

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra geografie

Veronika PRAGEROVÁ

**SOUČASNÉ ENDOGENNÍ RIZIKOVÉ PROCESY V SOUOSTROVÍ ALEUTY  
A MOŽNÁ APLIKACE VE VÝUCE ZEMĚPISU NA STŘEDNÍCH ŠKOLÁCH**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Irena Smolová, Ph.D.

Olomouc 2016

## Bibliografický záznam

**Autor (osobní číslo):** Veronika PRAGEROVÁ (R13517)

**Studijní obor:** Učitelství geografie pro SŠ (kombinace Z-AF)

**Název práce:** Současné endogenní rizikové procesy v souostroví Aleuty a možná aplikace ve výuce zeměpisu na středních školách

**Title of thesis:** Current endogenous risk processes in the Aleutian archipelago and possible application in the teaching of geography at secondary schools

**Vedoucí práce:** doc. RNDr. Irena Smolová, Ph.D.

**Rozsah práce:** 59 stran, 4 vázané přílohy

**Abstrakt:** Bakalářská práce se zabývá příčinami a důsledky seismické a vulkanické aktivity v souostroví Aleuty. Obsahuje popis významných událostí, které jsou se seismickou činností a aktivitou vybraných vulkánů v tomto regionu spjaty. Navrhuje, jakým způsobem lze téma Aleutských ostrovů využít ve výuce zeměpisu.

**Klíčová slova:** Aleutské ostrovy, sopečná činnost, zemětřesení, výuka zeměpisu

**Abstract:** The bachelor thesis deals with causes and effects of the seismic and volcanic activity occurring in the Aleutian archipelago. It includes characterization of significant events that are related to seismic activity as well as some volcanic eruptions that occurred in this area. This work also suggests the way in which it is possible to include topics related to Aleutian Islands in the teaching of geography.

**Keywords:** Aleutian Islands, volcanic activity, earthquake, teaching of geography

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité zdroje informací jsem uvedla v seznamu literatury.

V Olomouci 9. května 2016

.....

podpis

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. RNDr. Ireně Smolové, Ph.D. za odbornou pomoc, trpělivost, laskavý přístup, ochotu a cenné rady. Dále bych ráda poděkovala všem geologům, vulkanologům a ostatním vědcům, kteří se oblastí Aleutských ostrovů odborně zabývali, i přesto, že se o tomto poděkování pravděpodobně nikdy nedozví.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika PRAGEROVÁ**  
Osobní číslo: **R13517**  
Studijní program: **B1301 Geografie**  
Studijní obory: **Anglická filologie**  
**Geografie**  
Název tématu: **Současné endogenní rizikové procesy v souostroví Aleuty  
a možná aplikace ve výuce zeměpisu na středních školách**  
Zadávající katedra: **Katedra geografie**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Cílem bakalářské práce je charakterizovat seismickou a vulkanickou aktivitu v zájmovém regionu souostroví Aleuty. Práce bude vycházet z rešerše dostupné literatury a aktuálního monitoringu rizikových faktorů v zájmovém území (využití stránek USGS). Pozornost bude věnována komplexní fyzickogeografické charakteristice souostroví se zvláštním zřetelem na seismickou a vulkanickou aktivitu v regionu v období posledních deseti let. Dílčím cílem práce bude navrhnout možné využití tématu ve výuce zeměpisu.

Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání  
Rozsah pracovní zprávy: 5 000 - 8 000 slov  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

**Earthquake Bulletins and Catalogs at the USGS National Earthquake Information Center**

Gubbins, D. (1990): Seismology and plate tectonics. Cambridge University Press, Cambridge, 339 s. ISBN:0-521-37141-4

Ortcutt, J. A., Schultz, A., Davies, T. A. (2003): Dynamics of Earth and Ocean Systems. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports v. 203, College Station Ocean Drilling Program, Texas A&M University. CD-rom.

Procházková, D. (2002): Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí. SPN, Praha. ISBN 80-238-8661-4

Regional Catalogue of Earthquakes ([www.isc.ac.uk](http://www.isc.ac.uk))

Schmincke, H. U. (2004): Volcanism. Berlin Springer, Berlin, 324 s. ISBN:3-540-43650-2

Stüwe, K. (2003): Geodynamics of the Lithosphere, An Introduction. Berlin Springer, Berlin, 449 s. ISBN:3-540-41726-5

Strahler, A. ed. (2006): Introducing Physical Geography. John Wiley, Fourth Edition, New York, 728 s. ISBN 0-471-67950-X.

Summerfield, M. A. ed. (1991): Global Geomorphology. John Wiley, Fourth Edition, New York, 537 s. ISBN 0-470-21666-2.

Torsvik, T. H., Steinberger, B., Gurnis, M., Gaina, C. (2010): Plate tectonics and net lithosphere rotation over the past 150 My. Earth and Planetary Science Letters, Volume 291, Issues 14, p. 106-112

Turcotte, D. L., Schubert, G. (2002): Geodynamics. Cambridge University Press, Cambridge, 456 s. ISBN:0-521-66624-4

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Irena Smolová, Ph.D.  
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: 8. října 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2016

L.S.

prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.  
děkan

doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 8. října 2015

## Obsah

Úvod .....	7
1 Cíle a metodika práce .....	8
2 Základní geografická charakteristika souostroví Aleuty.....	9
3 Příčiny seismické a vulkanické aktivity v regionu.....	15
4 Historicky významné projevy seismické a vulkanické aktivity .....	18
5 Základní charakteristika nejvýznamnějších vulkánů .....	22
5.1 Vulkán Gareloi .....	23
5.2 Vulkán Kanaga .....	24
5.3 Vulkán Great Sitkin .....	26
5.4 Vulkán Akutan.....	27
5.5 Vulkán Fisher .....	28
5.6 Vulkán Shishaldin.....	29
6 Seismická a vulkanická aktivita v posledních deseti letech.....	32
7 Analýza důsledků seismické a vulkanické aktivity v regionu.....	42
8 Možná aplikace ve výuce zeměpisu .....	47
9 Závěr .....	52
10 Summary.....	53
11 Zdroje.....	54
11.1 Knižní publikace .....	54
11.2 Odborné články.....	54
11.3 Internetové zdroje .....	56
11.4 Zdroje k obrázkům v pracovním listu .....	58
Přílohy.....	60





## Úvod

Aleutské ostrovy jsou oblastí, o které mnoho občanů v České Republice ani neví, kde se nachází. Jako jeden z důvodů by mohl být ten, že již v učebnicích zeměpisu je toto téma opomíjeno. Učíme se o Spojených Státech Amerických, něco málo si snad každý vybaví i o státě Aljaška, jehož jsou ostrovy součástí, dále se však nedostaneme. Pokud svou pozornost zaměříme na to, jak vypadají mapy znázorňující severoamerický kontinent či celý svět, a pokusíme se najít právě řetězec Aleutských ostrovů, většinou zjistíme, že je tato oblast rozdělená na dvě části, doslova rozpůlená. Jedna část se vyskytuje u levého horního rohu, ta druhá u pravého. Už zde se objevuje první zádrhel, pokud ovšem dané mapě světa nedominuje Australský kontinent. Na takových mapách Aleutské souostroví v celé své délce vidíme. Zůstává však otázkou, kolik českých žáků taková mapa vůbec zajímá.

Obsah této práce má poukázat na skutečnost, že oblast Aleutských ostrovů rozhodně zajímavá je a nabízí se zde spousta témat, které by bylo možné dále rozpracovat. Problémem zůstává, že se o nich z devadesáti procent nedočteme v česky psaných zdrojích. Tyto dva důvody byly pro volbu daného tématu hlavní motivací autorky této práce, v rámci zpracovávání tématu spojila s geografii také znalost anglického jazyka, která je potřebná pro studium anglické filologie, jež je jejím druhým oborem.

Práce jako celek se bude soustředit na seismickou a vulkanickou aktivitu, která je pro region typická. Důvody, proč tomu tak je, uvedeme v nejbližších kapitolách. Témata, která s ostrovy souvisí, nejsou však přímým důsledkem endogenních procesů zde probíhajících, nastíníme či alespoň zmíníme v kapitole věnující se aplikací tématu ve výuce zeměpisu.

## 1 Cíle a metodika práce

Cílem bakalářské práce je charakterizovat seismickou a vulkanickou aktivitu v zájmovém regionu souostroví Aleuty. Práce bude vycházet z odborných publikací a aktuálního monitoringu rizikových faktorů v zájmovém území, s využitím stránek Aljašské Vulkanologické Observatoře, Americké Geologické Služby a Smithsonova Institutu. Pozornost bude věnována komplexní fyzickogeografické charakteristice souostroví se zvláštním zřetelem na seismickou a vulkanickou aktivitu v regionu v období posledních deseti let. Dále se budeme blíže zabývat vybranými vulkány. Dílčím cílem práce je navrhnout možné využití tématu ve výuce zeměpisu. Jako příloha bude doplněn přehledný souhrn vulkánů vyskytujících se na daném území.

Hlavní metodou práce byla rešerše literatury, nejprve věnující se teorii deskové tektoniky obecně, následně děl již konkrétně zaměřených na oblast Aleutského souostroví. Teorii deskové tektoniky se věnují rozsáhlé odborné publikace zabývající se fyzickou geografii obecně, jsou zpracovány pány Arbogastem, Christophersonem či Holdenem. Jejich díla jsou součástí knihovny Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Jako zdroje cenných informací týkajících se aktivity jednotlivých vulkánů byly odborné práce začínající názvem *Preliminary Volcano-Hazard Assessment for (...)*, neboli předběžné zhodnocení rizik, která jednotlivé vulkány představují. Tyto publikace jsou veřejnosti volně přístupné na internetu, obvykle vydány pod záštitou institucí Americké Geologické Společnosti a Aljašské Vulkanologické observatoře.

Odborné studie autorů Coats či Byers se zabývali tématem Aleuských ostrovů již kolem roku 1950 a napsali jedny z prvních podrobnějších publikací, které tomuto tématu věnovaly pozornost. Bylo však nutné si informace převzaté z těchto děl ověřit aktuálnějšími pracemi a považovat je spíše za inspirativní.

Při získávání informací o jednotlivých sopkách byly velmi užitečné internetové stránky Aljašské Vulkanologické Observatoře a Smithsonova Institutu. Ke každému dílčímu vulkánu v našem zájmovém regionu jsou zde poskytnuty jak aktuální informace, tak záznamy o aktivitě sopek v minulosti. Pro vytvoření tabulky s vulkány nacházející se v naší oblasti jsme jako zdroj informací použili právě stránky Smithsonova Institutu. Použité informace o zemětřeseních jsou převzaty primárně z internetových stránek Americké Geologické Služby a Aljašské Seismologické Služby.

## 2 Základní geografická charakteristika souostroví Aleuty

Aleutské ostrovy tvoří řetězec obloukovitého tvaru délky přibližně 1800 km (Encyclopædia Britannica, 2015). Bráno od špičky Aljašského poloostrova na východě až po ostrov Attu ležícího na západě. Pokud bychom považovali za součást Aleutských ostrovů také ostrovy Komandorské, byla by délka souostroví logicky větší. Tyto ostrovy oddělují Beringovo moře ležící na severu od Tichého oceánu, rozprostírajícího se na jihu. Jižně od ostrovů nalezneme Aleutský příkop s hloubkou pohybující se okolo 7,7 km (Coats, 1950).

Politicky náleží celé souostroví k americkému státu Aljaška, Komandorské ostrovy jsou již součástí Ruské federace. V minulosti celé teritorium Aljašky náleželo Rusku, to jej však roku 1867 prodalo americké vládě (Encyclopædia Britannica, 2015). Za druhé světové války zde americká armáda začala budovat své základny a infrastrukturu, v obavách japonského útoku. Japonská armáda skutečně zaútočila, obsadila ostrovy Kiska a Attu, dál se však nedostala a roku 1943 byli Japonci z ostrovů opět vytlačeni (Polhamus, 2005). Ostrov Amchitka je místem, kde Američané v letech 1965 až 1971 provedli 3 podzemní jaderné testy, s negativními dopady na pozemní, sladkovodní a mořské ekosystémy v okolí ostrova (Douglas a kol., 2000). Geograficky, pokud se přesuneme od ostrovů směrem do vnitrozemí, zjistíme, že na ostrovy plynule navazuje Aljašský poloostrov, na němž se rozprostírá Aleutské pohoří, jehož dalším pokračováním je pohoří Aljašské. Stejně jako Aleutské souostroví, jsou obě tato pohoří součástí Ohnivého kruhu, z čehož vyplývá jejich vulkanický původ a tudíž přítomnost jak vyhaslých tak aktivních vulkánů (Encyclopædia Britannica, 2015).

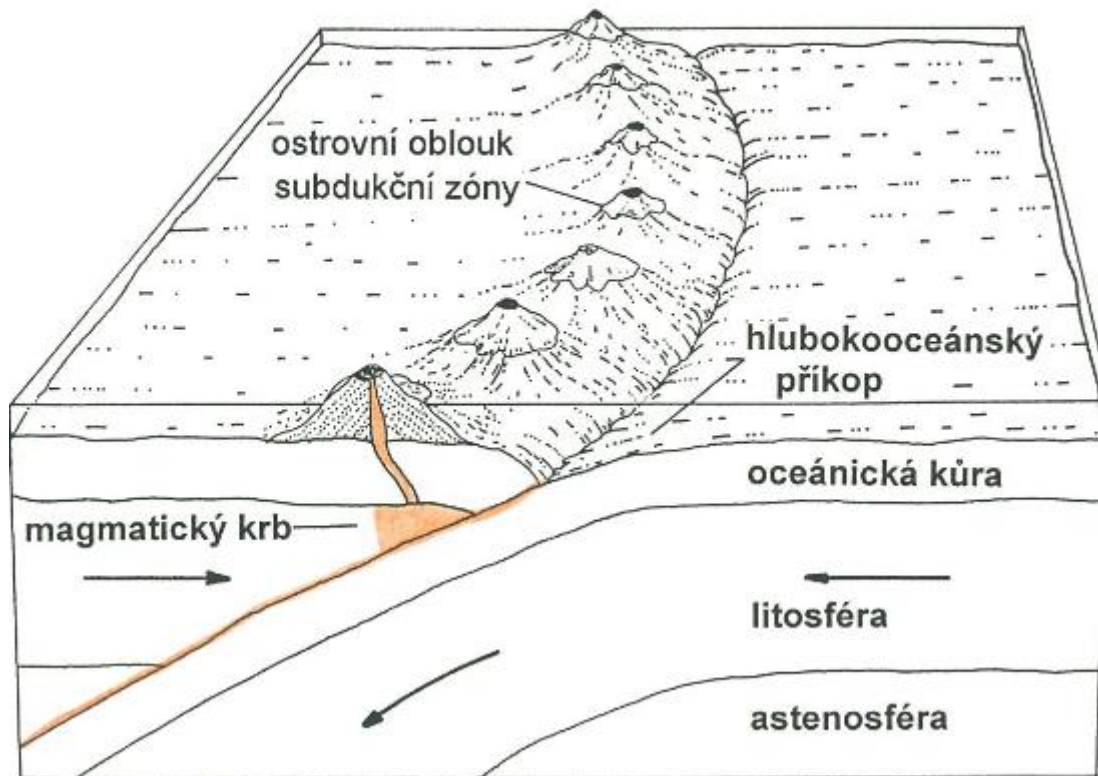


Obrázek 1: Fyzická mapa Amerického státu Aljaška. Zdroj: World Sites Atlas 2008. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.sitesatlas.com/Flash/USCan/static/AKFF.htm>

Důvod existence tohoto řetězce a příkopu jižně jej kopírujícího je střet dvou litosférických desek. Oblast jejich střetu se nazývá konvergentní rozhraní (Christopherson, 2012). Dochází zde k subdukci neboli podsouvání jedné desky pod druhou. Konkrétně se zde Pacifická deska zasouvá pod desku Severoamerickou. Jelikož se teplota planety Země směrem ke svému středu zvyšuje, ponořující se deska je tlačena druhou deskou tak hluboko, až za vysokých teplot taje. Důsledkem tohoto tání je vulkanická činnost, tudíž vznik mnoha ostrovů tvořící řetězec. Jelikož toto podsouvání neprobíhá hladce, často dochází k uvolnění napětí, které střet desek vyvolává. Pokud k takovému uvolnění dojde, nazýváme jej zemětřesením nebo také seismickou činností. A pokud nastane zemětřesení podmořské,

může být jeho důsledkem vlna tsunami. Ničivost této vlny určuje síla podmořského zemětřesení a výška vodního sloupce nad ním (Holden, 2008, s. 45), (Arbogast, 2011, s. 369).

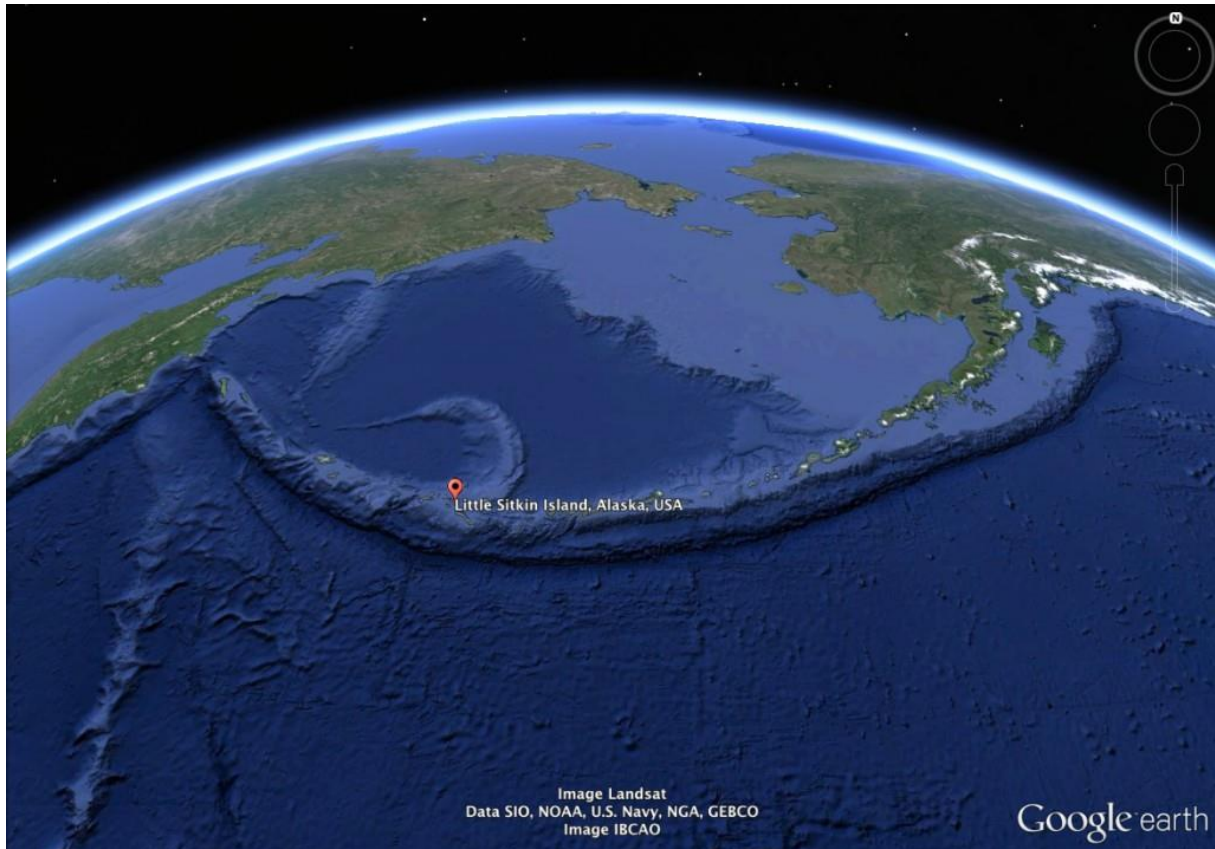
## Subdukce oceánských litosferických desek



Obrázek 2: Schéma subdukce dvou oceánských litosferických desek jako příčina vzniku Aleutského souostroví a Aleutského příkopu (Klapák, 1997).

