



PŘÍRODNÍ RIZIKA A JAK S NIMI ŽÍT?



BRNO 2006



ANNA FISCHEROVÁ, Fss MU
LENKA KŘÍŽOVÁ, PRF MU
JAKUB HOUŠKA, Fss MU

OBSAH

<u>MASARYKOVA UNIVERZITA</u>	1
1 ZÁKLADNÍ DEFINICE A TYPY RIZIKA	3
2 DRUHY RIZIKA	3
3 DRUHY PŘÍRODNÍCH RIZIK	3
3.1 KLIMATICKÁ A METEOROLOGICKÁ RIZIKA.....	4
3.1.1 <i>Tropické cyklóny</i>	4
3.1.2 <i>Tornáda</i>	7
3.1.3 <i>Sucha</i>	10
3.2 LAVINY.....	11
3.3 LESNÍ POŽÁRY.....	11
3.3.1 <i>Lesní požáry v Evropě</i>	12
3.3.2 <i>Lesní požáry v České republice</i>	14
3.4 ZEMĚTŘESENÍ.....	14
3.4.1 <i>Intenzita zemětřesení</i>	15
3.4.2 <i>Prevence</i>	16
3.4.3 <i>Škody</i>	17
3.4.4 <i>Co dělat?</i>	17
3.5 SOPEČNÉ ERUPCE.....	19
3.5.1 <i>Prevence</i>	20
3.5.2 <i>Škody</i>	21
3.5.3 <i>Co dělat?</i>	21
3.6 TSUNAMI.....	22
3.6.1 <i>Výskyt</i>	23
3.6.2 <i>Prevence</i>	23
3.7 POHYBY TERÉNU.....	25
3.8 <i>Nejvýznamnější historické události</i>	26
3.9 <i>Riziko a monitoring svahových pohybů v České republice</i>	27
3.10 <i>Riziko svahových sesuvů v Evropě</i>	28
3.11 <i>Riziko svahových sesuvů ve Světě</i>	29
4 PŘÍPADOVÁ STUDIE: MULTIHAZARDNÍ RIZIKA VE MĚSTĚ CARACAS (CASE STUDY: MULTIHAZARD RISKS IN CARACAS)	34
4.1 ANALÝZA CELKOVÉ SITUACE MĚSTA CARACAS.....	34
4.2 IDENTIFIKACE RIZIK A PROBLEMATICKÝCH MÍST.....	35
4.2.1 <i>Zemětřesení</i>	35
4.2.2 <i>Přívalemé deště, bahnotoky a sesuvy půdy</i>	36
4.2.3 <i>Záplavy</i>	36
4.2.4 <i>SWOT analýza</i>	37
4.3 MAPY RIZIK.....	37
4.4 NÁVRH OPATŘENÍ.....	38
5 ZÁVĚR	40
5.1 PŘÍRODNÍ RIZIKA ČR V EVROPSKÉM KONTEXTU.....	40
5.2 ROZLOŽENÍ PŘÍRODNÍCH RIZIK VE SVĚTĚ.....	40
5.3 STRATEGIE BOJE PROTI PŘÍRODNÍM RIZIKŮM NA GLOBÁLNÍ ÚROVNI.....	43
6 POUŽITÉ MATERIÁLY	43

1 ZÁKLADNÍ DEFINICE A TYPY RIZIKA

Jak uvádí Říha, J. et al.(2005), lze **riziko** (angl. *risk*) definovat jako spřažení nebezpečí, zranitelnosti a expozice. **Nebezpečí** (*hazard*) je stav, který má potenciál způsobit nežádoucí účinky. **Zranitelnost** (*vulnerability*) je vlastnost objektu, která se projevuje náchylností ke škodám jako důsledku malé odolnosti vůči působení extrémního zatížení a expozici. **Expozice** (*exposure*) je doba, po kterou je objekt vystaven nebezpečí.

Riziko je tím větší, čím větší je nebezpečí, čím delší je doba expozice a čím větší je jeho zranitelnost. Riziko je vyjádřeno pravděpodobností výskytu nežádoucího jevu a nepříznivých dopadů na životy, zdraví, majetek či životní prostředí.

Jak dále uvádí Říha, J. et al.(2005), na základě různých možností pohledu lze rozlišit tyto **typy rizik**:

- a) individuální riziko (*individua risk*) je takové, které ohrožuje jednotlivce;
- b) společenské riziko (*societal risk*) je takové, které ohrožuje větší skupinu lidí;
- c) objektivní riziko (*objective risk*) je takové, které lze kvantifikovat na základě pravděpodobnostní analýzy;
- d) subjektivní riziko (*subjective risk*) je bezprostřední nebezpečí, jak jej vnímá osoba nacházející se v jeho dosahu;
- e) ekonomické riziko (*economical risk*) vyjadřuje nebezpečí, které může způsobit ekonomickou újmu;
- f) environmentální riziko (*environmental risk*) - vyjadřuje nebezpečí, které může způsobit újmu na životním prostředí;

K podrobnému prošetření a prověření podmínek a vlastností rizikového jevu, události či děje se využívá **rizikové analýzy** (*risk analysis*). Ta využívá řady metod, jako např. analýzy s využitím stromů událostí a stromů poruch či pravděpodobnostní analýzy. Na rizikovou analýzu navazuje **hodnocení dopadů rizika** (*risk evaluation*), které posuzuje významnost daného rizika a jeho přijatelnost zejména s ohledem na ekonomické a sociální důsledky a na důsledky pro životní prostředí. Souhrnný proces, který zahrnuje rizikovou analýzu a hodnocení dopadů rizika, se nazývá **hodnocení rizika** (*risk assessment*). Výsledkem a cílem hodnocení rizika je tzv. **přijatelné riziko** (*acceptable risk*). Je to taková míra rizika, kterou je připraven subjekt (jednotlivec či společnost), který je ohrožen, přijmout.

2 DRUHY RIZIKA

Jak je uvedeno na www.prim.net, podle původce rozlišujeme tyto **druhy rizika**:

- a) přírodní riziko, jež je součástí přirozených přírodních procesů;
- b) technologické riziko, které vycházejí z lidských aktivit;
- c) riziko (hromadné) přepravy je technologické riziko, neboť se mění místo, kde se riziko vyskytuje;
- d) riziko každodenního života;
- e) riziko během konfliktů;

3 DRUHY PŘÍRODNÍCH RIZIK

- a) klimatická a meteorologická rizika
- b) hydrologická rizika
- c) laviny
- d) lesní požáry

- e) seismická aktivita
- f) sopečné erupce
- g) pohyby terénu

Podrobněji se budeme zabývat všemi typy přírodních rizik s výjimkou rizik hydrologických.

3.1 KLIMATICKÁ A METEOROLOGICKÁ RIZIKA

Tento typ rizik je přítomný na každém místě naší planety, avšak v různých podobách a různou měrou. Můžeme rozlišit několik skupin meteorologických, resp. klimatických rizik:

- a) teplotní - vlny chladu či vedra
- b) větrná – vichřice, orkán, tornáda a tromby, tropické cyklóny
- c) hydričné – přívalové srážky, sucha
- d) kumulovaná

Jako klimatologické riziko jsou vnímána také globální klimatická změna a jev El Niño. Čárkovaně podtrženými jevy se budeme podrobněji zabývat na následujících řádcích.

3.1.1 TROPICKÉ CYKLÓNY

Tropické cyklóny představují nejdestruktivnější meteorologický fenomén na Zemi. Jedná se o mezoprostorové cyklonární víry o rozměrech do 1000 km vyznačující se velkými tlakovými gradienty (14 – 17 mbar/100 km) a velkými rychlostmi větru (kolem 50 m/s, a nárazech až 100 m/s).

Tropické cyklóny se vyskytují na celé Zemi v pásu 5 – 20° z. š., mají proto řadu místních označení. Ta jsou uvedena v Tab. 1. Každoročně se na světě vyskytne v průměru 90 – 100 tropických cyklón.



Obr. 1 Hurikán Katrina (2005)

Tab. 1 Regionální označení tropických cyklón ve světě

Regionální označení	Oblast
tajfun, kamikaze	Severozápadní Pacifik
hurikán	severní Atlantik
uragán	Severovýchodní Pacifik
cyklón	Jihozápadní Pacifik a Indický oceán
orkán	jih Indického oceánu
Willy-Willies	Indický oceán mezi Austrálií a Kokosovými ostrovy

Jak již bylo řečeno, je vznik tropických cyklón je vázán na pás 5-20° z. š. nad oceány, což vyplývá z následujících podmínek, které musí být při jejich vzniku splněny:

První podmínkou je *dostatečně teplá mořská voda* (více než 26°C) a díky tomu dostatečně intenzivní výpar. Tato vypařující se voda je zdrojem energie pro formující se cyklónu. Energie se z vypařující vody uvolňuje až při poklesu teploty pod rosný bod¹ ve

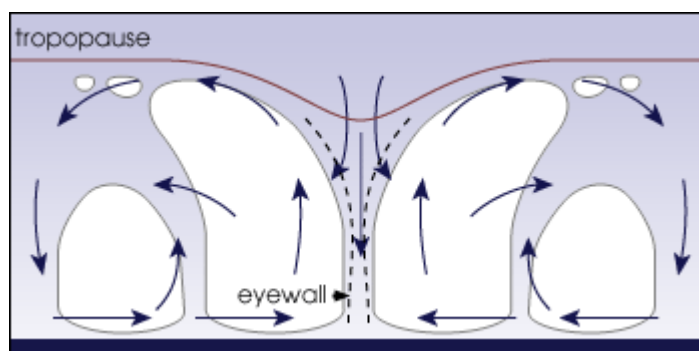
¹ Rosný bod je teplota, při němž je vzduch o daném tlaku plně nasycen vodou. Při dalším poklesu teploty dochází ke kondenzaci vody.

výšce a následné kondenzaci. Z tohoto důvodu je také důležité, aby teplota vzduchu s výškou rychle klesala. Toto vše je důvodem, proč se tropické cyklóny jen vzácně formují v oblastech nad 20° z. š.

Další podmínkou je *existence oblasti nižšího tlaku vzduchu* vyjádřené alespoň jednou uzavřenou izobarou².

Velmi důležitou podmínkou, která brání tomu, aby tropické cyklóny vznikaly v těsné blízkosti rovníku, je *existence dostatečně velké Coriolisovy síly*³. Tato síla se na rovníku neprojevuje a nemůže zde tím páde vzniknout rotační pohyb typický pro cyklónu.

Cyklóna se vytváří z tzv. **konvekční buňky**. Její princip je znázorněn na Obr. 2.



Obr. 2 Struktura konvekční buňky

V centrální části buňky dochází k intenzivním vzestupným pohybům, které zasahují až na hranici troposféry, kde se roztékají do stran a vně buňky klesají dolů. Při zemi je vzduch opět nasáván ke středu cyklóny. V centrální části cyklóny se ale vytvářejí vertikálně orientované proudy vzduchu směřující k zemi. V této centrální části (označované jako **oko cyklóny**) o průměru do 50 km je jasné počasí s minimálními rychlostmi větru, zvýšenou teplotou vzduchu a o nízkém tlaku vzduchu (až k 870 hPa). Oko cyklóny je obklopeno **zdi**, na kterou jsou vázány vysoké rychlosti větru (až 300 km/h), srážková činnost a bouřky.

Cyklóny se po svém vzniku pohybují jen asi 10 – 20 km/h obecně od východu k západu a od nižších k vyšším zeměpisným šířkám. Životnost cyklóny je až 30 dní.

Cyklóna existuje, pokud má dostatek energie. Příčin ztráty zdrojů energie může být několik. Pokud se dostane na pevninu, ztrácí zdroj energie z oceánu a navíc vlivem velkého tření, a rychle zaniká. Druhou možností je, že se cyklóna dostane mimo tropický pás, kde není výpar tak intenzivní a není schopen „uživit“ celou cyklónu, která také postupně slábne a zaniká.

Ke klasifikaci intenzity tropických cyklón se používá **Saffir – Simpsonova stupnice**, která má 5 stupňů v závislosti na rychlostech větru v jednominutovém průměru.

Tropické cyklóny způsobují velké ztráty na životech (cca 6 000 mrtvých ročně), rozsáhlé materiální škody, ale i škody na přírodě a životním prostředí (poškození či zničení fauny a flóry, znečištění např. odpadky, střepy, chemická znečištění atd.).

Studiem tropických cyklón a koordinací všech aktivit s tímto související se na mezinárodní úrovni mimo jiné zabývá **WMO**⁴. Na národní úrovni se problematikou zabývají národní meteorologické služby či specializovaná pracoviště, jako např. **National Hurricane Center** (USA), **Météo-France** (Réunion), **Central Pacifik Hurricane Center** (Hawaii) či **Japan Neteorological Agency** (Japonsko).

² Izobara je čára spojující místa na zemském povrchu se stejnou hodnotou tlaku vzduchu.

³ Coriolisova síla je setrvačná síla, která způsobuje uchylování přímých trajektorií na severní polokouli doleva, na jižní doprava. Tato síla je nulová na rovníku a s rostoucí zeměpisnou šířkou se zvětšuje.

⁴ WMO - Světová meteorologická organizace.

K detekci a monitoringu cyklón se využívá leteckých a *satelitních pozorování* (hlavně družice METEOSAT, NOAA 10 a 11, METEOR), *radarových měření, vertikálních sond atmosféry, měření tlaků a teplot vzduchu a oceánů*, ale i *přímých svědectví*.

Státy postihované tropickými cyklónami mají detailně vypracována opatření a postupy, jak se chovat před, během a po katastrofě. Praktické rady občanům jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 2 Praktické rady, jak se chovat před, při a po výskytu tropické cyklóny

PŘED	<ul style="list-style-type: none"> Posílit a připevnit části konstrukce domu. Utěsnit škvíry (mezi prkny). Rozmontovat velké skleněné části. Uskladnit důležité věci. Odnést vše, co může být za letu nebezpečné Nezbytné věci dát do nepropustných tašek (oblečení, peníze, léky). Přemístit zvířata. Lodky uvázat co nejdále. Vyhledat nejstabilnější místo (WC, sklep, centrální místnost, výtahová šachta).
BĚHEM	<ul style="list-style-type: none"> Neopouštět úkryt. Poslouchat rádio. Neustále hlídat odolnost dveří a oken. Být připravený připevnit vnitřní dveře místo prasklých dveří či oken. Hlídat zevnitř stav blízkého potoka, řeky, jezera. Pozor na oko cyklóny!!!
PO	<ul style="list-style-type: none"> V noci být víc ostražitý. Opustit kryt až po! Po ohlášeném konci zkontaktovat sousedy, v případě potřeby je ošetřit či někoho zavolat. Pozor na vlny, které bývají po cyklóně. Nechodit do přístavů. Nedotýkat se elektřina či pevné linky. Pozor na objekty na spadnutí. Opravit dům. Pohřbít mrtvá zvířata. Opatrně řídit. Vyhýbat se cestování.

Intenzita, ale i četnost tropických cyklón je značně modifikována v obdobích výskytu jevu **El Niño**. Tento atmosférický jev je součástí komplexních vazeb mezi oceánem a atmosférou, který se označuje jako **ENSO** (*El Niño – Southern Oscillation*). ENSO je nejvýznamnějším známým zdrojem meziroční proměnlivosti počasí a klimatu v různých částech světa (s přibližným cyklem 3 až 8 roků). Jev ENSO má tedy dvě komponenty, a to atmosférickou (právě El Niño) a oceánickou (vyjádřenou Jižní Oscilací). Velmi, ale velmi zjednodušeně lze podstatu jevu vyjádřit takto:

V důsledku oslabení jihovýchodních pasátů v Pacifiku dochází k oslabení studeného Humboltova mořského proudu, který transportuje studenou vodu při západních březích Jižní Ameriky směrem k rovníku. V důsledku toho se z centrální oblasti Pacifiku začne šířit teplá voda směrem na východ až k západním Břehům Jižní Ameriky. To vyvolává rozsáhlé změny jak v samotném oceánu, tak v atmosféře. Důsledky jsou citelné pro (pravděpodobně) celou planetu. Celý tento jev je značně komplikovaný a existuje řada nezodpovězených otázek.

Dopady na četnost a intenzitu tropických cyklón jsou názorně vyjádřeny v Tab. 3.

Tab. 3 Změny v četnosti a intenzitě tropických cyklón za běžné situace a v letech El Niño

Region	El Niño Years		Non-El Niño Years	
	Number of Storms	Intensity	Number of Storms	Intensity
North Atlantic	Large Decrease	Small Decrease	Small Increase	Small Increase
Eastern North Pacific	Slight Increase	Increase	Slight Decrease	Decrease
Western North Pacific: Eastern half, Western half	Increase Decrease	No Change No Change	Decrease Increase	No Change No Change
Indian Ocean (North / South)	No Change	No Change	No Change	No Change
Australian Region: Western Central and East	Slight Decrease Decrease	No Change Slight Decrease	Slight Increase Increase	No Change Slight Increase
South / Central Pacific (>160°E)	Increase	Increase	Decrease	Slight Decrease

3.1.2 TORNÁDA

Tornádo je silně rotující vír (rychlosti 50 – 100 m/s) maloprostorového měřítka (o průměru desítky až stovky metrů) vyskytující se pod spodní základnou konvektivních bouří, který se během své existence alespoň jednou dotkne zemského povrchu a je dostatečně silný, aby na něm mohl způsobit hmotné škody. Od tromby se liší svou zhruba vertikální osou rotace.



Podle způsobu vzniku rozlišujeme dva druhy tornád, a to tzv. **supercelární** a **nesupercelární tornáda**.

První typ je vázán na tzv. **supercelu**, což je jediná mohutnou bouřková buňka. Tato buňka se vytváří nad přehřátým povrchem, kdy se nejprve vytváří tzv. **konvekční buňka**⁵, která se dále vyvíjí a zmohutňuje, až vzniká silně rotující supercena. Životnost supercely je několik hodin.

Na supercely jsou vázána nejničivější tornáda na americkém středozápadě. Zde jsou tornáda doprovázena intenzivními elektrickými výboji, prudkými a vytrvalými přívalovými dešti a často také mohutným krupobitím. Superceny se v Evropě vyskytují jen vzácně.

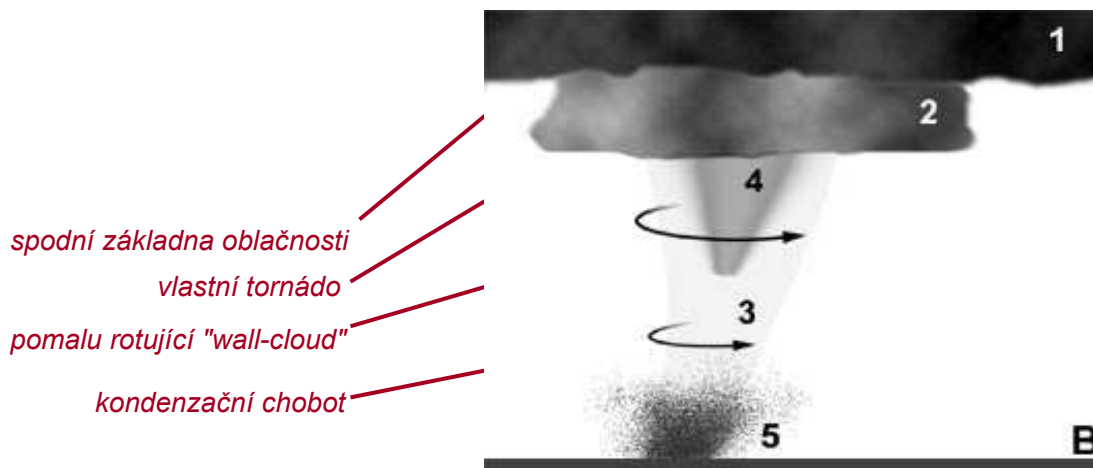
Druhým typem je tzv. **nesupercelární tornádo**, jehož mateřská bouře je tvořena více bouřkovými buňkami. Nesupercelární bouřková buňka má životnost cca 30 minut. Tornáda vázaná na tuto bouři bývají mnohem slabší. Tento druh tornád je typický právě pro Evropu, resp. Českou republiku.

