

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

**Seismická aktivita na hronovsko-poříčském zlomu**

Diplomová práce  
(bakalářská)

Autor: Kateřina Imlaufová  
Ochrana obyvatelstva  
Vedoucí práce: Mgr. Olga Halášová  
Olomouc 2019

## **Bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Kateřina Imlaufová

**Název diplomové práce:** Seismická aktivita na hronovsko-poříčském zlomu

**Pracoviště:** Katedra aplikovaných pohybových aktivit

**Vedoucí diplomové práce:** Mgr. Olga Halášová

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2019

**Abstrakt:** Bakalářská práce je zaměřena na problematiku seismické aktivity na hronovsko-poříčském zlomu. Nejprve jsou vysvětleny základní pojmy z oblasti zemětřesení, situace na hronovsku a historie otřesů. Cílem práce je zhodnotit rizika zemětřesení v dané oblasti a předložit vlastní návrhy informování obyvatelstva o zemětřesení a ochraně obyvatelstva.

**Klíčová slova:** hronovsko-poříčský zlom, ochrana obyvatelstva, seismická aktivita, zemětřesení

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovnických služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Kateřina Imlaufová

**Title of the diploma thesis:** Seismic activity on the Hronov-Poříčí fault zone

**Department:** Department of adapted physical activities

**Supervisor:** Mgr. Olga Halášová

**The year of presentation:** 2019

**Abstract:** The thesis is focused on the seismic activity on the Hronov-Poříčí fault zone. First, basic concepts from the earthquake area, the situation in the Hronov region and earthquake history are explained. The aim is to evaluate earthquake risks in this region and submit own proposals how to informate population about earthquakes and protection of population.

**Keywords:** earthquake, Hronov-Poříčí fault zone, protection of population, seismic activity

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně s odbornou pomocí Mgr. Olgy Halásové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržela zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 6. května 2019

.....

Děkuji Mgr. Olze Halásové za veškerou pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování bakalářské práce. Dále děkuji RNDr. Janu Zedníkovi, zaměstnanci Geofyzikálního ústavu Akademie věd ČR, za poskytnutí cenných rad a materiálů.

## Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | ÚVOD .....  | 8  |
| 2     | Cíl práce .....   | 9  |
| 3     | Rešerše literatury .....  | 10 |
| 4     | Vymezení základních pojmů – zemětřesení.....                    | 11 |
| 4.1   | Přehled pojmů.....  | 11 |
| 4.2   | Litosférické desky.....   | 13 |
| 4.3   | Druhy zemětřesení .....   | 14 |
| 4.4   | Magnitudo a intenzita zemětřesení .....                         | 15 |
| 4.5   | Charles E. Richter.....   | 17 |
| 4.6   | Pozorování a měření zemětřesení .....                           | 18 |
| 4.7   | Zemětřesení v České republice.....                              | 20 |
| 5     | Hronovsko-poříčský zlom.....                                    | 23 |
| 5.1   | Geologická minulost vnitrosudetské pánve .....                  | 23 |
| 5.2   | Přehled východočeských seismických stanic .....                 | 25 |
| 5.2.1 | Stanice Dobruška-Polom.....                                     | 25 |
| 5.2.2 | Stanice Úpice.....  | 26 |
| 5.2.3 | Stanice Ostaš .....   | 27 |
| 5.2.4 | Stanice Chvaleč .....   | 28 |
| 5.3   | Situace na hronovsko-poříčském zlomu.....                       | 28 |
| 5.4   | Historie nejvýznamnějších otřesů.....                           | 30 |
| 5.5   | Zemětřesení ze dne 25. října 2005 .....                         | 33 |
| 5.6   | Seismický roj v lednu 2008 .....                                | 35 |
| 6     | Rizika mimořádných událostí ve sledované oblasti .....          | 38 |
| 6.1   | Hlavní úkoly a cíle ochrany obyvatelstva.....                   | 38 |
| 6.2   | Mimořádná událost .....   | 40 |
|       | Mimořádné události můžeme dělit na:.....                        | 40 |
| 6.3   | Ochrana obyvatelstva před zemětřesením .....                    | 40 |
| 6.3.1 | Narušení statiky budov .....                                    | 41 |
| 6.3.2 | Osobní prevence .....   | 42 |
| 6.4   | Návrhy ochrany obyvatelstva před zemětřesení na Hronovsku ..... | 44 |
| 7     | Závěr .....   | 48 |
| 8     | Souhrn .....  | 49 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 9 Summary .....         | 50 |
| Referenční seznam ..... | 51 |

# 1 ÚVOD

Zemětřesení řadíme mezi jedny z největších katastrof na světě. Od pradávna se lidé potýkají s tímto přírodním jevem, zkoumají ho snaží se ho předpovídat. V České republice se tento úkaz příliš nevyskytuje a nemívá ani katastrofické následky. Přesto je zemětřesení na některých místech naší země velmi aktuální.