Pokud se podíváme na Aleutský příkop z oběžné dráhy Země, zjistíme, že rozhraní litosferických desek je zde do očí bijící. Celková délka Aleutského příkopu je přibližně 3000 km (Benz a kol., 2010), což odpovídá přibližně šesti délkám České republiky; vzdálenost nejzápadnějšího a nejvýchodnějšího místa ČR vzdušnou čarou je přibližně 493 km. Je zde krásně vidět i do hlubin Beringova moře, jehož část tvoří relativně mělký kontinentální šelf na východě, který však přechází v mnohem hlubší oblast na jihozápadě. Pro porovnání, hloubka moře v šelfové části se pohybuje okolo 0,15 km, kdežto v druhé části, na jihovýchodě, už jsme v průměrných hloubkách 3,5 km (Phyllis a kol., 1999). Okraj kontinentálního šelfu je zde prořízlý několika podmořskými kaňony nemalých rozměrů. Největší z nich, kaňon Zhemchug, je nejhlubším podmořským kaňonem na světě, a oproti Grand Canyonu, nacházejícího se na severoamerickém kontinentu, je přibližně o 1 km hlubší

(Chan a Archer, 2003). I přes tuto skutečnost zůstává existence kaňonu Zhemchug veřejností opomíjena. Dále si všimneme polokruhovitého útvaru, který se od souostroví odděluje přibližně v místě, kde leží ostrov Little Sitkin (vyznačen na mapě) a stáčí se proti směru hodinových ručiček západním směrem. Jeho název je v originále Bowers Ridge, což by se dalo přeložit jako Bowerův hřbet, ovšem v česky psaných zdrojích se o Bowerově hřbetu autoři nezmiňují. Důležitější však je vědět, že tento hřbet není v současné době vulkanicky aktivní (Marine and Petroleum Geology, 1990).

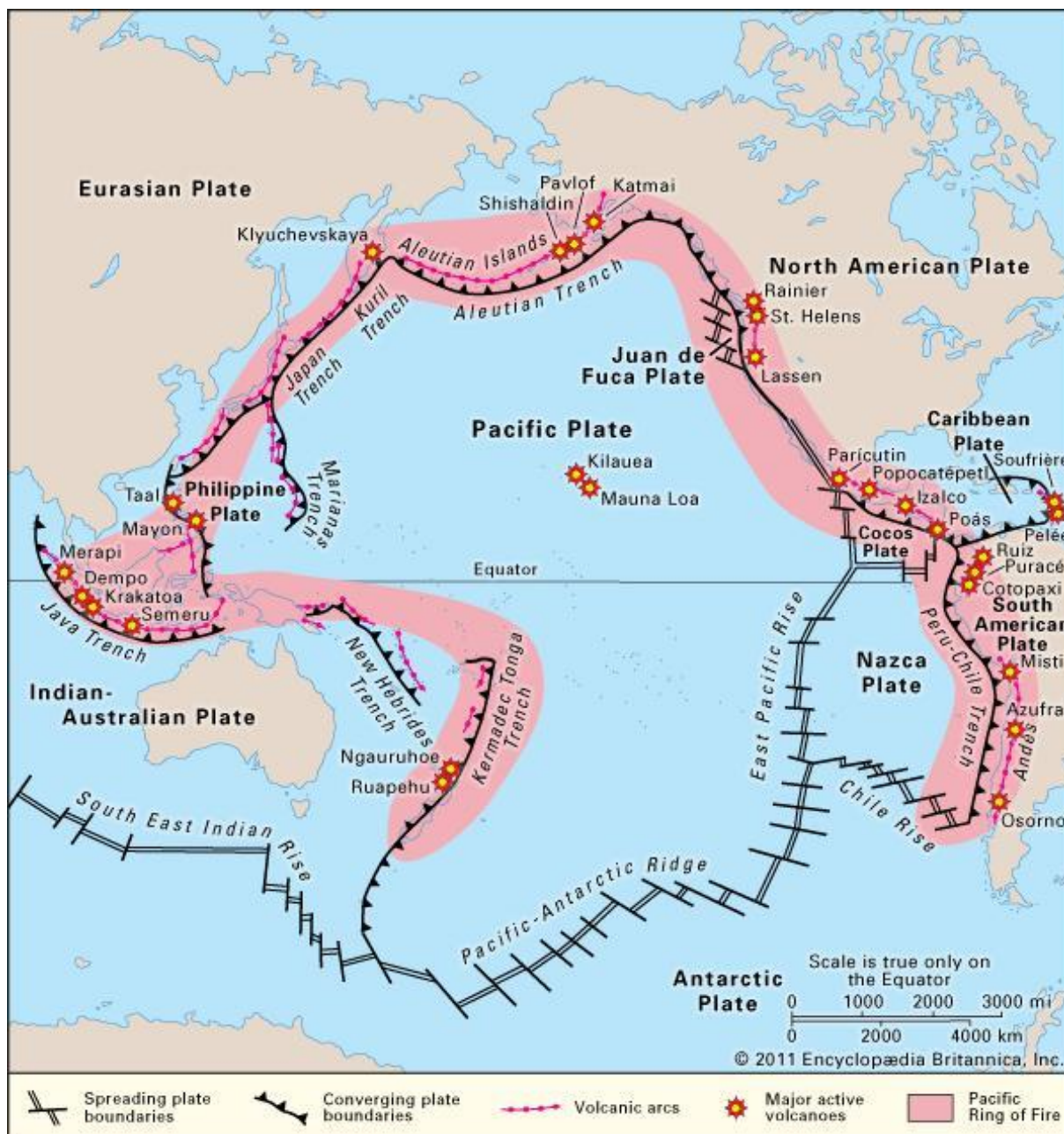


Obrázek 3: Řetězec Aleutských ostrovů spolu s Aleutským příkopem zobrazený pomocí aplikace Google Earth. Zdroj: Discover magazine 2014. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://blogs.discovermagazine.com/imageo/2014/06/23/massive-earthquake-shakes-aleutian-islands/>

Aleutské souostroví náleží do takzvaného Ohnivého kruhu (anglicky Ring of Fire nebo také circum-Pacific belt) což je přibližně 40 000 km dlouhý pás převážně kopírující jednotlivá rozhraní styku litosférických desek. Důvod tohoto pojmenování byl velmi vysoký výskyt sopek (Christopherson, 2012). Pohyby desek vůči sobě způsobují napětí, a pokud se napětí uvolní, dochází k zemětřesení. Statisticky se v tomto pásu odehrává většina zemětřesení na Zemi a také zde najdeme přibližně 75 % všech vulkánů na Zemi, převážně v oblastech

subdukčních zón podél okrajů Pacifické litosférické desky (Arbogast, 2011). Na západním okraji jihoamerického kontinentu se oceánská litosférická deska Nazca podsouvá pod desku Jihoamerickou, což má za následek vznik nejenom nejdelšího kontinentálního pohoří na Zemi, And, jehož nejvyšší vrchol se tyčí do výšky téměř 7 kilometrů nad hladinu moře, ale také nejdelšího oceánského příkopu na světě, příkopu Atakama neboli Peruánsko-Chilského, jehož nejvyšší hloubka dosahuje 8 kilometrů (Christopherson, 2012). V oblasti střední Ameriky dochází k subdukci Kokosové desky pod desku Karibskou, jejímž výsledkem je existence středoamerického vulkanického oblouku s jak vyhaslými tak aktivními sopkami (Hammarstrom, 2010). Dále na sever nalezneme transformní zlom San Andreas, v místě tření Severoamerické a Pacifické litosférické desky (USGS, 2013). Následkem subdukce desky Juan de Fuca pod desku Severoamerickou je pásmo vulkánů v Kaskádovém pohoří (Arbogast, 2011). Dále, jak už bylo zmíněno, v místě subdukce Pacifické desky pod desku Severoamerickou nalezneme řetězec sopek, nejprve ty, které jsou součástí Aljašského pohoří, poté sopky Aleutského pohoří a nakonec Aleutské ostrovy a Aleutský příkop. Dále probíhá subdukce Pacifické desky pod desku Euroasijskou, jejímž výsledkem je pásmo vulkánů na poloostrově Kamčatka a také Kurilských ostrovů spolu s Kurilským příkopem (Erlich, 1986). Za vznik Japonských ostrovů a Japonského příkopu je zodpovědná subdukce desky Pacifické a Filipínské pod desku Euroasijskou (USGS, 2011). Dále se deska Pacifická podsouvá pod desku Filipínskou, což má za následek vznik Mariánských ostrovů a nejhlubšího podmorského příkopu na světě – Mariánského příkopu, jehož hloubka je téměř 11 kilometrů (Christophersen, 2012).





Obrázek 4: Aleutské ostrovy jako součást Ohnivého kruhu. Zdroj: Encyclopædia Britannica, Inc. 2015. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/place/Aleutian-Islands>



### 3 Příčiny seismické a vulkanické aktivity v regionu

Jak již víme, region Aleutského souostroví je vulkanicky a seismicky aktivní z důvodu střetu dvou litosférických desek, kdy se deska Pacifická podsouvá pod desku Severoamerickou. Pohyb desek proti sobě je dynamický proces, a ať už k němu dochází kdekoli na světě, daná přilehlá oblast je zpravidla vždy označována za neklidnou a nestabilní, jelikož dochází k uvolňování napětí a vznikají otřesy. V této práci se zaměřujeme čistě na pás Aleutského souostroví bez Komandorských ostrovů; tudíž počínaje ostrovem Attu na západě až po ostrov Unimak. Ovšem oblast, kde dochází ke kolizi desek, je větší a označuje se jako Alaska-Aleutian Megathrust neboli Aleutsko-Aljašská zóna subdukce, s délkou přibližně 3000 km. Spolu s oblastmi Chile a Indonésií je to jedna ze tří nejvíce seismicky aktivních subdukčních zón na světě, co se týče území Spojených Států Amerických, je to oblast nejaktivnější. Hloubka, kde dochází k seismické aktivitě je v rozmezí od 250 kilometrů ve východní části po 50 kilometrů v části západní, v takzvané Wadati-Benioffově zoně, kde současně dochází k deformaci Pacifické desky. Jižně je kopírována Aleutským hlubokomořským příkopem s hloubkou pět až šest kilometrů. Podmořské zemětřesení může způsobit vertikální přemístění mořského dna, a následně vznik ničivé vlny tsunami, což však v oblasti řídky obydlených Aleutských ostrovů až na pár výjimek příliš nevadí. Tato vlna je však v případě zemětřesení o vysokém magnitudu schopna šíření napříč Pacifikem, až ke 13 000 kilometrů vzdálenému pobřeží Antarktidy. Z minulosti víme, že vlny tsunami, které měly svůj původ při pobřeží Aleutských ostrovů, několikrát způsobily značné škody na přibližně 3600 kilometrů vzdálených Havajských ostrovech (Draut a kol., 2011).

Jak říká dnes již uznávaná teorie deskové tektoniky, na Zemi dochází ke vzniku zemské kůry v místech divergentních rozhraní, kde se litosférické desky pohybují směrem od sebe a vznikají středooceánské hřbety. Pásky těchto středooceánských hřbetů měří celkově asi 50 000 km, celkově se vytvoří přibližně 5 km<sup>2</sup> nové oceánské kůry za rok. Země však v průběhu let nezvětšuje svůj povrch, tudíž spolu se vznikem nové zemské kůry musí docházet také zároveň k jejímu zániku. Což by se dalo také označit za takzvanou recyklaci zemské kůry (Dzurisin, 2014). K zániku dochází v místech konvergentních rozhraní dvou desek, desky se střetávají a jedna se podsouvá pod druhou. V konkrétním případě Aleutského souostroví, kdy dochází ke střetu dvou desek oceánského typu, nalezneme hlubokomořský příkop a oblouk sopečných ostrovů. Podobná situace nastává také u

Kurilských ostrovů, souostroví Malé Antily nebo souostroví Mariany. Všechna tato souostroví však Aleuty přesahují svou délkou.

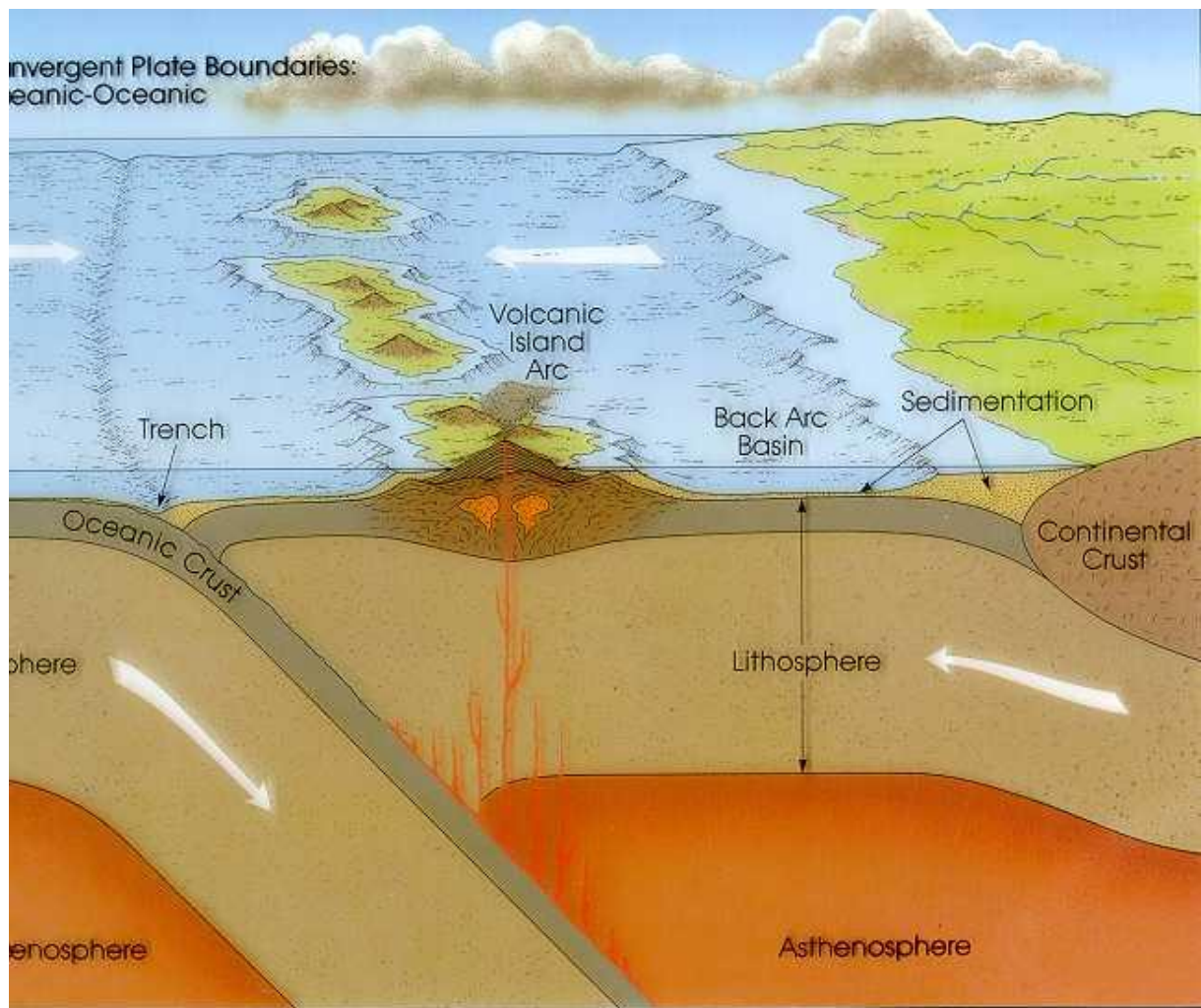


Illustration: Plate Tectonics

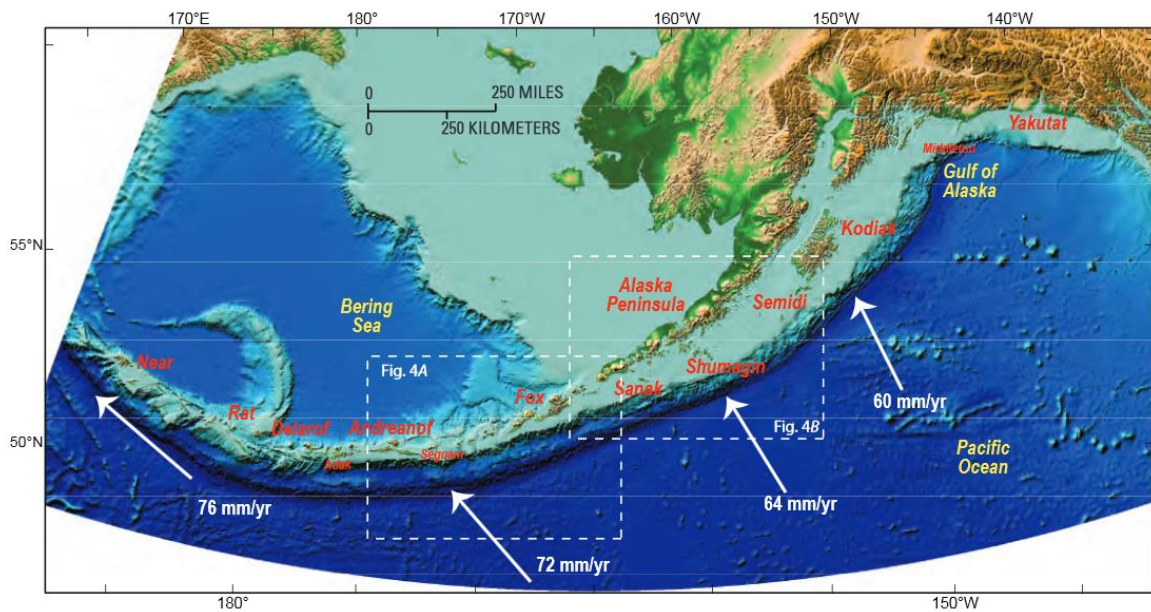
Copyright © 1984, by Tasa Graphic Arts, Inc. All rights reserved

Obrázek 5: Schématické znázornění konvergentní rozhraní dvou desek oceánského typu. Zdroj: Lectures about plate tectonics. [online]. 2001. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [http://blue.utb.edu/paulgi/physci1417/Lectures/Plate\\_Tectonics.html](http://blue.utb.edu/paulgi/physci1417/Lectures/Plate_Tectonics.html)

Kdybychom se však nacházeli v místě, kde se střetávají dvě desky kontinentálního typu, sledovali bychom zdvih pohoří, proces orogeneze, jako je tomu v případě pohoří Himaláje nebo Kavkaz (Harley a kol., 2012). V místech podsouvání oceánské desky pod kontinentální nalezneme hlubokomořský příkop a pásemná pohoří spolu s četným výskytem sopek, jako je tomu v případě pohoří Andy.

Zajímavé je, že se velmi liší stáří oceánské kůry, která je součástí ponořující se Pacifické desky; v Aljašském zálivu je to kůra stará přibližně 33 milionů let, kdežto při západním okraji Aleutského souostroví je stáří kůry odhadováno až na 90 milionů let. Různí se také rychlosti subdukce; při jižním okraji Aljašského poloostrova je to přibližně 60

milimetrů za rok, kdežto při západním okraji našeho území, jižně od Near Islands, je to až 76 milimetrů za rok (Draut a kol., 2011).



Obrázek 6: Schématické znázornění rychlostí subdukce desky Pacifické pod Severoamerickou litosférickou desku v oblasti Aljašského poloostrova a Aleutských ostrovů. Zdroj: *History of Earthquakes and Tsunamis Along the Eastern Aleutian-Alaska Megathrust, with Implications for Tsunami Hazards in the California Continental Borderland*.

#### 4 Historicky významné projevy seismické a vulkanické aktivity

Co se týče záznamů o chování vulkánů, datování jejich erupcí, výskytu zemětřesení či tsunami v této oblasti, bude nutné začít vysvětlením, proč jsou informace, které v současné době máme k dispozici, velmi omezeného charakteru. Hlavním faktorem je poloha a značná izolovanost ostrovů. Lidé přišli na ostrovy již před více než 10 000 lety, konkrétně to byli Aleuté neboli Unangasové, potomci kmene Eskymáků, kteří se na severoamerický kontinent dostali z Asijského kontinentu, místy kde je dnes Beringův průliv. V období jejich největšího rozmachu jich na ostrovech žilo 20 000, existuje ovšem pouze pár zmínek, které o jakékoli aktivitě endogenního charakteru z té doby máme (Remick, 1984). Dalších pár záznamů pochází od dobrodružných námořních expedic, které zde zavítaly, nejprve to byla expedice Vituse Beringa v roce 1741. Tímto rokem zde začalo období ruské nadvlády, trvajícího od 1741 do 1867, počátek geologického výzkumu ostrovů ale neznamenal. Když následně území odkoupili Američané, proběhly zde některé dílčí menší výzkumy, například v okolí vulkánu Bogoslov, kde byly tehdy popsány i podmořské kaňony. Roku 1945 na ostrov Unmak zavítal i Čech Aleš Hrdlička, za účelem sbírání podkladů pro své rozsáhlé antropologické studie (Byers, 1959). Rozebereme si tudíž pouze několik významných událostí, o kterých existují podrobnější informace. Budou z let 1817, 1944, 1946, 1957 a 1965.

