

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDĚCKÁ FAKULTA
KATEDRA ROZVOJOVÝCH STUDIÍ

Iva Lhotová

**SEISMICKÁ AKTIVITA NA ÚZEMÍ JIŽNÍ AMERIKY A
JEJÍ DŮSLEDKY**

Bakalářská práce

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

Olomouc 2012

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

V Olomouci, dne 26. dubna 2012

.....

Podpis

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucí práce paní doc. RNDr. Ireně Smolové PhD. za její podnětné návrhy a cenné rady při konzultacích mé práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Iva LHOTOVÁ
Osobní číslo: R09811
Studijní program: B1301 Geografie
Studijní obor: Mezinárodní rozvojová studia
Název tématu: Seismická aktivita na území Jižní Ameriky a její důsledky
Zadávací katedra: Katedra rozvojových studií

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

Cílem bakalářské práce je charakteristika seismické aktivity na území Jižní Ameriky se zaměřením na období posledních 20 let. Práce bude vycházet z rešerše dostupné literatury a aktuálního monitoringu rizikových faktorů v zájmovém území, zejména s využitím dostupných zdrojů dat Americké geologické služby (U.S. Geological Survey). Pozornost bude věnována podmíněnosti a regionálním aspektům se zvláštním zřetelem na seismickou aktivitu v regionu v období posledních 20 let. Dílčím cílem bude analyzovat důsledky zemětřesení a zhodnotit systém monitoringu seismické aktivity ve vybrané části jihoamerického regionu.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 10 - 15 tisíc slov
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Seznam odborné literatury: Atkinson, G. M. (2007): Challenges in seismic hazard analysis for continental interiors. Geological Society of America Special Papers, January 1, 425 (0), s. 329?344. Barazangi, M., Isacks, B. L. (1976): Spatial distribution of earthquakes and subduction of Nazca plate beneath South America. Geology, Boulder, v.4, s. 686?692. Earthquake Hazards Program. USGS Earthquake Bulletins and Catalogs at the USGS National Earthquake Information Center. Kelleher, J. A. (1972): Rupture Zones of Large South American Earthquakes and Some Predictions, J. Geophys. Res., 77 (11), s. 2087?2103. Gubbins, D. (1990): Seismology and plate tectonics. Cambridge University Press, Cambridge, 339 s. Procházková, D. (2002): Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí. SPN, Praha. Regional Catalogue of Earthquakes (www.isc.ac.uk) Stüwe, K. (2003): Geodynamics of the Lithosphere, An Introduction. Berlin Springer, Berlin, 449 s. Strahler, A. ed. (2006): Introducing Physical Geography. John Wiley, Fourth Edition, New York, 728 s. Summerfield, M. A. ed. (1991): Global Geomorphology. John Wiley, Fourth Edition, New York, 537 s. Tavera, H., Vilca, r., marín, G. (2006): Inferences on the geometry of the Nazca plate in Northwestern Perú based on data collected by a local seismograph network. Earth Sciences research Journal, vol. 10, No. 1, s. 15?24. Turcotte, D. L., Schubert, G. (2002): Geodynamics. Cambridge Cambridge University Press, Cambridge, 456 s. www.geology.cz <http://georef.cos.com> <http://earthquake.usgs.gov>

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

Datum zadání bakalářské práce: 17. května 2011

Termín odevzdání bakalářské práce: 27. dubna 2012

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

Doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 17. května 2011

Abstrakt

Tato bakalářská práce se věnuje problematice výskytu zemětřesení na území Jižní Ameriky. Přehled historických zemětřesení ve sledovaném území má ukázat nebezpečí tohoto rizika a popsat následky, které hrozí. U zemětřesení z nedávné doby je velký důraz kladen na bezprostřední humanitární pomoc a následná opatření do budoucna. V další části práce se věnuji seizmickým stanicím, jejich historii, rozmístění a návaznosti na další varovné systémy. Existence těchto stanic je velmi důležitá pro studium seizmické činnosti a vymezení potenciálně rizikových oblastí. V závěru se zabývám projekty, které mají zvýšit bezpečnost obyvatelstva a snížit ekonomické i environmentální dopady zemětřesení. Důležitou částí práce je i analýza učebnic pro žáky základních i středních škol, které se zabývají problematikou zemětřesení a zásad chování, v případě této katastrofy.

Klíčová slova: zemětřesení, seizmické stanice, Jižní Amerika

Abstract

This thesis addresses the issue of earthquake occurrence in South America. The overview of historical earthquakes in the monitored area shows the dangers of the risks and describes the consequences. In earthquake events that have happened recently big emphasis is put on the immediate humanitarian assistance and follow-up measures for the future. Next, the seismic stations, their history, location and connection to other warning systems are described. The existence of these stations is very important for the study of seismic activity and for defining potentially hazardous areas. In conclusion, I deal with projects aim to improve public safety and reduce the economic and environmental impacts of earthquakes. The important part of this thesis is an analysis of textbooks for elementary and secondary schools which handle the issues of earthquakes and describes the codes of conduct in case of a disaster.

Key words: earthquake, seismic stations, South America

Obsah

Seznam použitých zkratek	9
1. Úvod	10
2. Metody a cíle práce	11
3. Pozice Jižní Ameriky v rámci deskové tektoniky	13
4. Největší zemětřesení v historii kontinentu	16
4.1 Chile (1730)	18
4.2 Chile (1868)	19
4.3 Chile (1877)	20
4.4 Ekvádor (1906)	21
4.5 Chile (1906)	21
4.6 Peru (1942)	21
4.7 Peru (1946)	22
4.8 Chile (1960)	22
4.9 Peru (1970)	23
4.10 Bolívie (1994).....	24
5. Zemětřesení na území Jižní Ameriky v 21. století.....	26
5.1 Peru 2001	28
5.2 Chile 2007.....	29
5.3 Peru 2007	31
6. Monitoring seizmické činnosti v Jižní Americe	33
6.1 Seizmické stanice a monitoring zemětřesení v Chile.....	35
6.2 Monitoring seizmické činnosti v Peru	37
7. Analýzy důsledků zemětřesení a jejich zmírnění	39
7.1 Snižování dopadů seizmických rizik v Jižní Americe.....	40
7.2 Výchova na školách o přírodních hazardech	42
8. Závěr.....	45
Použité zdroje	47
Tištěné zdroje	47
Elektronické zdroje.....	47
Přílohy	52

Seznam použitých zkratk

ADRA	Adventistická agentura pro pomoc a rozvoj
AVČR	Akademie věd České republiky
CERESIS	Regionální seismologické centrum pro jižní Ameriku
ČČK	Český červený kříž
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ECHO	Odbor humanitární pomoci a civilní ochrany
EU	Evropská unie
GNS	Globální seismologická síť
IDB	Inter-American Development Bank
IFRC	Mezinárodní federace Červeného kříže a Červeného půlměsíce
IPOC	Integrated Plate boundary Observatory Chile
MZV	Ministerstvo zahraničních věcí
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
NOAA	Národní úřad pro oceán a atmosféru
OSN	Organizace spojených národů
UNESCO	Organizace OSN pro výchovu, vědu a kulturu
UNICEF	Dětský fond Organizace spojených národů
USGS	Americká geologická služba
WWSSN	Celosvětová standardní seismografická síť

1. Úvod

Projevy seizmické činnosti doprovázejí lidstvo po celou jeho historii, měnily tvar povrchu Země a podílely se na jeho současném vzhledu. Obrovská energie spoutaná vnitru naší planety je nevyzpytatelná, a tím pro nás nebezpečná. Přestože jsme se jí částečně naučili využívat např. geotermální energii, tak endogenní pochody vyvolané pohyby zemské kůry, výbuchy sopek jsou pro lidstvo velmi rizikové.

Lidé už od dob pravěku považovali zemětřesení za trest, jež na ně seslal bůh či bohové za jejich hříchy. V antickém Řecku lidé obětovali býky bohu zemětřesení Poseidonovi, aby se uchránili před ničivými přírodními silami.¹ V historii si zemětřesení často vyžádala mnoho obětí a ničila stavby a leckdy i celá města. Lidé si dlouho neuměli zdůvodnit, jak a proč takové zemětřesení vzniká, a o existenci tektonických zlomů neměli ani tušení.

Dnes již víme o tektonických deskách, jejich pohybu, známe místa potencionálních rizikových oblastí, ale přesto jen s velkými obtížemi dokážeme otřesy země předpovídat. Zemětřesením nelze zabránit, ale jde předejít ničivým následkům. V rozvinutých zemích, kde je velké riziko zemětřesení např. v Japonsku, se staví budovy odolné vůči pohybům země, existuje síť seismologických stanic, které měří sílu otřesů a následně varují obyvatelstvo a pomáhají včas reagovat na vzniklou krizovou situaci. Bohužel chudé rozvojové země si nic takového nemohou dovolit a jsou ničivým přírodním silám vystaveny v plné síle a následně často závislé na humanitární pomoci, viz Haiti 2010.

Státy regionu Jižní Ameriky se řadí mezi chudé země globálního jihu a každá přírodní katastrofa, která je zasáhne, si vyžádá často zbytečné oběti na životech i majetku. Proto je důležité zde vybudovat fungující systém, který by varoval veškeré ohrožené obyvatelstvo a našel způsob, jak zajistit řešení krizových situací. Problémem je, že lidé často nechtějí nebo ani nemohou opustit postižené oblasti, nebo místa častého výskytu zemětřesení.

¹ MORRIS, 2003.

² *Země: poznáváme naši planetu*, 2003.

³ FŇUKAL, 2009 [online]

⁴ Geofyzikální ústav AVČR [online]

⁵ BRÁZDIL, 1988. s. 137

⁶ Richterova stupnice. *ConVERTER- převody fyzikálních jednotek* [online]

2. Metody a cíle práce

Převažující metodou v této bakalářské práci budou analýzy dostupných zdrojů informací, jak z literatury tak i internetových zdrojů. V úvodu práce budou charakterizovány geologické poměry Jižní Ameriky. Jako hlavní zdroj informací pro popis deseti největších zemětřesení v historii Jižní Ameriky budou použity internetové stránky Americké geologické služby a publikace peruánského Institutu pro geologii a hornictví *Historia de los sismos mas notables ocurridos en el Perú*. Stránky Americké geologické služby poskytují základní informace o zemětřeseních po celém světě a též odkazují na další informační zdroje, jako jsou státní instituce, univerzity zabývající se geologií a novinové články. Největší historická jihoamerická zemětřesení budou rozdělena do dvou tabulek, jednou podle velikosti magnituda a podruhé podle počtu obětí, některá budou následně podrobně rozebrána.

Podobně budou zpracovány i největší zemětřesení posledního desetiletí, u nich bude kladen důraz na informace týkající se humanitární pomoci. Tyto informace budou čerpány z novinových článků a webových stránek organizací, například ze stránek Mezinárodního červeného kříže, Lékařů bez hranic a Adventistické agentury pro pomoc a rozvoj (ADRA). Pro potřeby monitoringu zemětřesení budou uvedeny seismologické sítě a stanice na území Jižní Ameriky a to především v Chile a v Peru. S využitím stránek Regionálního seismologického centra pro Jižní Ameriku bude popsáno několik projektů, jejichž cílem je snížení dopadů zemětřesného hazardu.

Z již výše zmíněných stránek Americké geologické služby budou převzaty obrazové materiály, které budou využity pro tuto práci. Učebnice preventivní výchovy chování při zemětřesení, které budou použité v poslední kapitole, jsou zveřejněny na stránkách organizace OSN UNESCO.

Tato práce si klade za cíl zmapování výskytu zemětřesení na území Jižní Ameriky. Informace ohledně současné i historické seizmické aktivity kontinentu budou vycházet především z rešerše zpráv Americké geologické služby a další dostupné literatury, například dobových novinových článků a zpráv národních geologických institucí. Pro upřesnění míst výskytu zemětřesení bude popsána pozice Jižní Ameriky vůči litosférickým deskám, místům jejich střetů, ale největší pozornost bude věnována konvergentním rozhraním. V práci bude popsán vývoj a současná situace v oblasti monitoringu zemětřesení, rozložení seismologických stanic.

V práci bude provedena analýza dopadů zemětřeseného hazardu, řešení následně vzniklých škod a reakce místních orgánů na krizovou situaci. U zemětřesení, jež se odehrála v nedávné době, bude zmíněna i reakce cizích vlád, mezinárodních organizací a jejich humanitární pomoc. Velký důraz bude kladen na analýzu preventivních opatření a projektů, která mají za cíl zvýšit ochranu obyvatelstva a snížit dopady zemětřesení na majetek a ekonomiku státu. Současně se bude práce zabývat i výchovou a vzděláním dětí na školách o problematice zemětřesení.

Mimo samotné textové části bude práce obsahovat také část grafickou (obrázky, grafy, schémata a fotodokumentaci).

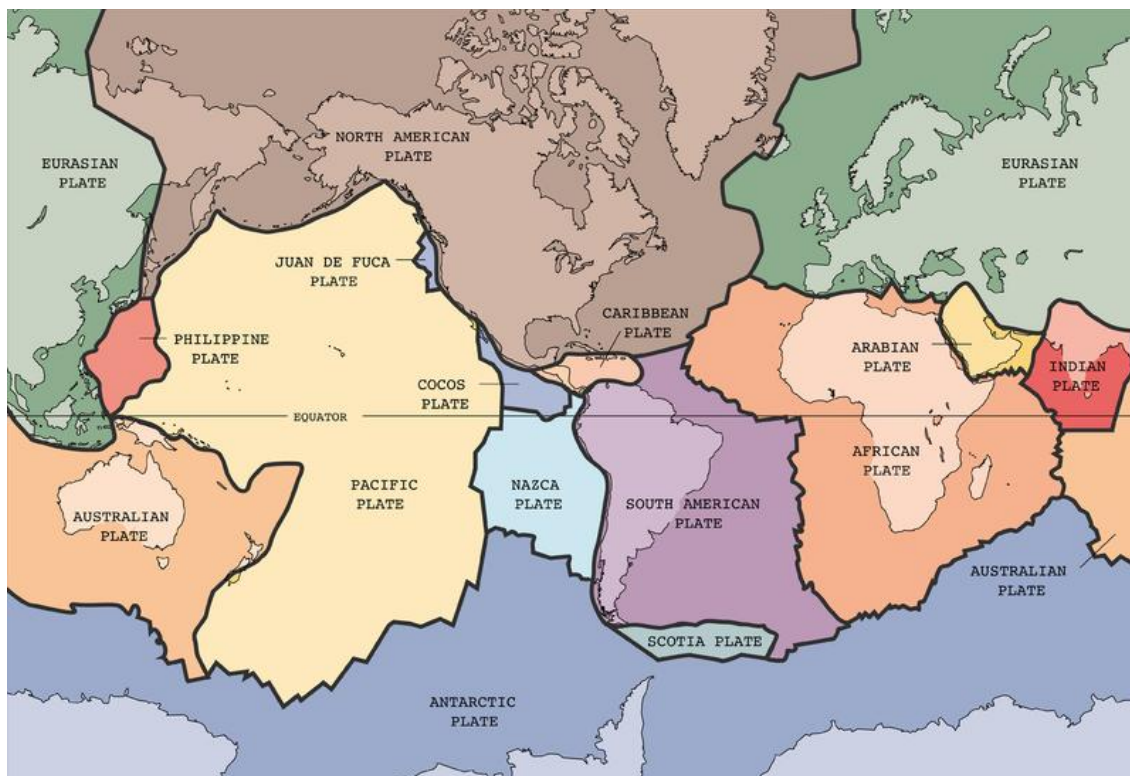
3. Pozice Jižní Ameriky v rámci deskové tektoniky

Litosféra je pevná slupka Země tvořená jak zemskou kůrou, tak i svrchní částí pláště. Samotná litosféra je rozdělena do několika různě velkých desek. Tyto desky leží na plastické vrstvě, astenosféře, díky níž se desky mohou pohybovat. Na počátku minulého století přišel německý geofyzik Alfred Wegener s teorií kontinentální driftu. Ve své teorii uváděl, že svět byl původně tvořen jedním prakontinentem Pangeou, který se postupem času rozpadl, jednotlivé části se pohybovaly a tak vznikly současné kontinenty. Jeho teorie byla podpořena objevy v 60. letech 20. století, které potvrzují pohyb litosférických desek a existenci kontinentálního driftu.²

V současné době se uvádí, že litosférická vrstva se skládá z 14 až 16 litosférických desek oceánských a kontinentálních. Jednotlivé desky se pohybují různými směry a rychlostmi, čímž ovlivňují tvar povrchu Země. Rozeznáváme několik typů rozhraní a to: transformní, divergentní a konvergentní. V případě transformního rozhraní se desky pohybují vedle sebe, u divergentního rozhraní se desky od sebe vzájemně oddalují a při konvergentním pohybu desky putují proti sobě. Navíc oceánské desky mají větší hustotu a tedy i hmotnost a při pohybu proti pevninské desce se pod ni zasunují, což v místě střetu vytváří obrovské napětí, které má na svědomí zemětřesnou a sopečnou činnost.