Tornáda mají ve většině případů cyklonární způsob rotace⁶, jen výjimečně naopak. Zdrojem energie pro tornáda je přehřátý na vlhkost bohatý vzduch. Dojde-li k zeslabení cirkulace a nebo k nasátí suššího vzduchu, tornádo se zvedá od povrchu a nebo zcela zaniká.

Vzhled tornáda je zachycen na Obr. 3.

⁵ Konvekční buňka je uzavřený cirkulace vzduchu s vertikálně položenou osou. Princip je vysvětlen v kap.3.1.1.

⁶ Cyklonární rotace označuje směr rotace vzdušných vírů obecně: na severní polokouli proti a na jižní polokouli po směru hodinových ručiček.



Obr. 3 Vzhled tornáda

Intenzita tornád se udává v tzv. **Fujitově - Allenově stupnici** vzniklé v roce 1971. Tato škála je založena na hodnocení škod, jaké způsobí tornáda, což vede k značné subjektivitě při hodnocení a velmi závisí na zkušenostech pozorovatele. Stupnice má 5 stupňů a jejich popis je v Tab. 4.

Tab. 4 Fujitova – Allenova stupnice intenzity tornád

Stupeň	Rychlost větru [km/h]	Očekávaný dopad
F0	61 – 115	Slabé škody
F1	116 - 184	Částečně poničená krytina střech; jedoucí automobily vytlačované ze silnice; větší stromy s pevnějšími kořeny výjimečně vyvrácené a přelomené
F2	185 - 259	Střechy některých budov stržené; chatrnější stavby zničené; zděné domy bez vážnějších poškození zdí; lehčí auta nadnášena; většina izolovaně rostoucích velkých stromů vyvrácena nebo přelomena
F3	260 - 342	Střechy a zbořené zdi i u dobře postavených budov; převržená auta; převrácené vlaky; většina stromů v lese vyvrácena
F4	343 – 432	Železobetonové budovy významně poškozené; méně pevné budovy srovnané se zemí; trosky chatrných budov rozptýlené do velkých vzdáleností; auta unášena i na velké vzdálenosti; pahýly stromů úplně zbaveny kůry
F5	>433	Železobetonové budovy těžce poškozené, ostatní budovy zničené; auta přenášena vzduchem; pole zcela bez vegetace, úroda vytrhaná i s kořeny

Na území České republiky se prokazatelně vyskytuje 1 tornádo za 1 až 2 roky. Avšak např. rok 200 byl z tohoto pohledu nadprůměrný, protože se vyskytlo 5 tornád. Příčiny mohou být jednak ve zvýšeném reálném výskytu tohoto jevu, ale spíše ve větší informovanosti veřejnosti, která tornáda nejčastěji nahlašuje.

Prvním historicky doloženým tornádem u nás je tornádo z roku 1119 zaznamenané v Kosmově kronice, kde je napsáno:“ *Tato vichřice byla tak silná, že kdekoliv zuřila, v této zemi svou prudkostí vyvrátila lesy, štěpy a vůbec vše co jí stálo v cestě.*“ Předpokládá se, že dosáhlo intenzity F3 – F4.

Skutečnost, že tornáda přitahovala lidskou pozornost a podněcovala fantazii, dokládá Obr. 4.



Obr. 4 Kresba z knihy J. A. Komenského (1685)

V posledních letech bylo nejsilnější tornádo zaznamenáno **31. 5. 2001** v **Milošovicích** u Kutné Hory (intenzita F3). Dne **9. 6. 2004** se pak u **Litovle** vyskytlo tornádo o intenzitě F3, které trvalo asi 10 min, ale stihlo napáchat značné škody.

Studiem tornád a koordinací všech aktivit s tímto související se na mezinárodní úrovni mimo jiné zabývá **WMO**. Na mezinárodním poli rovněž existují sdružení jako např. **CEPMMT** či **RC LACE**.

CEPMMT (*Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme*) bylo založeno v roce 1974 a sdružuje 18 západoevropských zemí. Sídlem sdružení je Reading ve Velké Británii.

RC LACE (*Regional Center for Limited Area Modelling in Central Europe*) bylo založeno v roce 1994a sdružuje 6 zemí střední a východní Evropy, a to Rakousko, Chorvatsko, Maďarsko, ČR, SR a Slovinsko.

Na národní úrovni se problematikou zabývají národní meteorologické služby. V rámci ČR se detekcí a studiem tornád zabývá **Český hydrometeorologický ústav**. Inventarizací a studiem tornád na našem území v minulosti se zabývá také např. **Geografický ústav Masarykovy univerzity**.

Státy postihované častěji tornády mají vypracovány rady a postupy, jak se chovat před, během a po výskytu tornáda. Praktické rady občanům jsou uvedeny v Tab. 5. Rady týkající se zejména fáze očekávání tornáda mají smysl spíše v oblasti výskytu supercelulárních tornád, která mají delší životnost a ví se o nich alespoň chvíli předem.

Tab. 5 Praktické rady, jak se chovat před, při a po výskytu tornáda

PŘED	Mít přichystaný pevný úkryt pro sebe i zvířata. Zajistit předměty či konstrukce, které by mohly odlétnout. Mít kontakty na sousedy. Odmontovat antény a odpojit elektrická zařízení. Mít zásobu pitné vody.
-------------	---

BĚHEM	Neopouštět úkryt. Je-li odjezd nutný, Nahlásit, kam jedu, a minimalizovat jízdu lesem. Poslouchat rádio. Neustále hlídat odolnost dveří a oken. Být připravený připevnit vnitřní dveře místo prasklých dveří či oken. Nestát u oken.
PO	V noci být víc ostražitý. Opustit kryt až po! Po ohlášeném konci zkontaktovat sousedy, v případě potřeby je ošetřit či někoho zavolat. Nechodit do přístavů. Nedotýkat se elektrina či pevné linky. Pozor na objekty na spadnutí. Opravit dům. Pohřbít mrtvá zvířata. Opatrně řídit.

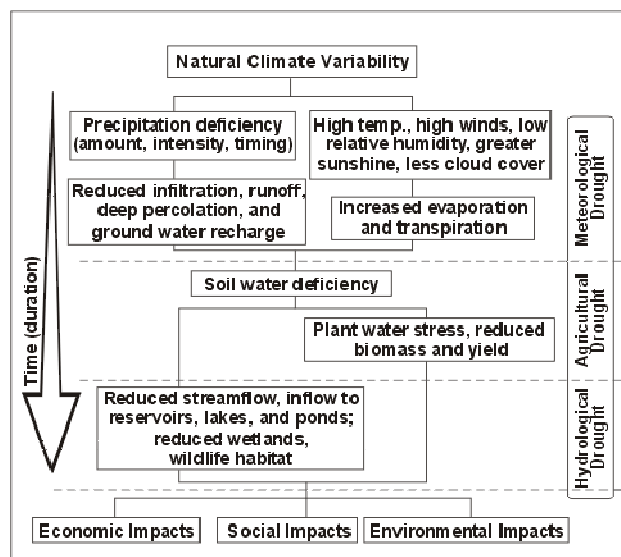
3.1.3 SUCHA

Jako **abnormálně suchou periodu** lze definovat takovou, kdy není dostatek vody k zajištění zemědělských, občanských a environmentálních potřeb. V každé oblasti lidské činnosti, ale i v každém regionu světa, je vnímání pojmu sucho poněkud odlišné.

Meteorologové definují sucho jako dobu, kdy je celkový úhrn srážek značně nižší než je dlouhodobý průměr. Zemědělci jako sucho definují jako stav, kdy je nedostatek vody pro zavlažování, což vede ke snížení produkce. **Hydrologické sucho** je takové, kdy jsou vodní stavy⁷, resp. průtoky, značně nižší, než je dlouhodobý průměr. V případě **socioekonomického sucha** je nedostatek vody k zajištění potřeb vody pro společnost a její aktivity. A v neposlední řadě biologové používají pojmu **fyzilogické sucho**, které vyjadřuje nedostatek pro rostliny využitelné vody v půdě. Schématické provázání biotických a abiotických složek prostředí s jednotlivými typy sucha vyjadřuje Obr. 5.



⁷ Vodní stav je výška vodní hladiny nad určenou nulovou hladinou.



Obr. 5 Schématické provázání biotických a abiotických složek prostředí s jednotlivými typy sucha

Sucho, jak vyplývá z obecné definice, se může vyskytnout v jakékoliv části pevniny. Jeho dopady jsou velmi závislé na síle a době trvání suché periody. Možnými důsledky jsou např. požáry, dezertifikace, ztráty na zemědělské produkci, ale i ztráty na životech, choroby a hlad (neboť není voda na zavlažování polí a pro dobytek). V širším měřítku může docházet až k sociálnímu neklidu, migraci a válečným konfliktům.

V historii se v různých částech světa vyskytla řada ničivých epizod sucha. V roce 1900 postihlo Indii ničivé sucho, které si vyžádalo řadu obětí, odhady se pohybují v rozmezí 250 tis. až 3,25 mil. mrtvých. Velká sucha pravidelně postihují také oblast severozápadní Číny. Jedno takové se objevilo v letech 1928-30, kdy zahynulo přes 3 mil. mrtvých. V roce 1936 se v provincii Sichuan v Číně vyskytlo nehorší sucho v moderní historii, kdy muselo být na 34 mil. rolníků přestěhováno a hlady trpělo na 5 mil. Číňanů.

3.2 LAVINY

Laviny jsou obecně přirozené procesy a jejich naprostá většina z nich probíhá bez způsobení škod materiálních nebo na životech, mnohé z nich nejsou dokonce ani zaznamenána. Evropské Alpy jsou pohoří se suverénně největším počtem lavin na světě (BRUNEL UNIV. REPORT IN EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003). Alpské laviny usmrťí více než 100 osob ročně (v průměru za posledních 30 let). Z tohoto hlediska nejtragičtější za poslední dobu byla zima 1998/1999.

3.3 LESNÍ POŽÁRY

Lesní požáry jsou do značné míry přírodním fenoménem. Z ekologických studií jsou známy příklady regenerace především lesních ekosystémů právě prostřednictvím lesních požárů (Sev. Amerika - Yellowstone, Skandinávie, Austrálie). Na základě výzkumů těchto procesů vznikla v Evropě a Sev. Americe lesohospodářská opatření označovaná jako „řízené požáry“. Dnes víme, že přirozené lesní požáry hrají na určitých stanovištích důležitou a nezaměnitelnou roli v dynamice ekologických vztahů. Vedle toho existují skutečně ničivé požáry např. v sušší části mediteránní části Evropy, kde se jedná o kulturní krajinu značně pozměněnou člověkem. Důsledky těchto požárů jsou pak velmi diskutabilní, vynecháme-li antropocentrický pohled na věc.

Příčiny lesních požárů jsou dvojí povahy:

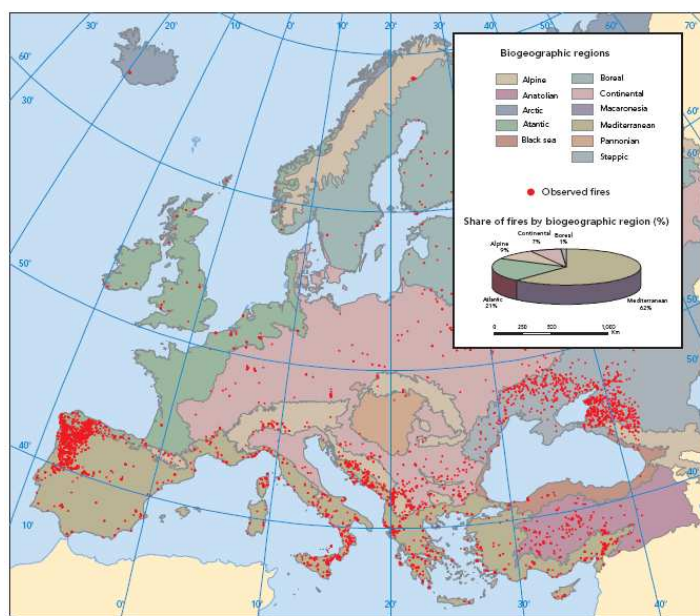
1. přirozené, kde hlavním faktorem je blesk;
2. v důsledku lidské aktivity: přerušené, spadlé elektrické vedení, nedbalost při pobytu v lese a táboření, a také žhářstvím;

Náchylnost k lesním požárům přirozeně zvyšuje suché a horké klima, záleží také na kvalitě materiálu.

Na četných evropských spáleništích byl zkoumán vliv lesních požárů na biologickou diversitu. Ta je různá pro určité skupiny organismů. Např. požářiště kolonizují druhy rostlin, které nejsou zpravidla v oblasti vzácné, vzácné druhy naopak zbývají. Na druhou stranu je prokázán vzrůstající počet ptáků na ha, a to zejména vzácných druhů, které obvykle nehnízdí v lesích. Studována byla také různá sukcesní stádia vegetačních formací následující po požáru.

3.3.1 LESNÍ POŽÁRY V EVROPĚ

Z obr. 6 je zřejmé geografické rozložení lesních požárů v Evropě, kde nejvíce postiženou zónou je oblast Středomořího a Černého moře a atlantické pobřeží Portugalska (asi 62%). Ojedinelé případy však můžeme najít i v severní části Skandinávie.



Source: EEA-ETC/TE, 2003 (based on ATSR World Fire Atlas. European Space Agency, ESA/ESRIN/ Biogeographic regions (EEA) / Corine Land Cover 90 12/2000 (EEA)), PELCOM 1997 (DLO — Winand Staring Centre).

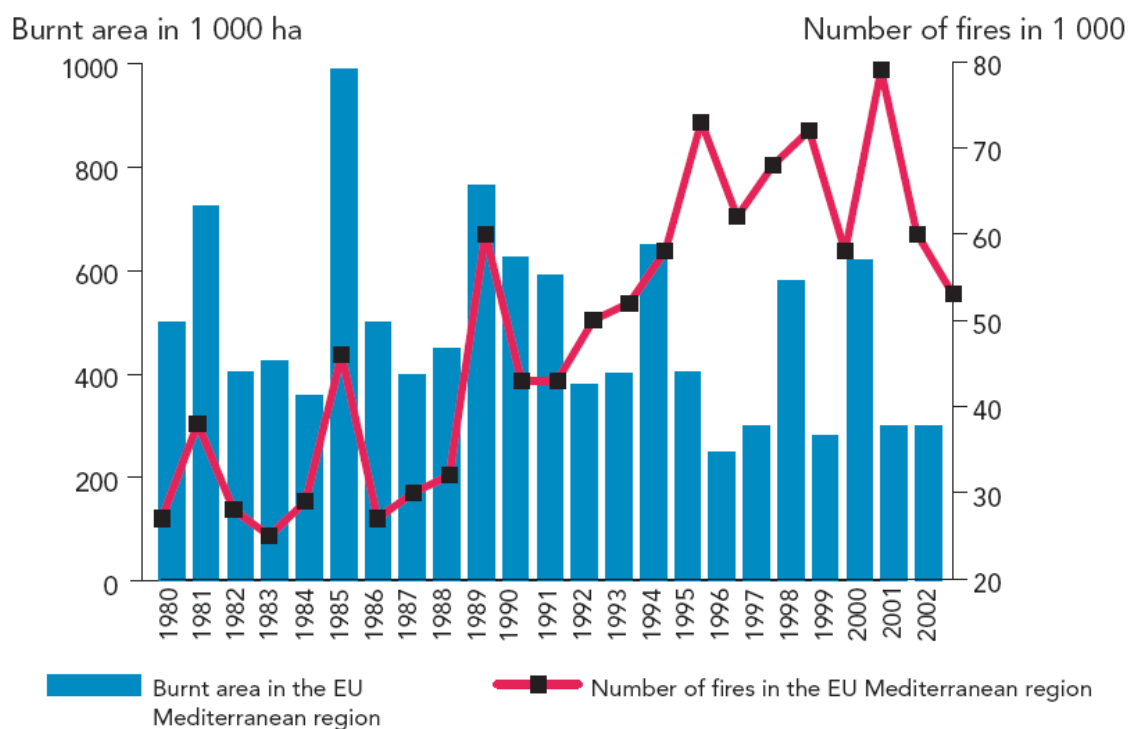
Obrázek 6: Lesní požáry v Evropě v letech 1998-2002. Monitoring požárů na základě satelitních dat. (EEA-ETC/TE IN EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003).

Za posledních 20 let má počet lesních požárů výrazně stoupající tendenci, od přibližně 25 v roce 1980 vzrostla frekvence na asi 65 v roce 2000. To svědčí o nepřilíš efektivním preventivním opatřením proti vzniku požáru, jsou-li nějaká. Na druhou stranu celková plocha spálenišť nestoupá, naopak má mírně klesající tendenci, která však není nijak přesvědčivá. Nasvědčuje to ovšem na větší účinnost protipožárních opatření v případě, kdy již požár vypukne.

V tabulce 6 je výčet největších lesních požárů v Evropě v letech 1988-2002. V roce 2006 vypukl další požár v Portugalsku, porovnatelný svým rozsahem s tímto výčtem.

Tabulka 6: Přehled nejničivější lesních požárů v Evropě v období 1998-2002 (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003).

Datum události (1998–2002)	Místo	Důsledek, škoda
červenec 1998	Katalánsko Španělsko	okolo 27 000 ha spáleno, zasaženo asi 600 osob.
červenec 1999	Sardinie, Calabrie, Ligurie Itálie	Shořelo více než 32 000 ha.
leden–srpen 2000	Galicie, Kastilsko-Leon, Katalánsko Španělsko	Více než 60 000 ha shořelo od 1 ledna do 20 srpna.
červenec 2000	Samos, Corinth, Aicha Řecko	Okolo 11 500 ha shořelo, 2 osoby usmrceny, 90 lidí přišlo o střechu nad hlavou.
červenec 2000	Haskovo, Yambol, Bourgas, Stara Zagora, Plovdiv (Bulharsko)	As 27 000 ha spáleniště, 7 lidí přišlo o život, 17 zraněno, 150 bez domova.
srpen 2000	Split, Metkovic, Omis Chorvatsko	Asi 20 000 ha lesního porostu shořelo, 1 oběť
srpen 2000	FYROM	Na 16 000 ha lesa shořelo.
září 2001	sev. a centr. Portugalsko	Více než 40 000 ha shořelo.



Obrázek 7: Lesní požáry v Evropě v letech 1980-2002. Sloupce představují spálenou plochu v rámci mediteránní oblasti zemí Evropské unie, červená linie pak počet lesních požárů tamtéž (sekundární osa) (EU COMMISSINO – FOREST FIRES IN EUROPE IN EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003).

Do preventivních opatření by patřilo: veřejná osvěta, monitorovací systém (pravidelné hlídkové lety), ale také krajinný management - např. ve Francii se osvědčila tradiční mediteránní forma krajiny s dílčími parcelami zemědělských pozemků, palouků oddělených remízky a lesními enklávami. Dále sem patří rozčlenění lesních porostů – široké vykácené pásy (na dvě výšky porostů) vedené na hřebenech konvexních tvarů terénu, které pomáhají zabránit šíření požáru. Nově bývá uvažováno o stacionárních monitorovacích kamerách např. na anténách mobilních operátorů.