Roku 1817 došlo k významné erupci vulkánu Okmok, významné proto, že způsobila zánik Aleutské vesnice v místě mysu Tanak na ostrově Unmak. Došlo k vyprázdnění jezera při jednom z kráterů, což zapříčinilo zaplavení vesnice. Stalo se tak však v nepřítomnosti jejich obyvatel, kteří v té době byli na lovu u ostrovů Pribilof. Po svém návratu se přemístili do míst, kde leží současná osada Nikolski (Begét a kol., 2005), (AVO, 2016). V době probíhající druhé světové války, v roce 1944, došlo k sopečné aktivitě vulkánu Cleveland. Na ostrově Chuginadak, jehož je vulkán součástí, se v době erupce nacházelo několik vojáků letectva Americké armády. Jeden z nich se k aktivnímu průduchu sopky přiblížil příliš blízko, když prováděl jeho průzkum (Smithsonian Institution, 1985). Poté ho pravděpodobně usmrtil sesuv bahna (Lowney, 1946). Ostrovem poté zmítaly zemětřesné otřesy a sopka vyvrhovala po dva dny sopečný materiál. Následně došlo k evakuaci zbylých vojáků a vojenského vybavení na místě a do konce války zůstala tato odlehlá základna opuštěna (Anchorage Daily Times, June 26, 1944; Robinson, 1948), (AVO, 2016).



V dubnu roku 1946 nastalo asi 145 kilometrů jižně od ostrova Unimak v oblasti Aleutského příkopu zemětřesení o magnitudu 8,1. Epicentrem se nacházelo v hloubce 25 kilometrů, přibližně na 52,8° severní šířky a 163,5° západní délky. Podél zlomu, u kterého se otřesy vyskytly, došlo k vyzdvižení velkého segmentu mořského dna, jehož následkem byla vlna tsunami, která se šířila napříč Pacifikem až ke břehům Jižní Ameriky. Aleutské ostrovy zachytily hlavní nápor vlny tsunami, čímž bylo uchráněno pobřeží poloostrova Aljaška. Vlna tsunami nejprve smetla maják Americké Pobřežní Stráže při pobřeží ostrova Unimak, spolu s ním i pět lidí, kteří se nacházeli uvnitř. Výška vlny při majáku byla odhadnuta na přibližně 35 metrů. Maják byl přitom postaven pouze šest let před katastrofou, v roce 1940. Nacházel se 12 metrů nad hladinou moře, měl pět pater a byl z tvrzeného betonu (USC, 2005), (Lander a kol., 1989).



Obrázek 7: Scotch Cap Lighthouse, někdejší maják na ostrově Unimak. Vlevo: Podoba majáku mezi lety 1940 a 1946. Vpravo: To, co z majáku zbylo, po zničení vlnou tsunami v roce 1946. Zdroj 1: United States Coast Guard, U.S. Department of Homeland Security. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.uscg.mil/history/weblighthouses/LHAK.asp> Zdroj 2: Historic Light Station Information & Photography. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.cjlphotos.com/Scotch-Cap-Hist.html>

Dále vlna tsunami způsobila škody přístavu Dutch Harbor a poloostrovu Ikatan. O necelých 5 hodin později dorazila vlna k Havajským ostrovům, jejichž obyvatelé nebyli nijak varováni, protože zničení majáku Scotch Cap zabránilo přenos potřebných informací. V městečku Hilo na Havaji si devítimetrová vlna tsunami vyžádala 159 životů a napáchala

škody v hodnotě 26 milionů dolarů, bylo zničeno například celé nábřeží. Přepočítáno na dolary v roce 2016 by to znamenalo přes 300 milionů. Nejvyšší výšky, 16 metrů, dosáhla vlna v údolí Pololu. Při pobřeží státu Kalifornie, města Santa Cruz, se v třímetrových vlnách utopil jeden člověk. Oblast městečka Half Moon Bay, také v Kalifornii, byla zasažena vlnami kolem čtyř metrů, které zničily několik lodí a stavby podél nábřeží, celkové škody dosáhly 20 000 dolarů. Na Markézách ve Francouzské Polynésii udeřily devítimetrové vlny, a dokonce k pobřeží Chile dorazily vlny, které měly sílu zničit několik rybářských lodí (USGS, 2016).

Jako reakce na tuto událost došlo v roce 1949 k realizaci Pacifického varovného systému, The Pacific Tsunami Warning Center se sídlem na Havajských ostrovech, který má za úkol vyhodnocovat údaje ze seismologických stanic a stanic sledujících výšku přílivu napříč Pacifickou pánví. Brzy poté bylo založeno The Alaska Tsunami Warning Center se sídlem ve městě Palmer na Aljašce, které sbírá data pro varování Aljašského poloostrova, Britské Kolumbie a států Washington, Oregon a Kalifornie. Původní systémy varující před tsunami dnes mezinárodně spolupracují, mají přibližně 26 členů a poskytují brzká varování komunitám při pobřeží nejenom Tichého, ale také Indického oceánu (USGS, 2016), (USC, 2005), (Lander a kol., 1989).

V březnu roku 1957 nastalo jižně od ostrovů Andreanof zemětřesení o magnitudu 8,6. S epicentrem v hloubce 33 kilometrů, přibližně na 51,5° severní šířky a 175,7° západní délky. Mělo za následek vznik osmimetrové vlny tsunami, která napáchala velké škody na ostrově Adak, poničila například palivové nádrže a potrubí, spolu s přístavními hrázemi. Dále na ostrově zničila dva mosty, poškodila domy, a na cestách zůstaly trhliny, až 4,5 metrů široké. V místě Scotch Cap na ostrově Unimak, kde v roce 1946 zničila vlna tsunami maják, dosáhla vlna 15 metrů. Na ostrově Unmak byla poničena část loděnice. Dále vlna tsunami poničila domy a lodě v přístavu na ostrově Atka. Více než 300 následných otřesů bylo zaznamenáno podél jižního okraje Aleutských ostrovů, od průlivu Unimak až k průlivu Amchitka, což znamená oblast v délce přes 600 kilometrů (USGS, 2016).

Stejně jako v případě zemětřesení a následné vlny tsunami v roce 1946, Aleutské ostrovy zaštitily a tím ochránily Aljašskou pevninu před případnými škodami. Vertikální zdvih mořského dna, který otřes doprovázel, vyvolal vlny tsunami, které se šířily napříč celým Pacifikem, stejně jako v případě roku 1946. Paradoxem je, že tentokrát bylo uvolněno více energie než v roce 1946, škody však byly menší. Tato nejistota potenciální síly tsunami nutí

Pacific Tsunami Warning System vydávat upozornění, i když je pravděpodobné, že dané tsunami bude mít malé nebo žádné následky.

Havajské ostrovy byly tentokrát před blížící se vlnou tsunami varovány, tudíž obyvatelé žijící v nízko položených oblastech byli včas evakuováni a nedošlo ke ztrátám na životech. Škody v porovnání s rokem 1946 byly také menší, vlny, které k ostrovům dorazily, tentokrát nedosáhly takové výšky jako při předchozí události, což bylo důležité například ve městě Hilo, které se vyznačuje vysokou hustotou zalidnění. Tentokrát škody v tomto městě dosáhly pouze 150 000 dolarů, výška vln dosáhla tří metrů. Škody na ostrově Kauai, což je ostrov vzdálen od epicentra přibližně 3600 kilometrů, a kde výška vlny ve vesničce Haena dosáhla téměř desíti metrů, byly však větší než roku 1946. Na ostrově Maui byly zničeny lodě a domy, výška vlny zde dosáhla sedmi metrů v zálivu Waimea. Celková hodnota škod dosáhla na 5 milionů dolarů. Na západním pobřeží USA, ve městě Port Hueneme měla vlna 1 metr. Příval vody o výšce jeden metr nastal také v Shelter Island ve městě San Diego, což poničilo lodě a vybavení loděnice. Třímetrová vlna byla zaznamenána v souostroví Markézy ve Francouzské Polynésii, téměř dvoumetrová vlna dorazila k pobřeží státu Chile (USGS, 2016), (USC, 2005), (Lander a kol., 1989).

V roce 1965 nastalo zemětřesení v oblasti Rat Islands, které dosáhlo magnituda 8,7. Škody však tentokrát nebyly nijak velké, vzhledem k tomu, jak velkého magnituda zemětřesení bylo. Na ostrově Adak se vyskytly trhliny na dřevěných domech, na ostrově Shemya zase trhliny na silnicích. Následkem zemětřesení vznikla vlna tsunami, která dosáhla asi 10 metrů na ostrově Shemya. Ostrov Amchitka byl zaplaven, došlo ke ztrátám v hodnotě asi 10 000 dolarů (USGS, 2016).

## 5 Základní charakteristika nejvýznamnějších vulkánů

V následující kapitole je podrobně charakterizováno šest z celkových čtyřiceti vulkánů, které se na Aleutských ostrovech rozkládají. Kompletní tabulka se všemi čtyřiceti vulkány je k dispozici v přílohách, pro účely této kapitoly byla vytvořena tabulka mnohem stručnější, která obsahuje pouze některé údaje námi vybraných sopek. Vidíme, že vulkány Kanaga, Akutan a Shishaldin můžeme označit za velmi aktivní. Nadmořskou výškou vyniká vulkán Shishaldin, převyšující ostatní zmíněné vulkány o více než 1000 metrů. Je potřeba také připomenout, že i přes veškerou snahu současných vulkanologů jsou údaje o minulých erupcích spíše orientační, vzhledem k podmínkám, které byly ještě i v nedávné minulosti překážkou pro řádný monitoring aktivity těchto sopek. Pokud neexistují dostatečné důkazy, že k erupci opravdu došlo, nebyl rok této nepotvrzené erupce do tabulky zahrnut.

Tab. 1: Vybrané vulkány Aleutských ostrovů

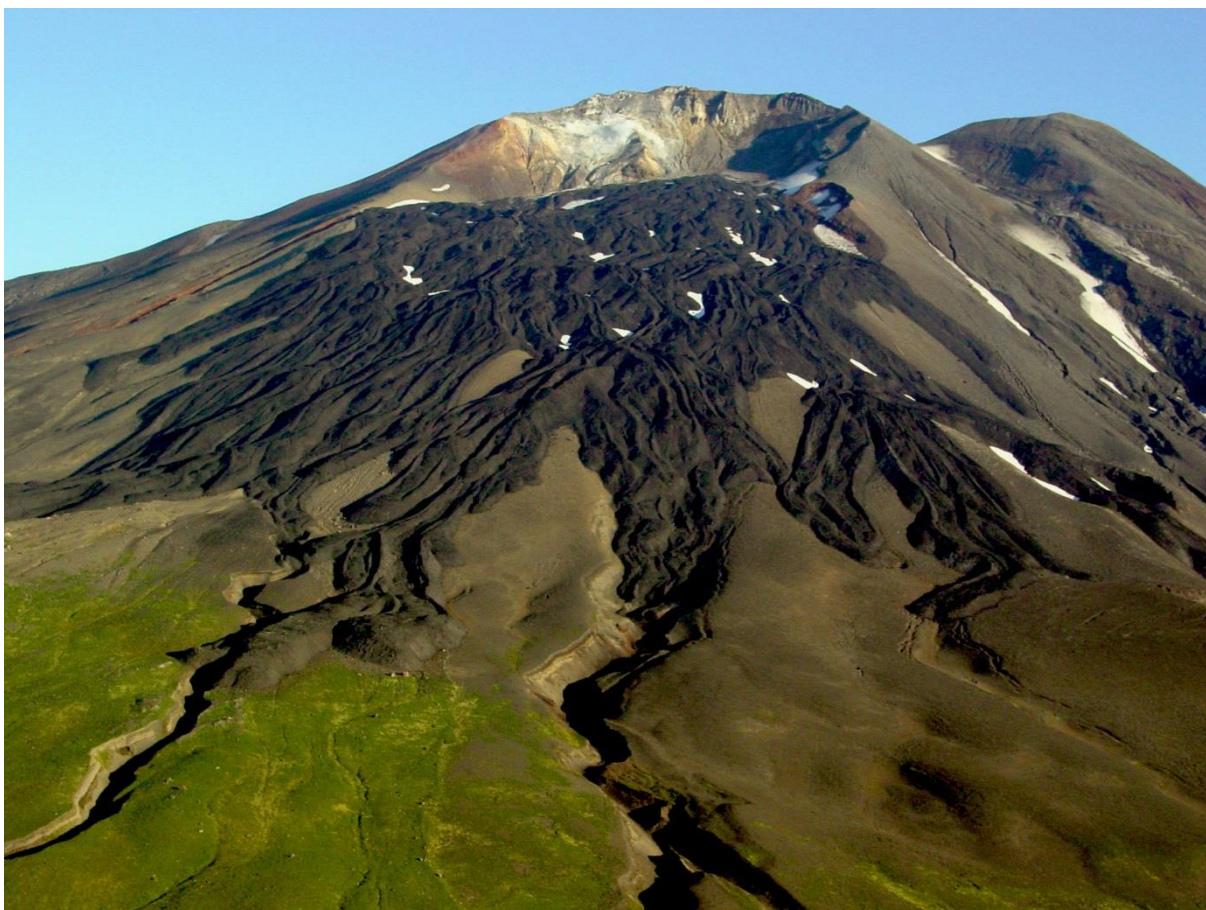
Název vulkánu (ostrova)	Poslední erupce	Ostatní známé erupce (pouze potvrzené)	Nadmořská výška (m n. m.)
Vulkán Gareloi	1989	1790, 1791, 1792, 1873, 1922, 1929, 1950, 1952, 1980, 1982, 1987	1573
Vulkán Kanaga	2012	7300 př. n. l. $\pm$ 500 let, 4700 př. n. l. $\pm$ 150 let, 2300 př. n. l. $\pm$ 150 let, 2150 př. n. l. $\pm$ 200 let, 1900 př. n. l. $\pm$ 300 let, 1550 př. n. l. $\pm$ 100 let, 200 $\pm$ 150 let, 850 $\pm$ 200 let, 1150 $\pm$ 200 let, 1400 $\pm$ 50 let, 1783, 1904, 1906, 1942, 1994, 1995	1307
Vulkán Great Sitkin	1974	1792, 1933, 1945, 1949, 1950	1740
Vulkán Akutan	1992	7620 př. n. l. $\pm$ 300 let, 4150 př. n. l., 340, 550, 1420 $\pm$ 100 let, 1848, 1852, 1865, 1867, 1883, 1887, 1892, 1895, 1896, 1907, 1908, 1911, 1927-1928, 1929, 1931, 1946, 1948, 1951, 1953, 1962, 1973, 1974, 1976, 1978, 1980, 1982, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991	1303
Vulkán Fisher (ostrov Unimak)	1826	7420 př. n. l. $\pm$ 200 let, 3170 př. n. l. $\pm$ 75 let, 400 $\pm$ 50 let, 1795	1112
Vulkán Shishaldin (ostrov Unimak)	2014-2015	7550 př. n. l., 7050 př. n. l., 950, 1824, 1825, 1826, 1827-1829, 1830, 1838, 1842, 1883, 1898, 1901, 1922, 1925, 1927, 1928, 1929, 1932, 1946, 1948, 1951, 1953, 1955, 1963, 1967, 1975, 1976, 1978, 1979, 1986, 1993, 1995, 1997, 1998, 1999, 2004	2857

Podkladová data: Smithsonian Institution. National Museum of Natural History. Global Volcanism Program. Dostupné z: <http://volcano.si.edu/>



## 5.1 Vulkán Gareloi

Jedná se o stratovulkán s nadmořskou výškou 1573 m n. m tvořící stejnojmenný ostrov, jehož rozměry jsou pouze 8 x 10 kilometrů. V rámci Aleutského souostroví patří do skupiny ostrovů Delarof. Od osady Adak, která je nejzápadněji ležící osadou Spojených států a žije v ní přes 300 obyvatel, je vulkán vzdálen 150 kilometrů západním směrem a od města Anchorage přibližně 2000 km, také západně. Je tvořen dvěma vrcholky a štěrbinou, která vznikla po erupci roku 1929. Naposledy vulkán explodoval v roce 1989. Od roku 1740, kdy byl spatřen expedicí Vituse Beringa, je vulkán zaznamenávám jako dosti aktivní, a to napříč tomu, že vzhledem k jeho odlehlosti nemohly být (hlavně v minulosti) jeho aktivity dostatečně podrobně monitorovány. Výsledkem erupcí vulkánu Gareloi bývají často mraky sopečného popela spolu s lávovými proudy. Zářezy po jeho bocích a nánosy způsobené lavinami suti nacházející se na přilehlém mořském dně naznačují, že vulkán v minulosti způsobil sesuvy velkého množství půdy, čímž mohl způsobit i vlny tsunami. Takto velké erupce jsou však nepravidelné a objevují se v řádech tisíce let. V současné době představuje vulkán největší hrozbu pro leteckou dopravu, kdy oblaka sopečného prachu mohou být transportována vzduchem na větší vzdálenosti a případně poškodit motory letadel (Browne a kol., 2008).



Obrázek 8: Oblast fumarol (bílá oblast při vrcholu) a lávových proudů sopky Gareloi. Autor: McGimsey, R. G., 2003. Alaska Volcano Observatory/U.S. Geological Survey. [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/images/image.php?id=1992>

## 5.2 Vulkán Kanaga

Stratovulkán Kanaga se nachází na severním cípu stejnojmenného ostrova, je vysoký 1307 m n. m., sopečný kužel má symetricky tvarovaný se strmými svahy. Tato symetričnost kužele značí nedávnou a poměrně častou aktivitu vulkánu, jak za posledních 11 000 letech, tak také v posledních 250 letech. Poslední větší erupce tohoto vulkánu nastala v období let 1994-1995, kdy docházelo k produkci mračen sopečného prachu a v osadě Adak ležící 33 km východně byl čas od času cítit silný zápach síry. Menší exploze následně nastala ještě v roce 2012, nebyla však příliš podrobně prozkoumána (AVO, 2016). Ostrov Kanaga je protáhlého tvaru a kromě vulkánu na něm nalezneme útvary nízkých nadmořských výšek, patří pod skupinu ostrovů Andreanof. Okolo současného vulkanického kužele je 800 m vysoký hřbet s průměrem 2 km (Kanaton ridge), zachován však pouze na východní a jižní straně. Uvnitř se nachází i malé jezero. Geologové předpokládají, že je to pozůstatek zborceného štítového vulkánu Kanaton. Stáří tohoto předchozího vulkánu je sporné, jeho zánik se předpokládá

před více než 10 000 lety. Na jižních svazích hřbetu Kanaton chybí jakékoli zbytky rozsáhlých nánosů pyroklastických proudů, což naznačuje, že erupce sopky Kanaton nevedla ke vzniku kaldery Kanaga, jak se geologové domnívali ještě v roce 1998. Ovšem ani přesvědčivý důkaz, jak přesně tedy kaldera současného vulkánu vznikla, neexistuje. Je zde varianta, že podstatná část předchozího vulkánu Kanaton se zřítla na severozápadní straně do moře ještě před vznikem vulkánu Kanaga.

Pomocí analýzy zbytků sopečného prachu, nacházejícího se v ložiskách za vulkánem, se geologové pokusili rekonstruovat historii erupcí současného vulkánu. Obecně podle nich byla aktivita vulkánu v minulosti nepravidelná, dlouhá období neaktivity byla střídána erupcemi, tedy náhlým usazením vulkanických sedimentů nebo výskytem nových lávových proudů. Během období neaktivity se daří růstu vegetace a vzniku nové půdy, jakmile přijde rozsáhlejší erupce, vegetace a půda zůstane pohřbena pod vulkanickými usazeninami, hlavně sopečným prachem. Stratigrafická posloupnost spálených půd a vegetace, vulkanických usazenin a vulkanického prachu se tímto způsobem formuje mnoho tisíců let. Je proto možné určit historii erupcí vulkánu tím, že budeme datovat spálené půdy a zbytky rostlin spolu s vulkanickými nánosy. Vulkanické horniny lze datovat přímo při použití technik radiometrického datování, jako je například argono-argonové ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) datování. V případě vulkánu Kanaga byla tato metoda použita a my jsme tak schopni určit erupce vulkánu během posledních 11 000 let. Předpokládáme, že větší erupce vulkánu spojené s rozsáhlými nánosy sopečného prachu, lokálním výskytem pyroklastických proudů, laharů a lávových proudů se v průběhu 11 000 let vyskytly nejméně čtyřikrát, z toho naposled přibližně před 500 lety. Menší erupce, podobné té v letech 1993-1995, které obecně mají za následek lokální, tenké a jemnozrné usazeniny vulkanického prachu, menší pyroklastické proudy a lahary na úbočích vulkánu a lávové proudy, se také mnohokrát vyskytly. Jelikož je vulkán Kanaga pokryt sněhem téměř po celý rok (často i během léta), erupce v jakémkoli období mohou způsobit vznik laharů. Na různých místech severní části ostrova Kanaga obsahují výsledné stratigrafické profily tenké usazeniny vulkanického prachu s velmi jemnými zrny (tak jemnými, jako ty které jsou součástí bahna). Tyto usazeniny mohly být vytvořeny jak menšími erupcemi vulkánu Kanaga, tak také erupcemi vulkánů ležících západním směrem. Mračna sopečného popela z vulkánu Kanaga se mohou vznést do výšky 15 km i více a dostat se tak do leteckých tras letounů, které používají letiště Adak nebo létají trasy nad Severním



Pacifikem. Na rozdíl od některých vedlejších ostrovů, tento nevykazuje známky zalednění (Miller a kol., 2002).