Jižní Amerika je součástí desky Jihoamerické, která je na své východní straně ohraničena Středoatlanským hřbetem. Ze severu k ní přiléhá Karibská deska, ale hranice mezi nimi není zcela jasná, neboť je tvořena pásem zlomů. Na západní straně Jihoamerické desky se nachází Peruánsko-Chilský příkop, který tvoří hranici mezi ní a deskou Nazca. Na jihozápadě od Jihoamerické desky se nachází Antarktická deska a na jihu deska Nova Scotia, obě tyto desky mají s deskou Jihoamerickou divergentní rozhraní.

² Země: poznáváme naši planetu, 2003.

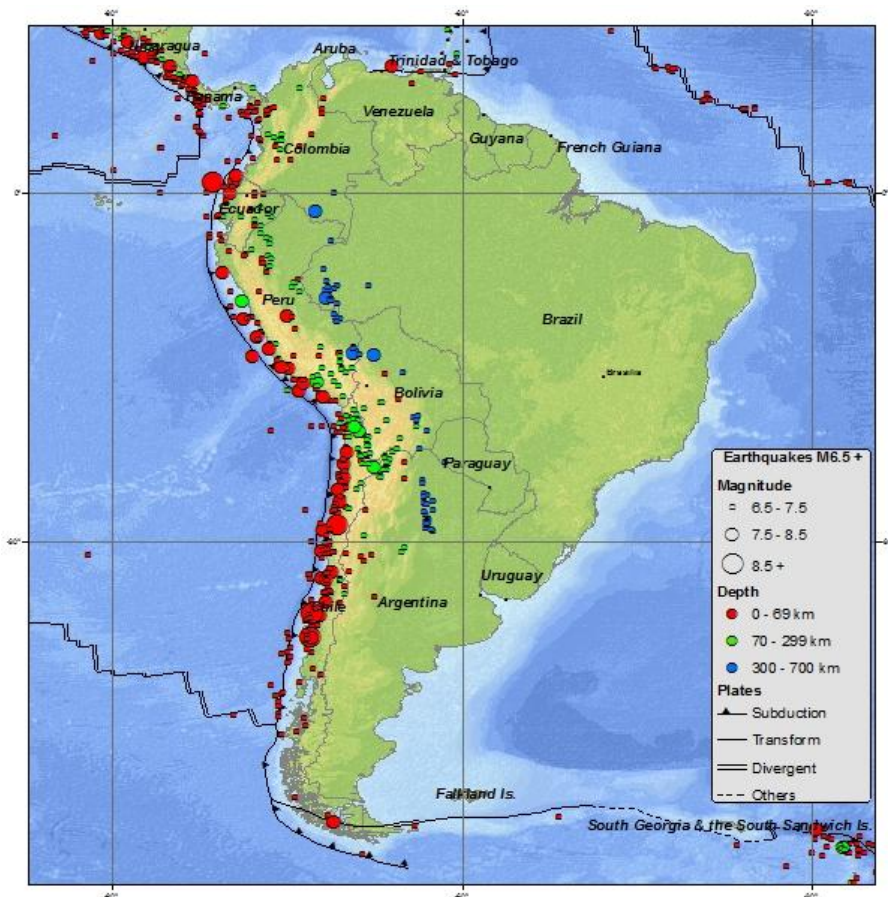


Obrázek č. 1: Tektonické desky

Zdroj: Tectonic plates. In: *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 26.10 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Tectonic_plates.png

Jihoamerická i Karibská deska se pohybují stejným, severozápadním směrem, avšak různou rychlostí (Karibská 10 mm/rok a Jihoamerická 30 mm/rok). Proto se severní okraj Jihoamerické desky podsouvá pod desku Karibskou a tím vyvolává v oblasti sopečnou a zemětřesnou činnost. Deska Nazca se posouvá rychlostí 50 mm za rok na východ, tedy kolmo na desku Jihoamerickou. Konvergentním pohybem se desky dostávají proti sobě a v místě jejich kontaktu dochází k podsouvání neboli subdukcí těžší oceánské desky Nazca pod pevninskou. V místě subdukce je častý výskyt zemětřesení a sopek, které postupem času vytvořily pohoří Andy, toto pohoří je typickým příkladem horstva zlomově vrásového typu.³

³ FŇUKAL, 2009 [online]



Obrázek č. 2: Výskyt zemětřesení o velikosti magnituda 6,5 a více v Jižní Americe od roku 1900 do současnosti

Zdroj: South America: Seismicity Map - 1900 to Present. In: *U. S. Geological Survey* [online]. 29. 3. 2010 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z:

http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/south_america/seismicity.php

Obrázek číslo 2 je jasným důkazem, že většina zemětřesení na území Jižní Ameriky se odehrává v blízkosti rozhraní litosférických desek. Ale subdukcí desek nevzniká jenom seizmická a sopečná aktivita, ale také v místě podsouvání desky Nazca pod Jihoamerickou desku vznikla podélná deprese, Peruánsko-Chilský příkop. Tento příkop se táhne v délce 5 900 km podél celého západního pobřeží a dosahuje hloubky až 8 065 metrů. Se zanořováním desky Nazca více do nitra Země souvisí vznik tzv. vulkanických oblouků, pokud se subdukující deska dostává do větších teplot, tak je následně vystavena větším teplotám a tlaku. Vlivem těchto podmínek se voda z oceánské kůry a mořského dna uvolňuje a stoupá vzhůru. Tato voda pak zapříčiňuje tavení hornin z kontinentální desky a tyto horniny se poté dostávají na zemský povrch a vytvářejí pohoří, v tomto případě Andy.⁴

⁴ Geofyzikální ústav AVČR [online]

4. Největší zemětřesení v historii kontinentu

*Zemětřesení lze charakterizovat jako soubor krátkodobých pohybů, reprezentující proces při změně napěťového stavu hornin.*⁵ Seismická aktivita provází Zemi po celou její historii a řadí se k přírodním katastrofám, jež mají vliv na životy mnoha lidí, ekonomiky států a mnohdy i celých civilizací.

Oblast Jižní Ameriky byla v minulosti několikrát postižena silnými ničivými zemětřeseními, ale na rozdíl od Evropy, Blízkého východu a území starověké Číny o nich nemáme až do nedávné historie žádné zprávy. Důvodem je, že původní obyvatelstvo jihoamerického kontinentu neznalo písmo, a proto je nemohlo nijak zaznamenat. Až příchod evropských kolonizátorů znamenal obrat v zaznamenávání přírodních katastrof.

Velikost zemětřesení se dá posuzovat buď podle hodnoty magnituda, nebo počtu obětí. Nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje počet ztrát lidských životů je, zda zemětřesení vzniká v obydlené oblasti, blízkosti měst. Proto i silné zemětřesení nemusí mít žádný nebo pouze minimální počet obětí. Následující tabulky č. 1 a č. 2 ukazují největší zemětřesení dle počtu obětí a velikosti magnituda v časovém úseku od 18. do 20. století. Některé z těchto katastrof budou rozebrány níže.

Tab. č. 1: 10 největších zemětřesení v historii Jižní Ameriky dle počtu obětí

Rok	Datum	Stát	Místo	Magnitudo	Počet obětí
1812	26. 3.	Venezuela	Caracas	7,7	26 000
1868	13. 8.	Peru (dnešní Chile)	Arica	9,0	25 000
1875	18. 5.	Kolumbie	Cúcuta	7,3	16 000
1906	17. 8.	Chile	Valparaiso	8,2	3 882
1939	25. 1.	Chile	Chillian	7,8	28 000
1946	10. 11.	Peru	Ancash	7,3	1 400
1949	5. 8.	Ekvádor	Ambato	6,8	5 050
1960	22. 5.	Chile	Temuco-Valdivia	9,5	1 655
1970	31. 5.	Peru	Chimbote	7,9	66 000
1999	25. 1.	Kolumbie	Armenia	6,1	1 185

Pramen: www.usgs.gov

⁵ BRÁZDIL, 1988. s. 137

Tab. č. 2: 10 největších zemětřesení v historii Jižní Ameriky podle velikosti magnituda

Rok	Datum	Stát	Místo	Magnitudo	Počet obětí
1687	20. 10.	Peru	Lima	8,5	600
1730	8. 7.	Chile	Valparaiso	8,7	5
1868	13. 8.	Peru (dnešní Chile)	Arica	9,0	25 000
1877	10. 5.	Chile	pobřeží regionu Tarapaca	8,3	34
1906	31. 1.	Ekvádor	pobřeží Esmeraldes	8,8	1 000
1922	11. 11.	Chile, Argentina	provincie Atacama	8,5	800
1942	24. 8.	Peru	pobřeží středního Peru	8,2	32
1943	6. 4.	Chile	Illapel- Salamanca	8,2	25
1960	22. 5.	Chile	Temuco-Valdivia	9,5	1 655
1994	9. 4.	Bolivie	provincie Arequipa	8,2	5

Pramen: www.usgs.gov

Pro lepší pochopení velikosti magnituda slouží následující tabulka Richterovy stupnice, kde jsou jednotlivé intenzity zemětřesení popsány skrze následky, které způsobí. Tato stupnice má logaritmický charakter a proto nemá stanovenou horní hranici.⁶

Tab. č. 3: Richterova stupnice

Magnitudo	Následky
1 a 2	Není cítit, lze pouze měřit přístroji
3	Nejmenší hodnota, kterou člověk rozpozná; bez poškození
4	Slabé zemětřesení
5	Slabé poškození budov blízko epicentra
6	Vážné poškození špatně postavených budov
7	Velké poškození budov
8	Téměř úplné zničení

Pramen: <http://www.converter.cz>

Většina zemětřesení postihující světadíl Jižní Amerika je tektonického původu, kdy otřesy jsou vyvolány pohyby v zemské kůře a následně se uvolňuje obrovské množství energie. V menší míře se vyskytují zemětřesení vulkanická, jež doprovázejí sopečnou činnost a jejich dopady se projevují hlavně v místě erupce, tato zemětřesení se vyskytují v rojích a většinou nejsou tak silná. Ohnisko vulkanického zemětřesení se obvykle nachází v hloubce do 10 km. Třetím typem jsou říťivá zemětřesení, která

⁶ Richterova stupnice. ConVERTER- převody fyzikálních jednotek [online]

vznikají propadem jeskyní či jiných přírodních dutin, ale může se jednat i o lidská díla (např. doly). Zemětřesení řítivého typu, se na rozdíl od předchozích dvou, nevyskytují jen v oblastech tektonických zlomů, ale mohou vzniknout kdekoliv.

Zemětřesení se dále dají rozdělit podle hloubky hypocentra (ohniska) na mělká, středně hluboká a hluboká. Mělká zemětřesení jsou veškeré řítivé a sopečné typy i zemětřesení tektonického původu, jejichž hypocentrum neleží hlouběji než 60 kilometrů. Jedná se o zemětřesení v zemské kůře a svrchní části pláště Země. Ohniska středně hlubokých zemětřesení se nacházejí v hloubkách od 60 do 300 km, tedy v zemském plášti. Důvodem těchto zemětřesení jsou endogenní pochody v oblastech tektonických deformací. Hluboká zemětřesení mají své ohnisko v hloubkách větších než 300 km a vyskytují se v oblastech, kde dochází k subdukci litosférických desek.⁷

Následující vybrané příklady zemětřesení jsou všechna tektonického typu, neboť vznikla v blízkosti tektonického zlomu, kde se střetává jihoamerická deska s deskou Nazca. Určení hloubky centra zemětřesení je však u vybraných příkladů velmi obtížné, až nemožné. V minulosti bylo všeobecně přijímanou pravdou, že ohniska zemětřesení se nacházejí v mělkých hloubkách, ale roku 1922 oxfordský profesor Herbert Hall Turner přinesl první důkaz o různých hloubkách zemětřesení. Samotná existence hlubokých zemětřesení byla potvrzena roku 1931 skrze studii několika různých seismogramů a současně byly stanoveny podmínky pro určování, o jak hluboké zemětřesení se jedná.⁸

4.1 Chile (1730)

Chilské město Valparaiso, které leží severozápadně od hlavního města Santiaga de Chile, je v dnešní době jedním z nejdůležitějších přístavů země. Město, jež se rozkládá na svazích při pobřeží Tichého oceánu v blízkosti střetu Jihoamerické desky s deskou Nazca, postihlo v jeho historii několik katastrof ať už přírodního rázu, tak i politického.

