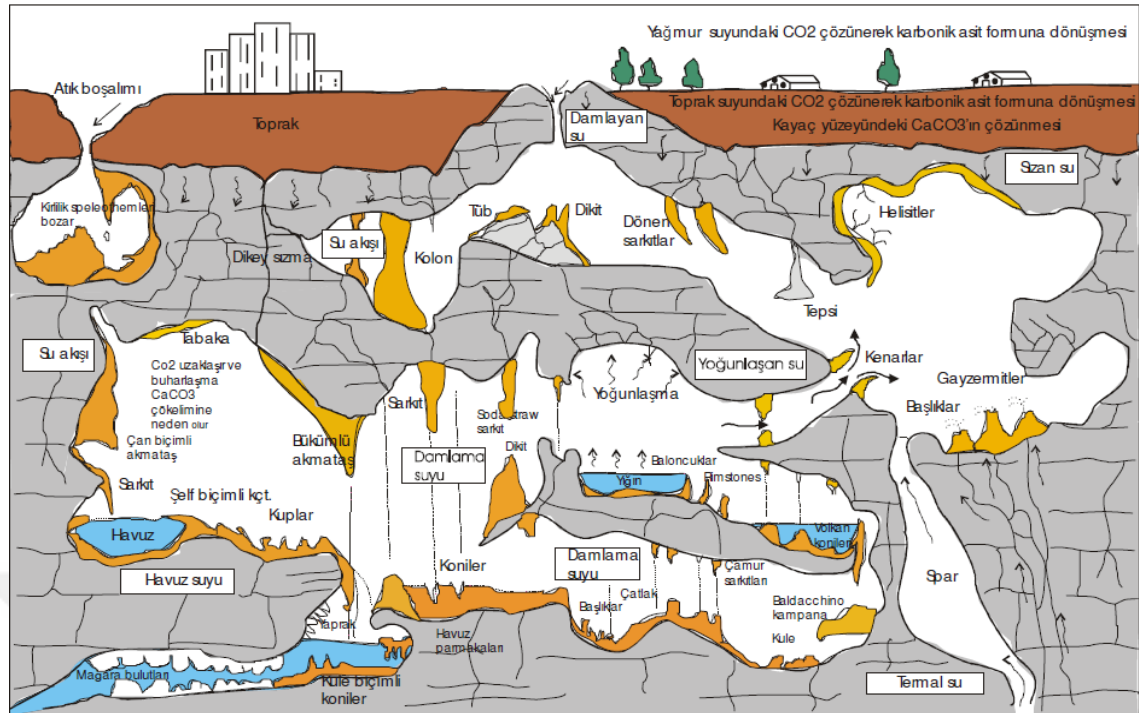
Karbonik asit süzülme ile topraktaki ve karbonatlı kayadaki çözünme sırasında Kalsiyum (Ca^{2+}) iyonlarını da bünyesine katarak bikarbonat(H_2CO_3^-) zengin çözelti oluşturur (Şekil 2.13)(2.2).



Oluşan çözelti suların kırık ve çatlaklarda, yer altı sularının da oluşturduğu boşluklardan mağaraya ulaşması sonucunda karbondioksit kısmı basıncı (pCO_2) ile mağara ortamının pCO_2 'dan daha yüksek olduğundan çözeltiden CO_2 çıkışı gerçekleşir ve bu olay ile Ca^{2+} ve HCO_3^- iyonları kalsit oluşturacak şekilde çökelir ve speleotemleri meydana getirir (Şekil 2.14)(2.3) (Fairchild ve Baker 2012).



Şekil 2.13. Karstik çözünmeyi ve oluşumu gösteren şema



Şekil 2.14. Mağara yapılarının şematik gösterimi (Hill ve Forti ; 1997)

2.7. Speleotemlerin İklim Kayıtları Olarak Araştırılması

Hendy ve Wilson (1968) tarafından yapılan çalışmalar ile paleoiklim kayıtları mağara çökelleri (speleotem) üzerinde yapılmaya başlamıştır. Speleotemler içerisinde barındırdıkları duraylı izotoplar (C ve O), iz elementler ve büyüme hızı (laminalanma, daralma ve genişleme) gibi verileri kaydederek bilgi edinmemizi sağlamaktadır (Farchild vd. 2006; Fairchild ve Baker 2012). Speleotemlerin paleoiklim arşivleri olarak kullanılmasının önemli nedenleri Uranyum serileri ile yüksek çözünürlük ve hassasiyette yaşlandırılıyor olabilmeleri, 100 bin yıla kadar aralıksız büyüebilmeleri, dışarıdaki atmosferik ve çevresel faktörleri hassas bir biçimde kayıtebiliyor olmalarıdır (McDermott 2004; Fairchild vd 2006; Fleitman vd 2008; Fairchild ve Baker 2012).

Paleoiklim çalışmalarında özellikler dikitlerin tercih edilmesinin nedeni ise geometrik olarak yapısının düzgün olması ve daha hızlı büyümesi, bununla beraber oluşum sırasında diğer yapılara göre damlayan suyun izotopik açıdan dengede çökmesi gibi faktörler dikitlerin öncelikli kullanımını ortaya koymaktadır (McDermott 2014; McDermott vd 2016; Fairchild ve Baker 2012). Ventilasyon diye adlandırılan hava dolaşımının düşük olması durumunda mağaralarda sıcaklığın yıl boyu sabit kalması ve içerideki hava sıcaklığının da mağara dışındaki sıcaklığın yıllık ortalamasına eşit olduğu görülmüştür (McDermott 2004; McDermott vd 2006). Mağaraya ulaşacak olan ve speleotemi oluşturacak olan suyun izlediği yol ve geçtiği ortam da duraylı izotop sonuçlarının incelenmesinde dikkat edilmesi gereken hususlardandır (Fairchild ve Baker 2012).

2.8. Speleotemlerin Büyüme Hızı ve Oluşum Şekilleri

Dikitlelerin şekilleri ve yapıları göz önünde bulundurularak oluşum koşulları ve oluşumu gerçekleştiren damlamaların sıklığı ve/veya azlığı dikitin gelişimi hakkında fikir verebilir. Damlama sıklığı veya azlığına bağlı gelişen genişleme ve daralmalar mevsimsel yağışlar ya da mağaraya ulaşan damlamalar hakkında yorum yapmamızı sağlayabilir (Kaufmaa 2003). Fakat aynı mağara içerisinde, aynı yaş aralığında oluşmuş çökeller birbirinden yapısal, dokusal ve kimyasal olarak da farklılıklar gösterebilmektedir (Roberts 1999). McDermott (2004)'e göre büyüme hızı değişkenlik göstermekle birlikte 0.1-1mm/yıl aralığında gerçekleşir.

Mağaradan alınan örnek üzerinde yapılan yaş ve duraylı izotop analizleri sonucunda daha net konuşmak mümkündür. Çalışma yapılacak mağarada büyüme hızını kısa süreli belirlemek de mümkündür. Bunun için damlanın gerçekleştiği lokasyonda suyun sarkıttan damlayıp düştüğü noktada karbonatın birikmesini izleyerek kısa süreli büyüme öğrenmek mümkündür.

2.9. Speleotemlerin Yaşlandırılması

Paleoiklim çalışmalarında yaşlandırma ve bu yaşlandırmanın hassasiyeti önemli bir kriterdir. Radyokarbon (^{14}C) yaşlandırma yöntemi her ne kadar önemli ve çok bilinen bir yöntem olsa da speleotemler de bu yöntem çok fazla tercih edilmemektedir. Çünkü speleotemlerin yapısında anakayadan gelen ölü ^{14}C oranını saptamak zordur (Genty vd. 2001; McDermott vd. 2006). Daha yüksek yaş verilerine ve hassasiyetine sahip olması açısından speleotemleri yaşlandırmada Uranyum serileri daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th}$ bozunma serisi şeklinde gerçekleşen Uranyum serileri, 500 bin yıl kadar geriye ve düşük hata payı ile yaşlandırma yapmayı sağlamaktadır (Edwards vd.1987). Suda kolayca çözülebilen ve damlama yoluyla speleotemin yapısına katılan Uranyum (White 2004) ve suda çözünemeyen Toryum, ^{232}Th formunda detritik olarak speleotemin yapısında bulunmaktadır. Uranyumun yarılanması ile elde edilen ^{230}Th 'un çökelişinin içerisinde bulunan ^{230}Th olarak kabul edilmesi ile yarılanma süresi hesaplanarak yaşlandırılmaktadır (Clark ve Fritz 1997; Dorale vd. 2004; White 2004). Bu yaşlandırma yönteminin yapılabilmesi için speleotemin bünyesinde Uranyum içeriğinin bulunması gerekmektedir. Yaşlandırma yapılırken ^{232}Th içeriğini fazla olması, yaşlandırma hata payını yükselttiği görülmüştür ve bu nedenle de sorunun giderilmesi için ilksel $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ oranının hesaplamaları yapılmaktadır (Richards ve Dorale 2003).

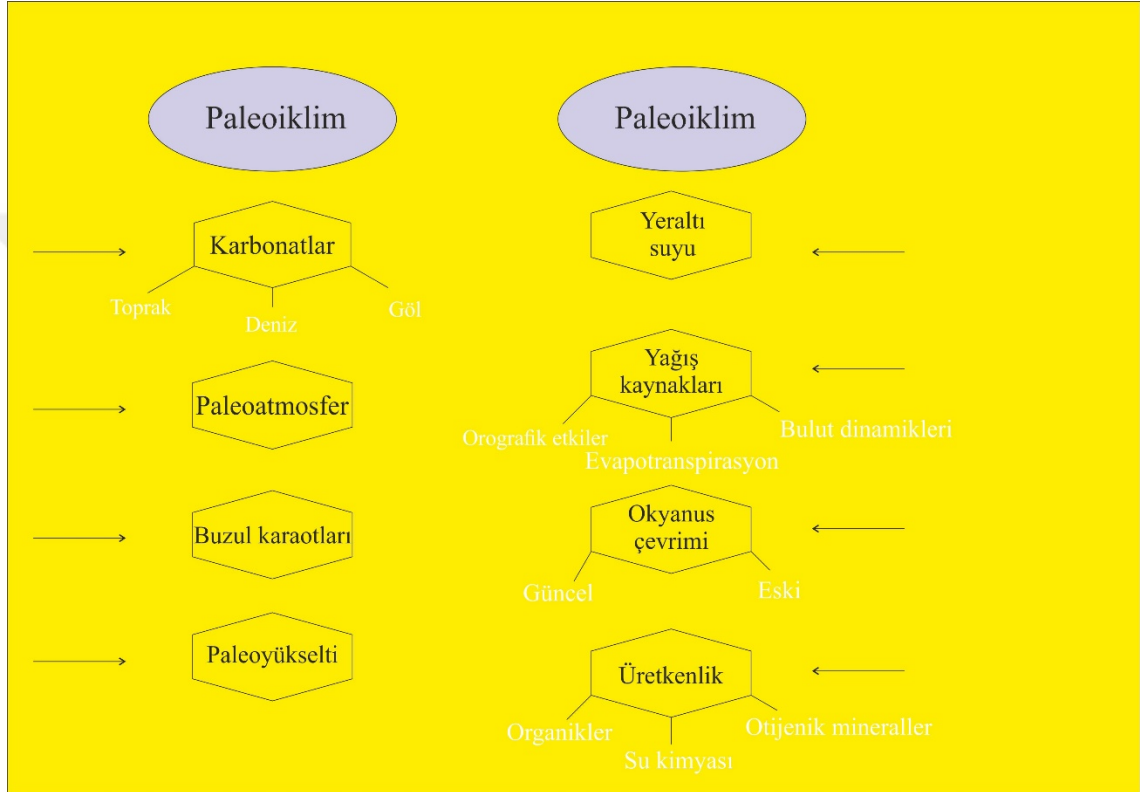
Hai Cheng ve R.Lawrence tarafından, diğer yöntemlere nazaran Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (TIMS) ile yapılan Uranyum yaşlandırmalarında hassasiyet % 2-10 'dan %0.1-0.4 'e yükseltilmiştir ve kullanılan örnek miktarı 10-100 gramdan 10-500 miligrama düşürülmüştür.

