

Vulkani i hazard

Opasnosti od vulkana u regiji

John Winter's Home Page

<http://people.whitman.edu/~winterj/>

Volcano World

<http://volcano.und.nodak.edu/vw.html>

Alexandru Szakács, Ioan Seghedi, Zoltán Pécskay

Geologica Carpathica, 53 (2002)

Vulkani i hazard

50-60 vulkana eruptira svake godine!

- u našoj “blizini” Italija

Obično u nenastanjenim područjima, ali ...:

- Japan
- Filipini
- Indonezija
- Italija
- NW USA

TABLE 8.1

Historic volcanic events

Effect

City was b

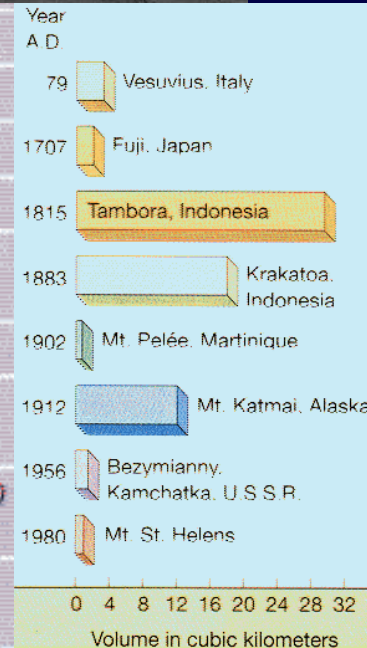
and most

mer."

unami.

minutes.

of the Carib Indians.



Killed 6000 people.

Forced 30,000 people to evacuate their homes.

Forced 5200 people to evacuate their homes.

Volcanic Ash



destroyed over 100

25 homes. Over ten

typhoon killed over 300

Photo by E.W. Wolfe

Tambora, Indonesia, 1815 *

Krakatoa, Indonesia, 1883 *

Mt. Pelée, Martinique, 1902 ➡

La Soufrière, St. Vincent, 1902

Mt. Lamington, Papua New Guinea, 1951

Villarica, Chile, 1963-64

Mt. Helgafell, Heimaey Island, Iceland, 1973

Mt. St. Helens, Washington, USA, 1980 *

Nevado del Ruiz, Colombia, 1985

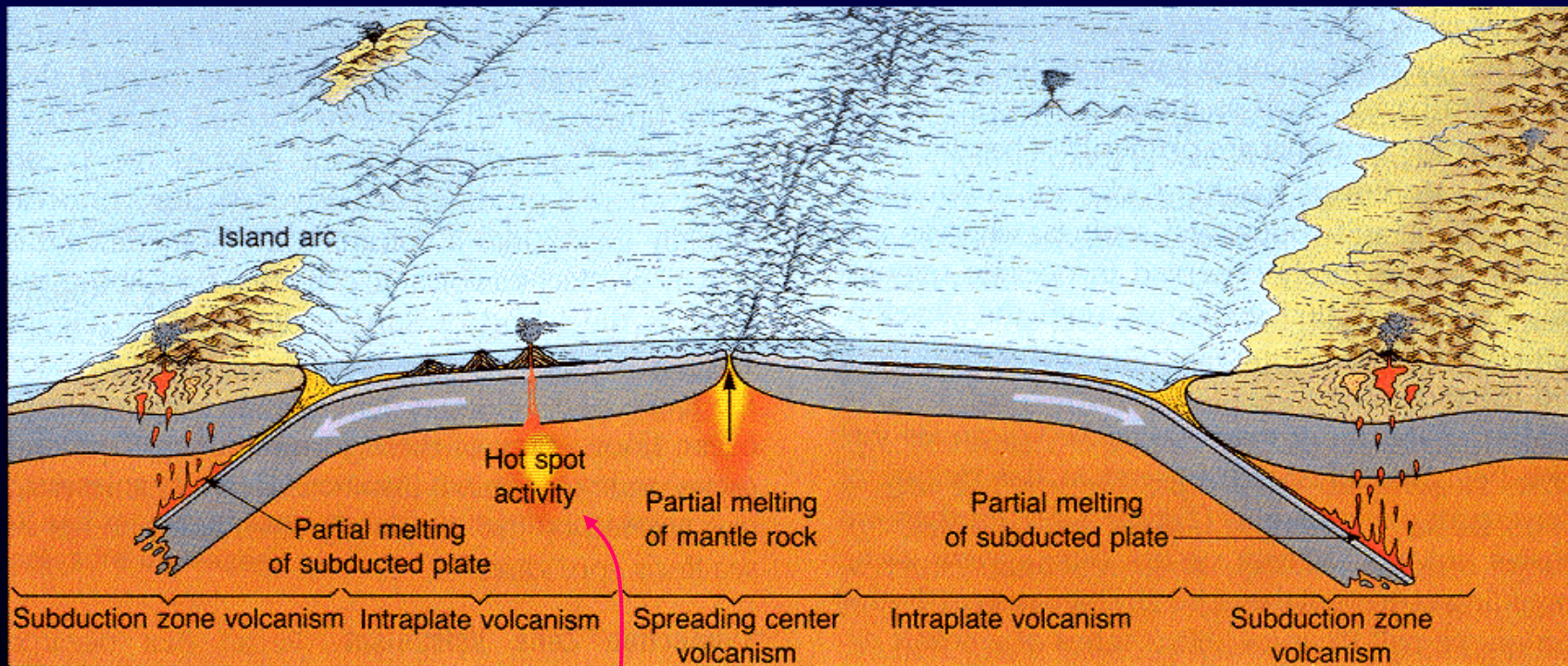
Mt. Unzen, Japan, 1991

Mt. Pinatubo, Philippines, 1991 ➡

SOURCE: Data partially derived from C. Ollier, *Volcanoes* (Cambridge, MA: MIT Press, 1969).

Vulkani i hazard

Tektonika ploča i vulkanizam

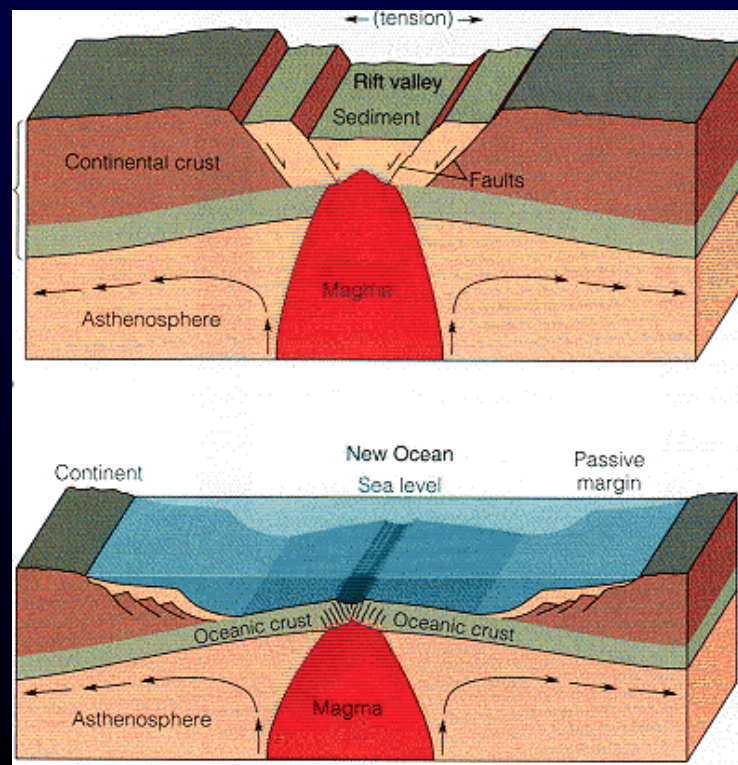
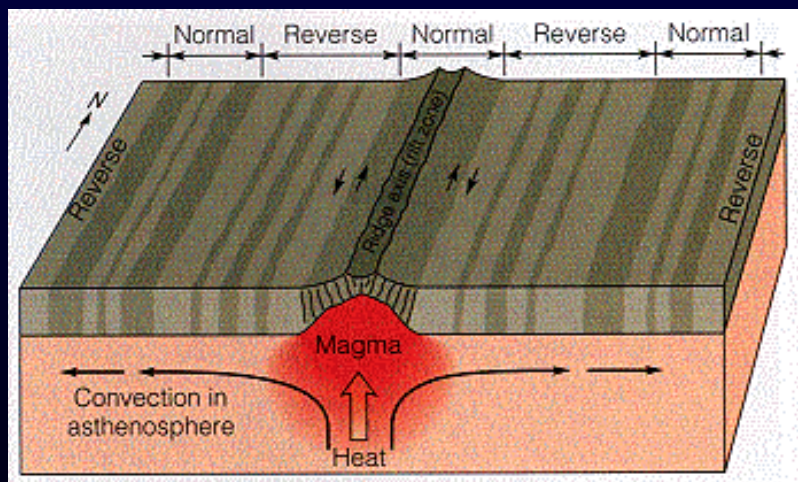