Zemětřesení, jehož velikost byla 8,7 stupňů Richterovy škály, postihlo město Valparaiso a jeho okolí 8. července 1730. Otřesy trvající zhruba čtvrt hodiny, které se odehrály v brzkých ranních hodinách, vyhnaly obyvatele z jejich domovů na ulici, a ti si

⁷ BRÁZDIL, 1988. s. 138

⁸ SPENCE, W., SIPKIN, S. A., CHOY, G. L., 2009 [online]

tak zachránili své životy. Zemětřesení následně vyvolalo i vlnu tsunami, která byla zaznamenána v Peru a Japonsku, kde zalila několik polí. V samotném Chile způsobily otřesy vážné škody na budovách v oblasti měst Coquimbo, Valparaiso a Santiago, pohyby země byly patrné i v sousední Argentině a to i v Cordobě vzdálené od centra zemětřesení skoro 800 km. Následné otřesy probíhali ještě po dobu čtrnácti měsíců. Celkem si toto zemětřesení společně s vlnou tsunami vyžádalo pouze pět obětí.⁹

4.2 Chile (1868)

V srpnu 1868 se otřásla země v okolí přístavu Arica, který leží na peruánsko-chilské hranici. Epicentrum tohoto zemětřesení o velikosti 9 stupňů Richterovy stupnice se nacházelo ve vodách přístavu, proto byla již otřesy poničená krajina následně zalita vlnou tsunami. Zasažena byla oblast až do vzdálenosti 1 400 km na severozápad i jih. Některá města byla skoro celá zničena např. Arica, Tacna, Moquega a Torata.

První z několika vln tsunami vyvolaných zemětřesením dosáhla výšky dvanáct metrů a brala s sebou do moře vše, co jí stálo v cestě. O několik desítek minut později následovala druhá, tentokrát šestnácti metrová vlna. Třetí a poslední vlna odnesla do vnitrozemí, do vzdálenosti 300 m od moře, několik lodí, z nichž největší byla peruánská korveta America o hmotnosti 1 560 tun. Otřesy, zřícené doma a mořská voda proudící do vnitrozemí si celkově vyžádaly více jak 25 000 mrtvých jenom v Jižní Americe.¹⁰

Avšak tsunami neničila jen pobřeží Jižní Ameriky, ale přes Tichý oceán se šířila dál. K Chathamským ostrovům ležícím jižně od Nového Zélandu dorazila vlna patnáct hodin po zemětřesení. Vlna vyhnala Maorské obyvatelstvo do vyšších poloh a zničila několik vesnic a domů. Tsunami zaznamenali i na novozélandském poloostrově Banks, kde voda nejdříve ustoupila a následně se vrátila v několika velkých vlnách a podél údolí vnikla do vnitrozemí, kde napáchala velké škody. Vlna byla též zaznamenána na Havajských ostrovech, japonském pobřeží, v Sydney a Kalifornii.¹¹

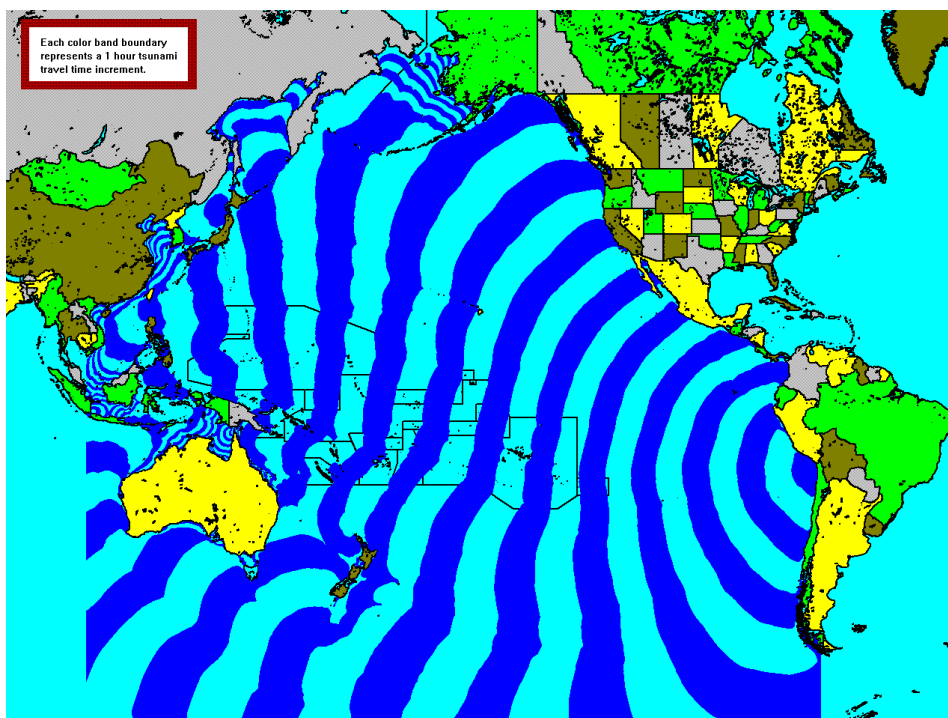
⁹ Historic World Earthquakes, USGS [online]

¹⁰ FERRO, E. S., 1978 [online]

¹¹ LANDER, J. F., LOCKRIDGE, P. A., 1989 [online]

4.3 Chile (1877)

Na severním pobřeží chilského regionu Tarapaca bylo 10. května 1877 zaznamenáno zemětřesení o síle 8,3 stupně Richterovy stupnice. Zemětřesení samo o sobě nezpůsobilo žádné škody, to až následně vyvolaná vlna tsunami, která dosáhla výšky až 24 metrů a zasáhla pobřeží Peru a Chile, kde napáchala značné škody. Vlna se šířila přes oblast Pacifiku a během několika hodin zasáhla ostrov Samou, Nový Zéland, Austrálii, Japonsko, Mexiko a Kalifornii.¹² Obrázek č. 3 znázorňuje, kterak se vlna tsunami šířila od místa svého vzniku, tmavomodré pruhy zobrazují, o kolik se vlna posunula během jedné hodiny.



Obrázek č. 3: Šíření vlny tsunami Pacifikem

Zdroj: National Weather Service. NOAA: *National Oceanic and Atmospheric Administration* [online]. 2008 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://wcatwc.arh.noaa.gov/web_tsus/18770510/traveltime.gif

Na Havajském ostrově Hilo voda zaplavila pobřeží kolem páté hodiny ranní, tedy asi čtyři hodiny po samotném zemětřesení. Bylo zničeno několik desítek domů a mnoho lidí zůstalo bez domova. Podobně na tom byly i ostatní Havajské ostrovy.¹³ Celkově si tato katastrofa podle stránek Americké geologické služby vyžádala 34 obětí, z toho pět jich zahynulo na Havajských ostrovech po příchodu přílivové vlny tsunami.

¹² Historic World Earthquakes, USGS [online]

¹³ LANDER, J. F., LOCKRIDGE, P. A., 1989 [online]

4.4 Ekvádor (1906)

Velikost tohoto zemětřesení, které se událo poslední lednový den roku 1906 při pobřeží ekvádorského přístavu Esmeraldas, byla původně určena 8,2 stupně. Ale později byla přepočítána na základě novinových článků a dochovaných údajů o škodách na magnitudo o hodnotě 8,8. Silné zemětřesení bylo příčinou následně vzniklé vlny tsunami. Vlna, stejně jako mnoho dalších vzniklých při západním pobřeží Jižní Ameriky, se šířila přes Pacifik. Na místě svého vzniku měla vlna výšku 5 metrů a později byla zpozorována i v celé střední Americe, v San Francisku, na Havaji a na západě Japonska. Veškeré oběti si zde vyžádala až vlna tsunami, jejich počet se odhaduje zhruba na tisíc.¹⁴

4.5 Chile (1906)

Michael Pollard do své knihy 100 největších katastrof zařadil zemětřesení, které postihlo město Valparaiso a stejnojmenný region ležící severně od hlavního města Santiaga de Chile 17. srpna 1906. Pobřeží bylo vyzdviženo o více než jeden metr a také se změnil tvar okolních svahů. Důsledkem tohoto zemětřesení bylo zničení dvou třetin hlavního města regionu a úmrtí přibližně 1 500 obyvatel. Celkem si toto neštěstí vyžádalo 3 882 obětí. Smutným doprovodným jevem této katastrofy bylo následné rabování ve městě, které zastavila až chilská armáda.

4.6 Peru (1942)

Dne 24. srpna 1942 se země zachvěla v Peru v oblasti o velikosti cca 18 000 km², která se rozkládá mezi 14. a 16. rovnoběžkou. Velmi blízko epicentra se nacházelo město Nazca, jež bylo totálně zničeno. Podobně dopadla i okolní města, kde většina budov byla velmi zasažena otřesy. Pouze v městě Caraveli vydrželi domy postavené v nedávné době. Podle očitých svědků otřesy trvaly přibližně minutu, během které bylo velmi obtížné udržet rovnováhu a nepadnout.

Mezi další pozorovatelné následky zemětřesení patřilo vyzvednutí vlnolamu v zátocě San Juan o více než jeden metr. Dále pak vznik trhlin ve skalnatých horách poblíž města Caraveli a několik sesuvů půdy v zasažené oblasti Kordiller de Huanzo. Přístav Lomas byl poničen mořskou vodou, která zaplavila město, ničila infrastrukturu a

¹⁴ Historic World Earthquakes, USGS [online]

zraňovala obyvatele. Zemětřesení samo o sobě zůstalo bez obětí, avšak třicet lidí utrpělo smrtelná zranění při pádu budov.¹⁵

4.7 Peru (1946)

Department Ancach v centrálním Peru se stal místem, které zemětřesení zasáhlo 10. listopadu 1946. Zemětřesení samo o sobě by nebylo tak ničivé, kdyby se v této oblasti nenacházely tektonické dislokace. Jako následek otřesů se objevily sesuvy půdy a trhliny v zemi, které vedly k uzavření oblasti, proto mohlo být poškození mnohem větší, než se udává.

Majitel místního ranče Octavio Canoza popsal situaci následovně: „ Dne 10. listopadu jsem odpočíval v pracovně ranče, když okolo 12:40 jsem ucítil strašnou explozi ze směru mlékárny Shuitococha, která se nachází u silnici vedoucí do okresu Conchucos. Vyděšen, jsem se běžel podívat, zda se něco vážného nestalo v mlékárně, okamžitě jsem pocítil první otřes, který byl následován několika dalšími. Bylo nemožné udržet se na nohou, dvakrát jsem spadl, při druhém pádu jsem si poranil levé koleno...“¹⁶

Celkový počet 1 400 obětí byl poměrně velký na tak řídko osídlenou oblast, hlavním důvodem byly sesuvy půdy vyvolané otřesy země. Jen v obci Acobamba, která byla zasažena velkým sesuvem, zahynulo 217 lidí.¹⁷

4.8 Chile (1960)

Zemětřesení, jež 22. května 1960 postihlo město Valdivio v jižním Chile, je největším ve 20 století. Samotnému zemětřesení předcházelo několik slabších otřesů již den předem, následné drobné otřesy trvaly až do poloviny srpna téhož roku. Ohnisko tohoto zemětřesení se nacházelo v hloubce 33 km.¹⁸ Jedním z následků zemětřesení byl i výbuch sopky Puyehue 24. května, erupce vychrlila do vzduchu množství sopečného prachu a to až do výše šesti kilometrů. Sopka byla neklidná ještě několik týdnů poté.

Vlna tsunami zasáhla oblast na chilském pobřeží v délce 1000 km od města Lebu až po Puerto Aisen. Nejvyšší výšky dosáhly vlny v Puerto Saavedru a to 11 a půl

¹⁵ FERRO, E. S., 1978 [online]

¹⁶ tamtéž

¹⁷ tamtéž

¹⁸ Earth and Space Sciences, 2011 [online]

metru, město bylo kompletně zničeno a trosky domů se nacházely i 3 kilometry ve vnitrozemí. Dále se vlna šířila přes Tichý oceán k havajskému ostrovu Hilo, japonskému ostrovu Honšů, na Filipíny, Velikonoční ostrovy a Samou.

Zemětřesení a následná vlna tsunami si celkem vyžádaly 1 665 obětí, z toho 61 mrtvých bylo na Havaji, 138 v Japonsku a 32 na Filipínách. Zhruba dva miliony lidí ztratilo své domovy a celkové škody se vyšplhaly na 1,2 miliardy amerických dolarů. Původní odhady o počtu obětí byly mnohem vyšší až kolem šesti tisíc, avšak ty byly značně nadhodnoceny. Celkově nižší počet obětí byl způsoben tím, že v 60. letech už bylo mnoho budov postaveno tak, aby odolalo otřesům půdy a také díky prvotním slabším otřesům, které obyvatelstvo varovaly.¹⁹

V reakci na situaci bylo Chile donuceno požádat o pomoc okolní státy, neboť v zemi bylo mnoho lidí bez domova a zničená infrastruktura bránila efektivní distribuci humanitární pomoci. Vláda Spojených států Amerických poskytla plně vybavenou polní nemocnici pro potřeby zraněných a materiální humanitární pomoc byla distribuována skrze církev a chilský Červený kříž.²⁰

4.9 Peru (1970)

Nejhorší zemětřesení, které postihlo kontinent Jižní Amerika ve 20. století, se událo 31. května 1970 ve 4 hodiny odpoledne v Peru v regionu Ancash. Oblast postižena zemětřesením o velikosti magnitudo 7,9 se nacházela v pohoří Bílých Kordiller s nejvyšší horou Huascarán, jež měří 6 768 m nad mořem. Hypocentrum zemětřesení se nacházelo v hloubce 41 kilometrů.

Zemětřesení následně vyvolalo obrovskou kamennou lavinu, která sebou brala vše, co jí stálo v cestě. Tato masa kamenů a bahna zničila města Yungay, Caraz a několik přilehlých vesnic, zničeno bylo až 200 000 budov. Počet obětí je celkově odhadován na 66 tisíc.²¹

Jen v městech Yungay a Ranrahirca zahynulo přes 18 000 lidí pod sesuvem z kamení a sněhu. Z důvodů kritické situace požádal peruánský prezident Juan Velasco Alvarado o zahraniční pomoc. Na pomoci se podíleli především vojáci z Kanady, USA a

¹⁹ Historic World Earthquakes , USGS [online]

²⁰ PARSHALL. El Gran Terremoto de Valdivia, 1960 (Updated). *The Keepapitchinin* [online]

²¹ FRAÑO, 1970.

Argentiny, neboť oblast byla velmi špatně dostupná a veškerý materiál se tam mohl dopravit pouze letecky.²²

Bohužel tato katastrofa se také velmi zblízka dotkla tehdejšího Československa a jeho obyvatel. Na jaře roku 1970 se československá horolezecká expedice vydala do Peru s úmyslem zdolat horu Huascarán a právě pod její severní stěnou si zřídila základní tábor. Touha zdolat nejvyšší vrchol peruánských Bílých Kordiller se stala výpravě osudnou, kamenná lavina zasypala základní tábor i se čtrnácti horolezci. Těla těchto mužů zůstala pohřbena pod lavinou, pouze jedno se mnohem později objevilo u nedalekého jezera. Ještě dlouho po katastrofě se zda daly najít části vybavení a výstroje expedice.²³

Připomínku tohoto neštěstí můžeme nalézt v Bedřichově v Jizerských horách, kde se v blízkosti lyžařského stadionu nachází Památník Expedice Peru 1970 vybudovaný v roce 2010 Jizerskou o.p.s. Podobně odkazuje na tuto tragédii závod Jizerská padesátka, který nese označení Memoriál expedice Peru 1970.

