

## **Volkanik Patlamaların Prehistorik Topluluklar Üzerindeki Etkisini Araştırmak için Sistematik Bir Yaklaşım Örneği**

Tolunay Bayram<sup>1</sup>

### **Öz**

Volkanik alanlarda gerçekleştirilen arkeolojik çalışmalarda volkanik patlama kalıntıları ile sıklıkla karşılaşmaktadır. Bu kalıntılar genellikle araştırma tasarımının dışında, tesadüfi olarak tespit edilmektedir. Bununla birlikte volkanik patlamalar, arkeolojide yoğun ekolojik ve sosyal etkilerine rağmen çok az ilgi gösterilen bir konu başlığı olagelmıştır. Ancak geçmiş toplulukların volkanik aktivitelerden doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkilenmiş olduğu göz ardı edilemez bir gerçektir. Son yıllarda sistematik ve disiplinler arası çalışmaların sayısı giderek artmaya başlamıştır.

Arkeoloji, volkanik olaylar ve geçmiş insan toplulukları arasındaki ilişkiyi karşılaştırmalı ve ayrıntılı olarak araştırmak için temel verilere sahiptir. Ancak bu veriler genellikle afetlerin fiziksel etkilerini anlamak için kullanılmaktadır. Patlamaların toplumsal kırılma noktaları, iç sosyal gerilimler, kültürel değişim, inanç sistemleri üzerindeki etkileri göz ardı edilmektedir. Paleososyal volkanoloji gibi sistematik yaklaşım örnekleri arkeoloji ve volkanoloji ortak kümesinde doğal afetlerin sosyoekolojik yönlerini ortaya koymak için bir potansiyel barındırmaktadır. Bu çalışmada Felix Riede'in paleososyal volkanoloji yaklaşımı açıklanarak volkanik olaylar ve prehistorik topluluklar ilişkisinin arkeolojik araştırmalardaki temel prensiplerini tanımlamak amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeoloji, Paleososyal Volkanoloji, Prehistorya, Sosyal Etki, Volkanik Patlamalar

## **An Example of a Systematic Approach to Investigate the Impact of Volcanic Eruptions on Prehistoric Communities**

### **Abstract**

Remains of volcanic eruptions are frequently encountered during archaeological excavations in volcanic areas. These remains are often discovered by chance, outside of the research design. However, volcanic eruptions have received little attention in archaeology despite their intense ecological and social impacts. However, it cannot be ignored that past communities were directly and/or indirectly affected by volcanic activity. In recent years, there has been an increasing number of systematic and interdisciplinary studies on this topic.

Archaeology has the basic data to investigate the relationship between volcanic events and past human societies in a comparative and detailed way. However, these data are often used to understand the physical effects of disasters. The effects of eruptions on social vulnerabilities, internal social tensions, cultural change, and belief systems are ignored. Examples of systematic approaches, such as paleo-social

<sup>1</sup> Arş. Gör., Arkeoloji Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, KOÜ, Kocaeli  
e-posta / e-mail: tolunay.bayram@kocaeli.edu.tr ORCID No: 0000-0002-7102-4021

volcanology, have the potential to reveal the socioecological aspects of natural disasters in the joint cluster of archaeology and volcanology. This study aims to describe Felix Riede's paleo-social volcanology approach and to define the basic principles of the relationship between volcanic events and prehistoric communities in archaeological research.

**Keywords:** Archaeology, Paleo-social Volcanology, Prehistory, Social Impact, Volcanic Eruptions

## 1. GİRİŞ

Kültürel değişimin hızı ve karakteri hakkındaki arkeoloji yaklaşımında, genel olarak sürecin içsel olarak oluştuğu, zaman içinde yavaşça geliştiği ve kaçınılmaz olarak daha büyük sosyokültürel karmaşıklıklara ve/veya gelişkinlik seviyelerine yol açtığı varsayılmıştır (Grattan ve Torrence, 2003). Çevresel determinizmin yoğun etkisinin hissedildiği bu kültürel evrimci düşünce kalıbı, arkeoloji ve antropolojideki temel yaklaşımların neredeyse tümünün, doğa bilimsel disiplinlerin uygulamalarından ödünç alınmış olmasından kaynaklanmaktadır (Hodder, 2004; Bunz, 2008; Dan-Cohen, 2017). Ancak 1970'lerden başlayarak günümüze kadar uzun bir süreç sonucunda şekillenen güncel arkeolojik düşünme biçimleri ise her topluluğun kendine özgü bir dizi özelliği olduğunu tanımlamıştır. Toplumsal organizasyondaki değişikliklere rehberlik eden itici güçlerin ise farklı toplumlarda farklı etki potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur (Ross ve Steadman, 2017). Bu düşünme biçimi de farklı bölgelerdeki özgün toplulukların kültür süreçlerini yaratan faktörlerin daha detaylı incelenmesine ve bu doğrultuda çevre-insan ilişkisinin arkeolojinin temel çalışma konularından biri olmasına kapı aralamıştır.

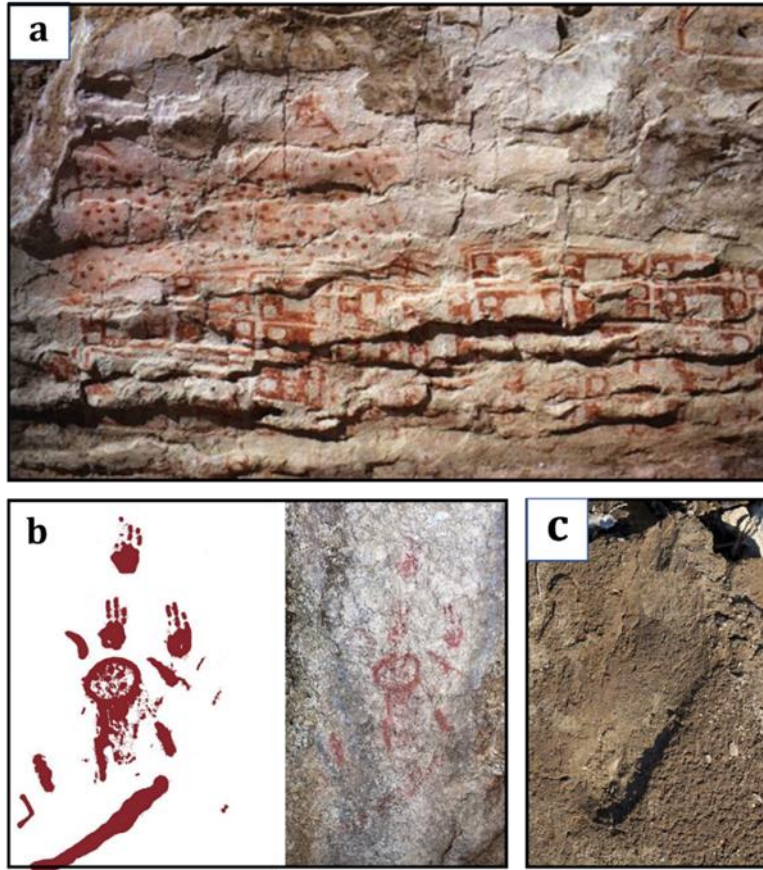
Çevre ve insan ilişkisinin arkeolojik çalışmalarda yoğunluğuna rağmen doğal afetlerin insanın kültür tarihindeki etkisi yakın zamana kadar çok az arkeolog tarafından dikkate alınmıştır (Brown, 2016). Küresel ısınma veya soğuma dönemleri, çok büyük ölçekli volkanik patlamalar, benzer şiddetteki depremler veya büyük seller gibi oldukça yıkıcı olaylar haricinde kalan düzenli veya düzensiz diğer doğa olayları neredeyse tümüyle göz ardı edilmiştir. Örneğin arkeolojik kazılarda tespit edilmesi çok zor olmayan volkanik patlama ürünleri, tefra tabakaları, piroklastik akışlar, sel birikintileri gibi kalıntılar, arkeolojik çalışmalarda genellikle tesadüfen tespit edilmiştir (Riede, 2019). Ancak düzenli veya düzensiz olarak meydana gelen doğal afetlerin insan topluluklarının kültürel tercihlerini etkilediği ve toplumsal değişimi tetiklediği ise kuşkusuz bir gerçektir. Bu sebeple son yıllarda doğal afetlerin arkeolojik alanlardaki izlerini araştırma tasarımının parçası haline getiren arkeolojik çalışmalar artmaya başlamıştır (Gould, 2007; Cooper ve Sheets, 2012; Liritzis vd., 2019; Riede, 2019). Özellikle volkanik aktivitelerin insan toplulukları ile olan ilişkisindeki negatif ve/veya pozitif sonuçlar gerek konunun jeolojik kısmını çalışan gerek ise konunun sosyal boyutlarını ele alan araştırmacılar tarafından volkanizmanın ilgi çekici bir konu olmasına neden olmuştur.