Vruće točke (hot spots) mogu biti ili “oceanske” (Hawaii) ili “kontinentalne” (Yellowstone)

Vulkani i hazard

Srednjeoceanski hrptovi

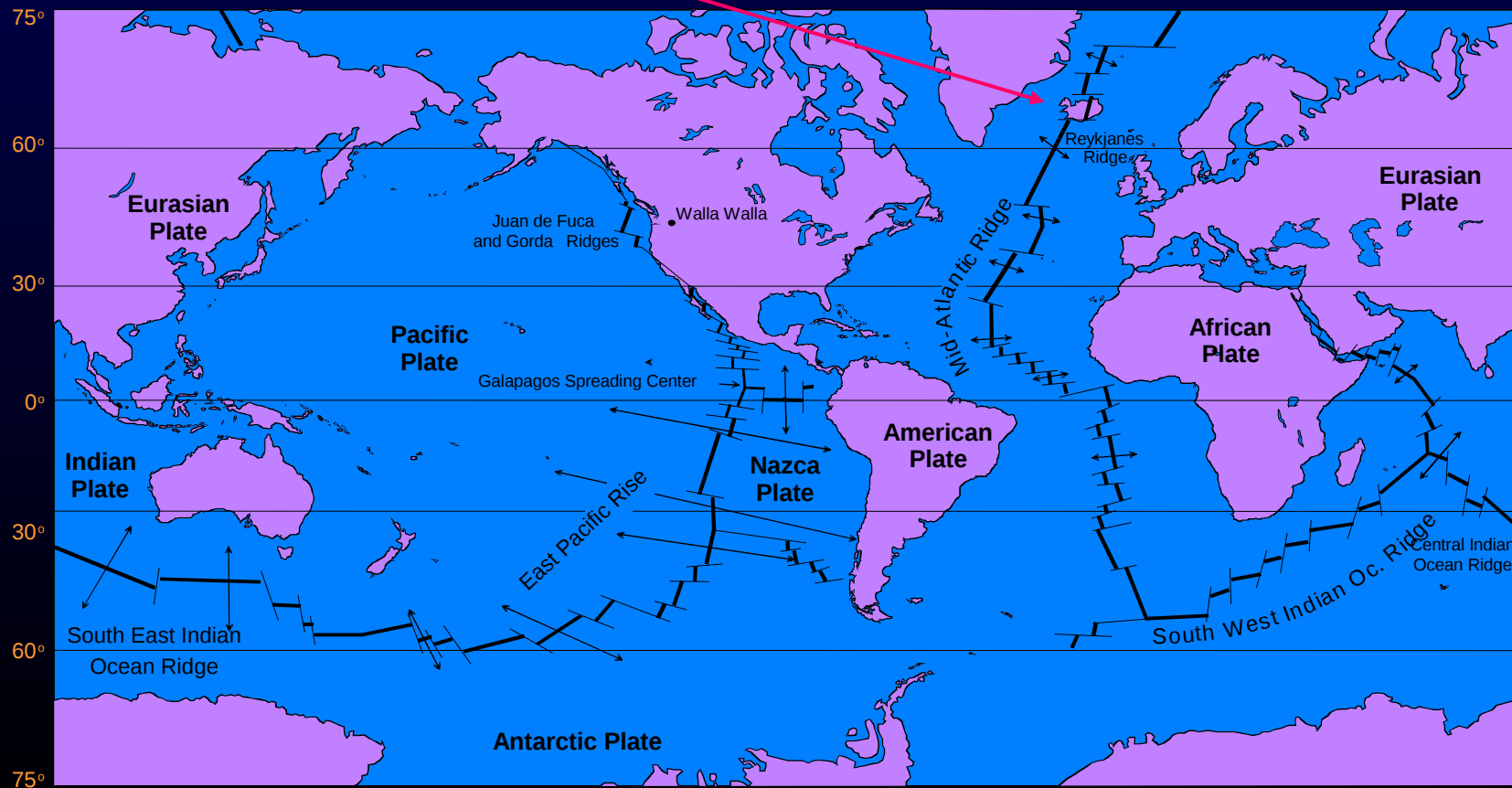
- Bazalti nastali parcijalnim taljenjem plašta



Vulkani i hazard

Srednjeoceanski hrptovi

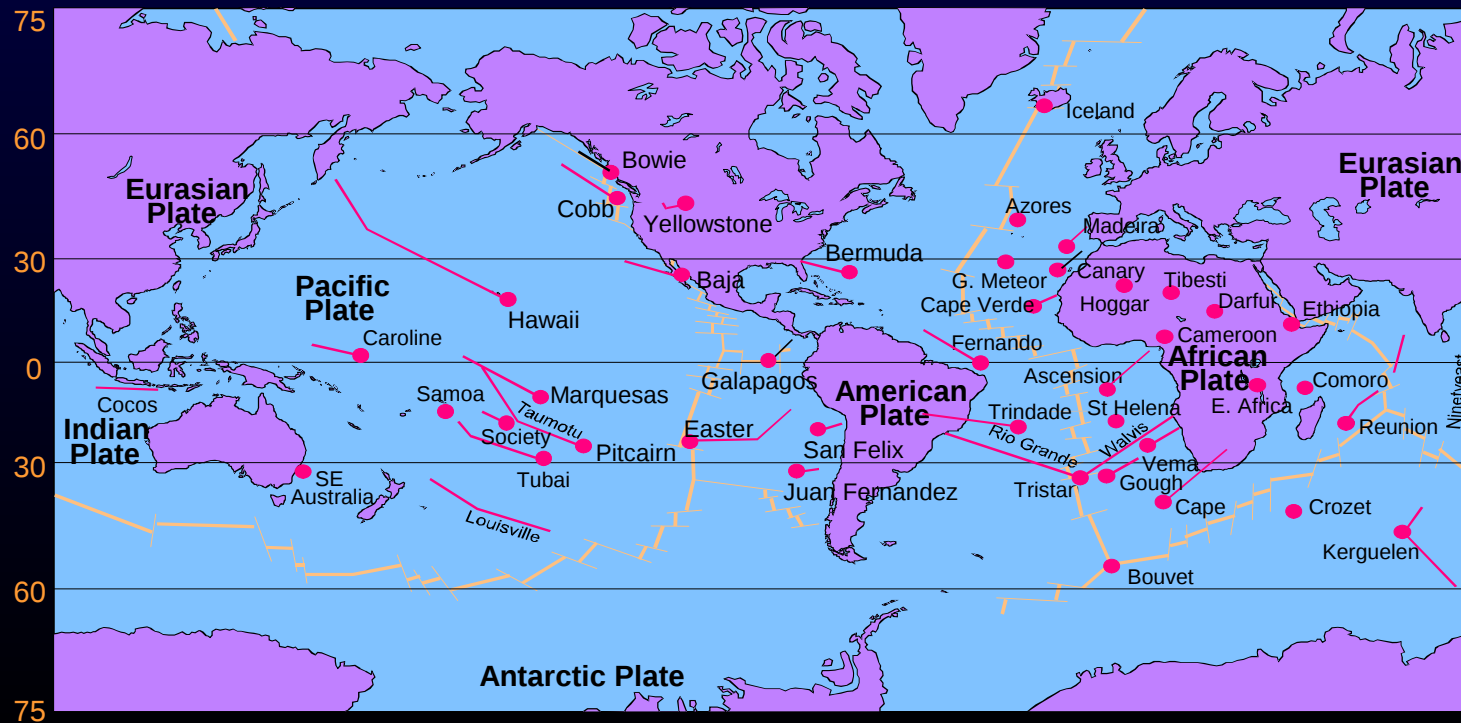
□ Island jedino ugroženo područje (hot spot?)



Vulkani i hazard

Vruće točke (Hot Spots)

- materijal donesen vrućom točkom (“plume”) → bazalt
- Oceanski otoci: Hawaii, Azori, Fidji, Kanarski otoci ...
- Kontinentalne vruće točke: Columbia River Basalts, Yellowstone...