4.10 Bolívie (1994)

Zemětřesení, jež se odehrálo 9. června a epicentrum mělo v Bolívii v hloubce okolo 600 km, patřilo k největším, která byla roku 1994 zaznamenána po celém světě.²⁴ Přestože centrum otřesů bylo v Bolívii, k největším škodám došlo v sousedním Peru.

Otřesy byly tak silné, že je lidé cítili nejen v sousedních státech, ale i v celé Jižní Americe, hlavně v Argentině, Brazílii a Bolívii. Jedná se o první zemětřesení v Jižní Americe, jehož účinky se daly pocítit na území Severní Ameriky, dokonce i v kanadském Torontu. Nepotvrzené zprávy hovoří o pěti obětech, z nichž tři zahynuly pod sesuvem půdy. Půdní sesuvy taktéž způsobily mnohá zranění v jižním Peru.²⁵

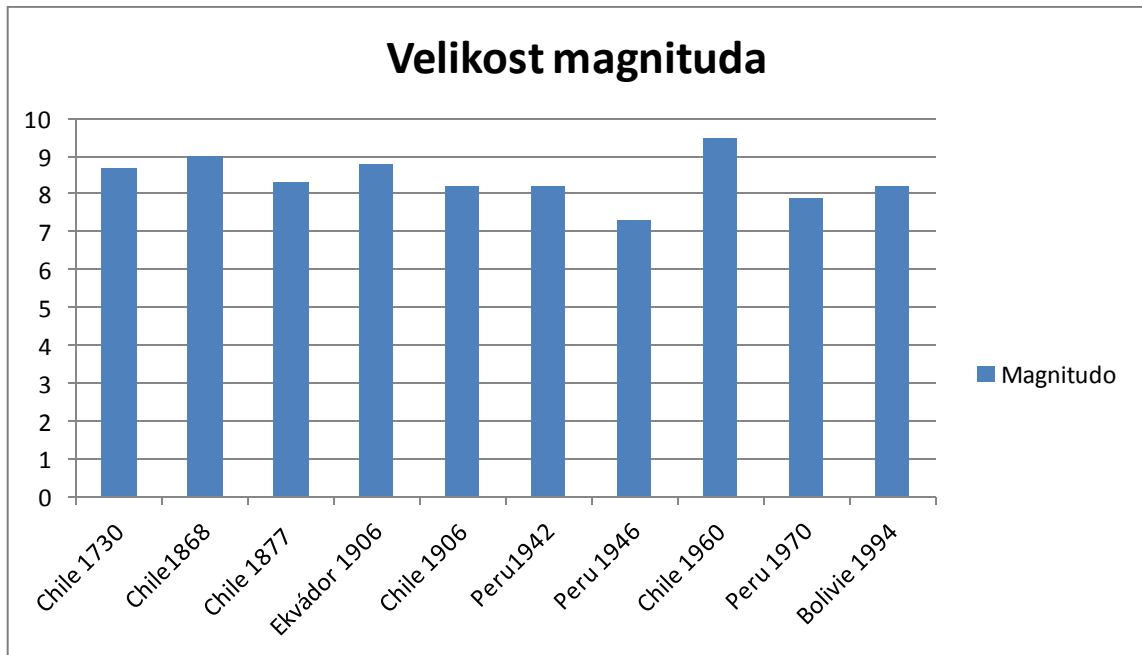
²²DHH - Operations Database Details/Information. *National Defence and the Canadian Forces* [online]

²³*Expedice Peru 1970, 2009-2011* [online].

²⁴MONASTERSKY, Richard. Great quake in Bolivia rings Earth's bell - June 8, 1994 earthquake's depth has far-reaching impact for seismological research. In: *Resource Library* [online]

²⁵Historic World Earthquakes, USGS [online]

Následující dva grafy poskytují srovnání velikostí a počtu obětí zde popsaných zemětřesení. Pokud počet obětí nepřesáhl číslo 33, nijak se to v grafu neprojevuje a hodnota se rovná nule.



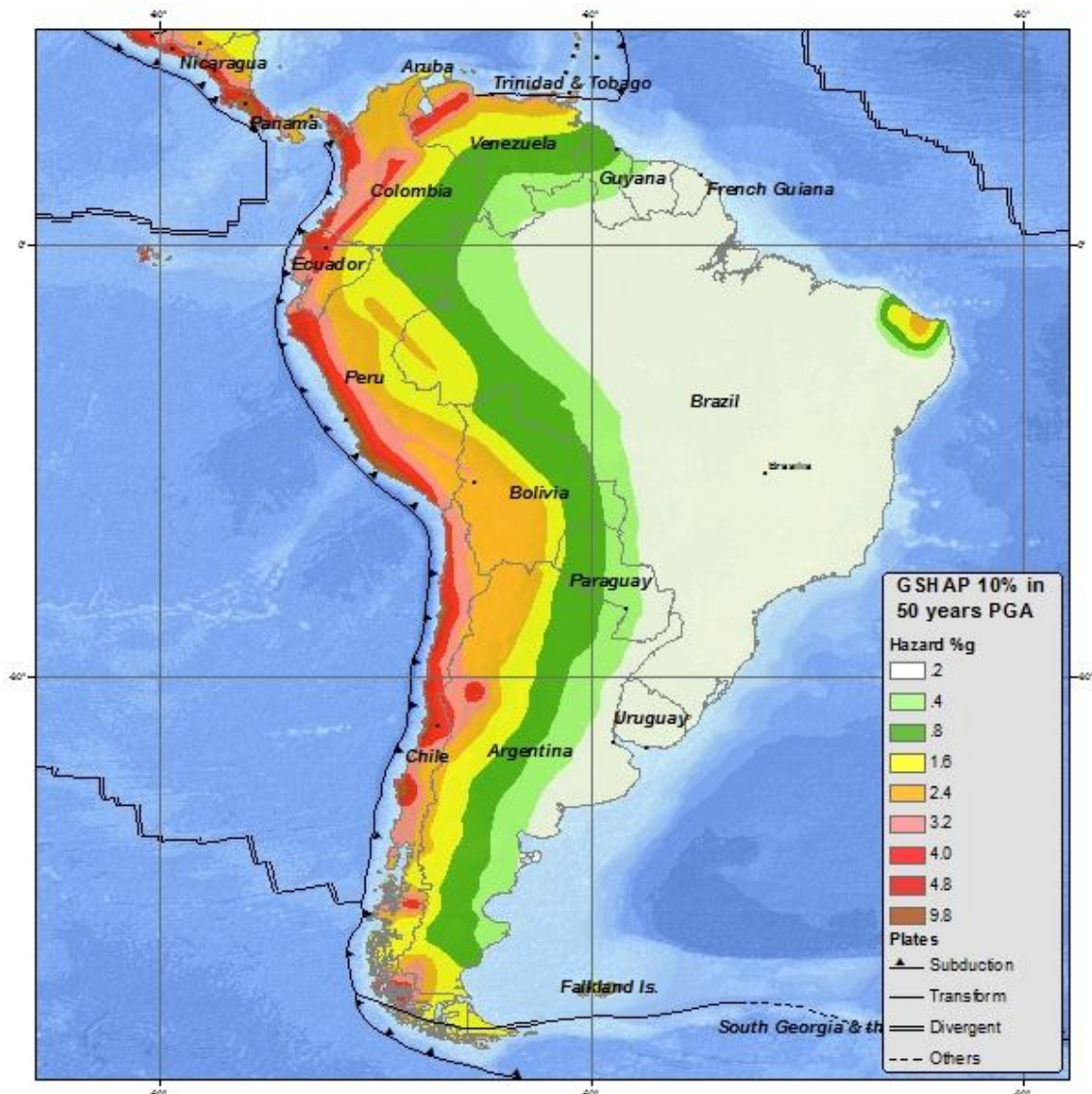
Obrázek č. 4: Graf vyjadřující velikosti magnituda u vybraných zemětřesení



Obrázek 5: Graf znázorňující počet obětí u vybraných zemětřesení

5. Zemětřesení na území Jižní Ameriky v 21. století

V současné době ani ve světě ani v Jižní Americe neubývá zemětřesení. Podle geologické služby Spojených států Amerických se v Jižní Americe v letech 2001 až 2011 vyskytlo 24 zemětřesení o velikosti 6,3 magnituda a výše. Riziko nejčastějších oblastí výskytu zemětřesení zobrazuje obrázek č. 6, který jasně ukazuje, že celkově největší počet zemětřesení je v jihoamerických andských státech Chile, Ekvádor a Peru, které leží na západním pobřeží a tedy v bezprostřední blízkosti tektonického zlomu.



Obrázek č. 6: Riziko výskytu zemětřesení v Jižní Americe

Zdroj: Seismic Hazard Map. In: *U. S. Geological Survey* [online]. [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/south_america/gshap.php

Současná doba přináší nejen mnohá technická řešení staveb, lepší varovné systémy a prvky ochrany obyvatelstva, ale i globální propojení světa a lepší

informovanost, kdy jakákoliv událost na světě se k nám dostává v bezprostředním čase a s mnoha detaily. Přestože v dřívější době si většina katastrof vyžádala větší počet obětí, tak zájem a především možnost médií šířit zprávy vzrostl a světové veřejnost, tak získává pocit, že svět je plný nebezpečí.

Avšak i přes veškeré výtobytky moderní civilizace se ukazuje, že síla ukrytá v nitru Země dokáže napáchat mnohé škody a to nejen na kontinentu Jižní Ameriky, ale po celém světě, např. tsunami vyvolaná zemětřesením v Indonésii v prosinci 2004 nebo podobná situace v Japonsku v březnu 2011. Spíše to vypadá, že v poslední době jsme těmito katastrofami mnohem více šokováni než v minulosti, jako bychom si přestali připouštět možnost, že příroda a planeta Země jsou větší a mocnější než my. Současně s vyspělostí států a zvyšujícím se počtem obyvatel, roste i množství staveb, továren, elektráren a obytných domů na planetě Zemi, a proto zemětřesení způsobují i větší ekonomické ztráty. Dalším důsledkem poškození průmyslových podniků může být i únik nebezpečných látek a následná degradace životního prostředí.

I během posledních deseti let se v Jižní Americe vyskytlo několik zemětřesení, která si vyžádala ztráty na lidských životech i majetku. Jak lze vidět z tabulky č. 4 nejhorší zemětřesení byla současně ta nejsilnější. Naštěstí ztráty na životech v žádném z těchto případů nepřekročily číslo tisíc. Svůj podíl na tom mají i budovy stavěné z moderních materiálů a podle současných stavebních standardů, které musí odolat menším otřesům.

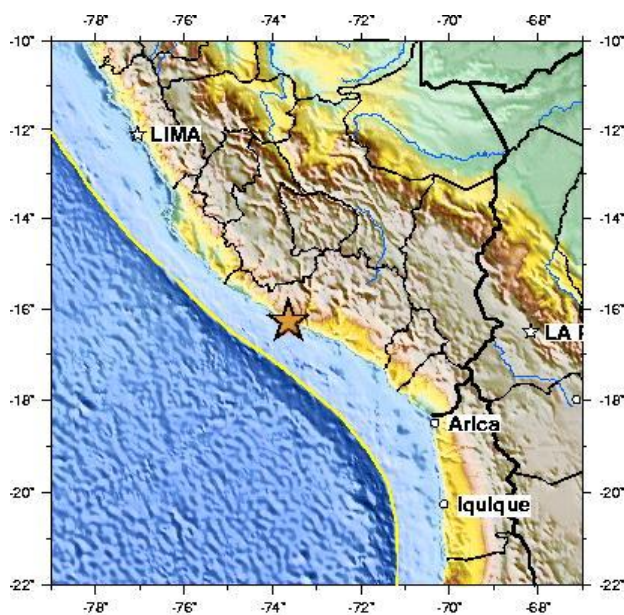
Tab. č. 4: Největší zemětřesení Jižní Ameriky v 21. století dle magnituda

Rok	Datum	Stát	Místo	Magnitudo	Počet obětí
2003	20. 6.	Brazílie	brazílský stát Amazonas	7,1	0
2011	2. 2.	Chile	Araucania	7,1	0
2004	15. 11.	Kolumbie	poblíž západního pobřeží	7,2	0
2005	26. 9.	Peru	severní Peru	7,5	5
2001	7. 7.	Peru	poblíž pobřeží Peru	7,6	1
2007	14. 11.	Chile	Antofagasta	7,7	2
2005	13. 6.	Chile	Tarapaca	7,8	11
2007	15. 8.	Peru	poblíž pobřeží centrálního Peru	8,0	514
2001	23. 6.	Peru	poblíž pobřeží Peru	8,4	138
2010	27. 2.	Chile	pobřeží regionu Biobío	8,8	547

Pramen: www.usgs.gov

5.1 Peru 2001

Zemětřesení, jež 23. června 2001 postihlo pobřeží jižního Peru, mělo svoje hypocentrum v oblasti střetu Jihoamerické desky a desky Nazca v hloubce 33 km. Jednalo se o mělké zemětřesení tektonického typu. Zemětřesení o velikosti 8,4 magnituda, které začalo ve 20 hodin a 20 minut UTC času, vyvolalo vlnu tsunami i sesuvy půdy. Všechny tyto katastrofy si společně vyžádaly 138 lidských obětí, skoro 3 000 zraněných a desítky tisíc zničených a poškozených domů.²⁶



Obrázek č. 7: Epicentrum zemětřesení v Peru 2001

Zdroj: Earthquake location. In: *U. S. Geological Survey* [online]. 2004 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2001/eq_010623/neic_0623_1.html

Mezi zemětřesením nejvíce postižená místa patřila města Moquegua, Punta de Bombon, a horské město Arequipa, sesuvy půdy poškodily Pan-Americkou dálnici, která je velmi důležitou dopravní tepnou pro ekonomiku jižního Peru. Nejvyšší výšku 7 metrů zaznamenala přílivová vlna ve městě Canama, nacházejícím se ve středu zasažené pobřežní oblasti, zde se také objevilo vln nejvíce, konkrétně 4. Jiné oblasti byly zaplaveny až do vzdálenosti jednoho kilometru, celkově si vlna vyžádala 26 obětí. Jednou z mála pozitivních věcí na tomto neštěstí je, že se odehrálo v období, kdy je na jižní polokouli zima, a proto pobřežní letoviska nebyla plná turistů, v opačném případě by dopad katastrofy byl obrovský.²⁷

²⁶ Earthquake Report, USGS [online]

²⁷ The June 23, 2001, Peruvian Tsunami, USC [online]

Na humanitární pomoci postiženému Peru se podílel i Český červený kříž, konkrétně materiální pomocí v hodnotě 250 000 Kč, převážně se jednalo o antibiotika, příkrývky a desinfekční prostředky.²⁸ Podobně na situaci zareagovala i ADRA, která lidem přímo v místě distribuovala příkrývky, stany a pitnou vodu. Ze zpráv jejích pracovníků vyplynulo, že v místě nefungovala elektřina, zničené silnice ztěžovaly dopravu materiálu a noční teploty kolem nuly trápily zasažené obyvatelstvo, které při zemětřesení ztratilo své domovy.²⁹

Evropská komise zareagovala na situaci velmi rychle a již 3 dny po katastrofě se prostřednictvím svého Odboru humanitární pomoci (ECHO) rozhodla zaslat Peru humanitární pomoc v hodnotě 1,15 milionů Eur. Peníze byly využity na stavbu provizorních přístřeší, potravinovou i lékařskou pomoc a na další bezprostředně nutné nezbytnosti. Partnery ECHO při této operaci byly španělský Červený kříž, britský Oxfam, organizace Save the Children, Medicos del Mundo a IFRC.³⁰ Přímo v peruánské provincii Camana působil i tým Lékařů bez hranic, který se snažil především o psychickou pomoc a poskytnutí základní lékařské péče.³¹

5.2 Chile 2007

Není překvapivé, že největší zemětřesení 21. století bylo právě v Chile, avšak měsíc před touto katastrofou zpusťořilo méně silné zemětřesení karibský stát Haiti. Bohužel haitské zemětřesení si vyžádalo několikanásobně větší počet obětí, celkem více jak 300 000. Na vině nebyly jen otřesy půdy, ale i celková zoufalá situace haitských obyvatel, chudoba, neschopnost vlády a zaostalost státu.