Anadolu coğrafyasında da volkanizma-arkeoloji ortak kümesinde çalışmalara karşı olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Kuvaterner volkanizmasının etkin olduğu Anadolu coğrafyasında Batı Anadolu'da Kula, Gölcük; Orta Anadolu'da Karapınar, Hasan Dağı, Acıgöl-Nevşehir, Göllü Dağ, Erciyes Dağı'nın oluşturduğu Kapadokya Volkanik Provensi; Doğu Anadolu'da Karacadağ, Nemrut Dağı, Süphan Dağı, Girekol Tepe, Tendürek Dağı, Ağrı Dağı, Kars volkanik alanları ve Erzincan ovası gibi volkanik alanlar bulunmaktadır (Atici ve Türkecan, 2017). Bahsedilen volkanik alanların bazılarında yürütülen çalışmalar neticesinde volkanik aktivitelerin prehistorik topluluklar üzerindeki etkisi bağlamında kapsamlı çalışmalara (Çeşme-Bağlararası) başlanmıştır (Schmitt vd., 2014; Ulusoy vd., 2019; Şahoğlu vd., 2022).

Konya havzasında, Kapadokya Volkanik Provensi'nin güney batısında bulunan Çatalhöyük Neolitik yerleşiminin IV tabakasında (MÖ 6430-6790) tespit edilen bir volkanik patlama çizimi prehistorik insanlar ve volkanik olaylar etkileşiminin en iyi bilinen kanıtlarından birini

sunmaktadır (Cessford, 2005; Schmitt vd., 2014; Sigurdsson, 2015). Yaklaşık 3 metre genişliğindeki duvar resminde bölgedeki Neolitik yerleşim planlarına benzer bal peteği biçimli bir köy ve onun arkasında lav püskürten ve morfolojik biçimiyle Küçük ve Büyük Hasandağı olduğu tahmin edilen bir volkanik olay resmedilmiştir (Schmitt vd., 2014) (Şekil 1a). Topluluk için anlamı tartışmaya açık olsa da dikkatlice çizilmiş bu volkanik patlamanın en azından Çatalhöyük topluluğunun ortak hafızasında bir yeri olduğu şüphe götürmez bir gerçektir. Bu duvar resmi dışında Çatalhöyük kazılarında sıklıkla rastlanan boğa boynuzlarının Hasandağı volkanik kompleksini temsil ettiğini belirten jeomitolojik çıkarımlar da söz konusudur.

Yine Anadolu coğrafyasında rastlanılan prehistorik topluluklar ile volkanizma etkileşimini gösteren bir başka kanıt ise Çakallar volkanı (Kula) yakınlarında hidrovolkanik kül içindeki insan ayak izleridir (Ozansoy, 1969; Tekkaya, 1976; Kayan, 1992) (Şekil 1c). Bununla beraber izlerin yakınında yakın zaman önce keşfedilmiş olan piktograf, Çakallar volkanının aktivitesini tasvir ettiği şeklinde yorumlanarak prehistorik insanların bir volkanik patlamaya bariz bir şekilde tanık olduğunu kanıtlamaktadır (Akdeniz, 2011; Ulusoy vd., 2019) (Şekil 1b).



Şekil 1. Anadolu'da volkanizma ve prehistorik topluluklar etkileşiminin birincil kanıtları, a) Çatalhöyük Neolitik yerleşiminde bir yapı içinde keşfedilmiş volkanik patlama çizimi (Pinterest: Erdinç Bakla), b) Çakallar volkanı yakınında bulunan Kanlıtaş kaya resmi (Ulusoy vd., 2019) Çakallar volkanı yakınında volkanik kül üzerinde korunmuş fosil ayak izi (Kaygili vd., 2018)

Bu buluntular dışında sayıları az olmakla birlikte bazı kazı çalışmaları içerisinde volkanik patlamaların topluluklar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kapadokya Volkanik Kompleksi içinde kazısı yapılmış tek Paleolitik lokalite olan Kaletpe Deresi 3 alanında Göllüdağ ve Acıgöl volkanlarının aktivitelerinin izlerine rastlanmıştır. Bu volkan patlamalarına ait dolgular lokalitenin tabakalanmasını anlamak ve tarihlemek adına kullanılmıştır (Mouralis, 2003). 19 tabakaya sahip olan alanda bazı tabakalar çeşitli volkanik tefra katmanları ile birbirinden ayrılmaktadır. Riyolitik

özellikler gösteren tefra katmanlarının Acıgöl kalderasının etkinlikleri sonucunda oluştuğu ve 160 bin yıl öncesine tarihlendiği anlaşılmıştır (Slimak ve Dinçer, 2007). Bu katman tarihlenmesi oldukça zor olan yaklaşık 1 milyon yıllık tabakalanmanın kronolojik açıdan daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamıştır.

Bir diğer çalışma ise İzmir’de bulunan ve bir Tunç Çağı yerleşimi olan Çeşme-Bağlararası kazılarında Geç Tunç Çağı’nda gerçekleşen Thera patlamasının Anadolu kıyılarındaki etkisi üzerine yapılmaktadır (Şahoğlu vd., 2022). Thera patlamasının Batı Anadolu kıyılarındaki etkilerini ve patlamanın nicel özellikleri incelemek adına başlatılan çalışmalar Anadolu coğrafyasındaki volkanizma-arkeoloji ortak kümesindeki çalışmaların en gelişkin örneği olarak gösterilebilmektedir. Çeşme-Bağlararası tabakalanması içinde iyi korunmuş kalın bir tabaka ile temsil edilen patlamanın gerek patlamanın nicel özellikleri gerek ise dönem toplulukları üzerindeki etkisi için önemli bir potansiyel barındırdığı anlaşılmaktadır (Şahoğlu vd., 2022).

Anadolu coğrafyasında volkanizmanın prehistorik topluluklar üzerindeki etkisi başlığı çeşitli biçimlerde arkeolojik çalışmaların içinde yer almıştır. Bu çalışmaların çok azının sistemantik bir temele sahip olduğu ve çoğunlukla çok bariz bağlantılar ortaya çıktığında arkeolojik çalışmaların bir parçası haline geldiği veya çok kısıtlı bir biçimde ele alındığı anlaşılmaktadır. Ancak volkanizma-insan etkileşiminin arkeolojik açıklamalara sunabileceği katkılar göz önüne alındığında sistemantik araştırmaların artması gerekmektedir. Aşağıdaki bölümlerde tartışılacak olan paleososyal volkanoloji yaklaşımı bu sistemantik çalışma eksikliğine çözüm olabilecek bir öneridir.

## **2. VOLKANİK PATLAMALARIN POTANSİYEL ETKİLERİ**

Volkanik patlamaların sosyal açılardan incelenmesi konusu genellikle yıkıcı ve dönüştürücü etkisi çok yüksek olan olaylar özelinde ele alınmıştır. Ancak kültür üzerinde volkanik olayların etken varsayılması için “felaket” boyutunda gerçekleşmiş olması gerekmemekte hatta doğal afetlerin kültür üzerinde bir ön koşul olarak negatif etkileri olduğu varsayılmamalıdır. Ani olmayan, daha az şiddetli doğa olayları da bu olayların merkezinde olan topluluklar ve hatta daha uzak alanlardaki toplulukları farklı biçimlerde etkileyebilme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle volkanik afetlerin insan yaşamını şekillendiren her bir temel başlık özelinde negatif ve/veya pozitif etken durumunda olduğu varsayılabilir. Bu etkilerin ölçeği volkanik afetlerin, sıklık, büyüklük ve/veya şiddetleri bakımından değişen farklı metrikleri üzerinden tespit edilebilmektedir. Bu doğrultuda volkanik afetlerin temel dinamiklerini tanımlamak ve etki alanlarını anlamak önem kazanmaktadır.

### **2.1. Volkanik Patlama Tipleri**

Patlama tipleri patlamaların etkilerini belirleyen temel özellikleri ifade etmektedir. Bu tipler sekiz ana kategoride sınıflandırılmıştır: Hawaii, Stromboli, Vulkaniyen, Pele, Plinien, Ultra-Plinien, Surtseyan ve Phreatoplinian (Tablo 1) (Hickson vd., 2013).

Bahsedilen volkanik patlamalar herhangi bir zamanda yanardağ tipine, magma bileşimine, patlama tarzına ve yoğunluğuna bağlı olarak farklı özelliklere sahip çok sayıda afet üretmektedir (Blong, 1984; Papale vd., 2015; Brown, 2016). Bu doğal afetler ise lav akışları, piroklastik akışlar ve tefra, volkanik moloz çığları, laharlar (volkanik çamur akıntıları) şeklinde sıralanabilir. Ek olarak fümroller ve zehirli gaz (limnick) çıkışları patlamalar sonucunda meydana gelebilir ve bazı büyük volkanik patlamalar tsunamilere ve iklim değişikliğine neden olabilir (del Moral ve Grishin, 1999; Brown, 2016). Bu afetler aynı anda, farklı mekânsal ve zamansal ölçekler ile ortaya çıkabilmekte, potansiyel olarak toplulukları ve çevreyi olumsuz etkileyebilmektedir (Wilson vd., 2014). Bu afetlerin prehistorik topluluklar üzerindeki olası etkilerini ölçmek ise bahsedilen

birincil afetlerin genel yapıları ve dinamiklerini anlamayı zorunlu kılmaktadır. Bu sebeple aşağıda bahsedilen afet tipleri ve bunların insan gruplarının parçası olduğu biyotalar üzerindeki risk ölçekleri açıklanmaya çalışılacaktır.