V některých mediteránních zemích (např. Řecko) bývá tradiční problém se žhářmi. Spáleniště je totiž velice obtížné regenerovat a proto bývají v některých případech tyto pozemky určeny pro

zástavbu domů. To však bývá pravým záměrem žhářů při zakládání lesních požárů. Lze tomu zabránit pouze důslednou politikou krajinného plánování.

Naprostou nezbytným nástrojem monitoringu, ale i včasného varování je dálkový průzkum Země, příp. geoinformační systémy.

3.3.2 LESNÍ POŽÁRY V ČESKÉ REPUBLICE

Lesní požáry v ČR nejsou v porovnání se Středomořím nikterak časté ani ničivé. To je dáno přírodními podmínkami našeho státu. Přesto bývá ročně spáleno až 1200 ha lesních porostů (viz Tabulka 7). Prevence spočívá ve stejných věcech uvedených v předchozí kapitole: důsledné dodržování zákazu kouření a rozdělávání ohně v lese (zakázáno zákonem!), dodržování příslušných lesohospodářských praktik zvláště v náchylných oblastech (členění porostů, volba vhodných dřevin), v poslední době vedení Lesů České republiky uvažuje o zavedení sítě monitorovacích kamer schopných detekovat požár do vzdálenosti 50 km.

Tabulka 7: Rozloha lesních požárů v ČR během let 1998-2005 Zdroj: Český hasičský sbor – www-stránky.

rok	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Počet požárů	2563	1402	1499	483	597	1754	873	636
Škoda mil. Kč	24	10,8	19,8	6,8	8,9	33,5	19,1	9,5
Zničeno ha	1132	336	375	87	178	1236	335	227

3.4 ZEMĚTŘESENÍ

Pod pojmem **zemětřesení** se rozumí rychlé, krátkodobé otřesy zemské kůry různé intenzity.

Podle příčin rozlišujeme několik typů zemětřesení:

Říťivá, která jsou nejméně častá (kolem 3% všech zemětřesení). Vznikají např. zřícením stropů podzemních dutin v krasových nebo poddolovaných oblastech.

Sopečná, představují 7% všech zemětřesení. Bývají průvodním jevem sopečné činnosti (zpravidla předchází samotnému výbuchu), jsou vyvolána pohybem ker pod tlakem vystupující lávy či par a plynů. Stejně jako říťivá zemětřesení mají jen lokální význam a malou intenzitu.

Tektonická jsou nejčastější a nejzhoubnější typ zemětřesení, které vzniká náhlým uvolněním nahromaděné energie v tektonicky aktivních oblastech. Zde dochází ke



Obr. 8 Důsledky zemětřesení v Edgumbe (1987)

smykovému pohybu ker podél zlomových spár. Maximální pohyby ve vertikálním směru mohou dosáhnout i mnohametrových hodnot, horizontální směr ohniska může dosahovat i stovek kilometrů. Důsledky takovýchto otřesů jsou například na Obr. 8.

Podle hloubky hypocentra rozlišujeme tyto typy zemětřasných činností:

Mělká – do 60 km

Střední – 60 - 300 km

Hluboká – 300 - 700 km

Každé zemětřesení se šíří z **ohniska (hypocentra)**, které se nachází v různé hloubce pod zemským povrchem (nejčastěji se vyskytuje v hloubce okolo 60 km). Průmět hypocentra na zemský povrch se označuje jako **epicentrum**. V epicentru bývá intenzita zemětřesení největší.

Vědní obor zabývající se zemětřesením se nazývá **seismologie**, registraci zemětřesení zajišťuje **seismograf**.

3.4.1 INTENZITA ZEMĚTŘESENÍ

Existují dva způsoby měření intenzity zemětřesení, a to **Mercalliho škála** a veřejnosti asi více známá **Richterova stupnice**.

Modifikovaná Mercalliho škála měří se v **balech**, intenzita zemětřesení se počítá na škále 12 balů na základě pozorování následků zemětřesení (není tedy měřena přístroji). Mercalliho stupnici v závislosti na stupeň poškození je uvedena v Tab. 1.

Tab. 9 Modifikována Mercalliho stupnice

Mercalliho stupnice	Pojmenování	Popis
I	Nepozorovatelné	Člověk nerozpozná, pouze přístroje.
II	Velmi slabé	Rozpoznatelné v horních patrech budov citlivými lidmi (2,6 - 5 mm.s ⁻²).
III	Slabé	Vibrace, lustry se pohybují; srovnatelné s vibracemi způsobenými projíždějícím těžkým nákladním automobilem.
IV	Mírné	Drnčení oken, cinkot příborů a nádobí, zdi vydávají praskavé zvuky.
V	Málo silné	Lze rozpoznat v krajině, probouzí spící, praskání oken, kyvadlové hodiny se mohou zastavit (28 - 50 mm.s ⁻²).
VI	Silné	Vrávorání při chůzi, padají předměty, rozbíjí se nádobí, praskliny v omítce.
VII	Velmi silné	Lze jen obtížně stát, zvony zvoní, trhliny ve zdech.
VIII	Bořivé	Padají komíny, poškození budov, pohybující se těžký nábytek.
IX	Pustošivé	Panika, vážné poškození domů, větší trhliny v půdě.
X	Ničivé	Zničené budovy, porušení přehrad, velké trhliny v půdě.
XI	Katastrofické	Roztržení kolejí a potrubí, zničené mosty, změny terénu.
XII	Globální	Velké předměty létají vzduchem, úplné zničení, rozsáhlé terénní změny (více než 500 mm.s ⁻²).

Richterova stupnice se používá se pro hodnocení intenzity zemětřesení ve sdělovacích prostředcích. Intenzita zemětřesení se počítá podle **magnituda**, které se určuje z maximálních výchylek pohybů půdy při zemětřesení a udává intenzitu pohybů země měřenou ve vzdálenosti 100 km od epicentra. Richterova stupnice je logaritmická, nemá vrchní hranici. Jednotlivé stupně a jejich charakteristika jsou udány v Tab. 7.

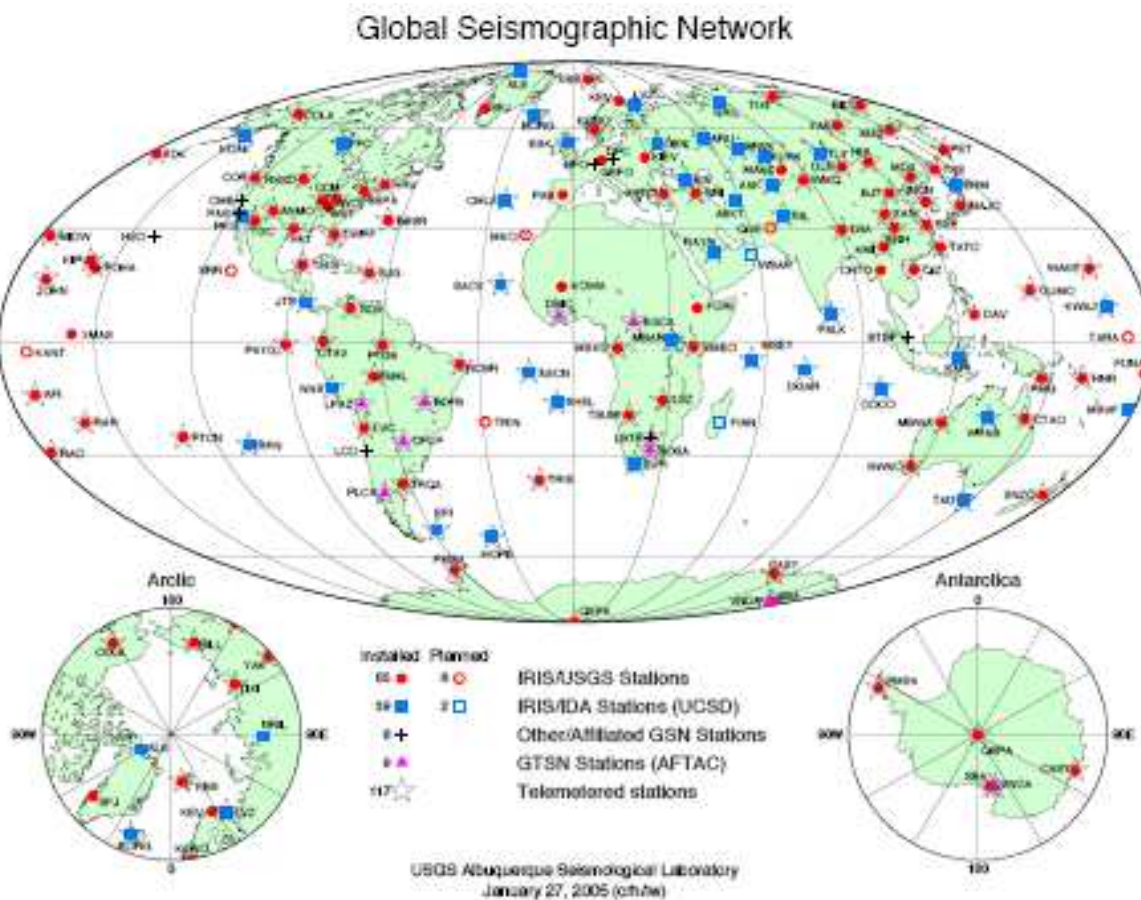
Tab. 8 Richterova stupnice

Magnitudo	Následky
1, 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

3.4.2 PREVENCE

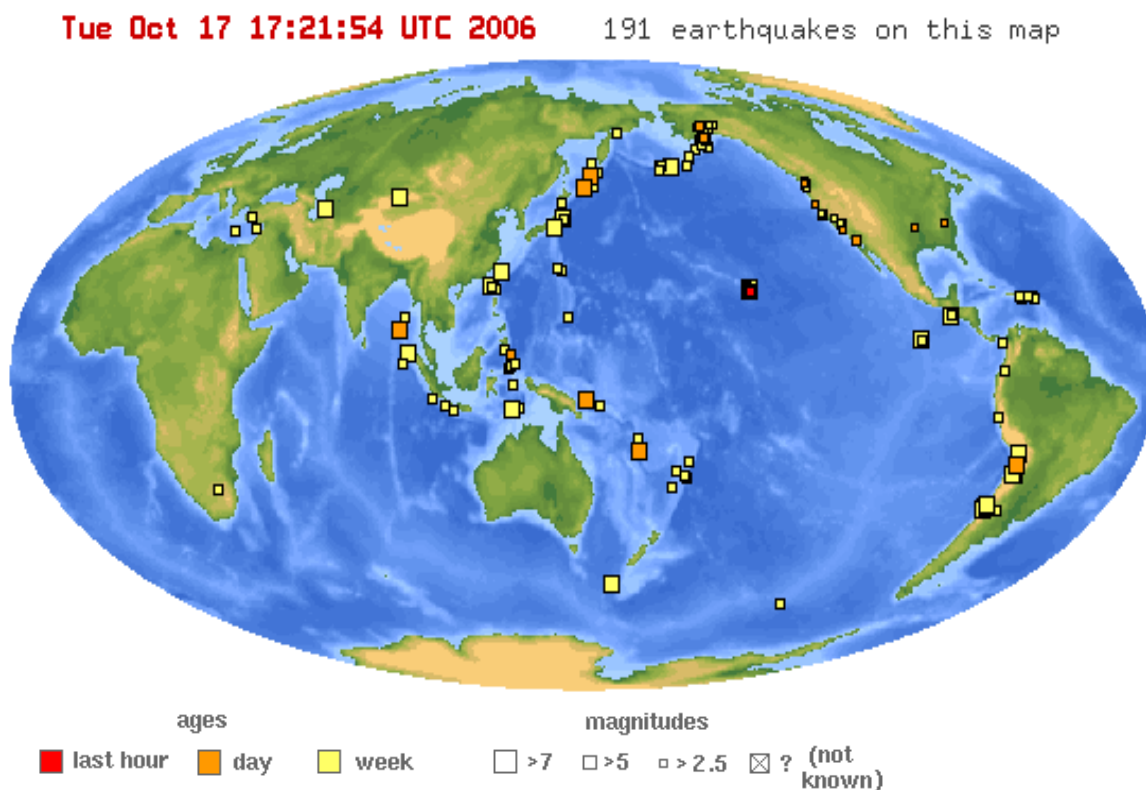
Zemětřesení nelze účinně zabránit, je tedy nutné se tomuto přírodnímu riziku přizpůsobit a zajistit preventivní kroky tak, aby škody při možném zemětřesení byly co nejmenší.

Klíčovou roli při monitorování zemětřesení hraje **GSN (Global Seismographic Network)**. GSN má 128 stanic v 80 zemích světa a pokrývá všechny kontinenty (viz Obr. 9). Hlavní těžiště činnosti spočívá ve výzkumu a monitoringu seismické aktivity v celosvětovém měřítku. GSN ale také monitoruje a informuje o jaderných explozích ve světě.



Obr. 9 Monitorovací stanice GSN ve světě

Informace GSN přebírají ostatní portály (např. **GDACS - Global Disaster Alert and Coordination System** nebo **HEWS - Humanitarian Early Warning Service**), které monitorují a informují o přírodních katastrofách ve světě a pomáhají koordinovat následné záchranné akce. Tyto servery obsahují aktuální zprávy a mapy týkající se momentálního dění ve světě (viz Obr. 8) a hrají důležitou roli co se týče podpory humanitární připravenosti.



Obr. 10 Mapa zobrazující zemětřesení na Zemi dne 17. 10. 2006

Výskyt zemětřesení lze také orientačně předpovědět na základě analýzy a statistiky těchto jevů v minulosti. V žádném případě ale nejde o velmi přesnou metodu.

Jedním z dalších preventivních opatření jsou technické normy na stavbu budov v tektonicky neklidných oblastech (lehké a pružné konstrukce, odpovídající materiály...atd.)

3.4.3 ŠKODY

- a) **Lidské** – zemětřesení je nevražednější z přírodních rizik co se týče dopadu na lidskou populaci.
- b) **Ekonomické** – ničí obydlí, infrastrukturu, poškozují vodovody, plynovody, elektrické vedení; v důsledku těchto poškození vznikají požáry, exploze a jiné havárie
- c) **Environmentální** – vznikají trhliny, nerovnosti terénu a následný pohyb terénu, může dojít i ke změně složení půdy a změně tváře krajiny

3.4.4 CO DĚLAT?

Jak se zachovat před a během zemětřesení ukazuje Tab. 10.

Tab. 10 Praktické rady, jak se chovat před a při výskytu zemětřesení

Před	přerušit dodávky vody, plynu, proudu... zajistit těžké předměty evakuace
Při	<u>uvnitř</u> : držet se pevné zdi či konstrukčního prvku v budově (ideální jsou rámy dveří) <u>venku</u> : dostat se z dosahu nebezpečných padajících předmětů

Následující Tab. 11 obsahuje přehled největších zemětřesení ve 20. století.

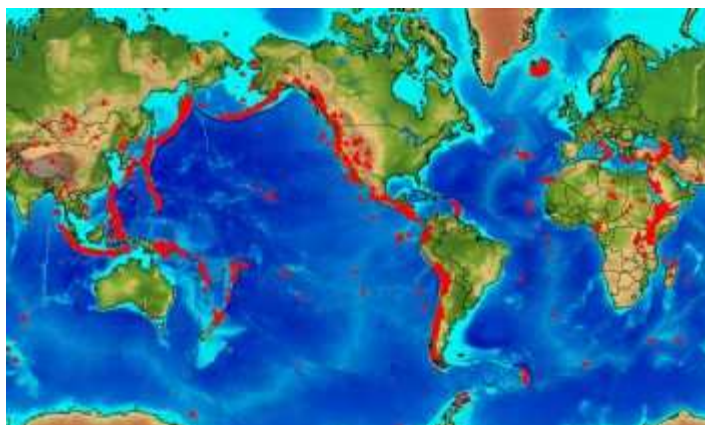
Tab. 11 Nejsilnější zemětřesení ve 20. století

Nejsilnější zemětřesení v letech 1900-2004			
Poř.	Místo	Datum	Magnitudo
1.	Chile	22. 5. 1960	9,5
2.	Pronce William Sound (Aljaška)	28. 3. 1964	9,2
3.	Andreanof Islands (Aljaška)	9. 3. 1957	9,1
4.	Kamčatka	4. 11. 1952	9,0
5.	Západní pobřeží severní Sumatry	26. 12. 2004	9,0
6.	Pobřeží Ekvádoru	31. 1. 1906	8,8
7.	Rat Islands (Aljaška)	4. 2. 1965	8,7
8.	Assam (Tibet)	15. 8. 1950	8,6
9.	Kamčatka	3. 2. 1923	8,5
10.	Bandské moře (Indonésie)	1. 2. 1938	8,5

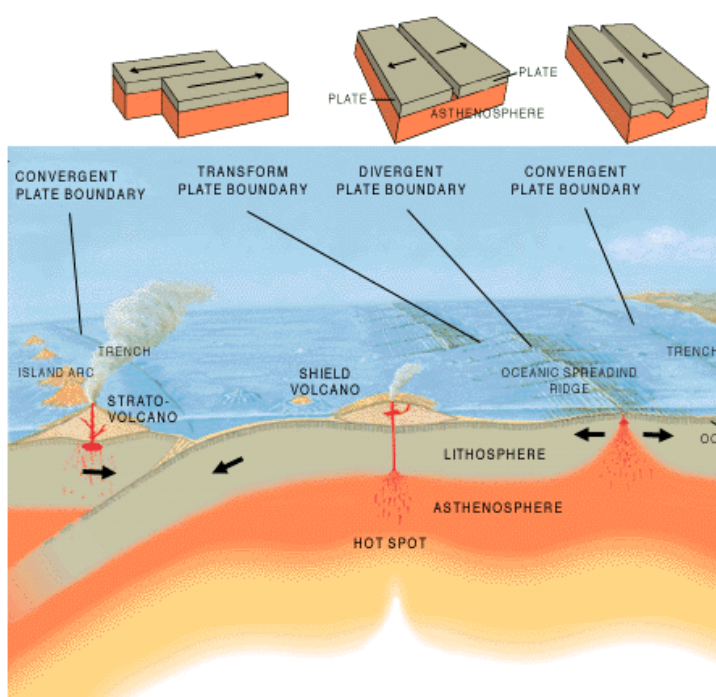
3.5 SOPEČNÉ ERUPCE

Sopečnou činností se nazývá proces při němž magma dosáhne zemského povrchu.

Sopky (příklad uveden na Obr. 9) se vyskytují se v tektonicky neklidných oblastech nejčastěji na okrajích dvou rozcházejících se litosférických desek (většina těchto sopek bývá na oceánských hřbetech pod hladinou moře) nebo při poklesu jedné litosférické desky pod druhou, tyto sopky jsou pak většinou explozivní. Oblasti s nejčastější vulkanickou činností jsou znázorněny na Obr. 11. Způsob a různé vzniky vulkánů jsou na Obr. 12.