2.10. Duraylı İzotop

Bir elementi atom numarası aynı iken kütle numarası farklı olması duruma o atomun izotopu denmektedir. Atomlar, çekirdekte proton ve nötron, çekirdek çevresinde

belirli bir yörüngede dönen elektron taneciklerinden oluşmaktadır. Kütleli olarak proton ve nötronlar birbirine yakın olup, protonlar artı yükü temsil edilirken nötronlar yüksüz ya da nötr olarak nitelendirilir.

Duraylı izotoplar kararlı yapıya sahip olmaları nedeniyle bozulmaya uğramazlar ve farklı amaçlar ile jeolojik çalışmalarda kullanılmaktadırlar (Şekil 2.15). Kütle numaralarına göre büyük olan ağır izotop, küçük olan hafif izotop olarak adlandırılmaktadır. Çizelge 2.1’de Jeolojik çalışmalarda kullanılan başlıca duraylı izotopların doğada bulunma oranları gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Duraylı izotopların jeolojik çalışma alanlarında kullanımı (Sharp 2017’den düzeltilerek alınmıştır)

Çizelge 2.1. Jeolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan başlıca izotoplar (Sharp 2017’den düzeltilerek alınmıştır)

Element (Sembol)	Duraylı İzotoplar	δ Notasyonu	Kullanılan Duraylı İzotoplarının Bulunma Oranı	Standart	Yaygın Kullanımı
Hidrojen (H)	^1H , D	δD	^1H : %99.985 D: %0.015	VSMOW	Hidroloji, Paleoklim Çalışmaları
Lityum (Li)	^6Li , ^7Li	$\delta^7\text{Li}$	^6Li : %7,5 ^7Li : %92,5	NIST SRM 8545 (L- SVEC)	Manto süreçleri
Bor (B)	^{10}B , ^{11}B	$\delta^{11}\text{B}$	^{10}B : %19,9 ^{11}B : %80,1	NBS 951	Manto süreçleri
Karbon (C)	^{12}C , ^{13}C	$\delta^{13}\text{C}$	^{12}C : %98,93 ^{13}C : %1.07	PDB	Biyolojik süreçler, Paleovejetasyon, C kaynakları
Azot (N)	^{14}N , ^{15}N	$\delta^{15}\text{N}$	^{14}N : %99.632 ^{15}N : %0.368	Atmosfer N ₂	Ekoloji, Azot kaynağı
Oksijen (O)	^{16}O , ^{17}O , ^{18}O	$\delta^{18}\text{O}$	^{16}O : %99.757 ^{18}O : %0.205	VSMOWPD B	Paleotermometre , Hidroloji, İklim, Oşinografi
Silisyum (Si)	^{28}Si , ^{29}Si , ^{30}Si	$\delta^{30}\text{Si}$	^{28}Si : %92,22 ^{30}Si : %3.09	NBS-28	Si girdisi, Biyoyayınlanma, Paleotermometre
Kükürt (S)	^{32}S , ^{33}S , ^{34}S , ^{36}S	$\delta^{34}\text{S}$	^{32}S : %94,93 ^{34}S : %4.29	CDT	Sülfat indirgenme ve Pirit oluşumu
Klor (Cl)	^{35}Cl , ^{37}Cl	$\delta^{37}\text{Cl}$	^{35}Cl : %75,78 ^{37}Cl : %24.22	SMOC	Tuzlu sular ve tuz çökelimi

McKinney (1950) tarafından duraylı izotop hesaplamalarında “ δ ” delta işareti kullanılmıştır. Oksijen ve karbon atomlarının hesaplamaları aşağıda belirtilen formüller ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.2). Duraylı izotop çalışmaları temelde ağır ve hafif izotop atomların kimyasal reaksiyonlardaki tepkime farklarının hesaplanması ile çalışılmaktadır. Hesaplamalar sonucu elde edilen oranlar kesin değerler olmamasından dolayı belirli bir referans değeri ile bulunan oranın farkı hesaplanmaktadır. Hesaplanmış olan $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ oranı veya $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranının referans değerinden düşük olması durumunda yapılan örneklemenin içerisinde bulunan elementin ağır izotoplarca az olduğunu gösterir ve negatif değer alırken, tam tersi durumda yani ağır element fazla olması durumunda değer pozitif çıkmaktadır (Shark

2017). Çıkan oran permil (‰) cinsinden ifade edilmektedir. Birleşmiş Milletler Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA), Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST), Viyana Standart Ortalama Okyanus Suyu (VSNOW) ve Viyana Pee Dee Belemnit (VPDB) standartları başlıca kullanılan referanslardır. Sularda ^{18}O ve ^2H VNOW referansı kabul edilirken, karbonatlarda ^{13}C için VPDB referansı kabul edilmektedir.

2.11. İzotop Ayırışma

Harold Urey (1946) tarafından duraylı izotop çalışmalarında elde edilen sonuçların doğruluğunun anlaşılması için ve yorumlanabilmesi için izotop ayırışması terimi ileri sürülmüştür (Clark ve Fritz 1997). Urey çalışmalarında ayırışma sonucu tepkimelerin bir tarafında bir izotopun daha fazla biriktiğini ileri sürmüştür. Ayırışma faktörü “ α ” harfi ile gösterilmektedir (2.4).

$$\alpha = \frac{R_{\text{girenler}}}{R_{\text{ürünler}}} = \frac{(180/160)_{\text{girenler}}}{(180/160)_{\text{ürünler}}} \quad (2.4)$$

Kısaca izotopik ayırışma bir reaksiyon sonucu ürünün içerisindeki ağır ve hafif atomların oransal hesaplanmasıdır. İzotopik ayırışma olarak da belirtilen bu süreç duraylı izotop verilerini hesaplanmasında kullanılan başlıca parametrelerdendir.

2.12. Türkiye’de ve Dünya’da Yapılmış Olan Başlıca Paleoiklim Çalışmaları

Antalya ili Döşemealtı ilçesi sınırları içerisinde bulunan Kocain Mağarası’ndan alınan dikit örneğinde Holosen devrine ait verilerde MÖ. 1150 ve MÖ. 800’lü yılları arası kurak döneme işaret ederken, MS. 330 ve MS.460 yılları ise nispeten daha yağışlı bir dönemin yaşandığını göstermektedir. MS. 460 ve MS. 830 yılları arası ise hızlı bir geçiş ile tekrar kurak bir dönem yaşadığını göstermektedir (Jacobson vd. 2021).

Verheyden vd (2008) ve Cheng vd (2015) tarafından yapılan çalışmada Lübnan’da bulunan Jeita Mağarası verilerine göre Jeita Mağarası’nın bölgesel iklimi ile Antalya iklim koşulları benzerlik göstermektedir. Jeita Mağarası iklim kayıtlarına göre Holosen devri süresince GÖ. 5300 – GÖ. 4200 ile GÖ. 2800 – GÖ.1400 yılları arasında şiddetli kurak dönemler görülmüştür.

Koç vd (2019) tarafından Antalya ili Döşemealtı ilçesinde bulunan Tabak mağarası verilerine göre, GÖ. 3200 yılında Bronz çağıının sonuna denk gelen zamanda 300 yıllık bir süreyle kurak dönem yaşandığı görülmüştür. GÖ. 2800 – GÖ. 2700 yılları arası ise daha yağışlı bir dönemi temsil etmektedir.

Psomiadis vd (2018) tarafından Yunanistan’da bulunan Skala Mağarası verilerine göre GÖ 4900 – 4000 yılları arası ılıman iklim koşulları ve artan yağışlar, GÖ 3900 – 3700 yılları arası kurak iklim koşulları, GÖ 3600 – GÖ. 3400 yılları arası kısa süreli kurak koşullar ve son olarak GÖ. 1900 – GÖ. 1500 yılları arası ise yağışlı koşulların oluştuğunu göstermiştir. Ayrıca bu çalışma ile GÖ 4000 – GÖ. 3400 yılları arası gelişen iklim koşullarının Bronz Çağı sonundaki medeniyetlerin yıkılışının bir nedeni olduğu düşüncesini öne sürmüştür.

Fleitmann vd (2009) tarafında Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Sofular ve Ovacık mağaralarından alınan örnekler ile Grönland Insterstodial (Donskaar – Oeschger events) 1 ve 3-12 zamanlamasının çevre üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılmış bir çalışma olup, Çin'de bulunan Hulu Mağarası verileri (Wang vd 2001) ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucu G1 ve 3-12 zamanları için çok daha güvenilir kayıtlar olmuştur. Sofular Mağarası örneği verilerine göre son buzul dönem içerisinde oluşan iklimsel değişikliklerin diğer çalışmalara göre 1500 yıllık periyotta olmadığını göstermiştir.

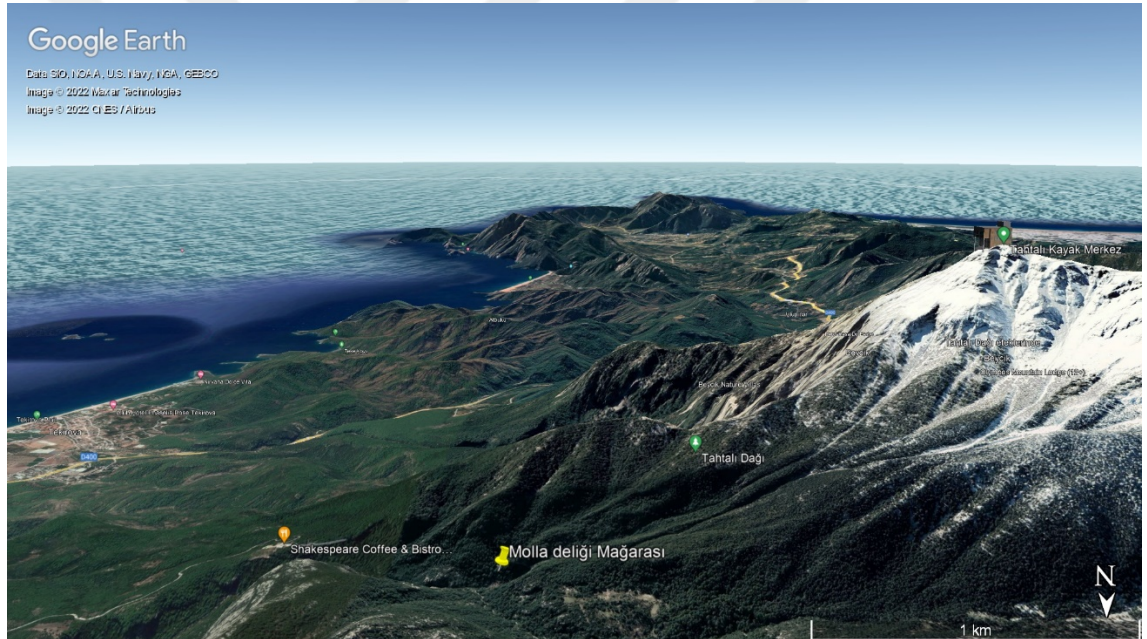
Ünal-İmer vd (2015) tarafından Antalya'nın Alanya ilçesinde yer alan Dim Mağarası verilerine göre güneybatı Türkiye kıyıları nem kaynağının batılı rüzgarların mevsimselliği ile ilgili olduğunu vurgulamıştır.