Tablo 1. Patlamaları tipleri ve bunların temel özellikleri (Hickson vd., 2013)

VPI	Yoğunluk	Patlama Tipi	Sütun Yüksekliği	Sıklık	Yayılm Alanı
0	< 10.000 m <sup>3</sup>	Hawai Tipi	< 100m	Sürekli	<0.05km
1	> 10.000 m <sup>3</sup>	Hawai-Stramboli	100-1000m	Günlük	0.05 – 5 km
2	>1.000.000 m <sup>3</sup>	Stramboli-Volkanien	1-5km	Haftalık	0.05 – 5 km
3	>10.000.000 m <sup>3</sup>	Volkanien-Pele	3-15 km	Yıllık	0.05 – 5 km
4	> 0.1 km <sup>3</sup>	Pele-Plinien- Surtseyan	10-25 km	≥ 10 yıl	5 – 500 km
5	> 1 km <sup>3</sup>	Plinien- Surtseyan	>25km	≥ 50 yıl	500 – 5000 km
6	> 10 km <sup>3</sup>	Plinien-Ultra Plinien- Pheratoplinian	>25km	≥ 100 yıl	5000 km
7	> 100 km <sup>3</sup>	Plinien-Ultra Plinien- Pheratoplinian	>25km	≥ 1.000 yıl	> 5000 km
8	> 1.000 km <sup>3</sup>	Ultra Plinien- Pheratoplinian	>25km	≥ 10.000 yıl	> 5000 km

## 2.2. Volkanik Afetler ve Potansiyel Etkileri

Volkanik patlamalarının çevre ve insan toplulukları üzerindeki etkileri fiziksel, kimyasal, iklimsel ve biyolojik olarak sınıflandırılabilir (Payne ve Egan, 2019). Proksimal (merkeze yakın) alanda etkili olan volkanik patlamalar laharlar, prikolastik akışlar, tefra, lav akışları, volkanik moloz çığları gibi afetler tarafından meydana gelen ezilme, gömülme, yanma gibi patlama sonucunda ortaya çıkan ve doğrudan ölümle sonuçlanacak etkiler üretebilmektedir (Payne ve Egan, 2019).

Volkanik patlamaların en bilindik afet tiplerinden olan lav akışlarında yüzey morfolojisi ve akış tipi, bir akışın tehlike potansiyelini değerlendirmek için önemlidir (Griffiths, 2000). Lav akışlarının önünde bulunan toplulukların üzerinde oldukça yıkıcı etkileri olabileceği belirtilse de geniş alanları kaplayan lav akıntılarının nadir olması ve genellikle yavaş hareket etmelerinden dolayı lav akışları volkanik afetler arasında topluluklar için en az tehlikeli türlerden biridir (Kilburn, 2015).

Bir diğer volkanik faaliyet olan piroklastik akıntılarının kütleleri ve hızları çok yüksektir. Bu hız ve kütle sonucunda akıntılarının önündeki topografik engelleri aşması oldukça kolaydır (Fisher vd., 1993; Barberi vd., 2008). Bu nedenle drenaj havzalarının dışında kalan alanların da bu tip akıntılardan etkilenmesi oldukça olasıdır. Bununla birlikte akıntılarının hızları ve sıcaklıkları nedeniyle volkanizma çevresinde yaşayan topluluklar açısından piroklastik yoğunluk akıntılarının en tehlikeli afetlerden biri olduğu kabul edilmektedir (Cioni vd., 2004; Wilson vd., 2011; Jenkins vd., 2013; Wilson vd., 2014; Neri vd., 2015; Sbrana vd., 2020).

Bahsedilen fiziksel etkiler dışında kimyasal etkiler, proksimal ve distal alanlarda insan topluluklarını yoğun bir şekilde etkileyebilmektedir. Volkanik patlamalar, aerosollar ve piroklastik malzemeler üreterek çevrelerindeki ekosistemlerin kimyasal ortamını değiştirmektedir. Özellikle volkanik gazların bileşimindeki HCl ve HF gibi bazı kimyasallar kirletici özellikleri nedeniyle ekosistemleri etkilemektedir (Cioni vd., 2004; Cassidy vd., 2015; Jenkins vd., 2015; Wilson vd., 2015; Payne ve Egan, 2019). Bu kimyasalların etkileri su kaynaklarından, bitki ve orman taksonlarının büyüme oranlarına kadar farklı noktalarda prehistorik toplulukların çevresinde dönüştürücü etkiler yaratmıştır.

Volkanik gazların bu kimyasal etkileri dışında tefranın da etkisi yoğundur. Tefranın çevre üzerindeki etkileri, malzemenin oluştuğu fiziksel ve kimyasal parametrelere bağlıdır (Dingwell vd., 2012). Tefra tanelerinin kimyasal özellikleri, onları oluşturan magmanın kimyası tarafından belirlenirken çözünür yüzey kimyası, volkanik dumanda süpürülen uçucu maddelerden oluşur. Bu yüzey kimyası genellikle asidik tuzları ve diğer uçucu metalik elementleri içerir; florür (F-), klorür (Cl-), sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>) ve sodyum (Na<sup>+</sup>) en yaygın elementlerdir (Stewart vd., 2006).

Bahsedilen kimyasal etki dışında tefra, sadece aşındırıcı bir malzeme olarak yayıldığı alanlarda prehistorik topluluklar ve bu toplulukların doğal çevreleri üzerinde oldukça tehlikelidir (Lowe vd., 2012; Pendea vd., 2016; Riede, 2019; Şahoğlu vd., 2022). Tarım alanlarına, otlak ve sulak alanlara aşındırıcı bir örtü olarak zarar vermektedir. Bu zarar ölçeği ise tefra birikmelerinin kalınlığı ve malzemenin kimyasal yapısı üzerinden ölçülebilmektedir (Oppenheimer, 2011; T. M. Wilson vd., 2015; Anda ve Suparto, 2016; Eberhart-Phillips vd., 2020;). Tefraların yarattığı tehlikelerin prehistorik topluluklar üzerindeki mevzubahis ekonomik etkileri dışında insan sağlığı üzerinde de pek çok negatif etkisi vardır (Horwell vd., 2015). Aşındırıcı özellikli malzemenin solunum rahatsızlıklarına yol açtığı bilinmektedir. Buna ek olarak tefra barındırdığı florür içeriğinin zehirli yapısı nedeniyle pek çok sağlık problemine neden olmaktadır (D'Alessandro, 2006). Tefranın prehistorik topluluklar üzerindeki etkisini ölçmek için florür içeriği oldukça önemlidir. Tefranın florür içerikli yapısı sonucunda ortaya çıkan sağlık problemlerinin insan ve hayvanlarda kemik yapısı üzerinde izler bırakmış olması arkeolojik açıdan bu etkiyi ölçülebilir bir veri kaynağına dönüştürmektedir (Bartlett vd., 2005; Allibone vd., 2012; Flueck ve Smith-Flueck, 2013; Riede, 2019).

Volkanik olaylar diğer iklimsel tetikleyicilerin (yörünge, güneş, sera vb.) aksine insan toplulukları tarafından kolayca fark edilebilmektedir. Uzun bir süredir insanların, doğrudan deneyimler yoluyla ve içgüdüsel olarak volkanik patlamaların iklimsel değişimler üzerinde etkin olduğunu bildikleri varsayılabilir. Bu nedenle volkanik patlamalar için dünyanın iç dinamiklerinin güçlü ve görünür bir tezahürü olduğu yorumu yapılabilmektedir (Cole-Dai, 2010).

Volkanik patlamalar kısa bir süre içinde büyük miktarlarda katı parçacığı ve gaz halindeki maddeleri atmosfere salılabilmektedir. Salınan parçacıklar güneş ışığını engelleyebilmekte ve güneş ısıtmasının azalmasına neden olarak soğuma dönemlerine yol açabilmektedir. Ancak, bu tür atmosferik etkiler genellikle yerel olarak gerçekleşmektedir (Zielinski, 2002). Bu durum özellikle aletli iklim kayıtları döneminde yapılan çalışmalardan görülebilmektedir. Aletli iklim kayıtları döneminde meydana gelen büyük patlamaların potansiyel iklimsel etkileri hakkında önemli tartışmalar vardır (Scuderi, 1990; Zielinski, 2000). Ancak çoğu tahmin, en büyük Holosen patlamalarından sonra bile soğutmanın 2°C'yi büyük ölçüde aşmasının ve on yıldan fazla sürmesinin pek olası olmadığı yönündedir (Robock, 2000). Patlamalar sonucunda çok kısa vadede (gün ve hafta), hava üzerindeki volkanik etkiler şiddetli yağış ve şimşekleri içerebilmektedir.