Obr. 12 Místa výskytu sopečné činnosti – tektonicky neklidné oblasti



Obr. 12 Nejčastější výskyt a typy vulkánů



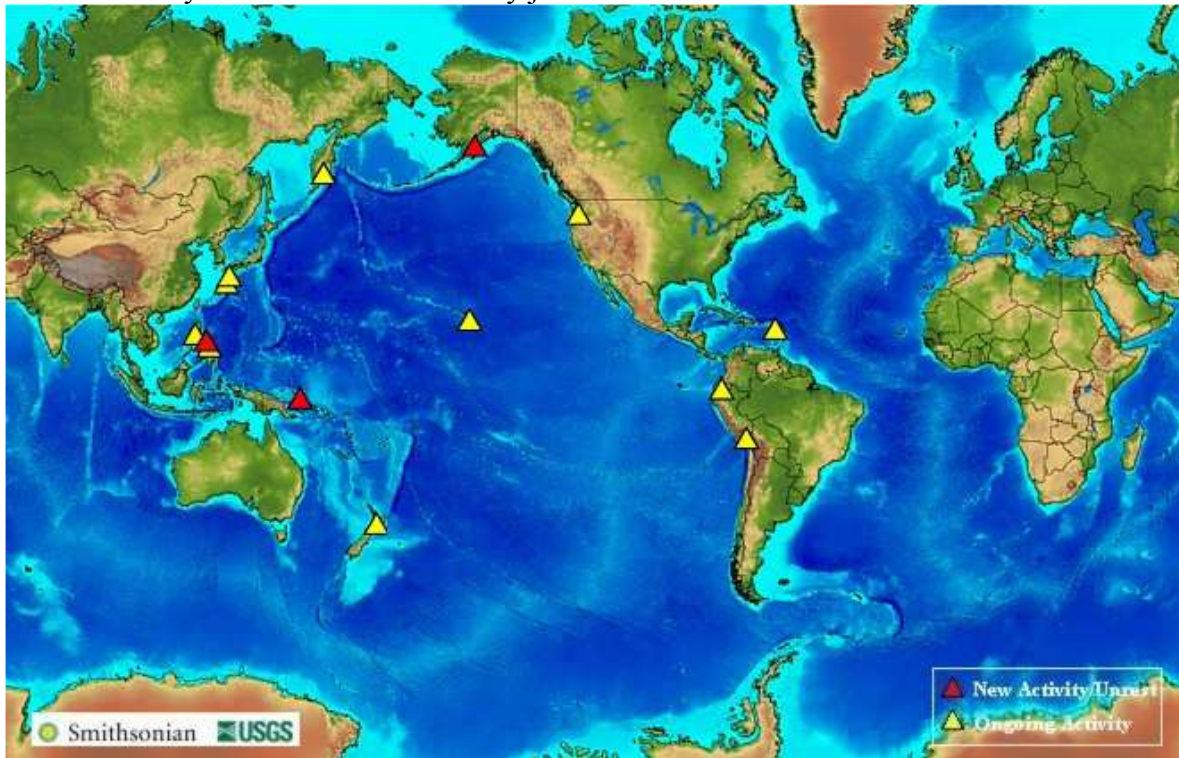
Obr. 13 Výbuch sopky Saint Helens (USA, 1980)

Z různých hledisek rozlišujeme tyto typy zemětřesení:

- a) Podle eruptovaného materiálu
- b) Podle typu erupce
 - **havajská** (klidná erupce tekoucí lávy)
 - **vulkánská** (vyvrhuje kusy pevné lávy a popelavý mrak)
 - **strombolská** (pravidelně chrlí z kráteru žhavou hmotu, výbuch je „velkolepý“, ale nemívá tak zničující následky)
 - **pélejská** (nejničivější typ erupce, proudy rozžhavených částic se pohybují dolů svahem)
 - **pilinijská** (explozivní erupce s obrovským prachovo-popelavým mrakem)
- c) Podle tvaru
 - **štítový vulkán** (široká základna, malý úhel náklonu)
 - **trosový kužel** (tvar kuželu tvořeného z trosk exploze)

- **stratovulkán** (vysoké vulkány, láva tuhne už na svahu)
 - **supervulkán** (obrovské zničující erupce s dopadem na celý kontinent – změna klimatu, např. Krakatoa, Indonésie)
 - **podmořské sopky** (sopky oceánských hřbetů, většina erupcí je hladině nepozorovatelná)
- d) Podle aktivity
- **aktivní**
 - **spící**
 - **vyhaslé**

V současných dnech aktivní vulkány jsou na Obr. 14.



Obr. 14 Aktivní vulkány ve světě

3.5.1 PREVENCE

Nelze přesně odhadnout, kdy sopka exploduje, ale informace o aktivitě a možné brzké erupci lze snadno získat. Mezi průvodní jevy sopečné činnosti patří:

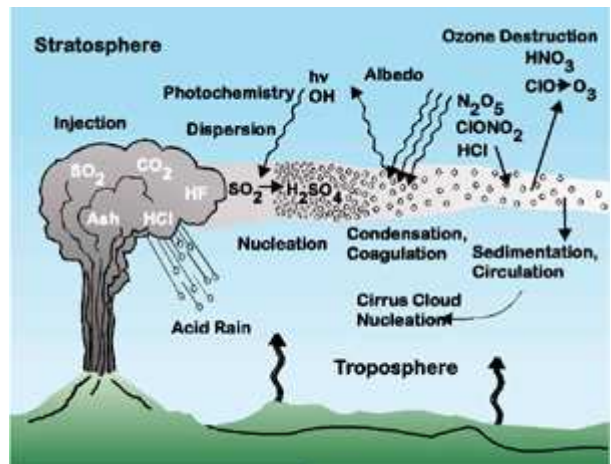
- a) seizmická aktivita (magma se tlačí k zemskému povrchu, zvyšuje se tlak plynů)
- b) zvýšené emise plynů
- c) deformace povrchu sopky způsobená akumulací magmatu pod povrchem

Poměrně přesnější informace lze získat dlouhodobým pozorováním geologického podloží a chemickými rozbory magmatu, případně vody (je-li kráter zaplaven).

V současné době jsou na světě na všech nebezpečnějších sopkách vulkanologické observatoře, které jsou propojeny internetovou sítí. Speciálními přístroji se měří sklony svahů vulkánu, který je sledován z výšky i satelity. Pomocí infračerveného záření se pořizují snímky, které ukazují barevně magmatický krb a eventuální pohyby magmatu.

3.5.2 ŠKODY

- a) **Lidské** – úbočí sopek bývá hustě osídleno, je zde úrodná půda bohatá na minerály.
- b) **Materiální**
- c) **Environmentální**
- ničí faunu a floru (naproti tomu v dlouhodobém měřítku se na svazích sopky tvoří úrodná půda)
 - **pyroklastické proudy** – směs žhavého prahu, plynů a popela rozžhavená na teplotu kolem 800°C, která se řítí úbočím vulkánu rychlostí až 150km/h až do dálky 50km a ničí cestou vše (v roce 1902 Mont Pelée, Martinique - pyroklastické proudy zde usmrtily 28 000 lidí)
 - **laháry** – proudy rozžhavené bahnitě směsi vzniklé táním sněhové čepice na vrcholu vulkánů; stejně jako pyroklastické proudy jsou o hodně rychlejší než láva a tedy i daleko nebezpečnější (Kolumbijská sopka Nevado Ruiz takto pohřbila 23 000 lidí pod osmimetrovými nánosy bahna)
 - emise množství plynů do ovzduší (vodní páry, CO₂, SO₂, H₂S, HCl, HF...)
 - změna klimatu – u velkých explozí jsou plyny a sopečný prach vymrštěny až do stratosféry, následné chemické reakce ovlivňují počasí a způsobují kyselé deště (viz.Obr. 15)



Obr. 15 Chemické změny v atmosféře v důsledku sopečné činnosti

3.5.3 CO DĚLAT?

- vykopat kanály, které svedou lávu od vesnic a měst
- polévat lávu vodou, aby zchladla a zpomalil se její pohyb
- zajistit obydlí (okna, dveře, střecha) proti vniknutí popelavého spadu
- tlakové nádoby do hluboké vody, limituje se tak únik plynů v důsledku změny tlaku
- u cest jsou často budovány ochranné betonové kryty pro ty, kteří se nestačí včas dostat do bezpečí

3.6 TSUNAMI

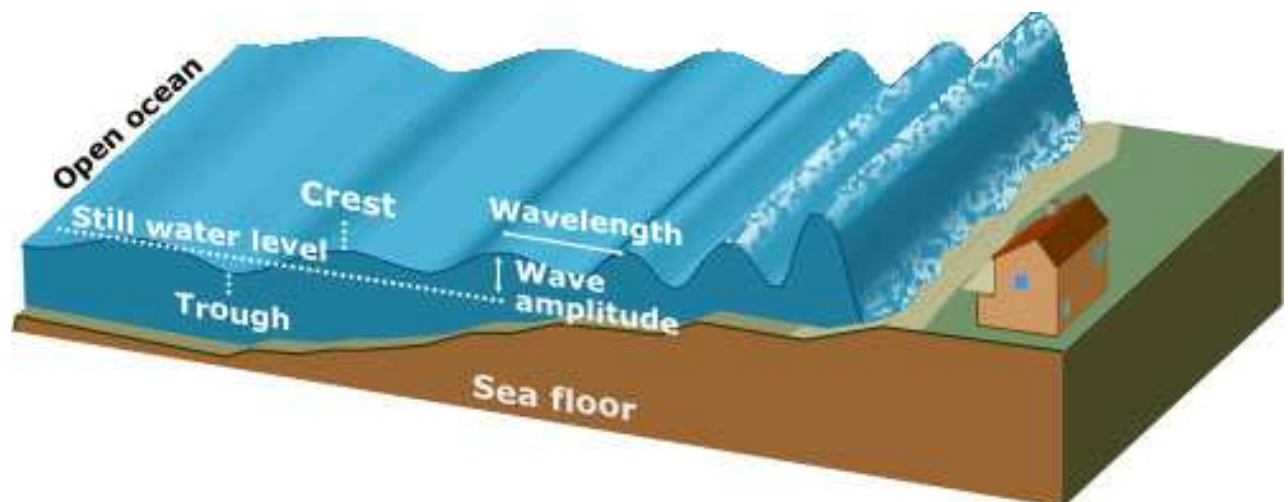
Tsunami je jedna nebo více po sobě jdoucích vln na hladině moře způsobená uvolněním obrovského množství energie v důsledku podmořského zemětřesení, sopečné erupce nebo podmořským sesuvem půdy.

V Japonštině slovo „tsunami“ znamená „přistavní vlna“, japonští rybáři si tak vysvětlovali fakt, že na volném moři nezaznamenali žádnou vlnu a přeci po svém návratu našli přístav zničený.

Vlna tsunami se šíří do všech směrů a pohybuje se rychlostí kolem 700km/h, na volném moři je schopná překonávat obrovské vzdálenosti s minimální ztrátou energie.

Díky obrovské vlnové délce (až stovky kilometrů) není vlna na otevřeném moři skoro znatelná (její výška se pohybuje v řádu desítek cm), když se ale vlna přiblíží k pobřeží a narazí na dno, rychlost se zpomaluje, její vlnová délka se prudce zkrátí a vlna se zvedá do výšky, která zpravidla nejde pod 15m (tsunami na Jávě měla až 40m, na pobřeží Sumatry to bylo 36m).

Způsob, jakým vlna tsunami vzniká a jak se šíří, je znázorněn na Obr. 16.



Obr. 16 Demonstrace vzniku tsunami

3.6.1 VÝSKYT

Tsunami jsou globálním jevem. Dochází k nim v důsledku otřesů zemské půdy, mohou se tedy vyskytnout dokonce i ve vnitrozemí na jezerech (např. v důsledku masivního sesuvu půdy). Nejčastěji se ale vyskytují v Tichém oceánu a nejčastěji postiženou zemí je Japonsko.

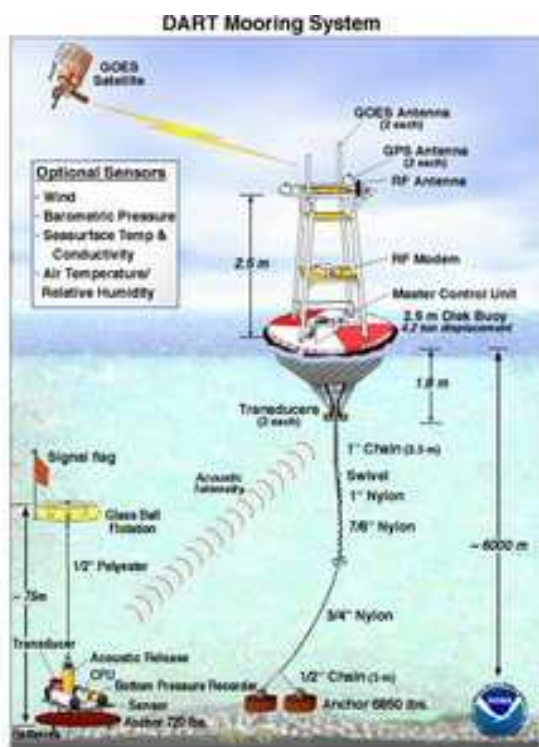
To, že se vlna tsunami blíží, lze poznat dle těchto indicií na pobřeží:

- je cítit zemětřesení
- na hladině se dělají bubliny, voda vypadá, jakoby se vařila
- voda se náhle oteplí, přicházejí teplé vlny
- voda je cítit po naftě nebo zkažených vejcích, může svědčit na kůži
- je slyšet rána
- na obzoru lze postřehnout červené světlo
- voda nezvykle ustoupí, u mělkého pobřeží to mohou být až stovky metrů
- chování zvířat – zvířata jsou schopna cítit vlnění pocházející i z dalekého zemětřesení a stahují se z pobřeží

3.6.2 PREVENCE

Mezi nejúčinnější preventivní opatření patří **seismologické monitorovací a varovné systémy** (viz Obr. 15). Tyto systémy monitorují zemětřesení, ale nedokáží přesně odhadnout dopad samotné tsunami. Vlna se nemusí šířit všemi směry stejně, záleží na geografickém prostředí a často tak dochází k falešným varováním.

Monitorovací systémy jsou na špičkové úrovni hlavně v Tichém oceánu, např. v USA NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) provozuje **Global Observation System**, který monitoruje i vznik samotné tsunami přes satelit. Informace o blížící se vlně je tak k dispozici s mnohahodinovým předstihem.



Obr. 17 Satelitní monitorovací systém vzniku tsunami



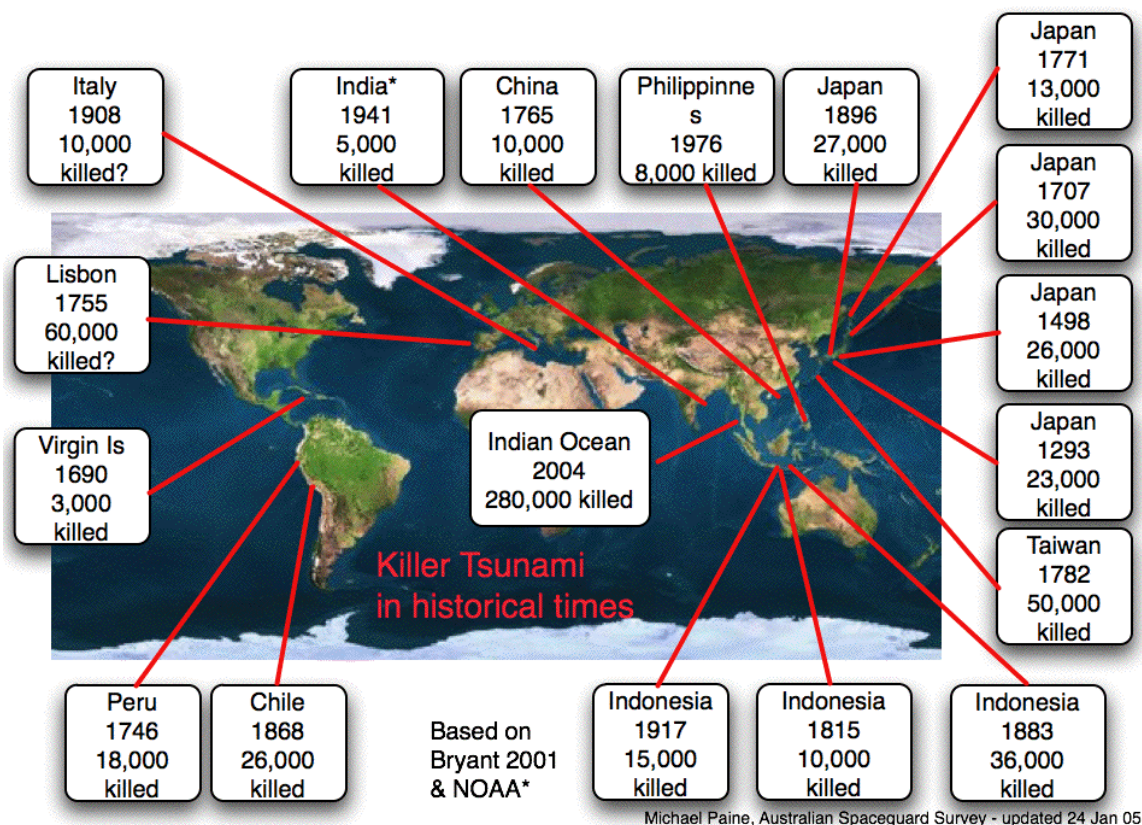
Obr. 2 Zeď proti tsunami v Japonsku

V Indickém oceánu žádné monitorovací systémy až do nedávné doby neexistovaly. Hlavním důvodem byla absence přírodních katastrof tohoto typu od minulého století. Naprostá nepřipravenost a nedostatek informací jsou jedním z důvodů, proč si tsunami v Indonésii v prosinci 2004 vyžádala tolik obětí (tato vlna byla vyvolána masivním podmořským zemětřesením o síle přes 9 stupňů Richterovy škály, což je svou intenzitou páté největší zemětřesení v historii).

Mezi další preventivní opatření patří i stavba **zdí proti tsunami** (např. na Obr. 16). Tyto jsou rozšířené zejména v Japonsku. Vlna se o zeď roztrhne a náraz se zpomalí, ale svou výškou vlně většinou nezabrání. Zdi proti tsunami se dnes považují za ne příliš efektivní a estetické řešení.

Důležitou roli v ochraně proti tsunami hrají i přírodní faktory. **Zalesněné pobřeží** je dnes považováno za jeden z nejpřirozenějších a nejefektivnějších ochranných prvků. Vlna se o stromy zpomalí, rozptýlí a následky nejsou tak ničující.

Tsunami si vyžádá každoročně řadu obětí. Největší katastrofy jsou na Obr. 19.



Obr. 19 Největší tsunami v historii

3.7 POHYBY TERÉNU

Svahové pohyby (gravitační pohyby) lze definovat z mnoha hledisek. Z pohledu přírodních rizik jde o širší pojem, který zahrnuje škálu gravitačních pohybů, jež transportují hmotu dolů po svahu. Často se také používá termín „sesuv“, definovaný jako „náhlý pohyb materiálu, při němž jsou sesouvající se hmoty odděleny od pevného podloží zřetelnou smykovou plochou“ (KUKAL A POŠMOURNÝ 2005: 17). Existuje řada klasifikací, jež se liší komplexností dle účelu, pro který byly sestaveny. Nejčastěji se vylisují tři hlavní kategorie: řícení (falls), proudy (flows) a vlastní sesuvy (slides). Všechny tři typy pohybů mohou obsahovat materiál: kameny (balvany), šterk (suť), či zeminu. Ke svahovému pohybu dojde v okamžiku, kdy je narušena stabilita svahu a síly, držící pohromadě půdu, suť nebo horninu, začnou být slabší než gravitace.

