BUZULALTI VOLKANİZMASINA BİR ÖRNEK: EYJAFJALLAJÖKULL VOLKANI (İZLANDA)

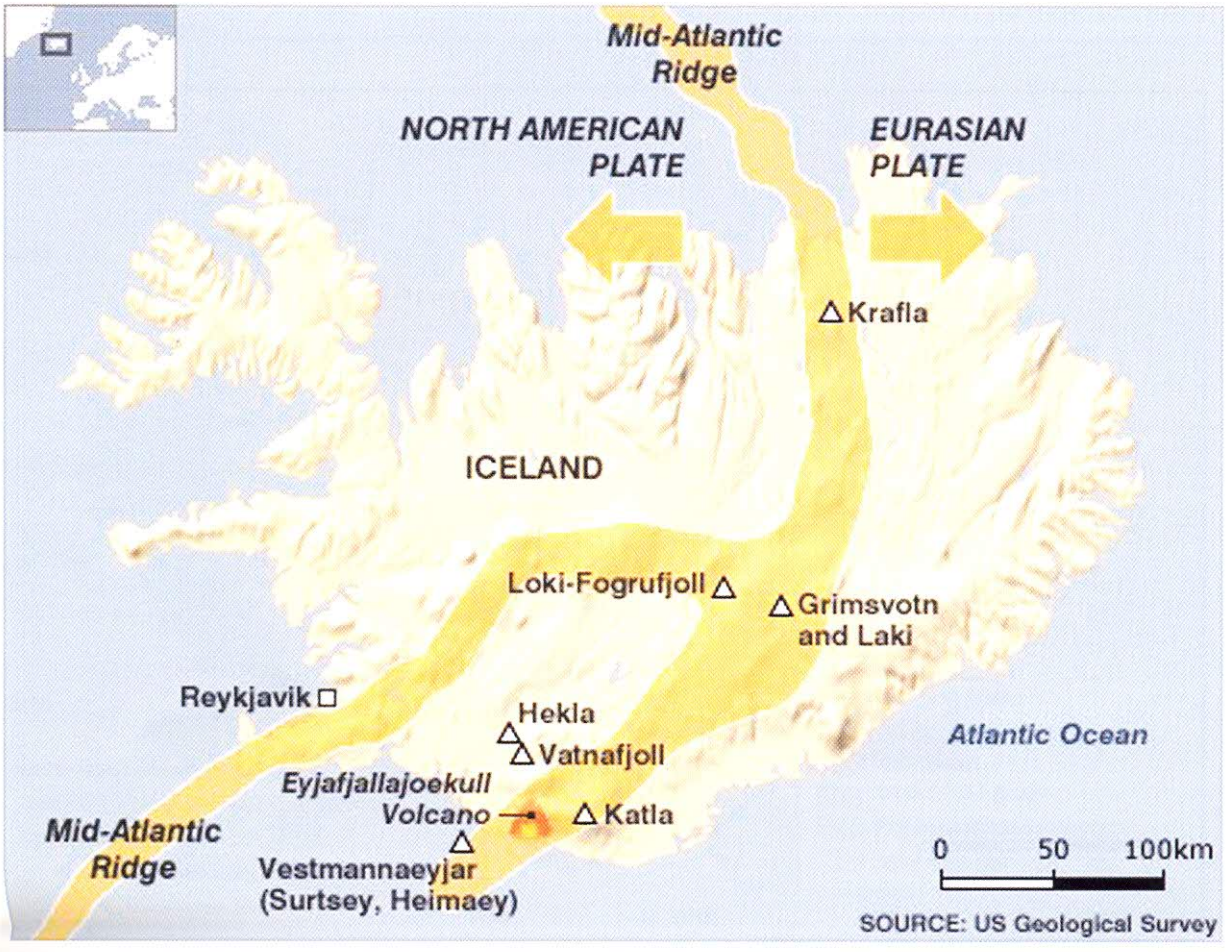


Ahmet TÜRKECAN
MTA Genel Müdürlüğü
Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı
Türkiye Volkanoloji ve Arz içi Kimyası
Komisyonu Başkanı
(e-posta: turkecan@mta.gov.tr)

2010 yılının Mart ayında dünyamız üzerinde örneklerini çok sık yaşamadığımız bir volkanik faaliyet meydana geldi. İzlanda'da bir buzulaltı volkanı olan Eyjafjallajökull volkanının faaliyete geçmesi, özellikle Avrupa hava trafiğini altüst ederek dikkatleri bu volkanik faaliyetin üzerine topladı. İzlanda, buzulaltı volkanik faaliyetlerin en çok görüldüğü alandır.

2010 yılının Mart ayında dünyamız üzerinde örneklerini çok sık yaşamadığımız bir volkanik faaliyet meydana geldi. İzlanda'da bir buzulaltı volkanı olan Eyjafjallajökull volkanının faaliyete geçmesi, özellikle Avrupa hava trafiğini altüst ederek dikkatleri bu volkanik faaliyetin üzerine topladı. İzlanda, buzulaltı volkanik faaliyetlerin en çok görüldüğü alandır. Yerküremizdeki buzulaltı faaliyetlerin %83'ü İzlanda'da gözlenmiştir. Adada her 5-10 yılda bir meydana gelen patlamaların yarıdan fazlası buzulaltı volkanik faaliyetleridir. Ürünleri ise daha çok bazaltik lav ve tefralardan oluşur. Nitekim Eyjafjallajökull volkanının 2010 yılı patlamasından 5 yıl önce, İzlanda'da Grimsvötn volkanı 1 Kasım 2004 ile 6 Kasım 2004 tarihleri arasında püskürmüştür. Püskürme freatomagmatik bir aktivite şeklinde olmuştur. Buzul örtü eriyerek 1 km çapında dairesel bir boşluk oluşturmuş, siyah kül ve buz parçaları kraterin 1 km üstüne fırlatılmıştır. Ancak, lav çıkışı gözlenmemiştir. Püskürme kolonu ile 2-4 km yüksekliğe taşınan tefralar, püskürme merkezi etrafında piroklastik çökelleri oluşturmuş, kül döküntüleri Vatnajokull buzul örtüsü ile kaplı alanla sınırlı kalmıştır. Püskürme sırasında Vatnajokull buzulunun dışında büyük bir alanda hava trafiği altüst olmuştur.