Chilský region Biobío se otřásl otřesy o velikosti 8,8 stupňů Richterovy stupnice. Samotné zemětřesení proběhlo 27. února 2010 přibližně v 6 hodin a 34 minut koordinovaného světového času. Hypocentrum leželo v hloubce 50 kilometrů a tedy se jednalo o mělké zemětřesení.³² Epicentrum se nacházelo v pobřežním pásu regionu Biobío, který je v centrální oblasti státu, viz obrázek č. 8.

²⁸ ČČK - humanitární pomoc do zahraničí [online]

²⁹ ADRA pomáhá obětem zemětřesení v Peru [online]

³⁰ EU humanitarian aid to Peru, EU [online]

³¹ 2001 Report: Earthquake: El Salvador, India and Peru. *Doctors Without Borders* [online]

³² Significant Earthquake and News Headlines Archive [online]



Obrázek č. 8: Epicentrum zemětřesení v Chile 27. 2. 2010

Zdroj: 2010 Chile earthquake epicenter. In: *Wikipedia* [online]. 2010 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:2010_Chile_earthquake_epicenter.png

Zemětřesení mělo pro zasaženou oblast obrovské následky, vyžádalo si 547 obětí, 12 tisíc zraněných a skoro milion lidí přišlo o své domovy. Vysoký nebyl jenom počet zničeným domů, ale i budov veřejných institucí, např. přes 4 tisíce škol a 79 nemocnic. Naštěstí díky novým stavebním postupům je dnes již v Chile většina budov stavěna tak, aby odolala otřesům, proto se žádná budova nezřítla a byly jenom poškozeny v různém rozsahu (příloha č. 1). V regionu nenapáchalo škody jen zemětřesení, ale i následně vyvolaná vlna tsunami, která v místě vzniku dosahovala výšky skoro tří metrů a následně se šířila v celé pacifické oblasti. Ekonomická ztráta Chile byla odhadnuta na 30 mld. amerických dolarů.³³

Po této živelné katastrofě požádala chilská vláda o mezinárodní pomoc, jíž se jí dostalo nejen od USA, ale i států EU a současně i od samotné Evropské unie, která poskytla 3 miliony eur a tým odborníků.³⁴ Avšak přes veškerou snahu se v zasažených

³³ Magnitude 8.8 - OFFSHORE BIO-BIO, CHILE [online]

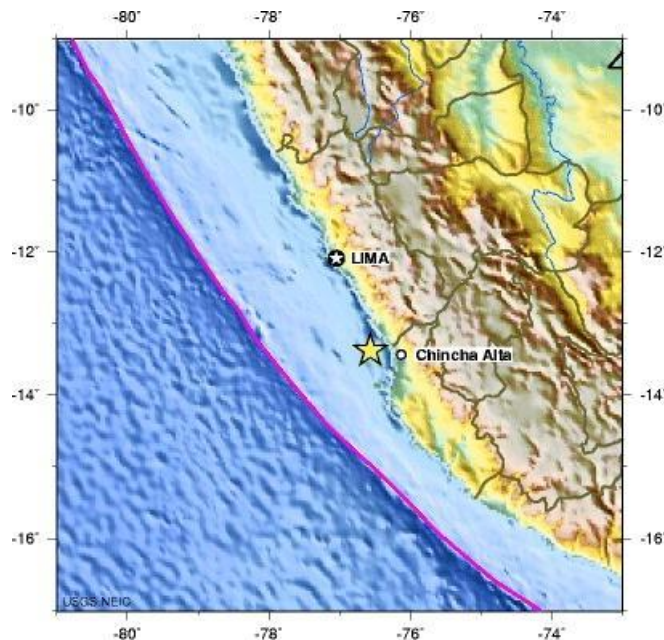
³⁴ EU pomáhá zemětřesením postiženému Chile, EU [online]

oblastech nepodařilo obnovit zásobování jídlem, pitnou vodou a další humanitární pomocí. Zoufalá situace vedla obyvatelstvo k rabování, které se podařilo zastavit až vyhlášením zákazu vycházení a nasazením armády. Posléze místní obyvatelstvo obvinilo vládu ze špatného zvládnutí situace a organizace pomoci.³⁵

Vedle hmatatelných a fyzických následků zemětřesení jakými jsou trosky zničených domů, lidské oběti a následné otřesy až do velikosti magnituda 6, existují i fyzikální na globální úrovni. V případě tohoto zemětřesení podle vědců NASA došlo k posunu zemské osy a následnému zrychlení rotace Země. Vědecký pracovník NASA Richard Gross vypočítal, že den se vlivem události zkrátil o 1,65 mikrosekund.³⁶

5.3 Peru 2007

Další z řady mělkých zemětřesení postihlo Peru 15. srpna 2007. Toto zemětřesení, jež mělo ohnisko v hloubce 39 km, otřáslu peruánským pobřežím otřesy o síle 8 stupňů Richterovy stupnice. Epicentrum se nacházelo při pobřeží země nad místem střetu desky Nazca a desky Jihoamerické. Zemětřesení si vyžádalo 514 obětí, více než tisícovku zraněných a mnoho zničených domů v okolních městech. Mezi nejvíce poničené patří Chincha Alta, Pisco a Ica.



Obrázek č. 9: Epicentrum zemětřesení v Peru 15. srpna 2007

Zdroj: Earthquake Location. In: *U. S. Geology Survey* [online]. 2007 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2007/eq_070815_gbcv/neic_gbcv_1.html

³⁵ FRANTOVÁ, T., *MEDIAFAX.CZ* [online]

³⁶ Chilean Quake May Have Shortened Earth Days. *NASA* [online]

Vlna tsunami, která se objevila po zemětřesení, dosahovala výšky pouhých několika centimetrů a nebyla tak pro okolí nebezpečná. Příмым následkem byly výpadky proudu a poškozené silnice i dálnice. Tato poškození byla způsobena sesuvy půdy a trhlinami v zemi.³⁷

V zasažené oblasti zůstali desítky tisíc lidí odkázaných na pomoc státu i humanitární pomoc ze zahraničí. Pomoci se rozhodla i Česká republika, ministr zahraničí Karel Swarzenberg oznámil, že do Peru půjde částka 5 milionů korun. Peníze se na místo určení dostaly prostřednictvím Mezinárodního červeného kříže.³⁸

Dva týdny po zemětřesení poslalo OSN do Peru potravinovou pomoc, léky, stany a přikrývky, aby se tak zmírnil dopady katastrofy. Dle odhadů dětského fondu UNICEF zemětřesení různým způsobem postihlo až 150 000 dětí a současně poškodilo několik stovek škol. Poškození vodovodů a kanalizačních systémů spustilo vlnu obav před šířením nemocí, proto UNICEF šířil mezi lidmi desítky tisíc informačních letáků se základními hygienickými pravidly.³⁹

Podobně jako OSN zareagovala i Evropská unie, která skrze svůj odbor ECHO poslala do postižené oblasti humanitární pomoc v hodnotě 8 milionů Eur. Více než jedna třetina této částky byla využita na realizaci projektů, jež si kladou za cíl zvýšit připravenost komunit a místních orgánů na řešení krizových situací. V prosinci 2012 bylo vyčleněno dalších 7 milionů Eur, které měly Peru pomoci zlepšit připravenost a reakci na podobné katastrofy.⁴⁰

Stejná oblast byla zemětřesením o velikosti magnituda 6,4 zasažena i v lednu 2011, naštěstí tentokrát si otřesy nevyžádaly oběti na životech, pouze zhruba sto lidí bylo zraněno. Nedošlo ani k vážnějším škodám na infrastruktuře nebo lidských obydlích.⁴¹

³⁷ Magnitude 8.0 - NEAR THE COAST OF CENTRAL PERU. *USGS* [online]

³⁸ MZV schválilo uvolnění prostředků na pomoc Řecku a Peru. *Vláda ČR* [online]

³⁹ Peru: UN seeks \$37 million to assist earthquake victims. *UN News Center* [online]

⁴⁰ Aid in action - Peru. *European Commission* [online]

⁴¹ HRADLOVÁ, E., OREL, I.. *MEDIAFAX.CZ* [online]

6. Monitoring seizmické činnosti v Jižní Americe

Pro monitoring zemětřesení slouží celosvětová síť seismologických stanic, které zachycují i sebemenší seizmickou činnost a následně vydávají varování například před vlnou tsunami. Neboť zemětřesení jako takové se předpovědět zatím stále nedá, přestože se o to vědci dlouhodobě snaží. Vědci tvrdí, že některé druhy zvířat dokážou rozpoznat blížící se zemětřesení, mezi ně patří: ropuchy, psi, krysy, hadi a dokonce i kuřata. Tato zvířata se před katastrofou chovají pro ně naprosto neobvyklým způsobem.⁴²

Pouze dlouhodobým pozorováním zemětřesné aktivity mohou vědci vytipovat oblasti, kde zemětřesení proběhlo již několikrát, a tím pádem je zde vysoká pravděpodobnost výskytu dalšího. Takovýmto místem je například chilský region Valparaíso, kde silná zemětřesení proběhla v letech 1730, 1906, 1971 a 1985. V těchto vysoce rizikových oblastech by měly platit přísnější stavební zákony a mnohá další preventivní opatření, ať už připravenost záchranných složek, či krizové plány měst.

Přestože první přístroje, které dokázaly rozpoznat zemětřesení, měli již ve starověké Číně, tak pravidelný výzkum a sledování zemětřesení započal až mnohem později. Mezi prvními, kdo se věnoval sledování zemětřesné činnosti, byli příslušníci jezuitského řádu, kteří své první astronomické observatoře zakládali již v 16. a 17. století. Do observatoří postupně instalovali různé seismografy, zpočátku se jednalo jen o různá kyvadla, přístroje vlastní výroby a až později s rozvojem seismologie jako vědního oboru mechanické seismografy. Jezuité považovali výstavbu seismologických stanic za součást své misijní činnosti, při které se snažili minimalizovat dopady zemětřesení na obyvatele. A právě oni byli těmi, kdo tyto stanice budovali i v chudých státech rozvojového světa.

V roce 1911 se konalo valné shromáždění Mezinárodní seismologické asociace, kde padlo rozhodnutí, že by jezuité také měli vystavět seismologické stanice na území Jižní Ameriky. První jihoamerická jezuitská stanice San Calixto byla vybudována v bolivijském městě La Paz v roce 1913. A protože byla během let postupně vybavována stále modernějšími přístroji, tak se dnes řadí k nejspolehlivějším na kontinentu. Další významnou stanicí na území Kolumbie je bogotská stanice Instituto

⁴² ČiŽP: Guardian: Ropuchy poznají příchod zemětřesení. ČiŽP [online]

geofísico. V roce 1962 se obě tyto stanice staly součástí Celosvětové standardní seismografické sítě (WWSSN).

Celkem bylo v Jižní Americe jezuitů založeno 7 stanic, z celkového počtu 38. Během druhé poloviny 20. století jejich počet postupně klesal a celosvětově jich funguje už jen 8, z toho dvě již výše zmíněné v Jižní Americe. Na těchto stanicích dále působí členové jezuitské řádu, kteří pokračují v práci svých předchůdců.⁴³

V dnešní době existuje Globální seismologická síť (GNS), sdružující 150 digitálních stanic, které jsou mezi sebou propojené a slouží k monitorování a výzkumu Země. Tato síť je provozována seismologickou laboratoří Albuquerque, jež spadá pod Geologickou službu USA. V Jižní Americe se nachází celkem 14 stanic, z toho 4 jsou v Brazílii, 3 na území Chile, 2 v Argentině a ve zbývajících státech je po jedné stanici. Výjimkou jsou státy Kolumbie, Uruguay, Guyana a Surinam, kde se nenachází žádná stanice GNS.⁴⁴

Mimo globální seismologické sítě ještě existují sítě regionální a lokální. Tyto sítě jsou obvykle spravovány národními geologickými úřady. Mezi další důležité systémy související se zemětřesnou činností patří varování před nebezpečím vln tsunami, které často vznikají jako důsledek zemětřesení. GNS v tomto ohledu spolupracuje s Národním úřadem pro oceán a atmosféru (NOAA), Japonskou meteorologickou agenturou a australským systémem varování před tsunami.⁴⁵

V Jižní Americe též působí Regionální centrum pro seismologii pro Jižní Ameriku (CERESIS), tato mezinárodní organizace vznikla v roce 1966. Za vznikem CERESISu stojí peruánská vláda a výbor Organizace spojených národů UNESCO, cílem bylo podpoření studií o seizmické činnosti v daném regionu a navázání spojení zdejších seizmických stanic a institucí s mezinárodními centry pro seismologii. Sídlo této organizace je v Limě a dnes má již 11 členů nejen z Jižní Ameriky. Podmínkou vstupu do organizace je zájem o seismologii jihoamerického kontinentu.⁴⁶

Dnešní pozorovací stanice jsou vybaveny seismografy, které jsou schopny zachytit seizmické signály vyvolané zemětřesením, sesuvy půdy či lidskou činností, jako jsou třeba výbuchy. Moderní seismograf se skládá ze seismometru na elektronickém