Tato stabilita může být narušena v podstatě třemi přirozenými příčinami: velké srážky, otřesy (zpravidla zemětřesení o síle 3-4 RichtEROVY škály) a laviny. Tyto příčiny závisí na následujících faktorech:

1. **Srážky:** Voda může změnit rozložení sil v bloku hmoty. Prvním důvodem je skutečnost, že tento blok není většinou homogenní. Např. je složený z jiných typů hornin, které jinak sorbují vodu. To může být příčinou nerovnoměrného rozložení obsahu vody v různých částech horninového bloku a tím i váhových sil. Druhým důvodem je vlastnost vody, která snižuje „třecí“ síly mezi jednotlivými litologickými vrstvami, je-li v hornině přítomna ve větším množství. Působí tak vlastně jako „mazadlo“ umožňující skluz jedné vrstvy po druhé. Důležitým faktorem je tedy jednak celkové množství srážek v oblasti, ale také jejich rozložení během roku. Tzv. přivalové deště mohou výrazně zhoršit situaci.

2. Topografie terénu: Přirozeně, čím strmější svah, tím je náchylnější ke svahovému pohybu. Svoji roli také hraje délka svahu. Čím delší svah, tím je větší zrychlení a také celkový důsledek sesuvu.
3. Litologie: Obecně platí, že situace příznivá sesuvu je, jestliže geologické vrstvy jsou ukloněny po svahu. Rovněž záleží na horninovém materiálu. Z hlediska přírodního rizika jsou méně příznivé horninové formace zvané „flyš“. Zjednodušeně řečeno se jedná o střídání sedimentů, především pískovců a jílovců, které vznikly ztmelením písku a jílu, tedy materiálu zrnitostně dosti odlišného. Jednotlivé vrstvy mají pak jinou schopnost poutat ve vnitřních prostorách vodu, což vede k tenzím, které mohou způsobit pohyb celého bloku (viz bod 1). Ekvivalenty k „vrstvám“ jsou v horninách vyvřelých (ze sopek) či metamorfovaných (přeměněné vyvřelé nebo usazené) trhliny, podél kterých dochází k pohybu.
4. Vegetační kryt: Vegetační kryt je důležitým faktorem, který může zbrzdit či zcela znemožnit svahový pohyb (může zodpovídat až za 90% stability). Stabilizační účinek kořenů se přirozeně zvětšuje s hustotou a hloubkou kořenového systému. Z tohoto důvodu také existuje legislativní kategorie lesa „*les ochranný*“. Jde o lesní porosty s primární funkcí půdoochrannou, vodoochrannou či jinak ochrannou, kde funkce hospodářská je zcela potlačena. Ztráta vegetačního krytu může mít také za následek saturaci půdy vodou vlivem přerušení transpiračního proudu.
5. Teplota: Náhlé střídání teploty může ovlivnit stabilitu svahu v souvislosti s obsahem vody – jestliže v jarních měsících dojde k náhlému oteplení a tání sněhu, má to podobný efekt jako v případě velkých srážek. Zvláštním typem svahových pohybů jsou laviny, kde teplota je faktorem naprosto klíčovým.
6. Větrné poměry: Připadají v úvahu v případě sněhových lavin.

Mezi další faktory lze zařadit: zvětvávání hornin (oslabuje soudružnost a resistenci vůči gravitaci), zvyšování délky svahu či jeho další svažování (erozí, tektonickými silami, terénními úpravami člověkem), odstranění boční či spodní opěry (říční erozí, bourání staveb apod.), zatížení svahu (stavby, předchozí pohyby svahů), led v trhlinách, intruze geologických žil pronikajících starší horninou.

3.7.1 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ HISTORICKÉ UDÁLOSTI

Historie největších událostí je stručně znázorněna na obrázku 20 na pozadí mapy půdotvorných substrátů. Pro podrobnější popisy událostí doporučujeme literaturu KUKAL A POŠMOURNÝ (2005). Je patrné, že k sesuvům docházelo a stále dochází v několika oblastech: hnědouhelné pánve, České středohoří, Česká křídová tabule, flyšová oblast Západních Karpat (na východ od přibližné linie Znojmo-Brno-Ostrava). Jedná se o oblasti s přirozenou náchylností danou geologickým podložím (flyš v Karpatech, pískovce v Křídové pánvi), topografií terénu (úhel svahu sopečných pohoří na pokraji pánví), a také poddolovanost území (hnědouhelné pánve). Za nejtragičtější události lze považovat sesuv (mury) v Obřím dole (Krkonoše) v roce 1897, kdy byla zasypána horská bouda v údolí. 7 z 9 osob právě přebývajících v boudě zahynulo. Tato událost je jedinou na historickém území českých zemí s oběťmi na životech.

Historicky největší přírodní katastrofou spojenou jsou pravděpodobně mohutné sesuvy sprašových překryvů na čínsko-nepálské hranici (viz Tabulka 12). Událost byla doprovázena zemětřesením, které sesuvy iniciovalo, přičemž počet obětí se udává na 200.000. Není bez zajímavosti, že mezi 10 největšími pohromami Světa spjatými se sesuvy půdy figuruje Evropa pouze jednou a to v případě lokality Vaiont v Itálii, částečně indukované člověkem.

Tabulka 12. Historický přehled největších sesuvů půdy ve světovém měřítku.

<i>Stát</i>	<i>rok</i>	<i>typ</i>	<i>oběti</i>
Kansu(Čína)	1920	sesuv spraš	200,000
Gros Ventre(Wyoming)	1925	skalní řícení	~40
Madison (Montana)	1959	skalní řícení	>100
Vaiont (Itálie)	1963	skalní řícení	2,600
Aberfan(Wales)	1966	skalní řícení	144
Huascarán(Peru)	1970	komplexní	25,000
Nevadodel Ruiz(Kolumbie)	1985	sesuv sutě	23,000
Casitas (Nicaragua)	1998	sesuv sutě	+2,000
Venezuela	1999	komplexní	+20,000
Švýcarsko/Itálie Alpy	2000	sesuv sutě	38

Patrně největším historicky doloženým sesuvem je náhlý pohyb materiálu na řece Murgab v pohoří Pamír (jihovýchodní část Tádžikistánu – viz Obrázek 21). Jde o událost z 18.2. 1911, kdy jako následek sesuvu do údolí vzniklo jezero Sarez dlouhé přibližně 60 km, s maximální hloubkou 550 m a objemem vody 17 km³. Převýšení od hladiny jezera k nejnižšímu bodu hráze je asi 50 m (údaj z roku 2003), přičemž hladina se zvyšuje ročně o 18,5 cm. S tím je spjaté určité riziko protržení přírodní hráze a zaplavení několika lidských sídlišť situovaných po proudu. Z ekonomických a technických důvodů (nepřístupnost terénu) byly v tomto případě investice směřovány do systémů včasné protipovodňové ochrany v osadách, než do technicko-technologického řešení stabilizace hráze (SCHULSTER A ALFORD 2004).

V porovnání se svahovými pohyby z prehistorické doby jsou však všechny výše uvedené případy velmi malého rozsahu. Např. na konci pleistocénu došlo před 12000 lety v íránském Zagrosu sesutí asi 20 km³ vápenců a zavalilo 166 km² povrchu. Ve srovnání s jezerem Sarez (největším historicky doloženým sesuvem) jde o řádově desetkrát větší objem hmoty.

3.7.2 RIZIKO A MONITORING SVAHOVÝCH POHYBŮ V ČESKÉ REPUBLICĚ

Mapa aktivních (hrozících) a pasivních (zabezpečených, spadlých) sesuvů na území ČR (Obrázek 23) koresponduje s mapou historických událostí tohoto typu (Obrázek 20). Lze zopakovat i na tomto místě nejohroženější oblasti: severočeské hnědouhelné pánve, Česká křídová tabule, flyšová pohoří vnějších Západních Karpat (především Beskydy, Vsetínsko-Hostýnská pahorkatina, Bílé Karpaty).

Příčině souvisí s meteorologickými podmínkami, zvláště přívalovými dešti a povodněmi. Dle dnes všeobecně přijímaného názoru se pohybují meteorologické parametry v určitých cyklech s periodou asi 30-40 let (CÍLEK, OSOBNÍ KOMUNIKACE). Zdá se, že roce 1997 začal takový cyklus: od 5. do 8. července 1997 se dostavily přívalové deště rozměru 380 mm během 4 dnů, což představovalo asi 4 x vyšší hodnotu než je celkový dlouhodobý průměr pro měsíc červenec (až 70% ročního úhrnu srážek). Podobné události následovaly v různé míře v rámci sezón až do dneška. Jako následek se dostavily tzv. „stoleté“ povodně a aktivace svahových pohybů (BARON, OSOBNÍ KOMUNIKACE).

Systematické mapování svahových pohybů v ČR provádí Česká geologická služba (ČGS) - Geofond (dříve Český geologický ústav). V posledních letech je řešena komplexní studie s názvem: „Svahové deformace v České republice“. Celkově na ni bylo doposud vynaloženo 5,85 milionů českých korun. V nejvíce ohrožených oblastech (viz výše) jsou ČGS a jejími kooperanty realizovány aktivity označované jako *hazard assessment* (FALC IN BARON, OSOBNÍ KOMUNIKACE):

- účelové inženýrsko-geologické mapování v měřítku 1 : 10 000 (mapování všech sesuvných jevů na ploše mapy);

- sestavování map náchylnosti území na porušení stability svahů 1 : 10 000 pro účely rajonizace území z hlediska ohrožení sesuvnými jevy;
- dokumentační přehled všech sesuvných jevů se základními charakteristikami a parametry a jejich zahrnutí do Registru České geologické služby - Geofondu;
- přehledy o dosud provedených průzkumných pracích, sanačních opatření a stávajících monitorovacích systémech;
- základní prognózy nebezpečí dalších sesuvných pohybů a pravidla pro jejich hodnocení.

Na Obrázek 22 je znázorněno schéma rizikové analýzy zahrnující i již zmiňovaný *hazard assessment*. Obecné schéma dle The World Bank (2006) je upraveno na případ svahových sesuvů. do analýzy vstupují faktory na třech rovinách – *příčina* (trigger), *náchylnost* daná přírodními podmínkami (susceptibility) a *zranitelnost* (vulnerability) odvozena od podmínek spjatých s člověkem. Na základě syntézy údajů přírodních podmínek (např. dat Geofondu) vzniká nejdříve mapa jež bývá standardně označována anglickým termínem „*hazard map*“, nejlépe vyjadřující postatu věci. Český překlad by pravděpodobně byl „*mapa nebezpečí*“. Propojením s údaji o sféře člověka (hustota obyvatel, ale také technologická vyspělost, disponibilní dopravní možnosti v případě události apod.) vznikne výsledná „*risk map*“ (český ekvivalent asi „*mapa rizika*“), jež zahrnuje i míru důsledku na lidskou civilizaci v případě realizace události.

Studie z let 1997-2002 (BARON A KREJČÍ 2004) omezena na Západní Karpaty ukázala na 5800 svahových pohybů v těchto pohořích, přičemž 40% z nich je tzv. typu *deep-seated*, tedy s trhlinami hlubšími více než 20 m. Ačkoli svahové sesuvy v ČR způsobují relativně často značné materiální škody, ve srovnání s případy ze skutečných rizikových oblastí světa jako jsou jihoamerické Andy, Srí Lanka, Japonské souostroví, Himálaj, nebo Kavkaz či Pamír jde o škody velmi malé. U nás prakticky nedochází k obětem na životě v důsledky tohoto přírodního rizika.

Ochrana proti sesuvům půdy v ČR spočívá v technicko-technologických opatřeních v náchylných oblastech. Mezi hlavní typy opatření lze jmenovat:

- opěrné zdi ve svazích nad budovami;
- odvodnění podélnými příkopy u cest a jejich pravidelná údržba;
- odvodnění hlubokými příkopy (až 8 m) ve flyšových pohořích;
- využití vegetace – dvojí funkce: transpirační proud dřevin odčerpává významné množství půdní vody, hydrologická funkce lesa spočívá ve vyrovnávání povrchových odtoků a tím zmírnění povodňového efektu, dále zabraňuje vzniku eroze. Hluboko sahající kořenový systém dřevin významně přispívá ke stabilitě svahů;

3.7.3 RIZIKO SVAHOVÝCH SESUVŮ V EVROPĚ

V Evropě jsou katastrofické svahové pohyby spojeny s vichřicemi a záplavami a doprovázeny s půdní erozí v horských terénech (viz Tabulka 13). Ve skandinávských zemích je hlavním faktorem všudepřítomné „měkké“ sedimenty glaciálního původu. Většina Západní Evropy s částečnou výjimkou Francie trpí sesuvy půdy relativně málo. Naproti tomu Mediteránní kotlina (př. jižní Itálie, východní část Iberského poloostrova) a horské oblasti Střední a Východní Evropy (především Rumunsko) jsou k těmto procesům zvláště náchylné. Náchylnost území podmiňuje vyšší tektonická aktivita a recentní jílové a pískové sedimenty. Zranitelnost je dále závislá na postupující urbanizaci krajiny kombinované se špatným managementem lesů (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003).

Tabulka 13: Hlavní události spojeny se svahovými sesuvy v Evropě, v období 1998-2002. Upraveno podle EM-DAT (IN EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003).

Datum události (1998-2002)	Místo	Důsledek, škody
květen 1998	region Campania Itálie	Bahnotok smetl stovky budov a usmrtil 160 osob.
březen 1999	Rumunsko	Okolo 12 svahových sesuvů, zničeno více než 100 obydlí, poničené železnice a cesty.
říjen 2000	Gondo hranice Swiss-Italian	Sesuvy zničily několik budov, 14 lidských obětí.
listopad 2000	Slovinsko	Smeteno okolo 25 ha lesního porostu.
listopad 2001	Camlihemsin, Cayeli, Ardesen, Pazar, Findikli, Rize (Turecko)	Sesuvy iniciované silnými přívalovými dešti, 9 osob umrceno, 600 evakuováno.

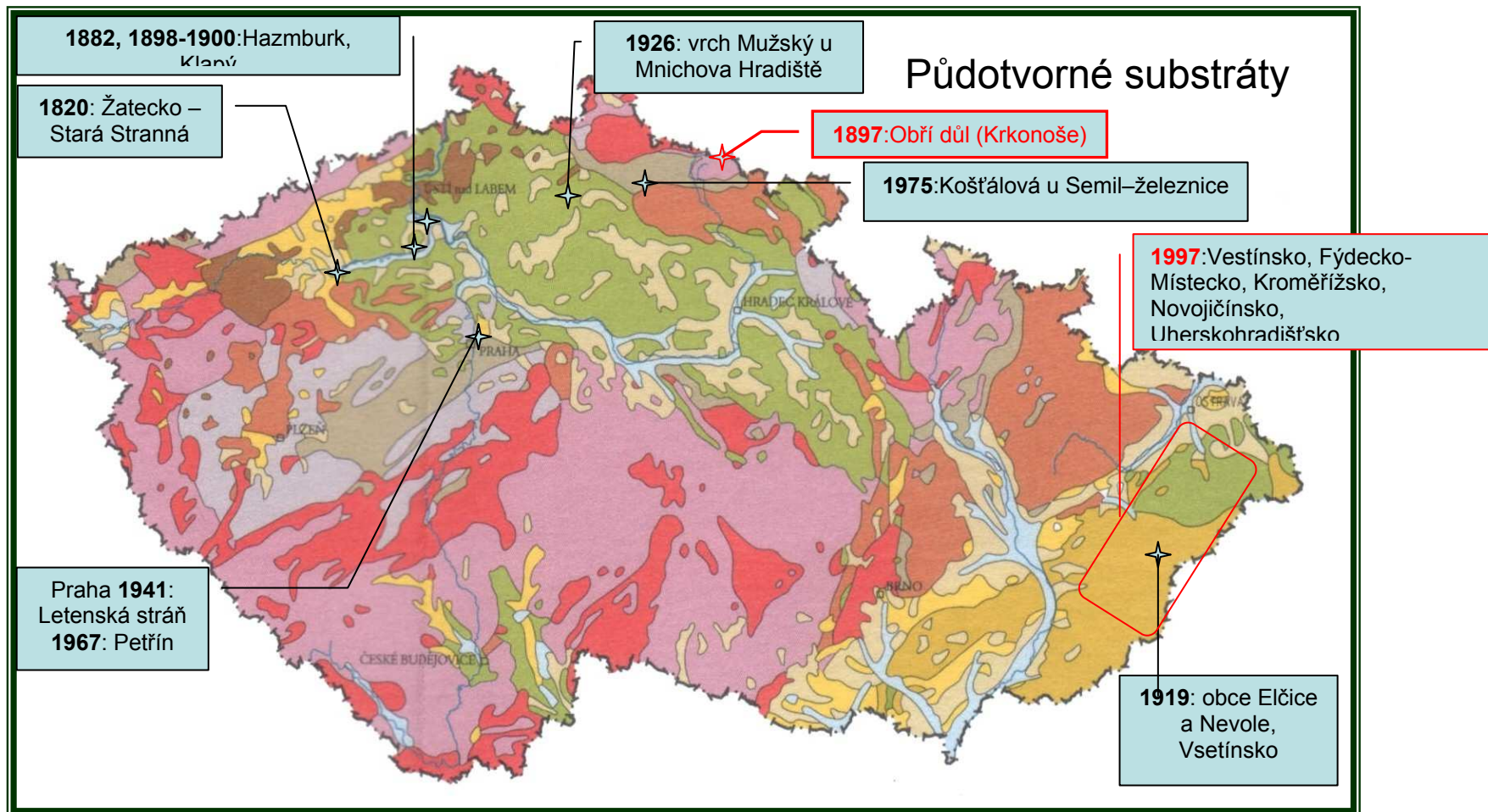
3.7.4 RIZIKO SVAHOVÝCH SESUVŮ VE SVĚTĚ

Obrázek 24 ukazuje rozdělení rizika svahových sesuvů v celosvětovém měřítku. Lze tak porovnat (i) mapu pravděpodobnosti mortalitní události, (ii) celkových ekonomických škod, a (iii) ekonomických škod vyjádřených jako podíl hrubého domácího produktu (HDP).

Je patrné, že nejvíce zasažené jsou tektonicky aktivní oblasti, vysoká pohoří, v kombinaci s charakterem podloží. Konkrétně se jedná o andská pohoří ve střední a jižní Americe (subdukční zóna tichomořské oceánské desky pod pevninskou jihoamerickou), jižní Čína, Himálaj, Kavkaz (pohoří vzniklé alpsko-himálajským vrásněním), méně jihovýchodní Asie a v rámci Evropy pouze místně v Itálii, příp. alpských zemích.