İzlanda, Atlantik Okyanusu Ortası Sırtının kuzeyinde, Kuzey Atlantik Sırtı (KAS) üzerinde yer alan bir ada ülkesidir (Şekil 1). İzlanda, Atlantik Okyanus Ortası Sırtı'nın suyüzüne çıktığı yer oluşu nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. KAS adanın hemen hemen ortasından geçmekte olup, ada



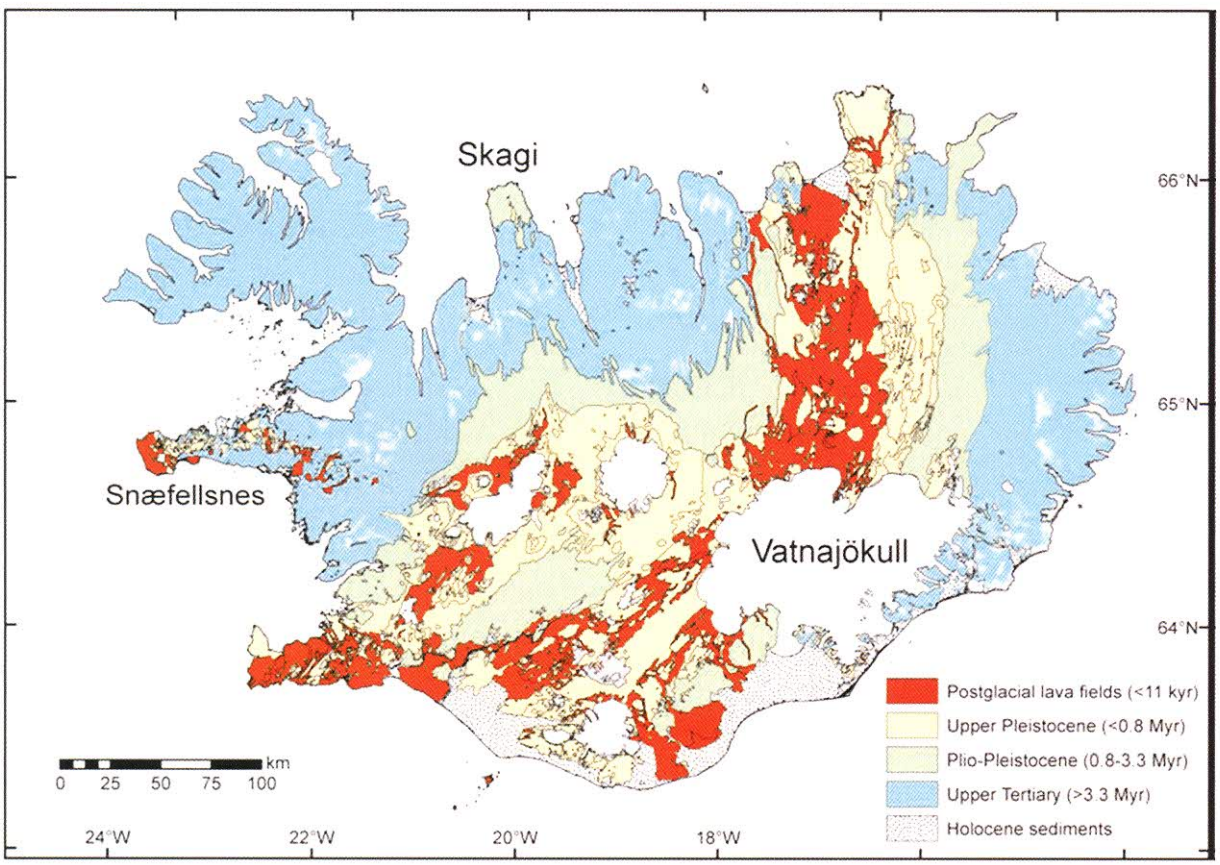
Şekil-1 Atlantik Ortası Sırt ve levha sınırları (http://www.volcanodiscovery.com/en/iceland.html)

Kuzey Amerika ile Avrasya kıtalarının levha sınırları üzerindedir. Bölgede Atlantik Okyanus Ortası Sırtı günümüzden yaklaşık 60 my önce oluşmaya başlamıştır. Kuzey Amerika Kıtası batıya, Avrasya Kıtası ise doğuya doğru her yıl 1 cm hızla hareket etmektedir.

Okyanusların içinde, okyanus ortası sırtlar boyunca birbirinden uzaklaşan levhaların sınırlarından yükselen magma, sürekli olarak bazaltik deniz tabanını oluşturmaktadır. Ancak okyanus ortasındaki levha sınırlarından çıkan magmanın, okyanus içinde binlerce metre kalınlığındaki adaları oluşturması pek olanaklı görülmemektedir. Bu nedenle İzlanda'nın oluşumunda mantodan yükselen magmanın oluşturduğu, sıcak nokta (hotspot) olarak isimlendirilen bir sistemin de etkin olduğu araştırmacılar tarafından savlanmaktadır.