Obrázek 9: Lávový proud z roku 1906 při vulkánu Kanaga. Autor: Coombs, M. L., 2015. Alaska Volcano Observatory/U.S. Geological Survey. [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <http://www.avo.alaska.edu/images/image.php?id=82891>

### 5.3 Vulkán Great Sitkin

Je to smíšený stratovulkán nacházející se na stejnojmenném malém ostrově kruhovitého tvaru. Nachází se přibližně 35 km severovýchodně od osady Adak a 130 západně od osady Atka. Vulkán je aktivní, v posledních 250 letech došlo k jeho erupci minimálně osmkrát, naposledy v roce 1974. Jeho nejvyšší bod je ve výšce 1740 m n. m., ovšem jeho aktivní kráter dosahuje výšky nižší, okolo 1460 m n. m. a po erupci v roce 1974 je téměř celý zaplněn sopečným dómem. Z hornin je zde hojně zastoupen andezit. Blízko jižního svahu vulkánu Great Sitkin se nachází také oblast aktivních fumarol, termálních pramenů a probublávajícího horkého bahna. V kráteru a v okolí okraje kráteru se nachází pomíjivé fumaroly a průduchy produkující vodní páru. Základ pro současný vulkán tvoří částečně zřícený zbytek vulkánu předešlého (Miller a kol., 2003). V červenci a v srpnu 2013 byly při vulkánu zaznamenány dva zemětřesené roje, každý o přibližně 36 otřesech. Ukázalo se, že

důvod těchto otřesů byly vědcům již známé horké prameny blízko vrcholu vulkánu, v roce 2005 byla naměřená teplota těchto fumarol 98 stupňů Celsia (AVO, 2016).

#### 5.4 Vulkán Akutan

V Aleutském oblouku je to historicky druhý nejaktivnější vulkán a nevykazuje žádné známky poklesu své aktivity. Nachází se na stejnojmenném ostrově, který je součástí skupiny Liščích ostrovů (Fox Islands), 1238 km jihozápadně od města Anchorage a asi 56 km východně od města Unalaska v zátocě Dutch Harbor. Na ostrově se spolu s vulkánem nachází rybářská osada Akutan s přibližně tisíci obyvateli. Stratovulkán byl od konce 18. století aktivní nejméně 27 krát, naposledy v roce 1992. Což značí, že k erupci dochází přibližně jednou za 5-6 let, ovšem neplatí, že by k erupcím docházelo v pravidelných intervalech, tudíž tento odhad je pouhým přibližným odhadem aktivity vulkánu do budoucna. Pokud dojde k produkci lávových proudů, tak jsou andezitického typu a při roztavení se pohybují poměrně pomalu, pokud je srovnáme například s lávovými proudy Havajského typu, které se pohybují rychleji. Lidé tedy mají případně čas se rychlou chůzí vzdálit.

V březnu roku 1996 sice nedošlo k erupci vulkánu, ovšem objevila se zde série četných zemětřesení, která se však v tomto období vyskytla i poblíž jiných vulkánů v oblasti Aleut. Toto období z roku 1996 je označeno za seismickou krizi, kdy hlavním problémem bylo, že například tento vulkán Akutan nebyl v té době podrobně prozkoumán a tudíž nikdo nemohl s jistotou určit, zda k erupci nakonec dojde či ne. Jako reakce na tuto činnost vulkánu byly hned v červenci téhož roku provedeny geologické studie vulkánu. Kužel vulkánu označován za sypaný či struskový, s mezivrstvami lávových proudů, vulkanické sutě a tefry. Kaldera má přibližně 2 km v průměru a její hloubka dosahuje od 60 do 365 metrů. Zřejmě vznikla před 8000 až 10 000 lety, ale aby tato data mohla být potvrzena, bylo by nutné provést další studie vulkánu. Na severovýchodní straně je kaldera porušená, tudíž je to místo, kudy při nedávných erupcích stékaly dolů lávové proudy či lahary. Pod vrcholem se nachází minimálně 3 jezírka pokrytá ledem, z nichž největší má rozlohu přibližně 1,5 km<sup>2</sup>. Menší, „intracaldera“ nacházející se uvnitř té větší, tvoří také sypaný kužel s průměrem 1 km a výškou 200 m, a je místem kde historicky docházelo k veškeré sopečné aktivitě sopky. Vytvořila se během velké erupce vulkánu přibližně před 1600 lety, přičemž to byla pravděpodobně největší erupce vulkánu za posledních 8 000 až 10 000 let. V blízké budoucnosti je pravděpodobnost podobně velké erupce velmi nízká, jelikož v oblouku

Aleutských ostrovů dochází k takto rozsáhlým erupcím jednou za několik tisíc let. V roce 1996 byly na jejím vrcholu vyzorovány 3 průduchy, kde docházelo k intenzivnímu výparu. Níže nalezneme také několik ledovcových údolí, některá z nich jsou částečně zasypána sopečnými nánosy.

Sopečný prach se na ostrově začal hromadit přibližně před 9 500 lety. Jelikož vulkán Akutan produkuje prach tmavé barvy, nánosy se světlou barvou zde mohly být transportovány po erupcích vulkánů jiných, nejpravděpodobněji těch ležících západním směrem. Mnoho erupcí vulkánů v historii bylo Strombolského typu, kdy došlo obvykle k několika výbuchům občas slyšitelných i ve vesnici Akutan a sopka neprodukovala příliš vulkanického prachu. V letech 1911, 1948, 1987 a 1989 však určité menší množství prachu sopky zasypalo vesnici Akutan a oblast přístavu Akutan, obojí ve vzdálenosti asi 10 km od vulkánů. V březnu roku 1996 se na ostrově objevily 2 silné roje zemětřesných otřesů, které otřásly i samotným městečkem Akutan. První z nich začal 10. března a trval více než 19 hodin. Podruhé se zde země silně třásla 13. března. Během těchto dvou sérií zemětřesení se země pod nohama obyvatel třásla téměř nepřetržitě. Došlo k přemístění lehkých předmětů na policičkách, popraskání omítek, poškození vodního potrubí a 14. března otřesy byly tak silné, že rozezvonyly zvon kostela Ruské Ortodoxní Církve. Několik tuctů pracovníků místní továrny na zpracování mořských živočichů ostrov opustilo. Nejbližší fungující seismická stanice byla v době otřesů u vulkánů Dutton, asi 260 km na východ. Tato stanice byla schopna zaznamenat pouze pár stovek největších zemětřesných otřesů z několika tisíců. Za oba dny to bylo zhruba 200 otřesů s magnitudem větším než 3, maximální magnituda dosáhla hodnoty 5,3. Aljašská vulkanická observatoř jako odpověď na tyto otřesy z března roku 1996 vystavěla nouzovou síť 4 seismických stanic na ostrově Akutan, a v červenci téhož roku 6 stálých seismických stanic, což je důležité pro správnou lokalizaci zemětřesení na ostrově (McGimsey a kol., 1998), (AVO, 2016).

## 5.5 Vulkán Fisher

Vulkán Fisher zahrnuje největší kalderu z období Holocénu v Aleutském vulkanickém oblouku. Skládá se z množství malých sopečných center, která jsou rozseta uvnitř a okolo obrovské, oválné kaldery, s rozměry 12 km a 18 km v průměru a hloubkou 0,5 až 1 km. Kaldera je následkem ničivé erupce, která nastala přibližně před 9 400 lety. Od té doby došlo asi ke třiceti erupcím jednotlivých průduchů uvnitř a okolo kaldery, naposledy však v roce

1826. Uprostřed kaldery nalezneme také tři jezera, dvě větší bezejmenná a nejmenší jezero Turquoise, vyplňující stejnojmenný menší stratovulkán. V kontrastu se zbývajícími dvěma jezery je světleji zbarvené, což je důsledek přítomnosti síry. V jezerech dochází k promíchávání teplé vody ode dna se studenou vodou při hladině, přítomný je také silný pach síry. Další významný sopečný kužel nese název Mt. Finch. Starovulkány Turquoise a Mt. Finch původně dosahovali větších rozměrů, než došlo k jejich zhroucení. Například kužel Turquoise pravděpodobně ztratil dvě třetiny své velikosti, když před přibližně 3 500 lety explodoval. Nachází se zde i nejméně 3 maary, které jsou výsledkem freatomagmatických erupcí. Nejvyšší bod okraje kaldery se nazývá vrchol Eickelberg (Eickelberg Peak) s nadmořskou výškou 1 112 m n. m. Celý útvar se nachází přibližně ve středu ostrova Unimak, kolem kterého téměř po celý rok operují lodě zabývající se rybolovem, který se zde ve velkém provozuje. Podle toho, co naznačují výsledky radiometrického datování zbytků úseků lávových proudů, je oblast kaldery Fisher místem téměř nepřetržité pokračující vulkanické aktivity již nejméně půl milionu let. Na jihozápadní straně kaldery nalezneme několik horkých pramenů s teplotou kolem 44 °C (Begét a kol., 2014).

## 5.6 Vulkán Shishaldin

S výškou 2857 m n. m. je nejvyšším vrcholem Aleutského souostroví, zároveň je to jeden z neaktivnějších vulkánů v této oblasti. Jeho častou aktivitu dokazuje i symetrický kuželovitý vzhled vrcholové části. Ostrov Unimak, na kterém se vulkán nachází, je rozlohou největším ostrovem souostroví a zároveň také nejvýchodněji položeným. 45 kilometrů na východ od vulkánu nalezneme malou rybářskou vesničku False Pass, která čítá okolo 50 obyvatel, v době léta až 100. Na ostrově se nacházely i jiné osady, nyní opuštěné. Pacifická oceánská deska se pod ostrov zasouvá rychlostí až 6,5 cm za rok, tudíž jsou v této oblasti častá zemětřesení s touto subdukcí spojená. Aktivita vulkánu začala být monitorována koncem 18. století ruskými badateli a obchodníky. Od té doby máme písemně zaznamenáno více než 40 záznamů aktivity vulkánu, což znamená většinou produkci mraků sopečného prachu a explozivní erupce, někdy také v kombinaci s lávovými proudy, lahary a záplavami. Vulkán je permanentně pokryt ledem a sněhem, ledovce v okolí vulkánu pokrývají přibližnou plochu 90 km<sup>2</sup>. Kráter ledem pokryt není, jelikož téměř neustále produkuje oblaka vodní páry, která stoupají až 3000 metrů vzhůru. Tyto události však zasahují pouze neobydlené oblasti v okolí vulkánu. Předposlední větší erupce nastala v roce 1999, kdy došlo i ke vzniku

laharů, které ovlivnily oblasti vzdálené až 20 km od vulkánu. Naposledy byl vulkán podrobněji sledován od konce ledna 2014 do ledna 2016, občasně produkoval větší množství páry a satelitní snímky ukazovaly zvýšenou teplotu v sopečném kráteru. V březnu roku 2016 Aljašská vulkanická observatoř oznámila, že se vulkán vrátil k normálnímu, neeruptivnímu stavu (AVO, 2016). Nejrozsáhlejší erupce vulkánu, o které víme, nastala před 9 500 lety. Vrchol vulkánu se zhroutil, což způsobilo ohromnou lavinu sutě, která se dostala až do mysu Lapin (Cape Lapin). K obrovskému sesuvu půdy došlo do vzdálenosti 20 km na sever až do Beringova moře a zavalil severozápadní úbočí vulkánu a přilehlé oblasti na ostrově Unimak. Do budoucna podobná velká erupce také hrozí, nejhorší scénář představuje událost podobná té před 9 500 lety. Další nebezpečí představují mračna sopečného prachu, které se mohou vznést i více než 10 km vzhůru do atmosféry a tam představovat nebezpečí pro motory letadel která zde denně proletí, v roce 2000 to bylo přes 200 letů za den. Sopka má mnoho vedlejších průduchů, jeden z nich, v nadmořské výšce 1300 m n. m. na severovýchodní straně sopky, je místem výlevu lávy typu pahoehoe a čedičové lávy typu aa. U sopky Shishaldin může dojít také k erupci freatomagmatické neboli freatické, ke které dochází při kontaktu horkého magmatu a vody. Je to erupce velmi prudká a ničivá, její síla záleží na poměru a množství vody a magmatu. Uvolněná energie během tohoto typu erupce může vést ke vzniku takových pyroklastických proudů, které důsledkem většího obsahu plynů dosahují větších rychlostí a jsou schopny mnohem snadněji překonávat překážky, ve srovnání s pomalejšími pyroklastickými proudy, které jsou následkem méně agresivních druhů erupcí. V angličtině vědci rozlišují pojmy pyroclastic flow – pyroklastický proud neboli žhavé mračno = horký až žhnoucí proud prachu, plynů a hrubé vulkanické sutě; a pyroclastic surge – poryvy vířivých horkých plynů a vulkanického prachu se silou hurikánu (Begét a kol., 2003).





Obrázek 10: Letecký pohled na vulkán Shishaldin z jehož kráteru vychází vodní pára. Autor: Korpiewski, Joseph, 2013. Alaska Volcano Observatory/U.S. Geological Survey. [cit. 2015-12-30]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/images/image.php?id=57087>

## 6 Seismická a vulkanická aktivita v posledních deseti letech

V hodnocení vulkanické a seismické aktivity v posledních letech je analyzováno období posledních deseti let, tj, počínaje rokem 2005 (období let 2005 – 2015), s malým přesahem do roku 2016. Co se týče aktivity vulkánů za toto období, nejaktivnější je sopka Cleveland, která vykazovala sopečnou aktivitu téměř každý rok za sledované období. Dále došlo k erupcím vulkánů Okmok, Kasatochi, Kanaga a Shishaldin (AVO, 2016). Sopkami, které vykazovaly zvýšenou seismickou aktivitu, ale k samotné erupci nakonec nedošlo, se zabývat nebudeme.

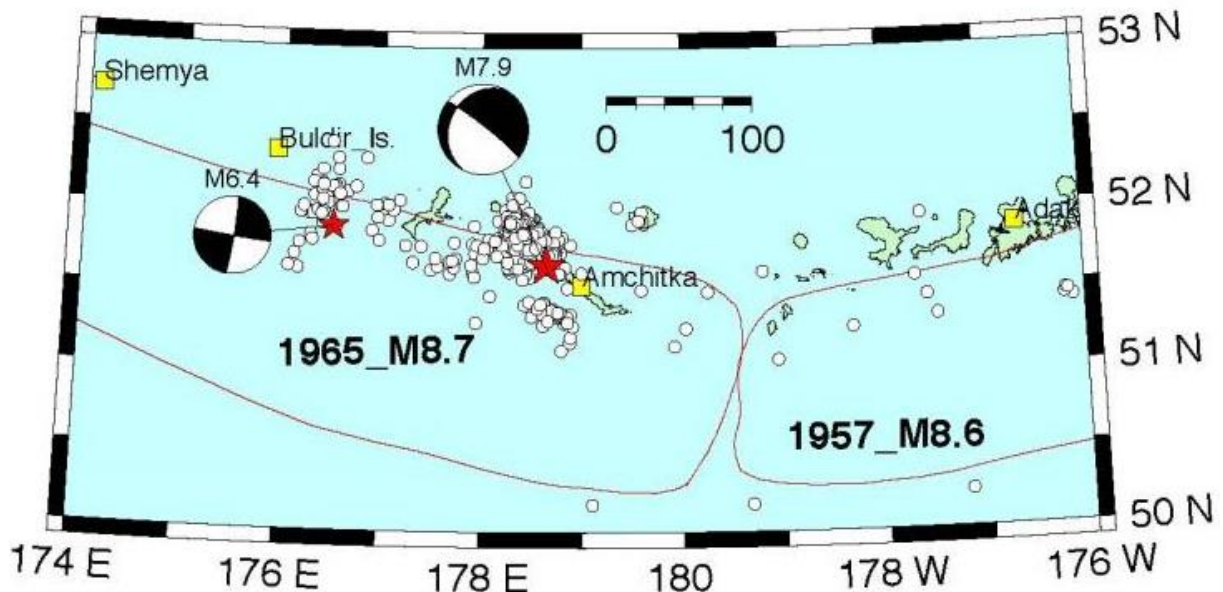
U aktivity seismické je analýza zaměřena na zemětřesení, která dosáhla magnituda většího než šest. Takových událostí bylo ve sledované oblasti za desetileté období zaznamenáno 26 a jsou souhrnně uvedena v tabulce níže. Nejčastěji k nim docházelo v oblasti ostrovů Andreanof, Krysích ostrovů (Rat Islands), a Liščích ostrovů (Fox Islands). Jelikož tyto skupiny ostrovů zahrnují relativně velká území, může se zdát, že uvedené lokalizace jsou příliš obecné. Vzhledem k řídké osídlenosti oblasti nejsou tato data dostatečně názorná a neumožňují větší představivost intenzity procesů. Epicentra se zpravidla nacházela mimo samotné ostrovy, směrem na jih k Aleutskému příkopu, ale jelikož zde mluvíme o magnitudu větším než 6, které může být citelné i do vzdálenosti 100 kilometrů, jde o zemětřesení, která byla v různých mírách patrná i na blízkých ostrovech. Podstatná je zároveň i hloubka epicentra. O všech událostech, které jsou uvedeny v tabulce, je možné si dohledat podrobnější informace, které jsou zaznamenány Aljašskou Univerzitou Fairbanks či Americkou Geologickou Společností. Je zaznamenán přesný čas nejsilnějšího otřesu, množství a síla otřesů, které následovaly či předcházely otřesu největšího magnituda, zdali tato zemětřesení zaznamenali obyvatelé ostrovů či zdali byly zaznamenány i hmotné škody na majetku. Co se týče vln tsunami, které měly v Aleutském souostroví původ, je známo, že za toto desetileté období nedošlo dle informací Aljašské Seismické Služby k žádné katastrofické události (AEC, 2016).

Tab. 2: Přehled zemětřesení s magnitudem 6 a více, která se odehrála mezi lety 2005-2015 (a v březnu 2016), v oblasti Aleutských ostrovů.

Pořadí události	Magnitudo	Oblast	Kdy
1.	6,8	Rat Islands	14.06.2005
2.	6,2	Unimak Island	20.11.2005
3.	6,4	Fox Islands	10.05.2006
4.	6,6	Andreanof Islands	08.06.2006
5.	6,4	Rat Islands	14.06.2006
6.	6,7	Andreanof Islands	02.08.2007
7.	6,4	Andreanof Islands	15.08.2007
8.	7,2	Andreanof Islands	19.12.2007
9.	6,4	Fox Islands	26.12.2007
10.	6,4	Andreanof Islands	15.04.2008
11.	6,6	Andreanof Islands	16.04.2008
12.	6,6	Andreanof Islands	02.05.2008
13.	6,5	Fox Islands	12.10.2009
14.	6,4	Fox Islands	13.10.2009
15.	6,7	Fox Islands	18.07.2010
16.	7,3	Fox Islands	23.06.2011
17.	6,8	Fox Islands	02.09.2011
18.	6,2	Fox Islands	10.08.2012
19.	6,4	Andreanof Islands	26.09.2012
20.	7,0	Andreanof Islands	30.08.2013
21.	6,5	Andreanof Islands	04.09.2013
22.	7,9	Rat Islands	23.06.2014
23.	6,9	Fox Islands	26.07.2015
24.	6,5	Andreanof Islands	09.11.2015
25.	6,2	Fox Islands	27.03.2016
26.	6,1	Fox Islands	28.03.2016

Podkladová data: Notable Earthquakes. University of Alaska Fairbanks. Alaska Earthquake Center. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable>

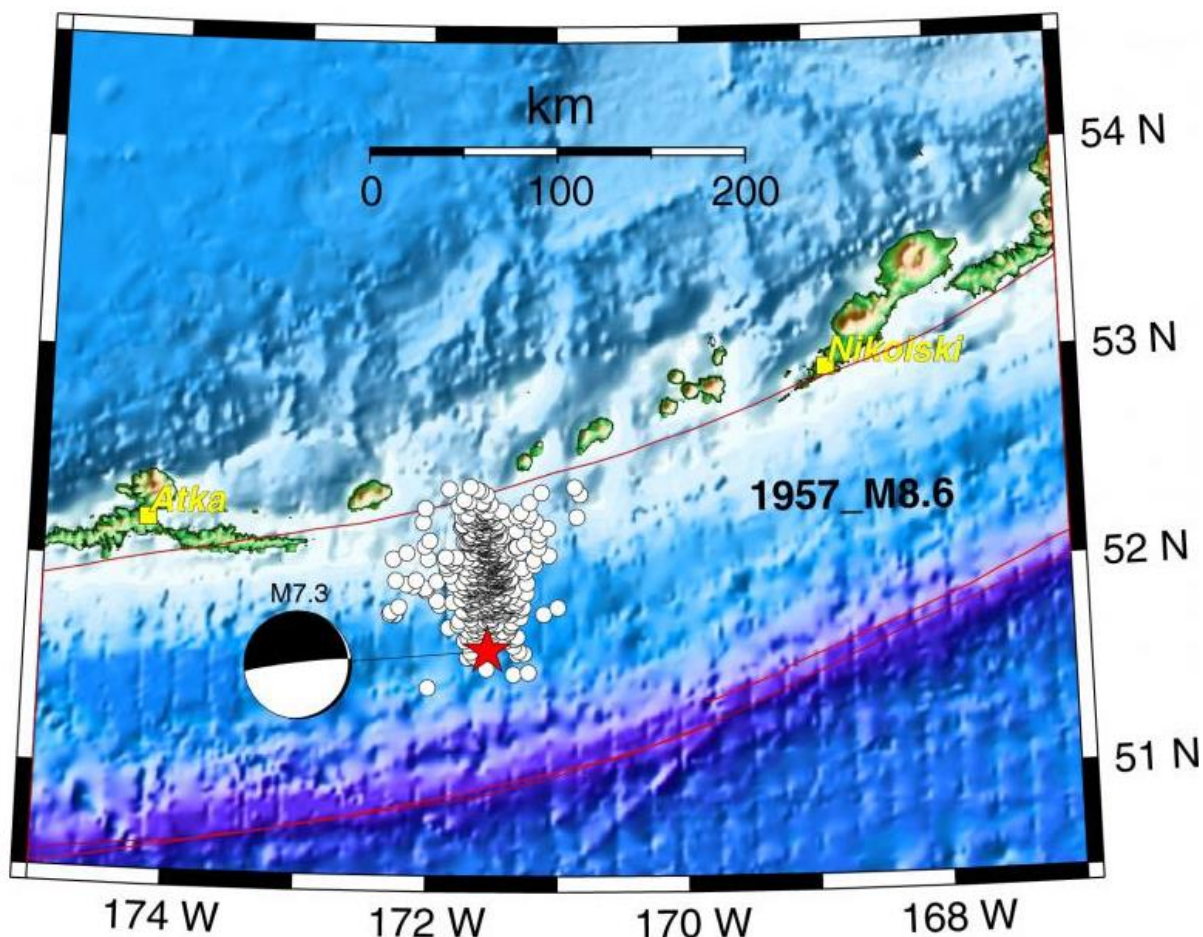
Nejsilnější zemětřesení, ke kterému v námi sledovaném období došlo, dosáhlo dle Aljašské Seismické Služby magnituda 7,9 a nastalo v druhé polovině července roku 2014 v oblasti Krysích ostrovů v hloubce 118 kilometrů. Bylo to nejsilnější zemětřesení v této oblasti od prosince 2003, kdy magnitudo dosáhlo výše 7,7. Od ostrova Amčitka bylo epicentrum vzdáleno 25 kilometrů severozápadně, od ostrova Little Sitkin 19 kilometrů jihovýchodně. Do konce daného roku bylo následně zaznamenáno 2500 následných otřesů, z toho 60 z nich dosáhlo minimálního magnituda 4,0. Nejsilnější následný otřes se udál přibližně 6 hodin po události v hloubce 19 kilometrů, jeho magnitudo bylo 6,4 (AEC, 2016).