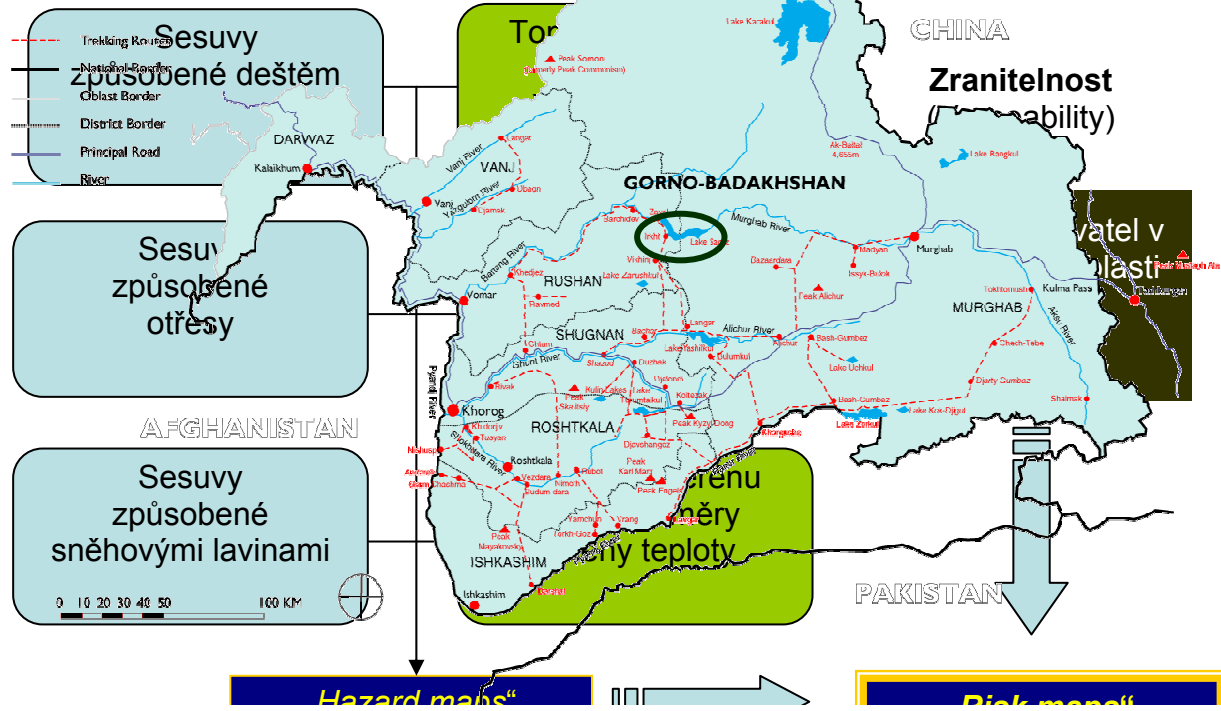
Srovnáme-li mapu mortality s mapou ekonomických škod celkových i relativních (podíl HDP), seznáme, že nejchudší sesuvy postižené oblasti jsou: střední a jižní Amerika po Peru, Pamír (Tádžikistán, Afgánistán, přilehlé území Číny), Kavkazské republiky, Turecko.

THE WORLD BANK (2005) uvádí jako měřítko rizika koeficient zranitelnosti pro různé části světa sestavený na základě mortality, resp. vypočítaný jako počet osob usmrčených během periody 1981-2000 přepočteno na 100.000 osob v roce 2000. Tento koeficient je nejvyšší a to oproti ostatním částem světa velmi zřetelně – 23,31 pro oblast „upper middle“ East Asia and Pacific, přičemž celou zónu východní Asie a Pacifiku rozděluje na 4 oblasti: *low*, *low middle*, *upper middle* a *high*. V tomto regionu se jedná o 2. nejnebezpečnější přírodní živelní jevy hned po cyklonech (koeficient 39,22).



Obrázek 20: Historické události na území Čech, Moravy a Slezska. Na pozadí je mapa půdotvorných substrátů. Červené odstíny krystalinikum Českého masivu, hnědá barva na Moravě: Moravskoslezský kulm, Světle hnědé odstíny plus zelená barva na Moravě: flyš; Zelená barva v Čechách: Křídová tabule; Tmavě hnědá barva v Čechách: tercierní sopky (České středohoří, Doupovské hory), Běžová barva: neogenní pokryvy.

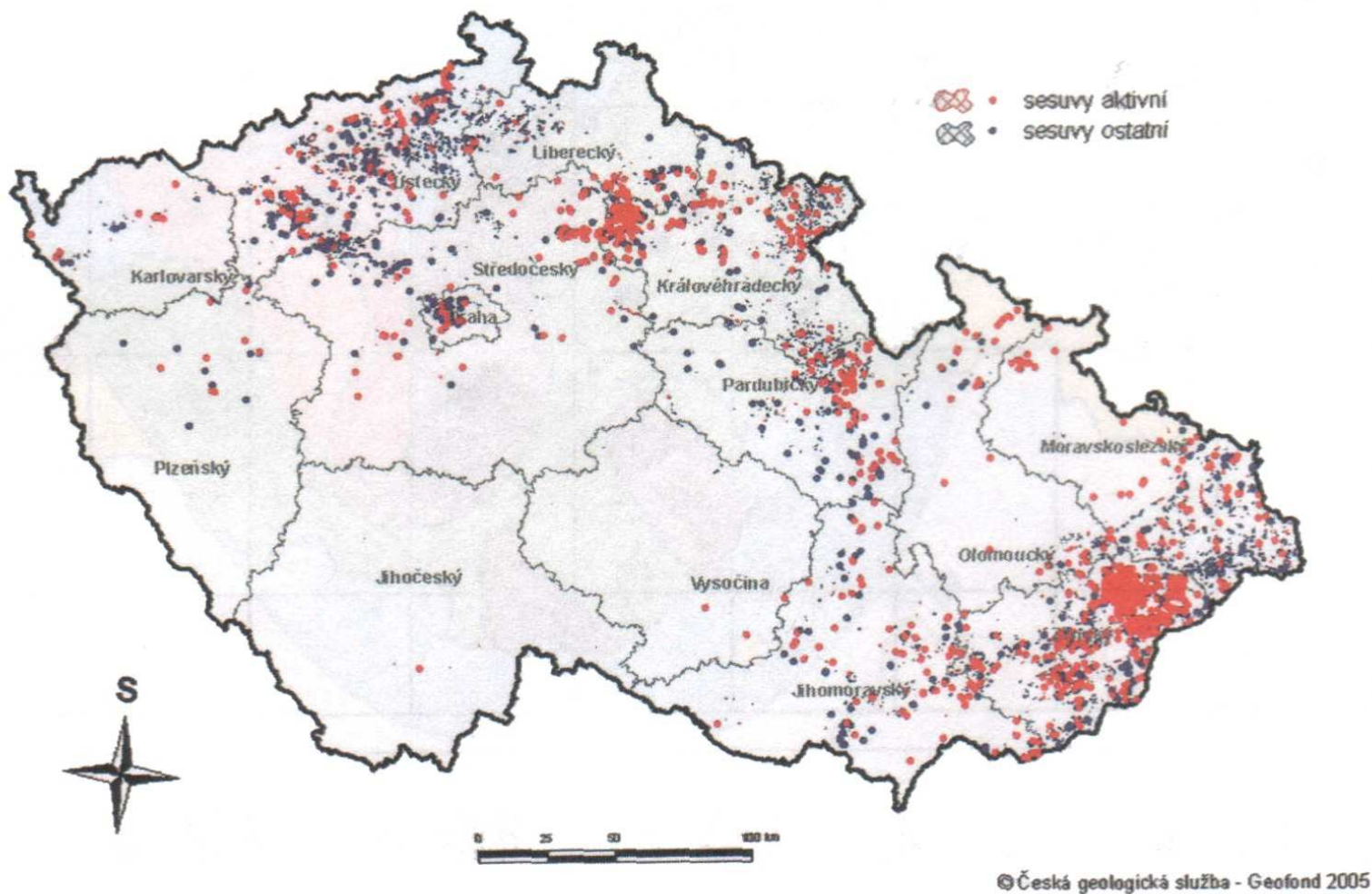
GORNO-BADAKHSHAN, TAJIKISTAN
 (trigger)



Obrázek 21: Největší historicky doložený sesuv. Jezero Sarez (označeno zelenou elipsou) jako následek (JV Tádžikistán). Zdroj: <http://www.e-gory.pl>

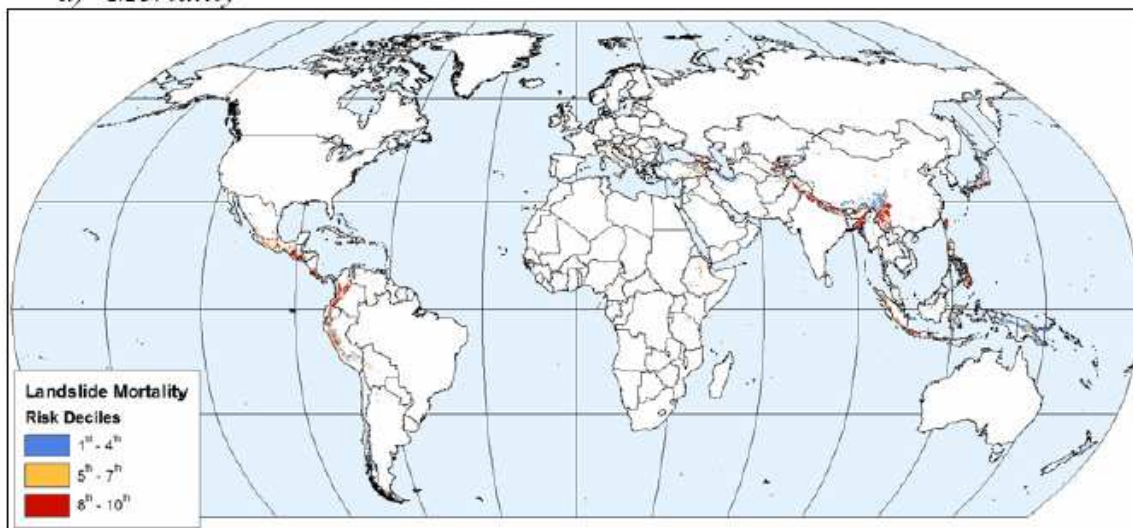
Obrázek 22: Schéma rizikové analýzy svahových pohybů.

SESUVY NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

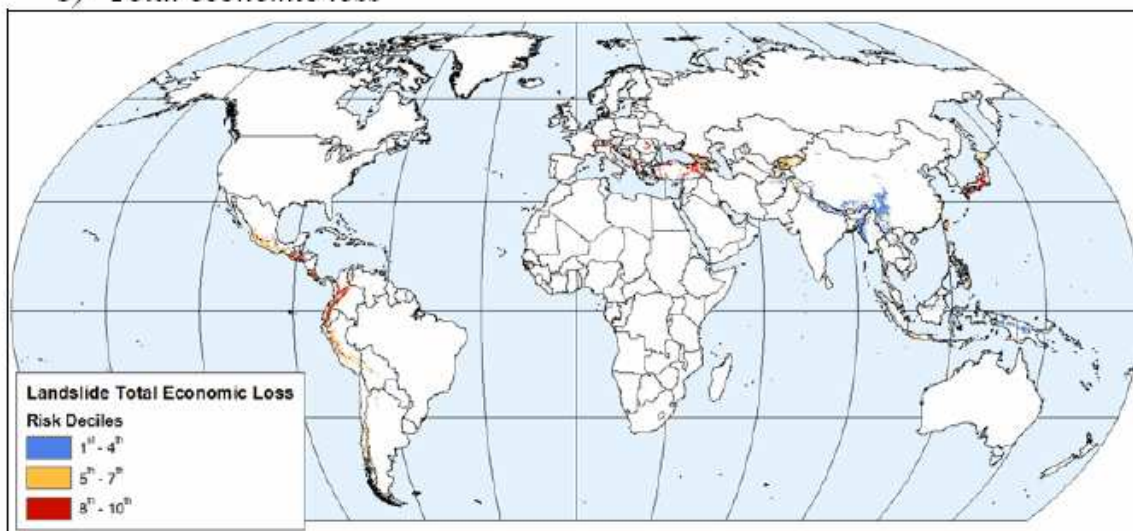


Obrázek 23: Sesuvy na území České republiky. Aktivní (nesanované, potenciálně hrozící) a pasivní (zabezpečené a stabilní).

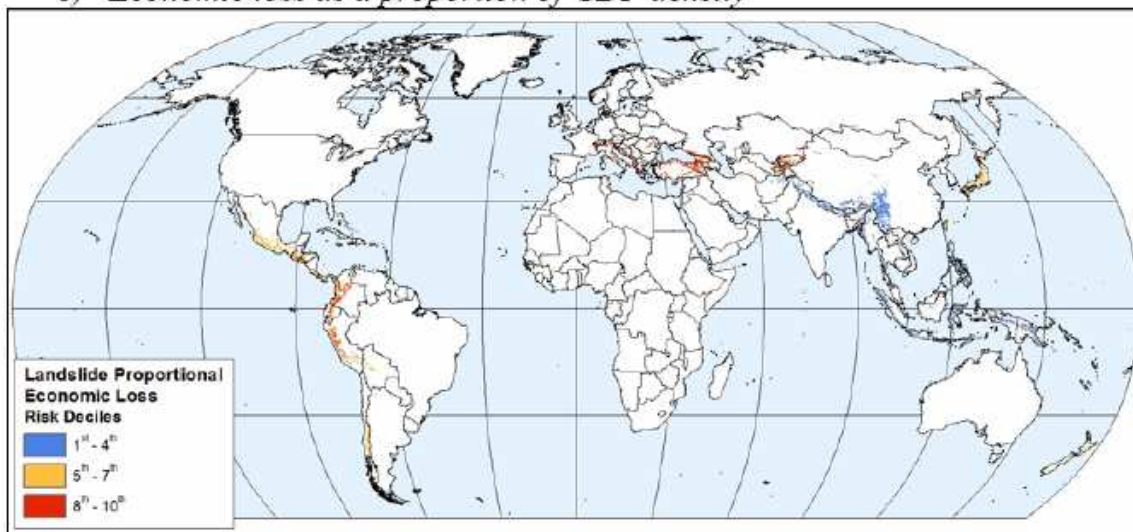
a) Mortality



b) Total economic loss



c) Economic loss as a proportion of GDP density



Obrázek 24: Globální rozložení rizika svahových pohybů. Vyjádřeno v desetínách pravděpodobnosti. Část A) Mortalita, část B) Celkové ekonomické škody, část C) Ekonomické ztráty vyjádřené v podílu HDP (THE WORLD BANK 2005).

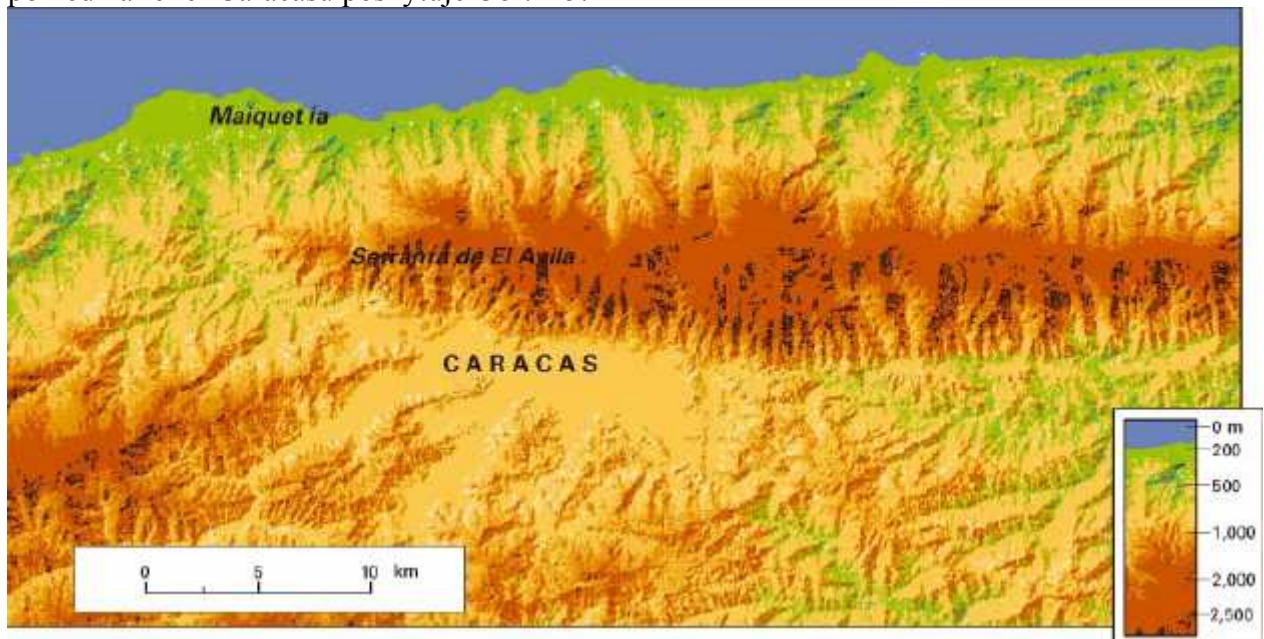
4 PŘÍPADOVÁ STUDIE: MULTIHAZARDNÍ RIZIKA VE MĚSTĚ CARACAS (CASE STUDY: MULTIHAZARD RISKS IN CARACAS)

Tato studie byla vypracována na **Earth Institute of Columbia University** a názorně ukazuje postup při vypracovávání rizikové analýzy a to, jaká konkrétní opatření na výstupy analýzy navazují. Práce na studii se skládala ze 4 hlavních kroků:

- 1) analýza celkové situace města, zahrnující přírodní, sociální a urbanistické podmínky
- 2) identifikace rizik a problematických míst – využití SWOT analýzy
- 3) dle získaných podkladů vytvořené mapy rizik
- 4) návrh opatření, a to jak technických, tak také např. urbanistických

4.1 ANALÝZA CELKOVÉ SITUACE MĚSTA CARACAS

Caracas je hlavní a zároveň největší město Venezuely, které je situováno v severní části státu. Od Karibského moře je odděleno horským pásem *El Ávila*. Pro tento masiv vyhlášený a chráněný jako národní park jsou charakteristické svahy a velkých sklonech, často až 80%. Celé město je položeno v poměrně velké nadmořské výšce 760 – 910 m n. m. Podrobnější pohled na reliéf Caracasu poskytuje Obr. 25.



Obr. 25 Charakter reliéfu v okolí Caracasu

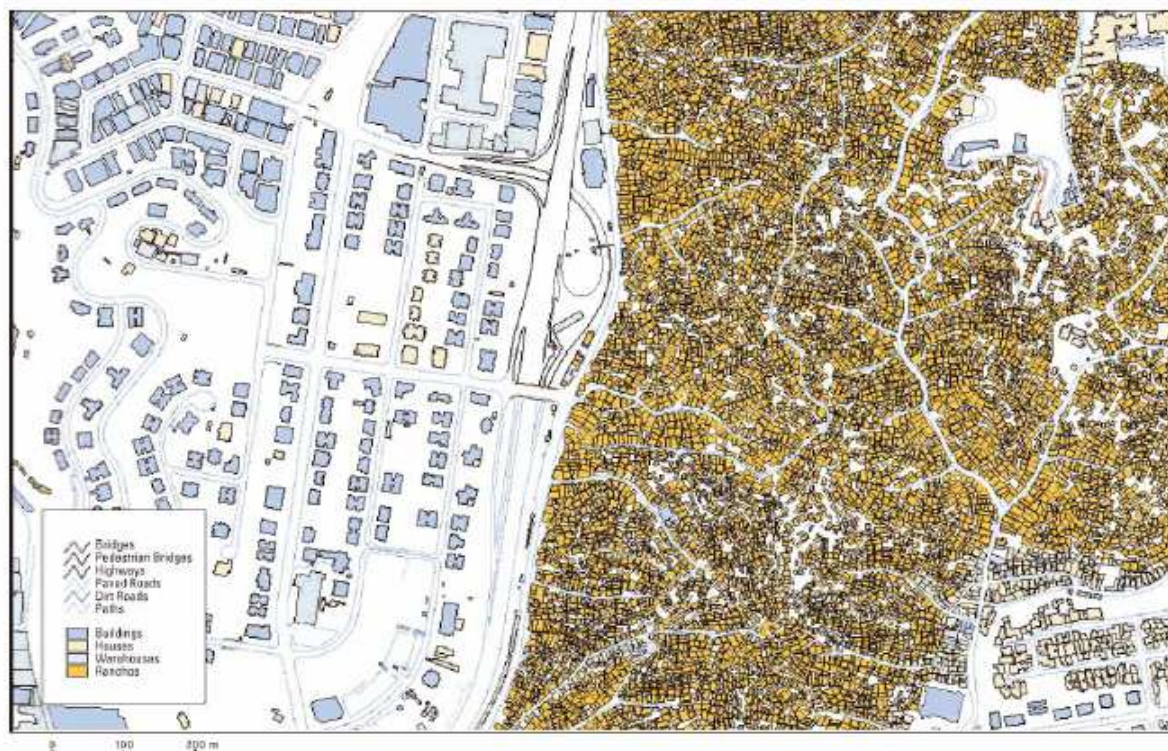
Město bylo založeno v nejnižší části Caracaské nížiny, ale postupem času se rozšířilo do celé nížiny až na prudké svahy horského masivu, ale také úzkými údolními pronikla zástavba až ke karibskému pobřeží.