Mayewski vd (2004), Dünya genelinde yapmış olduğu 50'ye yakın paleoiklim verileri sonucunda GÖ 9000 – GÖ.8000, GÖ. 6000 – GÖ. 5000, GÖ. 4200 – GÖ. 3800, GÖ. 3500 – GÖ. 2500, GÖ. 1200 – GÖ. 1000 ve GÖ. 600 – GÖ. 150 yılları arasında yaşanmış toplam 6 adet hızlı iklim değişimleri tespit etmiştir. Yapmış olduğu çalışmalar sonucu Holosen'e ait meydana gelmiş iklim değişimlerinin temel nedeninin Dünya'nın yörüngesel değişimleri ve solar değişimler olduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Arazi Çalışması ve Dikitin Hazırlanması

Tez çalışmasının yapılması amacıyla Molla Deliği Mağarasına giriş yapılmıştır (Şekil 3.1). Mağara içerisindeki sarkıt ve dikit oluşumları, su giriş ve çıkışları, hava dolaşım durumu, sıcaklık ve nem gibi kriterler incelenmiştir. Molla Deliği Mağarası su giriş-çıkışı ve hava dolaşımı bakımından yoğun olması nedeniyle alınacak örneğin mağarada derinliklerine giderek hava dolaşımı ve kirletici maddelerden olabildiğince az etkilenmesine dikkat edilmiştir. Mağaradan alınacak örneğin büyüme şekli olarak kolon tipi büyüme şeklinde olması alınacak dikit örneği için önemli bir kriterdir. Alınacak diki örneği olabildiğince oluşumun yüzeye en yakın kısmından alınması gerekmektedir. Fakat kırılmış ve yeri belli olan dikit örneği var ise öncelik olarak daha önce doğal yollarla kırılmış örneği almak mağaraya daha az tahribat verme açısından önemlidir. Mağarada uygun kırık dikit veya sarkıt örneği bulunmaması durumunda numune örneği kırılarak alınmaktadır (Şekil 3.2). Mağaradan alınan örnek Mol-2 olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.1 Molla Deliği Mağarası Google Earth Uydu Görüntüsü



Şekil 3.2. Molla Deliği Mağarası dikit örneği

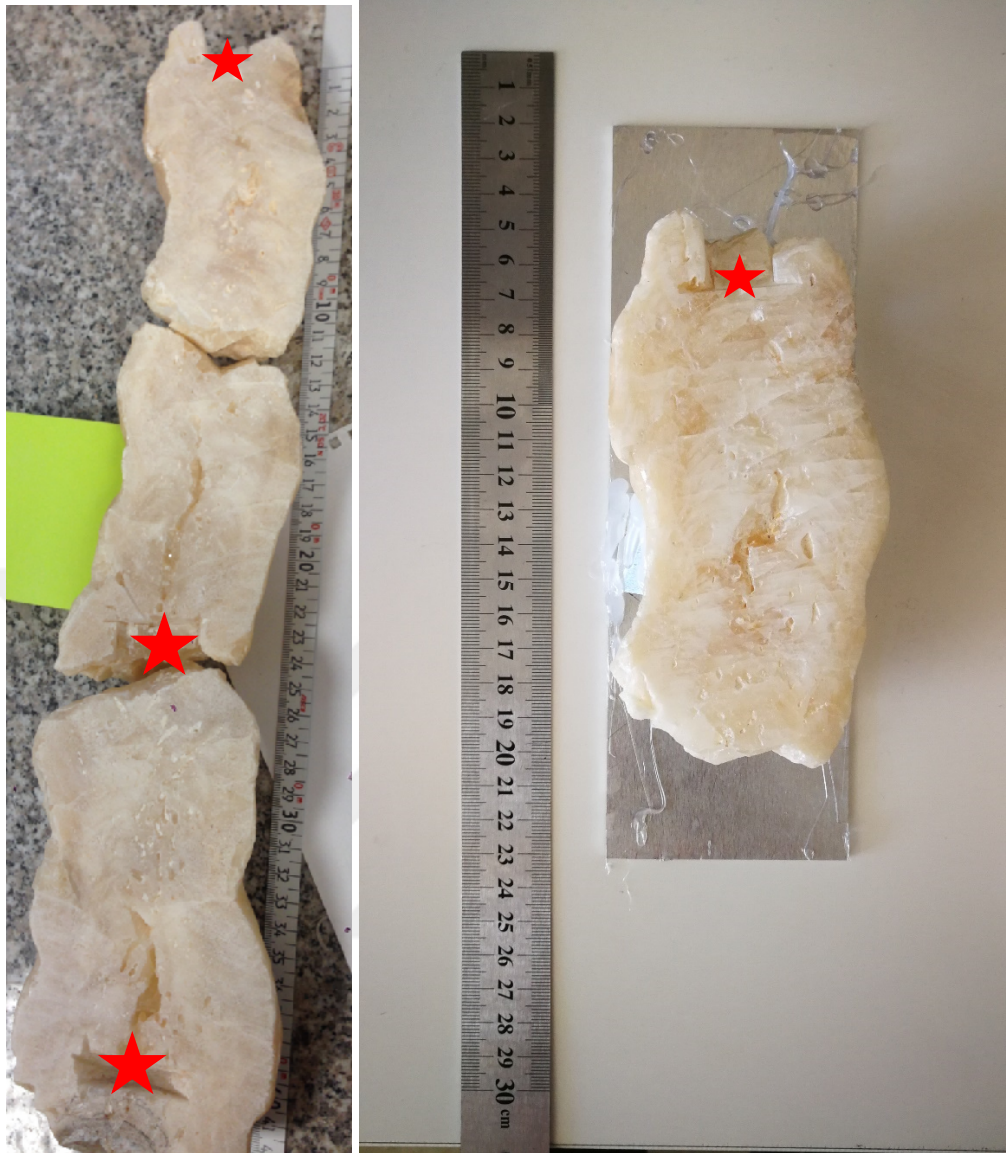
Molla Deliği Mağarası'ndan çıkartılan dikit Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda büyüme eksenine paralel olacak şekilde ortadan ayrılmıştır. Ayrılan dikit parçaları avuç içi taşlama makinesi ile parlatılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Mol-2 örneğinin ikiye ayrılması ve parlatılması

3.2. Yaşlandırma Analizleri

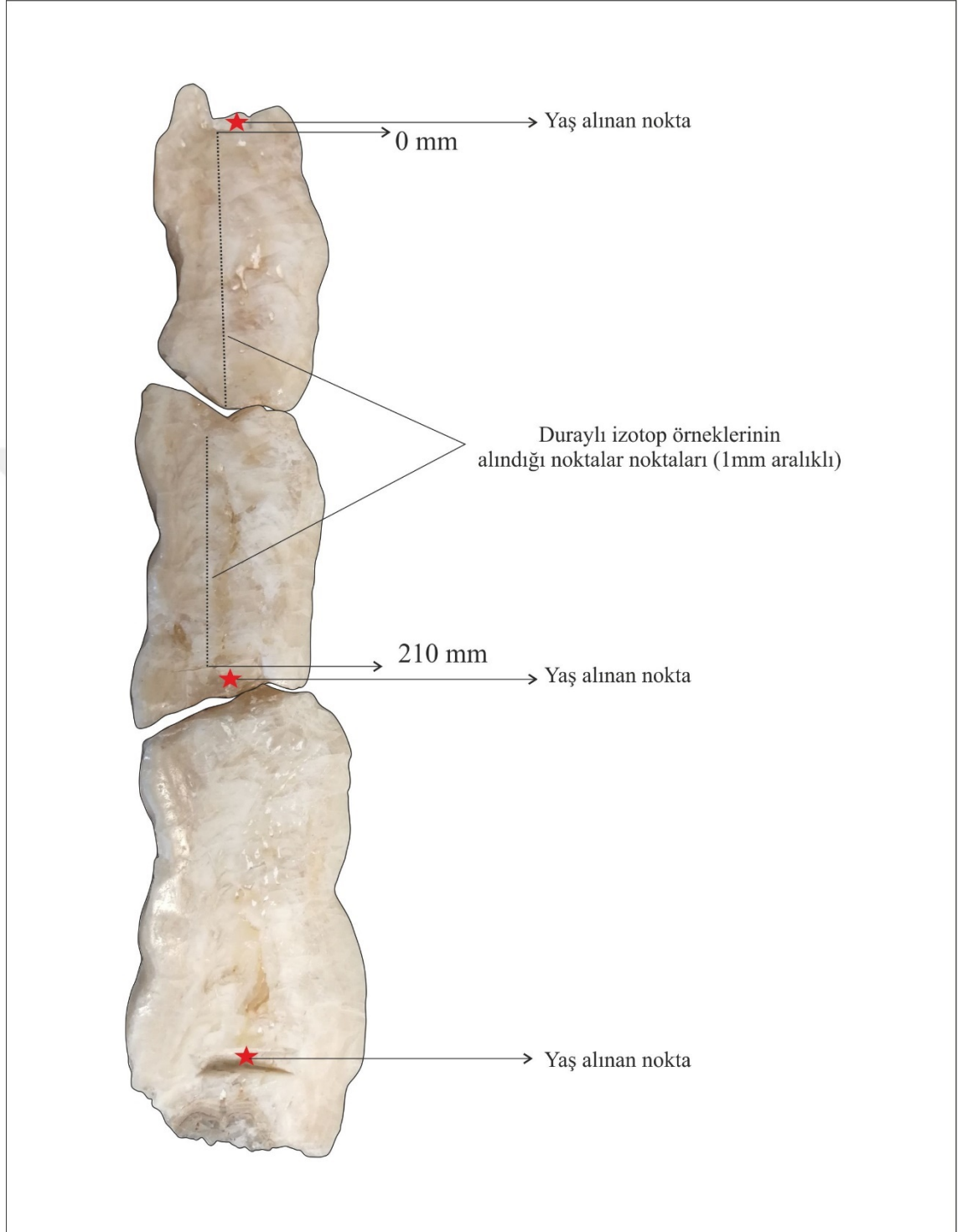
Mol-2 dikitinin yaşlandırmak için ^{230}Th yöntemi kullanılmıştır. Bunun için dikit üzerinde üç noktadan (Şekil 3.4) diş hekimleri tarafından kullanılan el matkabı kullanılarak 300-400 mg aralığında örnekler alınmıştır. Yaşlandırma için örnek noktaları tespit edilirken, alınan örneklerin dikitin çökelim yaşını verecek şekilde seçilmesine dikkat edilmiştir. Yaşlandırma analizlerinde detritik olarak dikitin bünyesine katılan ^{232}Th içeriğinin az olmasını sağlamak adına özellikle en temiz görünen noktalar tercih edilmiştir. Mol-2 dikitinin büyüme eksenini boyunca gözlemlenen yeniden kristallenme seviyelerinden sonuçların etkilenmemesi için özellikle bu oluşumların gelişmediği kısımlar seçilmiştir. Alınan örnekler Ghaleb Bassam tarafından Kanada GeoTop laboratuvarlarında Thermo-Scientific Neptun Multi Collector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (MC-ICP-MS) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Mol-2 diki örneğinde yaş verileri için belirlenen noktalar