Na našem území se nachází hned několik seismicky aktivních oblastí. Jsou jimi západní Čechy, severní Morava, Slezsko a také východní Čechy. V této práci se budu zabývat právě situací ve východních Čechách, která je způsobena hronovsko-poříčskou poruchou.

Pojmem zemětřesení označujeme chvění země ve formě elastických vln, způsobené náhlými pohyby litosférických desek. Princip zemětřesení spočívá v tom, že okraje desek kloužou jedna podél druhé ale někdy se na sebe natlačí. Vzniklé síly poté rozdrť horninu a v okamžiku prasknutí desky svými vibracemi uvolní nahromaděnou energii ve formě seismických vln (Day, 2002)

Studiem zemětřesení se zabývá obor, který nazýváme seismologie. Studuje vznik, šíření a zápis seismických vln které otřásají zemským povrchem ať už pocházejí z přirozených nebo umělých zdrojů. Za umělé zdroje považujeme například důlní otřesy, otřesy v lomech či výbuchy.

Seismické otřesy lze dobře učit, protože elastické vlny, které při pohybech litosférických desek vznikají, mají krátké vlnové délky a dokážeme je relativně přesně sledovat v rámci dráhy i času. Většina zemětřesení je právě tektonického původu a je vázána na již existujícími zlomy. Rozsah aktivované části zlomu je při silných zemětřeseních desítky až stovky kilometrů dlouhý. Někdy jsou trhliny způsobené posuny bloků viditelné. Posuny mohou být široké až několik metrů (Zedník, 2006).



## **2 Cíl práce**

Cílem práce je přinést komplexní pohled na seismickou aktivitu v oblasti hronovsko-poříčského zlomu z hlediska ochrany obyvatelstva. Dílčími cíli jsou popsání základních seismologických pojmů, seismické aktivity na Hronovsku, seismologických stanic v oblasti zlomu a prvky osobní ochrany při zemětřesení ve sledované oblasti.

### 3 Rešerše literatury

V této kapitole je uvedena stěžejní literatura o zemětřesení, hronovsko-poříčském zlomu a ochraně obyvatelstva před zemětřesením, která byla použita k vypracování této bakalářské práce.

O zemětřesení byla vydána celá řada publikací. Informace z oblasti seismologie píše např. Day (2002), nebo Zedník (2006). Např. Cronforth (2005) detailně rozebírá druhy zemětřesení a pohyby půdy.

O určení velikosti a intenzity seismické aktivity Země se ve svých zápiscích, zejména ve velikost zemětřesení a intenzita otřesů, zmiňuje Kolínský (2010), který má na svém webovém portále řadu dalších článků a publikací se seismickou tematikou. Zajímavou biografii sepsala Houghová (2009) o Charlesi Francisu Richterovi. V tomto životopise popisuje mimo jiné vývoj stupnice hodnocení zemětřesení.

Autoři, kteří se zabývají geologickou stavbou země v oblasti zlomu, je Tásler (1979), dalším autorem je Chlupáč a kolektiv (2002).

Maximálními intenzitami zemětřesení na území České republiky se zabývá například Jechumtálová (2014).

Literatury k samotné seismické aktivitě na hronovsko-poříčském zlomu mnoho není. Dostupné jsou některé články v angličtině z geologických časopisů jako např. od Valenty, Stejskala a Štěpančíkové (2008) a od autorů Kolínský, Valenta a Málek (2014).

Aktuální přehled seismické činnosti na našem území můžeme sledovat na webových stránkách Geofyzikálního ústavu Akademi věd České republiky [www.ig.cas.cz](http://www.ig.cas.cz), anebo na stránkách [www.ipe.muni.cz](http://www.ipe.muni.cz), které patří Ústavu fyziky Země.