Caracas se velmi dynamicky rozrůstá. Oproti roku 1967 se zdvojnásobil počet jeho obyvatel, a to na 2,1 mil. obyvatel, v aglomeraci až 3,3 mil. lidí. Také hustota zalidnění roste, průměrně o 3,1% ročně, a v současnosti činí průměrně 12 000 ob./km².

V rámci města lze rozlišit několik oblastí s odlišnými vlastnostmi. Rozvinutý střed města se nachází v nejnižší části nížiny, je tvořen moderními budovami a představuje administrativní a obchodní centrum. Na něj z východu a ze západu navazují tzv. **barrios**. Jedná se o chudší čtvrti stavěné „nadivoko“, které zasahují až na úpatí hor. Hustota obyvatel v těchto oblastech je až 25 000 ob./km². V rámci těchto čtvrtí existují tzv. **ranchos**, které tvoří

optickou dominantu města. Jsou tvořeny velkými bloky budov ze zdiva, které není odolné při zemětřesení. V jižní části města je přechodnou oblastí se smíšeným osídlením. Charakter zástavby v centru města a v ranchos je dobře patrný na Obr. 26.

Figure 5.2. Map of the Petare barrio of Caracas, illustrating the dual nature of the city. On the left is the open spacing of the planned "formal" city the right are the densely packed squatter barrios of the "informal" city



Obr. 26 Charakter zástavby v projektovaném centru a v „nadivoko“ stavěné oblasti ranchos

4.2 IDENTIFIKACE RIZIK A PROBLEMATICKÝCH MÍST

V Caracasu se střetává hned několik rizik najednou. Největší ohrožení představují častá zemětřesení, ale také povodně, sesuvy půdy a bohotoky na svazích El Ávila.

4.2.1 ZEMĚTŘESENÍ

Extrémní nebezpečí skýtá pro Caracas fakt, že se rozkládá na rozhraní *Jihoamerické* a *Karibské litosférické desky*, přičemž zde dochází k posunům o 2 cm/rok. Polovina rozhraní je tvořena zlomem *San Sebastian*, který prochází přímo pod mezinárodním letištem situovaným při pobřeží. Několik větví tohoto zlomu vede přímo pod Caracasem.

Za posledních 400 let se v Caracasu projevila 3 katastrofická zemětřesení, při nichž bylo město vážně poškozeno. Poslední z nich bylo v roce 1967 (intenzita $M_w=6,5$). V posledních letech se větší zemětřesení objevilo na sklonku roku 1999.

Nejsilněji se zemětřesení projevují v nejnižší části údolí, tedy v moderním centru. Zde je nebezpečí největší, avšak vzhledem k tomu, že jsou zde vystavěny převážně moderní budovy s řadou ochranných opatření, není riziko tak veliké.

Naproti tomu v barrios je síla otřesů menší, ale díky absenci jakýchkoliv ochranných prvků zde bývají ztráty na životech největší.

Velkým problémem ve městě je dopravní spojení s pobřežím, kde je situováno jak letiště, tak přístav. Město s pobřežím spojuje pouze jedna silnice, která přímo křížuje zlom San Sebastian. Vůbec největší slabinou této silnice propojující Caracas a La Guaira je most, který bývá během zemětřesení, spolu s dalšími úseky silnice, poškozen.

4.2.2 PŘÍVALOVÉ DEŠTĚ, BAHNOTOKY A SESUVY PŮDY

Město Caracas leží v oblasti, pro kterou jsou typické velké úhrny srážek v průběhu celého roku. Ty se často vyskytují ve formě srážek přívalových. Například v prosinci 1999 napadlo během 72 h na 900 mm srážek. Přitom jako množství, které má katastrofální důsledky, se udává 300 mm/72 h. Takováto srážková intenzita má dobu opakování 25 let. Přívalové srážky v kombinaci prudkými svahy El Ávila vedou k častým sesuvům půdy a k ničivým bahnotokům. Tyto fenomény se projevují na úpatí pohoří, tedy v oblastech barrios.

Materiál transportovaný bahnotoky a sesuvy půdy se ukládá v podobě **náplavových kuželů**. Například při zmiňované situaci z prosince 1999 se jich vytvořilo 9. Náplavové kužely jsou většinou osídleny, avšak řada z nich je stále aktivních. Pohled na město *Caralleda*, v podstatě součást aglomerace Caracasu, které je vystavěno na aktivním náplavovém kuželu, je na Obr. 20. Město bylo silně poškozeno bahnotoky právě při události v prosinci 1999.



Obr. 27 Město Caralleda (součást aglomerace Caracasu) po povodni a bahnotocích v prosinci 1999

4.2.3 ZÁPLAVY

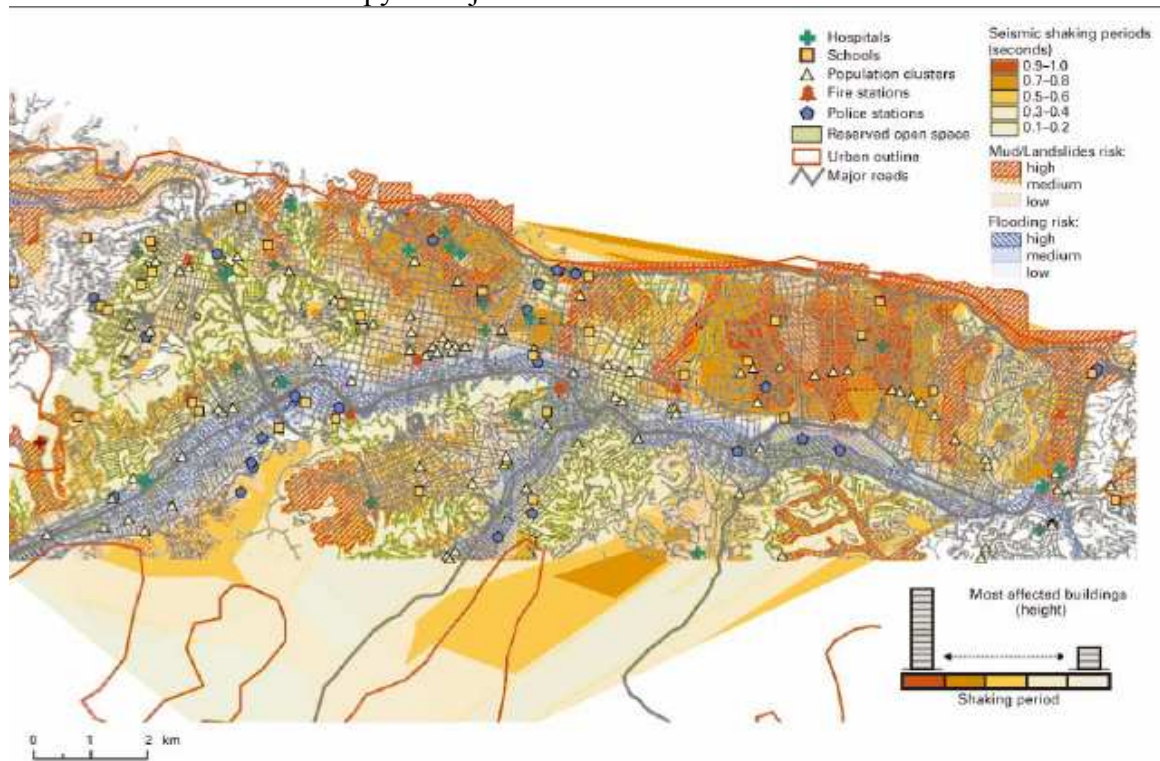
Zdrojem vody při záplavách je hlavně povrchový odtok. Záplavy se vyskytují v doprovodu bahnotoky. Nejohroženějšími oblastmi záplavami jsou nejnižší části Caracaského údolí.

4.2.4 SWOT ANALÝZA

SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
<ul style="list-style-type: none"> - mírně rozvinutá ekonomika se silnou ekonomikou - moderní a efektivní přepravní systém s potenciálem růstu - silný intelektuální kapitál - politická vnímavost k potřebám ekonomického a rozvoje a rozvoje v land use - přítomnost letiště a vojenské základny v Caracasu - přítomnost přístavu na Z města 	<ul style="list-style-type: none"> - nerozvinutá vodní infrastruktura - nerozvinutá kanalizace a stoková síť - nedostatečná kapacita dálnice - absence veřejného pohotovostního systému - sklony ke korupci
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
<ul style="list-style-type: none"> - rovnoměrnější rozložení obyvatel - investice do železniční přepravy 	<ul style="list-style-type: none"> - větve zlomů San Sebastian a Tacaqua vedou přes Caracas - klimatická variabilita a příkrý terén vedou ke vzniku sesuvů či bahnotoků - přivalové deště mohou působit záplavy

4.3 MAPY RIZIK

Na základě analýzy celkové situace ve městě a dle rozboru přítomných rizik byla vytvořena mapa rizik pro celé město, ve které byla zakomponována hrozba zemětřesení, povodní a sesuvů. Ukázka mapy rizik je na Obr. 28.



Obr. 28 Ukázka mapy rizik části Caracasu

4.4 NÁVRH OPATŘENÍ

Navržená opatření se týkala jak opatření preventivních, tak situací při příchodu pohromy. Zahrnovala v sobě řešení po stránce urbanistické, technické, sociální, edukační, administrativní a výzkumné. Pro samotné vypracování opatření je třeba mít vypracovaný seznam záležitostí, které je třeba po pohromě zajistit v různé prioritě. Tento seznam je uveden v Tab. 14. Těsně po pohromě je nezbytné zajistit nejprve náležitosti uvedené pod označením „Tier I“.

Tab. 14 Seznam záležitostí potřebných po pohromě zajistit

TIER I	
Medical	Hospitals, ambulances, clinics, Red Cross installations, depots of supplies (medicine and equipment), mobile equipment (field hospitals)
Water	Water supply infrastructure, aqueducts, storage tanks, water trucks, water treatment plants, impoundments
Transportation	All roads, rail lines, airports, bridges, heliports, seaports, evacuation routes, trucks
Shelter/housing	Existing structures, including barracks and inner-city apartment blocks (for fragility), that can serve as secure shelters. Tents, cots, blankets, gas lamps, camping equipment (for response)
Communication	Emergency broadcast system, cell phone/ radio/CB/TV transmission towers and infrastructure
TIER II	
Fuel	Fuel storage tanks, delivery mechanisms, pipelines
Fire/HAZMAT	Fire stations, hydrants, fire equipment/apparatus, HAZMAT equipment/apparatus, response system
Electricity	Power generation stations, transmission stations/nodes/infrastructure, backup generators, batteries
Food	Storage warehouses, distribution points
TIER III	
Reserved space	Stadiums/parks/fields for construction of temporary tent cities, field hospitals, and central gathering points
Sanitary facilities	Treatment facilities, temporary facilities
SYSTEMS	
Management system	Competent, cohesive command and control center with high-level authority (mayor or president) in central location
Search and Rescue	Trained personnel, dogs, heavy lifting and clearing equipment, truck evacuation system, boats, and building inspection teams
Law enforcement/ Security	Military, police, National Guard

Jako klíčový ochrany před přítomnými riziky byl vypracován koncept tzv. **PLAZAS DE SEGURIDAD**. Ten je založen na tom, že se ve městě vytvoří volné plochy obklopené veřejnými budovami. Tato místa budou středisky v případě výskytu pohromy. Volné plochy mohou být využity k ubytování postižených obyvatel. Veřejnými budovami jsou např. nemocnice, hasiči, polikliniky, ale i sklady potravin či těžké techniky. Tyto budovy budou technicky zajištěny tak, aby byly maximálně odolné proti poškození. V „období klidu“ mohou Plazas de Seguridad zkrášlovat město a mohou být využívána při trávení volného času.

Jak vyplývá z Tab. 10, jednou ze základních věcí, jež je nutno zajistit, je Dodávka pitné vody. Díky tomu, že se Caracas nachází ve vyšší nadmořské výšce, voda musí být dodávána systémem čerpadel. Tento systém je náchylný na poškození při zemětřeseních. Proto je nutné mít zásobní prostory. Ty mají v současnosti kapacitu odpovídající jednodenní spotřebě, což je nevyhovující. Je proto třeba vyhledat a zajistit zdroj vody přímo ve městě a zásobní kapacity zvýšit tak, aby vystačila voda (včetně rezervy na hašení požárů) minimálně na 3 dny.

Při pohromě je rovněž důležité zajistit možnost pohybu po městě záchranným vozidlům. Jak bylo zmíněno, doprava ve městě je závislá na jedné komunikaci, jejíž kapacita je navíc

rovněž nevyhovující. Je proto třeba vybudovat nové komunikace a navíc i ty stávající opatřit takovými technickými prvky, které je učiní odolnějšími.

Výsledná opatření byla jsou dlouhodobá a také jejich realizace je naplánována na jednotky až desítky let. Souhrn opatření v jednotlivých oblastech lidské činnosti je uveden v Tab. 15 .

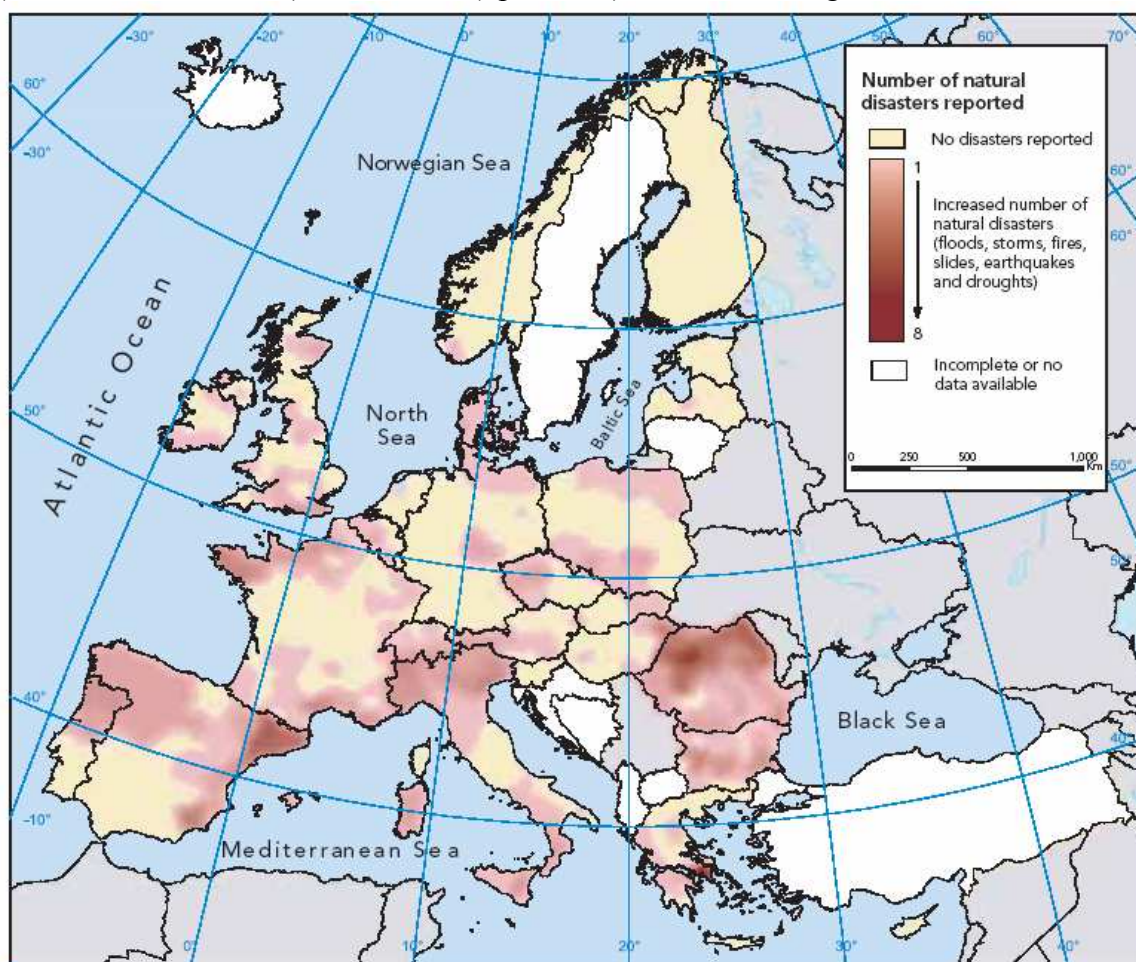
Tab. 15 Návrhová opatření v oblasti infrastruktury a bydlení

<i>Období (roky)</i>	<i>INFRASTRUKTURA</i>	<i>BYDLENÍ</i>
1-5	Soupis existující infrastruktury; zpevnit a vybavit nejohroženější; rozvoj stavebních strategií respektujících riziko, historii a lokalitu; určit umístění nových volných ploch, krizových zařízení a další infrastruktury	Soupis existujících struktur; rozvoj vhodných stavebních strategií; usměrnit převody majetku; začít zlepšovat obytné čtvrti; vytvořit strategii a plány přemístění ob.; organizovat technické jednotky
5-10	Zpevnit a vybavit méně ohrožené části; začít utvářet relokační schémata v rizikových oblastech; zlepšit vodní infrastrukturu (nové vodní zásobárny ve městě); začít budovat nové volné plochy	Pokračovat ve zkvalitňování barrios; dokončit integraci práce technických jednotek; rozvoj zonace v závislosti na riziko v lokalitě; dokončit přemístění; začít formovat trh s nemovitostmi
přes 10	Dokončit vylepšování silniční, vodní a energetické sítě; přemístit všechna krizová zařízení z nejrizikovějších lokalit; dokončit utváření volných ploch; vytvořit riziková zařízení, kde je potřeba	Nízkoúrokové půjčky; vytvoření trhu s nemovitostmi
<i>Období (roky)</i>	<i>VÝZKUM</i>	<i>VZDĚLÁVÁNÍ VEŘEJNOSTI</i>
1-5	Sběr dat; nákup vhodné technologie	Vytvoření studijních plánů o pohromách; začít s veřejnými výukovými programy; dostat informace do „hlavního proudu“ – media; vytváření rodinných, komunitních, firemních krizových plánů; vzdělávání odborné veřejnosti
5-10	Dokončit přesné mapy rizik; vytvořit systém dalšího sběru dat; výměna informací	Prosazení krizové výuky ve školách; vytvoření technických skupin s dobrovolníky
přes 10	Předložení dosažených výsledků	Z města vytvořit regionální centrum pro krizové vzdělání a výzkum
<i>Období (roky)</i>	<i>ADMINISTRATIVA</i>	
1-5	Ustavit pravomocný orgán krizového managementu; pořádání seminářů; výcvik armády a záchranných složek	
5-10	Ustavit autoritu pravomocnou ke koordinaci prací při pohromě; usměrnit financování přes centralizovaný systém	
přes 10	Jasně strukturovaný systém se zapojením úřadů, armády, místních, nevládních organizací, vědecké veřejnosti a široké veřejnosti	

5 ZÁVĚR

5.1 PŘÍRODNÍ RIZIKA ČR V EVROPSKÉM KONTEXTU

Z přírodních rizik jsou v rámci ČR reálně nejvýznamnější povodně a svahové pohyby, přičemž tyto dva fenomény se dosti často doprovázejí. Obrázek 29 ukazuje situaci ČR v rámci Evropských zemí. Jak je patrné, co do počtu rizik, jsme někde v nižších, podprůměrných hodnotách. Naopak nejvíce ohrožené regiony jsou horské oblasti východní Evropy (Rumunsko, Bulharsko), Katalánsko (Španělsko), sev. část Portugalska a sev. Itálie.