İzlanda'nın kabuk yapısı Atlantik Okyanus Ortası Sırtından farklı olup, bu da İzlanda manto sorgucunun aşırı derecede eriyerek etkin olmasına bağlanmaktadır. Güncel sismik verilerden elde edilen bilgilere dayanarak, İzlanda'nın altında kıyılarda yaklaşık 15 km, İzlanda'nın merkezinde ise 40 km olan, kalın ve göreceli olarak soğuk bir kabuğun varlığı tartışılmaktadır (1).

İzlanda çok genç bir ada olup, Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayaçlardan oluşmuştur (Şekil 2). En eski kayaçlar 25 my yaşlı olup, adanın batı kıyısında su yüzünde gözükenler 16 My önce oluşmuşlardır. Adada jeolojik olarak 3 ana dönem ayrılabilir: Tersiyer yaşlı bazaltlar (16-3.3 My), Pliyosen-Pleyistosen yaşlı birimler (3.3-0.7 My) ve Geç Pleyistosen yaşlı birimler (<0,7 My).



Şekil-2 İzlanda'nın jeoloji haritası (6)

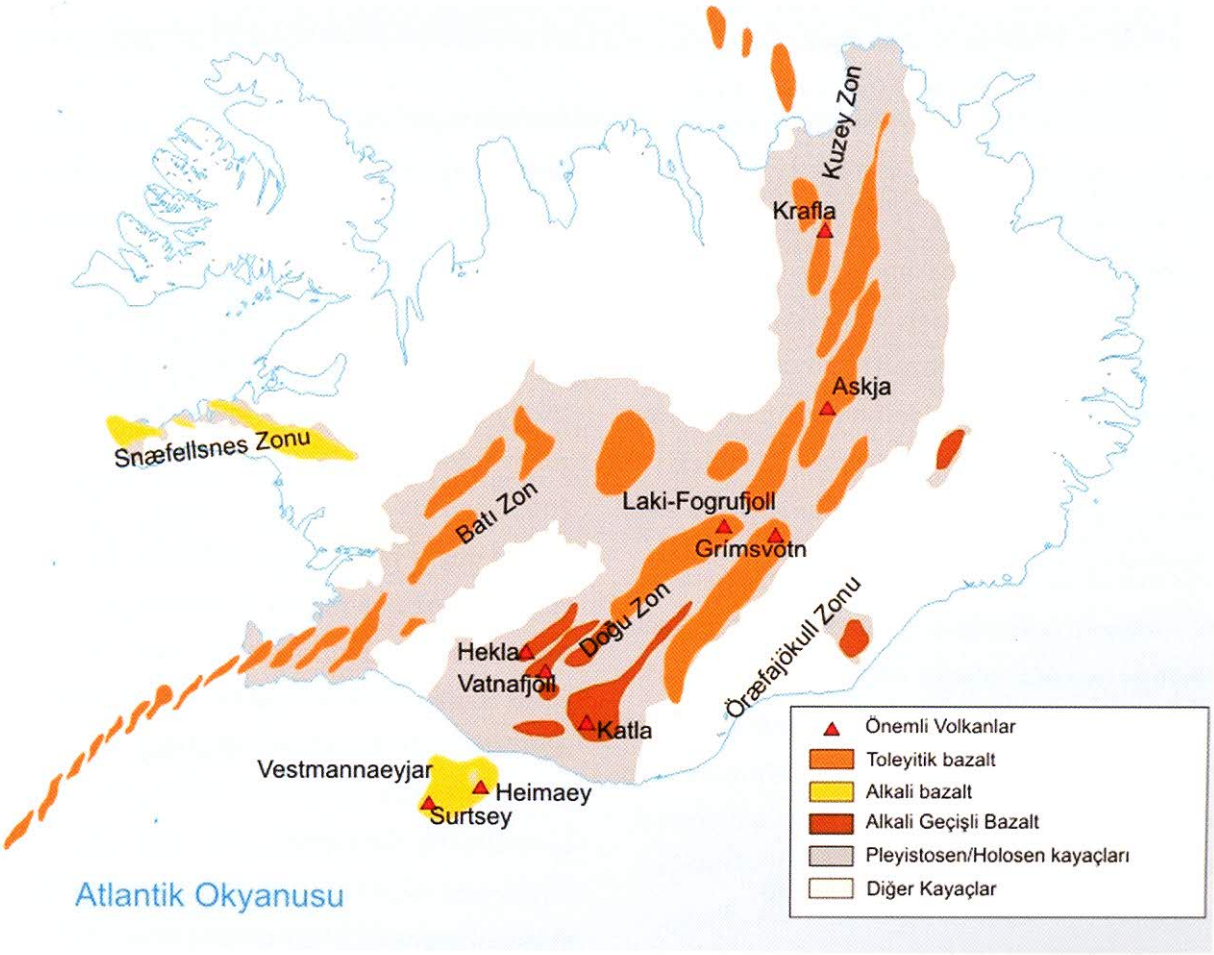
İzlanda volkanitleri esas olarak doğu, batı ve kuzey olmak üzere üç ana volkanik kuşak üzerinde yerleşmişlerdir (3) (Şekil 3). Bu üç kuşak ortada birleşmektedirler. Ayrıca doğuda ve batıda Öraefajölkull ve batıda Snaefellsness zonlarından oluşan iki de levha içi kuşak bulunmaktadır.

İzlanda'nın volkanizması olağandışı özel jeolojik ve klimatolojik koşullar nedeniyle bir okyanusal ada için çeşitlilik gösterir. Neredeyse yeryüzünde bilinen tüm volkan çeşitleri ile patlama stillerinin özelliklerini burada görmek mümkündür. Yukarıda sözü edilen kuşaklar çeşitli bileşimlerde püskürme ürünlerini içerir. Volkanik rift zonu toleyitlerden oluşurken yan kuşak alkali karakterlidir.