3.3. Duraylı İzotop Analizleri

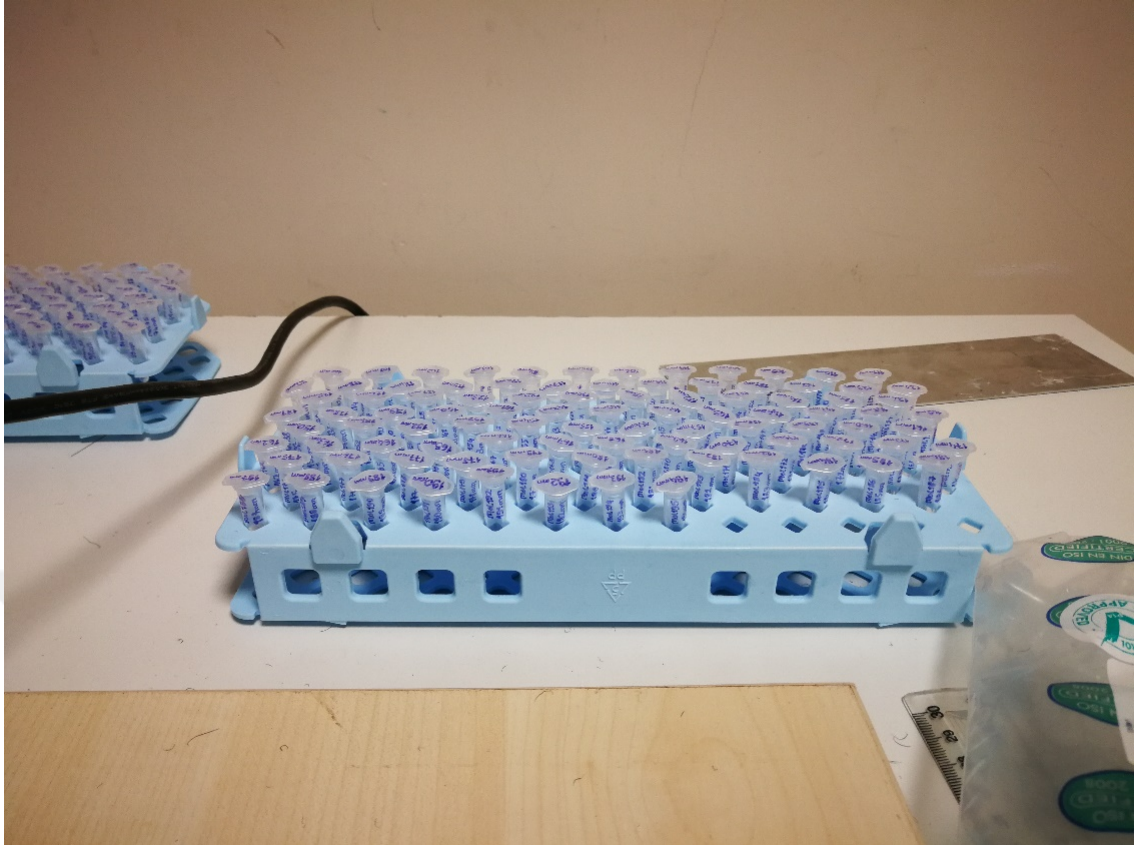
$\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ analizleri için Mol-2 dikiti 1 mm aralıklar ile örneklenmiştir (Şekil 3.5). Örnekleme için öncelikle Mol-2 dikiti alüminyum plakalar üzerine tamamen yatay olacak şekilde sabitlenmiştir. Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesindeki paleoklim örnek hazırlama laboratuvarında, Sherline 5410 model freze kullanılmıştır (Şekil 3.6). Üç eksen yönünde (x, y, z) hareket edebilme özelliğine sahip olan freze ile Mol-2 dikiti üzerinde x yönünde 1 mm aralıklarla, y yönünde 1.4 mm ve z yönünde 1.3 mm ilerlenerek toplamda 210 adet alt örnek ependorf tüplerine alınmıştır (Şekil 3.7). Mol-2 diki'nin toplam uzunluğu 420 mm olmasına rağmen tez çalışması kapsamında 210 mm bölümü duraylı izotop analizleri için örneklenmiştir.



Şekil 3.5. Mol-2 örneği duraylı izotop çalışması belirlenen noktalar

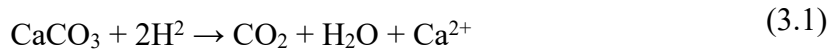


Şekil 3.6. Üç eksenli Sherline freze makinesi



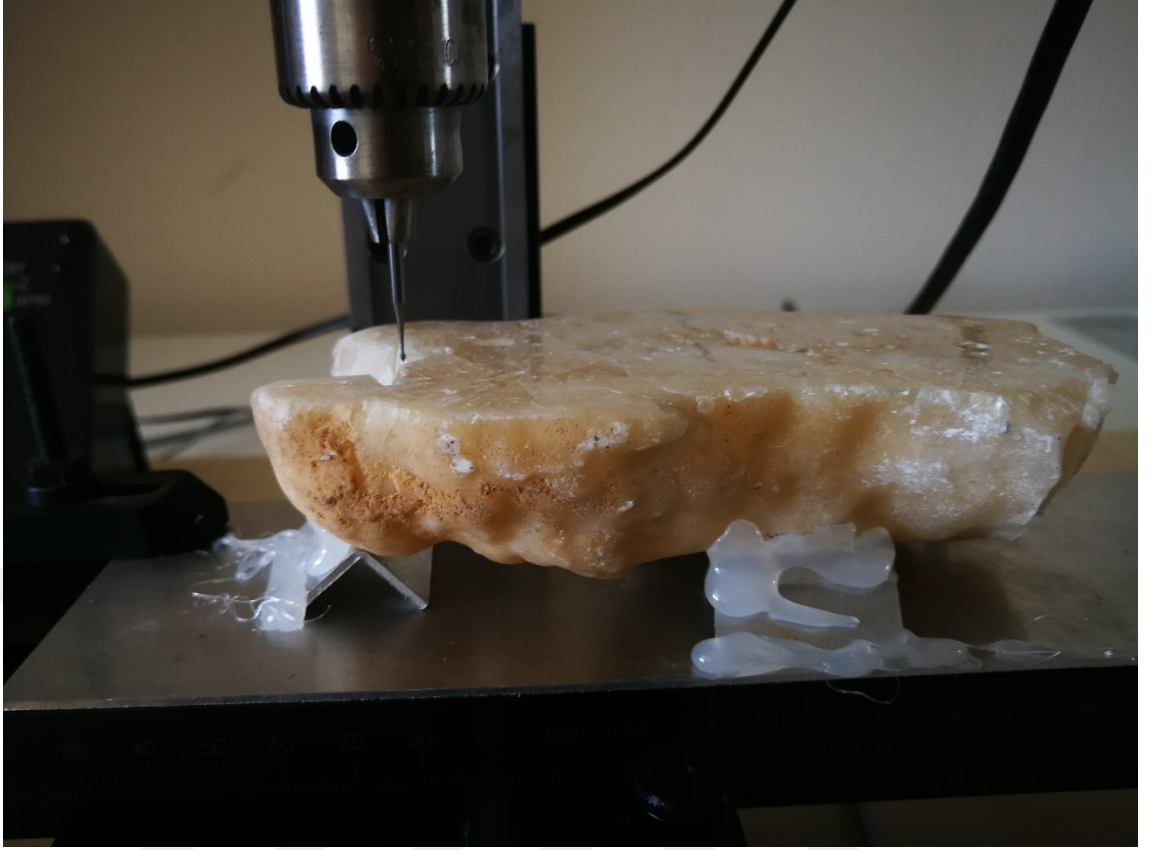
Şekil 3.7. Mol-2 örneğinden alınmış olan toz numuneleri

Mol-2 diktinin en üst yani en genç parçasının uzunluğu 111 mm olup toplamda 1 mm aralıklarla 112 örnek alınmıştır. Diğer parça ise 109 mm olup iki parça toplamında 211 toz örneği alınmıştır. Duraylı izotop analizleri Basel Üniversitesi Laboratuvarlarında Finnigen Delta V Advantage Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS) standartı ile $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerini ‰ VPDB cinsinden analizi yapılmıştır. Ölçümleri hata payı $\delta^{18}\text{O}$ için ± 0.51 ve $\delta^{13}\text{C}$ içinse ± 0.62 olarak hesaplanmıştır. Ölçümlerin yapılabilmesi için toz örnekleri gaz ve sıvı halde dönüştürülmelidir. Toz örnekleri 25°C 'de %100'lük ortofosforik asit ile çözündürülerek oluşan CO_2 gazı üzerinden ölçülmektedir (3.1) (Urey vd 1951).



Bu yöntem ile ayrılan CO_2 'e ait $\delta^{13}\text{C}$ değeri kalsitinkine eşittir. Fakat $\delta^{18}\text{O}$ için bu durum geçerli değildir. $\delta^{18}\text{O}$ için ayırılma sabitinin belirli bir sıcaklıkta olması sağlanmalıdır (Clark ve Fritz 1997).

Tez örnekleri alınırken büyüme eksenini referans olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.8). Fakat tam büyüme eksenini üzerinden alınmamalıdır. Büyüme ekseninde gerçekleşen kristallenme verileri yanıtılabilmektedir.

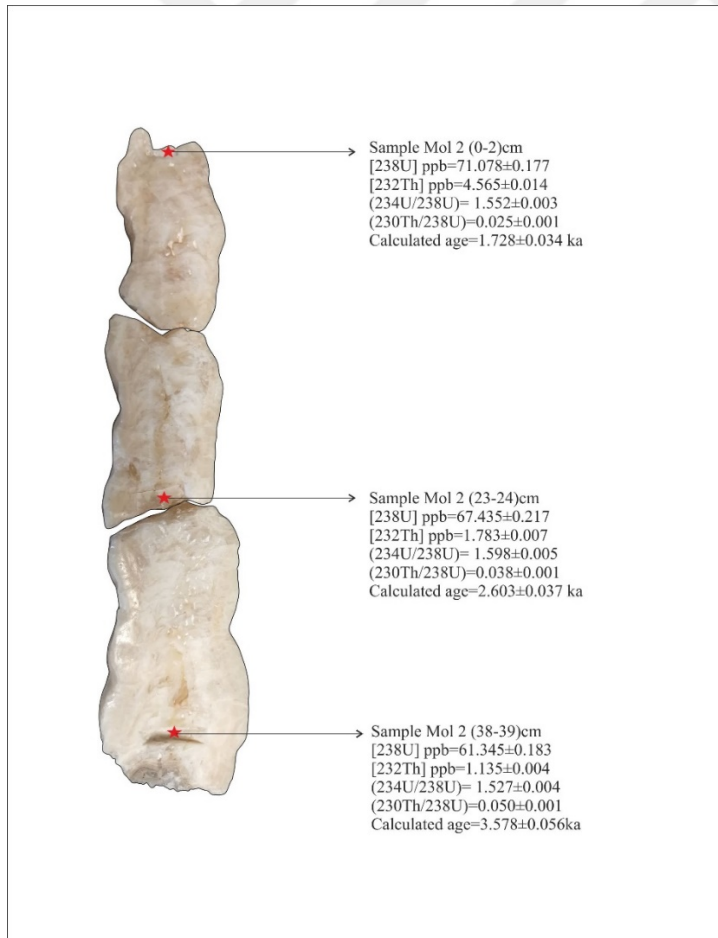


Şekil 3.8. Sherline freze makinesinde büyüme eksenine paralel alınan toz örnekleri