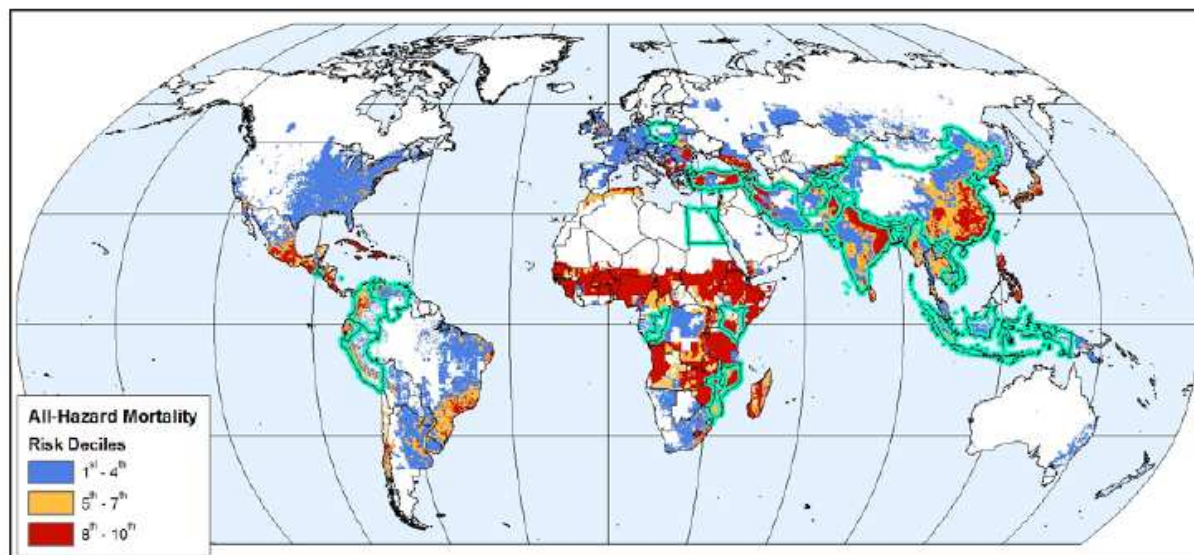


Obrázek 29: Počet přírodních katastrof v Evropských zemích v letech 1998-2002. (EEA-ETC/TE IN EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003)

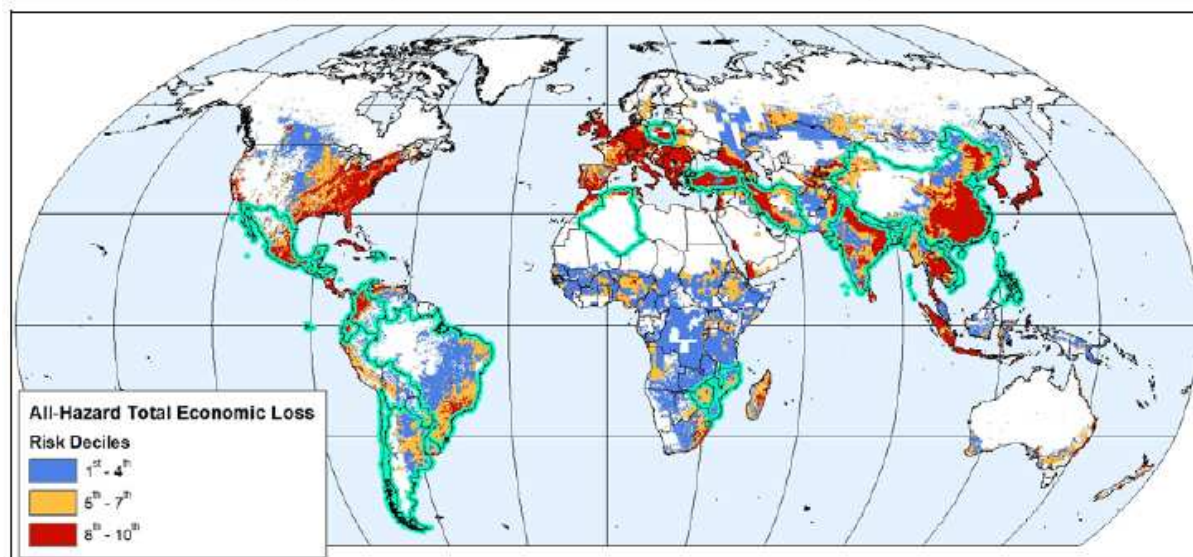
5.2 ROZLOŽENÍ PŘÍRODNÍCH RIZIK VE SVĚTĚ

Celková humanitární pomoc Světové banky v letech 1992-2003 byla \$2,3 miliard, z toho \$2 miliardy šly pouze do 20 zemí: Čína, Indie, Bangladéš, Egypt, Mozambique, Turecko, Afghánistán, El Salvador, Keňa, Irán, Pákistán, Indonésia, Peru, Demokratická republika Kongo, **Polsko**, Vietnam, Kolumbie, Venezuela, Tadžikistán a Kolumbie.

Celková suma poskytnutá Světovou bankou na krizové půjčky na zmírnění dopadů přírodních katastrof byla v letech 1980 – 2003 \$14,4 miliard. Z toho šlo \$12 miliard do 20 zemí: Indie, Turecko, Bangladéš, Mexiko, Argentina, Brazílie, **Polsko**, Kolumbie, Irán, Honduras, Čína, Chile, Zimbabwe, Dominikánská republika, El Salvador, Alžír, Ekvádor, Mozambique, Philippines and Vietnam (THE WORLD BANK 2005).



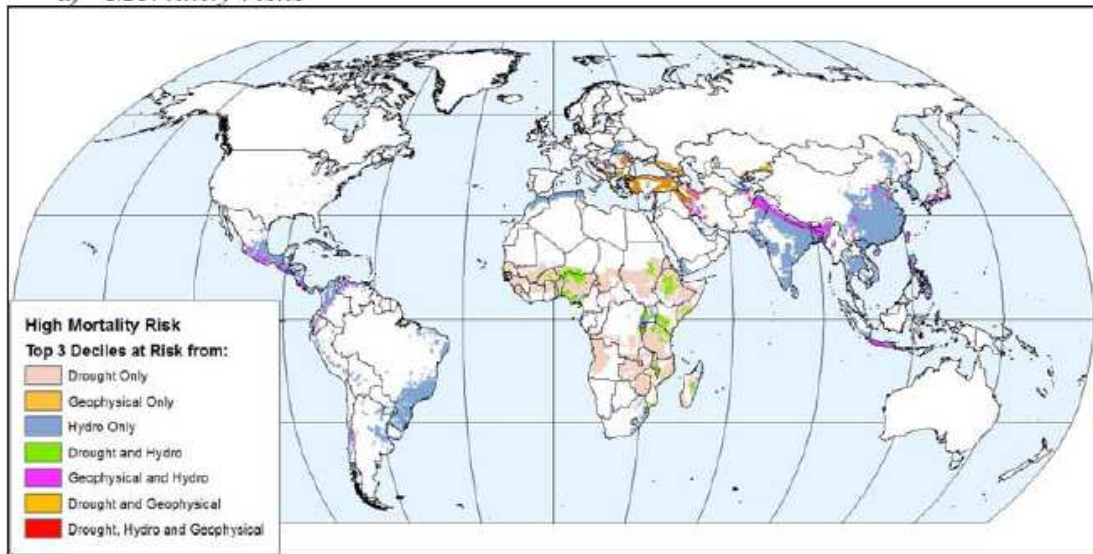
Obrázek 30: Ohniska mortalitních rizik a 20 největších příjemců humanitární pomoci Světové banky (THE WORLD BANK 2005).



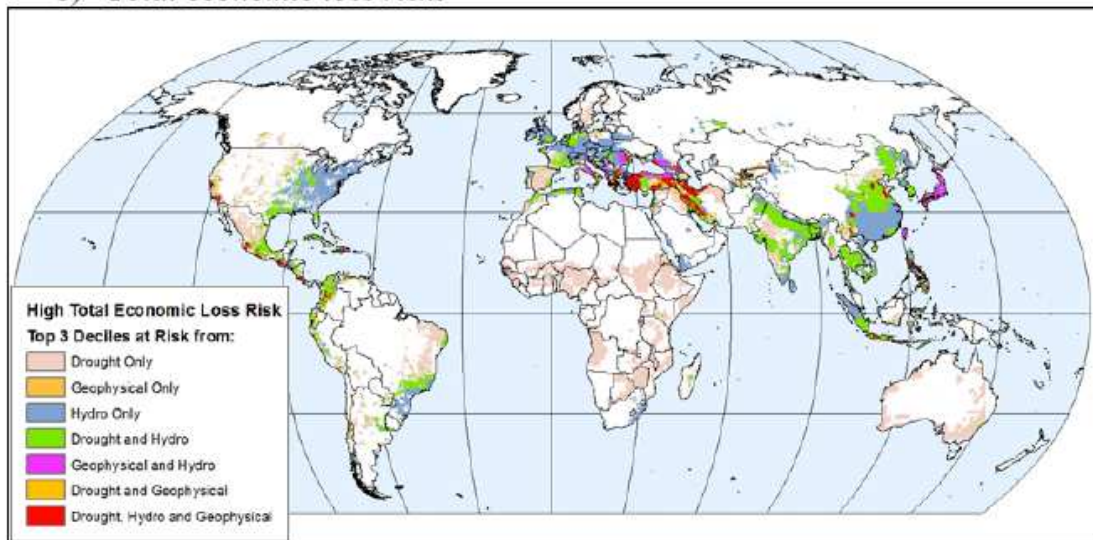
Obrázek 11: Ohniska ekonomických ztrát a 20 největších příjemců půjček na zmírnění dopadů přírodních katastrof od Světové banky (THE WORLD BANK 2005).

Porovnáme-li mapu mortality všech rizik (obr. 30) s výčtem 20 zemí, které obdrží od Světové banky naprostou většinou humanitární pomoci, zjistíme, že země tzv. černé Afriky, které jsou nejvíce ohroženy co se týče pravděpodobnosti úmrtnosti. Zároveň však nepatří do výše uvedeného seznamu zemí?! Dále (obr. 31) představují tyto rizika nejmenší pravděpodobnost ekonomické ztráty. Jsou snad předmětem zájmu Světové banky spíše Země s návratností investic než státy s velkou úmrtností? Odpověď zřejmě nebude tak jednoduchá. Především jde o oblasti, které jsou politicky velmi nestabilní, se střídajícími se obdobími klidu a občanských válek. V těchto případech jde přirozeně velmi těžko nasměrovat a realizovat humanitární pomoc tak, aby se dostala ke skutečně potřebným. Z evropských zemí je příjemcem humanitární pomoci i půjček pouze Polsko. Tyto mapy lze porovnat s obr. 33 (rozdělení dle typu rizika). Celkový počet registrovaných projektů na zmírnění důsledků přírodních katastrof za posledních 30 let několika násobně stoupl (z asi 75 v roce 1975 na 540 v roce 2000). To však

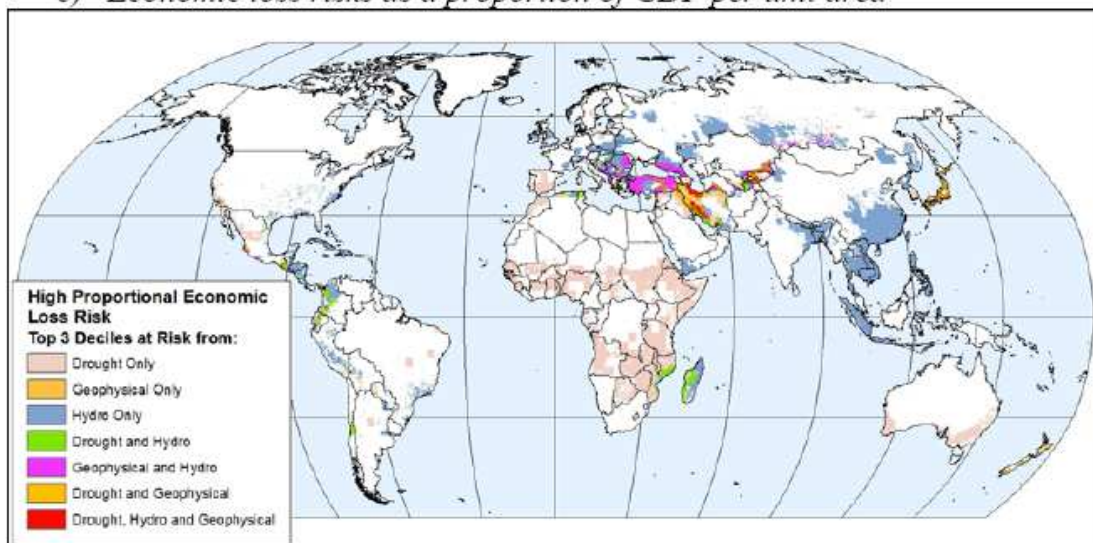
a) *Mortality risks*



b) *Total economic loss risks*

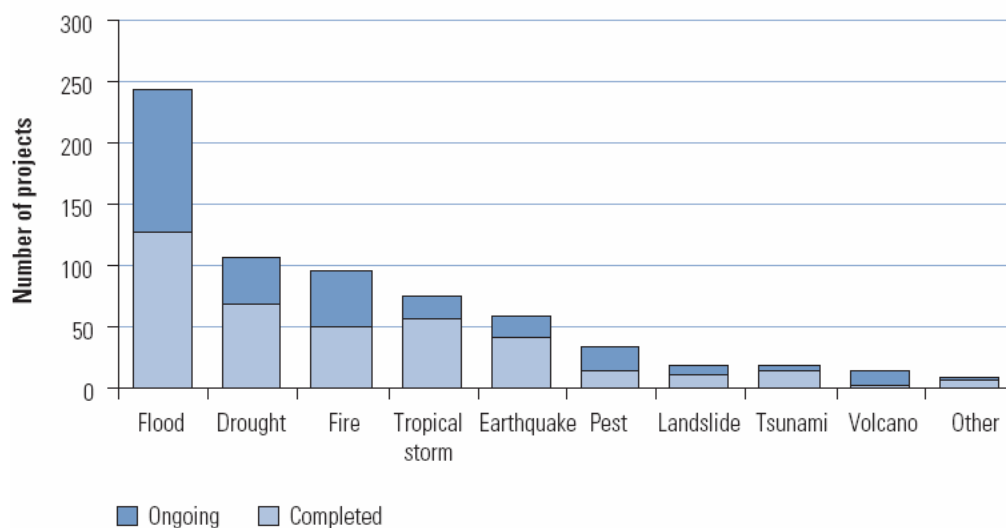


c) *Economic loss risks as a proportion of GDP per unit area*



Obrázek 33: Globální rozdělení ohnisek katastrof vysokého rizika podle jeho typu. A) Pravděpodobnost mortality, B) ekonomické škody, C) ekonomické škody jako podíl na HDP (THE WORLD BANK 2006).

není to samé jako počet samotných katastrof. Řada „prosebníků“ pro humanitární pomoc se přirozeně zvyšuje s vidinou relativní dobré šance získání finanční prostředků pro region. Alespoň tak argumentuje Světová banka. Zároveň korektně udává, že zatímco v období 1950-59 byly škody přírodními riziky zhodnoceny na \$ 50 miliard, došlo posléze v výrazném nárůstu až v období 1990-99 dosáhla tato částka asi \$ 650 miliard. Přičemž tyto údaje jsou platné pro velké katastrofy, kdy schopnost regionu vypořádat se s jejich následky je objektivně mizivá a tím se stává mezinárodní pomoc skutečně nezbytnou (THE WORLD BANK 2006).



Obrázek 34: Počet projektů financovaných Světovou bankou – rozdělení podle přírodních rizik (THE WORLD BANK 2006).

Obr. 34 ukazuje počet projektů dle typu přírodního rizika, které byly v roce 2005 financovány Světovou bankou. Je zřejmé, že zdaleka největší podíl jde na sanaci povodí, poloviční hodnotu má sucho, poté lesní požáry a poté ostatní rizika s již daleko menšími diferencemi (THE WORLD BANK 2006).

Pozn.: Za nejvíce nebezpečné místo na Zemi je pokládán Taiwan, jehož 73% území a stejné procento populace je ohroženo 3 nebo více přírodními riziky. Následuje Costa Rica, Vanuatu, Filipíny, Guatemala, Ekvádor, Chile, Japonsko...atd.

5.3 STRATEGIE BOJE PROTI PŘÍRODNÍM RIZIKŮM NA GLOBÁLNÍ ÚROVNI

Světová banka v tomto momentě zcela preferuje více investic do preventivních aktivit hazard assessment a risk assessment a do technologií varovných systémů, než „zalepovat“ díry až po té, co se nějaká katastrofa uděje.

Zároveň chce podporovat výzkumné i sanační projekty na regionální úrovni, kde se má taková aktivita největší efektivitu pro znalost prostředí. Klíčová je ovšem také propojenost těchto regionálních systémů na úrovni mezinárodní.

6 POUŽITÉ MATERIÁLY

BARON, I. ET KREJČÍ, O. 2004. Slope instability hazard evaluation and landslide sites monitoring. Flysh (Western Carpathians, Czech Republic). 32th Geological Congress, Firenze, 2004.

BRADY ET WEIL 2002. *Soil Properties Relevant to Engineering Uses in Nature and Properties of Soils*. Springer, Heidelberg-New York – Berlin. 2002, 348 s.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2003. *Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe*. Environmental issue report No 35.

CHLUPÁČE ET AL. 2002. *Geologická minulost ČR*. Academia, Praha, 2002. 436 s.

KUKAL, Z. A POŠMOURNÝ, K. (EDS.). 2005. *Přírodní katastrofy a rizika*. Planeta 2005, 2005, roč. XII, sv. 3, s. 52.

SCHUSTER, R.L. ET ALFORD, D. 2004. *Usoi Landslide Dam and Lake Sarez, Pamir Mountains, Tajikistan*. Environmental and Engineering Geoscience, vol. 19, s. 151-168.

ŘÍHA ET AL. 2005. *Riziková analýza záplavových území*. Ústav vodních staveb FAST VÚT v Brně, Brno. 286 s.

THE WORLD BANK 2005. *Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis: Synthesis Report*. Washington D.C., březen 2005, 29 s.

THE WORLD BANK 2006. *Disaster hotspots: The case studies. Disaster Risk Management Series no. 6*. Washington D.C., 2006, 204 s.

THE WORLD BANK 2006. *Hazards of Nature, Risks to Development : An IEG Evaluation of World Bank - Assistance for Natural Disasters*. Washington D.C., 2006, 236 s.

elektronické zdroje:

<http://crdp.ac-amiens.fr>

<http://drought.unl.edu>

<http://earthquake.usgs.gov>

<http://geotech.fce.vutbr.cz>

<http://pubs.usgs.gov>

www.cemagref.fr

www.earthinstitute.columbia.edu

www.emergency.cz

www.ew.govt.nz

www.gdacs.org

www.hewsweb.org

www.chmi.cz

www.ncdc.noaa.gov

www.nhc.noaa.gov

www.prim.net

www.srh.noaa.gov

www.tsunami.noaa.gov

www.uwgb.edu

www.wb.org

www.wiki.cz

www.wikipedia.org