### 3. SOSYAL VE PALEOSOSYAL VOLKANOLOJİ

Volkanik aktivitelerin insan yaşamlarını nasıl etkilediği konusıyla ilgilenen bilimler volkanik olayların etkilerini politika, din, sosyal ve çevresel adalet, tarih ve ekonomi gibi başlıklar üzerinden ele almaya başlamıştır. Bu çalışmalar ise sosyal volkanoloji başlığı altında toplanmıştır (Cashman & Cronin, 2008; Chester vd., 2008; Haynes vd., 2008; Paton vd., 2008; Donovan, 2010; Barclay vd., 2015). Özellikle geleneksel topluluklar ve volkanizma ilişkisine yönelen etnoloji veya jeomitoloji gibi çalışma başlıkları arkeoloji ile olan yakınsak ilişkisi itibarıyla volkanik patlamaların geçmişteki topluluklar üzerindeki etkisini düşünmeye karşı olan ilginin giderek artmasına neden olmuştur (Cronin vd., 2004; Cashman ve Cronin, 2008;)

Bu çalışmaların volkanik patlamaların geçmişteki insanlar üzerindeki rolü üzerine düşünmeye olan ilgiyi artırmasına paralel olarak ortaya çıkan paleososyal volkanoloji disiplini beşerî ve sosyal bilimlerin ortak kümesinin en yeni fikirlerinden biridir. Felix Riede (2019) tarafından ortaya atılan paleososyal volkanoloji yaklaşımı bu anlamda volkanik patlamalar ve bunların iklimsel, ekolojik ve toplumsal etkileri hakkındaki literatürden yararlanarak, geçmişteki volkanik patlamaların farklı mesafelerdeki insan toplumları üzerindeki etkisinin araştırılması olarak

özetlenebilir. Araştırma alanını tanımlayan değişkenler ise jeolojik ve sosyal olarak ikiye ayrılmaktadır (Riede, 2019). Jeolojik değişkenler büyüklük, gerçekleşme hızı, tekrarlar aralığı, süre, kapsadığı alan; sosyal değişkenler ise popülasyon yoğunluğu, hiyerarşi, sosyal ağlar, depolama, ekonomi ve hareketlilik üzerinden sıralanmış ve afetlerin bu değişkenler üzerindeki etkilerinin şematik varyasyonları belirtilmiştir (Tablo 2). Bu unsurlar doğal afetlerin şiddetini tanımlayan metrikleri, toplumsal olarak etkiye açık sosyal özellikleri ve risk yönetimi kapasitesini açıklamaktadır.

Tablo 2. Volkanizmanın temel metrikleri, sosyal etkinin şiddetini yapılandıran bazı toplumsal özellikler ve etki değişkenleri (Riede, 2019)

Etki Alanları	Etkenler	Etki Değişkenleri	
<b>Jeolojik</b>	Büyüklük	Küçük	Büyük
	Gerçekleşme Hızı	Yavaş	Hızlı
	Tekrarlar Aralığı	Sık	Nadir
	Süre	Kısa	Uzun
	Kapladığı Alan	Kısıtlı	Geniş
<b>Sosyal</b>	Demografi	Düşük	Yüksek
	Hiyerarşi	Akıcı	Katı
	Sosyal Ağlar	Kırılgan	Güçlü
	Depolama	Kısıtlı	Geniş
	Ekonomi	Özelleşmiş	Çeşitli
	Hareketlilik	Düşük	Yüksek

Bu biçimiyle paleososyal volkanolojinin öncelikli çalışma alanı bir patlamanın ölçeğini gösteren temel parametrelerin saptanmasıdır. Bu parametreler ise çeşitli afet tiplerinin arkeolojik veri setlerine uygun olarak bir volkan patlamasının topluluk üzerindeki olası etkilerinin tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda jeolojik parametrelere, afet tiplerine, toplumsal etkilere ve risk yönetimi kavramına daha detaylı bir şekilde bakmak gerekmektedir.

### 3.1. Büyüklük, Tekrarlar Aralığı, Gerçekleşme Hızı, Süre ve Kapladığı Alan

Volkanik patlamanın büyüklüğünü tespit etmek topluluk üzerinde beklenebilecek etkiler hakkında tahmin yürütmek açısından önemlidir. Volkanik patlamaların büyüklüğü hacim ve yoğunluk oranları üzerinden tanımlanmaktadır (Pyle, 2015). Bir volkanik patlamanın hacmi püskürtülen malzemenin kütlesini ifade ederken yoğunluk ise kütleli patlama oranını temsil etmektedir. Araştırmacılar depremlerin şiddetini ifade eden Richter ölçeği gibi volkanik patlamaların boyutlarını ifade edecek logaritmik ölçekler tanımlamaya çalışmışlardır. Bu kategorizasyon için sıklıkla kullanılan metrik ise “volkanik patlama indeksi” (VPİ) metriğidir (Newhall ve Self, 1982). VPİ, 0 ila 8 arasında bir tam sayı kullanarak volkanik patlamaların ölçeğini belirtmektedir. 2 VPİ değerine sahip volkanik bir patlamanın topluluk üzerindeki olası etkileri ile 6 VPİ değerindeki bir patlamanın etkileri birbirinden oldukça farklı olacaktır. Bu sebeple volkan patlamalarının herhangi bir bölgedeki prehistorik toplulukları nasıl etkileyebileceği hakkında bir model geliştirebilmek için VPİ değeri önem kazanmaktadır (Tablo 3) (Pyle, 2015).

Tablo 3. Volkanik patlama indeksi dereceleri, tefra yoğunluğu, patlama sıklıkları, tekrarlar aralıkları (Pyle, 2015; Tablo 13.1'den uyarlanmıştır).

İndeks	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tefra Yoğunluğu	<10 <sup>4</sup>	<10 <sup>6</sup>	<10 <sup>7</sup>	<10 <sup>8</sup>	<10 <sup>9</sup>	<10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup>	<10 <sup>11</sup>	>10 <sup>12</sup>
Son 10.000 Yılın Patlamaları	%13	%16	%49	%14	%5	%2	% <1	% <0,1	0
Nitel Açıklama	Küçük	Etkili	Patlayıcı				Afet, Proksimal		
Genel Tekrarlar Aralığı		Gün veya Haftalık		0,3 yıl	3 yıl	20 yıl	80 yıl	500 yıl	7x10 <sup>5</sup> yıl

Volkanik patlamaların sosyal etkileri düşünüldüğünde patlama büyüklükleri dışında patlamaların tekrarlama aralığı da büyük bir önem arz etmektedir. Toplulukların sosyal veya ekonomik stratejileri, sağlıkları, ritüelleri vb. pek çok farklı unsurlar üzerinde tekrarlama aralığının önemli bir faktör olduğu varsayılabilir. Ancak tekrarlama aralığının tıpkı depremlerdeki gibi büyüklük arttıkça seyrekleşmesi patlama büyüklüğü ile sosyal etki arasında ters bir denklem oluşturmaktadır (Tablo 2). Örneğin 0, 1, 2 VPİ değerine sahip patlamalar günlük veya haftalık bir sıklık gösterirken 5 VPİ değerine sahip bir patlama 20 senelik tahmini bir patlama sıklığı göstermekte, 7 VPİ değerindeki bir patlama ise ortalama 500 yıllık tekrarlama süresine sahiptir (Pyle, 2015). Bu durumda patlama büyüklüğü ile tekrarlama aralığı arasındaki ters bir orantı söz konusudur.

Volkanik patlamaların toplumsal boyutu ile ilgili bir diğer parametre ise volkanik patlamanın gerçekleşme hızıdır. Gerçekleşme hızı volkanik patlamaların ön uyarıcılarının süreleri ile ilişkilidir. Bu ön uyarıcılar depremler, yer kabuğu hareketleri, gaz çıkışları gibi hareketleri ifade etmektedir (Tokarev, 1985; Passarelli ve Brodsky, 2012; Bell vd., 2013).

Volkanik patlamaların süresi ise patlama sonucunda ortaya çıkan volkanik malzemenin yüzeyde veya havada yayıldığı zaman periyodunu tanımlamaktadır (Gunn vd., 2014). Ancak volkanik patlamaların tutarsız doğası nedeniyle sürelerini belirlemek oldukça zordur. Bu durum ise volkanik aktivitelerin durgunluk ve hareket dönemlerine girebilmeleri ve bu durumun patlama sürelerinin volkanın koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermesi ile dalgalı bir seyir izleyebilmesinden kaynaklanmaktadır (Cannavò ve Nunnari, 2016). Tom Simkin, Lee Siebert ve Paul Kimberly (2019) tarafından hazırlanan "Dünyanın Volkanları" kataloğuna göre 3929 patlama üzerinden belirlenen oranlar patlamaların yaklaşık %12'sinin bir günden az, %18'inin iki gün içinde, %44'ünün bir ay içinde ve yarısından fazlasının (%54) iki ay içinde sona erdiğini göstermektedir. Uzun süreli patlamaların ise %15'inin bir yıldan fazla, %3,4'ünün beş yıldan fazla ve yalnızca %1'inin yirmi yıldan fazla sürdüğü belirlenmiştir. Ortalama süre ise yaklaşık 7 hafta olarak belirlenmiştir (Siebert vd., 2019). Bahsedilen bu oranlar jeolojik veriler olarak volkanik patlama sürelerini göstermektedir. Ancak volkanik patlamaların topluluklar üzerindeki etkisi söz konusu olduğunda, toplam tehlike süresinin önemli ölçüde patlama süresinin ötesine geçebileceği göz ardı edilmemelidir (Riede, 2019). Aerosol püskürmelerinin hava ve iklim üzerindeki gecikmeli etkileri, külün yeniden harekete geçmesi, yüzeyi örten volkanik malzemenin bitki ve hayvan yaşamı üzerindeki etkileri, laharlar, tsunamiler ve asit yağmurları gibi ikincil tehlikeler ve bunların tümünün insan toplulukları üzerindeki etkileri patlama süresinin bir parçasıdır. (Connor vd., 2001; Jenkins vd., 2014; Jenkins vd., 2015; Jones, 2015; Wilson vd., 2015). Süre parametresi bu bağlamda gecikmeli veya ikincil etkileri de içermelidir ve bu durum patlama sürelerini genel jeolojik bağlamının oldukça dışına taşımaktadır.