4. BULGULAR

4.1. Yaşlandırma Sonuçları

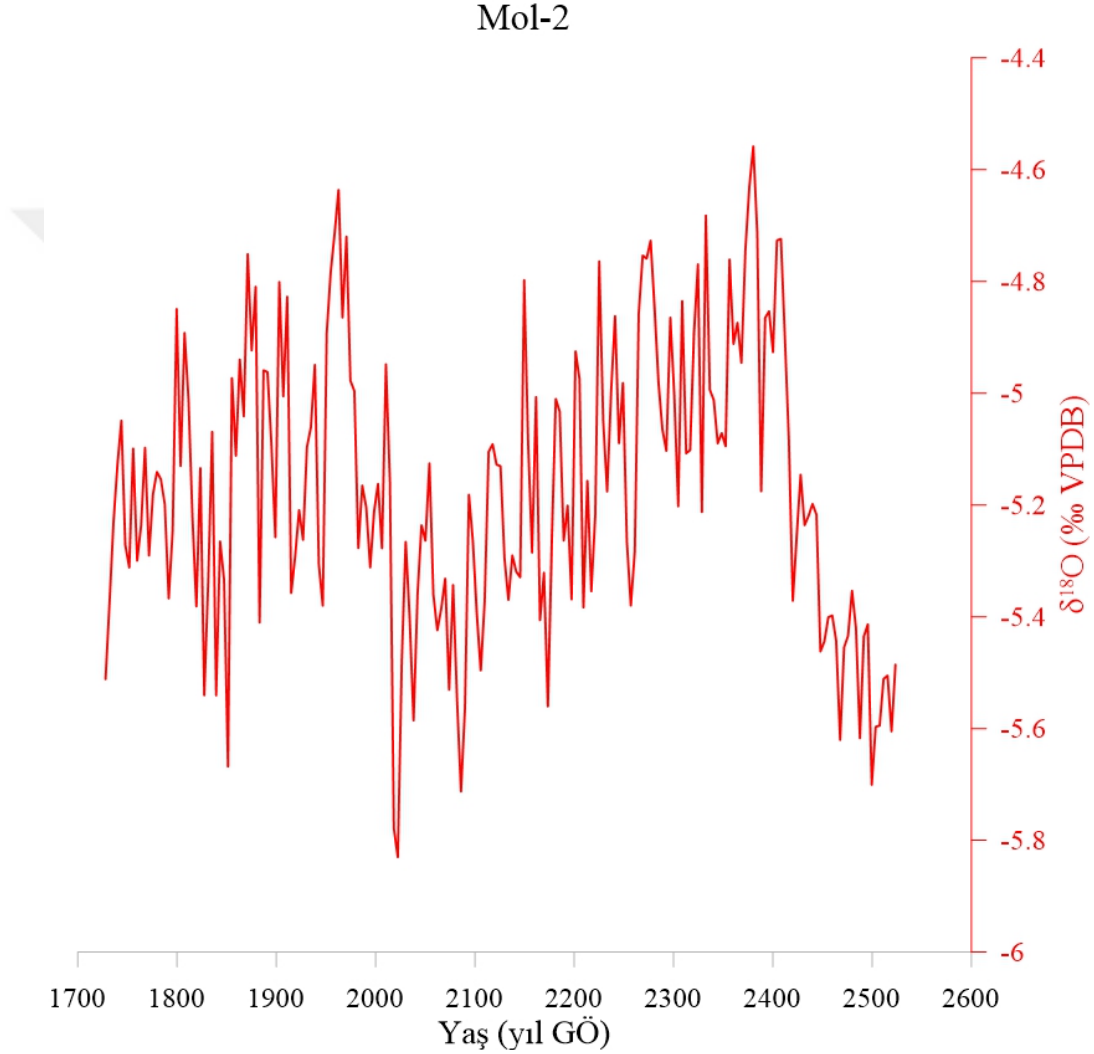
Mol-2 dikitine ait yaşlandırma analiz sonuçlarına göre 0-2 cm aralığında elde edilen yaş GÖ 1.728 ± 0.034 yıl, 23-24cm aralığından elde edilen yaş GÖ 2.603 ± 0.037 yılı ve 38-39cm aralığından alınan yaş verisi ise GÖ 3.578 ± 0.056 yıl tarihleri elde edilmiştir. ^{232}Th içerikleri ise 0.2cm aralığında 4.565 ± 0.014 ppt, 23-24 aralığında 1.782 ± 0.007 ppt, 38-39cm aralığında 1.135 ± 0.004 ppt olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu yaşlar neticesinde ^{232}Th içeriği ile $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ içeriği karşılaştırıldığında, düşük ^{232}Th içeriği ve yüksek $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ içeriğine sahip olduğu aralıklarda hata payının düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen analiz sonuçları dikit üzerine yerleştirildiğinde yaşların stratigrafik olarak sıralı şekilde gençten yaşlıya doğru olduğu görülmektedir (Şekil4.1). Mol-2 dikitinde derinlik yaş modelinin oluşturulması için lineer büyüme modeli tercih edilmiştir. Bunun için yaşlandırma noktaları arasındaki mesafeler ölçülerek büyüme hızları hesaplanmıştır. Böylece duraylı izotop için yapılan örnekleme aralığı temel alınarak alınan örneklerin çözünürlüğü 4.1 yıla karşılık geldiği hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında alınan noktalarda belirlenen yaşlarda çalışma GÖ 1.728 ± 0.034 yıl ve GÖ 2.603 ± 0.037 yılları arasını kapsamaktadır. Bu yıllar arası yapılmış olan duraylı izotop analizleri aşağıdaki başlıkta verilmiştir.



Şekil 4.1. Mol-2 örneği yaş analizi sonuçları

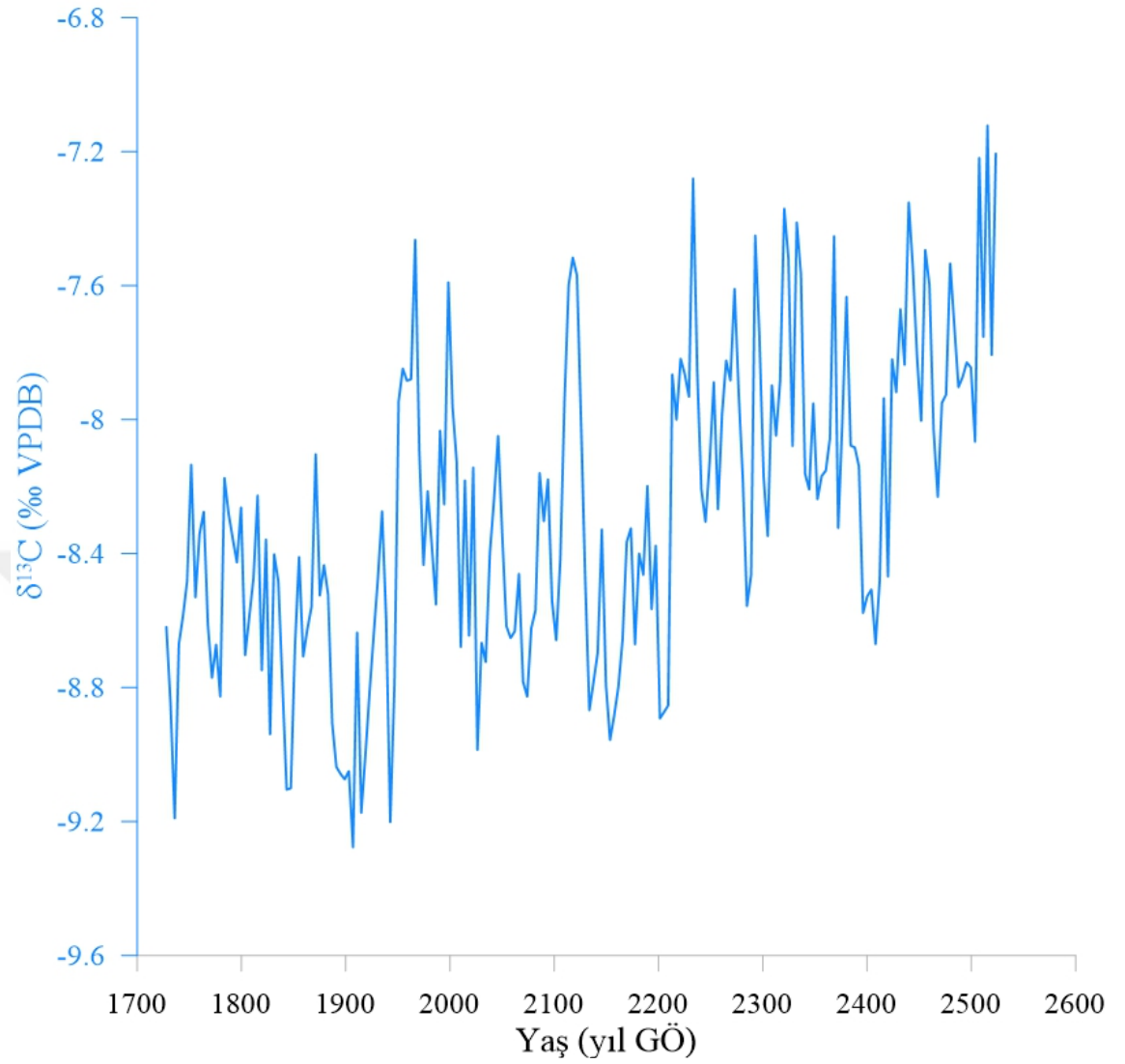
4.2. Duraylı İzotop Sonuçları

Mol-2 dikitinde 210mm uzunluğuna sahip aralıkta toplamda 211 adet duraylı izotop ölçümü yapılmış olup, sonuçlar permil (‰) VPDB şeklinde verilmiştir. Sonuçlara göre Mol-2 dikitinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri -4.56‰ ile -5.83‰ arasında değişmekte olup, değerlerin ortalaması -5.17‰ ve standart sapması ± 0.2517 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler 100 yıllık aralıklar düzeninde grafik şeklinde Şekil 4.3'deki gibi hazırlanmıştır. Alınan örneklerin çözünürlüğü 4.1 yıl olup, yüksek çözünürlükte veriler oluşturulmuştur.