## 4 Vymezení základních pojmů – zemětřesení

Níže jsou vysvětleny pojmy, které se objevují v této práci a se kterými se setkáváme v oblasti seismologie. Dále je zde na úvod stručně popsána stavba země a nastíněna problematika zemětřesení a určování jeho velikosti. Nakonec jsou zde popsána i seismicky nejaktivnější oblasti u nás v České republice.

### 4.1 Přehled pojmů

**Astenosféra** – plastický obal Země, umožňující pohyb litosférických desek

**Brekcie** – sedimentární hornina hrubé zrnitosti s proměnlivou barvou, která závisí na minerálním složení

**Epicentrum** – místo na povrchu Země, který vzniká kolmým průmětem hypocentra a kde se z hypocentra uvolňuje nejvíce energie

**Hypocentrum** – ohnisko zemětřesení v hloubce pod povrchem Země

**Karbon** – geologický útvar prvohor

**Litosférická deska** – mohutná deska zemské kůry tvořící vrchní část zemského povrchu

**Litosféra** – pevný obal tvořený zemskou kůrou a nejsvrchnějšími vrstvami zemského pláště

**Magnitudo** – jednotka velikosti zemětřesení

**Mikroseismy** – seismický šum, neklid

**Richterova škála** – stupnice představující jediné číslo, kterým je popsána velikost zemětřesení

**Seismologie** – obor zabývající se studiem zemětřesení a procesů spojených se šířením seismických vln

**Seismické roje** – seismická aktivita při níž se energie uvolní ve formě velkého množství slabých jevů

**Stratigrafie** – nauka studující vztahy geologických těles

**Subdukce** – jev, při kterém se jedna litosférická deska zasouvá pod druhou

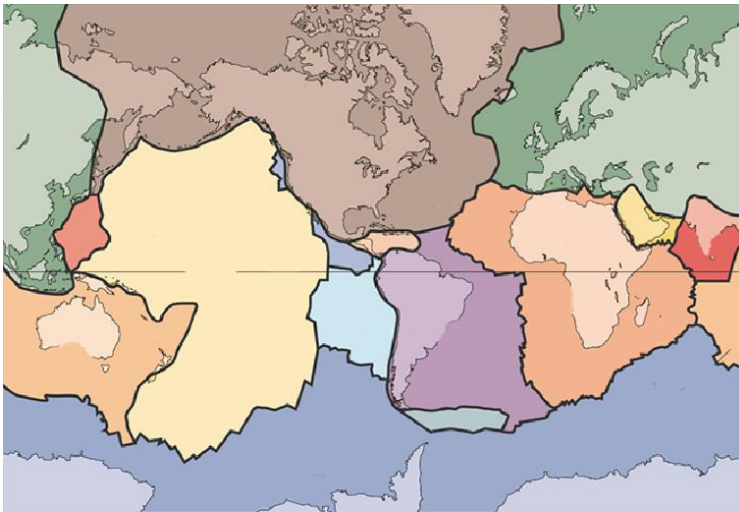
**Trias** – geologický útvar druhohor

**Variské vrásnění** – horotvorný proces z období prvohor, způsobený srážkou superkontinentů jehož výsledkem je řetězec vysokých pohoří

**Zlom** - geologická porucha v litosférické desce podél které dochází k pozorovatelnému pohybu okolních částí

## 4.2 Litosférické desky

Nedílnou součástí povrchu Země jsou Litosférické desky s tloušťkou asi 100 km, které se pohybují po měkkém podkladě-Astenosféře, bez níž by se desky nemohly pohybovat. Desky dělíme na 6 velkých a 8 menších (Obrázek 1). Česká republika leží na jedné z velkých litosférických desek, a to na euroasijské. Další velké desky jsou: pacifická, americká, africká, indo-australská a antarktická. Povrch desek tvoří kontinenty, oceán, nebo obojí.



Obrázek 1. Litosférické desky (<https://fyzweb.cz>)

Mezi deskami jsou deformační zóny, ze kterých vychází největší část tektonické činnosti Země. Tyto zóny jsou trojího typu.