Volkanik püskürmelerin süresi bahsedildiği gibi dakikalardan yüzyıllara kadar geniş ölçüde değişebilse de volkanik patlamalar bir toplumsal risk meseli olarak ele alındığında, bir püskürmenin başlangıcı ile paroksizmal fazı arasındaki süre ayrıca önem kazanmaktadır (Connor vd., 2001; Jenkins vd., 2014; Jones vd., 2015; Siebert vd., 2019; Wilson vd., 2015). Püskürme aktivitesi nadiren aktivite süresinin tümü boyunca eşit bir kuvvette gerçekleşmekte ve bir patlamanın paroksizmal fazı herhangi bir zamanda gelebilmektedir. Birtakım iyi bilinen volkanik patlama örneklerinden (örneğin, Krakatau 1883, St. Helens Dağı 1980 ve Pinatubo 1991) elde edilen sonuçlar düşük seviyeli volkanik faaliyetler başladıktan aylar sonra paroksizmal faza geçildiğini göstermiştir. Bu sebeple volkanik patlamaların kendi içinde bir uyarı sistemi olabileceği öngörülmüştür. Ancak Tom Simkin, Lee Siebert ve Paul Kimberly (2010) tarafından bu konu üzerinden incelenen 288 patlamanın yarısından fazlasının ilk hafta içinde doruğa ulaştığı, %40'tan fazlasının patlamanın ilk gününde zirveye ulaştığı, birkaç büyük patlamanın (örneğin, Tarawera 1886, Bandai-san 1888, Hekla 1947, Shiveluch 1964, Usu 1977) ise başladıktan sonraki birkaç saat içinde doruk noktasına ulaştığı anlaşılmıştır (Siebert vd., 2019).



Bir patlamanın kaplama alanı ise patlama ürünlerinin ve gecikmeli etkilerin yayıldığı alanı ifade etmektedir. Bir patlamanın kapladığı alan çoğunlukla yatay bir yayılımı ifade etse de malzemenin biriktiği alandaki kalınlıkta volkanik patlamanın kapladığı alanın konusudur. Volkanik patlamanın kapladığı alan toplulukların yaşam stratejilerini yoğun bir şekilde etkileme potansiyeline sahiptir. Topluluklar, değişken mesafelerden gelen kaynakları kullanmaktadır (Riede, 2019). Bu nedenle yerleşim yeri ve yakın çevresi doğrudan patlamadan zarar görmemiş olsa bile bu patlamalardan oldukça yoğun bir şekilde etkilenmiş olabilir. Örneğin hayvan türlerinin geçiş alanları volkanik malzeme nedeniyle değişebilir, tefra malzemesi tarım alanlarını veya toplayıcılık yapılan alanları örtebilir, volkanik kış gibi fenomenler ise iklimsel dengeleri alt üst edebilir (Arnalds, 2013; Edwards, 2005; Kockum vd., 2006). Bu nedenle volkanik patlamaların prehistorik toplulukları nasıl etkilediği başlığı için uzamsal boyut oldukça önemli bir veridir.

### **3.2. Demografi, Hiyerarşi, Sosyal Ağlar, Depolama, Ekonomi, Hareketlilik**

Volkan patlamalarının, ölçeklerine bağlı olarak insan toplulukları üzerinde ani veya uzun süreli demografik etkileri olduğu bilinmektedir (Barberi vd., 2008; Oppenheimer, 2011; Petraglia vd., 2012; Sbrana vd., 2020). Patlamanın etki alanı içinde yaşayan bir topluluğun ekolojisini yıkıma uğratan veya dönüştüren patlamaların ölüm ile açıklanacak bir demografik değişimle birlikte göçe zorlama yoluyla da demografik değişimlere neden olabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle topluluklar üzerinde patlamaların sosyal etkilerini ölçmek için demografik veriler önem kazanmaktadır.

Demografik bilginin sosyal etkiyi ölçmek için önemli olmasının altında yatan nedenlerden bir diğeri ise teorik bir çerçeve olarak risk yönetimi üzerinden tanımlanabilir. Karmaşıklık seviyesi daha yüksek toplulukların risk yönetimi konusunda daha iyi olabileceği düşünülebilir. Özellikle sosyal beyin hipotezi bu konuda temel bir çerçeve sunmaktadır. Sosyal beyin hipotezi insan beyninin karmaşık sosyal ilişki ve etkileşimler ağına odaklanmaktadır. Karşılaşılan sorunların yarattığı baskının sonucunda beyin gelişimi bu sosyal bağlarla doğrudan ilişki içerisinde gerçekleşmektedir (Dunbar, 2003). Dunbar'a göre neokorteks-beyin oranı ile beyin-vücut oranı sosyal karmaşıklıktan dolayı insanlarda olağanüstü bir yükseliş sergilemiştir (Pérez-Barbería vd., 2007). Yapılan karşılaştırmalı çalışmalar neokorteksin büyüklüğü ile sosyal ilişki becerileri arasında çok kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir (Pawłowski vd., 1998). Bu durum insan topluluklarının daha karmaşık sosyal düzenler yaratabilmesini sağlamıştır. Bu bağlamda araştırılan toplulukların patlamalar karşısında risk yönetimi, toplumsal kırılabilirliği ve etkilenme ölçeğini detaylı bir şekilde açıklayabilmenin yolu topluluklarının demografik yapısına dair detaylı bir bilgiye sahip olmayı zorunlu kılmaktadır.

Hiyerarşik düzenler ve sosyal ağlar ise volkanik afetlerden etkilenme oranını belirleyen diğer parametreler olarak tanımlanmıştır. Bu doğrultuda toplulukların sosyal yapıları risk yönetimi başlığını incelemek için temel bir görüğe olarak tanımlanabilir. Avcı toplayıcı göçer topluluklardan başlayarak Tunç çağlarının karmaşık topluluklarına kadar devam eden prehistorik zaman diliminde sosyal yapı birtakım dönüşümler geçirmiştir. Bu dönüşümler ile yeni sosyal parametreler ortaya çıkmış ve toplulukların sosyal yapısı giderek daha karmaşık bir hale gelmiştir. Bununla birlikte temel yaşam stratejileri doğrultusunda sınıflandırılan prehistorik toplulukların "avcı toplayıcı göçer", "yerleşik-üretim geçmiş" ve "karmaşık" gibi genel ayrımlarda ele alınmasının bu karmaşılaşan sosyal yapılar için birtakım genel fazları/safhaları ifade ettiğini söylemek yanlış olmayacaktır (Grøn, 1991). Bu kategoriler ise volkanik afetlerden toplulukların nasıl etkilenmiş olabileceğine dair ön görüler üretebilmeyi mümkün kılmaktadır. Toplulukların sınıflandırılması için kullanılan temel yaklaşım Elman Service (1975) tarafından üretilmiştir. Elman Service, çoğu toplumun dört temel siyasi örgüt tipinde sınıflandırılması gerektiğini öne sürmüştür: "grup (bands), kabile (tribe), şeflik (chiefdom) ve devlet (state)" (Service, 1975). Service'in ortaya koyduğu bu sınıflandırma tüm toplumlar için uygun ve terminolojik olarak güncel olmasa dahi toplulukların sosyal yapısını anlamaya çalışırken dönemler arası ayrımların

basit ve tutarlı bir formu olması açısından kullanışlı olabilmektedir (Renfrew ve Bahn, 2013). Renfrew ve Bahn çeşitli toplumsal grupların farklı sorulara ihtiyaç duyacağını belirtmekle birlikte bir topluluğun temel sosyal niteliklerini ele alabilmek için genel parametreler olduğunu da belirtmektedirler. Bu parametreler, nüfus, sosyal organizasyon, ekonomik organizasyon, yerleşim modeli, dini organizasyon, mimari, teknoloji ve depolama şeklinde sıralanabilir (Renfrew ve Bahn, 2013). Bu parametreler ise volkanik afetlerin sosyal etkilerini ölçmek için önemlidir. Ancak sosyal yapıyı daha detaylı bir şekilde tanımlayabilmek için toplumun/yerleşimin büyüklüğü, ölçeği/nüfusu, çevresindeki topluluklarla ilişkisi, tek/bağımsız yerleşme olup olmadığı, herhangi bir örgütlenme ağının parçası olup olmadığı, topluluğu oluşturan bireylerin toplum içindeki konumlanışı, statü, rütbe, prestij gibi hiyerarşik göstergelerin var olup olmadığı, toplumsal kimlik rolleri, uzmanlıklar ve iş bölümü gibi pek çok parametre ve bu doğrultuda çoğaltılabilir unsurlara ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu unsurlar neticesinde ortaya çıkan sonuçlar ise bu konu özelinde volkanik afetlere karşı prehistorik toplulukların risk yönetimi kapasitesini ve etkilenme ölçeklerini sosyal yönden tanımlamaya yardımcı olacaktır.