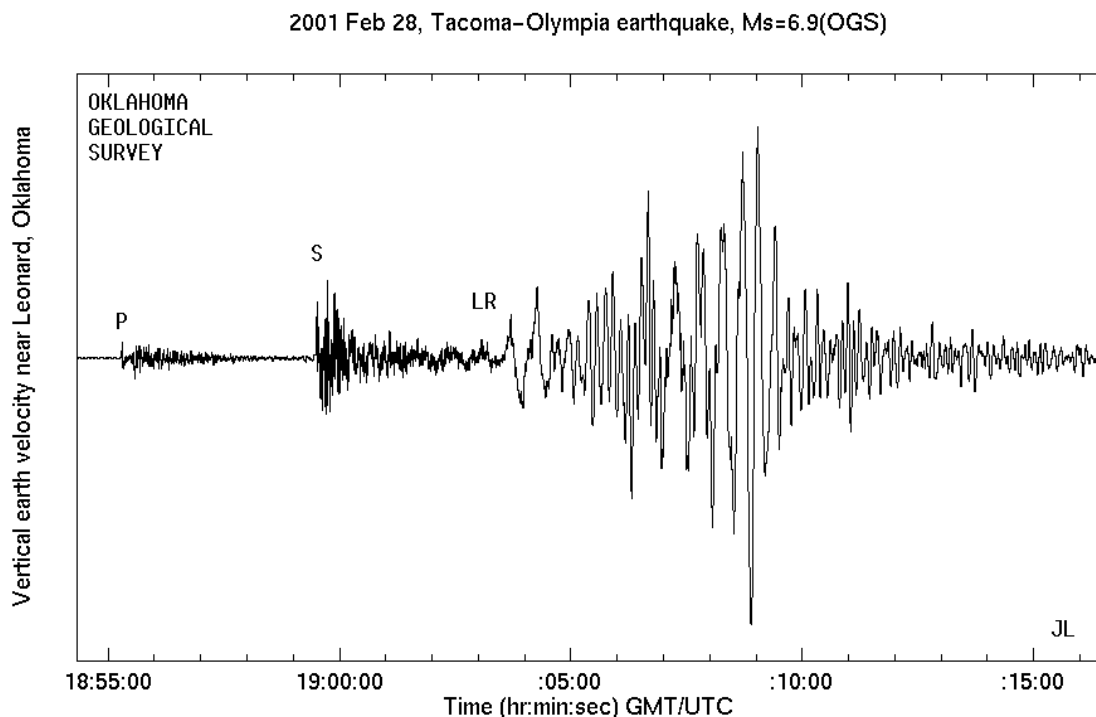
⁴³ UDÍAS, A., STAUDER, W., 1997, [online]

⁴⁴ Global Seismographic Network. *USGS* [online]

⁴⁵ Global Seismographic Network. *IRIS* [online]

⁴⁶ ¿Qué es CERESIS?. *CERESIS* [online]

základu a z analogového nebo digitálního záznamového zařízení. Samotný zapsaný výstup ze seismografu se nazývá seismogram, buď je to vytisknutá souvislá stopa na papíru (viz obrázek č. 4) nebo digitální záznam v podobě číselných kódů.⁴⁷



Obrázek č. 10: Příklad záznamu z analogového seismografu

Zdroj: Zemětřesení. *Přírodní katastrofy a enviromentální hazardy: multimediální výukové příručka* [online]. 2006 [cit. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.sci.muni.cz/~herber/quake.htm>

6.1 Seizmické stanice a monitoring zemětřesení v Chile

Území Chile patří k místům, která jsou nejčastěji postihována zemětřesnou činností a současně tou nejsilnější. Právě proto zde bylo velmi důležité vybudování kvalitní sítě, jež by monitorovala zemětřesnou činnost a pomohla tak k rychlejší reakcím na případné katastrofy. Sice se zde nachází jedna stanice GNS, ale pro přesné pozorování je to málo.

První zemětřesení, které bylo zaznamenáno přístroji, se odehrálo 2. dubna 1851. Změření těchto otřesů bylo spíše dílem náhody, než nějakého záměru, neboť bylo zaznamenáno americkou astronomickou expedicí během přesunu do Santiaga de Chile. Impulzem k založení vlastní Národní seismologické služby bylo velké zemětřesení, které roku 1906 zpusťořilo měřto Valparaiso a přilehlé okolí. Chilská

⁴⁷ Seismometry. In: *Geofyzikální úřtav* [online]

Národní seismologická služba v čele s francouzským vědcem Donem Ferdinandem de Ballore Montessus vznikla k 1. květnu 1908 a již v tomto roce započala s realizací vlastních seismologických stanic. Během 15 let vzniklo 34 seismologických stanic a Chile se tak stalo zemí s nejmodernějším monitorovacím systémem. Ovšem po smrti Montessuse byl systém využíván je pro sběr dat a nadále nebyl obnovován.

O oživení stávajícího systému se mezi lety 1941 a 1958 zasloužil ředitel Seismologické služby Frederick Greve, který nahradil zastaralé seismografy novými. Během 70. a 80. let byla v centrální části Chile vybudována nová seizmická síť, která byla analogově propojená. Tato síť byla postupně rozšiřována směrem na jih země. Rozšíření do dalších chilských regionů a modernizace seizmických stanic započala na konci 90. let minulého století.⁴⁸

S vývojem moderních digitálních technologií bylo nutné celý systém postupně obnovit. V roce 2010 se chilská vláda proto rozhodla investovat 18 milionů amerických dolarů do dalšího rozšíření sítě seismologických stanic. Jak vysvětloval seismolog z chilské univerzity Sergio Barrientos, k dispozici bude 65 nových moderních stanic schopných měřit nejen vibrace, ale i rychlost pohybu Země. Všechny tyto stanice budou digitální.⁴⁹

V současné době se v Chile nachází přibližně 170 seismologických stanic, avšak ne všechny jsou v provozu.⁵⁰ Jednotlivé stanice patří do různých seizmických sítí, a proto mají i různé provozovatele. Příkladem mohou být 3 stanice Globální seizmické sítě, 20 stanic spadajících pod Evropsko-Jihoamerickou síť institucí a vědeckých organizací IPOC (Integrated Plate boundary Observatory Chile).

Organizace IPOC se v Chile věnuje studiu zemětřesení a deformací na rozhraní tektonických desek. Hraniční zóna mezi deskou Nazca a deskou Jihoamerickou v oblasti vyvolává sopečnou a zemětřesnou činnosti, některá zemětřesení až o velikosti magnituda 9 a více. Observatoře pozorují oblast od peruánsko-chilské hranice až po město Antofagasta a mezi pobřežím a vrcholy And, k tomu slouží 20 seismologických stanic, některé i ve výšce nad 4 000 m nad mořem (viz příloha č. 2). Cílem této

⁴⁸ Universidad de Chile - Depto. de Geofísica: Servicio Sismológico [online].

⁴⁹ Chile to install network of seismic stations. *The Geospatial Resource Portal* [online]

⁵⁰ International Registry of Seismograph Stations. *ISC* [online].

organizace je lepší porozumění fyzikálním procesům zemětřesení, zlepšení posouzení nebezpečí a vývoj přístrojů, které by sloužily pro předpověď zemětřesení.⁵¹

Po výbuchu sopky Chaiten v roce 2008 se opět vynořila otázka monitoringu sopečné a zemětřesné činnosti. Současně se objevily problémy týkající se financí, personálního obsazení a špatné koordinace příslušných úřadů. Proto chilská prezidentka Michelle Bacheletová podepsala dekret stanovující Stálý koordinační systém pro sledování seizmických a sopečných procesů. Dle jejích slov to má pomoci posílit instituce v oblasti řízení přírodních rizik a zlepšit šíření informací o dané problematice.⁵²

Pro státy jako je Chile, je důležitá nejen národní seizmologická síť, ale především sítě nadnárodní. Protože jihoamerické státy se zatím nedají počítat mezi nejvyspělejší regiony světa a stále zde hrozí riziko, že politické zájmy jednotlivců převáží zájmy obyčejného obyvatelstva. Nejen Chile bylo pod nadvládou svého diktátora Pinocheta, který se zajímal o jiné věci než problematiku modernizace stávajících observatoří. V podobné situaci se dnes nachází Venezuela, v jejímž čele stojí Hugo Chávez.

6.2 Monitoring seizmické činnosti v Peru

Z pohledu seizmické aktivity je na tom Peru velmi podobně jako Chile. Proto i zde bylo nutné vybudovat dostatečnou monitorovací síť, která by mohla lépe pochopit a prostudovat problematiku tohoto přírodního hazardu.

Geofyzikální ústav Peru, jež má na starosti nejen seizmickou a sopečnou činnost, ale i změny klimatu, počasí a jev El Niño vznikl už v roce 1920. Tento ústav ve své historii zažil dobu rozvoje i úpadku, nejhorším obdobím byla národní krize v 80. letech minulého století, kdy byla zničena observatoř v Huancayu. Současně se z finančních důvodů dramaticky snížil počet zaměstnanců ústavu. Situace se zlepšila během dalšího desetiletí, kdy byla rozšířena seizmická síť a obnoveno stávající vybavení ústavu. Podobně probíhal vývoj i po roce 2000, zintenzivnil se výzkum sopečné a zemětřesné aktivity, který měl osvětlit oblasti seizmického klidu a cykly zemětřesení.

⁵¹ *IPOC: Integrated Plate boundary Observation Chile* [online]

⁵² *Chile establishes permanent co-ordination system for seismic and volcanic monitoring* [online]

Součástí peruánského Geofyzikálního ústavu je i oddělení seizmologie, které se zabývá problematikou zemětřesení, sopek a vším co s tímto oborem souvisí. Jejich cílem je naučit se zemětřesení předpovídat, avšak to je zatím nemožné, přestože se o to vědci snaží po celém světě. Peruánští seismologové proto zkoumají potenciální rizikové oblasti a snaží se v nich o zvýšení preventivních opatření.⁵³

Podle Mezinárodního registru seismologických stanic je v Peru okolo 70 stanic, stejně jako v Chile patří různým institucím a organizacím, např. GNS, univerzitě v Los Angeles, univerzitě v Nice. Pro potřeby Národní seismologické služby slouží Národní seismická síť (mapa sítě viz příloha č. 3), skrze kterou služba sbírá data, dále je to síť satelitů sloužící pro varování před tsunami.

⁵³ IGP: Instituto Geofísico del Peru [online]

7. Analýzy důsledků zemětřesení a jejich zmírnění

Rozvinuté země, které jsou ohroženy rizikem ať už přírodního nebo umělého charakteru, mají často předem připravené plány pro krizové situace a dostatečné peněžní fondy na zvládnutí katastrofy. Mnohem horší situace je v regionech rozvojového světa či oblastech s častým výskytem rizik. Zde je nutná pomoc z vnějšku, finanční, technologická i materiální. Nejsnazším řešením by bylo opuštění rizikových oblastí, ale to je z globálního hlediska zcela nemožné.

Zemětřesení je proces, který dokáže narušit nejen zemský povrch, ale i fungování celé společnosti, státu. Velmi důležitými faktory z hlediska následků zemětřesení jsou síla otřesů, hloubka epicentra, neboť čím hloub je umístěno, tím větší je potom zasažené území, a geologická stavba regionu. Tyto již předem dané činitele nemůžeme přímo ovlivnit, pouze můžeme zmírnit jejich dopady. Avšak v případě neočekávaných situací je mnohdy mnohem důležitější zvládnutí situace, připravenost krizových plánů a rychlá reakce vlády, záchranných složek a dalších zodpovědných orgánů.

Existují univerzální opatření, která mají zmírnit následky zemětřesení a pak vlastní opatření jednotlivých vlád a států. Tyto základní pravidla uvádí např. Dana Procházková v publikaci Seizmické inženýrství na prahu třetího tisíciletí. Primární škody jsou ty přímo způsobené zemětřesením, např. poškození budov a pak jsou zde sekundární škody způsobené sesuvy, vlnami tsunami či různými epidemiemi.

K redukci primárních škod slouží zákony a normy týkající se staveb budov a technická opatření podle stupně potencionálního ohrožení v dané lokalitě, tímto oborem se zabývá Seizmické inženýrství. Základem pro stavby je vhodné podloží, případně jejich dostatečné zpevnění, aby se zabránilo sesuvům a dalším nežádoucím jevům. Úkolem statiků a architektů je výběr vhodných materiálů, konstrukcí a postupů, například velmi odolné jsou různé železné konstrukce či využití tlumičů a dalších flexibilních prvků. Problémem je, že tyto a mnohé další postupy, prostředky se využívají u nových staveb, případně budov postavených v nedávné době. Ale neplatí to v případě slumů, které vznikají živelně a obvykle i nelegálně v okolí velkých měst. Často jsou slumy budovány na nezajištěných svazích, kde hrozí sesuvy vyvolané vibracemi

půdy. Materiály využívané pro stavbu chatrčí a různých příbytků nejsou nijak odolné vůči poškození a tím se zvyšuje riziko zranění obyvatel.

Mnohým sekundárním dopadům zemětřesení se dá zabránit informovaností a připraveností obyvatel, neboť tyto dopady si ve většině případů vyžadají nejvíce obětí. Asi jako u všech situací je nejdůležitější zabránění paniky. V těchto případech pomáhají různá poplachová cvičení, kde se lidé naučí jak reagovat, rychlé reakce úřadů a využití, poplachových signálů nebo rozhlasu. V případě zemětřesení se přesunout na volné prostranství, kde nehrozí pád budovy nebo elektrického vedení. Při pobytu v budově vyhledat místo, kde bude osoba krytá před případnými pády těles, např. mezi dveřmi, pod stolem.⁵⁴

Bezprostředně po zemětřesení je povinností státu zajistit postiženým oblastem včasnou pomoc. Nutná je přítomnost zdravotnického personálu, psychologů, ale i ozbrojených složek pokud hrozí rabování, či jiná kriminální činnost. Při silných zemětřesení je často potřeba zajistit nouzové přístřeší, dostatek pitné vody i sanitárních zařízení, aby se zabránilo šíření nemocí. Jako se tomu stalo na Haiti v roce 2010, kdy bezprostředně po zemětřesení vypukla epidemie cholery.

7.1 Snižování dopadů seizmických rizik v Jižní Americe

Na území jihoamerického kontinentu bylo v poslední době realizováno mnoho projektů, jejichž cílem bylo zvýšení připravenosti obyvatelstva na katastrofy a současně zmírnění jejich dopadů. Velkou roli zde hrála organizace CERESIS, kdy část projektů byla její vlastní činností a na mnoha dalších se podílela.