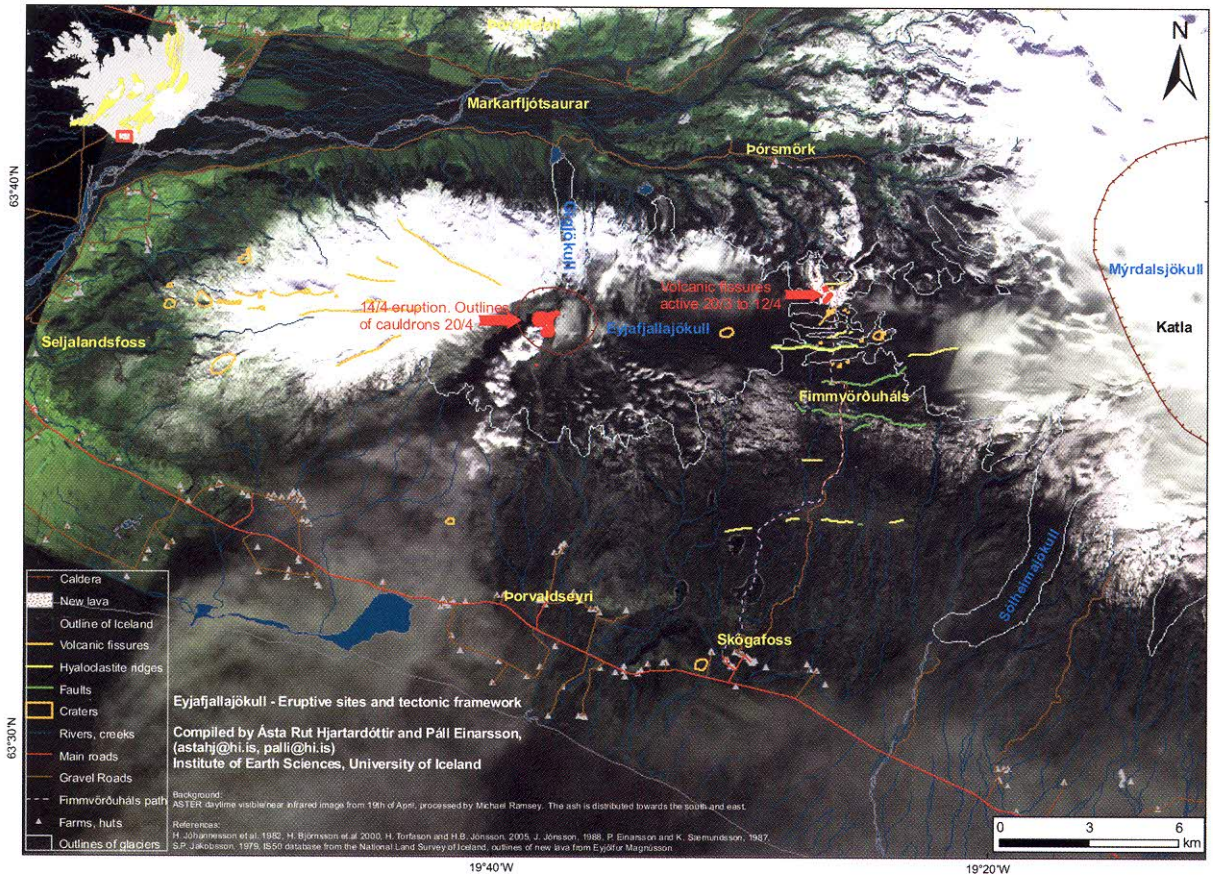
2010 püskürmesi ile Eyjafjallajökull volkanizması

Eyjafjallajökull İzlanda'nın güneyindeki küçük buzul örtülerinden birisidir. Buzul örtünün altında yer alan Eyjafjallajökull volkanı, Doğu Volkanik Kuşak üzerinde bulunmakta olup, stratovolkan özelliklerine sahiptir (Şekil 4). Buzul örtü 100 km^2 lik bir alan kaplar. En yüksek noktası 1661 m olan stratovolkan doğu-batı yönlü olup, buzul örtünün altında 3-4 km çapında kuzeye doğru ağzı açık bir kratere sahiptir. Güney tarafı İzlanda'nın Atlantik kıyılarına bakar. Kıyıya bakan tarafta yer yer şelaleler de oluşturan dik yamaçlara sahiptir.

Eyjafjallajökull volkanı 800 bin yıldan beri



Şekil-3 İzlanda'nın volkanik kuşakları
(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Volcanic_system_of_Iceland-Map-fr.svg)



Şekil- 4 Eyjafjallajökull Dağı volkanizması (http://www.evropusamvinna.is/page/ies_Eyjafjallajokull_eruption)

etkinlik göstermekte olup, 920 yılında, 1612 yılında ve 1821 de başlayarak 1823 yılına kadar süren önemli püskürmeleri bilinmektedir. Hem buzulaltı hem de atmosferik koşullarda püskürme fazlarına sahiptir. Temelde bazaltik hiyaloklastitler, yastıklavlar ve camsı (sideromelan) parçaları yer almaktadır. Bazalttan andezite kadar değişen bileşime sahip lavlar, genellikle alkali geçişli ve alkali karakterlidirler.

Hemen yakınında aktif Katla yanardağı bulunur. Volkan jeolojik olarak Katla volkanizması ile bağlantılıdır. Tarihsel kayıtlara göre genellikle Eyjafjallajokull faaliyetini Katla püskürmesi takip eder.

