

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOGRAFIE

Tomáš Stodůlka

**POHYBY TEKTONICKÝCH DESEK V OBLASTI ZLOMU
SAN ANDREAS A JEJICH DŮSLEDKY**

Bakalářská práce

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

V Olomouci 2013

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. RNDr. Irena Smolová Ph.D. a veškerou použitou literaturu a zdroje jsem řádně uvedl v seznamu literatury.

V Opavě dne 10. 5. 2013

.....

podpis

Děkuji doc. RNDr. Ireně Smolové Ph.D. za cenné rady, pomoc, ochotu a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Dále děkuji své rodině a přátelům za podporu během celého studia.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2011/2012

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

Jméno a příjmení: **Tomáš STODŮLKA**
Osobní číslo: **R10098**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Regionální geografie**
Název tématu: **Pohyby tektonických desek v oblasti zlomu San Andreas a jejich důsledky**
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 charakteristika tektonické aktivity vázané na oblast zlomu San Andreas, která 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 základní komplexní fyzickogeografické charakteristice zájmového území se zvláštním zřetelem na seismickou a vulkanickou aktivitu v regionu v období posledních 5 - 10 let. Práce bude zaměřena na základní typologii tektonické aktivity a hodnocení důsledků seismické aktivity v regionu.

Celkový rozsah práce: 5000-8000 slov základního textu

Termín odevzdání: duben 2013

Rozsah grafických prací: **Podle potřeb zadání**

Rozsah pracovní zprávy: **5 000 - 8 000 slov**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Earthquake Hazards Program. USGS

Earthquake Bulletins and Catalogs at the USGS National Earthquake Information Center

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.

Turcotte, D. L., Schubert, G. (2002): Geodynamics. Cambridge University Press, Cambridge, 456 s.

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

Datum zadání bakalářské práce: **10. června 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2014**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.
děkan

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

V Olomouci dne 10. června 2012

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Cíle práce.....	8
3. Metodika práce.....	9
3.1 Rešerše.....	10
4. Komplexní charakteristika zájmového území.....	12
4.1 Fyzicko-geografická charakteristika.....	13
4.2 Socio-ekonomická charakteristika.....	18
5. Zlom San Andreas.....	21
5.1 Seismická aktivita na zlomu San Andreas a jeho nejbližším okolí.....	30
5.2 Největší zemětřesení v oblasti zlomu.....	32
5.2.1 Zemětřesení Fort Tejon (1857).....	32
5.2.2 Zemětřesení v San Francisku (1906).....	33
5.2.3 Zemětřesení Loma Prieta (1989).....	34
5.2.4 Další „Big one“.....	35
5.3 Projevy v terénu.....	36
5.4 Výzkumné projekty v oblasti zlomu San Andreas.....	37
6. Závěr.....	39
7. Summary.....	40
8. Zdroje.....	41
8.1 Literatura.....	41
8.2 Internetové zdroje.....	41

1. Úvod

Planeta Země neustále mění svou tvář. Ačkoli se nám může zdát, že celý povrch planety Země je celistvý, není tomu tak. Povrch je rozdělen na několik větších a několik menších celků, nazývajících se tektonické desky. A tyto desky se pohybují. Pomalu, ale jistě. Některé do sebe naráží, jiné se oddalují, jiné se kolem sebe posunují. Planeta zažila všelijaké uspořádání kontinentů a moří. Kdysi existoval jeden superkontinent Pangea, poté dva stále obrovské celky Gondwana a Laurásie. Pohyb pokračoval, až se kontinenty dostaly do současné podoby. Nám se zdá, že kontinenty jsou stabilní, za délku lidského života se pohnou jenom nepatrně. Co ale již registrujeme, jsou projevy těchto pohybů. Nejznámější a nejnebezpečnějšími z nich jsou zemětřesení a sopečná činnost v místech styku jednotlivých tektonických desek. Velké zemětřesení v obydlené oblasti může mít nedozírné následky. Z nedávné doby si jistě každý pamatuje silné zemětřesení v roce 2004 v jihovýchodní Asii, které následně vyvolalo vlnu tsunami, která smetla části pobřeží Thajska, Indonésie, Srí Lanky, Indie nebo Malediv. Zahynulo více než 250 000 lidí. V lednu 2010 zasáhlo velmi silné zemětřesení oblast hlavního města Haiti, Port-au-Prince, které si vyžádalo na 300 000 lidských obětí. Další notoricky známé zemětřesení se událo v březnu 2011 u pobřeží Japonska. Následná vlna tsunami si vyžádala téměř 16 000 obětí a havárii jaderné elektrárny Fukušima. [P. Nováček, 2010]

Jednou z dalších velmi aktivních oblastí bohatou na zemětřesení je oblast zlomu San Andreas. Zlom se nachází na západě Spojených států amerických, ve státě Kalifornie. Jde o velmi bohatou a hustě osídlenou oblast, ve které jsou obrovská města jako Los Angeles nebo San Francisco. Velké zemětřesení by zde mohlo mít za následek smrt tisíců, v nejhorším případě až miliónů lidí.

Právě přírodní katastrofy mě vždycky fascinovaly a rád jsem si o nich vyhledával informace a zajímavosti. To, jak mohou v mžiku zničit obrovská území a připravit o život spousty lidí. A i přes naši vyspělou techniku nejsme schopni některé katastrofy předvídat, natož jim účinně zabránit. Proto se chci se své bakalářské práci věnovat oblasti bohaté na tyto katastrofy.

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je charakteristika tektonické aktivity vázané na oblast zlomu San Andreas, která bude vycházet z rešerše dostupné české i cizojazyčné (zejména anglické) odborné 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 základní komplexní fyzickogeografické charakteristice zájmového území se zvláštním zřetelem na seismickou a vulkanickou aktivitu v regionu v období posledních 5 - 10 let. Dílčím cílem bude provedení základní typologie tektonické aktivity a hodnocení důsledků seismické aktivity v regionu.

3. Metodika práce

Hlavní použitou metodou při psaní bakalářské práce byla rešerše literatury a práce s webovými zdroji. Vedle odborné literatury (obecně geomorfologické, geologické i regionální) byly významným zdrojem dat a informací internetové články, data složky Statistického úřadu USA zabývající se sčítáním lidu (United States Census Bureau), data americké geologické služby (U. S. Geological Survey).

Pro hodnocení základních geografických poměrů regionu byly využívány zejména internetové zdroje, stěžejním pro fyzicko-geografické charakteristiky byly webové stránky Americké geologické služby (U. S. Geological Survey) a Kalifornské geologické služby (California Geological Survey). Zdrojem dat pro základní socioekonomickou charakteristiku zájmového území bylo poslední sčítání lidu, které proběhlo v roce 2010 (U. S. Census)¹.

Z databáze zemětřesení na stránkách USGS byly získané údaje o nedávných zemětřeseních. Databáze poskytuje údaje o síle, času otřesů, poloze epicentra a hloubce hypocentra. K dispozici je rovněž mapa epicenter.

Při zpracování práce bylo využíváno programu společnosti ESRI ArcGIS 10, programu Google Earth, mapového portálu Google Maps.

Díky velkému množství anglicky psaných zdrojů nebyla značná část délkových měr udávána v metrickém systému. Pro převod hodnot na metrický systém bylo využito následujících vzorců: 1 palec (in) = 0,025 m; 1 stopa (ft.) = 0,3048 m; 1 míle (mi.) = 1609,4 m.

¹ Sčítání probíhá každých deset let, první se uskutečnilo v roce 1790.

3.1 Rešerše

Při zpracování bakalářské práce byly využity i základní učebnice geomorfologie, např. práce J. Demka (1987) *Obecná geomorfologie*, Z. Kukala (1982) *Přírodní katastrofy*, M. Beazley (1995) *Anatomie Země*, A. Strahler (2011) *Introducing Physical Geography*, P. Jakeše (1987) *Planeta Země* či R. Brázdila (1988) *Úvod do studia planety Země*.

Hlavním zdrojem informací pro část práce zabývající se samotným zlomem byla odborná kniha *The San Andreas fault system, California*. Tato kniha byla vydaná Americkou geologickou službou (U. S. Geological Survey) v roce 1990. Editorem knihy je Robert E. Wallace. Dalším zdrojem informací a dat o zemětřeseních byly internetové stránky Americké geologické služby (dostupné na adrese: www.usgs.gov). Tyto stránky poskytují data (čas, polohu epicentra, magnitudo zemětřesení, hloubku hypocentra) o všech zachycených zemětřeseních včetně map. Důležité byly rovněž stránky Kalifornského oddělení pro ochranu (State of California Department of Conservation, dostupné na www.conservation.ca.gov). Kromě těchto tří základních zdrojů bylo využito také internetových článků. Například článek Davida K. Lynche *The San Andreas Fault* na webu geology.com, článek *California Earthquake Map Collection* tamtéž. Dalším je článek *San Andreas Fault*, jejímž autorem je Joe Zentner ze stránek www.desertusa.com. Spousta článků pochází ze stránek sanandreasfault.org. Autorem článků a provozovatelem stránek je David. K. Lynch. Další články pochází ze stránek Americké geologické služby (USGS). Většina použitých zdrojů byla psaná v anglickém jazyce.

Výzkum zlomu San Andreas odstartovalo velké zemětřesení v San Franciscu v roce 1906. Hlavní postavou v počátcích výzkumu byl Andrew Cowper Lawson (1861-1952).² V roce 1895 objevil pozoruhodně rovnou hranici mezi granitem a sedimenty táhnoucí se podél dlouhého údolí. Uvědomil si, že se jedná o zlom, kde se granit a sedimenty podél sebe posunují a pojmenoval ho San Andreas. Po zemětřesení v roce

² Narodil se ve Skotsku, vyrůstal ovšem v Kanadě. V roce 1883 dokončil studium na univerzitě v Torontu, doktorát získal v roce 1888 na univerzitě Johns Hopkins v Baltimoru. V roce 1890 se přestěhoval do Kalifornie, kde získal práci na Kalifornské univerzitě v Berkeley (University of California, Berkeley). Profesorem se stal v roce 1889, emeritním profesorem v roce 1926. Na univerzitě působil až do své smrti v roce 1952.

1906 byl členem komise vyšetřující jeho příčiny. V předběžné zprávě publikoval, že zemětřesení bylo způsobeno pohybem podél téměř 320 km dlouhého zlomu, který obsahuje část, kterou sám objevil v roce 1895. O rok později vydal rozsáhlou zprávu, detailně popisující pohyby podél zlomu, včetně stovek fotografií a map. Lawson byl členem mnoha vědeckých spolků. Jedna zajímavost: Lawsonova první žena pocházela z Brna. {29}

Dalším z řady významných vědců zabývajících se zlomem byl Robert E. Wallace (1916-2007).³ Zabýval se studiem zlomu San Andreas v jeho jižní i střední části, vydal několik významných prací o zlomu. Zdokumentoval posun koryta říčky Wallace Creek podél zlomu, která byla pojmenována na jeho počest. Byl také hlavním vědcem v USGS. Za svůj život vydal na 160 odborných článků, knih a zpráv o zemětřeseních, tektonice, paleoseismologii a dalších. {30}

Ze současných vědců se zlomem intenzivně zabývá profesor Yuri Fialko.⁴ Zabývá se vulkanismem, fyzikou zemětřesení, mechanikou zlomů nebo deformacemi hornin. Vydal několik zpráv a článků týkajících se zlomu. Pravděpodobně nejdůležitější z nich je z roku 2006. Ve své studii uvádí, že zlom postihne velké zemětřesení (velikost 7 M a více). Dále uvádí, že riziko velkého zemětřesení je větší v jižní části zlomu, než v centrální a severní části zlomu. {7}

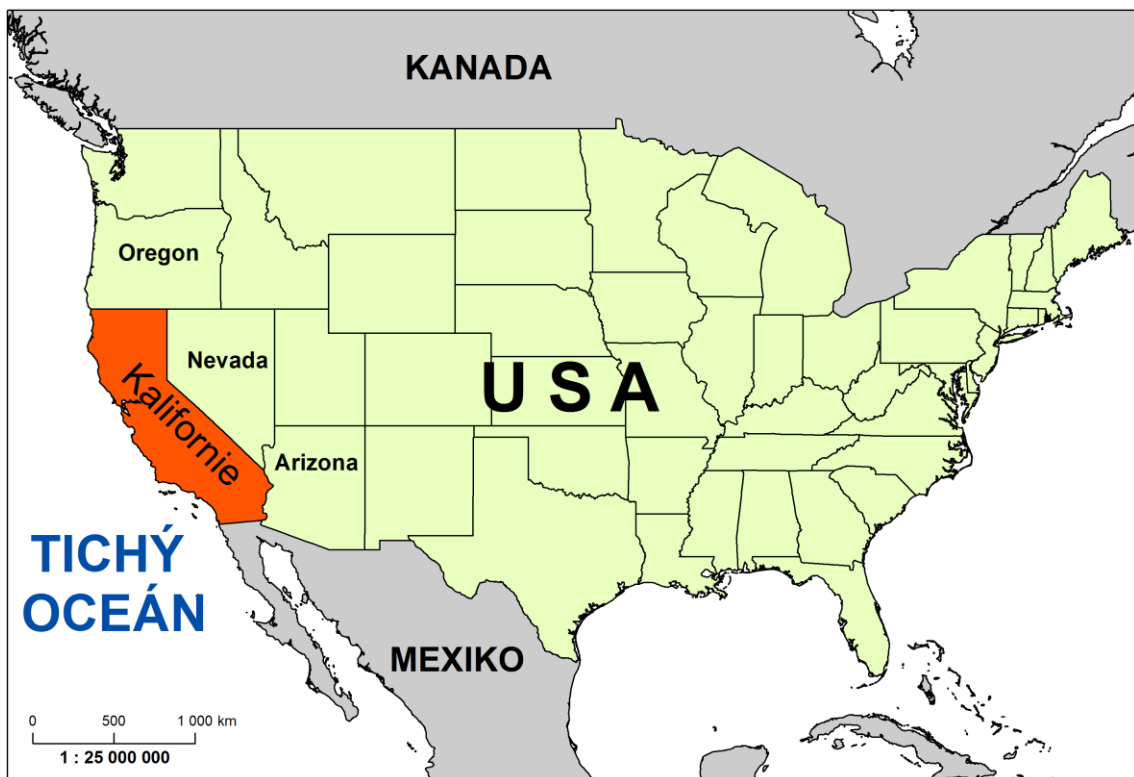
Dobrym zdrojem inspirace byly dvě bakalářské práce s podobným tématem. Obě jsou z roku 2007, psané na Katedře geografie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. První z nich je práce Františka Ježka - *Charakteristika a důsledky seismické aktivity ve Střední Americe (se zaměřením na Nikaraguu)*. Druhou je bakalářská práce Martina Ducháče - *Charakteristika a důsledky vulkanické aktivity v Mexiku*.