V březnu 1999 Inter-American Development Bank (IDB) představila projekt Vyhodnocení seizmických rizik pro snížení nákladů. Cílem tohoto projektu byl proaktivní přístup a zabránění vzniku škod po zemětřesení. Celkový rozpočet 5 000 000 byl rozdělen mezi CERESIS, jeho členské státy, Geologickou službu USA a Globální zemětřesný model. Samotný projekt byl rozdělen do třech fází, úkolem první části bylo navrhnout model rizikových oblastí, podle kterého by se upravily stavební zákony zemí Jižní Ameriky. Ve druhé fázi šlo o integraci nových seizmických modelů do stávajících a naučit místní vědce a seismology dále rozvíjet tyto a vyhodnocovat potencionální rizika. Posledním etapou bylo začlenění ekonomických nástrojů do rizikových plánů

⁵⁴ PROCHÁZKOVÁ, 2002.

států, rozvoj a posílení místních institucí. Projekt měl nejenom zlepšit připravenost státu na případné katastrofy, ale i zvýšit povědomí obyvatelstva o seizmických rizicích.⁵⁵

Právě mezi projekty CERESISu patří realizace domů z nepálených cihel odolných vůči zemětřesení, samotný návrh domu vzešel od seizmických inženýrů během Mezinárodní dekády pro snižování přírodních katastrof 1990- 1999. Tyto domy jsou stavěny z tradičního materiálu a to hlíny usušené do bloků. Právě sušená hlína je jedním z nejstarších stavebních materiálů, který se stále používá především v rozvojových státech a seizmicky neklidných oblastech. Pověštinou se jedná o jednopodlažní domky, jejichž stěny dosahují výšky 3 metrů a šířky od 25 do 85 cm, na příkrých svazích And se tyto domy staví až třípatrové.

Výhodou těchto domů je snadná konstrukce, nízká cena a jednoduchá stavba. Nejčastěji jsou tyto domy stavěny ve venkovských oblastech, kde žije chudší populace. Problémem ale bylo časté poškození či zhroucení staveb při zemětřeseních. Pro zlepšení odolnosti vůči otřesům bylo nutné učinit několik konstrukčních změn. Nejdůležitějším krokem bylo vyztužení zdí, protože právě ty společně s rohy byly nejproblematičtějším místem stavby. Vhodným řešením se ukázalo svázání zdí k sobě obvodovým pásem ze dřeva či betonového prstence. Také je důležité vyztužení samotných zdí pomocí pletiva nebo i bambusu či rákosu, tyto materiály jsou pevné, ale přesto pružné, díky čemuž reagují na pohyby podloží.⁵⁶

Zprvu se jednalo pouze o 20 domů v několika peruánských městech, které byly postaveny roku 1998, později se tento typ vyztužených budov rozšířil i do ostatních zemí Jižní Ameriky. Prvním skutečně velkým testem bylo zemětřesení z 23. června 2001 o velikosti 8,4 magnituda, vyztužené domy neutrpěly žádnou škodu, zatímco původní domy ze sušených cihel se zřítily, případně utrpěly vážné škody.⁵⁷ V současné době tento projekt CERESISu probíhá v 5 andských státech (v Peru, Chile, Bolívii, Ekvádoru a Venezuele).

⁵⁵ Seismic Risk Assessment for Loss Reduction in South America. In: *Inter-American Development Bank* [online]

⁵⁶ Adobe Construction in *World Housing Encyclopedia: an EEERI and IAEE project* [online]

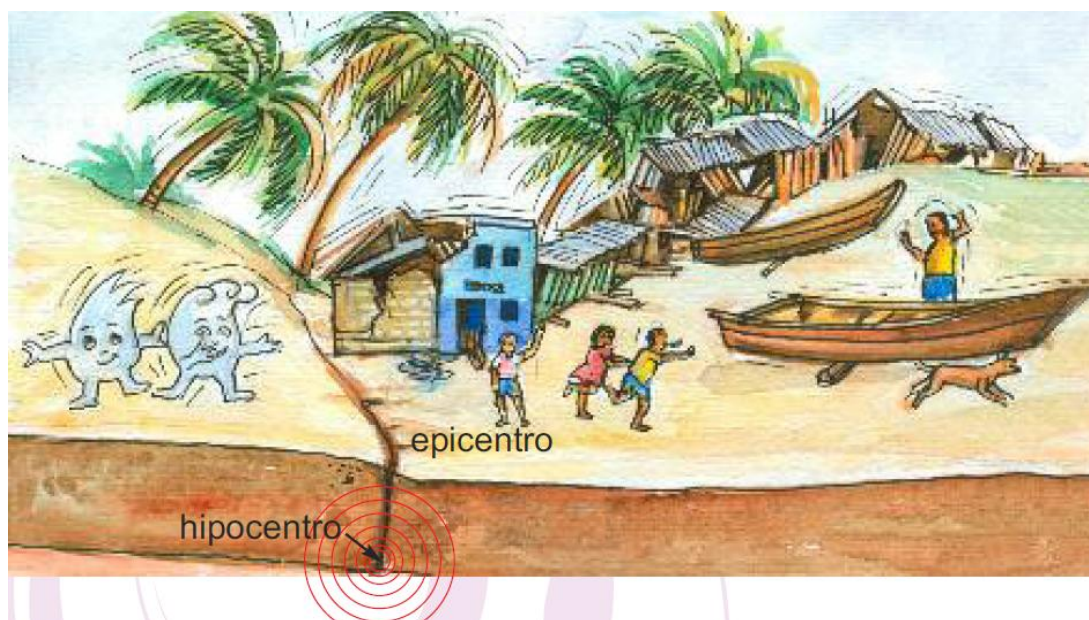
⁵⁷ Peru. *World Housing Encyclopedia: an EEERI and IAEE project* [online]

7.2 Výchova na školách o přírodních hazardech

Základním kamenem prevence je dnes výchova ve školách. V andských státech se s výchovou ohledně dopadů zemětřesení, vln tsunami a jiných hazardů začíná už v útlém věku. Důležitým partnerem pro výše zmíněné státy zde je fond OSN UNESCO, který pomáhá s vytvářením vzdělávacích plánů i učebnic.

Pro výuku na základních školách ve všech andských státech existuje učebnice ve španělštině *Fenómenos Naturales en la Tierra, Sismos y Tsunamis* (Přírodní jevy na Zemi, zemětřesení a tsunami). Tato knížka je zaměřena na děti ve druhých až čtvrtých třídách. Učebnice byla vydána ve spolupráci fondu OSN, Hydrografické a oceánografické služby chilského námořnictva a Mezinárodního informačního centra pro tsunami.

Barevná informace zprostředkovává dětem hravou formou základní informace o planetě Zemi. Problematiku dětem představují dvě kreslené postavičky Oli a Olita, které jsou přítomny v celé knize. Děti se pomocí obrázků, jednoduchých pokusů a simulačních her učí problematice zemětřesné činnosti a vln tsunami (obrázek č. XX). Učí se přiměřeně svému věku reagovat na krizové situace, kam se schovat během zemětřesení, jak vysoko utéct před vlnou tsunami a rozeznat jednotlivé piktoqramy, označující bezpečnou zónu (viz příloha č. 4).



Obrázek č. 11: Obrázek zemětřesení z učebnice *Fenómenos Naturales en la Tierra, Sismos y Tsunamis*

Zdroj: *FENOMÉENOS NATURÁLES EN LA TIERRA, Sismos y Tsunamis: Libro para estudiantes de 2º a 4º años de Educación Básica* [online]. Quito: Ecelprint, 2010, s. 25 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001905/190580s.pdf>

K učebnici ještě patří příručka pro učitele, doplněná informacemi, co by měli žáci zvládnout v jednotlivých třídách. Jsou zde ještě další úlohy a úkoly k procvičení, které mají ověřit, co vše si děti zapamatovaly.

Pro děti pátých až sedmých tříd je určen druhý díl učebnice *Fenómenos Naturáles en la Tierra, Sismos y Tsunamis*, který je opět ve španělštině. Druhý díl prohlubuje znalosti získané z předchozí knížky, více se již zabývá složením a stavbou Země, vysvětluje příčiny seizmické aktivity. Současně si žáci zopakují, co dělat při zemětřesení, tsunami, neboť opakování nácviku krizových situací jim pomůže zvládnout skutečné nebezpečí. Na konci knížky je shrnutí a zopakování odborné terminologie, která se týká problematiky tektoniky, seismicity a vulkanismů. Opět zde je příručka pro učitele s úlohami a praktickými úkoly pro žáky.

Pro školy v Chile jsou určeny učebnice *Zemětřesení a tsunami* v anglickém (*Earthquakes and Tsunamis*) nebo španělském jazyce, které jsou rozděleny do čtyř úrovní a to: předškolní děti, první stupeň základní školy, druhý stupeň a střední školy. Toto rozdělení platí pro chilský školní systém. Všechny tyto učebnice mají průvodní příručku pro učitele, která by mu měla usnadnit práci. Na vydání těchto učebnic se pod vedením chilského experta Huga Gorziglia podílela Hydrografická a oceánografická služba chilského námořnictva, Mezinárodní centrum informací pro tsunami a Mezivládní oceánografická skupina.⁵⁸

Knihy pro předškolní děti a základní školy jsou obsahem i barevným provedením srovnatelné s výše zmíněnými publikacemi *Fenómenos Naturáles en la Tierra*. Novinkou je zde publikace určená pro žáky středních škol, kde je již méně obrazového materiálu. První dvě kapitoly jsou zaměřené na planetu Zemi, popisují složení země, seizmické vlny, tektonické desky a jejich pohyby. Na konci každé kapitoly je stručné shrnutí, několik otázek k zamýšlení a především test, na kterém si studenti zopakují nově nabyté informace. V dalších dvou kapitolách se studenti seznámí s obecnou problematikou a popisem zemětřesení, sopečné činnosti a vln tsunami. U vln tsunami jsou informace i o varovných systémech a ochraně před jejími účinky.

⁵⁸ Earthquake and Tsunami Textbooks and Teacher Guides, pre-Kindergarten - Grade 12 (Chile SHOA, ITIC). *International Tsunami Center* [online]

Celá pátá kapitola je věnována jednotlivým oblastem Chile, které jsou podrobně popisovány a hodnoceny z hlediska seismicity. Poslední šestá kapitola obsahuje rady a pravidla, jak se zachovat v případě zemětřesení a tsunami, kapitola je rozčleněna do tří podkapitol a to, co dělat před, během a po zemětřesení.

Být připraven na zemětřesení znamená znát bezpečná místa v domě (pod stolem, mezi zárubněmi dveří), vědět kde je uzávěr plynu, zabezpečit těžké předměty před pádem nebo zajistit vysoký a nestabilní nábytek. Také je důležité mít doma připravené zásoby vody, trvanlivých potravin, zdroj světla i s náhradními bateriemi a potřebná léčiva. Nejdůležitějším pravidlem během zemětřesení je nepodléhat panice a pokusit se uklidnit i ostatní, neboť pokud zachováme chladnou hlavu, tím spíše se vyhneme zbytečným zraněním. Většina pravidel je logická, avšak lidé na ně ve stresu mohou zapomenout: nepoužívat výtah, otevřený prostor je bezpečnější než pobyt v blízkosti budov, vypnout elektřinu a hlavní přívod plynu, neb zde hrozí nebezpečí požárů či výbuchu. Po zemětřesení je důležité ošetřit zraněné, nepřekážet záchranným sborům, zkontrolovat zda dům zůstal neporušen a především poslouchat například rádio, kvůli informacím a pokynům.

Cíl této školní výchovy je jasný, čím více a lépe budou lidé připraveni na podobnou katastrofu, tím spíše budou umět reagovat správně a i sami dokážou zabránit mnohým škodám, zraněním a ztrátám na životech. Výhodou této výchovy na školách je i to, že pokud se děti naučí správně chovat v případě zemětřesení, tak se jim tyto reakce zautomatizují. Je to i mnohem efektivnější, než pokud stát do každého domu doručí pouze příručku jak se chovat v případě katastrofy, neboť zde není jisté, zda si ji lidé přečtou a hlavně, že si budou správně pamatovat, co mají dělat.

8. Závěr

Celý kontinent Jižní Amerika a především andské státy leží v seizmicky velmi neklidné oblasti a je proto zřetelné, že zemětřesení se zde budou vyskytovat i v budoucnosti. Proto tamní obyvatelé musí ve svém životě s tímto rizikem počítat a být na něj připraveni. V posledních několika letech je vidět podstatné zlepšení v připravenosti států i obyvatel.

Cílem této práce bylo zmapování jak historického, tak současného výskytu silných a ničivých zemětřesení. Z analýzy uvedených zemětřesení vyplývá, že počet obětí zemětřesení i jejich následků v posledních desetiletí klesá, avšak tomu přímo úměrně stoupají ekonomické škody a hlavně náklady vyložené na zmírnění těchto katastrof.

Velmi často zemětřesná aktivita zasahuje stále stejné regiony, proto je velmi důležité zde vybudovat funkční seismologické stanice. Výsledky z těchto stanic se zpracovávají například do map vyznačujících rizikové oblasti, z toho plynou následující stavební omezení nebo přísnější stavební zákony. Na pozorovací stanice navazují i varovné systémy před vlnou tsunami, která společně se sesuvy půdy tvoří velmi nebezpečné důsledky zemětřesení, jež si často vyžádají nejvíce obětí. Sesuv půdy často zasáhne celou vesnici, jako se tomu stalo při zemětřesení v Chile v roce 1970, kde jen v městě Yungay zahynulo tisíce lidí. Nebezpečí vlny tsunami spočívá v jejím rychlém vzniku a schopnosti šířit se přes celou oblast Pacifiku až k pobřeží Nového Zélandu, Austrálie či Japonska.

Většina projektů, jež mají zmírnit dopady rizik a připravit na ně obyvatelstvo, je financována ze zdrojů mezinárodních organizací. Neboť státy jako Chile, Peru a Ekvádor se stále řadí mezi chudé rozvojové státy, které jsou v některých ohledech závislé na mezinárodní pomoci. Z fondů OSN či EU jsou financovány nové seismologické stanice, učebnice pro školáky i výzkumy odolnosti staveb v Jižní Americe. Podobně je to i s humanitární pomocí, kdy státy samy nedokážou zvládnout situaci a žádají okolní státy o pomoc.

Technická řešení jsou často velmi jednoduchá, jak je vidět na příkladu domu z nepálených cihel, ale jejich vývoj a výzkum je časově i finančně náročný. Proto je důležitá spolupráce a sdílení informací mezi vědci po celém světě, kteří tak mohou pomoci zachránit lidské životy a majetek. Do budoucna se také určitě pozitivně projeví

vzdělávání dětí v problematice preventivních opatření v případě zemětřesení a často následně vzniklé vlně tsunami. Myslím si, že náklady vynaložené na prevenci a snížení dopadů přírodních hazardů pomohou omezit finanční částku, která by byla použita v lokalitě zasažené zemětřesením.

Použité zdroje

Tištěné zdroje

BRÁZDIL, Rudolf. *Úvod do studia planety Země*. 1. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1988, s. 138.

MORRIS, Neil. *Zemětřesení*. Vydání první. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-935-6

FRAŇO, Jozef. *Katastrofy*. Vydanie prvé. Bratislava: Mladé letá, 1970.

POLLARD, Michael. *100 největších katastrof*. Praha: Columbus, 1998. ISBN 80-85928-70-1.

PROCHÁZKOVÁ, Dana. *Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí*. Praha: Státní nakladatelství, 2002. ISBN 80-238-8661-4.