### 3.3. Laacher See ve Sunset Krater Örnekleri

Prehistorik yaşam biçiminin iki temel örneğini oluşturan avcı toplayıcı ve tarımcı topluluklar üzerine yapılan Laacher See ve Sunset Krateri çalışmaları paleososyal volkanoloji yaklaşımının çalışma prensiplerini tanımlayan temel örnekler olarak ele alınabilir. Pleistosen dönemin sonunda Almanya'nın kuzeyindeki Laacher See patlamasının göçer toplayıcı topluluklar üzerindeki etkisi paleososyal volkanoloji yaklaşımının alan çalışması olarak tanımlanabilir. Yaklaşık 13.000 yıl önce patlayan volkan Avrupa'nın kuzey bölümünü etkisi altına almış ve bölgede yaşayan ve Mousterien özellikleri gösteren aletler kullanan gruplar üzerinde demografik ve kültürel etkiler bırakmıştır (Riede, 2008; 2018). Volkanik patlamanın geniş etki alanı içindeki bölgede demografik kaymalar gözlemlenmiştir. Bu duruma neden olan temel etkenin tefra serpintileri ile ilişkili olduğu ve tefranın bölgedeki tatlı su kaynaklarını kirleterek bölgedeki temel av hayvanlarının yer değiştirmesine neden olduğu düşünülmektedir (Riede, 2018). Bu çerçevede ava bağımlı toplulukların av hayvanları nedeniyle yer değiştirdiği düşünülebilir. Buna ek olarak bölgedeki nüfus azalmasının yine volkanların insan vücudu üzerindeki etkileri ile alakalı olabileceği bu etkilerin çok dolaylı biçimlerde gerçekleşmiş olma ihtimali barındırdığı düşünülmektedir. Bölgedeki kültürel etkiler ise dönemin temel arkeolojik veri kaynağı olan taş aletler üzerinden incelenebilmektedir. Güney İskandinavya'nın geç buzul çağında Laacher See patlaması sonrasında ortaya çıkan Bromne ve Perstunian kültürleri; önceki dönemlerin kompozit alet teknolojisinde değişimler yaşandığını, ok ve yay teknolojisinin önceki dönemlere göre zayıfladığını göstermektedir. Gerek demografik gerek ise kültürel etkiler patlama merkezine nispeten uzak olan Güney İskandinavya'da yoğun bir şekilde hissedilmiştir (Riede, 2008). Bu durum volkanlar ve onların topluluklar üzerindeki etkilerini incelerken paradoksal bir durumu ortaya çıkarmakta ve diğer bölgelerdeki etkilere de bu açıdan bakmak gerekliliğini zaruri kılmaktadır.

Bir diğer örnek çalışma olan Sunset Krater patlaması ise Kuzey Amerika'nın tarımcı köy toplulukları dönemine tarihlenmektedir. Patlamanın etki alanı içinde kalan bölgede yapılan altyapı çalışmalarında birçok prehistorik yerleşim alanı tespit edilmiştir. Bu yerleşmeler ise siyah kül tabakası altında kilitlenmiş bir şekilde ortaya çıkarılmıştır (Elson, 2011). Bu sebeple bu çalışmada volkanologlar ile arkeologlar disiplinlerarası bir çalışma yürütmeye başlamıştır. Burada yapılan çalışmalar yoğun bir şekilde yerleşilen bölgede değişen çevresel koşullar nedeniyle bir terk etme süreci başladığını ve patlama öncesinde tarımsal faaliyetlere uygun olmayan kuru alçak bölgelerde nem tutan volkanik malzeme örtüsü oluştuğunu ve bu alanda yerleşime uygun alanlar açılmasına neden olduğunu ortaya koymuştur. Daha öncesinde istikrarlı bir tarımcı köy hayatı yaşayan topluluğun patlama sonrasında kısa bir süre içinde alçaktaki bu yeni yerleşim alanlarına taşındığı, bir popülasyon patlaması ile zenginleştiği ve Kuzey Amerika'nın en büyük tarımcı topluluklarından birini oluşturduğu ortaya çıkmıştır (Elson, 2007).

Bu hızlı adaptasyonun ise sosyal hiyerarşilerin hane düzeyindeki yapısı ile ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Bu sosyal düzen yeni alanlara yerleşmek veya sorunlu alanları terk etmek konusunda hanelerin kullanabileceği her türlü aracı kendi inisiyatifinde tutmasından yani sosyal düzendeki yetki dağılımının parçalı olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır (Riede vd., 2020).

Her iki çalışma da arkeolojinin tek başına cevap bulamayacağı değişim ve/veya gelişim süreçleri için farklı disiplinlerin uzmanlıklarına ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır. Anomali olarak tanımlanabilecek birtakım kültürel değişimler volkanolojinin ortaya koyduğu sonuçlar ile açıklanabilmektedir. Bu örnekler volkan patlamalarının etki alanı içindeki topluluklar için volkanların itici veya çekici bir faktör olarak tanımlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu tanımlama ise ancak volkanolojinin arkeolojik çalışmalarda sistematik bir unsur olarak dahil edilmesi ile mümkün olabilecektir. Paleososyal volkanoloji prehistorik arkeoloji çalışmalarında toplumların kültürel süreçlerini anlamak için kullanılan taş aletler, çanak çömlekler, mimari unsurlar, ölü gömme adetleri gibi bazı başlıkların yanına eklenebilir. Bu durumda paleososyal volkanoloji sınırları, yöntemi ve odağı belli bir sistematik yaklaşım örneği olarak arkeolojik çalışmalara volkanoloji meselesine dahil edebilmek adına önem kazanmaktadır.

#### 4. TARTIŞMA

Paleososyal volkanoloji arkeolojik çalışmalara volkanların etkilerini ölçmek adına bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yaklaşım dahilinde volkanik etkinin şematik bir modellemesi mümkün olmaktadır. Buna ek olarak paleososyal volkanoloji toplam etkinin sosyal başlıklardaki olası karşılıkları için bir göstergeler bütünü ortaya koymaktadır. Paleososyal volkanoloji yaklaşımı arkeolojik malzeme olarak tanımlanan unsurlara (taş alet, çanak çömlek, mimari öğeler, ölü gömme gibi...) çevresel koşullarla ilişkili bir eklenti olmakla birlikte çevresel koşulların sosyal etkileri açısından olası bir açıklama sunmaktadır. Ancak paleososyal volkanolojinin çizdiği sınırlar ancak bir etkinin ölçülmesi için yapılacak bir çalışmada başlangıç noktası olarak ele alınabilir. Çünkü bir topluluğu oluşturan her bir sosyal unsur volkanik patlamalar gibi yaratıcı ve dönüştürücü etkileri çok yüksek afetler odağında birtakım değişkenlikler gösterecek olsa da sosyal yaşamın her yönünü içerecektir. Bu bağlamda paleososyal volkanolojinin tanımladığı sosyal unsurlar bir araştırma modeli için gerekli olan temel soruları kapsamaktadır.

Ancak her topluluk için mevzubahis unsurların önemi değişkendir. Bu biçimiyle prehistorik toplulukların volkanik patlamalar ve onların ürettiği afetlere verdiği tepkilerde bir kalıp olduğunu düşünmeden çalışma özelinde sorulara da ihtiyaç duyulacağı açıktır. Bu ihtiyaç arkeolojide modellemeci yaklaşımların insan topluluklarının karmaşık sosyal unsurlarını açıklama çabası içinde indirgeyici özellikler taşıdığı kabulü ile ilişkilidir. Bu duruma neden olan temel sorun ise her modellemenin bazı katı genellemeler içeriyor olmasından kaynaklanmaktadır. Modellemeci yaklaşımlar insan topluluklarının kasıtsız sosyal eylemlerini, farklı amaçlar adına benzer eylemlerini, benzer amaçlar adına farklı eylemlerini yani diğer olasılıkları göz ardı etmek durumundadır. Bu sebeple paleososyal volkanoloji çalışılan toplulukların özgün karakteri üzerinden tasarlanmak durumundadır. Bu bağlamda paleososyal volkanoloji arkeolojik çalışmalarda volkanik afetlerin sosyal etkilerini açıklamak için bir formül olarak değil olası sosyal etkiler için bir örnek olarak tanımlanmalıdır. Paleososyal volkanolojinin sosyal etkiler başlığı altındaki temel faydası ise arkeolojik çalışmalarda bu etkinin araştırma tasarımı içerisine nasıl eklenebileceğini gösteriyor olmasından gelmektedir. Buna ek olarak paleososyal volkanoloji volkanizma çalışmalarının nicel doğası ile arkeolojinin niteliksel doğası arasında sistematik bir köprü kurabilecek temel unsurları tanımlıyor olması dolayısıyla önem kazanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akdeniz, E. (2011). Some Evidence On The First Known Residents Of Katakekaumene (Burned Lands). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 11(1), 69-74.
- Allibone, R., Cronin, S. J., Charley, D. T., Neall, V. E., Stewart, R. B., Oppenheimer, C. (2012). Dental fluorosis linked to degassing of Ambrym volcano, Vanuatu: A novel exposure pathway. *Environmental Geochemistry and Health* 34(2), 155-170, <https://doi.org/10.1007/s10653-010-9338-2>
- Anda, M., Suparto, S. (2016). Characteristics of pristine volcanic materials: Beneficial and harmful effects and their management for restoration of agroecosystem. *Science of the Total Environment*, (543), 480-492, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.157>
- Arnalds, O. (2013). The influence of volcanic tephra (ash) on ecosystems. In: Sparks D (ed) *Advances in Agronomy* 121, 1. Baskı. Academic Press Inc. Cambridge, pp 331-380.
- Atici, G., Türkecan, A. (2017). Anadolu'nun Volkanları. *Doğal Kay. ve Eko. Bül*, 22(1), 1-18.
- Barberi, F., Davis, M. S., Isaia, R., Nave, R., Ricci, T. (2008). Volcanic risk perception in the Vesuvius population. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3), 244-258. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.011>
- Barclay, J., Haynes, K., Houghton, B., Johnston, D. (2015). Social Processes and Volcanic Risk Reduction. In: Sigurdsson H (Ed) *The Encyclopedia of Volcanoes*. Elsevier, London, pp 1203-1214
- Bartlett, J. D., Dwyer, S. E., Beniash, E., Skobe, Z., Payne-Ferreira, T. L. (2005). Fluorosis: A New Model and New Insights. *Journal of Dental Research*, 84(9), 832-836. <https://doi.org/10.1177/154405910508400910>
- Bell, A. F., Naylor, M., Main, I. G. (2013). The limits of predictability of volcanic eruptions from accelerating rates of earthquakes. *Geophysical Journal International*, 194(3), 1541-1553. <https://doi.org/10.1093/gji/ggt191>
- Blong, J. R. (1984). *Volcanic Hazards: A Sourcebook on the Effects of Eruptions*. Elsevier. London
- Brown, S.K., Loughlin, S.C., Sparks, R.S.J., Vye-Brown, C. et al. (2015). Global volcanic hazards and risk: Technical background paper for the Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015. Global Volcano Model and IAVCEI.
- Bunz, M. (2008). The quest for anthropological relevance: Borgesian maps and epistemological pitfalls. *American Anthropologist*, 110(1), 53-60. <https://doi.org/10.1111/j.1548-1433.2008.00008.x>
- Cannavò, F., Nunnari, G. (2016). On a Possible Unified Scaling Law for Volcanic Eruption Durations. *Scientific Reports*, (6), 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep22289>
- Cashman, K. V., Cronin, S. J. (2008). Welcoming a monster to the world: Myths, oral tradition, and modern societal response to volcanic disasters. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(3), 407-418. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2008.01.040>
- Cessford, C. (2005). Absolute Dating at Çatalhöyük. In: Hodder I (ed.), *Changing materialities at Çatalhöyük: reports from the 1995–99 seasons*. 1. Baskı, British Institute at Ankara, Ankara, pp 65-100