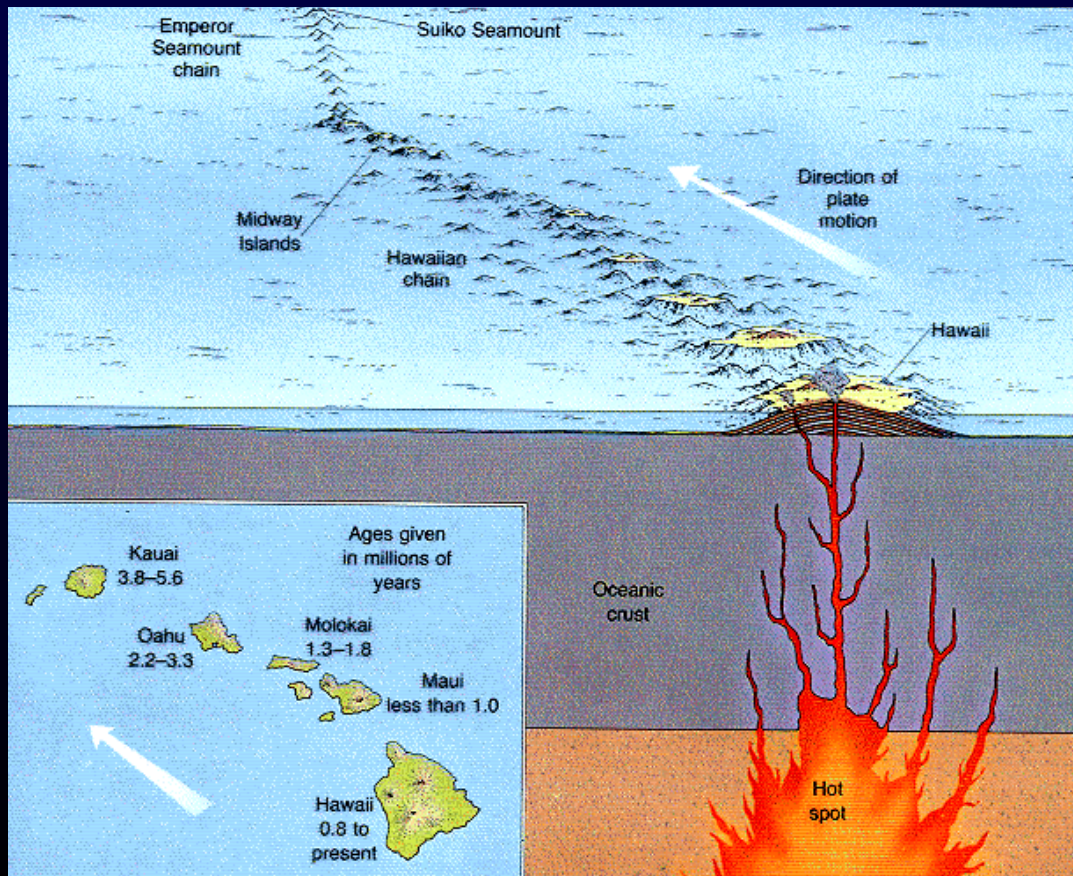


Vulkani i hazard

Vruće točke

- Ploča se kreće dok vruća točka ostaje ~ stabilna

Hawaii:



Vulkani i hazard

Vruće točke

- ▣ Ploča se kreće a vruća točka ostaje ~ stabilna

CRB (Columbia River Basalts) - SRP - Yellowstone:



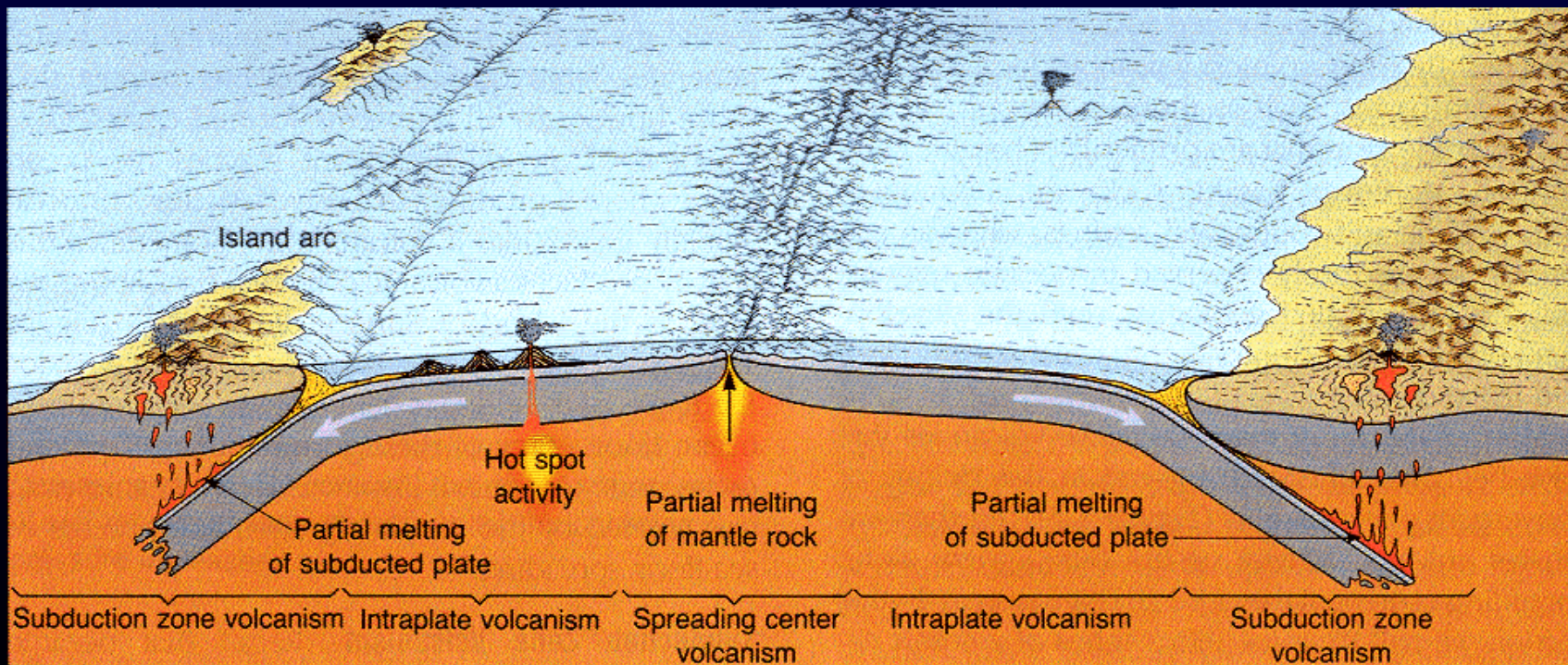
Vulkani i hazard

Vulkanizam hrpta i vruće točke je posljedica taljenja plašta i pretežno je $\Rightarrow$ bazalt

- ▣ Bazalti su taljevine niskog viskoziteta
- ▣ Plinovi lako bježe i takve erupcije nisu eksplozivne
- ▣ Najveća opasnost je od tokova (flows) i naslaga pepela (ash)

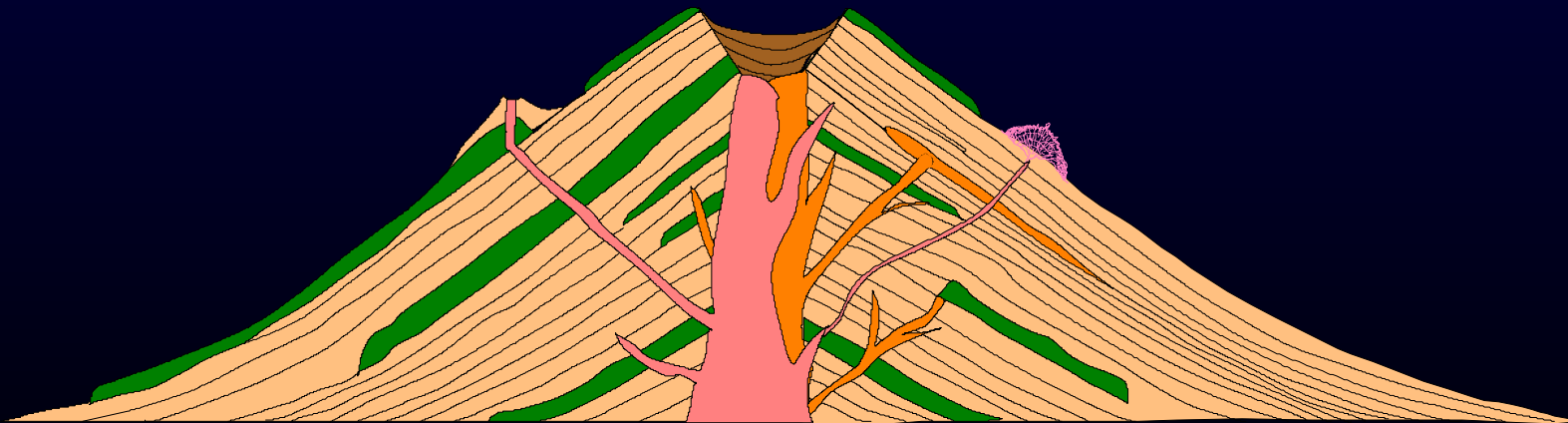
Vulkanizam subdukcijskih zona

- ▣ Taljenje ploče i/ili dehidracija $\Rightarrow$ taljenje plaštnog klina (mantle wedge) iznad ploče
- ▣ Otočni lukovi: Japan, Aleuti, Indonezija, Karibi...
- ▣ Kontinentalni lukovi: Kaskade, Ande