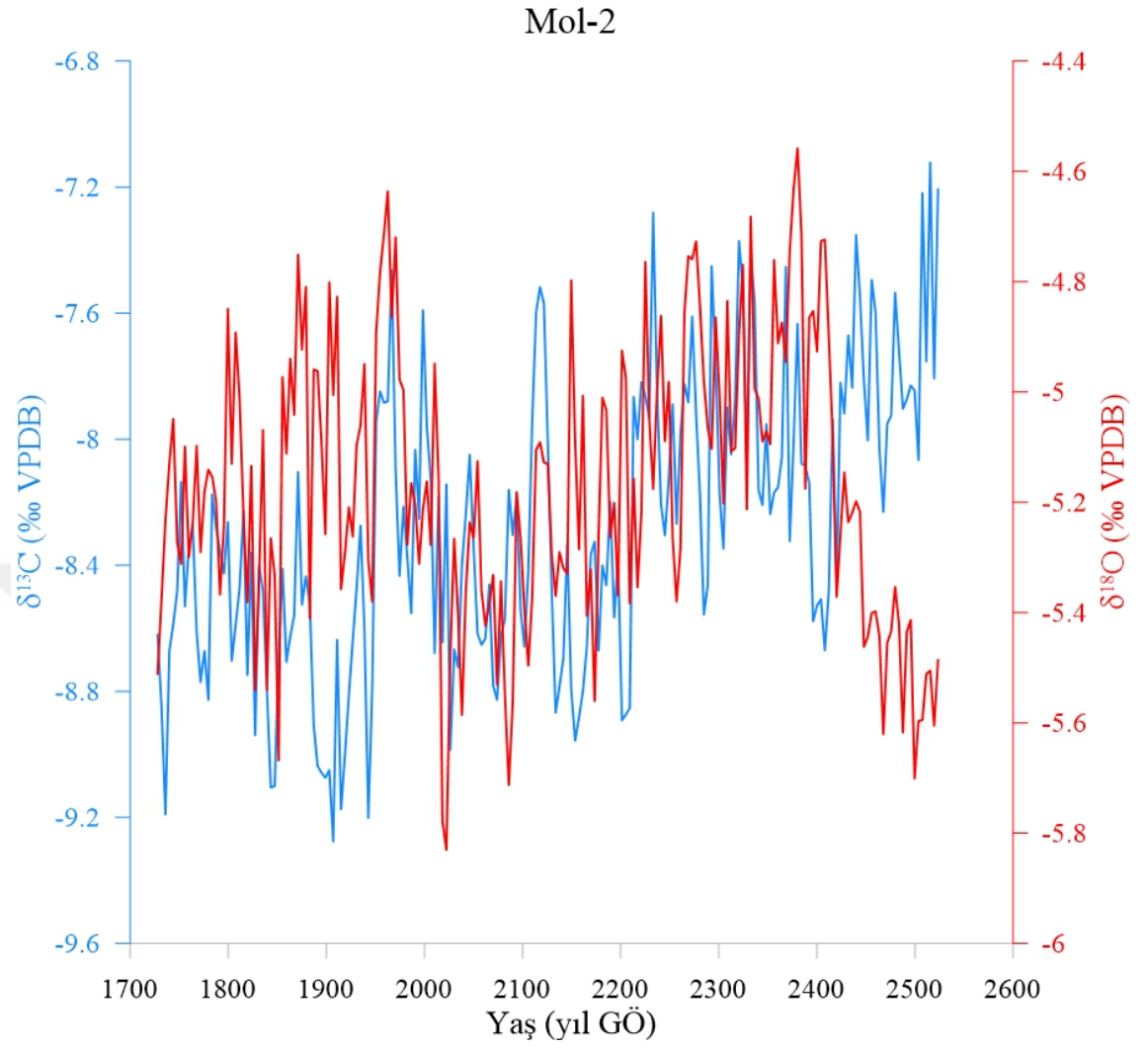
Şekil 4.3. Mol-2 dikitinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri

Toplam 211 adet olarak analiz edilen duraylı izotop ölçümünde Mol-2 dikitinin $\delta^{13}\text{C}$ değerleri ise -7.12‰ ile -9.28‰ aralığında değişmekte olup, değerlerin ortalaması -8.28‰ ve standart sapması ± 0.4518 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen tüm veriler grafik olarak Şekil 4.4'deki gibi hazırlanmıştır.



Şekil 4.4. Mol-2 dikitin δ¹³C değerleri

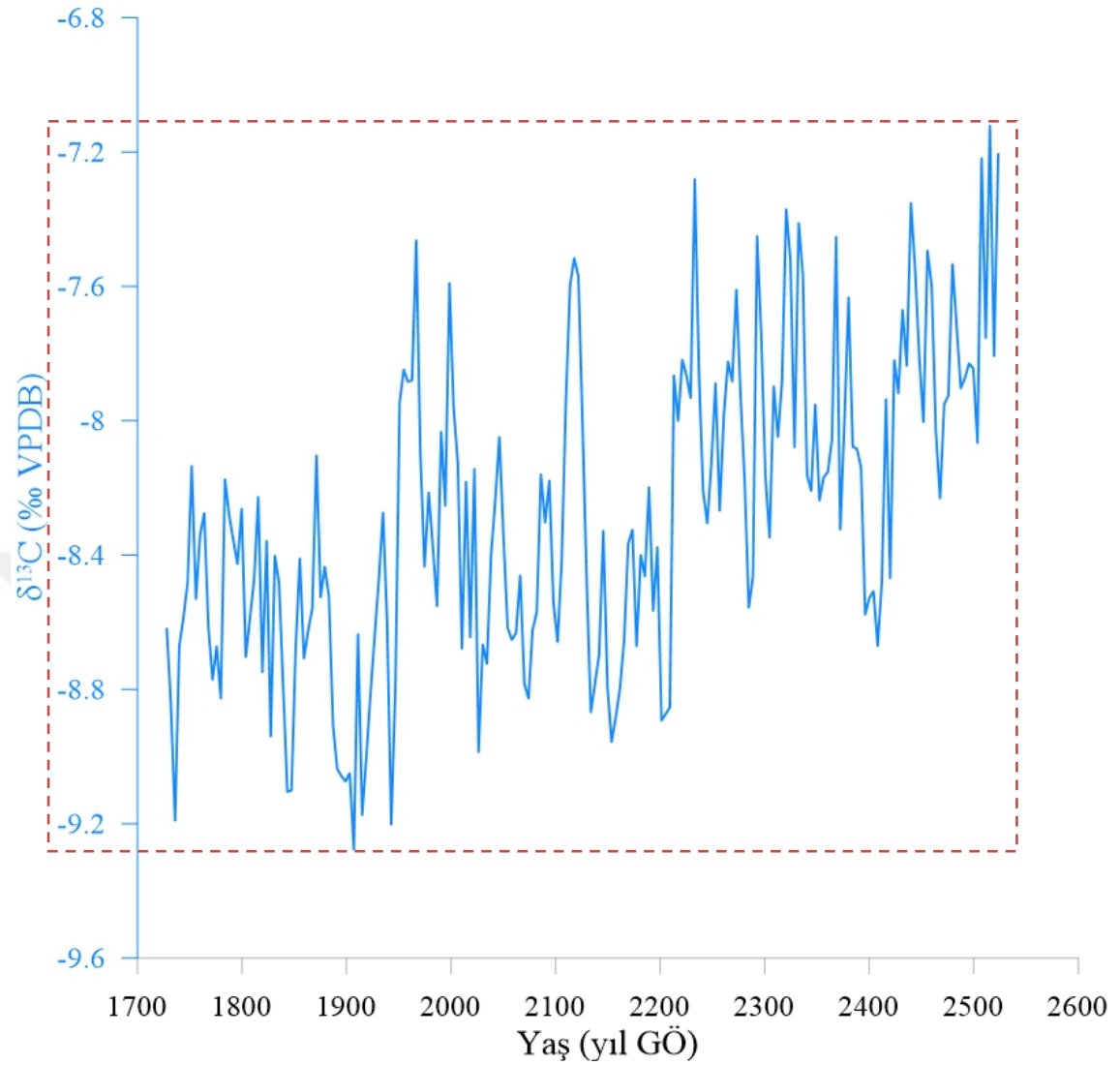
Molla Deliği Mağarasından alınmış olan bu dikit örneği üzerinde δ¹⁸O ve δ¹³C değerlerinin birlikte gösterildiği grafik ise Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Yapılan çalışmada alınan duraylı izotop örneklerini tek başına yorumlamak zordur. Bu nedenle birleştirilmiş grafikte iki izotopun ortak hareket ettiği kısımlar önem arz etmektedir. Çünkü sadece tek bir izotopa bağlı kalınarak yapılacak olan yorumlarda izotopu etkileyen faktörleri saptamak mümkün olmayacaktır.



Şekil 4.5. Mol-2 diktinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin karşılaştıran grafik