Eyjafjallajökull 2010 yılı faaliyeti

Eyjafjallajökull volkanizmasının habercileri hemen hemen 20 yıl öncesinden gelmeye başlamıştır. 1994-1996 yıllarında orta ve üst kabukta çok miktarda deprem oluşmaya başlamış, 4-6 km derinlikte magma sokulumları ile açıklanabilecek kabuksal deformasyon görülmüştür. Bu dönemde sokulum, volkana ait zirve kraterin yaklaşık 4 km güneydoğusunda yükselme oluşturmuştur. 2009-2010 yıllarında ise depremler giderek sığlaşmış ve yüzeye doğru yaklaşmıştır. 2010 yılında sismisite volkanın doğu yamacına doğru göç etmiş ve 4 Mart'tan sonra püskürme merkezinden itibaren 12 km lik bir alanda günde yaklaşık 1 cm deformasyon meydana gelmiştir. Nihayet 20 Mart gecesi de saat 23.30 da oluşan bir çatlaktan Volkanik Patlama İndeksi (VPİ) nin 1 olduğu bir yarık püskürmesi başlamıştır. Volkanik Patlama İndeksi volkan ın şiddetini ölçmek için kullanılan ölçektir. Bu indeks 0 ile 8 arasında olup, her birim arasında on kat

bulunmaktadır (1= en küçük patlama; 8= en güçlü ama az bulunan şiddetteki patlamalar). Depremlerin şiddetini ölçen Richter ölçeğine büyük benzerlik gösterir (Şekil 5).

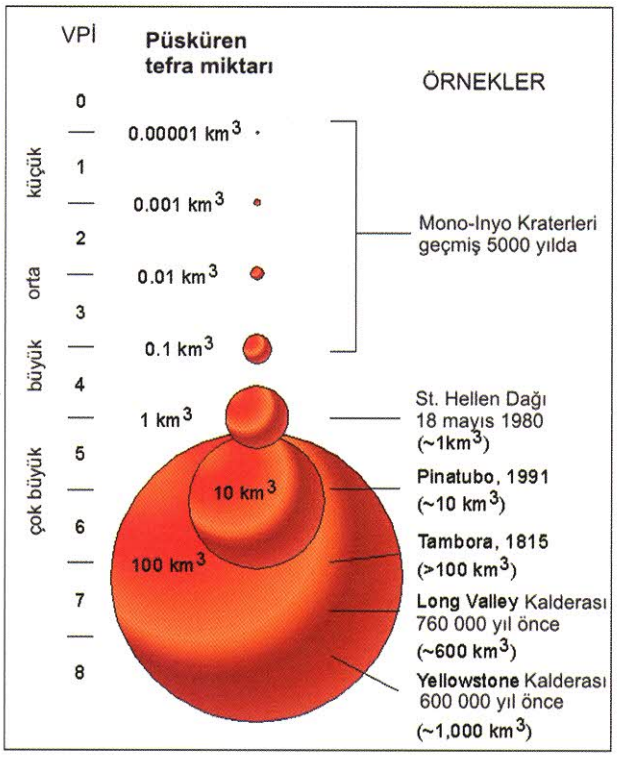
Eyjafjallajökull volkanının 2010 yılı faaliyeti iki evreden oluşmaktadır:

I. Evre Püskürmesi

Püskürmenin birinci evresi 20 Mart ile 12 Nisan 2010 tarihleri arasında meydana geldi (Şekil 6). Ürünleri dağın yamacındaki çeşitli çıkış merkezlerinden kaynaklanan alkali olivin bazalt lavları olarak görüldü. Kuzeydoğu-güneybatı yönlü 150 m uzunluğunda bir yarık açılarak, 10-12 merkezden 1000 °C sıcaklıktaki magma, yaklaşık 150 m yüksekliğe kadar püskürtüldü. Alkali olivin bazalt bileşimde olan bu lavlar, oluşan yarıktan batıya ve doğuya doğru geniş yaygılar oluşturmayacak şekilde yavaşça aktılar. Bu evrede atmosferde 4 km yükseğe kadar çıkan küçük bir kül püskürmesi de oldu.

25 Martta bilim adamları tarihte ilk kez buhar patlaması sırasında oluşan yalancı bir kraterin oluşuna tanık oldular. Püskürmenin başlamasından sonra, iki gün boyunca kabuksal açılma devam etti ve volkanik aktivitenin artışı ile azalarak durdu. Bu da magmanın, magma odasına dolmasıyla püskürmenin eşitlendiğini göstermesi olarak yorumlandı.

Yeni bir yarık 31 Mart'ta, ilk yarığın 200 m kuzeybatısında açıldı. Diğerinden biraz daha küçük olan bu yarıktan lav çıkışı oldu. Araştırıcılara göre bu iki yarık aynı magma odasını boşaltıyordu. Lav akıntıları ile gözlenen birinci evre faaliyet çevreye önemli bir zarar vermeden 12 Nisan tarihine kadar sürdü.