Země: poznáváme naši planetu. 1. vyd. Praha: Fortuna Print, 2003, 128 s. Cesty za poznáním (Fortuna Print). ISBN 80-732-1078-9.

Elektronické zdroje

Adobe Construction. *World Housing Encyclopedia: an EEERI and IAEE project* [online]. 2005 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Blondet.pdf

ADRA pomáhá obětem zemětřesení v Peru. *Církev adventistů sedmého dne* [online]. 2006 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.casd.cz/print.php?ID=271>

Aid in aciton - Peru. *European Commission* [online]. 1999 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/echo/aid/central_south_america/peru_en.htm

ČČK - humanitární pomoc do zahraničí. *Český červený kříž* [online]. 1999 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.cervenyriz.eu/cz/zahrpomoci.aspx>

ČIŽP: Guardian: Ropuchy poznají příchod zemětřesení. *Česká inspekce životního prostředí* [online]. 2004 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://www.cizp.cz/2590_Guardian-Ropuchy-poznaji-prichod-zemetreseni

DHH- Operations Database Details/Information. *National Defence and the Canadian Forces* [online]. 2008 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.cmp-cpm.forces.gc.ca/dhh-dhp/od-bdo/di-ri-eng.asp?IntlOpId=226&CdnOpId=268>

Earth and Space Sciences. *Chilean Tsunami* [online]. 2011 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.ess.washington.edu/tsunami/general/historic/chilean60.html>

EARTHQUAKES AND TSUNAMIS: HIGH SCHOOL TEXTBOOK [online]. 1996 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: http://www.pdc.org/TAK/Educators/Teacher_Guides/Student/HighSchool.pdf

Earthquake and Tsunami Textbooks and Teacher Guides, pre-Kindergarten - Grade 12 (Chile SHOA, ITIC). *International Tsunami Center* [online]. 2001 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1155&Itemid=1152&lang=en

Earthquake Report. *U. S. Geological Survey* [online]. 2004 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2001/eq_010623/
Expedice. *Expedice Peru 1970* [online]. 2009-2011 [cit. 2012-02-12]. Dostupné z: <http://www.peru1970.cz/expedice.html>

EU humanitarian aid to Peru. *EUROPA: European Union* [online]. 2001 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://www.eu-un.europa.eu/articles/en/article_92_en.htm

EU pomáhá zemětřesením postiženému Chile. In: *EUROPA: Evropská unie* [online]. 17/03/2010 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/news/external_relations/100317_cs.htm

FENOMÉNOS NATURÁLES EN LA TIERRA, Sismos y Tsunamis: Libro para estudiantes de 2º a 4º años de Educación Básica [online]. Quito: Excelprint, 2010 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001905/190580s.pdf>

FENÓMENOS NATURALES EN LA TIERRA, Sismos y Tsunamis: Libro para estudiantes de 5º a 7º años de Educación Básica [online]. Quito: Excelprint, 2010 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001905/190583s.pdf>

FERRO, Enrique Silgado. *Historia de los sismos mas notables ocurridos en el Perú (1513-1974)* [online]. Lima: Instituto de geologia y mineria, 1978 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Enero2005/CD1/pdf/spa/doc9644/doc9644.htm>

FŇUKAL, Miloš a Zdeněk SZCZYRBA. *Geografie Latinské Ameriky* [online]. 2009 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: http://rgla.upol.cz/soubory/pdf/2_geologie.pdf

FRANTOVÁ, Tereza. Někteří Chilané již týden čekají na humanitární pomoc. *MEDIAFAX.CZ* [online]. 2010 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.mediafax.cz/zahranici/3005235-Nekteri-Chilane-jiz-tyden-cekaji-na-humanitarni-pomoc>

Global Seismographic Network. *IRIS: Incorporated Research Institution for Seismology* [online]. 2010 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.iris.edu/hq/programs/gsn>

Global Seismographic Network. *U. S. Geological Survey* [online]. 1999 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/monitoring/gsn/>

Historic World Earthquakes. *U.S. Geological Survey* [online]. [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/historical_country.php

HRADILOVÁ, Eva a Ivan OREL. Silné zemětřesení zasáhlo Peru, přes 100 zraněných. *MEDIAFAX.CZ* [online]. 2012 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.mediafax.cz/zahranici/4000441-Silne-zemetreseni-zasahlo-Peru-pres-100-zranenych>

Chilean Quake May Have Shortened Earth Days. *NASA* [online]. 1999 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/earth-20100301.html>

Chile establishes permanent co-ordination system for seismic and volcanic monitoring. *The Volcanism Blog* [online]. 2008 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://volcanism.wordpress.com/2009/02/04/chile-establishes-permanent-co-ordination-system-for-seismic-and-volcanic-monitoring/>

Chile to install network of seismic stations. *The Geospatial Resource Portal* [online]. 2000 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://www.geospatialworld.net/index.php?option=com_content&view=article&id=18119%3Achile-to-install-network-of-seismic-stations&catid=53%3Aapplication-natural-hazard-management&Itemid=1

IGP: Instituto Geofísico del Peru. *IGP* [online]. [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.igp.gob.pe/index.html>

International Registry of Seismograph Stations. *International Seismological Centre* [online]. 2000 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.isc.ac.uk/cgi-bin/stations?listr=Chile:South+America>

IPOC: Integrated Plate boundary Observation Chile [online]. [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.ipoc-network.org/>

LANDER, James F. a Patricia A. LOCKRIDGE. *United States tsunamis: 1690-1988* [online]. Boulder, Colorado: U.S. Department of Commerce, 1989 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/data/publications/pub41-2.pdf>

Magnitude 8.0 - NEAR THE COAST OF CENTRAL PERU. *U. S. Geological survey* [online]. 1999 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2007/us2007gbcv/#summary>

Magnitude 8.8 - OFFSHORE BIO-BIO, CHILE. *U. S. Geological Survey* [online]. 2012 [cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2010/us2010tfan/#summary>

Ministerstvo zahraničních věcí schválilo uvolnění prostředků na pomoc Řecku a Peru. *Vláda České republiky* [online]. 2007[cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.vlada.cz/scripts/detail.php?id=24592>

MONASTERSKY, Richard. Great quake in Bolivia rings Earth's bell - June 8, 1994 earthquake's depth has far-reaching impact for seismological research. In: *Resource Library* [online]. 1994 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: http://findarticles.com/p/articles/mi_m1200/is_n25_v145/ai_15533200/?tag=content;col1

PARSHALL. El Gran Terremoto de Valdivia, 1960 (Updated). *The Keepapitchinin* [online]. 2009[cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://www.keepapitchinin.org/2009/04/06/mormon-missionaries-and-el-gran-terremoto-de-valdivia-1960/>

Peru: UN seeks \$37 million to assist earthquake victims. *UN News Center* [online]. 2007[cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=23613&Cr=Peru&Cr1=quake>

Peru. *World Housing Encyclopedia: an EEERI and IAEE project* [online]. 1999 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.world-housing.net/category/south-america/peru>

¿Qué es CERESIS?. *CERESIS: Centro Regional de Sismología para América del Sur* [online]. 1999 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.ceresis.org/portal/ceresis.php>

Richterova stupnice. *ConVERTER- převody fyzikálních jednotek* [online]. 2002 [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/richterova-stupnice.htm#magnitudo>

Seismic Risk Assessment for Loss Reduction in South America. In: *Inter-American Development Bank* [online]. 2009 [cit. 2012-04-14]. Dostupné z: <http://sicarius.wr.usgs.gov/IDB/>

Seismometry. In: *Geofyzikální ústav* [online]. 2005 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.ig.cas.cz/userdata/files/popular/Seismometry.pdf>

Significant Earthquake and News Headlines Archive. *U.S. Geological Survey* [online]. [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/>

SPENCE, William, Stuart A. SIPKIN a George L. CHOY. Determining the Depth of an Earthquake. In: *U.S. Geological Survey: Earthquake Hazards Program* [online]. October 27, 2009 [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/seismology/determining_depth.php

The June 23, 2001, Peruvian Tsunami. *USC Tsunami Research Center* [online]. 1996 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.usc.edu/dept/tsunamis/peru01/>

UDÍAS, Augustin a William STAUDER. The Jesuit Contribution to Seismology. *Seismological Research Letters*. 1997, vol. 67, No. 3, s. 10-15. Dostupné z: http://www.seismosoc.org/inside/eastern-section/ES_Jesuits.php

Universidad de Chile - Depto. de Geofísica: Servicio Sismológico. *Universidad de Chile* [online]. 1994 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://ssn.dgf.uchile.cl/seismo.html>

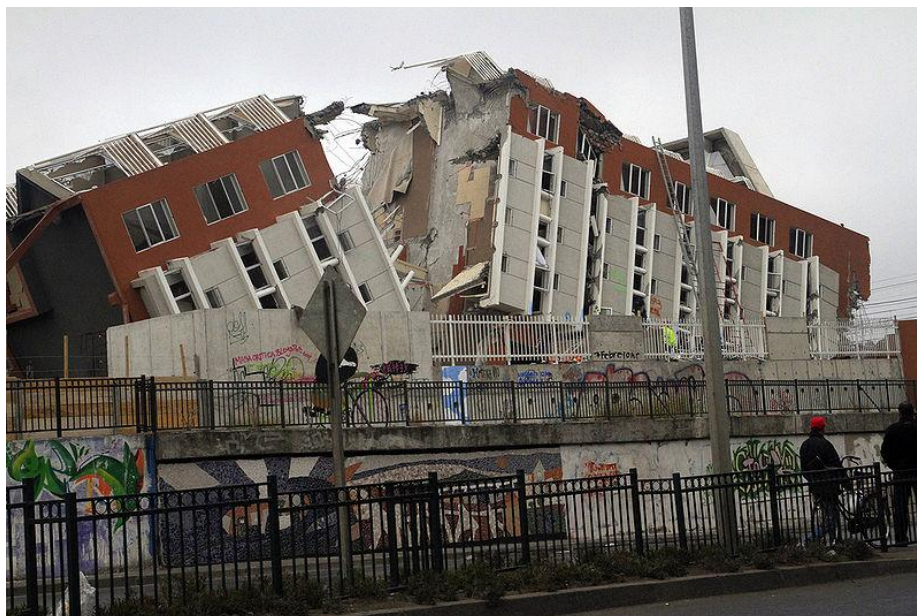
ZEMĚ- DYNAMICKÁ PLANETA. GEOFYZIKÁLNÍ ÚSTAV AVČR. *Geofyzikální ústav* [online]. 2005 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.ig.cas.cz/cz/onas/popularizace/geopark-sporilov/zeme---dynamicka-planeta/>

2001 Report: Earthquake: El Salvador, India and Peru. *Doctors Without Borders* [online]. 1999 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.doctorswithoutborders.org/publications/ar/report.cfm?id=1209>

Přílohy

Příloha 1

Obrázek č. 12: Zhroutilé budovy po zemětřesení v Chile v roce 2010



Zdroj: 2010 Chile earthquake: Building destroyed in Concepción. In: *WIKIPEDIA: The Free Encyclopedia* [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:2010_Chile_earthquake_-_Building_destroyed_in_Concepci%C3%B3n.jpg

Příloha 2

Obrázek č. 13: Seismická stanice v chilských Andách



Zdroj: PB13 - Cerro Chaquipina. In: *IPOC (Integrated Plate boundary Observatory Chile)* [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: <http://www.ipoc-network.org/index.php/observatory/seismology/broadband/80-pb13.html>

Příloha 3

Obrázek č. 14: Stanice Národní seismologické sítě Peru



Zdroj: Servicio Sismológico. In: IGP: Instituto Geofísico del Perú [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: <http://www.igp.gob.pe/igp/images/documents/sismos/estaciones/est.jpg>

Příloha 4

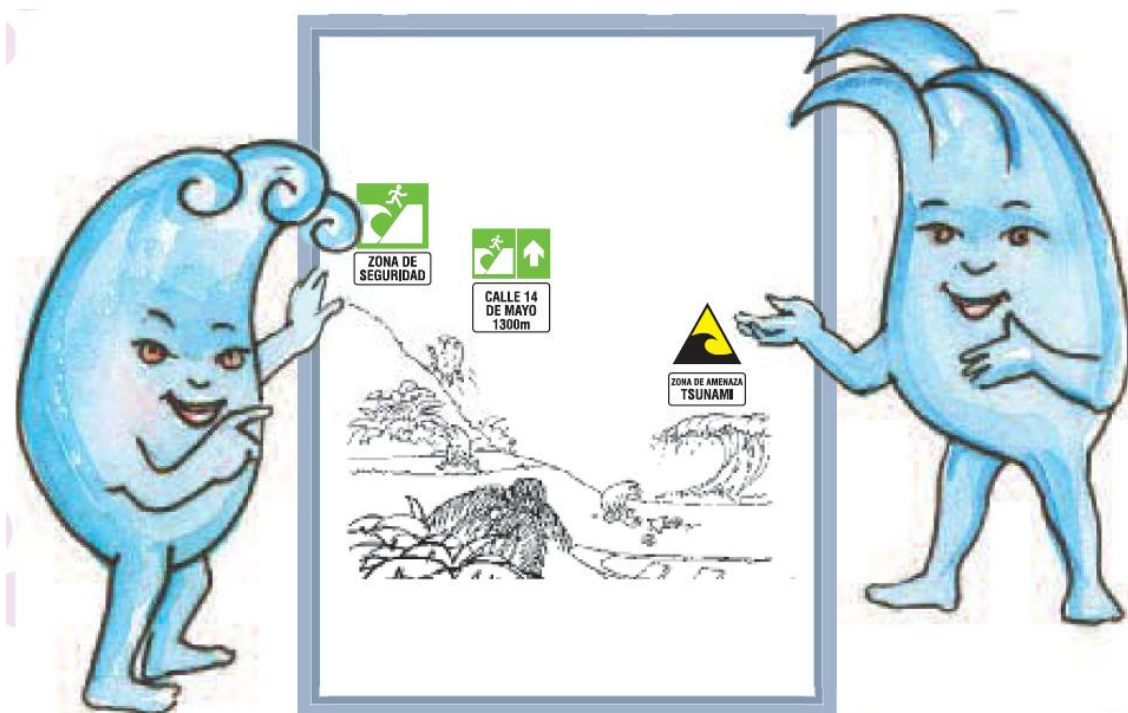
Obrázek č. 15: Vyztužený dům z nepálených cihel v Peru



Zdroj: Peru. *World Housing Encyclopedia: an EEERI and IAEE project* [online]. 1999 [cit. 2012-04-13]. Dostupné z: <http://www.world-housing.net/category/south-america/peru>

Příloha 5

Obrázek č. 16: Obrázek vysvětlující piktogramy v učebnici *Fenómenos naturales en la tierra*



Zdroj: *FENÓMENOS NATURÁLES EN LA TIERRA, Sismos y Tsunamis: Libro para estudiantes de 2º a 4º años de Educación Básica* [online]. Quito: Ecelprint, 2010, s. 47 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001905/190580s.pdf>