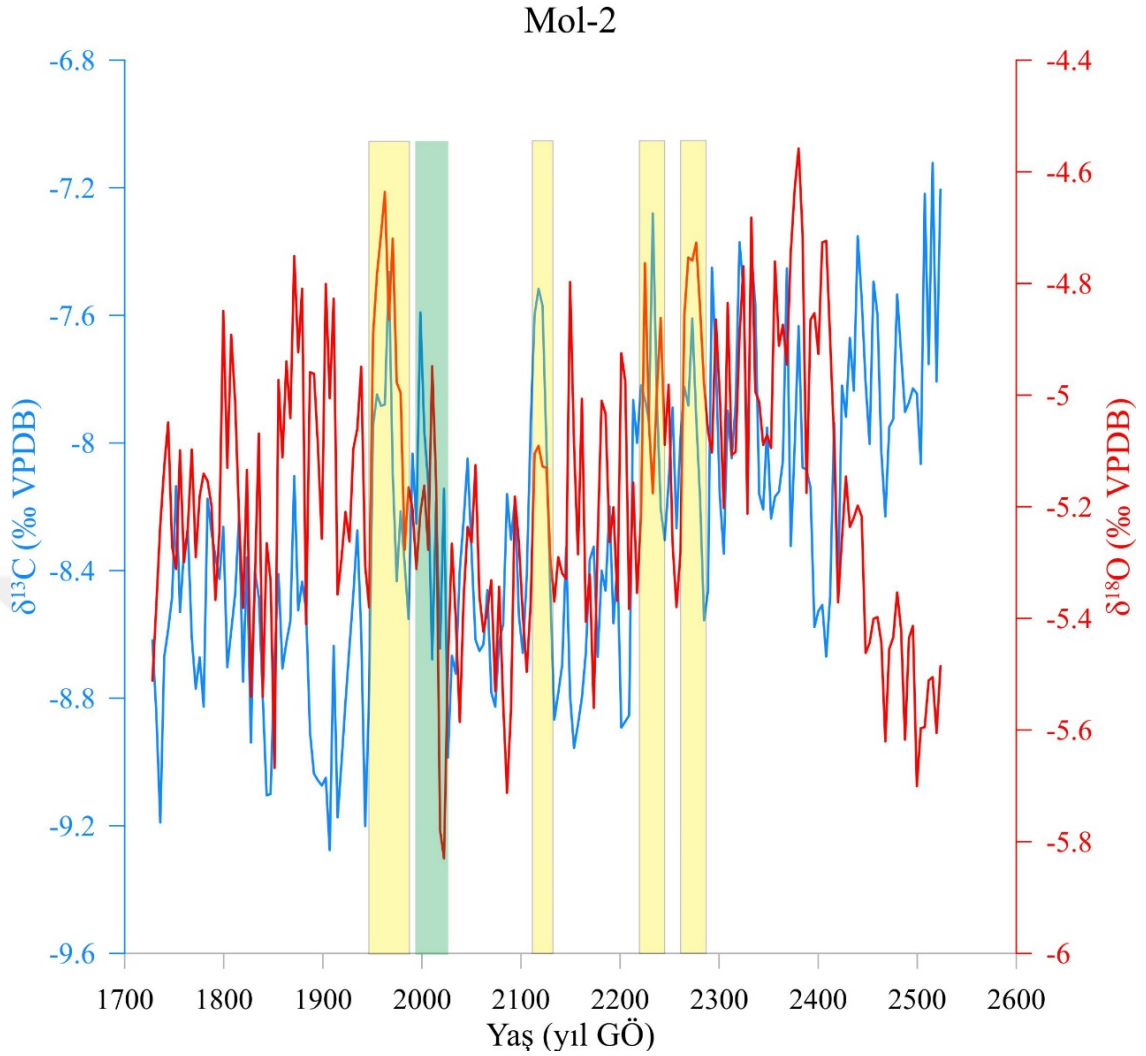
5. TARTIŞMA

Doğu Akdeniz Bölgesi için yağış $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinde önemli bir faktördür. Yağışın fazla olduğu dönemlerde $\delta^{18}\text{O}$ değeri de negatif yönde bir artış yani daha negatif sonuçlar vermektedir (Dansgaard 1964; Fleitmann vd. 2004). Bu yağışların sonucunda mağarada ulaşan suyun miktarı da artmaktadır. Artan su miktarı girişi mağara içerisindeki damlamayı da hızlandıracağından $\delta^{13}\text{C}$ değeri de aynı şekilde daha negatif sonuçlar verecektir (McDermott 2004; Fairchild vd. 2006). Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak duraylı izotop sonuçlarını tek bir faktör etkilememesi nedeni ile sonuçların yorumlanması yapılırken verileri de sadece bir izotop sonucuna göre yorumlamak mümkün olmayacaktır. Her iki izotop içinde düşüş ve yükselişler görmek mümkündür. Mağara çökellerinde $\delta^{18}\text{O}$ değerlerini yorumlamak buzullara nazaran daha zordur. Yüzey ve mağara ortamındaki sıcaklık değişimleri, mevsimsel olarak yağışın değişiklik göstermesi ve bu yağışlardaki izotopik değişimler, rüzgar ile taşınan hava kütlelerinin farklı yönlerde ilerlemesi, mağara ortamında çökelen CaCO_3 'ün denge çökeliminde olup olmaması ve mağara ve/veya bölgeye yakın buzulların hacimsel değişimleri gibi örnekler $\delta^{18}\text{O}$ izotop verilerini etkileyen başlıca örneklerdir (McDermott 2004; Fleitmann vd. 2009). Örneğin yağışı oluşturan nemin buzul kaynaklı mı yoksa okyanusal kaynaklı mı olması $\delta^{18}\text{O}$ verisini yorumlamakta zorluk yaşatmaktadır. $\delta^{13}\text{C}$ verileri ise mağara üzerindeki bitki türleri ve bu türlerin yoğunluğu, toprakta bulunan nem oranı (efektif nem) ve topraktaki mikrobiyal aktivitelerin etkileri ile kontrol edilmektedir (Baker vd. 1997; McDermott 2004). Mağara üzerinde bulunan bitki türlerinin C3 ve C4 tipi olması mağara içerisindeki $\delta^{13}\text{C}$ verilerini yorumlamada rol oynamaktadır. Eğer mağara üzerinde C3 tipi bitki örtüsü bulunuyorsa -12 ile -6‰ arasında C4 tipi bitki örtüsü bulunuyorsa -6 ile +2‰ aralığında bir $\delta^{13}\text{C}$ değerleri beklenir (Baker vd. 1997). Antalya bölgesi C3 tipi bitki örtüsü bakımından yoğunluk gösterdiğinden mağaradan alınan dikit örneğinde $\delta^{13}\text{C}$ yorumlamak ya da bu verileri dikkate almak daha doğru olacaktır. Göktürk vd. (2011) yılında yapmış olduğu Holosen dönemi Doğu Akdeniz iklim çalışmalarının da belirttiği üzere Holosen dönemi süresince bitki tipi çok fazla değişim geçirmediğinden ve bunun sebebinin efektif nem olduğundan bahsetmiştir. Molla Deliği Mağarası'ndan alınmış olan dikit örneği $\delta^{13}\text{C}$ verileri de -12 ile -6‰ arasında olması nedeniyle mağara üzerindeki bitki tipinin C3 tipi olduğunu göstermektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. $\delta^{13}\text{C}$ verilerinin -12 ile -6‰ arasında olduğunu gösteren grafik

Yağış dönemlerinde topraktaki CO_2 ile suyun bünyesindeki CO_2 izotopik denge kurulmaz ise $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde yükseliş gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak $\delta^{13}\text{C}$ yorumlanırken ortamın yağışlı olduğu düşünülmektedir (Baker vd. 1997). Eğer yağış yoksa veya toprakta buharlaşma gerçekleşmiş ise $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde bir düşüş görülür ve ortamın daha az yağış aldığı, toprak neminin azaldığı ve buna bağlı olarak kurak bir dönem yaşandığı görülmektedir. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri tek başına yorumlamak zor olacağından verileri birbirleri ile eş doğrultuda hareket ettiği noktalarda yorumlamak daha doğru olacaktır. Bu çalışma kapsamında da eş zamanlı hareketler dikkate alınmıştır. Şekil 5.2 de görüleceği üzere düşüş ve yükselişlerde eksi yönde düşüşler daha yağışlı, artı yönde çıkışlar daha az yağışlı veya diğer dönemlere göre kurak olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.2. Mol-2 dikit örneğinin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin eş hareketlerini gösteren grafik

GÖ 2600 lerden GÖ 2400 lere doğru gelinirken $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinde görülen pozitif değerleri tek başına ele alındığında kuraklık gibi görünse de $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde görülen negatif yöndeki eğilim durumun mevsimsel yağışlarından değiştiğinin bir göstergesidir. GÖ 2400 den sonra da görüleceği üzere oksijen ve karbon atomlarının ortak hareketi mevsimsel yağışların eş zamanlı hareketlerini göstermektedir. Bu durum duraylı izotop çalışmalarında tek bir duraylı izotop referans alındığında yanıltıcı olduğunu gösterir niteliktedir.

6. SONUÇ

Molla Deliği Mağarası'ndan alınan dikit örneği üzerinden ^{230}Th yöntemi ile 3 adet yaş analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda 0–2 cm aralığında GÖ. 1728 ± 0.034 yıl, 23–24 cm aralığında GÖ. 2603 ± 0.037 yıl ve 38–39 cm aralığında GÖ. 3578 ± 0.056 yıl olmak üzere 3 parçadan yaş elde edilmiştir. Mol-2 dikit örneği üzerinden toplam 210 mm uzunluğunda 211 adet duraylı izotop verisi 1mm aralıkla alınmıştır. $\delta^{13}\text{C}$ değerleri -9.28 ile -7.12‰ arasında değişmekte ve $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise -5.83 ile -4.56‰ arasında olduğu görülmüştür. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin eş hareketleri sonucunda GÖ. 1950 ile GÖ. 2000 yılları arasında, GÖ. 2100 ve GÖ. 2125 yılları arasında ve GÖ. 2200 ve GÖ. 2300 yılları arasında duraylı izotopların verileri incelendiğinde görülen pozitif yönde düşümler dönemin kurak ya da diğer dönemlere göre daha az yağışlı bir dönem geçirdiğini göstermektedir. GÖ. 1900'lerin sonu ve GÖ. 2000'lerin başında kısa süreli daha yağışlı ve nemli bir iklim koşulları yine duraylı izotop sonuçlarına bakıldığında negatif yönde bir eğilim göstermesiyle anlaşılmıştır. Bu tez çalışmasında bulunan GÖ. 1900'ler ile GÖ. 2000'ler arasında McCormick (2012) çalışmasında bahsettiği kuraklık Mol-2 verilerinde de aynı döneme ait kuralık hareketi ile görülmüştür. GÖ 2600 ve GÖ 2400 arasında $\delta^{13}\text{C}$ izotoplarının negatif yönde yani yağışlı bir dönemi göstermesi ve $\delta^{18}\text{O}$ izotoplarının pozitif yönde eğilim hareketleri bu bölge de 200 yıllık bir süre içerisinde yağışın mevsimsel farkını göstermektedir.

7. KAYNAKLAR

- Allen, M.R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P., Dubash, N. K. et al. 2014. IPCC fifth assessment synthesis report-climate change 2014 synthesis report.
- Anonim1:tr.wikipedia.org.
https://tr.wikipedia.org/wiki/Milankovi%C3%A7_d%C3%B6ng%C3%BCs%C3%BC#/media/Dosya:Precession_and_seasons.svg [Son erişim tarihi: 17.01.2023]
- Anonim 2: https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_circulation [Son erişim tarihi: 17.01.2023]
- Anonim 3: bilimenc.tubitak.gov.tr. <https://bilimenc.tubitak.gov.tr/makale/okyanus-derinliklerindeki-guclu-akintilar-nasil-olur> [Son erişim tarihi: 17.01.2023]
- Anonim 4: mgm.gov.tr. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx> [Son erişim tarihi: 17.01.2023]
- Archer, D., Ganopolski, A., 2005. A movable trigger: Fossil fuel CO₂ and the onset of the next glaciation. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 6, n/a–n/a. doi:10.1029/2004gc000891
- Barry, R.G. and Hall-McKim, E.A. 2014. *Essentials of the Earth's climate system*. Cambridge University Press, 271 s.
- Bond, G., Broecker, W., Johnsen, S., McManus, J., Labeyrie, L., Jouzel, J. and Bonani, G. 1993. Correlations between climate records from North Atlantic sediments and Greenland ice. *Nature*, 365, (6442): 143.
- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M. N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I and Bonani, G. 2001. Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science*, 294, (5549): 2130-2136.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. and Bonani, G. 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278, (5341): 1257-1266.
- Bradley, R., Steele, K., 2015. Making Climate Decisions. *Philosophy Compass* 10, 799–810. doi:10.1111/phc3.12259
- Cheng, H., Sinha, A., Verheyden, S., Nader, F. H., Li, X. L., Zhang, P. Z., Yin, J.J., Yi, L., Peng, Y.B., Rao, Z.G. et al. 2015. The climate variability in northern Levant over the past 20,000 years. *Geophysical Research Letters*, 42, (20): 8641-8650.
- Clark, I.D. and Fritz, P. 1997. *Environmental isotopes in hydrogeology*. CRC press, New York, 328 s.
- DeMenocal, P.B. 2001. Cultural responses to climate change during the late Holocene. *Science*, 667-673.
- Dorale, J.A., Edwards, R.L., Alexander, E.C., Shen, C.-C., Richards, D.A. and Cheng, H. 2004. Uranium-series dating of speleothems: current techniques, limits, & applications. *Studies of Cave Sediments*. Springer, 177-197.