Şekil-5 Volkanik Patlama İndeksi (VPİ) (http://volcanoes.usgs.gov/images/pglossary/vei.php)

II. Evre Püskürmesi

Volkanın Birinci Evre faaliyeti 12 Nisan'da sonlandı. Ancak çok kısa bir aradan sonra 13 Nisan gecesi Eyjafjallajökull dağında sismik aktivite artarak zirve kalderanın altında yoğunlaştı. Püskürmenin ikinci evresi, 14 Nisan sabahında ilk püskürme sorgucu ile gözlendi. İlk belirtiler olarak buzul şapkadan buzul suyu oluşarak volkanın kuzey yamacından buzul parçalarını da içeren sellenmeler oluştu. Buzul altındaki volkanın zirve kalderasında yeni bir krater oluştu. 14 Nisan 2010 tarihinde atmosfer içinde 8 km den fazla yükselen ince ve volkanik camca zengin kül patlaması gerçekleşti (Şekil 7). Kül bulutu içinde şimşek çakmaları izlendi. İlk 3 gün boyunca oluşan kül bulutu güneydoğuya doğru dağıldı ve 15 Nisan'dan 20 Nisan'a kadar Avrupa havayolu sahasının önemli ölçüde etkilenmesine yol açtı. Bu ikinci faz patlamanın şiddeti VPİ=4



Şekil- 6 Birinci Evre Volkanizması (Fimmvörğuhál püskürmesi)
(http://www2.norvol.hi.is/Apps/WebObjects/HI.woa/wa/dp?pictureID=1016155&id=1027687)



Şekil- 7 İkinci Evre Püskürmesi (17 Nisan 2010. (REUTERS/Lucas Jackson)

civarında olup, volkanik standartlara göre çok şiddetli olmasa da büyüktü. Karşılaştırma yapılacak olursa 1980 St. Hellen püskürmesi için VPİ=5 ve Pinatuba yanardağının 1991 yılındaki faaliyetinde patlama şiddeti indeksi VPİ=6 civarındaydı. İkinci evre püskürmesi sırasında 2 km boyunca kuzey-güney yönlü yarıktan bir dizi çıkış olduğu gözlendi. Eriyen buza ait suyun bir kısmı güneye doğru akarken, büyük bir kısmı kuzey yamacından aktı. Faaliyetin birinci fazdan farkı, buzul altında oluşuydu. Erimiş buzdan kaynaklanan soğuk su, lavın içine işleyerek onun parçalanmasına sebep oldu ve aşırı derecede aşındırıcı cam partikülleri oluştu. Bunlar da kül sorgucu içine taşındı. Püskürmenin şiddeti (VPİ=4), 20 Mart tarihindeki püskürmeden 10-20 kat daha büyüktü. Üstelik çok yüksek cam içeriğine sahip kül sorgucu, Jet Stream içine girmişti. Jet Stream, bazı gezegenlerin atmosferinde bulunan hızlı akıcı dar hava akımlarıdır (2). Asıl jet stream traposferle stratosfer arasındaki

geçiş zonunda bulunur. Dünyamızdaki Ana Jet Stream batıdan doğuya doğru akan rüzgârlardır. Tipik olarak dolambaçlı yol izler. Akımlar durabilir, başlayabilir, iki ya da daha fazla parçaya ayrılabilirler. En güçlü jet stream polar jets dir ve deniz seviyesinden 7-12 km yüksektedir. Bundan daha hafif ancak yüksekte olan subtropical jets'dir ve 10-16 km yüksektedir (Şekil-8).



Şekil- 8 Kutupsal ve yarı kutupsal jet stream genel görünüşleri
(http://en.wikipedia.org/wiki/Jet_stream)

Eyjafjallajökull dağındaki volkan patlamasıyla 8 km den daha fazla yükselen kül yüklü patlama sorgucu, batıdan esen rüzgârlarla doğuya yönlendi. Bu faaliyet sırasında yaklaşık 250 milyon m^3 tefra dışarı atıldı. İkinci evre faaliyeti 21 Mayıs 2010 tarihinden itibaren azaldı.

24 Mayıs 2010 tarihinde WEB kamerası ile yapılan gözlemlerde sadece su buharı sorgucunun etrafında sülfürlü gazların çıkışı nedeniyle mavimsi bir hare oluştuğu görüldü. 6 Haziran 2010 akşamında ise ana kraterin batısında açılan yeni küçük bir kraterden az miktarda kül çıkışı gözlendi. Bu tarihten itibaren önemli sayılabilecek kül ya da lav çıkışı gözlenmedi. Eyjafjallajokull volkanı bilim adamları tarafından sürekli olarak izlenmekte olup, son yapılan gözlemler Volkanın faaliyetini azaltmış olduğunu düşündürmektedir.

İzlanda'da meydana gelen bu volkanik faaliyet aşağıda sözü edilen faktörler bir araya gelmeseydi sadece Eyjafjallajokull volkanının yakın çevresini etkilediği, bilim adamlarının bilimsel çalışmalarını yapacakları orta büyüklükte bir volkanik faaliyet olacaktı. Oysa bu faktörlerin bir araya gelişi, Jet Stream'in külü doğrudan dünyanın en yoğun trafiğine sahip hava sahasına taşımasına, hava taşımacılığında büyük bir kargaşa yaşanmasına ve bütün dünyanın dikkatinin bu volkanik faaliyet üzerinde yoğunlaşmasına neden oldu.

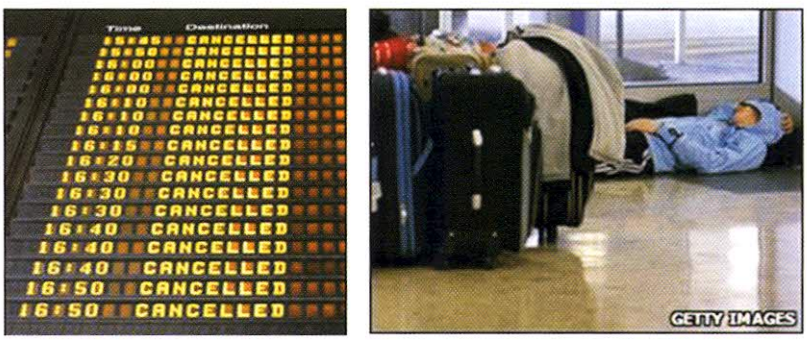
Eyjafjallajokull püskürmesine önem kazandıran etmenler nelerdi?