³ Pocházel z New Yorku, vystudoval geologii na univerzitě Northwestern. Dále studoval na Kalifornském technickém institutu (California Institute of Technology, zkráceně Caltech). Tam také získal v roce 1946 titul Ph.D v oboru geologie.

⁴ Fialko pochází z Kyjeva, vystudoval zdejší Kyjevskou univerzitu, dále studoval na Institutu geofyziky na Ukrajinské národní akademii věd a titul Ph.D získal na univerzitě Princeton. V současnosti působí na Kalifornské univerzitě v San Diegu.

4. Komplexní charakteristika zájmového území

Zlom San Andreas se nachází na jihozápadě Spojených Států Amerických, konkrétně ve státu Kalifornie (California). Odděluje východní část Kalifornie od zbytku kontinentální části USA (kontinentální část nezahrnuje Aljašku a Havaj). Zájmovým územím bude tedy stát USA Kalifornie. Jméno California poprvé použil španělský spisovatel Garcí Rodríguez de Montalvo ve svém díle *Las Sergas del Espandían* z roku 1510.^{19} V něm popisuje mytický, zlatem oplývající a amazonkami obydlený ostrov *Ínsula California*. Španělští objevitelé se domnívali, že jej našli a pojmenovali tak dnešní Kalifornský poloostrov. Poté se jméno California používalo pro severozápadní provincii Nového Španělska, která dnes tvoří právě stát Kalifornii, část států Nevada, Arizona, Utah a Wyoming (USA) a státy Baja California a Baja California Sur (Mexiko).



Obr. 1: Základní vymezení zájmového území (vlastní tvorba v programu ArcGIS)

4.1 Fyzicko-geografická charakteristika

Kalifornie má protáhlý tvar, ve směru severo-jihním. Nejsevernějším bodem je hranice s Oregonem, která probíhá přesně podle 42° s. š. Nejvýchodnější bod se nachází na 114° 7' 51'' z. d. Nejjižnější bod se nachází jižně od San Diega, 32°32'56'' s. š. Nejzápadnější bod se označuje jak mys Mendocino a leží na 124°24'35'' z. d.

Území Kalifornie je rozděleno na 11 geomorfologických provincií. {4} Jednotlivé provincie jsou charakteristické a jde je od sebe velmi dobře odlišit. Nejvýraznější z nich je Velké údolí (Great Valley), ležící uprostřed Kalifornie. Je to dlouhé údolí, tvořené nivou, vklíněné mezi dvě horská pásma. Údolí je protáhlé ve směru severo-jihním, je dlouhé přes 640 km a široké 80 km. Údolí odvodňují dvě velké řeky, Sacramento severní část údolí (zvaná Sacramento Valley) a San Joaquin jižní část (San Joaquin Valley). Zhruba uprostřed údolí se řeky slévají a společně ústí do San Franciského zálivu. Tato oblast je jedna z nejvýznamnějších zemědělských ploch v celých Spojených Státech. {4}

Na východ od Velkého údolí leží pohoří Sierra Nevada. Tato provincie má podobný tvar jako Velké údolí. Západní svahy pohoří se zvedají pozvolna, kdežto východní svahy jsou velmi prudké. V jihovýchodní části pohoří se nachází nejvyšší bod Kalifornie, hora Mt. Whitney, který měří 4421 m. Mt. Whitney je zároveň nejvyšší hora souvislé části USA (bez Havaje a Aljašky). V metamorfovaném skalním podloží se vyskytují zlatonosné žíly. V pohoří se rovněž nachází největší horské jezero Severní Ameriky, jezero Tahoe. Nachází se v severovýchodní části pohoří (částečně zasahuje i do Nevady), leží v nadmořské výšce 1899 m, jeho rozloha je 495 km², průměrná hloubka činí 305 m a maximální hloubka dosahuje 501 m. {6} Jedná se tak o druhé nejhlubší jezero Severní Ameriky (Crater lake, Kráterové jezero v Oregonu má hloubku 594 m). V pohoří se nachází jeden z nejstarších a nejznámějších národních parků na světě, Yosemiteký NP. Vznikl již v roce 1890. {4}

Mezi Velkým údolím a Tichým oceánem leží provincie Pobřežní pohoří (Coast Ranges). Je tvořena horskými pásmi a údolími. Pohoří dosahuje výšek 600 – 1200 m, místy až 1800 m. Provincie má obdobný tvar jako Great Valley a Sierra Nevada. Jsou

tvořena silnou vrstvou druhohorních a třetihorních sedimentů. Pohoří jsou oddělena San Franciským zálivem na severní a jižní. V těchto pohořích se nacházejí sekvojové lesy, kde rostou největší stromy na světě (nejvyšší z nich mají přes 100 metrů na výšku). Právě provincií Coast Ranges prochází velká část zlomu San Andreas. {4}

V severní části Kalifornie leží provincie pohoří Klamath (Klamath Mountains). Je to pohoří s výraznými vrcholy a hřebeny dosahujících výšek až 2500 m. Horniny jsou zde tvořeny křídovými metamorfovanými horninami, serpentinitem a žulou. V údolích se nacházejí zlatonosné štěrkopísky. Nejvyšší bod je Mt. Eddy tyčící se do výše 2751 m. {4}

Na východ od pohoří Klamath se nachází provincie Kaskádové pohoří (Cascade Range). V Kalifornii se nachází pouze jižní část tohoto pohoří, větší část se nachází ve státech Oregon a Washington. Je to pásmo sopečných kuželů a nejvyšší z nich se jmenuje Mt. Shasta, která měří 4317 m. V nejj jižnější části provincie se nachází sopka Lassen Peak, která zažila poslední erupci v roce 1917. Tyto dva hlavní kužely jsou rozděleny hlubokým údolím řeky Pit. Ta teče západním směrem a tvoří jeden z hlavních přítoků řeky Sacramento. {4}

Severovýchodní část Kalifornie je tvořena náhorní plošinou Modoc (Modoc Plateau). Je to sopečná náhorní plošina tvořená silnou vrstvou sopečných hornin s mnoha malými sopečnými kužely. Místy se na plošině vyskytují jezera a bažiny. Plošinou protéká řeka Pit. {4}

Provincie Basin and Range je nejzápadnější součást Velké pánve (Great Basin), zasahující do Kalifornie. Je to bezodtoká oblast, s jezery, solnými pláněmi a typickými hrástěmi a příkopy. Nejhlubší z těchto příkopů se označuje jako Údolí smrti (Death Valley). V nejnižším místě se nachází solné jezero Badwater, které je 86 m pod hladinou moře. Jedná se tak o nejnižší a nejsušší místo v Severní Americe. Pouhých 25 km daleko se nachází hora Telescope Peak, vysoká 3368 m n. m. {4}

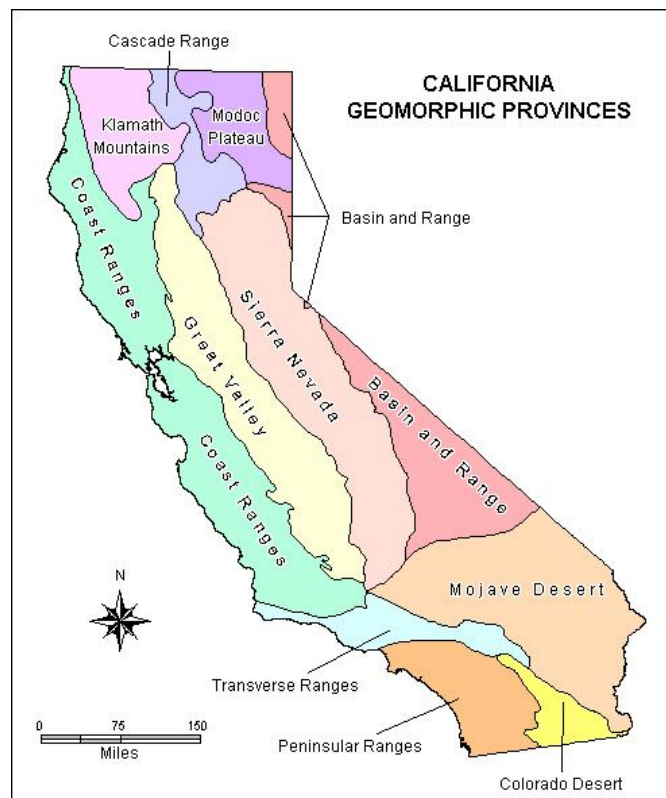
Mojavská poušť (Mojave Desert) se nachází na jihovýchodě Kalifornie. Je to široká pouštní, bezodtoká oblast. Vyskytují se zde rovněž solné pláně. Je vklíněna mezi

dva zlomy, zlom Garlock a San Andreas. Mohavská poušť dostala jména podle indiánského kmene Mojave, který tuto oblast obýval. {4}

Coloradská poušť (Colorado Desert) je pustá, pouštní pánev, ležící pod hranicí úrovně moře. Dominantou provincie je Saltonské jezero (Salton Sea), ležící -69 m n. m {21}.⁵

Transverse Ranges je systém pohoří a údolí orientované východo-západním směrem (ostatní pásma jsou severo-jihní). Třetihorní sedimenty jsou zde jedny z nejmocnějších ve světě. Nejvyšší bod pohoří je Mt. San Gorgonio, měřící 3506 m. {4}

Peninsular Ranges pokrývají jihozápadní část Kalifornie. Je to řada několika pohoří oddělenými dlouhými údolními. Průběhem a topografií připomínají Pobřežní pohoří, ale z geologického hlediska odpovídají spíše pohoří Sierra Nevada, kde granitové horniny pronikají staršími metamorfovanými horninami. K provincii rovněž patří Los Angeleská pánev a několik ostrovů v Tichém oceánu s přilehlým kontinentálním šelfem. {4}



Obr. 2: Geomorfologické provincie Kalifornie (zdroj: <http://digital-desert.com/geomorphic-provinces/>)