Obrázek 11: Lokace zemětřesení v oblasti Rat Islands o magnitudu 7,9 z 23.06.2014. Zdroj: University of Alaska Fairbanks. Alaska Earthquake Center. [online]. 2016. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable/2014-m79-rat-islands-earthquake>

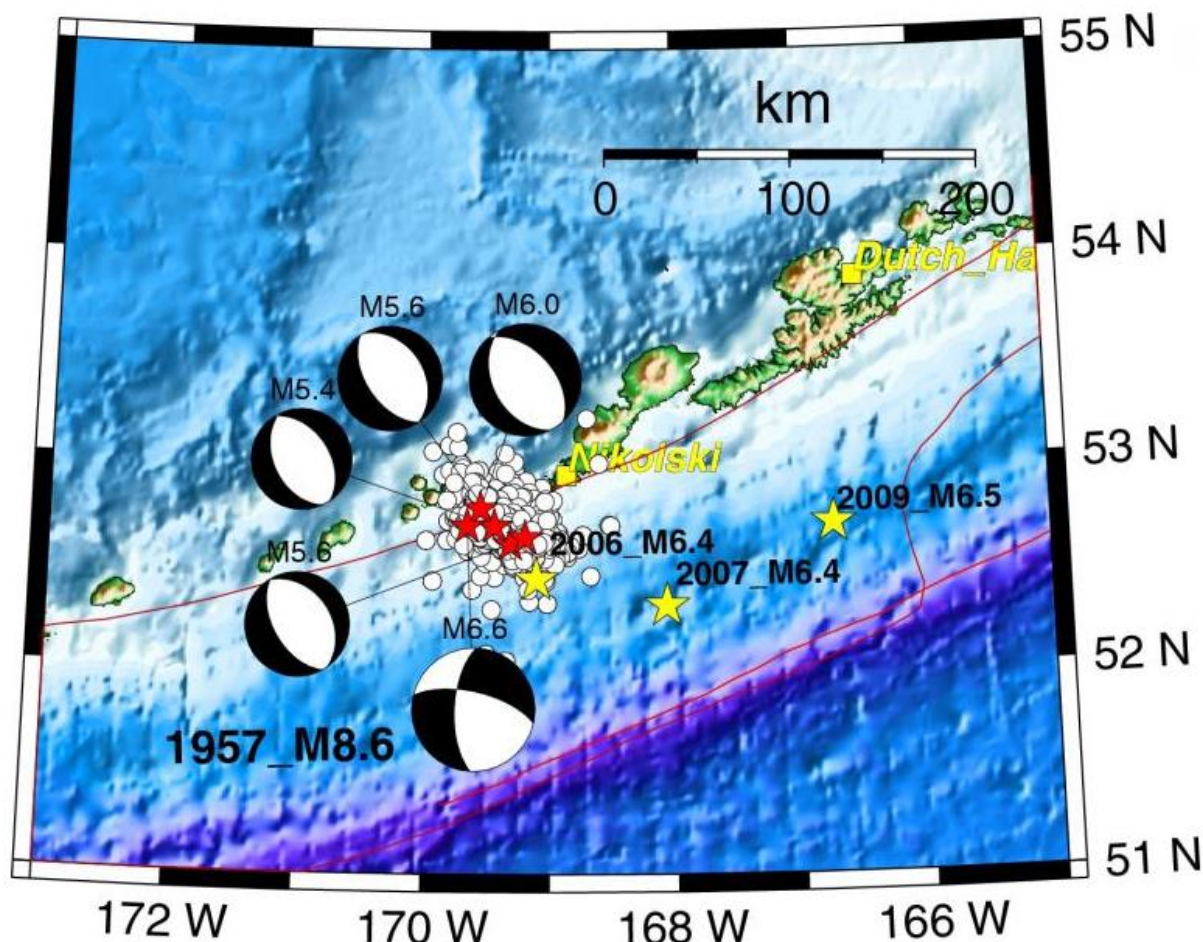
V červnu roku 2011 došlo v oblasti Liščíh ostrovů k druhému nejsilnějšímu zemětřesení ve sledovaném období, naměřené magnitudo bylo 7,3. Došlo k němu 195 kilometrů jihovýchodně od osady Atka a 236 kilometrů jihozápadně od osady Nikolski. V osmi následujících dnech, které zbývaly do konce daného měsíce, došlo k přibližně k 500 následným otřesům, z toho 50 z nich mělo magnitudo 4,0 a větší. V oblasti chybí seismické přístrojové vybavení, tudíž byly zaznamenány pouze otřesy s magnitudem 3,0 a vyšším. Hlavní otřes byl zaznamenán ve většině komunit na Aleutských ostrovech, nejsilněji v osadě Nikolski, škody však hlášeny nebyly (AEC, 2016).





Obrázek 12: Lokace zemětřesení v oblasti Fox Islands o magnitudu 7,3 z 23.06.2011. Zdroj: University of Alaska Fairbanks. Alaska Earthquake Center. [online]. 2016. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable/2011-m73-fox-islands-earthquake>

V červenci 2010 došlo v oblasti Liščích ostrovů k zemětřesení o magnitudu 6,7. Stalo se tak 60 kilometrů jihozápadně od osady Nikolski a 248 kilometrů od přístavu Dutch Harbor, který je součástí města Unalaska, také jihozápadně. Den před nejsilnějším otřesem došlo k předtřesu o magnitudu 4,0. Po 18. červenci, kdy došlo k hlavnímu otřesu, bylo do konce daného měsíce zaznamenáno 3200 následných otřesů, z toho 60 z nich o magnitudu 4,0 a větším. Zemětřesení bylo také zaznamenáno obyvateli největšího města na Aleutských ostrovech, Unalasca, škody hlášeny nebyly (AEC, 2016).



Obrázek 13: Lokace zemětřesení v oblasti Fox Islands o magnitudu 6,7 z 18.07.2010. Zdroj: University of Alaska Fairbanks. Alaska Earthquake Center. [online]. 2016. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable/2010-m67-fox-islands-earthquake>

Následující údaje o aktivitě sopek jsou zpracovány s využitím stránek Aljašské Vulkanologické Observatoře, která uchovává o každém vulkánu podrobné záznamy. Postupně rozebereme aktivity sopek Cleveland, Okmok a Kasatochi, což jsou sopky, u kterých došlo za posledních deset let k významnější erupci. V únoru roku 2012 došlo také k několikahodinové erupci vulkánu Kanaga, vzniklé mračno sopečného prachu vystoupalo do výšky 6000 metrů. Mnoho informací o této erupci však není zaznamenáno, podrobnější monitoring vulkánu byl téměř po celý následující měsíc znemožněn vysokou oblačností v oblasti, proto se o této erupci zmiňujeme pouze okrajově. Od konce ledna 2014 do poloviny ledna 2016 byl monitorován také vulkán Shishaldin. Produkoval zvýšené množství vodní páry a satelitní snímky naznačovaly zvýšenou teplotu uvnitř sopečného kráteru. K významnější erupci však také nedošlo, pokud nepočítáme produkci menšího množství sopečného prachu (AVO, 2016). Opět tedy pouze okrajová zmínka.

Vulkán Cleveland, ležící na ostrově Chuginadak, je v období posledních deseti let aktivní zpravidla každý rok, často i několikrát v určitých letech. V roce 2005 došlo po 3 letech bez erupce k oživení jeho vulkanické aktivity. Při erupci v říjnu 2005 došlo ke vzniku menšího mračna sopečného prachu, které vystoupalo do výšky 4600 metrů. V únoru 2006 vulkán opět explodoval, mračno sopečného prachu vystoupalo do výšky 6700 metrů, urazilo asi 400 kilometrů jihovýchodně a poté se rozptýlilo. V květnu téhož roku během krátké erupce vulkán vychrlil další mračno sopečného prachu, které bylo fotograficky zachyceno astronautem z Mezinárodní Vesmírné stanice ISS, která se tehdy nacházela poblíž. Dalších několik mračen menšího rozsahu vulkán vyprodukoval při explozích mezi srpnem a říjnem 2006. V letech 2007, 2008 a 2009 jsou převážně ze satelitních snímků zaznamenány další menší exploze. Trochu větší exploze nastala opět v říjnu 2009, mračno sopečného prachu vystoupalo do výšky asi 6100 metrů, bylo 40 kilometrů dlouhé a 12 kilometrů široké ve vzdálenosti 231 kilometrů od vulkánu. Dále došlo k menší explozi v květnu 2010. V červenci roku 2011 byly na satelitních fotkách vulkánu nalezeny teplotní anomálie a také důkazy o lávě v kráteru, k explozi pak došlo v prosinci roku 2011. Mračno vulkanického prachu se dostalo do výšky 3500 metrů. K třem explozím došlo následně v březnu 2012. Na konci dubna se utvořil lávový dóm, který byl zničen při další explozi hned na začátku května. Při následující červnové explozi vznikl mrak sopečného popela, jehož výška mohla být až 11 000 metrů. Dalších pár explozí nastalo ještě v červenci, červnu, srpnu a listopadu téhož roku. V lednu a únoru 2013 došlo k dalšímu vyvržení nové lávy. K další explozi s produkcí sopečného mračna došlo v květnu 2013, následně byl vulkán opět neklidný v červenci, následně v prosinci a lednu a únoru 2014, opět se objevila sopečná mračna. Poslední exploze této sopky nastala v červnu roku 2014 (AVO, 2016).





Obrázek 14: Dvuhodinová erupce sopky Cleveland zachycená astronautem z vesmírné stanice ISS. Zdroj: Visible Earth. A catalog of NASA images and animations of our home planet. [online]. 2016. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://visibleearth.nasa.gov/view.php?id=6592>

Erupce vulkánu Okmok, která nastala v roce 2008, byla nejrozsáhlejší erupce tohoto vulkánu od roku 1817, podstatně většího rozsahu než erupce z let 1945, 1958 nebo 1997 (AVO, 2016). Ačkoli většina vulkánů na Aleutech jsou stratovulkány, vulkán Okmok na ostrově Unmak je vulkán štítový, rozkládající se na více než 120 km<sup>2</sup> (Begét a kol., 2005).

V červenci 2008 se vulkán probudil a započal svou vleklou explozivní sérii erupcí. Pár hodin před začátkem první erupce došlo jen k nepatrně silnějším otřesům ostrova, kterým vulkanologická observatoř nevěnovala zvýšenou pozornost, byly zaznamenány až zpětně. Průvodní exploze zcela zničily velkou část 8 km široké vnitřní kaldery D a zároveň daly vzniknout několika kráterům novým. (Hlavní kaldera tvoří vnější okraj vulkánu, obsahuje několik vnitřních menších kalder a sypaných kuželů) Erupce pokračovaly následujících 5 týdnů, během nichž byl severovýchod ostrova překryt několika stovkami miliónů kubických metrů tefry a nánosů lahary. V místech, kde lahary vyústily do moře, vznikly široké delty. Uvnitř kaldery probíhaly téměř nepřetržité hydrovulkanické exploze, jejichž důsledkem bylo nahromadění mnoha tun mokré, jemnozrné tefry. Struktura podzemních a stojatých povrchových vod v kaldeře byla explozivní aktivitou kompletně změněna. Předchozí jezera



zanikla, vznikla nová a zároveň došlo k vytvoření nového kužele, 100 až 200 metrů vysokého. Mračna sopečného prachu vystoupala až do výšky 16 000 metrů (AVO, 2016). Od erupce sopky Ukinrek, skládající se ze dvou maarů a nacházející se v Aleutském pohoří, byla tato erupce sopky Okmok první převážně freatomagmatickou erupcí od roku 1977 na území Spojených Států Amerických (DGGS, 2011).



Obrázek 15: Porovnání dvou fotografií vodopádů na říčce Crater Creek, která vytéká z kaldery vulkánu Okmok. Fotografie nalevo je z roku 2004, fotografie napravo zachycuje stav tři týdny po erupci z roku 2008. Autor: Schaefer, J. R. G., 2008. Alaska Volcano Observatory / Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/images/image.php?id=14742>

Na začátku srpna 2008 došlo další erupci, tentokrát se probudil malý vulkán Kasatochi o průměru 3 kilometry, s výškou pouhých 314 m. Prudká erupce nastala po období intenzivní seismické aktivity. Do té doby zůstával stratovulkán vulkanology téměř nepovšimnut a neměl ani žádné potvrzené erupce z minulosti. Ostrov je součástí Státní Aljašské chráněné přímořské oblasti (Alaska Maritime National Wildlife Refuge) a je dlouhodobým místem pro studium Americké služby pro ochranu volně žijících zvířat (USFWS), která zde po 13 let každoročně na určité období posílá své zaměstnance, aby monitorovali mořské ptáky. Průvodních otřesy personál společnosti na ostrově nepovažoval za neobvyklé. Po dvou dnech však bylo jasné, že tyto zemětřesné otřesy jsou vulkanického původu. Následujícího dne nastalo několik kilometrů od ostrova zemětřesení o magnitudu 5,8 a vulkanologické přístroje na nedalekém ostrově Great Sitkin začaly zaznamenávat silné otřesy, které obvykle značí příchod erupce a zanedlouho bylo opravdu jasné, že k erupci dojde. Místní rybářská loď bezpečně evakovala 2 vědce z ostrova méně než půl hodiny před prvním výbuchem. Celkově došlo následně ke třem silným výbuchům. Při třetí erupci produkovala sopka 17 hodin v kuse sopečný prach, který se nakumuloval v mračno s vysokým obsahem oxidu

siřičitého. Mrak se pohyboval vřchodním směrem a zpřsobil zrušení nejměně 40 letř. Pyroklastické proudy se dostaly do moře a zapřřčinily malé tsunami, které bylo zaznamenáno mareografy v Atce, Adaku a Amchitce (AVO, 2016). Pod sopečným prachem bylo pohřbeno tisíce mláďat mořských ptákř, kteří v té době nebyli schopni opustit svá hnízda. Kráter sopky se přibližně o 100 metrř zvětřil (DGGGS, 2010).



Obrázek 16: Porovnání dvou fotografiř vulkánu Kasatochi. Levá zachycuje stav z řervence 2008 (před erupcí), pravá z řřjna 2008 (po erupci). Autor: Morris, Jerry, 2008. Security Aviation. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/images/image.php?id=33642>

Tab. 3 : Přehled erupcí sopek Aleutského souostroví v období mezi lety 2005 až 2015.

Sopka	Doba erupce	Následky	Výška mračna (m)
Cleveland	2005, říjen	mračno sopečného prachu	4600
Cleveland	2006, únor	mračno sopečného prachu	6700
Cleveland	2006, květen	mračno sopečného prachu	6700
Cleveland	2006, srpen	mračno sopečného prachu	3048
Cleveland	2006, říjen	mračno sopečného prachu	přesně neuvedeno
Cleveland	2007, červen	mračno sopečného prachu	3650
Cleveland	2007, červenec	mračno sopečného prachu	přesně neuvedeno
Cleveland	2008, leden	mračno sopečného prachu	3000
Cleveland	2008, únor	mračno sopečného prachu	6000
Cleveland	2008, březen	mračno sopečného prachu	1500
Cleveland	2008, květen	mračno sopečného prachu	4000
Okmok	2008, červenec	lahary, mračna s. prachu	16 000
Cleveland	2008, červenec	mračno sopečného prachu	4200
Kasatochi	2008, srpen	mračna bohatá na plyny	15240
Cleveland	2008, srpen	mračno sopečného prachu	7600
Cleveland	2008, říjen	mračno sopečného prachu	4600
Cleveland	2009, leden	mračno sopečného prachu	6000
Cleveland	2009, červen	mračno sopečného prachu	4600
Cleveland	2009, říjen	mračno sopečného prachu	6100
Cleveland	2010, květen	mračno sopečného prachu	4900
Cleveland	2011, prosinec	mračno sopečného prachu	3500
Kanaga	2012, únor	mračno sopečného prachu	6000
Cleveland	2012, březen	mračno sopečného prachu	přesně neuvedeno (nefungovala AVO web kamera)
Cleveland	2012, květen	zničení lávového dómu	přesně neuvedeno
Cleveland	2012, červen	mračno sopečného prachu	11000
Cleveland	2012, červenec	mračno sopečného prachu	přesně neuvedeno
Cleveland	2012, srpen	mračno sopečného prachu	přesně neuvedeno
Cleveland	2012, listopad	mračno sopečného prachu	přesně neuvedeno
Cleveland	2013, leden	nový lávový proud	přesně neuvedeno
Cleveland	2013, únor	nový lávový proud	přesně neuvedeno
Cleveland	2013, květen	vrcholový kráter zaplněn tefrou	přesně neuvedeno
Cleveland	2014, leden	mračno sopečného prachu	4500
Cleveland	2014, únor	mračno sopečného prachu	5000
Shishaldin	2014, březen	malá množství sopečného prachu	přesně neuvedeno
Cleveland	2014, červen	mračno sopečného prachu	přesně neuvedeno

Podkladová data: Volcano Activity Notifications. Alaska Volcano Observatory. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/activity/avoreport.php>

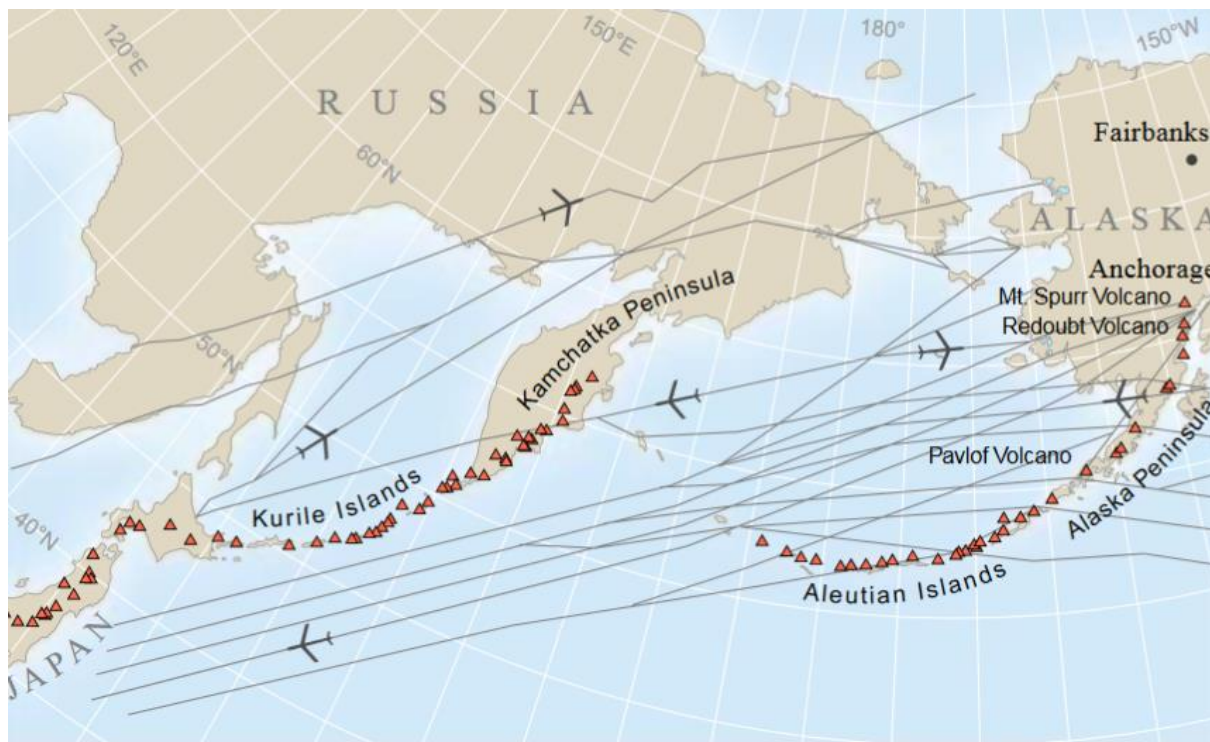
## 7 Analýza důsledků seismické a vulkanické aktivity v regionu

Pokud bychom dali do kontrastu oblast Aleutských ostrovů například s ostrovy v Indonésii, kde k seismické a vulkanické aktivitě dochází také, našli bychom jeden výrazný rozdíl. Umístění lidských sídel poblíž vulkánů je klíčové z hlediska možného počtu obětí případné erupce, stejně jako umístění osad v místech, která jsou ohrožena zemětřesením. Ztráty na lidských životech jsou pro nás tím nejhorším možným důsledkem, ke kterému může při takových událostech dojít. Indonéské ostrovy jsou místem velmi vysoké hustoty zalidnění, tudíž jakákoli erupce či zemětřesení znamená vysoký stupeň ohrožení právě na životech. Aleutské ostrovy jsou však oblastí, která vysokou hustotou zalidnění zdaleka nedisponuje, nejvíce lidí se zde vyskytovalo v průběhu druhé světové války. Proto uváděné důsledky nejsou tak závažného charakteru, jakého by byly například právě v oblasti Indonésie.