1. İkinci püskürme dönemi, buzulun 200 m. altındaydı. Eriyen buzul suyu tekrar püsküren volkanın içine aktı ve buna bağlı olarak iki özel olay meydana geldi.

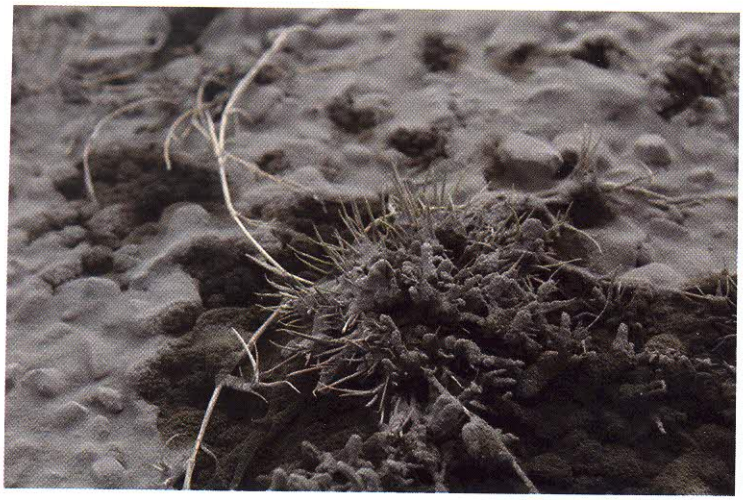
a. Hızla buharlaşan su püskürmenin patlama şiddetini önemli ölçüde arttırdı,

b. Püsküren lav hızla soğuyarak aşırı derecede aşındırıcı, cam içeriği çok yüksek kül bulutu oluşturdu.

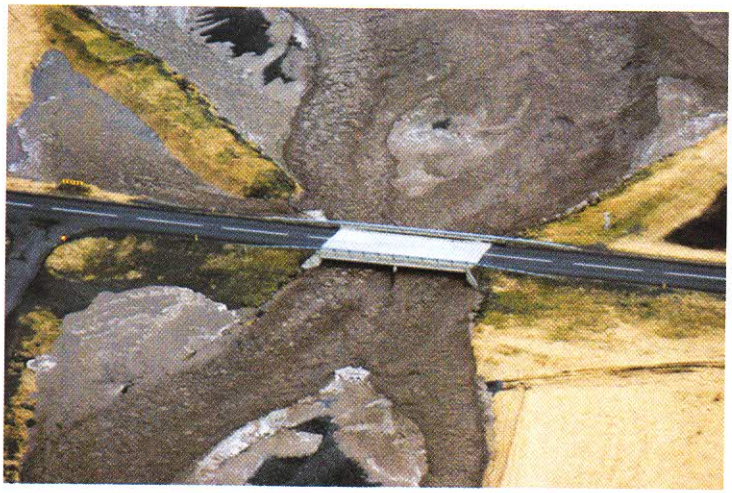
2. Volkan Jet Stream'in hemen altında



Şekil-9 Birçok Avrupa ülkesinde uçak seferleri ertelendi.



Şekil- 10 Bitkiler üzerindeki kül örtüsü (17 Nisan 2010. (REUTERS/Ingolfur Juliusson)



Şekil- 11 Eyjafjallajökull volkanizmasına bağlı olarak oluşan çamurlu sel akmaları (http://www2.norvol.hi.is/Apps/WebObjects/HI.woa/wa/dp?pictureID=1016311&id=102769)

bulunmaktaydı. Bu nedenle püsküren tefranın Jet Stream'a ulaşması çok kolay oldu.

3. Volkanın patlama şiddeti (VPİ=4), külün doğrudan Jet Stream içine girmesine yeterli oldu.

4. Jet Stream yönü ikinci evre püskürmesi sırasında çok nadir olarak görülebilecek şekilde sürekli güneydoğu yönündeydi. Böylece kül bulutu yoğun hava trafiğinin olduğu Avrupa ülkeleri üzerine yöneldi.

Eyjafjallajokull püskürmesinin İzlanda ve çevresine etkileri

İzlanda, volkanizmanın nimetlerinden büyük ölçüde yararlanmaktadır. Ancak volkanik faaliyetin yakın ve göreceli olarak uzak çevreye farklı derecelerde olumsuz etkileri olmuştur.

1. Eyjafjallajökull volkanik faaliyeti sırasında 250 milyon metreküpten daha fazla tefra püskürtülmüştür. Özel bir volkanik faaliyet olan buzulaltı püskürmelerinde çok sıcak lav ile çok soğuk buzlu su etkileşimi sonucu magma parçalanır, toz halinde küçücük partiküller halinde atmosfere karışır. Bu küçük partiküller magmanın ani soğuması nedeniyle oluşan çok keskin, sert ve aşındırıcı volkanik cam parçacıklarıdır. Nitekim İzlanda'daki patlama sonucu atmosfere katılan bu partiküller uçaklar için büyük tehlike oluşturmuş, havayolu şirketlerinin özellikle İzlanda ve Avrupa üzerindeki uçuşlarını iptal etmelerine neden olmuştur. İzlanda'daki Eyjafjallajökull volkanının püskürmesinin neden olduğu bu sefer iptalleri, İkinci Dünya Savaşı'ndan beri yaşanan en büyük hava yolu krizidir. Uçaklar volkanik patlamalar gibi çeşitli nedenlerle oluşabilecek kül parçacıkları hesap edilerek tasarlanmaktadır. Ancak bu parçacıklar bir araya gelerek büyük bir kül bulutuna dönüşürse motorların tamamen devre dışı kalma olasılığı doğmaktadır. Küllerin içeriğinde bulunan silis yüksek sıcaklıkta ergiyerek tribünlerin üzerinde ince bir tabaka halinde yayılmakta ve motorun