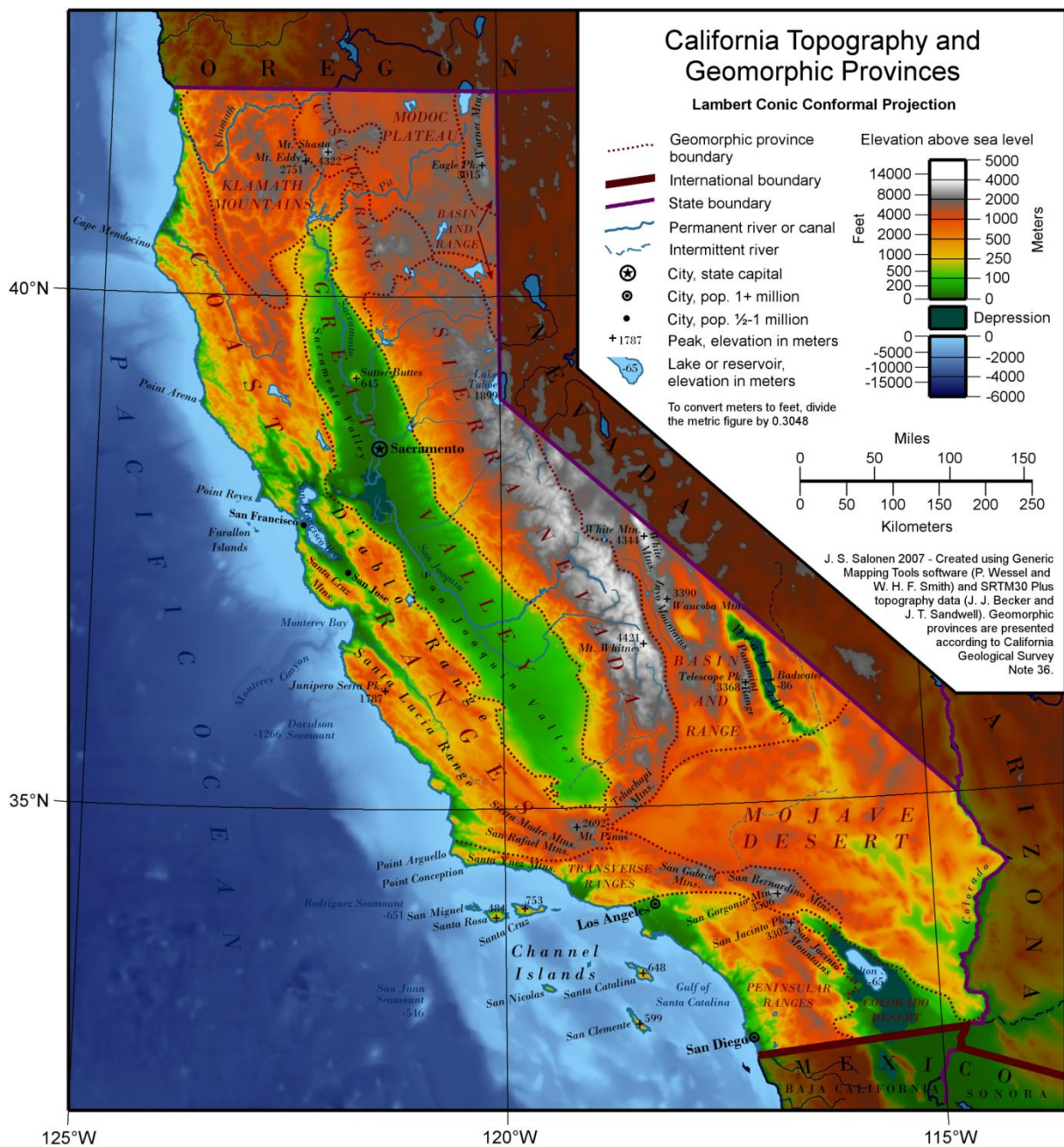
⁵ Údaje se u některých zdrojů mírně liší.

Klima Kalifornie je velmi rozmanité. Klima můžeme přirovnat ke středomořskému díky teplým, suchým létům a mírným, vlhkým zimám. S přibývajícím vzdáleností od pobřeží a s rostoucí nadmořskou výškou se ovšem průběh počasí mění na čtyři roční období se studenou zimou a sněhem. Suchá, horká léta jsou však typické pro celou Kalifornii. Suché léto je také příčinou velmi častých, rozsáhlých požárů. Na jihovýchodě v pouštních oblastech bývají po celý rok vysoké teploty a minimum srážek (až extrémní hodnoty v Údolí smrti). Typické pro pobřežní oblasti, zejména kolem San Francisca, jsou letní mlhy. V horských oblastech (Kaskádové pohoří, pohoří Klamath, Sierra Nevada) jsou teplá léta a chladné zimy. Roční průměrné teploty jsou v rozmezí 8°C v pohoří Sierra Nevada po 23°C na jihu Kalifornie. Nejvyšší teplota, 57°C, byla zaznamenána 10. července 1913 v Údolí Smrti. Nejnižší teplota, -43°C, byla naměřena 20. ledna 1937 v městečku Boca, nedaleko hranice s Nevadou. Průměrné roční srážky jsou rovněž velmi rozdílné. Od 50 mm srážek v pouštních oblastech na jihu, po 3000 mm srážek na severozápadě. Sněhové srážky v nejvyšších oblastech dosahují průměrné výšky kolem 3 metrů sněhu za sezónu.^{12}^{13}

Celkem se v Kalifornii nachází devět národních parků. Nejstarším z nich jsou NP Sequoia a Yosemiteký NP, založeny již v roce 1890. Naopak nejmladším z parků je NP Pinnacles, který byl vyhlášen 10. 1. 2013. Největším z nich je NP Death Valley (Údolí smrti), který částečně zasahuje i do státu Nevada.^{17}

Tab. 1: Národní parky Kalifornie (zdroj: National Park Service)

	Název NP	Rok vzniku	Důvod ochrany
1	Channel Islands	1980	Unikátní středomořský ekosystém
2	Death Valley	1994	Nejteplejší, nejsušší a nejnižší místo USA, geologické tvary
3	Joshua Tree	1994	Juka krátkolistá, písečné duny, vyschlá jezera, monolity
4	Kings Canyon	1940	Sekvoje, jeskyně, kaňon
5	Lesser Volcanic	1916	Největší sopečný dóm na světě, vroucí jezírka
6	Pinnacles	2013	Erodované pozůstatky vahaslé sopky, populární pro horolezectví
7	Redwood	1968	Sekvoje, nejvyšší stromy na Zemi
8	Sequoia	1890	Sekvoje, jeskyně, Mount Whitney
9	Yosemite	1890	Vodopády, útesy, sekvoje



Obr. 3. Topografická mapa Kalifornie (zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_California)

4.2 Socio-ekonomická charakteristika

Před příchodem Evropanů obývali území dnešní Kalifornie původní indiánské kmeny. Po objevení Ameriky bylo území Kalifornie kolonizováno Španěly a do roku 1821 byla součástí Místokrálovství Nové Španělsko (Viceroyalty of New Spain), které zahrnovalo takřka celou Střední Ameriku, Karibské ostrovy, Filipíny a celý jihozápad dnešního USA. V letech 1821 až 1848 byla Kalifornie součástí nově vzniklého nezávislého státu Mexiko. V roce 1848 propukla zlatá horečka, která měla za následek přistěhování statisíců lidí z celých Spojených států. Po Mexicko-Americké válce byla Kalifornie 9. září 1850 připojena ke Spojeným státům Americkým. Stala se tam prvním státem USA na pobřeží Tichého oceánu a celkově 31. státem připojeným k federaci. Kalifornie sousedí na severu se státem Oregon, na východě se státy Nevada a Arizona. Na jihu Kalifornie sousedí s Mexikem. Celou západní hranici Kalifornie tvoří pobřeží Tichého oceánu (délka pobřeží 1352 km). Celková délka hranic Kalifornie je 1905 km. Z toho tvoří 349 km hranice s Oregonem, 985 km s Nevadou, 344 km s Arizonou a délka státní hranice s Mexikem je 227 km.^{11} Rozloha Kalifornie činí 423 967 km², což Kalifornii činí třetím nejrozlehlejším státem USA (po Aljašce a Texasu). ^{10}

Administrativně je Kalifornie rozdělena na 58 menších celků, tzv. county (mn. č. counties, můžeme přeložit jako okresy) ^{1}. Podle sčítání lidu z roku 2010 žilo v Kalifornii 37 253 956 lidí ^{2}. Je to tedy suverénně nejlidnatější stát USA (druhý nejlidnatější Texas má přes 25 milionů obyvatel). Hlavním městem Kalifornie je Sacramento, ve kterém žije 466 488 obyvatel. Celkem je v Kalifornii 68 měst s více než sto tisíci obyvateli. Největším z nich je Los Angeles, které má 3 792 621 obyvatel, což dělá z Los Angeles druhé největší město USA (největší je New York). Podle údajů z roku 2011, tvořili 74% obyvatel běloši, 13,6% tvoří Asiaté, 6,6% černoši, 1,7% jsou původní obyvatelé (indiáni), 0,5% jsou domorodí Hawaiiané a obyvatelstvo původem z dalších tichomořských ostrovů a 3,6% obyvatel vyjádřilo příslušnost k více než jedné rase. Z tohoto celkového množství obyvatel má 38,1% populace hispánský, nebo latinoamerický původ. Co se týká národnosti, tak 31% obyvatel Kalifornie má mexický původ, 10% německý, 8% irský, 7% anglický a 4% italský původ.^{2} Díky této velké rozmanitosti původu obyvatelstva, v domácím prostředí užívá angličtinu pouze 57% obyvatelstva, 28% užívá španělštinu, 9% používá nějaký asijský jazyk. Zbýlých 6% tvoří

ostatní indoevropské jazyky, domorodé jazyky, arabština a ostatní. Co se týká náboženství, tak 36% populace se hlásí k protestantství, 31 ke katolické církvi (opět díky velké mexické menšině), 2% k židovství, 2% k buddhismu, 2% k mormonství a 21% je bez vyznání.{8}

Tab. 2: Tabulka největších měst Kalifornie (U. S. Census Bureau, 2010)

	Město	Populace
1	Los Angeles	3 792 621
2	San Diego	1 307 402
3	San Jose	945 942
4	San Francisco	805 235
5	Fresno	494 665
6	Sacramento	466 488
7	Long Beach	462 257
8	Oakland	390 724
9	Bakersfield	347 483
10	Anaheim	336 265

Kalifornie je velmi bohatý stát. Její HDP v roce 2011 dosáhlo hodnoty 1 959 miliard dolarů (pro srovnání HDP ČR za rok 2011 je 217 miliard dolarů). Pokud by byla Kalifornie nezávislý stát, měla by devátou nejvyšší hodnotu HDP na světě (větší než Rusko, Kanada, nebo Indie). Rovněž má největší HDP ze všech 50 států USA (druhý Texas má 1 308 miliard dolarů) a tvoří 13% HDP celých Spojených Států. Co se týká HDP na osobu, tak Kalifornie zaujímá 10. místo mezi státy USA. Dosahuje hodnot 52 210 dolarů na osobu, průměr USA je 47 707 dolarů.{14}

Hlavní oblastí zaměstnání obyvatel jsou, stejně jako ve všech vyspělých státech, služby, zejména státní správa, obchod, zdravotnictví. Zemědělství je zde na vysoké úrovni, oblast Great Valley patří mezi nejvýznamnější zemědělské oblasti USA. Průmysl je zde také velmi vyspělý. Nejvýznamnější průmyslovou oblastí v Kalifornii je Silicon Valley (Křemíkové údolí, podle velkého množství firem zabývajících se křemíkovými mikročipy). V této oblasti, rozkládající se kolem města San Jose, sídlí nejvýznamnější světové firmy v oblasti hi-tech průmyslu, počítačové elektroniky a softwaru. Nejznámější z nich jsou Microsoft, Apple, Cisco, Google, Hewlett-Packard, Intel, Electronic Arts a další. Kalifornie má ovšem také velkou míru nezaměstnanosti. K 21. 12. 2012 byla 9,8 %, což je třetí nejvyšší hodnota mezi všemi státy USA.{15}

Co se týká výroby elektřiny, tak 53,4% pochází ze zemního plynu, 15,7% z jaderné energie, 14,6% pochází z velkých vodních elektráren, pouze 1,7% z uhlí a 14,6% pochází z obnovitelných zdrojů (biomasa, geotermální, větrná, solární a malé vodní elektrárny). Díky teplému klimatu je v Kalifornii velmi nízká spotřeba elektřiny na jednoho obyvatele (3. nejnižší v USA). Kalifornie má nejvyšší podíl vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů ze všech 50 států. {18}

Dalším příkladem velké vyspělosti a bohatství Kalifornie je tamní úroveň kultury a sportu. Kalifornie je jedním z hlavních kulturních středisek světa. Nejproslulejší je jistě Los Angeleská čtvrť Hollywood, Mekka filmového průmyslu. Z Kalifornie pochází také spousta světoznámých hudebníků a kapel, nejznámější z nich jsou Red Hot Chili Peppers, Tupac Shakur, Guns 'n' Roses, The Offspring nebo The Doors. Beverly Hills je známé útočiště obrovské spousty známých a bohatých lidí. Společně s New Yorkem je Los Angeles pravděpodobně nejoblíbenější místo k bydlení celebrit.

Také sport má v Kalifornii velmi dobré podmínky. Hostila již celkem troje olympijské hry. Dvoje letní olympijské hry v letech 1932 a 1984 (známé díky bojkotu her státy východního bloku). Oboje se konaly v Los Angeles. V roce 1960 se ve Squaw Valley konala zimní olympiáda. V Kalifornii je velké zastoupení týmů v nejvyšších ligách ve všech nejsledovanějších sportech v USA. Mimo jiné 5 týmů v MLB (Major League Baseball), 4 týmy v NBA (National Basketball Association), 3 týmy v NFL (National Football League), 3 týmy v NHL (National Hockey League) a 3 týmy v MLS (Major League Soccer).