V úvodu je uvedeno zhodnocení aktivity vulkánů. Při erupcích často dochází k produkci mračen sopečného popela, což je potenciální hrozba pro motory letadel, které nad ostrovy denně proletí. Nejbližší frekventované letiště je umístěno na Aljašské pevnině, poblíž Aljašského největšího města Anchorage. Je tedy nutné vulkány velmi pečlivě monitorovat a případně vydávat předpovědi a varování, což zajišťuje Aljašská vulkanologická observatoř. Dle jejích odhadů, které jsou založeny na číslech poskytnutých americkou Federální leteckou správou, nad vulkány souostroví proletí okolo 80 000 velkých letadel ročně a denně se přepraví přibližně 30 000 lidí (AVO, 2016). Mrak sopečného popela je schopen se vzdušnými proudy snadno přemisťovat na velké vzdálenosti. Následně může způsobit zhoršenou viditelnost, narušit činnost stabilizačního systému letadla a v nejhorším případě způsobit, že letadlu přestanou fungovat motory. V roce 1989 takto došlo k zastavení všech čtyř motorů Boeingu 747, který se do mraku sopečného popela nad Aljašskou pevninou dostal. K havárii nedošlo, po třech kilometrech klesání byla činnost motorů obnovena. Škody, které letadlo utrpělo, byly tehdy vyčísleny na 80 milionů dolarů (USGS, 2004). Mrak sopečného popela pocházel z vulkánu Redoubt, který není součástí Aleutských ostrovů, ale Aleutského pohoří. Aktivita tohoto vulkánu komplikovala leteckou dopravu v oblasti v období mezi prosincem 1989 až únorem 1990, načež se problematika bezpečného letectví z hlediska ohrožení aktivitou sopek dostala do popředí zájmu několika subjektů. Výsledkem bylo konání Prvního Mezinárodního Symposia zabývajícího se bezpečností letecké dopravy a sopečným popelem v Seattlu, hlavním městě amerického státu Washington,



v červenci roku 1991. Jejimi účastníky byli zástupci z řad operátorů na trasách jak komerčních, tak vojenských letadel, výrobců letadel, zástupci americké geologické společnosti USGS, zástupci společnosti zajišťující předpovědi počasí v rámci území Spojeným Států NWS nebo také členové Federální letecké správy Spojených Států FAA (Casadevall, 1991).



Obrázek 17: Znázornění velmi frekventovaných leteckých tras nad severním Pacifikem. Zdroj: USGS. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [http://www.avo.alaska.edu/pdfs/usgsfs030\\_97\\_ash.pdf](http://www.avo.alaska.edu/pdfs/usgsfs030_97_ash.pdf)

Čas od času dojde i k usazení sopečného popela na budovách v některých Aleutských osadách, obvykle to však bývají velmi tenké vrstvy, jelikož se osady nenacházejí v těsné blízkosti sopečných průduchů. Když však v roce 2008 došlo k erupci vulkánu Kasatochi, sopky tvořící stejnojmenný ostrov, pohřbil sopečný prach tisíce mláďat mořských ptáků. Ostrov dosahuje malých rozměrů, tudíž zde ptáci hnízdili právě v blízkosti hlavního kráteru (AVO, 2009). Vrstvy sopečného popela, pyroklastické proudy, či jiné produkty vzniklé sopečnou erupcí spalují okolní zeleň. Ostrovy však nejsou zalesněny, dochází pouze k poškození mechových či travnatých porostů.

Erupce také mohou výrazně změnit podobu vulkánu. Může vzniknout úplně nový sopečný kráter, nebo se kráter naopak může během erupce zhroutit, čímž se sníží nadmořská výška daného ostrova. Nové lávové proudy přispívají ke zvětšení povrchu ostrovů, současně však nepřetržitě probíhá proces eroze a transport sopečného materiálu z ostrovů do moře,

kde se může hned usadit, nebo dostat do moci turbiditních proudů v jednotlivých podmořských kaňonech. Pokud dojde k takové erupci, která způsobí lavinu vulkanické suť dopadající přímo do moře, může dojít i ke vzniku vlny tsunami.

Pokud se v okolí vulkánu nachází například jezero, menší vodní toky, či je okolí kráteru pokryto sněhem nebo ledem, do kontaktu se žhavým materiálem vyvržený sopkou při erupci se dostane voda a nastává bouřlivá reakce. Může dojít až k vysoce explozivní freatomagmatické erupci, jako se tomu stalo v roce 2008, při erupci vulkánu Okmok (AVO, 2016). Při rychlém vyprázdnění jezera v blízkosti kráteru může dojít k záplavám, často se voda z jezera promíchá se sopečným prachem a následně vzniknou nebezpečné sopečné bahnotoky neboli laharové proudy. Jelikož se jedná o erupce na ostrovech, lahary ústí obvykle do moře, čímž dochází k tvorbě nových delt a dalšímu nepatrnému zvětšení povrchu ostrovů. Nánosy tefry mohou být erodovány menšími vodními toky, tato situace nastala například po erupci vulkánu Okmok v roce 2008.



Obrázek 18: Eroze nánosů tefry vodním tokem po erupci vulkánu Okmok v roce 2008. Autor: Schaefer, J. R. G., 2013. Alaska Volcano Observatory/U.S. Geological Survey. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/images/image.php?id=54171>

Vulkanismus je často doprovázen doprovodnými jevy, ani zde tomu není jinak. Doprovodnými jevy sopečné činnosti jsou například fumaroly na vulkánu Kanaga, kde dochází k výronu plynů, či horké prameny. Zde je nebezpečím nadýchání se těchto jedovatých plynů. Na ostrově Umnak se nachází oblast zvaná Geysir Bight geothermal area, což je jediné místo ve státě Aljaška kde nalezneme gejzíry. Dále jsou zde i horké prameny a fumaroly (Liss a kol., 1990). Využití geotermální energie k výrobě elektřiny se teprve zvažuje. Největší město Aleutských ostrovů, město Unalaska na stejnojmenném ostrově s velkým přístavem Dutch Harbor, který leží v těsné blízkosti Unalasky, na ostrově Amaknak, je místem, kterému by jako zdroj geotermální energie mohla sloužit sopka Makushin. Energii zde krom samotného přístavu spotřebovává několik továren na zpracování ryb a až 10 000 lidí, kteří se zde v době rybářské sezony nacházejí. Další továrna na zpracování ryb, která by také mohla využít geotermální energie, je v městečku Akutan, na stejnojmenném ostrově poblíž stejnojmenného vulkánu (U.S. Department of Energy, 2005). Čímž se dostáváme k důsledkům seismické aktivity. Právě zde, na ostrově Akutan, totiž došlo v roce 1996 k sérii otřesů, které vystrašily některé zaměstnance dané továrny natolik, že se rozhodli oblast definitivně opustit (McGimsey a kol., 1998).

Seismická aktivita, ke které v oblasti Aleutských ostrovů dochází, může být předzvěstí erupce některého z vulkánů. V letech 1946 a 1957 došlo k zemětřesením, které zapříčinily vznik ničivých vln tsunami. Největší škody však nevznikly na samotných Aleutských ostrovech, ale na přibližně 3600 kilometrů vzdálených ostrovech Havajských. Což však neznamená, že by se vlny Aleutskému souostroví vyhnuly, pouze zde není tolik obydlených míst, které by mohly případné škody utrpět. V celém státě Aljaška ročně dojde přibližně ke 4000 zemětřesením, z toho je v oblasti Aleut velká část (USGS, 2016). Zpravidla několikrát za rok zde dojde k zemětřesením, které mají magnitudo větší než 6. Děje se tak převážně v prostoru mezi ostrovy a Aleutským příkopem, nedochází k závažnějším škodám ani ke ztrátám na životech.

Oblast Aleutského souostroví je velmi málo obydlená, dnes žije v oblasti přibližně 8000 lidí, další lidé zde bydlí dočasně, v obdobích rybářské sezony (State of Alaska, 2016). Nabízí se otázka: Jak moc je tento fakt způsoben probíhající seismickou a vulkanickou aktivitou v regionu? Je malá hustota zalidnění důsledkem nebezpečí sopečných erupcí a třesoucí se země? Nejprve je nutné vzít v úvahu izolovanost ostrovů a povětrnostní podmínky; často bývá mlhavo, silné oceánské větry způsobují během zimy závěje na silnicích,

průměrné teploty nedosahují vysokých hodnot (Coats, 1950). Pro zemědělství zde ideální podmínky také nepanují. Historicky se lidé na Aleutských ostrovech živilí především lovem, což přestává být v dnešní době tak snadné. V oblasti ostrovů a dále na severu v Beringově moři dochází k odlovům velkého množství mořských živočichů, v drtivé většině velkými loděmi komerčních společností. Dnes zde nalezneme obyvatele, kteří pro takové společnosti pracují, například v továrnách na zpracování mořských živočichů. Historicky byl počet obyvatel na ostrovech citelně ovlivněn nejméně dvakrát. V letech 1743 až 1867 zde mířili ruští lovci a obchodníci s kožešinami, kteří původní obyvatele zotročovali, někteří se s populací Aleutů smísili (Alaska Humanities Forum, 2016). V období druhé světové války bylo 881 obyvatel z devíti osad evakuováno do provizorních přístřeší na Aljašce, kde byli nuceni přežívat v nelehkých podmínkách, trpěli nemocemi a mnoho se jich po válce zpátky do vesnic nevrátilo (National Park Service, 2016). Takovéto narušení života na ostrovech se na dnešním počtu obyvatel projevilo pravděpodobně více, než rizika vyplývající ze seismické a vulkanické aktivity.



## 8 Možná aplikace ve výuce zeměpisu

Téma Aleutského souostroví je v českých středoškolských učebnicích zeměpisu opomíjeno. Vyplývá to pravděpodobně z širokého rozmezí učiva, které tyto učebnice musí pojmout. Z poznatků získaným při zpracování práce vychází vlastní návrh možného způsobu začlenění tematiky seismické a vulkanické aktivity Aleutských ostrovů ve výuce zeměpisu využít.

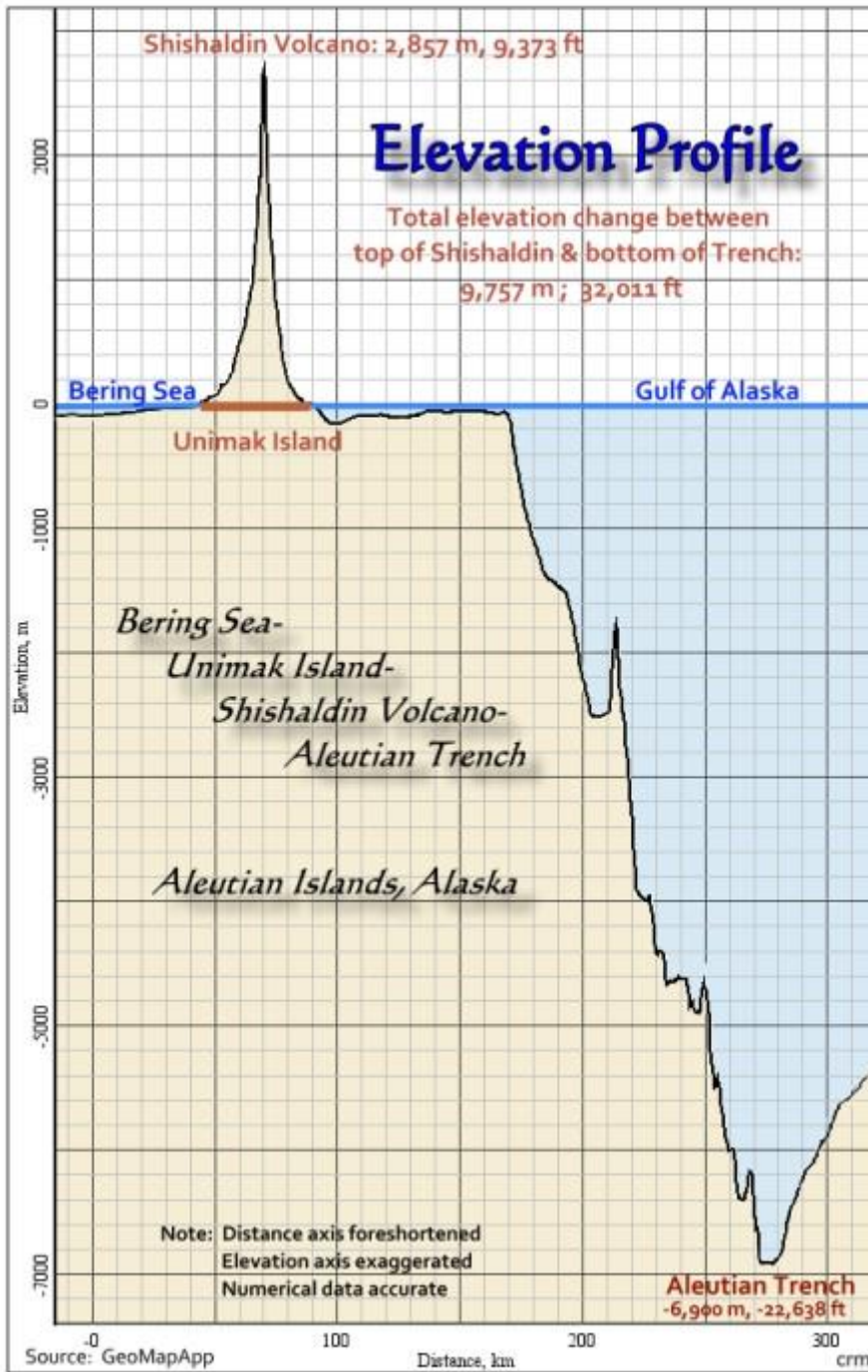
Za klíčový poznatek, který by si žáci měli s existencí souostroví spojit, je fakt, že je tato oblast součástí Pacifického Ohnivého kruhu. Žáci by měli být seznámeni s teorií deskové tektoniky a směry, kterými se vůči sobě pohybují jednotlivé litosférické desky. V případě Aleut by měli znát pojmy jako stratovulkán, subdukce či konvergentní rozhraní dvou litosférických desek. Měli by pochopit, jakým způsobem vznikají pásy sopečných ostrovů spolu s hlubokomořskými příkopy. Také by se měli dozvědět příčiny vzniku zemětřesení a vln tsunami. Pro doplnění je vhodná zmínka o divergentním a transformním rozhraní, procesu orogeneze či horkých skvrnách.

Pro upoutání pozornosti žáků začneme srovnáním velikosti státu Aljaška a Aleutského řetězce s Evropským kontinentem. Vzdálenost mezi nejzápadnějším a nejvýchodnějším bodem České republiky je asi 493 kilometrů. Vzdálenost mezi ostrovem Unimak na východě a ostrovem Attu na západě Aleutských ostrovů je více než 1600 kilometrů, čili přes 1000 mil.



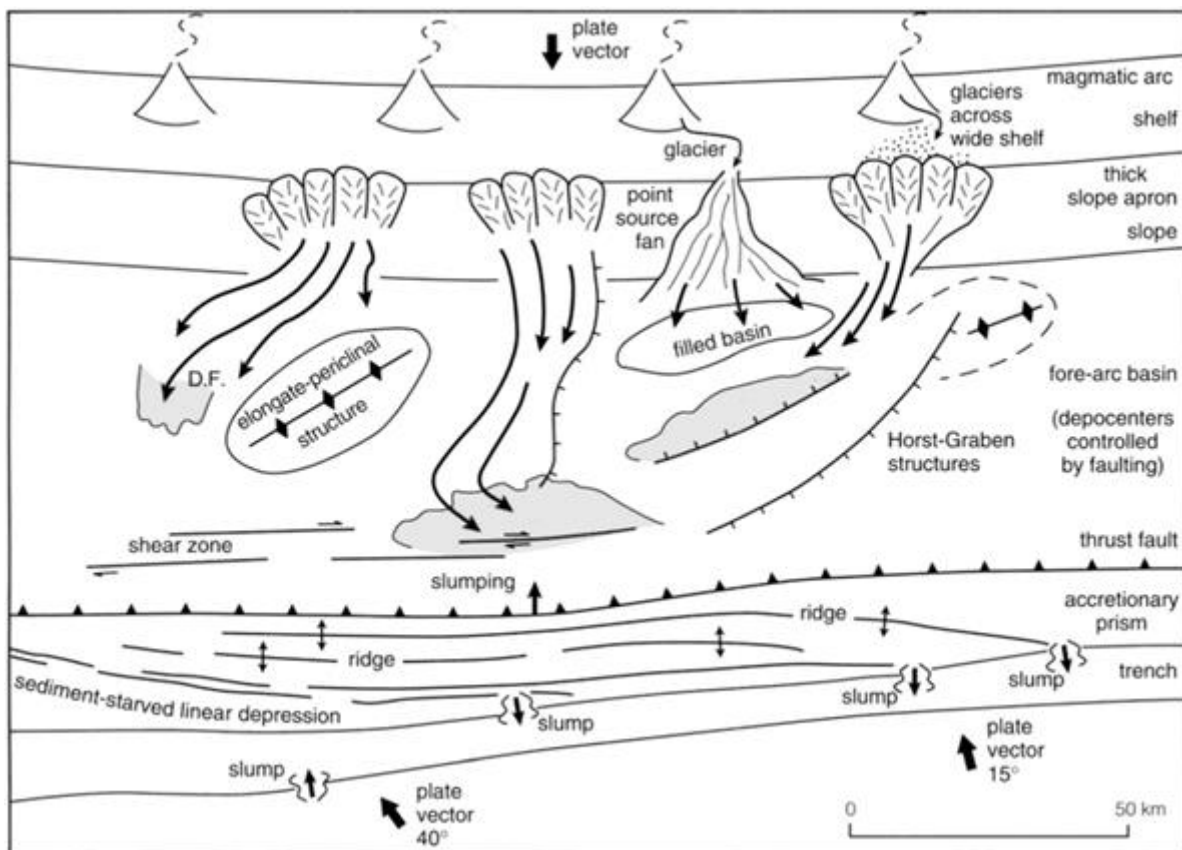
Obrázek 19: Porovnání velikostí státu Aljaška a Evropského kontinentu. Zdroj: Joshua Kennon: Thoughts on Business, Politics and Life from a Private Investor. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.joshuakennon.com/mailbag-united-states-misconception/>

Nejvyšším bodem České republiky je Sněžka, se 1603 metry nad mořem, nejnižším je Hřensko, s pouze 113 metry nad mořem. Nejvyšším místem Aleutského souostroví je vulkán Shishaldin na ostrově Unimak, s výškou 2807 metrů. Což ještě o 150 metrů více, než měří nejvyšší hora Slovenska, Gerlachovský štít. Dno aleutského příkopu, ležícího jižně od ostrova, zde dosahuje hloubek 6900 metrů. Naše nejvyšší hora Sněžka by se do příkopu vešla více než čtyřikrát. Aby si žáci lépe dokázali představit, v jakých zeměpisných šířkách se oblast Aleutských ostrovů nachází, uvedeme města, která leží na odpovídajících rovnoběžkách. Město Berlín přibližně odpovídá umístěním vulkánům Atka, Korovin a Seguam; město Newcastle nad Týnem odpovídá poloze vulkánu Fisher nebo Westdahl. V souvislosti se zeměpisnou délkou se lze rozhovět o 180 poledníku, který oblastí prochází, a mezinárodní datové hranici. 180. poledník je protipólem nultého poledníku procházejícího oblastí Greenwich v Londýně.