- Erinç, S., 1984, *Klimatoloji ve Metotları*, İ.T.Ü. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul
- Fairchild, I.J. and Baker, A. 2012. *Speleothem science: from process to past environments*. John Wiley & Sons, s.
- Fairchild, I.J., Smith, C.L., Baker, A., Fuller, L., Spötl, C., Matthey, D. and McDermott, F. 2006. Modification and preservation of environmental signals in speleothems. *Earth-Science Reviews*, 75, (1-4): 105-153.
- Finné, M., Holmgren, K., Shen, C.-C., Hu, H.-M., Boyd, M. and Stocker, S. 2017. Late Bronze Age climate change and the destruction of the Mycenaean Palace of Nestor at Pylos. *PloS one*, 12, (12): e0189447.
- Fleitmann, D., Cheng, H., Badertscher, S., Edwards, R. L., Mudelsee, M., Göktürk, O. M., Fankhauser, A., Pickering, R., Raible, C. C., Matter, A., Kramers, J., Tüysüz, O., 2009. Timing and climatic impact of Greenland interstadials recorded in stalagmites from northern Turkey. *Geophys Res Lett*, 36, L19707.
- Ford, D. and Williams, P.D. 2013. *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley & Sons, 576 p.
- Günay, G. 1992. Karst Hidrojeolojisi Araştırmalarında Uygulanan Yeni Yöntemler Ve Türkiye'den Örnekler. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 8, (1-2-3):
- Hendy, C. and Wilson, A. 1968. Palaeoclimatic data from speleothems. *Nature*, 219, (5149): 48
- Hill, C. A., and Forti, P., 1997. *Cave minerals of the world*, second edition: Huntsville, Ala., National Speleological Society, 463 p.
- Jacobson, M.J., Flohr, P., Gascoigne, A., Leng, M.J., Sadekov, A., Cheng, H., Edwards, R.L., Tüysüz, O., Fleitmann, D., 2021. Heterogenous Late Holocene Climate in the Eastern Mediterranean—The Kocain Cave Record From SW Turkey. *Geophysical Research Letters* 48. doi:10.1029/2021gl094733
- Joachimski, M.M., Lai, X.L., Shen, S.Z., Jiang, H.S., Luo, G.M., Chen, B., Chen, J., Sun, Y.D. 2012. Climate warming in the latest Permian and the Permian-Triassic mass extinction. *Geology*, 40: 195-198.
- Kaniewski, D., Guiot, J. and Van Campo, E. 2015. Drought and societal collapse 3200 years ago in the Eastern Mediterranean: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 6, (4): 369-382.
- Kaniewski, D., Van Campo, E. and Weiss, H. 2012. Drought is a recurring challenge in the Middle East. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201116304.
- Kaniewski, D., Van Campo, E., Guiot, J., Le Burel, S., Otto, T. and Baeteman, C. 2013. Environmental roots of the Late Bronze Age crisis. *PLoS One*, 8, (8): e71004.
- Kathayat, G., Cheng, H., Sinha, A., Berkelhammer, M., Zhang, H., Duan, P., Li, H., Li, X., Ning, Y. and Edwards, R.L. 2018. Evaluating the timing and structure of the 4.2 ka event in the Indian summer monsoon domain from an annually resolved speleothem record from Northeast India. *Climate of the Past*, 14, (12): 1869-1879.

- Kaufmann, G., 2003. Stalagmite growth and palaeo-climate: the numerical perspective. *Earth and Planetary Science Letters*, 214, 251-266.
- Koç, K. 2019. Doğu Akdeniz bölgesinin geç kuvarterner dönemi paleoiklim koşullarının Antalya civarındaki mağara çökel kayıtları ile yeniden kurgulanması. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya 100 s.
- Koç, K., Koşun, E., Cheng, H., Demirtaş, F., Edwards, R. L., & Fleitmann, D. 2020. Black carbon traces of human activities in stalagmites from Turkey. *Journal of Archaeological Science*, 123, 105255.
- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Hannides, C., Lange, M.A., Tanarhte, M., Tyrlis, E. et al. 2012. Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, 114, (3-4): 667-687.
- Luterbacher, J., 2001. The Late Maunder Minimum (1675-1715) climax of the “Little Ice Age” in Europe. In *History and Climate: Memories of the Future?*, 29-54. Kiewer Academic/Plenum Publishers.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., Casty, C., Wanner, H., Pauling, A., Küttel, M., Rutishauser, T., Brönnimann, S., Fischer, E., Fleitmann, D. et al. 2006. Mediterranean climate variability over the last centuries: a review. *Developments in Earth and environmental Sciences*, 4, 27-148.
- Marcoux, J., 1977, Geological sections of the Antalya region: Güvenç, T. and others, eds., *Western Taurus excursion geological guidebook; VI. Colloquim on the geology of Aegean regions*, Izmir.
- Mayewski, P.A., et al. 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62, (3): 243-255.
- McCormick, Michael, et al. “Climate Change during and after the Roman Empire: Reconstructing the Past from Scientific and Historical Evidence.” *The Journal of Interdisciplinary History*, vol. 43, no. 2, 2012, pp. 169–220. JSTOR,
- McDermott, F. 2004. Palaeo-climate reconstruction from stable isotope variations in speleothems: a review. *Quaternary Science Reviews*, 23, (7-8): 901-918
- McDermott, F., Schwarcz, H. and Rowe, P.J. 2006. Isotopes in speleothems. *Isotopes in Palaeoenvironmental Research*. Springer, 185-225.
- Nazik, L. and Poyraz, M. 2017. Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 68, 43-56.
- Nazik, L. and Tuncer, K. 2010. Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi* S, 1, 9-17.
- Nicholls, N. 2010. Why do we care about past climates? An editorial essay. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 1, (2): 155-157.
- Özgül, N. 1976. Toroslar'm bazı temel jeoloji özellikleri. *Bulletin of the Geological Society of Turkey*, 19, 65-78

- Özgül, N. 1984. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. *Geology of the Taurus belt*, 77-90.
- Poisson, A. 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie): Thèse d'état, Univ. Paris-Sud (Orsay), Paris, 795 p.
- Poisson, A., Wernli, R., Sağlar, E.K. and Temiz, H. 2003. New data concerning the age of the Aksu Thrust in the south of the Aksu valley, Isparta Angle (SW Turkey): consequences for the Antalya Basin and the Eastern Mediterranean. *Geological Journal*, 38, (3-4): 311-327.
- Psomiadis, D., Dotsika, E., Albanakis, K., Ghaleb, B. and Hillaire-Marcel, C. 2018. Speleothem record of climatic changes in the northern Aegean region (Greece) from the Bronze Age to the collapse of the Roman Empire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 489, 272-283.
- Roberts, N. 2013. The Holocene: an environmental history. John Wiley & Sons, 376 p.
- Roberts, N., Black, S., Boyer, P., Eastwood, W. J., Griffiths, H. I., Lamb, H. F., Leng, M. J., Parish, R., Reed, J. M., Twigg, D., Yiğitbaşıoğlu, H., 1999. Chronology and stratigraphy of Late Quaternary sediments in the Konya basin, Turkey: results from the KOPAL project. *Quaternary Science Reviews*, 18, 611-630.
- Ruddiman, W.F. 2007. Earth's Climate: past and future. W. H. Freeman; 2nd edition, New York, 388 p.
- Sarıkaya, M. 2012. Kuvaterner Buzullaşması; Yayılımı ve Zamanlaması'. İç: Kazancı, N. ve Gürbüz, A.(eds) Kuvaterner Bilimi, Ankara Üniversitesi Yayınları, (350): 41- 58.
- Sharp, Z. 2017. Principles of stable isotope geochemistry. 2nd Edition, 384 p.
- Şenel Ç., Erdoğan R., Özgüler M. E. Geophysical Studies On The Research of Geothermal Fields In Turkey. *Bull.Min.Res.Exp.* 1986; 107(107): 133-133.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz, M.F., Bölükbaşı, A.S., Korucu, M. and Özgül, N. 1996. Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allohton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 118, (118):
- Şengör, C.A.M. and Yilmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, (3-4): 181-241.
- Türkeş, M. 2010. Klimatoloji ve meteoroloji. Kriter Yayınevi, 672 s.
- Türkeş, M. and Erhat, E. 2003. Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2000. *International Journal of Climatology*, 23, (14): 1771-1796.
- Urey, H.C., Lowenstam, H.A., Epstein, S. and McKinney, C.R. 1951. Measurement of paleotemperatures and temperatures of the Upper Cretaceous of England, Denmark, and the southeastern United States. *Geological Society of America Bulletin*, 62, (4): 399-16.
- Ünal-İmer, E., Shulmeister, J., Zhao, J.-X., Uysal, I.T., Feng, Y.-X., Nguyen, A.D. and Yüce, G. 2015. An 80 kyr-long continuous speleothem record from Dim Cave,

- SW Turkey with paleoclimatic implications for the Eastern Mediterranean. *Scientific reports*, 5, 13560.
- Verheyden, S., Nader, F.H., Cheng, H.J., Edwards, L.R. and Swennen, R. 2008. Paleoclimate reconstruction in the Levant region from the geochemistry of a Holocene stalagmite from the Jeita cave, Lebanon. *Quaternary Research*, 70, (3): 368-381.
- Wang, Y.-J., Cheng, H., Edwards, R.L., An, Z., Wu, J., Shen, C.-C. and Dorale, J.A. 2001. A high-resolution absolute-dated late Pleistocene monsoon record from Hulu Cave, China. *Science*, 294, (5550): 2345-2348
- Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T. J., Cubasch, U., Flückiger, J., Goosse, H., Grosjean, M., Joos, F., Kaplan, J.O. et al. 2008. Mid-to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 27, (19-20): 1791-1828.
- Weiss, B. 1982. The decline of Late Bronze Age civilization as a possible response to climatic change. *Climatic Change*, 4, (2): 173-198.
- Weninger, B., Clare, L., Rohling, E., Bar-Yosef, O., Böhner, U., Budja, M., Bundschuh, M., Feurdean, A., Gebe, H.G., Jöris, O. et al. 2009. The impact of rapid climate change on prehistoric societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean. *Documenta Praehistorica*, 36, 7-59.
- White, W.B. 2004. Paleoclimate records from speleothems in limestone caves. *Studies of cave sediments*. Springer, 135-175.
- Wickens, L. 2013. Geochemistry And Petrography Of Speleothems From Turkey And Iran: Palaeoclimate and Diagenesis. University of East Anglia, p. 280.

ÖZGEÇMİŞ

Ceyhun MERT

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2023	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2011-2018	Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Antalya

ESERLER

Ulusal Yayınlar

- 1- Koç, K., Fleitmann, D., Koşun, E., Cheng, H., Demirtaş, F., Çelik, Y., **Mert, C.**, 2017. 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, s.374.

Arazi Deneyimi

- 2012-2014 Akdeniz Üniversitesi Mağara Araştırma Kulübü Üyesi
- Yatay ve Dikey mağara araştırma ve keşif,
- Mağara haritalama,
- Mağara arama, kurtarma
- 2014- Toros Antalya Mağara Araştırma ve Koruma Derneği Aktif Üye
- 2014-2018 Akdeniz Üniversitesi Kaya Tırmanış Kulübü Üyesi
- SRT Eğitimci
- Tırmanış ekipman, ilk yardım ve kurtarma faaliyetleri
- 2016-2018 Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma projeleri kapsamında çalışmalar

- Permilen-Triyas Geçiři araştırmalarında arazi çalışmalarına katılım, ürük Dağ, Kemer, Antalya
- Permilen-Triyas Geçiři araştırması kapsamında örnek alımı, Gazipařa, Antalya
- 2016-2019 Holosen Dönemi İklim Değışimlerinin Mağara ökelleri Üzerinde Araştırılması alışmaları kapsamında,
- Molla Deliği Mağarası giriş, haritalama ve örnekleme,
- Kocain Mağarası giriş, haritalama ve örnekleme,
- Tabak 1 Mağarası giriş, haritalama ve örnekleme,
- Tabak 2 Mağarası keşif,
- Geyikbayırı Mağarası giriş, örnekleme.
- Kadını Mağarası keşif.