çalışmasını engelleyebilmektedir. Bunun yanında kül bulutunun içinde bulunan oksijen miktarı da uçak yakıtının yanması ve motorları çalıştırabilmesi için yeterli olmamaktadır. Yine hız ve yükseklik ölçüm cihazları da kül parçacıkları yüzünden devre dışı kalabilmektedir. Kül parçacıkları zımpara etkisi yaparak özellikle uçağın camlarını çizerek görüşü etkilemekte dış yüzeyinde çizilmelere neden olabilmektedir. Volkanik faaliyet nedeniyle Avrupa'nın batısında uçak seferleri tamamen durdurulmuş, Kuzey Avrupa'da hava trafiği felç olmuştur. İngiltere, İrlanda, İskoçya, Danimarka, Norveç, İsveç, Belçika, Hollanda, Finlandiya, Fransa, Almanya ve Polonya'da uçak seferleri yapılamamış, yüzbinlerce yolcu havalimanlarında mahsur kalmıştır (Şekil 9). Ülkemizde de 11 Mayıs tarihinde Çanakkale Boğazı ve Trakya üzerinde yerden 20 bin fite kadar olan sahada saat 15.00 itibariyle 4 saatlik uçuş yasağı getirilmiştir.

2. Havadan dökülen küller bitkilerin üzerini kaplayarak özellikle hayvanlar için beslenme problemi oluşturmuştur (Şekil 10). Yine küller açıkta bulunan suları kirleterek içilemez ve kullanılamaz hale getirmektedir. Bu dönemde ancak kapalı alanlarda korunan kül yağışından etkilenmemiş sular kullanılabilmektedir.

3. Yine volkanik faaliyet sonucu atmosfere katılan çeşitli gazların, canlılar üzerinde olumlu/olumsuz etkileri görülmektedir. Magma patlama sürecinde içinde atmosfere yayılan çözünmüş gazlar içermektedir. Volkanik faaliyet sırasında çıkan gazlar çevreye yayılarak atmosfere katılmaktadır. Volkanik sistemlerden en çok atmosfere salınan su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2) ve kükürt dioksit (SO_2), daha az miktarda da hidrojen sülfür (H_2S), hidrojen (H_2), Karbon monoksit (CO), hidrojen klorür (HCL), hidrojen florür (HF) ve helyum (He) gazlarıdır. Büyük ölçüde kükürt dioksitin atmosfere katılması sağlık açısından potansiyel risk oluşturmakta olup, özellikle solunum bozukluklarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca atmosferde bulunan su buharı ile birleşen kükürtdioksit, sülfürik asit oluşturmakta yağmurla beraber sülfürik asit yağışlarına sebep olabilmektedir. Bunun yanında özellikle hidrojen florür yayılımının bitkiler üzerinde yoğunlaşması hayvanlar için önemli beslenme sorunları yaratmaktadır. 25 ppm flor içeren bir beslenmede koyunlar flor zehirlenmesine uğrayabilmektedir. 250 ppm ise birkaç gün içinde ölümlerine neden olabilmektedir. İzlanda'daki örneğinde 1783 yılındaki Laki püskürmesi sonucunda İzlanda'daki koyunların %79 u ölmüştür.

4. Bunun yanında buzulaltı püskürmeleri büyük miktarda seller oluşturur ki bazen Amazon Nehri'nin debisinin 20 kat üzerine çıkabilir. Buzul erimeleri sonucu oluşan lahar ve çamur akmaları bölgede yaşayanlar için büyük tehlikedir. Püsküren lavlar, üzerlerinde bulunan buzulları eritmiş, içinde buz ve kayaç parçaları bulunduran seller de yolları ve köprüleri tahrip etmiştir (Şekil 11). İzlanda'da patlayan Eyjafjallajökull volkanının civarındaki bölgelerde yaşayan 700 kişi, yanardağın erittiği buzulların yol açtığı sel baskını tehlikesi nedeniyle tahliye edilmiştir.

Tarihsel kayıtlarda Eyjafjallajökull'un önceki püskürmelerini, hemen yakınında daha büyük Katla volkanının püskürmeleri izlemiştir. Nitekim 20 Nisan 2010 tarihinde İzlanda Başkanı Olafur Grimsson, Katla volkanının püskürmesinin yakın olduğunu

belirterek ergeç gerçekleşecek Katla püskürmesine karşı tüm Avrupa devletlerinin ve tüm dünya havayolları yetkililerinin alınacak önlemlere ilişkin planlamaya başlamaları gerektiğini dile getirmiştir.

KAYNAKLAR

(1) http://iceland.vefur.is/iceland_nature/geology_of_iceland/

(2) http://en.wikipedia.org/wiki/2010_eruptions_Eyja#Backgraund

(3) http://en.wikipedia.org/wiki/jet-Stream

(4) Eruptions of Eyjafjallajökull Volcano, Iceland. Eos, Vol. 91, No. 21, 25 May 2010. p. 190-191

(5) Thordarson, T. and Larsen, G. (2007). Volcanism in Iceland in historical time: Volcano types, eruption styles and eruptive history. Journal of Geodynamics 43 (1): 118-152.)

(6) Sigmundsson F. and Sæmundsson, K. (2008). Iceland: a window on North-Atlantic divergent plate tectonics and geologic processes. Episodes, Vol. 31, No. 1

(7) Sturkell, E., Einarsson, P., Sigmundsson,F., Hooper A., O´feigsson, B.G., Geirsson, H., and O´lafsson, H. (2010). Katla and Eyjafjallajökull Volcanoes. Developments In Quaternary Sciences, V. 13, p. 5-21