Vulkanizam subdukcijskih zona

- ▣ Produkti su andezit - dacit - riolit
- ▣ Svaki je sve kiseliji i sve eksplozivniji
- ▣ Strmi stratovulkani - složeni (kompozitni vulkani)
- ▣ Tokovi i piroklastiti
- ▣ Opasni zbog svoje eksplozivne prirode



Vulkanizam subdukcijskih zona

- ▣ Opasno ! : riolitne kaldere $\Rightarrow$ erupcije
 - ▣ Long Valley, Yellowstone, Vallez (New Mexico)
 - ▣ Taljenje podloge Si - bogate kontinentalne kore
 - ▣ Nije jasno dali je vezano uz SZ ili vruću točku?
Udaljeno od SZ.
 - ▣ Nisu zabilježene povjesne erupcije
- ▣ Hidrotermalne aktivnosti: vrući izvori, gejziri $\rightarrow$ geotermalna energija

Vulkani i hazard

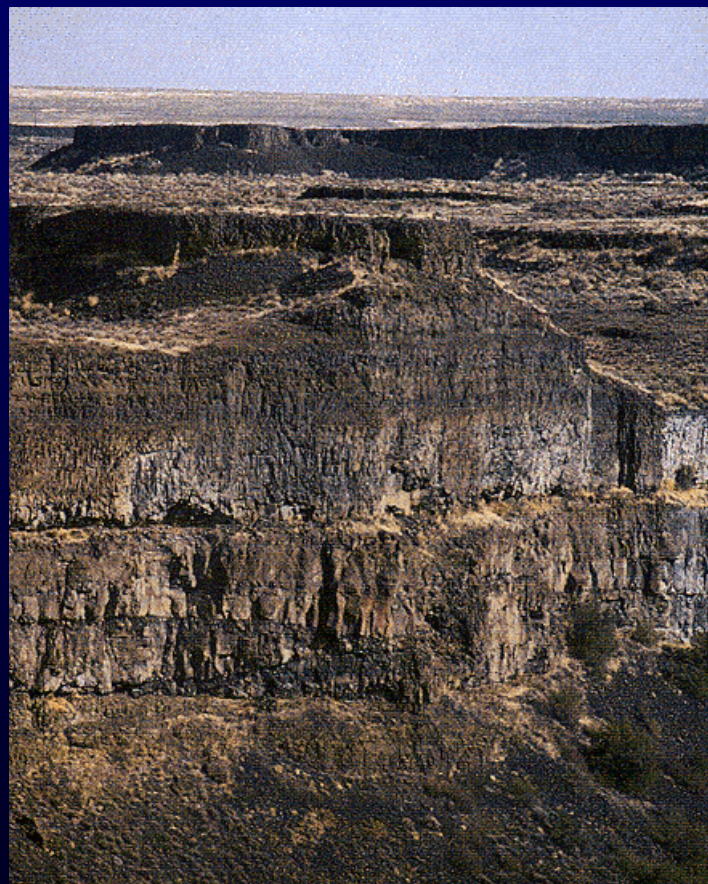
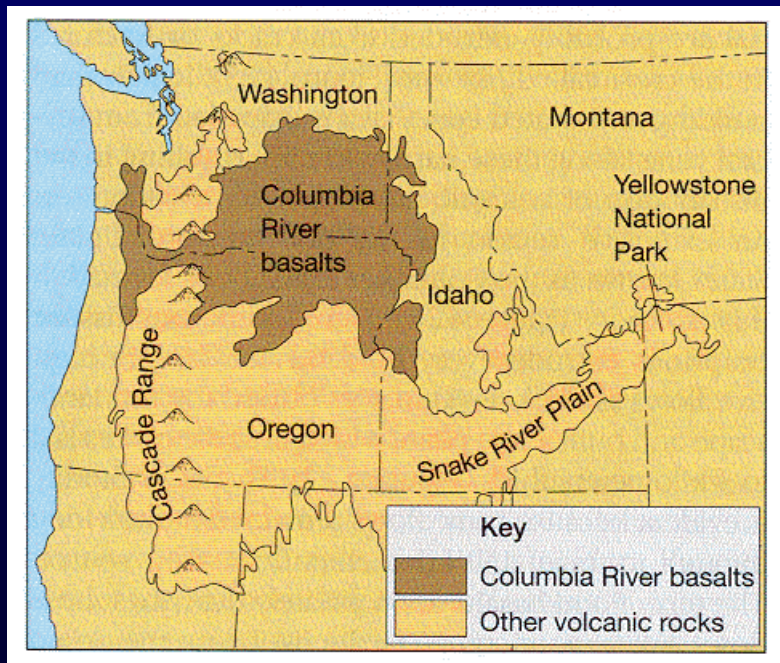
Tokovi (Flows)

- ▣ Uglavnom bazaltni
 - ▣ Hawaii: ~ 1 m/hr
 - ▣ CRB (Columbia River Basalts) nešto brži
- ▣ relativno lagana evakuacija tako da predstavljaju malu opasnost za ljudske živote



Bazaltni tokovi u
području
Kalapana, Hawaii





Columbia River Basalts i Oregon High Lava Plateau -om dominiraju tokovi lave. Tijekom maksimuma aktivnosti u CRB (16-18 Ma) pojedini tokovi prelazili su volumen 2000 km^3 ili čak 3000 km^3 , što su najveći poznati sljevovi lave na Zemlji.

Vulkani i hazard

Tokovi (sljevovi)

▣ Kontrola?

- ▣ Prskanje vodom i hlađenje (Heimaey & Mt. Helgafell: umjeren uspjeh... slučajnost?)
- ▣ Konstruiranje zidova, jaraka, eksplozije
- ▣ Bombardiranje?
- ▣ Blokiranje postojećih kanala (Etna)
- ▣ Umjetno izazivanje erupcije (Vezuv)
- ▣ Ništa neće spriječiti veći tok (slijev) lave

Vulkani i hazard

Piroklastiti (vruća točka)

- ▣ Bazalti u hrptnoj vrućoj točki
 - ▣ pepeo od sporednog značaja
 - ▣ iako lokalno može biti destruktivan



Vjetrom nanesena naslaga
pepela
Heimay, Island 1973



Piroklastiti

Erupcije vezane uz subdukciju

- ▣ Piroklastiti nanose veliku štetu



1. Vertikalne erupcije pepela (“**Plinian**” erupcije, velika brzina plina i veliki volumen tefre)



Vertikalni stup
pepela Mt. St.
Helens, 1980



Mount Pinatubo,
Filipini, 12.
lipanj, 1991

Piroklastiti

Erupcije vezane uz subdukciju

- ▣ Piroklastiti zastupljeni i štetni

1. Vertikalni stupovi pepela (Plinian erupcije)

- ▣ “Pokrivač” pepela (ash fall)
- ▣ Velika područja, ali i onečišćenje na velikim udaljenostima
 - ▣ Uništenje vegetacije
 - ▣ Kontaminiranje površinskih voda
 - ▣ Urušavanje građevina (krovova) pod teretom
- ▣ U blizini erupcije debele i štetne naslage (Pompei)
- ▣ Također vruće
 - ▣ Položaj trupla u Pompeima ukazuje na vrućinu

Piroklastiti

Erupcije vezane uz subdukciju

2. Piroklastični tokovi



Mt. St.
Helens
7.8.
1980

- ▣ Kreću se brzinom od nekoliko stotina km/h i $\Rightarrow$ 800°C ili toplija

- A. Gravitacijski kolaps stupa pepela ↑
- B. Bočna erupcija (Mt St Helens)
- C. Prepunjavanje kaldere (**caldera overflow**)