5. Zlom San Andreas

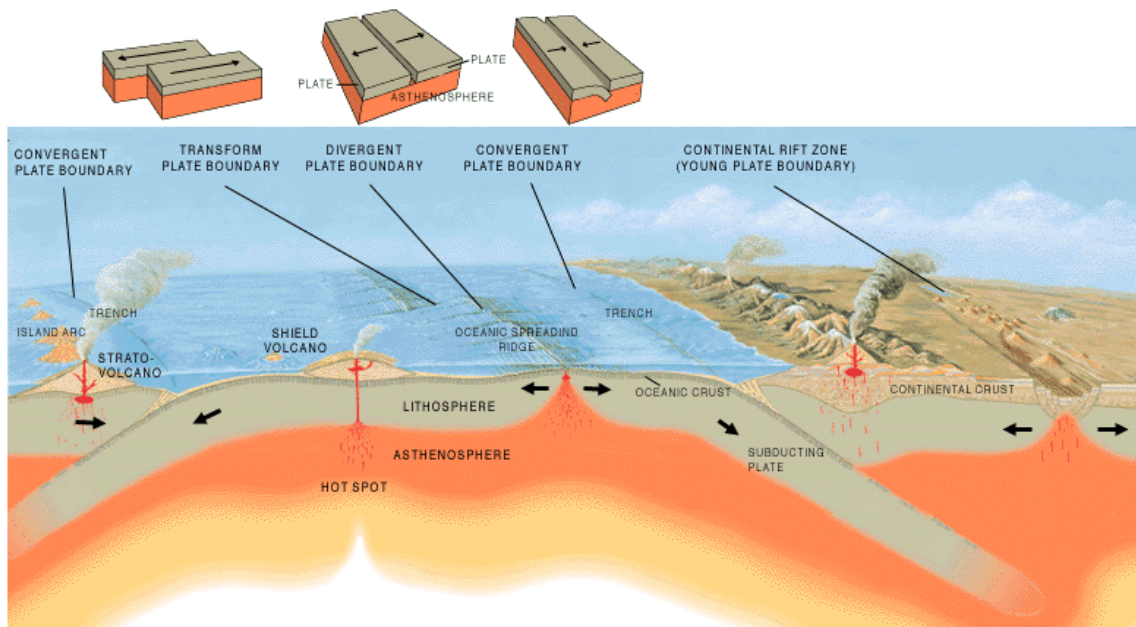
Zlom San Andreas je příkladem jednoho z nejvýznamnějších rozhraní v rámci litosféry. Litosféra, pevný obal Země, je tvořena zemskou kůrou a nejsvrchnějšími vrstvami zemského pláště. Mocnost litosféry se pohybuje od 60 km do 150 km. Největší mocnost je pod kontinenty, nejnižší pod oceánským dnem. [A. Strahler, 2011] Litosféra není celistvá, je rozdělena na několik větších a několik menších celků. Tyto celky se nazývají tektonické, nebo též litosférické, desky. Tato tzv. teorie deskové tektoniky byla zveřejněna na konci 60. let 20. století. Nabízí jasný a logický výklad pro mnohé z různých zemských a strukturních a geofyzikálních jevů – od horotvorných procesů po zemětřesení a pohyb kontinentů [M. Beazley, 1995]. Dnes vymezujeme (např. A. Strahler, 2011) celkem šest základních, velkých litosférických desek – pacifickou, eurasijskou, africkou, americkou, indoaustralskou a antarktickou. Mimo nich vymezujeme několik menších desek (Nazca, Kokosová, Filipínská, Karibská, Indická, Arabská, Juan de la Plata a Scotia). Celkem tak máme 14 základních litosférických desek (15, pokud americkou desku vymezujeme na severní a jižní). Desky jsou navzájem odděleny hlubinnými zlomy, rifty a hlubokomořskými příkopy. Zlom San Andreas je právě příkladem jednoho z hlubinných zlomů. Každá z desek se skládá buď z pevninské zemské kůry, oceánské zemské kůry, nebo současně z obou typů kůry. Desky se horizontálně pohybují po plastické vrstvě ve svrchním plášti, tzv. astenosféře. [J. Demek, 1987] V místech styku jednotlivých desek dochází k největší tektonické aktivitě. Rychlost pohybu desek je různá. Průměrně dosahuje rychlosti několika desítek milimetrů za rok. Desky se mohou od sebe vzájemně vzdalovat (divergentní rozhraní), přibližovat (konvergentní rozhraní) nebo se mohou podél sebe posouvat (transformní rozhraní). Mimo pohybu mezi sebou dochází také k pohybům uvnitř desek samotných. Každá deska se dále dělí na menší desky a bloky. Tyto menší bloky mohou rovněž klesat, stoupat, či se horizontálně posouvat. [Z. Kukul, 1982] Pohyb desek není souvislý, ale trhavý, epizodický, protože se o sebe nebo své podloží třou. Energie se zpočátku kumuluje, při jejím uvolnění nastane rychlý pohyb a otřes. [Z. Kukul, 1982] Jednou z teorií příčiny pohybu tektonických desek je konvekční proudění v zemském plášti. To vytváří konvekční buňky, které stoupají pod hřbety a klesají pod příkopy. K vysvětlení všech mechanismů pohybu desek ještě nedošlo. [M. Beazley, 1995; A. Strahler, 2011]

Divergentní rozhraní litosférických desek se nachází v místech, kde se jednotlivé desky od sebe vzdalují. Do vznikající mezery mezi deskami vniká magma ze zemského pláště, které následně vytváří novou zemskou kůru. Hranice, podél níž dochází k rozpínání, je vyznačena riftem. [J. Demek, 1987] Rift je protáhlá sníženina georeliéfu vzniklá poklesem. Typickým příkladem divergentního rozhraní je soustava středooceánských hřbetů. V ose hřbetu se nachází rift. Nejznámějším z nich je Středoatlantický hřbet. Atlantský oceán se rozpíná rychlostí zhruba 20 mm za rok. [M. Beazley, 1995].

Konvergentní rozhraní litosférických desek se nachází v místech, kde se desky přibližují k sobě a kde dochází k jejich kolizi. Dochází tak k subdukcí, čili podsouvání jedné desky pod druhou, nebo k obdukcí, tedy nasouvání jedné desky na druhou. [J. Demek, 1987] Vymezujeme několik typů konvergentního rozhraní podle charakteru desek. Střet dvou desek s pevninskou kůrou, střet dvou desek s oceánskou kůrou a střet desky s pevninskou kůrou a desky s oceánskou kůrou. [M. Beazley, 1995] Příkladem střetu dvou desek s pevninskou kůrou je střet indické a eurasijské desky. Indická deska subdukuje pod eurasijskou desku, což vedlo k vyzdvižení pohoří Himálaj a Tibetské náhorní plošiny. Kolize desek začala před 18 milióny let a pokračuje dodnes. Himálaje tak stále pomalu rostou. Stejným způsobem došlo ke vzniku Alp, Pyrenejí a Karpat při kolizi Africké desky s Eurasijskou. [J. Demek, 1987] Při střetu dvou desek s oceánskou kůrou dochází k subdukcí jedné desky pod druhou, což vede ke vzniku hlubooceánských příkopů v místě subdukce. Dochází zde k intenzivní sopečné činnosti, což vede ke vzniku ostrovních oblouků. Typickým příkladem jsou Aleuty. Při kolizi desek s pevninskou a oceánskou kůrou se deska s oceánskou kůrou vždy podsouvá pod druhou desku. Příkladem je deska Nazca, která se podsouvá pod jihoamerickou desku. Vzniklé napětí vedlo ke vzniku dlouhého a vysokého pohoří při pobřeží Tichého oceánu – And. V zóně subdukce dochází k vytváření hlubokomořských příkopů, např. Peruánský. [J. Demek, 1987]

O transformní (střižně-zlomové) rozhraní mezi dvěma litosférickými deskami se jedná, jestliže se desky podél sebe posouvají. Podél hranice dochází k zemětřesením, nikoliv však k vulkanismu, protože nevzniká magma. Typickým příkladem je zlom San

Andreas, nacházející se v Kalifornii v USA, který tvoří hranici mezi pacifickou a severoamerickou deskou. Pacifická deska se pohybuje severozápadním směrem rychlostí několika centimetrů za rok. Tím vzniká tření, hrany desek se obrušují a vytvářejí tak četná zemětřesení.



Obr. 4. Typy rozhraní mezi deskami (zdroj: U.S. Geological Survey)

Vzhledem k počtu obětí, velikosti zasaženého území, výši škod, obtížnosti předpovídání a ochrany, je zemětřesení nejhroživější přírodní katastrofou. [Z. Kukul, 1982] Původ zemětřesení nebyl dlouho znám. Starověké národy soudily, že zemětřesení způsobuje pohyb mytického, obrovského zvířete. U starých Japonců to byl sumec, u Indů slon, na Sumatře zase vůl. V antickém Řecku a Římě již měli nemytické teorie, nicméně žádná nebyla správná. [Z. Kukul, 1982]

Zemětřesení jsou krátkodobé otřesy Země, které jsou vyvolány náhlým uvolněním potenciální energie nahromaděné v jisté části zemské kůry nebo svrchního pláště. [J. Demek, 1987] Zemětřesení nejsou rozeseta po zemském povrchu rovnoměrně. Většinou jsou soustředěna do úzkých zón, která víceméně odpovídají hranicím jednotlivých tektonických desek. [Z. Kukul, 1982] Zemětřesení můžeme dělit podle původu na zemětřesení tektonická, sopečná a řítivá. Zemětřesení tektonického

původu vzniká pohybem desek, nebo pohyby podél zlomů. Většina zaznamenaných zemětřesení je právě tohoto původu. Sopečná zemětřesení jsou vyvolána vulkanickou činností v okolí sopek, kdy se láva dere z hloubky na povrch. Říťivá zemětřesení jsou poměrně vzácná a vznikají zřícením stropů podzemních dutin. Tyto dutiny mohou být přírodního (jeskyně) i antropogenního původu (poddolovaná území). [Z. Kukul, 1982] Otřesy mohou být způsobeny i výstavbou velkých přehradních nádrží, rozrůstáním velkoměst, podzemními výbuchy jaderných bomb či výše zmíněnou hlubinou těžbou. Dále můžeme zemětřesení dělit podle hloubky na mělká, střední a hlubinná. Za mělká zemětřesení se považují ty do hloubky 60 km pod povrch, střední jsou v rozmezí 60 až 300 km a za hlubinná jsou označeny zemětřesení v hloubce větší než 300 km. Největší poškození na povrchu způsobí mělká zemětřesení. {20} Mělká zemětřesení jsou vázána na poruchu v zemské kůře, hluboká na oblasti, kde dochází k subdukci desek. [Z. Kukul, 1982]