Chester, D. K., Duncan, A. M., Dibben, C. J. L. (2008). The importance of religion in shaping volcanic risk perception in Italy, with special reference to Vesuvius and Etna. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3-4), 216-228. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.009>

Cioni, R., Gurioli, L., Lanza, R., Zanella, E. (2004). Temperatures of the A.D. 79 pyroclastic density current deposits (Vesuvius, Italy). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(2), 1-18. <https://doi.org/10.1029/2002jb002251>

Cole-Dai, J. (2010). Volcanoes and climate. *WIREs Climate Change* 1(6), 824-839. <https://doi.org/10.1002/wcc.76>

Connor, C. B., Hill, B. E., Winfrey, B., Franklin, N. M., Femina, P. C. L. (2001). Estimation of Volcanic Hazards from Tephra Fallout. *Natural Hazards Review*, 2(1), 33-42. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2001\)2:1\(33\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2001)2:1(33))

Cooper, J., Sheets, P. (2012). *Surviving Sudden Environmental Change: Answer From Archaeology*. University Press of Colorado, Denver. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1wn0rbs>

Cronin, S. J., Gaylord, D. R., Charley, D., Alloway, B. V., Wallez, S., Esau, J. W. (2004). Participatory methods of incorporating scientific with traditional knowledge for volcanic hazard management on Ambae Island, Vanuatu. *Bulletin of Volcanology*, 66(7), 652-668. <https://doi.org/10.1007/s00445-004-0347-9>

D'Alessandro, W. (2006). Human fluorosis related to volcanic activity: a review. *Environmental Toxicology*, (10), 21-30. <https://doi.org/10.2495/ETOX060031>

Dan-Cohen, T. (2017). Epistemic artefacts: on the uses of complexity in anthropology. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, 23(2), 285-301. <https://doi.org/10.1111/1467-9655.12607>

del Moral, R., Grishin, S. Y. (1999). Volcanic Disturbances and Ecosystem Recovery. In: Walker RL (ed.), *Ecosystems of Disturbed Ground*, 1. Baskı, Elsevier, London, pp 137-160.

Dingwell, D. B., Lavallée, Y., Kueppers, U. (2012). Volcanic ash: A primary agent in the Earth system. *Physics and Chemistry of the Earth*, (45), 2-4. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.007>

Donovan, K. (2010). Doing social volcanology: Exploring volcanic culture in Indonesia. *Area* 42(1), 117-126. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2009.00899.x>

Dunbar, R. I. M. (2003). The social brain: Mind, language, and society in evolutionary perspective. *Annual Review of Anthropology*, (32), 163-181. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.32.061002.093158>

Eberhart-Phillips, D., Bannister, S., Reyners, M. (2020). Attenuation in the mantle wedge beneath super-volcanoes of the Taupo Volcanic Zone, New Zealand. *Geophysical Journal International*, 220(1), 703-723. <https://doi.org/10.1093/gji/ggz455>

Edwards, J. S. (2005). Animals and volcanoes: Survival and revival. In: Marti J (ed) *Volcanoes and the Environment* Cambridge University Press., Cambridge, pp 250-272. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511614767.010>

Elson, M. D. (2011). Sunset Crater Archaeology: The History of a Volcanic Landscape: Prehistoric Settlement in the Shadow of the Volcano In: Elson D (Ed.). *Anthropological Papers No:37* Center for Desert Archaeology.

Elson, M. D., Ort, M. H., Anderson, K. C., & Heidke, J. M. (2007). Living with the Volcano: The 11th Century AD Eruption of Sunset Crater. In: Grattan J & Torrence R (Ed.), *Living Under the Shadow*, Routledge, pp 107-132.

Fisher, R. V., Orsi, G., Ort, M., Heiken, G. (1993). Mobility of a large-volume pyroclastic flow - emplacement of the Campanian ignimbrite, Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 56(3), 205-220. [https://doi.org/10.1016/0377-0273\(93\)90017-L](https://doi.org/10.1016/0377-0273(93)90017-L)

Flueck, W. T., Smith-Flueck, J. A. M. (2013). Severe dental fluorosis in juvenile deer linked to a recent volcanic eruption in Patagonia. *Journal of Wildlife Diseases*, 49(2), 355-366. <https://doi.org/10.7589/2012-11-272>

Frogner Kockum, P. C., Herbert, R. B., Gislason, S. R. (2006). A diverse ecosystem response to volcanic aerosols. *Chemical Geology*, 231(1-2), 57-66. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2005.12.008>

Gould, R. A. (2007). *Disaster archaeology*. University of Utah Press, Salt Lake City

Grattan, J., Torrence, R. (2003) *Natural Disasters and Cultural Change*. Routledge. Oxfordshire. <https://doi.org/10.4324/9780203165102>

Griffith, R. W. (2000). The Dynamics of Lava Flows. In: Lumley JL, Van-Dyke M, Reed HL (ed) *Annu. Rev. Fluid Mech* 32, 1. Baskı. Cambridge University Press, Cambridge, pp 477-518

Gunn, L. S., Blake, S., Jones, M. C., Rymer, H. (2014). Forecasting the duration of volcanic eruptions: An empirical probabilistic model. *Bulletin of Volcanology*, 76(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00445-013-0780-8>

Haynes, K., Barclay, J., Pidgeon, N. (2008). Whose reality counts? Factors affecting the perception of volcanic risk. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 172(3-4), 259-272. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.012>

Hickson, C., Spurgeon, T. C., Tilling, R. I. (2013). Eruption Types (Volcanic Eruptions) In: Bobrowsky PT (ed) *Encyclopedia of Natural Hazards*, 2. Baskı, Springer Netherlands, Amsterdam, pp 290-293 <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4>

Hodder, I. (2004). *Theory and Practice in Archaeology*. Routledge. Oxfordshire <https://doi.org/10.4324/9780203645307>

Horwell, C. J., Baxter, P. J., Kamanyire, R. (2015). Health impacts of volcanic eruptions. In: Loughlin CS (ed) *Global Volcanic Hazards and Risk*, 1. Baskı, Cambridge University Press, Cambridge, pp 289-294. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316276273.015>

Jenkins, S. F., Spence, R. J. S., Fonseca, J. F. B. D., Solidum, R. U., Wilson, T. M. (2014). Volcanic risk assessment: Quantifying physical vulnerability in the built environment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 276, 105-120. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.03.002>

Jenkins, S., Komorowski, J. C., Baxter, P. J., Spence, R., Picquout, A., Lavigne, F., (2013). The Merapi 2010 eruption: An interdisciplinary impact assessment methodology for studying pyroclastic density current dynamics. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 261, 316-329. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.02.012>

Jones, R., Manville, V., Andrade, D. (2015). Probabilistic analysis of rain-triggered lahar initiation at Tungurahua volcano. *Bulletin of Volcanology*, 77(68), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s00445-015-0946-7>

Kayan, İ. (1992). Demirköprü Baraj Gölü Batı Kıyısında Çakallar Volkanizması ve Fosil İnsan Ayak İzleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 6, 1-32.