- **Divergentní:** desky se od sebe vzdalují a prostor, který mezi nimi vzniká, je vyplňován magmatem z astenosféry.
- **Konvergentní:** desky se k sobě přibližují. V případě, kdy se k sobě přiblíží dvě oceánské desky, nebo deska oceánská a kontinentální, dojde k zasunutí oceánské desky. Jestliže se k sobě přiblíží dvě kontinentální desky, dochází ke kolizi a vznikají tak pásemná pohoří jako například Himaláje.
- **Transformní:** desky se posunují podél svých rozhraní.

Na základě tektoniky desek lze určit velikost a směr jejich pohybu pomocí výpočtu vzdálenosti vybraných míst a jejich časových změn. K takovému výpočtu se používají laserová měření družic, které slouží jako odražeče signálu z povrchu (GPS) (Čípová, 2006).

### 4.3 Druhy zemětřesení

Nejsilnější zemětřesení mají dvě hlavní příčiny vzniku. Jednou z nich je vzájemné působení mezi deskami a druhou jsou sopečné výbuchy. Na tomto základě jsme schopni rozlišovat tyto druhy zemětřesení.

- **Tektonická:** Je nejčastější a nejnebezpečnější typ zemětřesení, který je vázán na poruchy v litosféře. V procentech představuje tento typ a 90 % všech zemětřesení na povrchu země. Tektonická zemětřesení vznikají při náhlém uvolnění nahromaděné energie. Rozměr hypocentra může mít i několik stovek kilometrů.
- **Vulkanická:** Tento typ zemětřesení je často doprovázen sopečnými erupcemi. Intenzita zemětřesení nebývá moc velká, spíše lokálního charakteru. Častý je výskyt tzv. seismických rojů.
- **Říťivá:** Nebývají tak častá v porovnání s předchozími, avšak v obydlených částech mohou způsobit velké škody. Vznikají převážně zřícením stropů v přírodních krasových oblastech, nebo v člověkem vytvořených dolech.

Dalším kritériem rozlišení zemětřesení je hloubka ohniska. V tomto případě se rozdělují na tyto typy:

- **Mělká:** Patří sem zemětřesení vznikající v zemské kůře a svrchní části pláště. Hypocentrum má hloubku do 60 km. Patří sem říťivá zemětřesení, otřesy vyvolané skalním zřícením a činností člověka. V procentuálním vyjádření tato zemětřesení tvoří 85 % všech zemětřesení na zemském povrchu.

- **Středně hluboká:** Do této kategorie spadá asi 12 % všech zemětřesení. Vznikají v hloubce 60-300 km ve svrchním plášti. Vznikají převážně v závislosti na subdukcí okrajů litosférických desek.
- **Hluboká:** Jejich ohnisko se nachází hlouběji než 300 km. Většina hlubokých zemětřesení má hloubku do 670 km. Stejně jako předchozí středně hluboký typ zemětřesení, jsou i ta hluboká vázána především na zóny subdukce. Hluboká zemětřesení tvoří pouze 3 % všech zemětřesení na zemském povrchu.

Další dělení uvádíme podle vzniku na podmořské a kontinentální. Kontinentální způsobují okamžité škody a ztráty na životech. Podmořské zase bývají příčinou vln tsunami (Cronforth 2005).

#### 4.4 Magnitudo a intenzita zemětřesení

Základním seismologickým pojmem je magnitudo. Tento termín je významově synonymem k výrazu velikost. Magnitud je více druhů a liší se tím, jakým způsobem a z jakých dat je počítáno. U magnituda se neuvádějí žádné jednotky. Setkáváme se s magnitudem o velikosti 0 až do velikosti 10 ale horní hodnoty nejsou omezeny.

Je velmi důležité zmínit, že nám magnitudo neříká o velikosti otřesů na zemském povrchu, ani o ničivých účincích. Podstatné je odlišovat tři pojmy, které spolu souvisí jen málo, a to velikost zemětřesení, ničivé účinky a intenzitu otřesů. Magnitudo (Obrázek 2) vypovídá o tom, jak veliké zemětřesení bylo v místě, kde nastalo. To může být velmi hluboko pod zemským povrchem. To, jak se bude třást země záleží na mnoha faktorech:

- Vzdálenost od epicentra
- Hloubka ohniska zemětřesení
- Složení hornin, přes které se k nám seismické vlny šíří
- V jakém směru se nacházíme od zlomu (např. litosférických desek), ve směru, kolmo k němu

Tedy je důležité poznamenat, že zemětřesení např. o magnitudu 7 může někde způsobovat velké otřesy a jinde skoro nepocíitelné. Samotné magnitudo nám tedy neříká nic o tom, jak a kde se země otřásla.