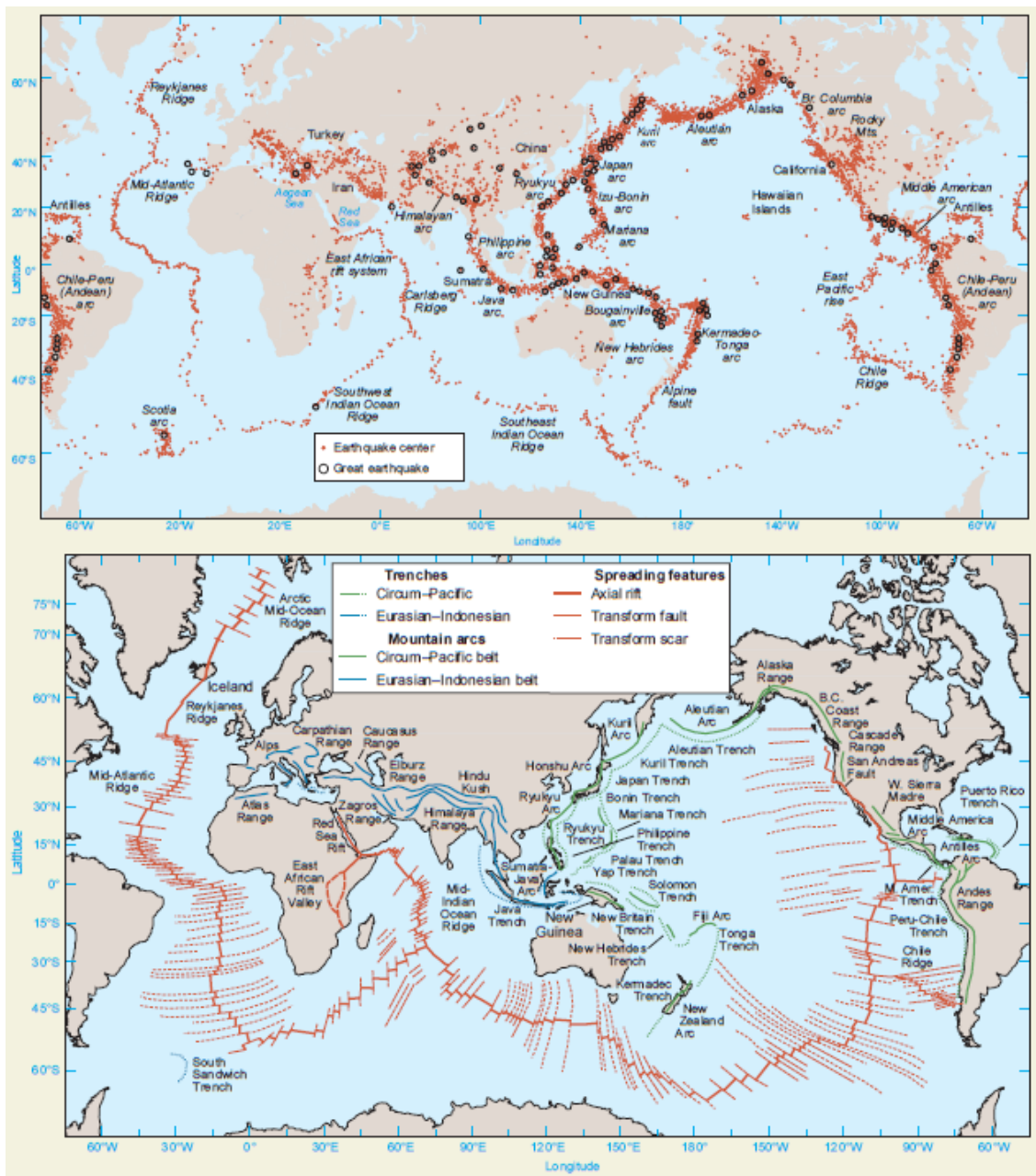
Ročně dojde na Zemi asi k miliónu zemětřesením. Naprostá většina z nich je však velmi slabá a proběhnou nepozorovaně. [J. Demek, 1987; M. Beazley, 1995] Několik desítek zemětřesením naruší horniny a mění georeliéf. V dlouhodobém průměru dojde ročně k jednomu zemětřesení, které má katastrofický průběh. [J. Demek, 1987] Zemětřesení vzniká v místě pod povrchem zvané hypocentrum neboli ohnisko. Místo na povrchu, které je přímo nad hypocentrem, se nazývá epicentrum. Při otřesu vzniká vlnění, které se šíří všemi směry od ohniska. Šíření vln není rovnoměrné, záleží na hustotě hornin (hustými se vlny šíří rychleji). Rozlišujeme několik druhů seizmických vln. Podélné, neboli primární vlny, se šíří nejrychleji a značí se písmenem „P“. Způsobují roztažení a stlačení hmoty ve směru šíření vln, proto se někdy označují za elastické tlakové vlny. Mohou procházet plyny, pevnou i kapalnou hmotou. Druhým typem jsou příčné vlny, neboli sekundární. Značí se písmenem „S“. Pohybují se pomaleji než podélné vlny, asi o polovinu. Způsobují, že částice kmitají kolmo na pohyb vlny. Právě tyto vlny způsobují největší škody. Mohou se pohybovat pouze pevnou hmotou. Dalším typem jsou povrchové, neboli dlouhé vlny, značí se „s“. Pohybují se pouze při povrchu. Tyto povrchové vlny se dále dělí na Loveovy a Raleyghovy vlny. Loveovy vlny se kmitají částicemi ze strany na stranu, kolmo na směr šíření vlny. Raleyghovy vlny se pohybují kruhovým vlněním podobně jako mořské vlny. [Z. Kukul,

1982; M. Beazley, 1995, {20}} Seismické vlny zachycujeme pomocí seismografů. První seismograf byl sestaven již v roce 132 n. l. v Číně. První moderní seismografy se objevily na konci 19. století. Dnešní přístroje jsou již tak citlivé, že dokážou zaznamenat i velmi jemné otřesy. S údajů ze sítě seismografů jsme schopni určit vzdálenost epicentra, hloubku ohniska, velikost i intenzitu zemětřesení. [Z. Kukul, 1982]

U zemětřesení určujeme jeho velikost a intenzitu. Velikost zemětřesení neboli magnitudo, se značí písmenem „M“. Je to objektivně změřitelná veličina a každé zemětřesení má přesně danou hodnotu. Stupnici zavedl seismolog C. Richter, je tedy nazývána Richterova stupnice (škála). Je to logaritmická stupnice, každý další stupeň má tedy desetinásobnou hodnotu předchozího. Škála teoreticky nemá spodní ani horní hranici. [Z. Kukul, 1982] Intenzita zemětřesení je určovaná na základě pozorování účinku zemětřesení, jako jsou poškození budov, praskliny v povrchu, poklesy v terénu a další škody. Je to subjektivní veličina. Stupnice je dvanácti stupňová a zavedl ji italský vulkanolog Mercalli. Později byla lehce upravena a užívá se pod symbolem MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) nebo také MM (modified Mercalli). Další stupnicí je MSK-64 (Medvědév-Sponheuer-Kárník). Stupnice jsou velmi podobné a obě jsou mezinárodně uznávané. [Z. Kukul, 1982; R. Brázdil, 1988]

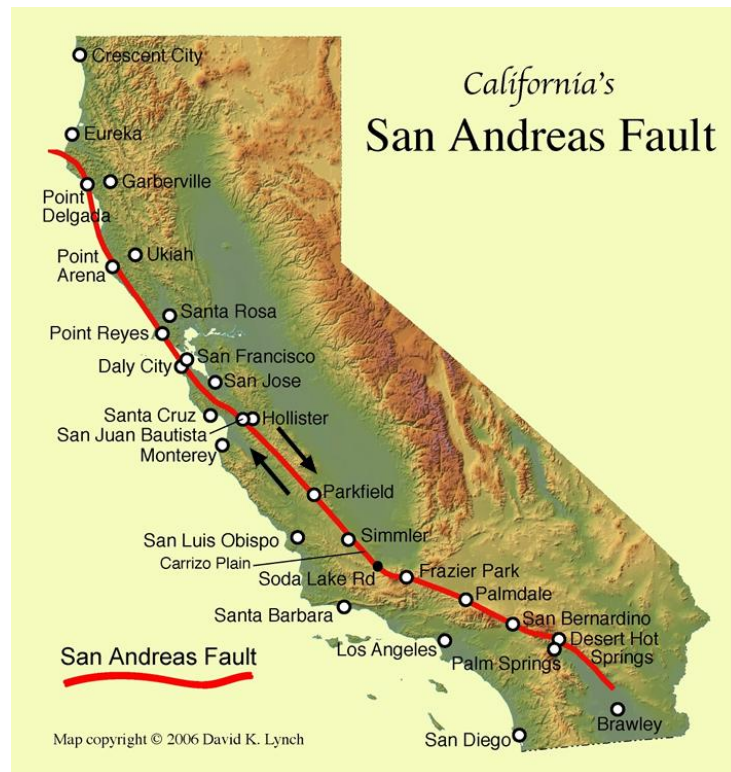
Tab. 3: Richterova stupnice

M (magnitudo)	Označení	Popis
<2	Mikro	Nepocíitelné
2,0 - 2,9	Velmi malé	Zaznamenatelné
3,0 - 3,9	Malé	Často pocíitelné, většinou žádné škody
4,0 - 4,9	Slabé	Drnčivé zvuky, malé škody
5,0 - 5,9	Střední	Poškození slabších konstrukcí
6,0 - 6,9	Silné	Poškození konstrukcí, cítěno na stovky km
7,0 - 7,9	Velké	Poškození většiny budov, zničeny slabší budovy
8,0 - 8,9	Velmi velké	Poškození i na velmi odolných budovách, některé oblasti úplně zničené
9,0 - 9,9	Velmi velké	Většina budov zničena, škody stovky až tisíce km od epicentra
10+	Masivní	Nikdy nebylo zaznamenáno, možnost planetárních škod



Obr. 5: Srovnání ohnisek zemětřesení a hranic tektonických desek (zdroj: A. Strahler, 2011)

Zlom San Andreas je patrně nejznámějším zlomem na světě. Poprvé bylo toto jméno použito pro zlom v roce 1895 profesorem geologie Andrewem C. Lawsonem. Pojmenoval tak malý úsek zlomu nacházející se na poloostrově San Francisco. Tento úsek procházel malým jezerem, kousek na jih od San Franciscu, které se jmenuje Laguna de San Andreas a právě po tomto jezeře jej A. Lawson pojmenoval. Po velkém zemětřesení v San Franciscu v roce 1906 byla takto nazvána celá linie zlomu táhnoucí se napříč Kalifornií. Zlom se táhne v délce přes 1300 km severozápadním směrem. [Wallace, 1990] Zlom je přibližně 16 km hluboký. Zemská kůra podél zlomu má mocnost od 16 km na severu u mysu Mendocino do 30 km v jižní Kalifornii. Je tak velmi pod průměrem mocnosti zbytku pevninské části USA, který činí 36 km. [Wallace, 1990] Zlom probíhá od oblasti kolem Salton Sea na jihu Kalifornie, postupuje severozápadním směrem, překračuje San Franciský záliv, postupuje po pobřeží, u mysu Mendocino se stáčí na západ, kde poté zaniká. Přimo na zlomu nebo v jeho blízkosti se nachází několik významných měst. Nejvýznamnější z nich jsou: Los Angeles (2. největší město USA), San Francisco, San Jose, San Bernadino a další.



Obr. 6: Poloha zlomu San Andreas (zdroj: www.geology.com)

Zlom odděluje severoamerickou tektonickou desku na západě od pacifické tektonické desky na východě. Zlom můžeme rozdělit na tři základní úseky – jižní, centrální a severní. Jižní úsek zlomu začíná na jihu Kalifornie v oblasti kolem jezera Salton Sea. Odtud zlom pokračuje severním směrem a pomalu se začíná stáčet na západ, kde poté běží podél jižního úpatí pohoří San Bernadino a severního úpatí pohoří San Gabriel. V těchto oblastech zlom míří více západním směrem. Od vesnice Frazier Park se zlom opět více stáčí na sever. Poté zlom běží známou plání Carrizo. Je to dlouhá pláň bez větší vegetace, kde jsou velmi dobře vidět důsledky posunu zlomu. Zde je také zlom velmi dobře vidět, jako dlouhá jizva táhnoucí se krajinou. Jižní úsek zlomu je pravděpodobně nejvíce studovaná geologická oblast na světě. Za střední úsek zlomu je považována část mezi Hollisterem a Parkfieldem. Jižní část tohoto úseků kolem městečka Parkfield zažívají zemětřesení, určité části zbytku centrální části produkují velké množství velmi malých zemětřesení, které uvolňují napětí a tím zamezují vzniku velkého zemětřesení. Jisté oblasti v centrální části zlomu jsou dokonce aseismické. To umožňuje zlomu pohybovat se bez vzniku zemětřesení. Severní část zlomu vede dál na severozápad od města Hollister. Zlom vede přes pohoří Santa Cruz (zde bylo epicentrum zemětřesení Loma Prieta roku 1989), dále přes San Franciský poloostrov a místo na něm, kde byl zlom poprvé identifikován (v roce 1895 profesorem A. Lawsonem). U místa zvaného Mussel Rock (u města Daly City, jižně od San Francisca) zlom opouští pevninu a pokračuje po mořském dně. Po 30 km se zlom opět vrací na pevninu, kde odděluje poloostrov Point Reyes ležící na Pacifické desce od zbytku Kalifornie ležící na Severoamerické desce. Odsud dalších 140 km severozápadním směrem zlom běží podél pobřeží, střídavě po pevnině a mořském dně. Od malého města Point Arena se zlom definitivně vrací pod mořskou hladinu. Vede po mořském dně podél pobřeží a u mysu Mendocino se zlom stáčí na západ a vede do Mendocinského trojného bodu, kde zaniká. Mendocinský trojný bod je místo, kde se střetávají tři pevninské desky – Pacifická, Severoamerická a deska Juan de Fuca. Je to jedno ze seismicky nejaktivnějších míst. Od roku 2000 bylo v této oblasti zaznamenáno 105 zemětřesení s magnitudou větší než 4 M. {25}

Zlom San Andreas vznikl před zhruba 30 miliony let. {24} V té době došlo ke kontaktu Pacifické a Severoamerické desky. Do té doby existovala ještě deska Farallon,

která se podsouvala pod Severoamerickou desku. Zbytky desky Farallon jsou dnešní malé desky, například Juan de Fuca nebo Kokosová deska. Subdukce desky Farallon měla za následek vznik Skalnatých hor. Pohyb Pacifické desky (která vytlačila desku Farallon) je ovšem mírně odlišný, nedochází k její subdukci pod Severoamerickou desku, ale k posunu podél ní. Dochází tak k novým deformacím a pohybům. Ty měly za následek vznik právě zlomu San Andreas. Pravděpodobně také mohou za oddělení Kalifornského poloostrova od zbytku Mexika.