Obrázek 20: Srovnání výšky vulkánu Shishaldin s hloubkou Aleutského příkopu. Zdroj: Seismicity a Geology, Unimak Geography. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://unimak.us/seismicity.shtml>

Velmi zajímavým dílčím tématem jsou kromě endogenních procesů také procesy exogenní, které v oblasti probíhají. Svahy vulkánů více či méně strmě stoupají nad hladinu moře, důležitou roli zde tedy hrají také svahové pohyby a erozní procesy. Sedimenty se dostávají ze svahů do moře, kde se nejprve dostanou na relativně mělký šelf, poté však podmořskými kaňony putují do větších hloubek, kde dochází k jejich ukládání.



Obrázek 21: Náčrt transportu sedimentů z ostrovů podmořskými kaňony do hloubek. Zdroj: *Geology of the United States' Seafloor: The View from Gloria*.

Hodina zeměpisu by se mohla blíže věnovat původním obyvatelům ostrovů, národu Aleutů neboli Unanganů, a jejich osudům. Po objevení oblasti Aleutských ostrovů expedicí Vituse Beringa roku 1740 byly ostrovy přiděleny k Rusku. Ruští přistěhovalci zde přicházeli za vidinou výdělků, který jim poskytoval lov mořských vyder. Aleuté byli zotročováni a jejich počty začaly prudce klesat. Roku 1867 bylo území přiřazeno ke Spojeným Státům. V období druhé světové války zde Američané začali budovat vojenské základny a infrastrukturu, na ostrovech pobývalo množství Amerických vojenských jednotek, to vše z důvodu agrese armády japonské, která však dokázala obsadit pouze dva ostrovy. Z obav o bezpečnost vojáků zde začaly probíhat první větší podrobnější studie vulkánů. Dodnes je problémem radioaktivita vyskytující se hlavně při ostrově Amchitka, který byl místem podzemních testů jaderných zbraní.

Jak to vypadá na ostrovech dnes? Na mnoha z nich ještě stále nalezneme předměty připomínající válečné období. Velké množství někdejších vesnic rozestých po ostrovech již neexistuje. Obyvatelé se koncentrují do větších měst, například do města Unalaska s přístavem Dutch Harbor nemalého významu. Velké lodě sem přijíždí kvůli lovu ryb,

mořských krabů a jiných mořských živočichů, na které je bohaté Beringovo moře ležící na sever od ostrovů. Za zmínku stojí i aktivita společnosti Greenpeace v této oblasti. Stanice Discovery zde natočila dokument s názvem Deadliest Catch neboli Nejsmrtelnější úlovek, který přibližuje přírodní podmínky panující v Beringově moři během sezony lovu krabů, která trvá velmi krátce. Lov krabů v této oblasti je označován za jedno z nejnebezpečnějších povolání na světě, moře je velmi rozbouřené a některé lodě se zpátky jednoduše nevrátí.

Oblast ostrovů několikrát poznamenaly havárie ropných tankerů, jejichž důsledkem bylo znečištění a úhyn tisíců živočichů, převážně ryb a ptáků, pro které ostrovy často představují ideální hnízdiště.

## 9 Závěr

Bakalářská práce se primárně zaměřuje na seismickou a vulkanickou aktivitu v souostroví Aleuty, ale okrajově zmiňuje i témata, která s oblastí souvisí i jiným způsobem, a to převážně v kapitole věnující se využití ve výuce zeměpisu. Při psaní této práce bylo nutné nejprve dostatečně kvalitní literaturu objevit, k čemuž docházelo zpravidla náhodně. Následně bylo nutné se v množství dostupné literatury zorientovat a ujasnit si, které zdroje jsou pro práci vhodné a které jsou již příliš odborného charakteru. Odborné, články napsané převážně vědci zabývající se geologií, chemií či fyzikou, které se dílčími problematikami souostroví zabírají, jsou často v celé své délce přístupny pouze za poplatek. Po překonání prvotní paniky, přečtením abstraktů těchto prací a lepším zorientováním-se v tématu však vyšlo najevo, že to jsou právě tyto články, které svou mírou odbornosti přesahují dílčí rámec této práce a pokud čtenář články takového charakteru v seznamu literatury přece jen najde, je tomu tak proto, že z nich byla převzata jejich hlavní myšlenka.

V úvodní části práce je uvedena komplexní fyzickogeografická charakteristika souostroví, uvedeny jsou i informace o dalších regionech, které jsou tak jako Aleutský řetězec součástí Ohnivého kruhu. Zvláštní pozornost je věnována některým událostem, které jsou se seismickou a vulkanickou aktivitou spjaty. Region je však poměrně odlehlý, tudíž zde riziko mnoha obětí na životech či velkých majetkových škod prozatím nehrozí. Kdyby k zemětřesením, která jsou zde na denním pořádku a někdy dosahují vysokého magnituda, docházelo v oblasti s vyšší hustotou zalidnění, následky by byly značné. Problém nastává, zapříčiní-li dané zemětřesení vznik vlny tsunami. V letech 1946 a 1957 se tak stalo a v obou případech byly postiženy 3600 kilometrů vzdálené Havajské ostrovy, vlny však byly zaznamenány až u pobřeží Jihoamerického kontinentu. Monitoring aktivity i v takto odlehlé oblasti je tudíž velmi důležitý. Erupce sopek v této oblasti představují největší riziko pro leteckou dopravu. Frekventovanost leteckých tras je nad oblastí velmi vysoká. Dalším faktem je, že mračno sopečného popela nemusí způsobit škody přímo nad vulkánem, nad kterým vzniklo. Vzdušnými proudy je schopno se přesunout i na velké vzdálenosti, je tedy nutný monitoring právě těchto mračen.

## 10 Summary

The aim of this bachelor thesis is to focus on the seismic and volcanic activity occurring in the Aleutian Island Arc. In the last chapter, we suggest the way in which it is possible to include topics related to Aleutian Islands in the teaching of geography. Generally, the knowledge of this region in the Czech Republic is very poor, many people are even not aware of Aleutian Archipelago's existence. We want to point out that there are plenty of interesting facts related to this topic.

A few of the historically important earthquakes and volcanic eruptions are highlighted. This work also focuses on the volcanic and seismic activity from 2005 to 2015. Some volcanoes are discussed in detail – Gareloi, Kanaga, Great Sitkin, Akutan, Fisher and Shishaldin.

Since Aleutian Islands are the northern part of the Pacific Ring of Fire, seismic processes and volcanic activity are the result of the collision of two tectonic (lithospheric) plates. This kind of plate boundary is called convergent, or destructive. Pacific Plate is being subducted under the North American Plate which results in forming not only the chain of volcanic islands, but also a deep-sea (oceanic) trench. During this process, many earthquakes of various depths are being generated. The sudden vertical displacement of seafloor can generate destructive tsunami waves. This happened both in 1946 and 1957; the tsunami hit hard Hawaiian Islands, where it caused more damage and casualties than in the Aleutian Islands. Which does not mean that the waves which hit Aleutian Islands were not destructive; there is just low population density and not a great number of villages by the shore. This particular tsunami generated in the Aleutian Islands area was recognized even on the coast of Chile.

Volcanic ash clouds generated during volcanic eruptions poses a major hazard to aviation, aircraft engines are in danger. Thousands of passengers fly across North Pacific region each day, air traffic corridors are very busy in this area. If an ash cloud is the result from volcanic eruption, it is able to travel vast distances. Monitoring of Aleutian volcanoes is thus very important.



## 11 Zdroje

### 11.1 Knižní publikace

ARBOGAST, Alan F. (2011): *Discovering Physical Geography*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 639 s. ISBN: 978-0-470-91778-7.

HOLDEN, Joseph (2008): *An Introduction to Physical Geography and the Environment*. Pearson Education Limited: Edinburgh Gate, Harlow, England. 762 s. ISBN: 978-0-13-175304-4.

CHAN, Marjorie A., ARCHER, Allen W. (2003): *Extreme Depositional Environments: Mega End Members in Geologic Time*. The Geological Society of America. 283 s. ISBN: 0-8137-2370-1.

CHRISTOPHERSON, Robert W. (2012): *Geosystems. An introduction to physical geography*. Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River. New Jersey. 623 s. ISBN: 978-0-321-770769.

KLAPÁK, Aleš (1997): *Sopečná činnost, výukový program*. Katedra geografie a didaktiky geografie. Univerzita Palackého. Olomouc.

PTÁČEK, Jan a kol. (2006): *Školní atlas České republiky*. Kartografie Praha, a.s. 36 s. ISBN: 978-80-7393-275-6.

### 11.2 Odborné články

BEGÉT, James E., NYE, Christopher F., SCHAEFER, Janet R., STELLING, Pete. (2003): *Preliminary Volcano-Hazard Assessment for Shishaldin Volcano, Alaska*. Alaska Department of Natural Resources. Division of Geological & Geophysical Surveys. Fairbanks, Alaska. Report of Investigations 2002–4.

BEGÉT, James E., LARSEN, J. F., NEAL, C. A., NYE, Christopher F., SCHAEFER, Janet R. (2005): *Preliminary volcano-hazard assessment for Okmok Volcano, Umnak Island, Alaska*. Alaska Department of Natural Resources. Division of Geological & Geophysical Surveys. Fairbanks, Alaska. Report of Investigations 2004–3.

BEGÉT, James E., GARDNER, James E., SCHAEFER, Janet R., STELLING, Pete. (2014): *Preliminary volcano-hazard assessment for Fisher volcano, Unimak Island, Alaska*. Alaska Department of Natural Resources. Division of Geological & Geophysical Surveys. Fairbanks, Alaska. Report of Investigations 2014–5.

BENZ, H.M., DART, R.L., VILLASEÑOR, Antonio, HAYES, G.P., TARR, A.C., FURLONG, K.P., and RHEA, Susan (2011): *Seismicity of the Earth 1900–2010 Aleutian arc and vicinity: U.S. Geological Survey Open-File Report*. 2010–1083-B. scale 1:5,000,000.

BROWNE, Brandon L., COOMBS, Michelle L., MCGIMSEY, Robert G.(2008): *Preliminary Volcano-Hazard Assessment for Gareloi Volcano, Gareloi Island, Alaska*. United States Department of Interior Geological Survey. Reston, Virginia. Scientific Investigations Report 2008–5159.

BYERS, F. M., Jr., (1959): *Geology of Umnak and Bogoslov Islands, Aleutian Islands, Alaska. Investigations of Alaskan Volcanoes*. United States Washington Printing Office. Washington. Geological Survey Bulletin 1028-L.

CASADEVALL, Thomas J. (1991): *First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety. Program and abstracts*. United States Department of Interior Geological Survey. United States Government Printing Office. Seattle, Washington. U. S. Geological Survey Circular 1065.

COATS, Robert R. (1950): *Volcanic Activity in the Aleutian Arc*. Geological Survey Bulletin 974-B.

DOUGLAS, Dasher. HANSON, Wayne. READ, Stan. FALLER, Scott. FARMER, Dennis. EFURD, Wes. KELLEY, John. PATRICK, Robert (2000): *An assessment of the reported leakage of anthropogenic radionuclides from the underground nuclear test sites at Amchitka Island, Alaska, USA to the surface environment*. Journal of Environmental Radioactivity 60 (2002). 165-187.

DRAUT, Amy E., KIRBY, Stephen, RYAN, Holly F., SCHOLL, David F., VON HUENE, Roland, WELLS, Ray E. (2011): *History of Earthquakes and Tsunamis Along the Eastern Aleutian-Alaska Megathrust, with Implications for Tsunami Hazards in the California Continental Borderland*. United States Department of Interior Geological Survey. Reston, Virginia. Professional Paper 1795–A.

DZURISIN, Daniel, LU, Zhong. (2014): *InSAR Imaging of Aleutian Volcanoes: Monitoring a Volcanic Arc from Space*. Springer Science & Business Media. 390 s. ISBN: 9783642003486.

ERLICH, Edward (1986): *Geology of the calderas of Kamchatka and Kurile Islands with comparison to calderas of Japan and The Aleutians, Alaska*. United States Department of Interior Geological Survey. Geoexplorers International, Inc. Denver, Colorado. Open-File Report 86-291.

HAMMARSTROM, Jane M. a kol. (2010): *Porphyry Copper Assessment of Mexico*. USGS. Scientific Investigations Report 2010-5090-A.

HARLEY, Simon L., JOHNSON, Michael R.W. (2012): *Orogenesis: The making of mountains*. Cambridge University Press. 398 s. ISBN: 9780521765565.

LANDER, James F., LOCKRIDGE, Patricia A. (1989): *United States Tsunamis*. U.S. Department of Commerce. Publication 41-2.

LISS, S. A., MOTYKA, R. J., NYE, C.J., TURNER, D.L. (1990): *Geology and geochemistry of the Geysers Bight Geothermal Area, Umnak Island, Aleutian Islands, Alaska*. Alaska Division of Geological and Geophysical Survey. Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks. Fairbanks, Alaska.

MCGIMSEY, Robert G., POWER, John, A., RICHTER, Donald H., WAYTHOMAS, Christopher F. (1998): *Preliminary Volcano-Hazard Assessment for Akutan Volcano, East-Central Aleutian Islands, Alaska*. United States Department of Interior Geological Survey. Alaska Volcano Observatory. Anchorage, Alaska. Open-File Report 98-360.

MILLER, Thomas P., NYE, Christopher F., WAYTHOMAS, Christopher F.(2002): *Preliminary Volcano-Hazard Assessment for Kanaga Volcano, Alaska*. United States Department of Interior Geological Survey. Alaska Volcano Observatory. Anchorage, Alaska. Open-File Report 02-397.

MILLER, Thomas P., NYE, Christopher F., WAYTHOMAS, Christopher F.(2003): *Preliminary Volcano-Hazard Assessment for Great Sitkin Volcano, Alaska*. United States Department of Interior Geological Survey. Alaska Volcano Observatory. Anchorage, Alaska. Open-File Report 03-112.

POLHAMUS, John A. (2005): *The Aleutian Campaign in World War II: A Strategic Perspective*. United States Military Academy, West Point, New York. Fort Leavenworth, Kansas.

PHYLLIS, Stabeno J., SCHUMACHER, James D., OHTANI, Kiyooka (1999): *The Physical Oceanography of the Bering Sea*. [online]. 2015. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: [http://shoni2.princeton.edu/ftp/edac/bering\\_sea/Stabeno\\_1999\\_bering\\_sea.pdf](http://shoni2.princeton.edu/ftp/edac/bering_sea/Stabeno_1999_bering_sea.pdf)

REMICK, Dennis. (1984): *A Short History of the Aleutian Islands and the People who Live There and a Teacher's Guide*. Aleutian Region School District. 22 s.

### 11.3 Internetové zdroje

1743-1867 Era of Russian Violence. *Alaska Humanities Forum*. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.akhistorycourse.org/southwest-alaska/1743-1867-era-of-russian-violence>

1946 Aleutian Tsunami. *University of Southern California, Tsunami Research Center*. [online]. 2005. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.usc.edu/dept/tsunamis/alaska/1946/webpages/index.html>

2010 M6.7 Fox Islands Earthquake. *University of Alaska Fairbanks, Alaska Earthquake Center*. [online]. 2015. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable/2010-m67-fox-islands-earthquake>

2011 M7.3 Fox Islands earthquake. *University of Alaska Fairbanks. Alaska Earthquake Center.* [online]. 2015. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable/2011-m73-fox-islands-earthquake>

2014 M7.9 Rat Islands Earthquake. *University of Alaska Fairbanks. Alaska Earthquake Center.* [online]. 2015. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable/2014-m79-rat-islands-earthquake>

2015 Population By Borough/Census Area and Economic Region in Alaska. *Department of Labor and Workforce Development. Research & Analysis Section.* [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://laborstats.alaska.gov/pop/popest.htm>

Alaska Earthquake History. *USGS Earthquake Hazards Program.* [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/states/alaska/history.php>

Aleutian Islands. *Encyclopædia Britannica* [online]. 2015.[cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/place/Aleutian-Islands>

Bowers Swell: *Evidence for a zone of compressive deformation concentric with Bowers Ridge, Bering Sea.* [online]. *Marine and Petroleum Geology.* 1990. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/026481729090017B>

Cleveland reported Activity. *Alaska volcano Observatory.* [online]. 2014. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/volcanoes/volcact.php?volcname=Cleveland>

Evacuation and Internment, 1942-1945. *National Park Service U.S. Department of the Interior.* [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <https://www.nps.gov/aleu/learn/historyculture/unangan-internment.htm>

Frequently asked questions. *Alaska Volcano Observatory.* [online]. 2014. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.avo.alaska.edu/faq.php>

Geothermal Technologies Program Alaska. *U.S. Department of Energy.* [online]. 2005. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/36548.pdf>

Kasatochi Volcano: Geologic Studies and Ecosystem Response. *Alaska Division of Geological & Geophysical Survey.* [online]. 2010. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://pubs.dggsalaskagov.us/webpubs/dggs/ar/text/ar2010d.pdf>

Kasatochi reported Activity. *Alaska volcano Observatory.* [online]. 2015. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.avo.alaska.edu/volcanoes/volcact.php?volcname=Kasatochi>

Notable Earthquakes. *University of Alaska Fairbanks. Alaska Earthquake Center.* [online]. 2016. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://earthquake.alaska.edu/earthquakes/notable>

Okmok Volcano: Geomorphology and hydrogeology of the 2008 phreatomagmatic eruption. *Alaska Division of Geological & Geophysical Survey*. [online]. 2011. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://pubs.dggsalaskagov.us/webpubs/dggs/ar/text/ar2011d.pdf>

Smithsonian Institution. National Museum of Natural History. Global Volcanism Program. [online]. 2016. [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <http://volcano.si.edu/>

The San Andreas Fault. *USGS*. [online]. 2013. [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://pubs.usgs.gov/gip/earthq3/safaultgip.html>

U.S. Department of the Interior. USGS (2011): The Great Tohoku Earthquake (northeast Honshu, Japan) of March 11, 2011 - Magnitude 9.0. National Earthquake Information Center.

Volcanic Ash—Danger to Aircraft in the North Pacific. *U.S. Geological Survey Fact Sheet 030-97. Online Version 1.0*. [online]. 2004. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <https://pubs.usgs.gov/fs/fs030-97/>

Volcano Activity Notifications. *Alaska Volcano Observatory*. [online]. 2016. [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/activity/avoreport.php>

Volcano Activity Notifications. *Alaska Volcano Observatory*. [online]. 2016. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/activity/avoreport.php>

#### 11.4 Zdroje k obrázkům v pracovním listu

Akun island columnar basalt formation by Steve Hillebrand. *Desibucket.com*. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.desibucket.com/nature/beaches-and-islands/akun-island-columnar-basalt-formation/>

Cleveland Volcano seen from the western end of Tana Volcano. *Lyons, John. National Science Foundation. USGS/AVO. Keck Geology Consortium*. [online]. 2015. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <https://www.avo.alaska.edu/images/image.php?id=80271>

Crested Auklets Winter in the Bering Sea. *Birdnote*. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://birdnote.org/show/crested-auklets-winter-bering-sea>

Eat fresh King Crab in Alaska. *Pinterest*. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: [https://www.pinterest.com/pin/573505333769814103/?from\\_navigate=true](https://www.pinterest.com/pin/573505333769814103/?from_navigate=true)

Nuka Research and planning group, LLC. Cape International, Inc. (2006): *Vessel traffic in the Aleutian subarea*. Alaska Department for Environmental Conservation. Fulfillment of contract 18-8003-28-09. Seldovia, Alaska.