Također → **nuée ardente** (svjetleći oblak) - franc. vruća smjesa plina i pepela koja se kreće velikom brzinom niz stijenke vulkana

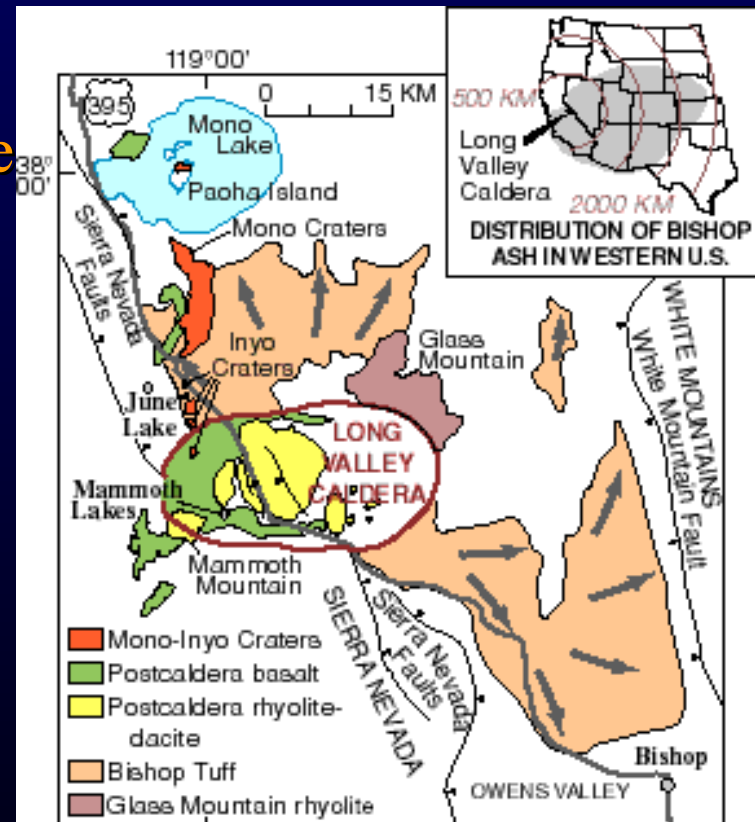
→ lahar (vodom zasićeni vulkanski materijal), ignimbriti

- ▣ Velike površine prekrivene “lavinama” (**surge**), tečenje omogućeno velikim količinama vrućeg plina ili vode

Masivne riolitne erupcije

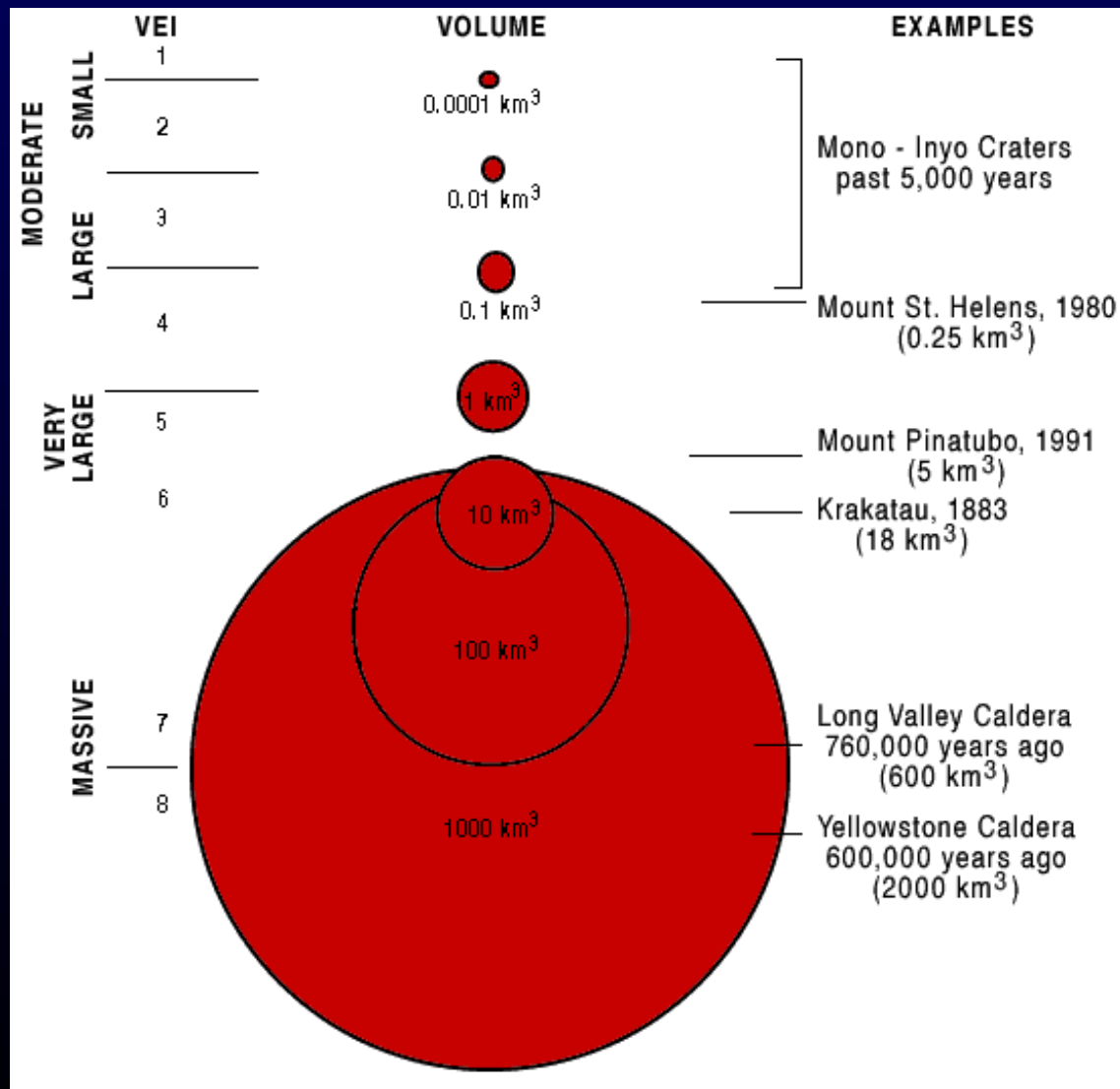
▣ Zašto zabrinutost??

- ▣ prije 760,000 godina eksplozija je bila **GOLEMA**
- ▣ 100 m debele naslage tufa (Bishop ash fall)
- ▣ Ignimbrite = Bishop Tuff
- ▣ 1 metar debele naslage u radiusu od 75 km
- ▣ 1 cm u Kansas City!!



▣ Long Valley, Yellowstone kaldera

Masivne riolitne erupcije



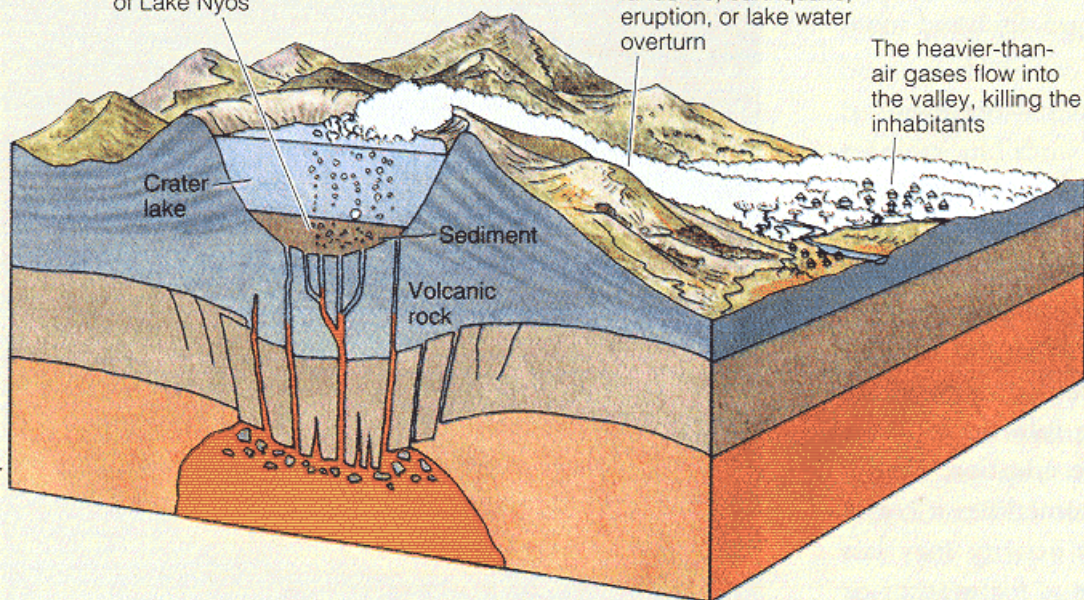
Otrovni plinovi

- ▣ Uglavnom vodena para, ali i CO_2 , CO , SO_2 , H_2S
- ▣ Rijetko su problem s obzirom da se rasprše
- ▣ Japan ima postavljene uređaje za monitoring plinova na nekim vulkanima, sirene
- ▣ Jezero Nios, Kamerun, 1986