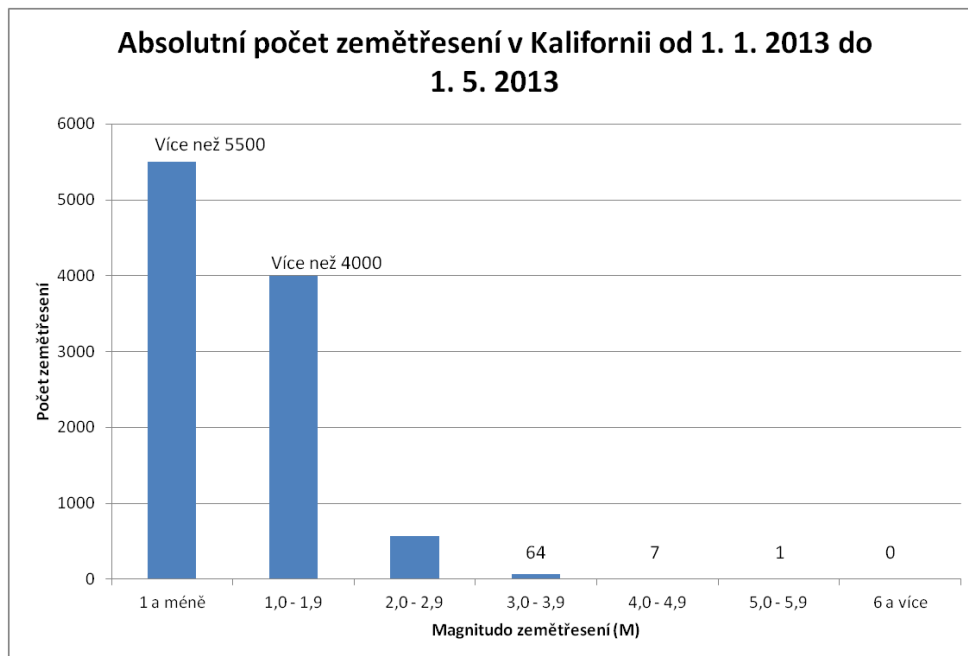
Průměrná rychlost pohybu Pacifické desky vzhledem k Severoamerické je zhruba 48 mm za rok. [Wallace, 1990] {24} Tato rychlost se pravděpodobně během let mění. Rychlost relativního pohybu desek vůči sobě je větší než rychlost posunu podél zlomu. Je to dáno přítomností dalších paralelních zlomů. Průměrná rychlost posunu podél zlomu se pohybuje v rozmezí 30-40 mm za rok. {24} To zhruba odpovídá rychlosti růstu nehtů. Pohyb však není plynulý, ale trhavý. Když se při zemětřesení uvolní nashromážděné napětí, mohou hodnoty horizontálního posunu dosáhnout i několika metrů.

5.1 Seismická aktivita na zlomu San Andreas a jeho nejbližším okolí

Kalifornie je druhá v pořadí počtu zemětřesení v rámci USA (nejvyšší počet zemětřesení je na Aljašce, třetí místo zaujímá Havaj). Pokud bereme v potaz pouze kontinentální část USA, Kalifornie zaujímá jasně vedoucí pozici v počtu zemětřesení. Podle výzkumu USGS proběhlo v Kalifornii v letech 1974 – 2003 celkem 4 895 zemětřesení s magnitudem 3,5 M a větší. Toto množství tvoří téměř čtvrtinu všech zemětřesení v USA o dané velikosti a daném čase (přesně 23,2 %). Pro srovnání: Aljaška 12 053 zemětřesení což představuje 57,2 % (seismická aktivita vázaná především na oblast Aleutského ostrovního oblouku, kde dochází k subdukci), Havaj 1 533 (7,3 %) a Nevada 778 (3,7 %). {25}

Podle dat z USGS v Kalifornii se seismická aktivita na zlomu objevuje každý den. V některé dny je registrováno i více než 100 menších otřesů (dne 3. 5. 2013 bylo registrováno celkem 107 otřesů, 16 z nich s magnitudem 2 a více). Naprostá většina z nich jsou velmi slabá zemětřesení s magnitudem do 2,5 M, které lze zachytit pouze přístroji. {25} Taková zemětřesení jsou takřka neškodná a lidé je ani neucítí. Většina z těchto zemětřesení je vázána na oblast podél zlomu San Andreas, případně na přidružené menší zlomy. Velká část zemětřesení je vázaná na dvě oblasti. První z nich je lokalizována v jižní části zlomu v okolí jezera Salton (Salton Sea), druhá pak v oblasti u mysu Mendocino, kde se zlom stáčí na západ k oblasti Mendocinského trojného bodu a kde následně zaniká. Zemětřesení s magnitudem větší než 3,5 M zasáhnou Kalifornii v průměru 1-2 týdně. V roce 2013 takových zemětřesení bylo zatím 20 (k 1. 5. 2013). Jedno z nich mělo magnitudo větší, než 5 M (hlavní otřesy 30. března 2013, $M = 5,1$) a epicentrum leželo v oblasti Mendocinského trojného bodu. V roce 2012 zasáhlo Kalifornii celkem 112 zemětřesení s magnitudem větší než 3,5 M. Z nich mělo šest zemětřesení magnitudu 5 M a více. Dvě z nich měly epicentrum v jižní části kolem jezera Salton Sea, jedno bylo v centrální Kalifornii a zbylé tři opět v oblasti Mendocinského trojného bodu. Žádné z nich ovšem nenapáchalo větší škody. {25}

Graf 1: Počet zemětřesení v Kalifornii od 1. 1. 2013 do 1. 5. 2013⁶ (zdroj: U.S. Geological Survey)



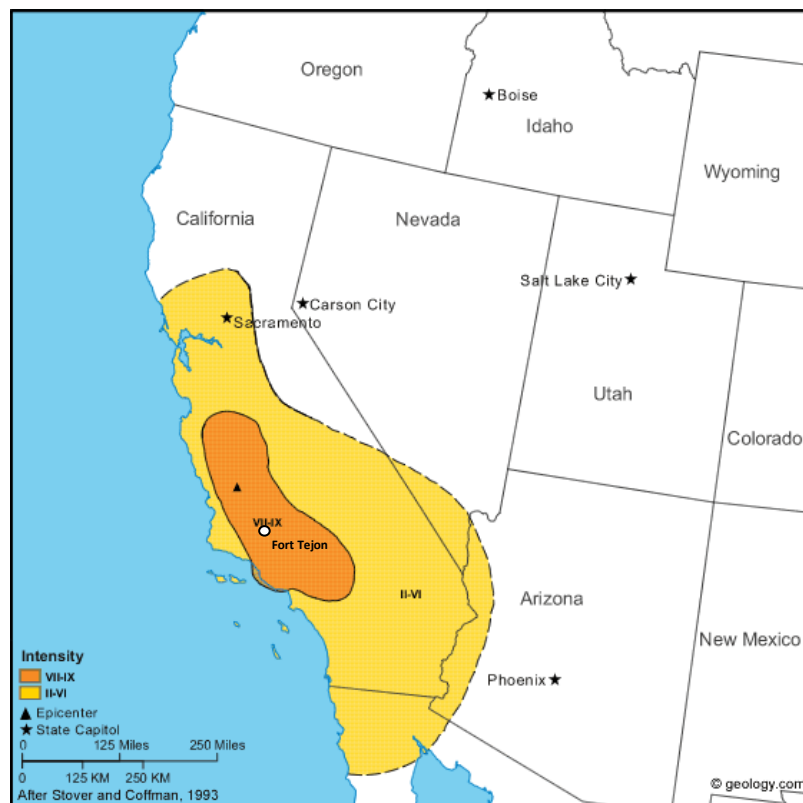
Obr. 7: Epicentra zemětřesení o velikosti 3,5 M a více od 1. 1. 2012 do 23. 4. 2013 (zdroj: U.S. Geological Survey)

⁶ Z grafu můžeme vyčíst, že opravdu naprostá většina zemětřesení v Kalifornii jsou velmi malá a neškodná. Zatím pouze jedno zemětřesení mělo střední velikost ($M > 5$).

5.2 Největší zemětřesení v oblasti zlomu

5.2.1 Zemětřesení Fort Tejon (1857)

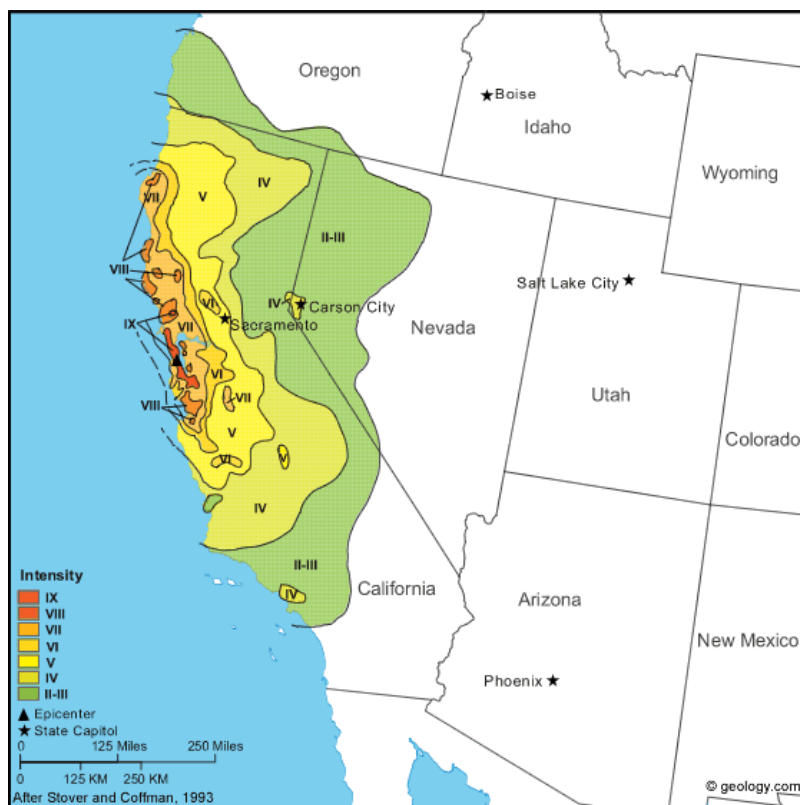
Epicentrum leželo asi 30 km východně od dnešního města Atacadero. První velké otřesy zasáhly území 9. ledna 1857 v jižní a centrální části Kalifornie. Velikost zemětřesení byla odhadnuta na 7,9 M a jedná se tak o jedno z největších zaznamenaných zemětřesení nejen v historii Kalifornie, ale celých Spojených Států (největší zaznamenané zemětřesení v rámci celé planety proběhlo 22. května 1960 v Chile, mělo velikost 9,6 M). {23} Otřesy trvaly 1 až 3 minuty. {23} Bylo cítit takřka na celém jejím území, také ve státě Nevada a v Mexiku. K porušení zlomu došlo v celkové délce téměř 300 km od městečka Parkfield k městečku Wrightwood. Největší horizontální posun byl zaznamenán na plošině Carrizo, kde se země posunula až o 9 a půl metru. {23} Zemětřesení dostalo název podle vojenské základny Fort Tejon, kde byly zaznamenány největší materiální škody (základna ležela cca 130 km jihovýchodním směrem od epicentra). Díky tomu, že v té době byla Kalifornie ještě stále velmi řídko osídlená, vyžádalo si zemětřesení pouhé dva lidské životy a celkové škody nebyly velké. Kdyby takové velké zemětřesení udeřilo dnes, obětí by bylo tisíce a škody nevyčísitelné.