Plate tectonics: location. *Britannica Online for Kids*. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://kids.britannica.com/comptons/art-166247/Major-tectonic-plates>

Sea otters. *Friends of sea otters*. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.seaotters.org/>

The Collection. *David Rumsey Map Collection*. Cartography Associates. [online]. 2016. [cit. 2016-04-30]. Dostupné z: <http://www.davidrumsey.com/>

## PŘÍLOHY



## Příloha 1: Výčet erupcí vulkánů Aleutského souostroví

Název vulkánu	Poslední erupce	Ostatní známé erupce
1. Buldir	pozdní Pleistocén či Holocén	chybí data
2. Kiska	1990	1962, 1964, 1969
3. Segula	Holocén	chybí data
4. Davidof	Holocén - zbytek kaldery	chybí data
5. Little Sitkin	1830	1776, 1828
6. Semisopochnoi	1987	1873
7. Gareloi	1989	1790, 1791, 1792, 1873, 1922, 1929, 1950, 1952, 1980, 1982, 1987
8. Tanaga	1914	1050 př. n. l. ± 2500 let, 550, 1050, 1550, 1829
9. Takawangha	1550	chybí data
10. Bobrof	Holocén	chybí data
11. Kanaga	2012	7300 př. n. l. ± 500 let, 4700 př. n. l. ± 150 let, 2300 př. n. l. ± 150 let, 2150 př. n. l. ± 200 let, 1900 př. n. l. ± 300 let, 1550 př. n. l. ± 100 let, 200 ± 150 let, 850 ± 200 let, 1150 ± 200 let, 1400 ± 50 let, 1783, 1904, 1906, 1942, 1994, 1995
12. Moffett	1600 př. n.l.	7850 př. n. l., 3750 př. n. l.
13. Adagdak	Pleistocén	chybí data
14. Great Sitkin	1974	1792, 1933, 1945, 1949, 1950
15. Kasatochi	2008	1760
16. Koniuji	1150 př. n. l. ± 1900 let	3850 př. n. l. ± 3100 let, 2650 př. n. l. ± 2000 let
17. Sergief	Holocén	chybí data
18. Atka	1812	chybí data
19. Korovin	2007	1907, 1973, 1987, 1998, 2002, 2004, 2005, 2006
20. Seguam	1993	7300 př. n. l. ± 2250 let, 5100 př. n. l. ± 2000 let, 4050 př. n. l. ± 4000 let, 250 ± 500 let, 1786-1790, 1891, 1892, 1902, 1977, 1992
21. Amukta	1997	1786, 1878, 1963, 1987, 1996
22. Chagulak	Holocén	chybí data
23. Yunaska	1937	1824, 1830
24. Herbert	Holocén	chybí data
25. Carlisle	1828	1774
26. Cleveland	2015	1893, 1897, 1932, 1938, 1944, 1984, 1986, 1987, 1994, 1997, 2001, 2005, 2006, 2007, 2009 (leden, červen, říjen), 2010, 2011, 2013
27. Tana	Holocén	chybí data
28. Kagamil	1929	chybí data
29. Uliaga	Holocén	chybí data

30. Mount Vsevidof	1878	1817, 1830
31. Recheschnoi	Holocén	chybí data
32. Mount Okmok	2008	6310 př. n. l. ± 500 let, 100 př. n. l. ± 50 let, 1805, 1817, 1824-1830, 1878, 1899, 1931, 1938, 1943, 1945, 1958, 1960, 1981, 1983, 1986, 1997
33. Bogoslov	1992	1796-1804, 1806-1823, 1883-1895, 1906-1907, 1909-1910, 1926-1928, 1931
34. Makushin	1995	6650 př. n. l. ± 200 let, 6100 př. n. l. ± 50 let, 3650 př. n. l. ± 1850 let, 1750, 550 ± 900 let, 1150 ± 500 let, 1768, 1802, 1826, 1865, 1883, 1907, 1926, 1938, 1951, 1980, 1987, 1993
35. Akutan	1992	7620 př. n. l. ± 300 let, 4150 př. n. l., 340, 550, 1420 ± 100 let, 1848, 1852, 1865, 1867, 1883, 1887, 1892, 1895, 1896, 1907, 1908, 1911, 1927-1928, 1929, 1931, 1946, 1948, 1951, 1953, 1962, 1973, 1974, 1976, 1978, 1980, 1982, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991
36. Westdahl	1992	1795, 1796, 1820, 1827, 1964, 1978, 1991
37. Fisher	1826	7420 př. n. l. ± 200 let, 3170 př. n. l. ± 75 let, 400 ± 50 let, 1795
38. Shishaldin	2014-2015	7550 př. n. l., 7050 př. n. l., 950, 1824, 1825, 1826, 1827-1829, 1830, 1838, 1842, 1883, 1898, 1901, 1922, 1925, 1927, 1928, 1929, 1932, 1946, 1948, 1951, 1953, 1955, 1963, 1967, 1975, 1976, 1978, 1979, 1986, 1993, 1995, 1997, 1998, 1999, 2004
39. Isanotski	možná 1845, chybí důkazy	chybí ověřená data
40. Roundtop	7600 př. n. l. ± 500 let	chybí data

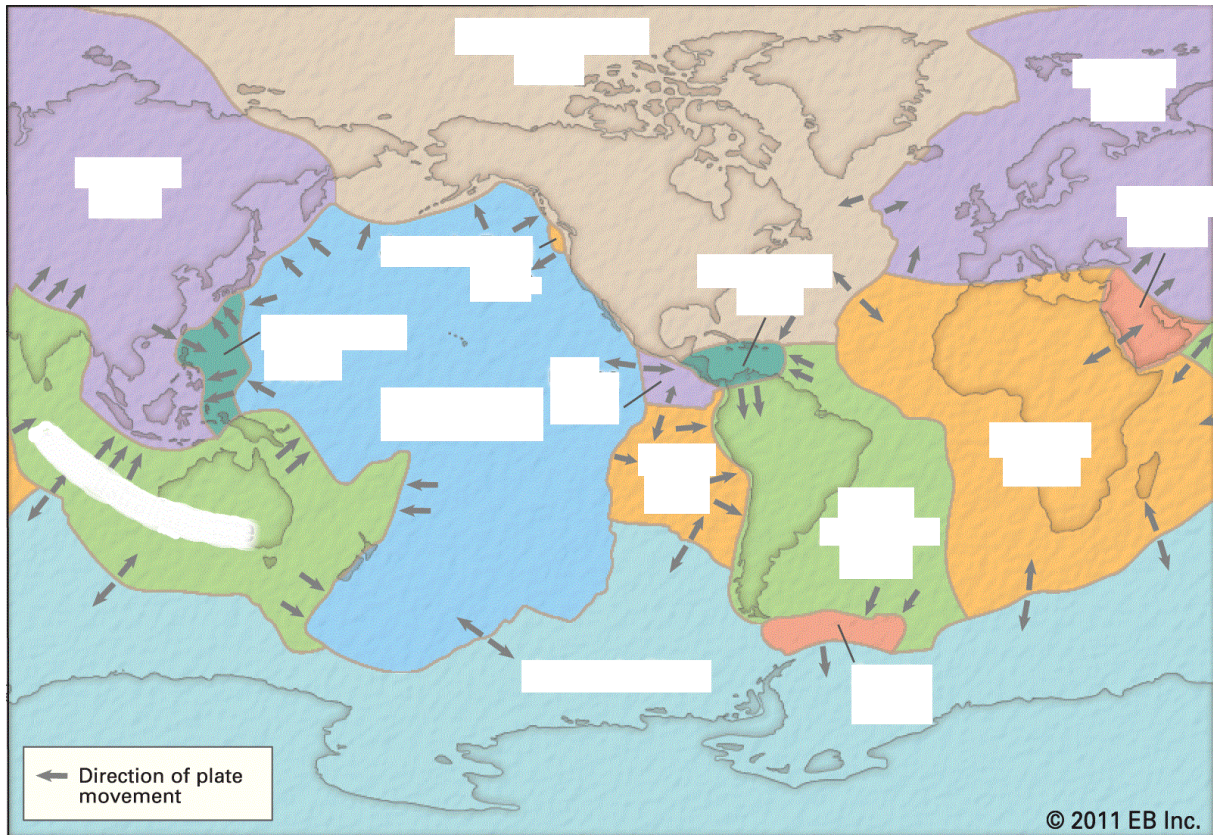
## Příloha 2: Základní informace o vulkánech Aleutského souostroví

Název vulkánu	Typ	Název ostrova	Číslo vulkánu	Nadm. výška (m n. m.)	Latitude	Longitude
1. Buldir	stratovulkán	Buldir	311010	656	52.35°N	175.911°E
2. Kiska	stratovulkán	Kiska	311020	1220	52.103°N	177.602°E
3. Segula	stratovulkán	Segula	311030	1160	52.015°N	178.136°E
4. Davidof	stratovulkán	Davidof	311040	328	51.97°N	178.33°E
5. Little Sitkin	stratovulkán	Little Sitkin	311050	1174	51.95°N	178.543°E
6. Semisopochnoi	stratovulkán	Semisopochnoi	311060	1221	51.93°N	179.58°E
7. Gareloi	stratovulkán	Gareloi	311070	1573	51.79°N	178.794°W
8. Tanaga	stratovulkány	Tanaga	311080	1806	51.885°N	178.146°W
9. Takawangha	stratovulkán	Tanaga	311090	1449	51.873°N	178.006°W
10. Bobrof	stratovulkán	Bobrof	311100	738	51.91°N	177.438°W
11. Kanaga	stratovulkán	Kanaga	31110	1307	51.923°N	177.168°W
12. Moffett	stratovulkán	Adak	31111	1196	51.944°N	176.747°W
13. Adagdak	stratovulkán	Adak	311800	610	51.988°N	176.592°W
14. Great Sitkin	stratovulkán	Great Sitkin	311120	1740	52.076°N	176.13°W
15. Kasatochi	stratovulkán	Kasatochi	311130	314	52.177°N	175.508°W
16. Koniuji	stratovulkán	Koniuji	311140	273	52.22°N	175.13°W
17. Sergief	stratovulkán	Atka	311150	560	52.05°N	174.95°W
18. Atka	stratovulkány	Atka	311160	1448	52.331°N	174.139°W
19. Korovin	stratovulkány	Atka	311161	1518	52.381°N	174.166°W
20. Seguam	stratovulkány	Seguam	311180	1054	52.315°N	172.51°W
21. Amukta	stratovulkán	Amukta	311190	1066	52.5°N	171.252°W
22. Chagulak	stratovulkán	Chagulak	311200	1142	52.577°N	171.13°W
23. Yunaska	štítový	Yunaska	311210	550	52.643°N	170.629°W
24. Herbert	stratovulkán	Herbert	311220	1280	52.742°N	170.111°W
25. Carlisle	stratovulkán	Carlisle	311230	1620	52.894°N	170.054°W
26. Cleveland	stratovulkán	Chuginadak	311240	1730	52.825°N	169.944°W
27. Tana	stratovulkány	Chuginadak	311241	1170	52.83°N	169.77°W
28. Kagamil	stratovulkán	Kagamil	311260	893	52.974°N	169.72°W
29. Uliaga	stratovulkán	Uliaga	311250	888	53.065°N	169.77°W
30. Mount Vsevidof	stratovulkán	Umnak	311270	2149	53.13°N	168.693°W
31. Recheschnoi	stratovulkán	Umnak	311280	1984	53.157°N	168.539°W
32. Mount Okmok	štítový	Umnak	311290	1073	53.43°N	168.13°W
33. Bogoslov	podmořský	Bogoslof	311300	150	53.93°N	168.03°W
34. Makushin	stratovulkán	Unalaska	311310	1800	53.891°N	166.923°W
35. Akutan	stratovulkán	Akutan	311320	1303	54.134°N	165.986°W
36. Westdahl	stratovulkán?	Unimak	311340	1654	54.518°N	164.65°W
37. Fisher	stratovulkán	Unimak	311350	1112	54.65°N	164.43°W
38. Shishaldin	stratovulkán	Unimak	311360	2857	54.756°N	163.97°W

39. Isanotski	stratovulkán	Unimak	311370	2446	54.765°N	163.723°W
40. Roundtop	stratovulkán	Unimak	311380	1871	54.8°N	163.589°W

### Příloha 3: Pracovní list – zadání

1. Na obrázku vidíte směry pohybu litosférických desek – do bílých polí doplňte názvy desek a vyznačte Aleutské ostrovy.



2. Na obrázcích vidíte řetězec Aleutských ostrovů. Jak se nazývá proces, který je příčinou jejich vzniku? Jakého jsou tyto ostrovy původu? Jižně od ostrovů nalezneme výraznou podlouhlou depresi, jejíž průměrná hloubka je více než dvojnásobek výšky nejvyššího vulkánu tohoto souostroví. Jak se tato deprese nazývá a jakých hloubek dosahuje? Jak se nazývá nejvyšší vulkán souostroví a na jakém ostrově leží?



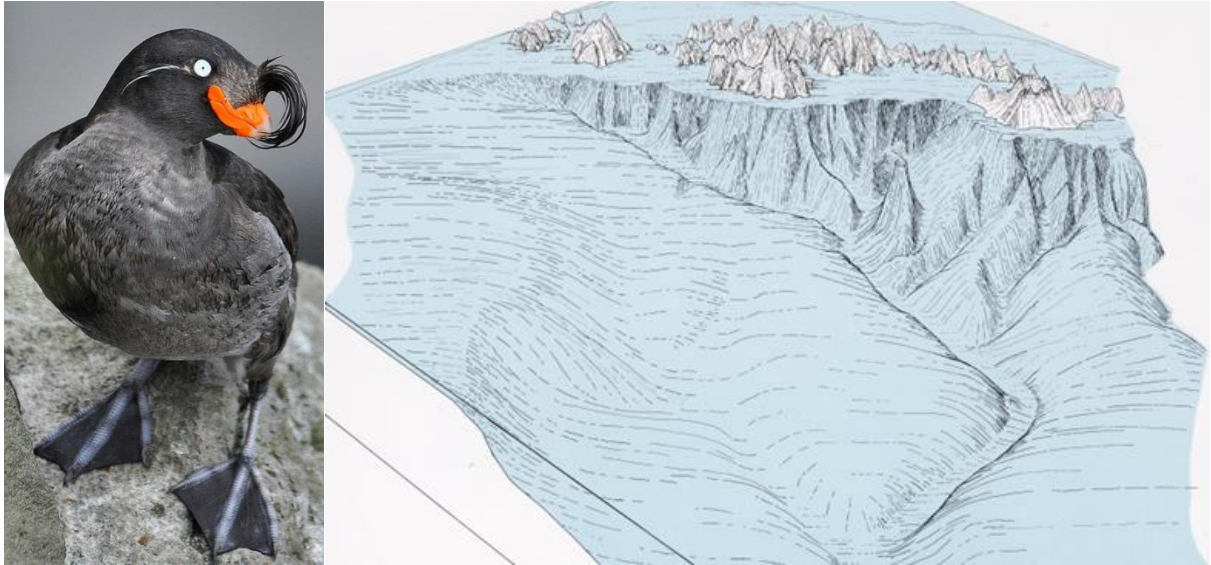






5. Který významný český antropolog a lékař zavítal na ostrovy začátkem dvacátého století?
6. Na následujících obrázcích vidíte 3 živočichy žijící v oblasti Aleutských ostrovů. Každý z nich je zde uveden z různého důvodu. Přijdete na některý z těchto důvodů? Jak se tyto živočichové nazývají?





7. Jaký geomorfologický útvar dominuje obrázku vedle mořského ptáka?



8. Jaký je název horniny, kterou vidíme na obrázku pořízeného u ostrova Akun? Podobný útvar nalezneme i v České republice. Jak se jmenuje a čeho je dokladem?





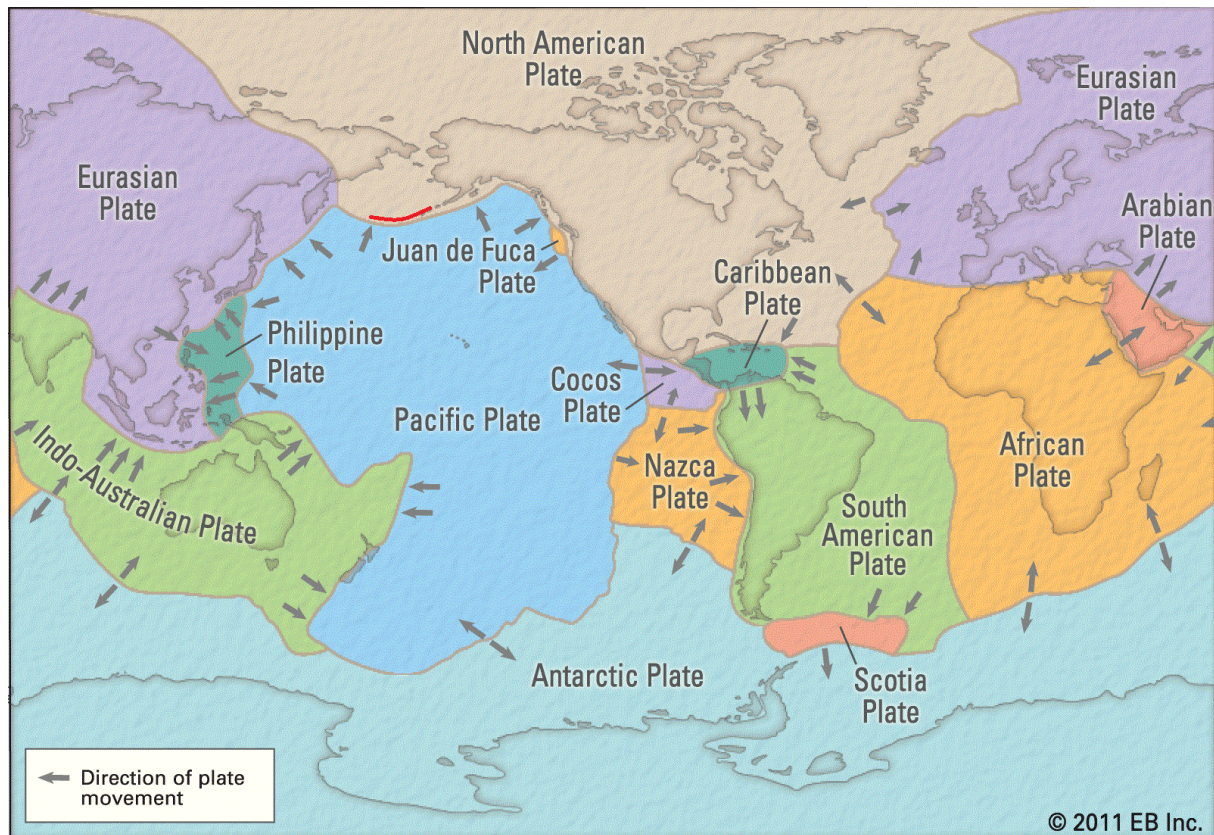
9. Na obrázku vidíme vulkán Cleveland. O jaký typ sopky se jedná a jaký druh erupcí je pro tento typ sopek typický?





## Příloha 4: Pracovní list – řešení

1. Anglické názvy litosférických desek. Aleutské ostrovy jsou vyznačeny červeně (Britannica Online for Kids, 2016).



2. Proces subdukce – jedna deska se podsouvá pod druhou. Většina ostrovů je sopečného původu. Nalezneme zde Aleutský hlubokooceánský příkop, jehož hloubka se pohybuje okolo 7700 metrů. Nejvyšší vulkán se nazývá Shishaldin, měří 2857 metrů a leží na ostrově Unimak, nejvýchodnějšímu ostrovu Aleut (David Rumsey Map Collection, 2016), (Nuka Research and planning group, 2006).
3. V letech 1741 až 1867 náleželo území Rusku, tak jako celý stát Aljaška. Dánský mořeplavec ve službách Ruska se jmenoval Vitus Bering, k Aleutům doplul roku 1741. Roku 1967 došlo k prodeji celého území Spojeným Státům.
4. Ostrovy Kiska a Attu byly obsazeny Japonskem.
5. Aleš Hrdlička, žil v letech 1869 až 1943.
6. Mořská vydra – lovena pro svou kožešinu, její výskyt zde za ruské nadvlády lákal ruské lovce (Friends of sea otters, 2016).

Aljašaský královský krab nebo také krab Kamčatský – jeden z mnoha živočichů lovený v Beringově moři ležícím na sever od ostrovů, kde probíhá intenzivní rybolov. Lov

mořských živočichů byl a je zdrojem obživy pro mnoho obyvatel ostrovů. (Pinterest, 2016)

Alkouněk chocholatý – jeden z mnoha druhů ptáků, kteří na Aleutských ostrovech hnízdí (Birdnote, 2016).

7. Podmořský kaňon (David Rumsey Map Collection, 2016).
8. Bazalt neboli čedič, který se vyznačuje sloupcovitou odlučností. Útvar v České republice se nazývá Panská skála, nachází se v Českém středohoří a je to doklad sopečné činnosti. (Desibucket.com, 2016)
9. Jedná se o stratovulkán. Typické je střídání explozivních erupcí, kdy dochází k ukládání sopečného prachu s erupcemi efuzivními, kdy dochází k produkci lávových proudů (Lyons, 2015).