Volcanic activity or decaying material causes buildup of gases at the bottom of Lake Nyo

Gases escape from lake following a landslide, earthquake, eruption, or lake water overturn

The heavier-than-air gases flow into the valley, killing the inhabitants



Jezero Nios, Kamerun, 1986

- Polagano otpuštanje plinova iz “uspavanog” vulkana
→ na dno jezera u krateru
- Iznenadno pokretanje plina i oslobađanje CO_2 koji je teži od zraka i gušenje ~2000 žrtava



Tokovi blata (mudflows) i kršja: lahars (Java)

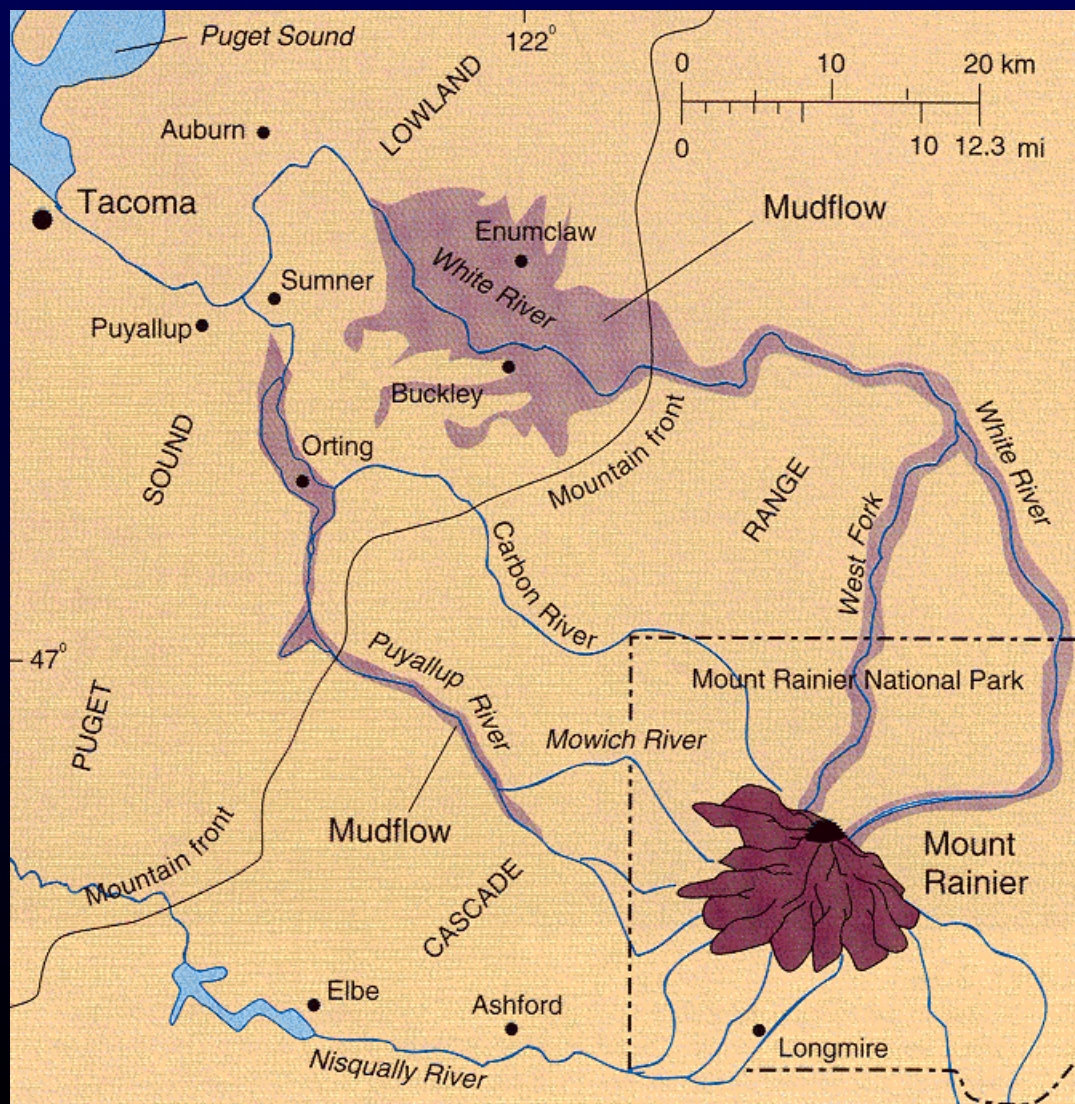
- ▣ Pepeo i tefra (tephra – vulkanski materijal svih tipova i veličina taložen iz zraka) postaju zasićeni s vodom (lahar)
 - ▣ Kaskade: led i snijeg izvor vode
 - ▣ Golemi sljevovi (Redoubt 1990 → tok ~ Mississippi pri poplavi)

Tokovi blata (mudflows) i kršja: lahars (Java)

- ▣ Osceola (5000 god) i Electron tokovi blata sa Mt Rainier-a

Stotine tisuća ljudi živi u ugroženim područjima

Nema pravodobnog upozorenja



Predviđanje vulkanske aktivnosti

Postoje općeniti obrasci, ali ponašanje jednog vulkana se bitno razlikuje od ponašanja drugog

▣ Seizmička aktivnost

- ▣ potresi su najranije upozorenje
- ▣ kretanje magme = harmonični potresi (trešnja)
- ▣ može doći do “zatišja prije oluje”

▣ Geofizički monitoring

- ▣ pliće komore se obično napune magmom prije erupcije
→ površinske manifestacije
- ▣ toplina: IR slike
- ▣ magnetsko polje, vrući izvori i druge hidrološke aktivnosti

Predviđanje vulkanske aktivnosti

▣ Plinovi

- ▣ Promjene u geokemiji plinova (relativne količine vodene pare, CO_2 , SO_2 , ...)
- ▣ Isprobano kod Mt St. Helens i Pinatuba (predviđeno 13 erupcija)

▣ Geološka povijest

- ▣ Kartiranje efuzivnih stijene i naslaga karakterizira uobičajene tipove erupcija
- ▣ Npr.: > 90% površine Kilauea vulkana je pokriveno lavom u zadnjih 1500 god.
 - ▣ Da je to bilo poznato vjerojatno nikad nebi došlo da gradnje većih naselja (Kalapana)
- ▣ Predviđanja najbolja u dugoročnom razdoblju

RECENTNI VULKANIZAM U PANCARDI REGIJI

VULKANSKI HAZARD (utjecaj recentnog vulkanizma u CPR i izvan nje)?