Obr. 8: Oblast účinku zemětřesení Fort Tejon v roce 1857 (zdroj: www.geology.com)

5.2.2 Zemětřesení v San Francisku (1906)

Patrně nejnámější a nejničivější zaznamenané zemětřesení v historii Kalifornie proběhlo v roce 1906. Vypuklo ve středu 18. dubna 1906 v 5:12 s hypocentrem v hloubce 8 km. {23} Epicentrum se nacházelo jižně od San Francisca. Zemětřesení mělo sílu 7,9 M (údaje o síle se různí, zdroje udávají magnitudu v rozmezí 7,7 až 8,25 M). [Wallace, 1990]; {23} Podle upravené Mercalliho stupnice (MM) dosáhla intenzita zemětřesení stupně VII až XI, v závislosti na vzdálenosti od zlomu. {23} Otřesy trvaly téměř minutu a bylo možno je cítit takřka v celé Kalifornii, v jižním Oregonu a v západní Nevadě. Zemětřesení způsobilo nejdelší trhlinu, která kdy byla pozorována v kontinentální části USA. Došlo k prasknutí zlomu v jeho severní části v celkové délce 430 km. [Wallace, 1990] Největší zaznamenaný horizontální posun byl 6,4 m. Podél posunu bylo zpozorováno posunutí plotů, cest nebo alejí. Došlo rovněž k vertikálním posunům půdy (největší zaznamenaný posun byl 0,9 m). [Wallace, 1990] Obětí zemětřesení bylo více než 3000. {23} Zemětřesení poničilo budovy a stavby ve všech městských částech San Francisca a přilehlého okolí. Zděné a dřevěné domy byly velmi poškozené, některé z nich se rovnou zřítily. Chodníky byly pokroucené a popraskané, zřítily se většina komínů, dodávky vody a kanalizační služby byly přerušeny díky poškozeným potrubím a tramvajové koleje byly ohnuty a zvlněny. Přímo na nebo v samotné blízkosti zlomu byly všechny budovy zničeny, stromy vyvrácené z kořenů, cesty přetínající zlom byly neprůjezdné a vodovodní potrubí vedoucí přes zlom bylo úplně přerušeno. Díky tomu byla zastavena dodávka vody do celého města. Následně vypukly požáry, které napáchaly snad ještě větší škody než samotné zemětřesení. Díky přerušným dodávkám vody požáry trvaly několik dní. Celkově byla zničena většina města San Francisco (až 80%). Kromě San Francisca byla poničena spousta dalších měst. Například bylo v podstatě zničeno celé centrum měst San Jose a Santa Clara. Celkové škody byly vyčísleny na 524 milionu dolarů. {23}

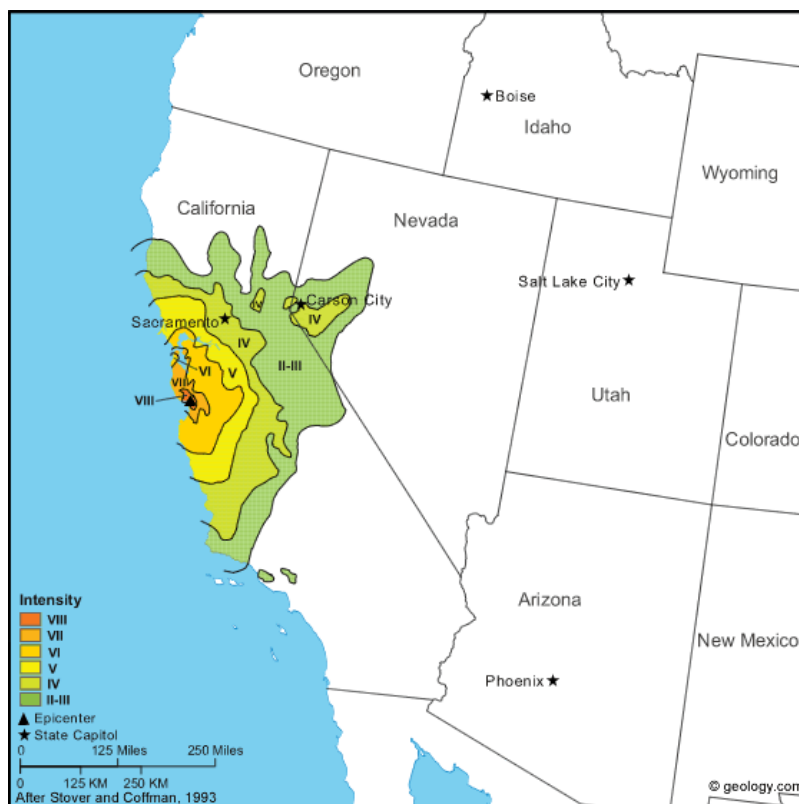


Obr. 9: Oblast účinku San Franciského zemětřesení 1906 (zdroj: www.geology.com)

5.2.3 Zemětřesení Loma Prieta (1989)

Zemětřesení, které udeřilo 17. října 1989, bylo největší zemětřesení vázané na zlom San Andreas od ničivého zemětřesení v San Franciscu v roce 1906. {23} Otřesy vypukly v 17:05 a trvaly asi 15 sekund. {23} Hypocentrum bylo v hloubce 18 km a nacházelo se blízko vrcholu Loma Prieta (nejvyšší vrchol pohoří Santa Cruz), podle kterého dostalo zemětřesení název. Epicentrum bylo zhruba 14 km severovýchodně od města Santa Cruz a necelých 100 km jihovýchodně od San Francisca. Zemětřesení mělo sílu 6,9 M a intenzita byla v rozmezí V až VII, v některých oblastech dosáhla však až velikosti IX. {23} Cítit bylo v celé centrální Kalifornii a také v malé části západní Nevady. Zemětřesení si vyžádalo 63 obětí a dalších 3757 obyvatel bylo zraněno. Zničeno bylo celkem 963 domů a dalších více než 18 000 jich bylo poškozeno. Díky tomu více než 12 000 lidí ztratilo svůj domov. {23} Velké škody byly rovněž na komunikacích. Nejvážněji byla poškozena dálnice Nimitz (součást mezistátní dálnice Interstate 880) v západním Oaklandu, kde se zřítíl zhruba dvoukilometrový úsek dálnice. Dále bylo více či méně poškozeno na 80 mostů. Celkové škody dosáhly výše 6 miliard dolarů.

Zemětřesení Loma Prieta ukončilo desetiletí klidu v oblasti zálivu San Francisco. Byla to předzvěst dalších velkých zemětřesení, která jsou nevyhnutelné. Od roku 1989 pracují Americká geologická služba (U. S. Geological Survey) a další organizace na zlepšení porozumění seismické hrozby v oblasti zálivu, rozšíření povědomí o rizicích zemětřesení a zlepšení efektivity strategií pro snížení případných škod. Všechny tyto snahy pomohou v budoucnu omezit dopad dalšího velkého zemětřesení v oblasti zálivu San Francisco. [Robert Page, USGS]



Obr. 10: Oblast účinku zemětřesení Loma Prieta 1989 (zdroj: www.geology.com)

5.2.4 Další „Big one“

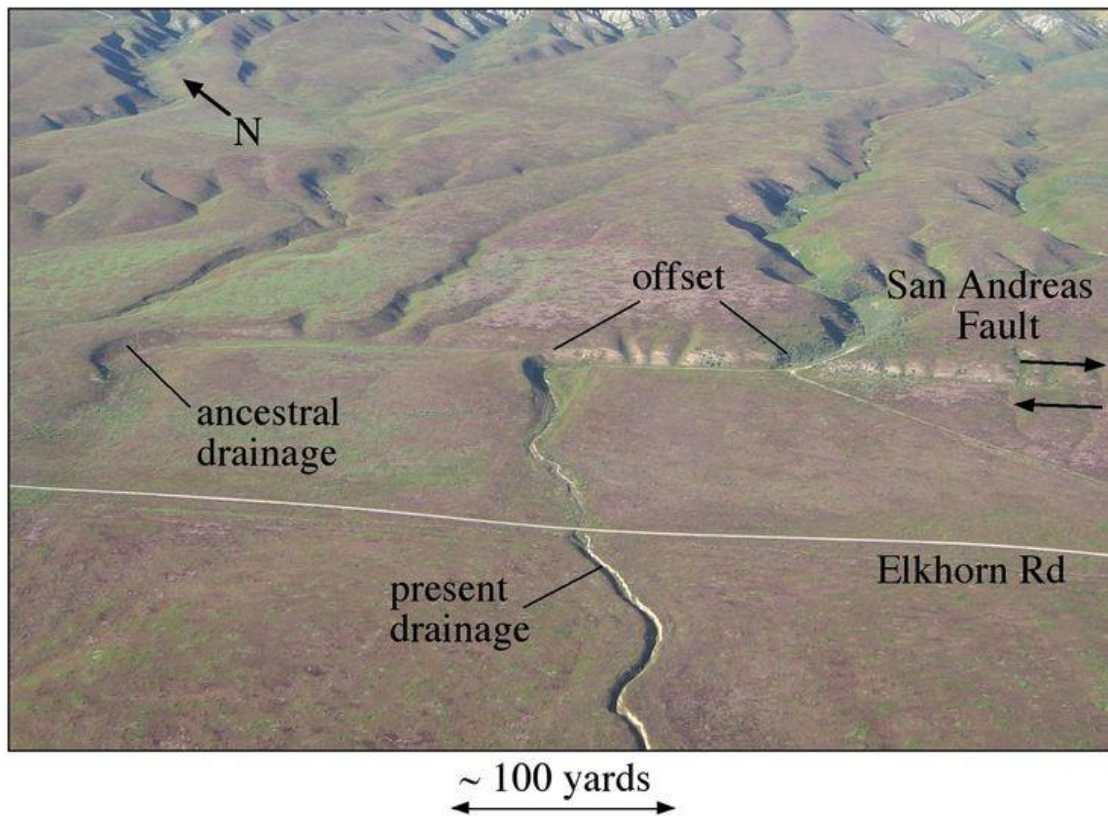
Geologické studie prokázaly, že za posledních 1500 let dochází v oblasti jižní části zlomu San Andreas k velkému zemětřesení zhruba každých 150 let. [Fialko, 2006] Poslední velké zemětřesení zasáhlo jižní oblast zlomu v roce 1857 (zemětřesení Fort Tejon). Dá se tedy předpokládat, že v blízké budoucnosti zasáhne tuto oblast další mohutné zemětřesení. Pokud takové zemětřesení zasáhne hustě obydlenou oblast,

následky by mohly být katastrofické. Nejen díky samotnému zemětřesení, ale také díky následným škodám. Pravděpodobně by byly poškozeny hlavní komunikace, vodovodní potrubí, dodávka elektřiny by byly přerušena. Všechny tyto faktory by mohly způsobit další stovky úmrtí. Riziko velkého zemětřesení v centrální části je poněkud menší. Od posledního velkého zemětřesení neuběhlo ještě dostatek času. Proto se předpokládá, že další velké zemětřesení udeří spíše v jižní části zlomu. Nicméně zemětřesení menší velikosti může udeřit kdykoli.

5.3 Projevy v terénu

Zřejmě nejlepší místo, kde lze pozorovat důsledky pohybů podél zlomu, je velká planina Carrizo plain. Je to velká uzavřená travnatá pláň, dlouhá 80 km a široká 25 km. Nachází se na severu jižní části zlomu, přibližně 160 km severozápadně od Los Angeles. [Wallace, 1990] Díky suchému podnebí a absenci výrazné vegetace je zde velmi dobře vidět linie zlomu San Andreas. Asi nejvýrazněji lze linii pozorovat na korytu malého potoka Wallace Creek, která vede přímo přes zlom. Vede jihozápadním směrem, když dorazí ke zlomu je v pravém úhlu ohnuto na severozápad a následně opět v pravém úhlu navraceno do původního směru. Toto vychýlení nyní dosahuje délky 130 m. {25} Toto vychýlení je způsobeno pohybem desek podél zlomu. Podle měření posun koryta trvá již více než 3700 let. Během velkého zemětřesení v roce 1857 se koryto posunulo o celých 9 metrů. {25} Vědci spočítali, že průměrný roční posun koryta činí 34 mm. Nové závěry paleoseismického výzkumu odhalily, že na planině Carrizo k poruše zlomu a jeho posunu docházelo v rozmezí let 1350 - 1857 průměrně každých 88 let (v intervalu 45 – 177 let). Výzkum byl prováděn pomocí radiouhlíkové metody datování. {31} Wallace Creek byl pojmenován po Robertu E. Wallacovi, který celý úkaz objasnil.

Kromě Wallace Creek jsou na planině Carrizo ještě další podobné úkazy. Mimo koryta řek bývají přerušeny ještě další liniové prvky v krajině překračující zlom. Například po zemětřesení roku 1906 byly vychýleny ploty a aleje o téměř 5 metrů oproti původnímu stavu. [Wallace, 1990]

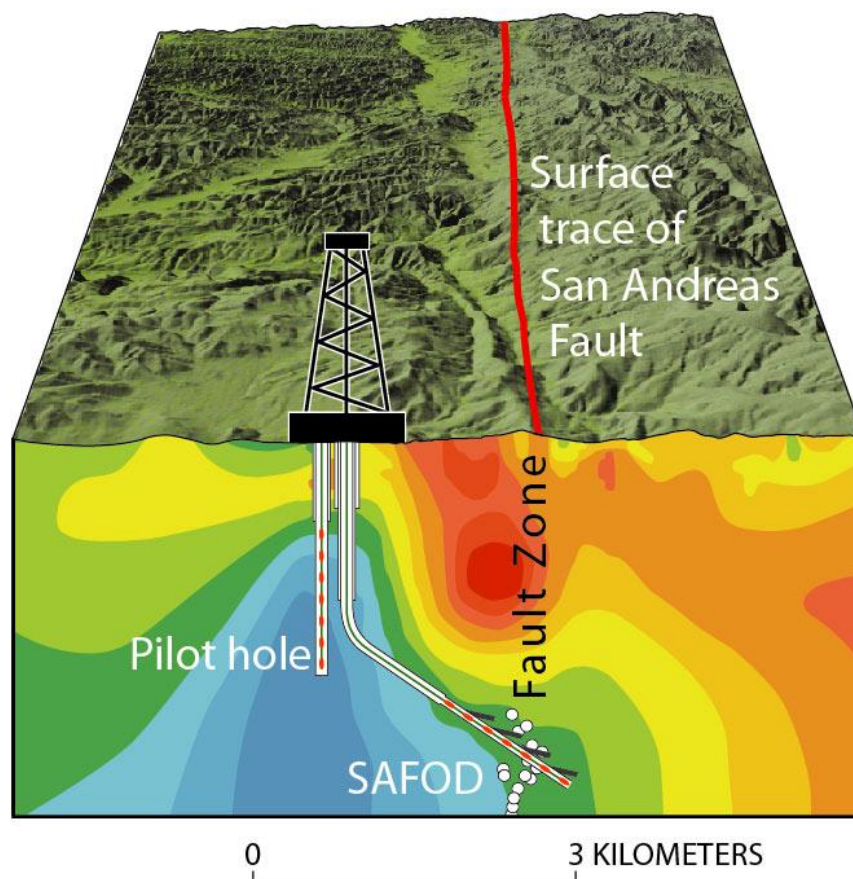


Obr. 11: Wallace Creek, je zde vidět přerušení koryta a jeho posun (zdroj: epod.usra.edu)

5.4 Výzkumné projekty v oblasti zlomu San Andreas

Od roku 2004 probíhá výzkumný experiment ve městě Parkfield. Projekt zvaný San Andreas Fault Observatory at Depth (SAFOD) provozuje Národní vědecká nadace (National Science Foundation) ve spolupráci s Americkou geologickou službou (USGS). Cílem projektu bylo vyvrtat díru do zemské kůry hlubokou 3,2 km a vedoucí přímo přes zlom. Poté byly do ní umístěny čidla, senzory a další přístroje. Ty pak přinášejí data a informace o fyzických a chemických procesech dějících se přímo v aktivním zlomu. Práce byly dokončeny v roce 2007. {25}

Další výzkum zlomu probíhá zejména na tamních univerzitách, např. Kalifornská univerzita v Berkeley, Kalifornský technický institut nebo na Standfordské univerzitě.