Intenzitu zemětřesení můžeme vyjádřit na stupnici, která má 12 stupňů. Určuje se tak, že výzkumník prochází zasaženou oblast a podle různých indicií určuje pro různá místa intenzitu, kterou zakreslí do mapy. Na místě hodnotí kvalitu budovy, míru poškození a podle tabulky přiřadí místu jeden ze 12 stupňů. Určování intenzity je velmi pracné a v médiích se s ní prakticky nesetkáme. Na rozdíl od magnituda, je intenzita právě ta hodnota, která určuje, jak moc se kde země třásla.

Označení Richterova stupnice se v odborných termínech téměř nevyužívá (Kolínský 2010).

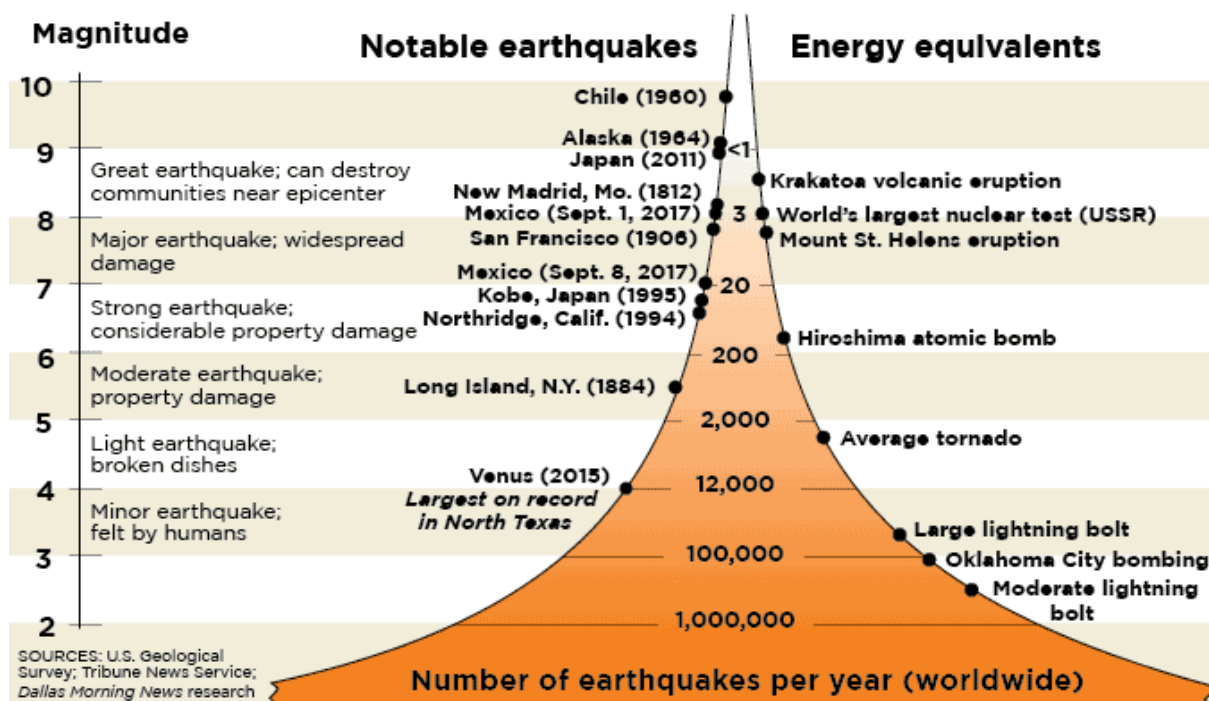
### **Makroseismická stupnice MSK 64 (makroseismická intenzita) používaná v České republice**