Prema predavanju održanom na CBGA u Bratislavi 2002
autora

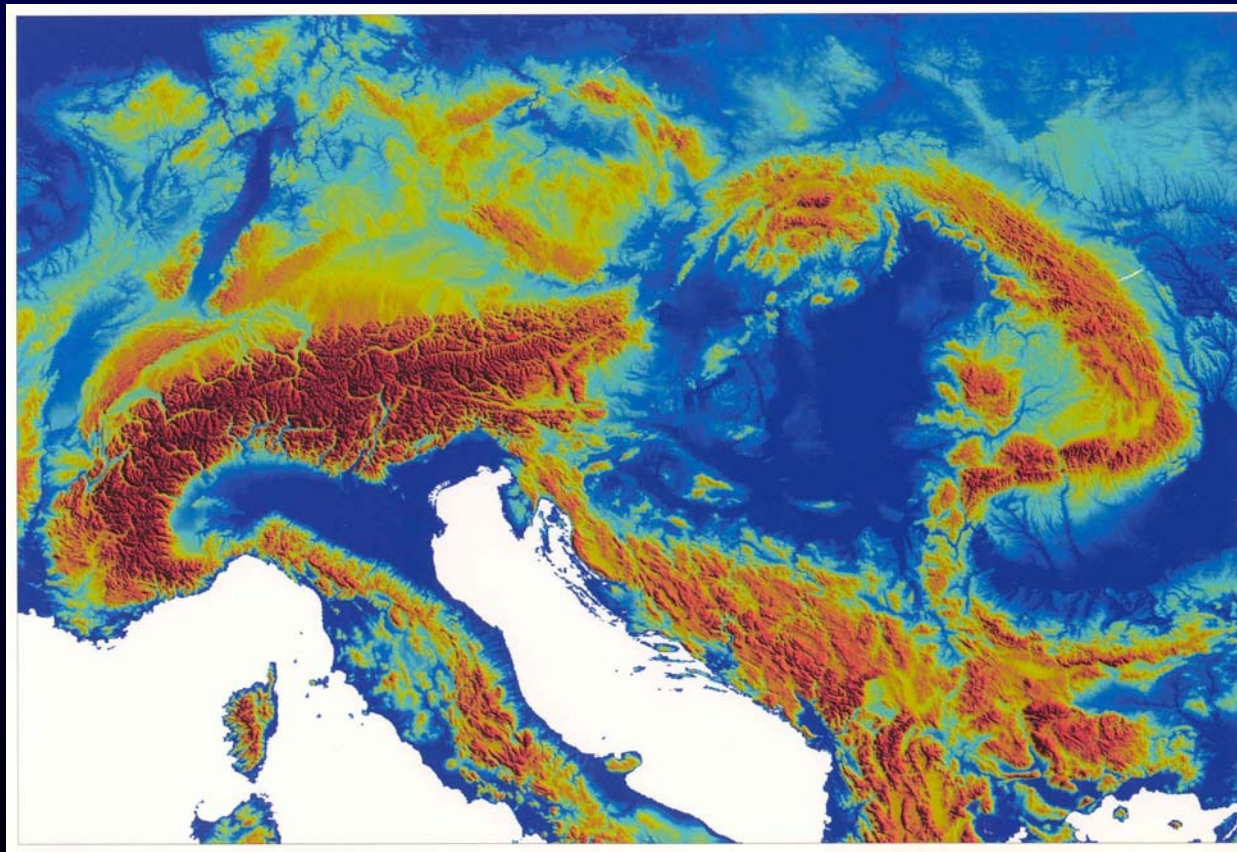
Alexandru Szakács, Ioan Seghedi, Zoltán Pécskay
Geologica Carpathica, 53

VULKANSKI HAZARD: DEFINICIJA

Vjerojatnost vulkanske erupcije sa štetnim posljedicama za neko područje u danom vremenskom intervalu u budućnosti.

◆ Erupcija se može javiti unutar ili izvan razmatranog područja!!!

PANonski bazen-CARpati-DInaridi



CPR-karpatopanonska regija

Najmlađe vulkanske erupcije u CPR

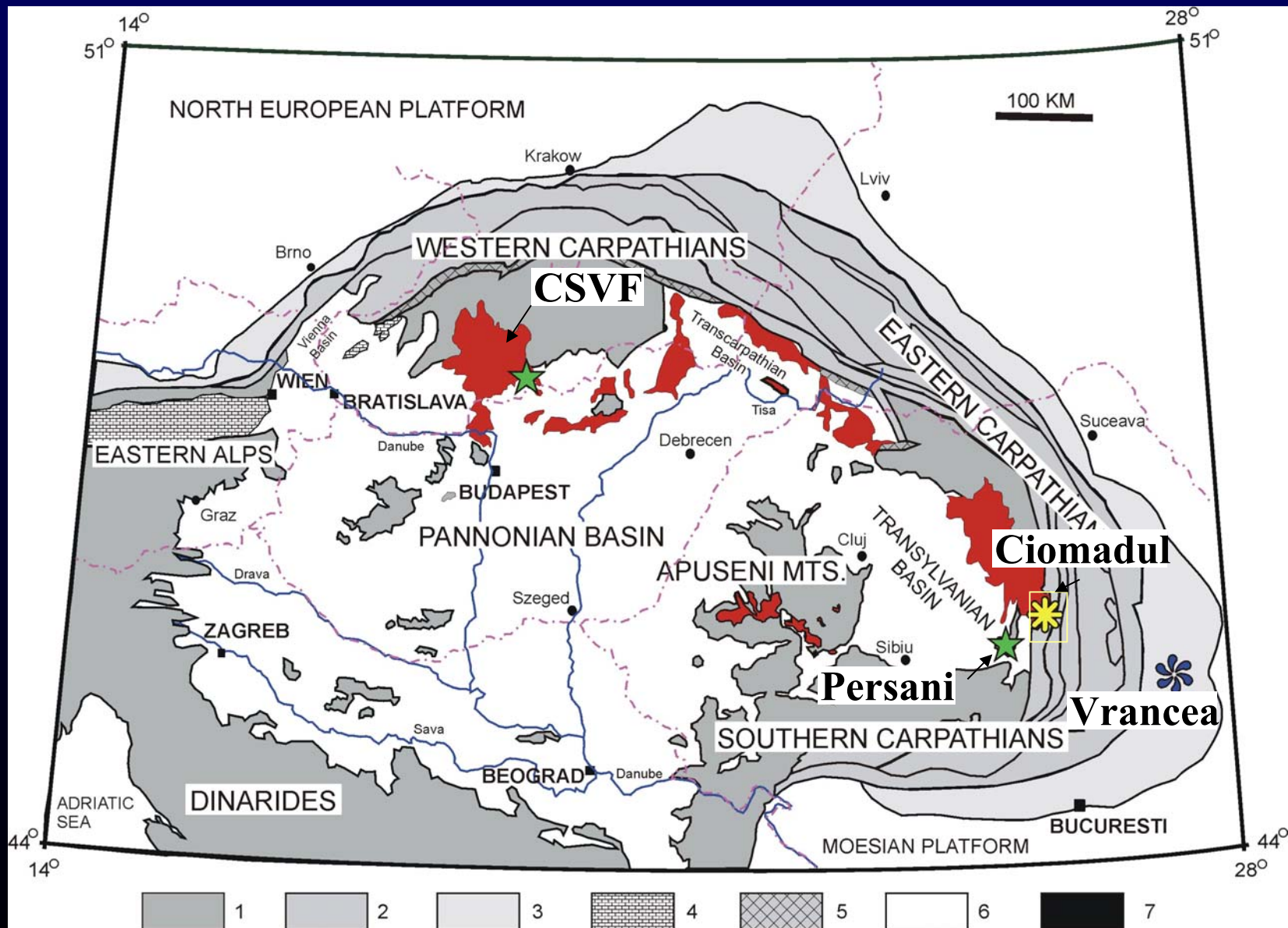
- **Alkalni bazalti (back-arc vulkanizam):**

- 1. Central Slovakian volcanic field (CSVF);**
- 2. Persani Mts. (East Carpathians);**

- **Kalcijsko-alkalijski do šošonitni vulkanizam u luku:**

Ciomadul vulkan (East Carpathians).

Vulkanski luk Karpata i najmlađi vulkani



Starost erupcija alkalnih bazalta u CPR

1. Persani Mts.:

Barc kamenolom - 0.65 Ma;