Obr. 12. Schéma projektu SAFOD (zdroj: earthquake.usgs.gov)

Ačkoli lidé nemohou zabránit zemětřesením, snaží se omezit případné dopady velkého zemětřesení. První pilířem je projektování a stavění odolných budov, které by odolaly i silnějším otřesům. Zároveň jsou zesilovány staré budovy, které při zemětřesení většinou kolabují jako první. Druhým pilířem je vyvarování se stavění důležitých budov, jako jsou elektrárny, školy nebo nemocnice a další v těsné blízkosti zlomu. Třetím je snaha o předpověď místa a času úderu zemětřesení. To však v současnosti ještě přesně nelze. {25} Také obyvatelé jsou na možnost velkého zemětřesení připravováni. Každý má mít doma po ruce pohotovostní zavazadlo pro případ nouze. Takové zavazadlo má obsahovat sušené jídlo, vodu, základní oblečení, boty, léky, baterie, svítilnu, rádio a další věci, které lidem pomohou přežít. V roce 2009 vydala Kalifornská vláda rozsáhlou 190 stránek dlouhou příručku pro případ úderu přírodní katastrofy (State of California Emergency Plan). Uvnitř je uvedeno, jak se mají obyvatelé zachovat při přírodní katastrofě, jak budou postupovat bezpečnostní složky, úřady, vláda a další.

6. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo charakterizovat tektonickou aktivitu vázanou na oblast zlomu San Andreas. Provedena byla rovněž základní fyzickogeografická a socioekonomická charakteristika zájmového území, v tomto případě Kalifornie. Dílčím cílem bylo provedení základní typologie tektonické aktivity a hodnocení důsledků seismické aktivity v zájmovém území. Hlavní metodou při psaní bakalářské práce byla rešerše dostupné literatury a práce s internetovými zdroji.

Kalifornie je třetí největší stát USA. Leží na západním pobřeží u břehů Tichého oceánu. Je nejlidnatější (přes 37 miliónů obyvatel) a také nejbohatší stát USA (tvoří 13% HDP Spojených Států). Pokud by byla samostatným státem, měla by devátou nejvyšší hodnotu HDP na světě. Kalifornie je sídlem nejvyspělejších firem světa v oblasti elektrotechniky a softwaru. Také je centrem kultury a sportu.

Přes území Kalifornie se v délce 1300 km táhne zlom, který tvoří hranici mezi severoamerickou a pacifickou litosférickou deskou. Tento zlom, pojmenovaný San Andreas, je příčinou mnoha zemětřesení. Většina z nich je velmi slabá a neškodná, lidé je ani neucítí. Je však jen otázkou času, kdy Kalifornii zasáhne ničivé zemětřesení, které si pravděpodobně vyžádá spoustu lidských životů a způsobí obrovské materiální škody.

Zlom je předmětem studia mnoha institucí, zejména Americké geologické služby a kalifornských univerzit. Zlomem se zabývalo několik významných vědců, např. Andrew C. Lawson, nebo Robert E. Wallace. Současní vědci se snaží předpovědět místo a čas výskytu dalšího velkého zemětřesení.

Klíčová slova: Zlom San Andreas, Kalifornie, zemětřesení, desková tektonika

7. Summary

Main goal of this bachelor thesis was to characterize tectonic activity around the San Andreas Fault. Also basic physical-geographical and socio-economic characteristics of region of interest were made; in this case region of interest was California. Secondary goal of thesis was to characterize basic typology of tectonic activity and evaluate consequences of seismic activity in region of interest. Research of accessible literature and internet's articles was the main method used during work on this thesis.

California is the third largest state of USA. It's located on West coast of the United States on the shores of Pacific Ocean. California is the most populous (more than 37 million inhabitants) and the richest state of USA (create 13 % GDP of USA). If California were an independent country it would have the ninth highest value of GDP in the world. The most advanced electrical engineering and software companies of the world have headquarters in California. California is also a culture and sport centre.

Across California run long fault, which creates boundary between two tectonic plates – North American plate and Pacific plate. This fault is called San Andreas Fault and its length is 1300 km. The fault is cause of many earthquakes. Most of them are very weak and harmless, people can't even feel them. But it's only a matter of time, when California will be hit by a great earthquake that will cause hundreds of deaths and huge material damages.

Fault is subject of studies of many institutions mainly United States Geological Survey and Californian Universities. Fault was studied by several significant scientists for example by Andrew C. Lawson or Robert E. Wallace. Present-day scientists are trying to forecast place and time of strike of next great earthquake – The Big One.

Key words: The San Andreas Fault, California, earthquake, plate tectonic

8. Zdroje

8.1 Literatura

KUKAL, Zdeněk. *Přírodní katastrofy*. 1. vydání. Praha: Horizont, 1982. 256 s.

DEMEK, Jaromír. *Obecná geomorfologie*. 1. Vydání. Praha: Academia, 1987, 480 s.

STRAHLER, Alan H. *Introducing physical geography*. 5th ed. / . Chichester: John Wiley, 2011, 632 p. ISBN 04-704-1811-7.

NOVÁČEK, Pavel. *Udržitelný rozvoj*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010, 430 s. ISBN 978-802-4425-146.

Všechno o Zemi: místopisný průvodce světem. Vyd. 1. Editor John Palmer. Překlad Pavel Červinka. Ilustrace Gary Hincks. Praha: Reader's Digest Výběr, c1998, 768 s. ISBN 80-861-9601-1.

The San Andreas fault systém. California / Editor Robert E. Wallace. U. S. Geological Survey professional paper: 1515. 1990

JAKEŠ Petr. *Planeta Země*. 1. Vydání. Praha: Mladá fronta. 1984. 416 s.

BEAZLEY Mitchell. Překlad SLÁDEK Jaroslav. *Anatomie Země*. 1. Vydání. Praha. Albatros. 1995. 121 s.

BRÁZDIL, R., et al.: *Úvod do studia planety Země*. 1. vyd. SPN, Praha, 1988. 365 s.

FIALKO, Y. *Interseismic strain accumulation and the earthquake potential on the southern San Andreas fault systém*; Nature, 441, doi:10.1038/nature04797, 968-971, 2006

8.2 Internetové zdroje

1. CSAC. *The Creation of Our 58 Counties* [online]. nedatováno [cit. 2012-12-28]. Dostupné z: <http://www.csac.counties.org/general-information/creation-our-58-counties>

2. UNITED STATES CENSUS BUREAU. *State & County QuickFacts: California* [online]. nedatováno, poslední revize 6. 12. 2012 [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: <http://quickfacts.census.gov/qfd/states/06000.html>
3. Geography of California. In: *Maps of world* [online]. nedatováno [cit. 2012-12-28]. Dostupné z: <http://www.mapsofworld.com/usa/states/california/geography.html>
4. California geomorphic provinces. In: *California Geological Survey* [online]. 2002, 12-2002 [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: http://www.conservation.ca.gov/cgs/information/publications/cgs_notes/note_36/Documents/note_36.pdf
5. America's Volcanic Past, California. *U. S. Geological Survey* [online]. 2003 [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: http://vulcan.wr.usgs.gov/LivingWith/VolcanicPast/Places/volcanic_past_california.html
6. Facts About Lake Tahoe. *U.S. Geological Survey* [online]. nedatováno, poslední revize 13. 12. 2012 [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <http://tahoe.usgs.gov/facts.html>
7. Yuri Fialko, Biography. *Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego*. 2006 [online]. [cit. 27. 4. 2013] Dostupné z: <http://scrippsscholars.ucsd.edu/yfialko/biocv>
8. U.S. Religious Landscape Survey. [online]. nedatováno [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: <http://religions.pewforum.org/maps>
9. Geography. *U. S. Census Bureau* [online]. nedatováno, poslední revize 30. 11. 2012 [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: http://www.census.gov/geo/reference/guidestloc/st06_ca.html
10. State Area Measurements and Internal Point Coordinates. *U. S. Census Bureau* [online]. nedatováno, poslední revize 5. 12. 2012 [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <http://www.census.gov/geo/reference/state-area.html>
11. TORREON, Barbara. U. S. International Borders: Brief Facts. *CRS Report for Congress* [online]. nedatováno, aktualizace 9. 2. 2006 [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: <http://www.au.af.mil/au/awc/awcgate/crs/rs21729.pdf>
12. Weather. *Visit California* [online]. nedatováno [cit. 2012-12-30]. Dostupné z: <http://www.visitcalifornia.com/Travel-Tools/Weather/>
13. California - Climate. *City data* [online]. nedatováno [cit. 2012-12-31]. Dostupné z: <http://www.city-data.com/states/California-Climate.html>

14. 2011 California Economy Rankings. *CCSCE* [online]. 2012 [cit. 2013-01-13]. Dostupné z: <http://www.ccsce.com/PDF/Numbers-Sept-2012-CA-Economy-Rankings-2011.pdf>
15. Local Area Unemployment Statistics. *Bureau of Labor Statistics* [online]. 21. 12. 2012 [cit. 2013-01-13]. Dostupné z: <http://www.bls.gov/web/laus/laumstrk.htm>
16. GDP (current US\$). *The World Bank* [online]. [cit. 2013-01-13]. Dostupné z: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>
17. Listing of National Park System Areas by State. *National Park Service* [online]. nedatováno, 30. 7. 2009 [cit. 2013-01-14]. Dostupné z: http://www.nps.gov/history/history/online_books/nps/nps/part2.htm#chis
18. California's Major Sources of Energy. *Energy Almanac* [online]. nedatováno, 4. 7. 2011 [cit. 2013-01-14]. Dostupné z: http://energyalmanac.ca.gov/overview/energy_sources.html
19. *Origin of the name California*; Wikipedia[online]. Poslední aktualizace 7. 11. 2013 v 10:38 [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Origin_of_the_name_California
20. earthquake. *Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica Academic Edition*. [online] Encyclopædia Britannica Inc., 2013. Web. [cit. 2013-03-25] <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/176199/earthquake>
21. *About the Salton sea...*; The Salton sea [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://saltonsea.ca.gov/about/about.htm>
22. The San Andreas Fault. *David K. Lynch* [online]. [cit. Průběžně]. Dostupné z: <http://geology.com/articles/san-andreas-fault.shtml>
23. California Earthquake Map Collection. *Geology* [online]. [cit. Průběžně]. Dostupné z: <http://geology.com/earthquake/california.shtml>
24. San Andreas Fault homepage. *David K. Lynch* [online]. [cit. Průběžně]. Dostupné z: <http://sanandreasfault.org/>
25. U. S. Geological Survey [online]. [cit. Průběžně]. Dostupné z: <http://www.usgs.gov/>
26. Department of Conservation, State of California [online]. [cit. Průběžně]. Dostupné z: <http://www.conservation.ca.gov/index/Pages/Index.aspx>

27. San Andreas Fault. *Joe Zertusa* [online]. [cit. Průběžně]. Dostupné z:
http://www.desertusa.com/mag06/mar/san_andreas.html
28. Shake map homepage [online]. [cit. Průběžně]. Dostupné z:
<http://www.quake.ca.gov/shake/index.html>
29. Andrew Cowper Lawson. *University of California* [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z:
<http://eps.berkeley.edu/alumni/lawson.php>
30. Robert E. Wallace. *Seismological Society of America*. 2007 [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z:
<http://srl.geoscienceworld.org/content/78/2/189.full>
31. Wallace Creek: New radiocarbon results and slip rate estimates of the San Andreas Fault in the Carrizo Plain; *Active Tectonics blog*; [online] 8. 9. 2011, [cit. 2013-05-05] Dostupné z:
<http://activetectonics.blogspot.cz/2011/08/wallace-creek-new-radiocarbon-results.html>