Kaygılı, S., Sinanoğlu, D., Aksoy, E., Sasmaz, A. (2018). Geoturizm: Some Examples from Turkey. Вісник Дніпропетровського університету. *Геологія, географія* 26(1), 79-87. <https://doi.org/10.15421/111809>

Kilburn, C. R. J. (2015). Lava Flow Hazards and Modeling. In: Sigurdsson H (ed) The Encyclopedia of Volcanoes, 1. Baskı, Elsevier, London, pp 957-969 <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385938-9.00055-9>

Liritzis, I., Westra, A., Miao, C. (2019). Disaster Geoarchaeology and Natural Cataclysms in World Cultural Evolution: An Overview. *Journal of Coastal Research* 35(6), 1307-1330 <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-19-00035.1>

Lowe, J., Barton, N., Blockley, S., Ramsey, C. B., Cullen, V. L., Davies, W., Gamble, C., Grant, K., Hardiman, M., Housley, R., Lane, C. S., Lee, S., Lewis, M., MacLeod, A., Menzies, M., Müller, W., Pollard, M., Price, C., Roberts, A. P., Tzedakis, P. C. (2012). Volcanic ash layers illuminate the resilience of Neanderthals and early modern humans to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(34), 13532-13537. <https://doi.org/10.1073/pnas.1204579109>

Mouralis, D., (2003). Les complexes volcaniques quaternaires sur les paysages de Cappadoce (Göllüdag et Acigöl - Turquie): évolutions morphodynamiques et implications environnementales. Doktora Tezi, Université Paris

Neri, A., Ongaro, T. E., Voight, B., Widiwijayanti, C. (2015). Pyroclastic Density Current Hazards and Risk. In: Shroder FJ, Papale P (ed) Volcanic Hazards, Risks and Disasters, 1. Baskı, Elsevier, London, pp. 109-140. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396453-3.00005-8>

Newhall, C. G., Self, S. (1982). The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research*, 87(2), 1231-1238. <https://doi.org/10.1029/jc087ic02p01231>

Oppenheimer, C. (2011). Eruptions that Shook the World. Cambridge University Press, Cambridge <https://doi.org/10.1017/CBO9780511978012>

Ozansoy, F. (1969). Türkiye Pleistosen Fosil İnsan Ayak İzleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 72, 204-212.

Papale, P., Eichelberger, J. C., Loughlin, S., Nakada, S., Yepes, H. (2015). Introduction. In: Shroder FJ, Papale P (ed) Volcanic Hazards, Risks and Disasters, 1. Baskı. Elsevier. London, pp xxi-xxv. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396453-3.02001-3>

Passarelli, L., Brodsky, E. E. (2012). The correlation between run-up and repose times of volcanic eruptions. *Geophysical Journal International* 188(3), 1025-1045. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2011.05298.x>

Paton, D., Smith, L., Daly, M., Johnston, D. (2008). Risk perception and volcanic hazard mitigation: Individual and social perspectives. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 172(3-4), 179-188. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2007.12.026>

Pawłowski, B., Lowen, C. B., Dunbar, R. I. M. (1998). Neocortex Size, Social Skills and Mating Success in Primates. *Behaviour*, 135(3), 357-368. <https://doi.org/10.1163/156853998793066285>

Payne, R. J., Egan, J. (2019). Using palaeoecological techniques to understand the impacts of past volcanic eruptions. *Quaternary International*, 499, 278-289. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.12.019>

Pendea, I. F., Harmsen, H., Keeler, D., Zubrow, E. B. W., Korosec, G., Ruhl, E., Ponkratova, I., Hulse, E. (2016). Prehistoric human responses to volcanic tephra fall events in the Ust-Kamchatsk region, Kamchatka Peninsula (Kamchatsky Krai, Russian Federation) during the middle to late Holocene (6000–500 cal BP). *Quaternary International*, 394, 51-68. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.033>

Pérez-Barbería, F. J., Shultz, S., Dunbar, R. I. M. (2007). Evidence For Coevolution Of Sociality And Relative Brain Size in Three Orders Of Mammals. *Evolution*, 61(12), 2811-2821. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2007.00229.x>

Petraglia, M. D., Korisettar, R., Pal, J. N. (2012). The Toba volcanic super-eruption of 74,000 years ago: Climate change, environments, and evolving humans. *Quaternary International*, 258, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.12.001>

Pyle, D. M. (2015). Sizes of Volcanic Eruptions. In: Sigurdsson H (ed) *The Encyclopedia of Volcanoes*. 1. Baskı. Elsevier, London, pp 257-264 <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385938-9.00013-4>

Renfrew, C., Bahn, P. (2013). *Archaeology: The Key Concepts*. Routledge. Oxfordshire <https://doi.org/10.4324/9780203491096>

Riede, F. (2008). The Laacher See-eruption (12,920 BP) and material culture change at the end of the Allerød in Northern Europe. *Journal of Archaeological Science*, 35(3), 591-599. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.05.007>

Riede, F. (2019). Doing palaeo-social volcanology: Developing a framework for systematically investigating the impacts of past volcanic eruptions on human societies using archaeological datasets. *Quaternary International*, 499, 266-277. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.027>

Riede, F., Sauer, F., & Hoggard, C. (2018). Rockshelters and the impact of the Laacher See eruption on Late Pleistocene foragers. *Antiquity*, 92(365). <https://doi.org/10.15184/aqy.2018.217>

Robock, A. (2000). Volcanic eruptions and climate. *Reviews of Geophysics*, 38(2), 191-219. <https://doi.org/10.1029/1998RG000054>

Ross, J. C., Steadman, S. R. (2017). *Ancient Complex Societies*. Routledge. Oxfordshire. <https://doi.org/10.4324/9781315305639>

Sbrana, A., Cioni, R., Marianelli, P., Sulpizio, R., Andronico, D., Pasquini, G. (2020). Volcanic evolution of the Somma-Vesuvius Complex (Italy). *Journal of Maps* 16(2), 137-147. <https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1706653>

Schmitt, A. K., Danišik, M., Aydar, E., Şen, E., Ulusoy, I., Lovera, O. M. (2014). Identifying the volcanic eruption depicted in a Neolithic painting at Çatalhöyük, Central Anatolia, Turkey. *PLoS ONE*, 9(1), 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084711>

Scuderi, L. A. (1990). Tree-ring evidence for climatically effective volcanic eruptions. *Quaternary Research*, 34(1), 67-85. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(90\)90073-T](https://doi.org/10.1016/0033-5894(90)90073-T)

Service, E. (1975). *Origins of the state and civilization: the process of cultural evolution*. W. W. Norton & Company, New York.

Siebert, L., Simkin, T., Kimberly, P. (2019). *Volcanoes of the World*. University of California Press, Berkeley. <https://doi.org/10.1525/9780520947931>

Sigurdsson, H. (2015). Volcanoes in Art. In: Sigurdsson H (ed) *The Encyclopedia of Volcanoes* 1. Baskı. Elsevier. London, pp 1321-1343 <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385938-9.00077-8>

Stewart, C., Johnston, D. M., Leonard, G. S., Horwell, C. J., Thordarson, T., Cronin, S. J. (2006). Contamination of water supplies by volcanic ashfall: A literature review and simple impact modelling. *Journal of*



*Volcanology and Geothermal Research*, 158(3-4), 296-306.  
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2006.07.002>

Şahoğlu, V., Sterba, J. H., Katz, T., Çayır, Ü., Gündoğan, Ü., Tyuleneva, N., Tuğcu, İ., Bichler, M., Erkanal, H., Goodman-Tchernov, B. N. (2022). Volcanic ash, victims, and tsunami debris from the Late Bronze Age Thera eruption discovered at Çeşme-Bağlararası (Turkey). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119(1), 1-8. <https://doi.org/10.1073/pnas.2114213118>

Tekkaya, İ. (1976). İnsanlara ait fosil ayak izleri. *Yeryuvarı ve İnsan*, 1, 8-10.

Tokarev, P. I. (1985). The prediction of large explosions of andesitic volcanoes. *Journal of Geodynamics* 3(3), 219-244. [https://doi.org/10.1016/0264-3707\(85\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0264-3707(85)90036-5)

Türkecan, A. (2015). Türkiye'nin Kuvaterner Yaşlı Volkanları. In: Akıllı H, Çalık A, Sümer ÖE, Şen P, Yavaş F (ed) MTA 80. Yıl Sempozyumu Genişletilmiş Bildiri Özetleri Kitabı. 1. Baskı, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, pp 9-15

Ulusoy, İ., Sarıkaya, M. A., Schmitt, A. K., Şen, E., Danişık, M., Gümüş, E. (2019). Volcanic eruption eye-witnessed and recorded by prehistoric humans. *Quaternary Science Reviews*, 212, 187-198. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.03.030>

Wilson, G., Wilson, T. M., Deligne, N. I., Cole, J. W. (2014). Volcanic hazard impacts to critical infrastructure: A review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 286, 148-182. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2014.08.030>

Wilson, T., Cole, J., Cronin, S., Stewart, C., Johnston, D. (2011). Impacts on agriculture following the 1991 eruption of Vulcan Hudson, Patagonia: Lessons for recovery. *Natural Hazards*, 57(2), 185-212. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9604-8>

Wilson, T. M., Jenkins, S., Stewart, C. (2015). Impacts from Volcanic Ash Fall. In: Shroder FJ, Papale P (ed) *Volcanic Hazards, Risks and Disasters*, 1. Baskı. Elsevier. London, pp 47-86. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396453-3.00003-4>

Zielinski, G. A. (2000). Use of paleo-records in determining variability within the volcanism-climate system. *Quaternary Science Reviews*, 19(1-5), 417-438. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00073-6)

Zielinski, G. A. (2002). Climatic Impact of Volcanic Eruptions. *The Scientific World Journal*, 2, 869-884. <https://doi.org/10.1100/tsw.2002.83>