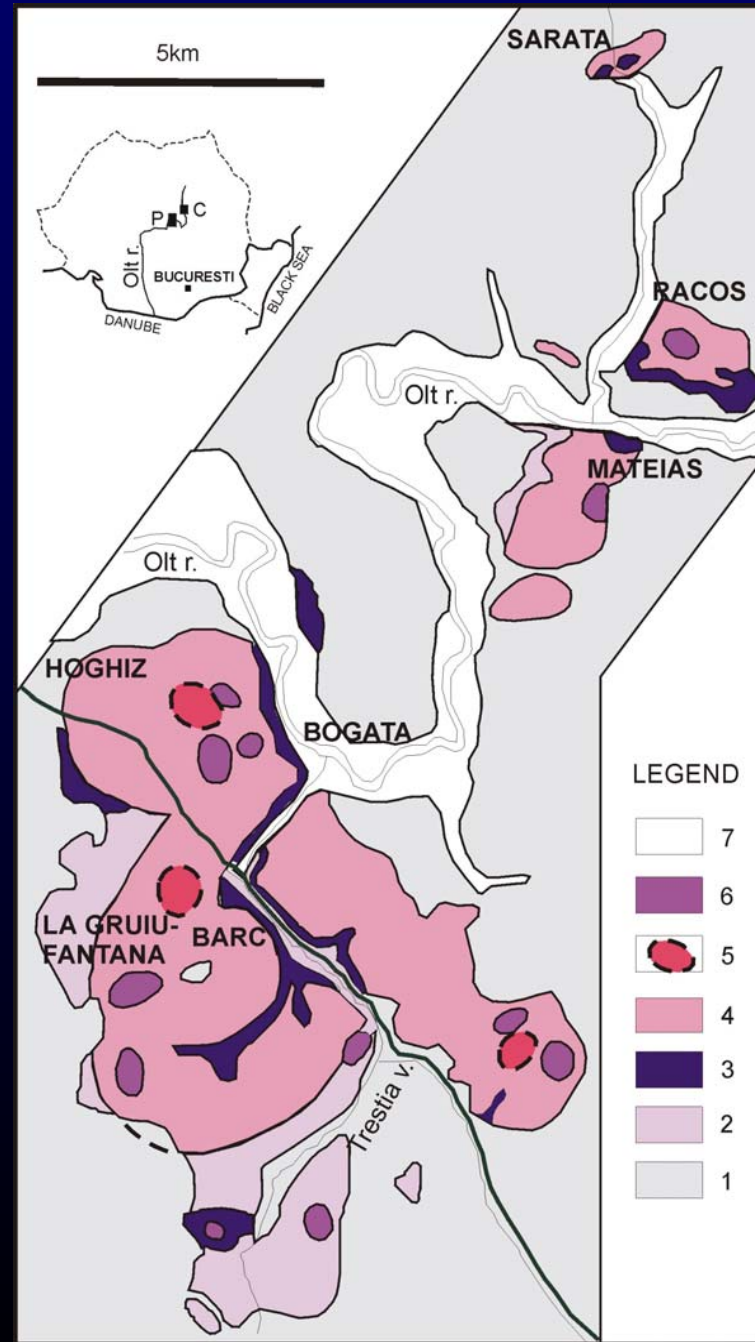
2. Central Slovakian volcanic field:

**bezimeni konus scoria-e — vezikularan i
nepravilan piroklast veličine bombe > 64 mm**

0.22-0.13 Ma (možda i mlađi).

Alkalni bazalti Persani Mts.

- Vulkanizam u dvije faze (1.2-1.5 Ma i ca. 0.65 Ma);
- Mala monogenetska vulkanska polja s maar (kružni vulkanski krater niskog reljefa nastao eksplozijom, obično ispunjen vodom) vulkanima, scoria konusima i poljima (slijevovima) lave;
- Vulkanska aktivnost: Freatomagmatska (eksplozivna vulkanska erupcija uslijed interakcije magme i vode), stromboli-tip (tip vulkana koji izbacuje grude materijala i/ili lave iz centralnog kratera), efuzije.



Central Slovakian Volcanic Field

Putikov Vrsok vulkan

- Druga najmlađa vulkanska aktivnost u CPR javlja se kod vulkana Putikov Vrsok;
- Tipičan monogenetski vulkan s freatomagmatskom, stromboli i hawaii aktivnosti
- Starost posljednje erupcije 140-130 ka – određena stratigrafskom metodom u odnosu na Late Riss glacial.

(Podaci prema Simon, 2001 and Simon & Halouzka, 1996)

HAZARD UVJETOVAN VULKANIZMOM ALKALNIH BAZALTA STANJE DUBOG MAGMATSKOG SUSTAVA

- Nema dokaza za nekonsolidirana magmatska ognjišta u kori;
- Nema znakova aktivnosti u sustavu stvaranja magme u gornjem plaštu;
- Reaktivacija “izvora” magme (**mantle plume**) koji je generirao **W Atlantic-European** alkalni vulkanizam (Hoernle et al., 1995) je moguć u predvidivoj budućnosti, ali je i malo vjerojatan;
- Nema realnog hazarda u CPR u skoro vrijeme.

Zadnja erupcija CIOMADUL vulkana

- **Starost zadnje erupcije:**

- 10.7 ka (prema Juvigne et al., 1994);
- 35 - 42 ka (prema Moriya et al., 1996);

- **Tip zadnje erupcije:** subplinijska/freatoplinijska

- **Produkti zadnje erupcije:**

- naslage plovučca taložene iz zraka – plinijski tip;
- naslage plovučca taložene iz zraka – freatoplinijski tip
- naslage nanese tokovima plovučca i pepela;
- kaotični tokovi.

HAZARD - CIOMADUL vulkan?

- Najmlađa vulkanska erupcija u CPR, ca. 42-35 ka (ili mlađa?);
- Lokalna seizmička aktivnost;
- Naj-jača termalna anomalija u Rumunjskoj (vjerovatno i u CPR) može ukazivati na vruće magmatsko ognjište?;
- Te značajke sugeriraju da magmatski sustav nije kompletno očvrsnuo;
- Erupcija u budućnosti je moguća dodavanjem nove magme (što je malo vjerovatno).

Potencijalni izvori vulkanskog hazarda izvan CPR



1. Eifel
2. Massif Central
3. Roman Province
4. Campanian Province
5. Aeolian Arc
6. Etna
7. Aegean Arc

Potencijalni izvori vulkanskog hazarda izvan CPR

#3 ROMAN VOLCANIC PROVINCE

Centri: Vulsini, Sabatini, Albani, Ernici;
Kaldera vulkani, prsteni tufa, konusi pepela;
Erupcije: plinijska, formiranje kaldera,
freatomagmatska, stromboli;
Sastav: K-alkalna;
Status: ugasli (?);
Zadnja erupcija: 150-300ka;
Potencijalni hazard za CPR: nizak.

Potencijalni izvori vulkanskog hazarda izvan CPR

#4 CAMPANIAN VOLCANIC PROVINCE

Centri: Roccamonfina, Campii Flegreii-
Vesuvius, Vulture;

Kaldere, stratovulkani, konusi pepela;

Erupcije: plinijska, stromboli, formiranje kaldera,
efuzije;

Sastav: K-alkalni;

Status: aktivni;

Zadnja erupcija: 1568 (Monte Nuovo); 1944 (Vezuv);

Zadnje formiranje kaldere: 37 ka (Campanian
Ignimbrite); 12 ka (Napolitan Yellow Tuff);

Potencijalni hazard za CPR: umjeren do **visok**.

Tragovi “vanjskih” vulkanskih erupcija koji se mogu pronaći u CPR

Bag tefra (Panonski bazen, Mađarska i Slovačka)
(prema Pouclet et al., 1999).

- Starost (nepouzdana odredba): 788 - 380 ka;
- Sastav: fonolit/tefrit;
- Debljina: 1-2 cm;
- Izvor: Roman ili Campanian vulkanska provincija (Italija);
- Udaljenost od izvora: 700-900 km.

Tragovi “vanjskih” vulkanskih erupcija koji se mogu pronaći u CPR

Južna Rumunjska

- Kvartarni tufovi opisani u literaturi (Ghenea et al., 1967, Liteanu, Bandrabur, 1957, Bandrabur et al., 1963, Pricajan, 1961) gornji **pleistocen**
- Sastav: **alkalni (trahit);**
- Debljina: **30-50 cm;**
- Vjerojatan izvor: **Campanian Volcanic Province (Italija);**
- Udaljenost od izvora: **približno 900 km.**

Potencijalni izvori vulkanskog hazarda izvan CPR



Plava linija pokazuje područje značajnih količina padajućeg pepela (ash fall) porijeklom od erupcije koja je dala kambanske

mbrite

a

na

osti

ZAKLJUČCI

1. Vulkanski hazard u CPR treba uzeti u obzir;
2. Vulkanski hazard u CPR je **vezan uz buduće erupcije vulkana smještenih izvan CPR;**
3. Najvjerojatniji izvor opasnosti su **vulkani centralne Italije** koji su već u nedavnoj geološkoj prošlosti rasprostrjeli tefru preko CPR i vjerojatne su nove erupcije u neposrednoj budućnosti;

ZAKLJUČCI

4. Zadnja erupcija alkalnih bazalta unutar CPR odvila se prije 0.22-0.13 Ma (Central Slovakian volcanic field);

5. Vulkanski hazard od **CSVF vulkana je zanemariva** u predvidivoj budućnosti;

6. Zadnja erupcija kalcijsko-alkalijskih do šošonitnih vulkana unutar CPR odvila se prije 0.42-0.35 ka (Sfanta Ana krater Ciomadul vulkana, East Carpathians, Rumunjska);

ZAKLJUČCI

7. Iako se magmatski sustav Ciomadul vulkana nije definitivno konsolidirao, **buduće erupcije su malo vjerojatne**, iako se nemogu u potpunosti isključiti u predvidivoj budućnosti.