- I. – lidé nic necítí, zemětřesení je zaznamenáno pouze seismografy
- II. – otřesy pocítí jen někteří, hlavně ve vyšších patrech budov
- III. – otřesy se podobají průjezdu nákladního auta
- IV. – lidé cítí otřesy, probouzejí se ze spánku, drnčí okna, nádobí
- V. – zemětřesení je pozorováno i venku, lehké předměty se posouvají
- VI. – lidé ztrácejí rovnováhu, posouvají se těžké kusy nábytku, poškozují se komíny, objevují se trhliny v omítce
- VII. – chatrné budovy jsou těžce poškozeny, otřesy jsou pocíťovány i ve vozidlech, objevují se trhliny ve zdech, vodní plocha se vlní
- VIII. – nastává panika, budovy jsou poškozeny, v zemi se objevují trhliny
- IX. – dochází k poškození i nejkvalitněji postavených budov, ostatní jsou těžce poškozeny, ohýbají se železniční koleje
- X. – těžce poškozeny jsou hráze, mosty, železnice, budovy se speciální konstrukcí
- XI. – všechny hráze, mosty a budovy jsou nenávratně poškozeny, sesuvy půdy
- XII. Mění se tvar krajiny, všechny stavby jsou zničeny  
(Kukal 2005a)



# Earthquake frequency and destructive power

Left side of the chart shows the magnitude of the earthquake and potential effects. The middle shows how frequent such quakes typically are.



Obrázek 2. Stupnice magnitud (<https://www.wearelatinlive.com>)

## 4.5 Charles E. Richter

Houghová (2009) v životopise seismologa Charlese E. Richtera uvádí, že pojem „magnitudo“ poprvé použil v seismologii právě Charles Richter. Určil stupnici od -2 s neomezenou vrchní hranicí. Hodnota -2 byla nejmenší možná hodnota, který se dá zaznamenat seismografickým přístrojem. Později však uznal, že není vhodné pracovat se zápornými hodnotami, a tak se se zemětřesením o magnitudu -2 už téměř nesetkáváme. Vrchní hranici stupnici nechal otevřenou, avšak pomyslná 10 je nejhorším předpokládaným zemětřesením, jaké může Zemi zasáhnout.

Astronomové znají toto slovo používané jako pojem při klasifikaci jasnosti hvězd. Známkují se však odlišně. Nejjasnější hvězdy mají nejnižší hodnoty magnituda, seismologická stupnice postupuje v opačném smyslu, než je zvykem v astronomii.

S Richtermem úzce spolupracoval Beno Gutenberg, který byl uváděn jako spoluautor téměř u všech Richterových pracích. Přispěl také velkým dílem k tomuto projektu. V této chvíli se nabízí název Richterova-Gutenbergova stupnice, tento název se však ve veřejnosti neujal. Richter sám nejprve nazýval stupnici jako „stupnici magnitud“. Postupem času se objevovaly i jiné návrhy na pojmenování, např. Richterovo magnitudo, nebo pouze Richter a poté i Richterova stupnice. Sám Richter ale řekl, že označení „Richterova stupnice“ snižuje Gutenbergův podíl.

Dodnes vědci a seismologové používají označení „magnitudo“. Richterova stupnice, nebo škála, je používaná spíše veřejností a médii. Ovšem tímto označením si Charles Richter vysloužil dlouhou dávku nesmrtelnosti, protože málo komu dnes jeho jméno nic neříká.

#### **4.6 Pozorování a měření zemětřesení**

Historie sahá až do roku 132, kdy byl v Číně sestroyen první detektor seismických vln. Přístroj zvaný „seismometr“, který zaznamenává pohyby půdy vynalezl Ital Cecchi v roce 1875. Registrace seismických vln probíhá ve třech kolmých směrech a to: nahoru-dolů, sever-jih a východ-západ v širokém rozsahu period. Moderní seismometry mají za úkol zachytit od dlouhých period vybuzených nejsilnějšími zemětřeseními (přes 300 vteřin) až po vysoké frekvence stovek Hz, která jsou charakteristická pro blízká zemětřesení a výbuchy v lomech. Mikrootřesy pod seismickou stanicí i nejsilnější zemětřesení ve světě musí seismometr bezpečně zaznamenat, aniž by se ztratil v seismickém neklidu, nebo dosáhl horní hranice seismometru. V návaznosti na tyto požadavky byl sestroyen velmi citlivý širokopásmový přístroj, který je schopen zachytit převážnou část frekvencí a amplitud potřebných pro výzkum vzniku zemětřesení

Žádný širokopásmový seismometr není schopen zaznamenat celý požadovaný rozsah frekvencí, a proto se malá lokální zemětřesení registrují krátkoperiodickými senzory s vysokou citlivostí. Záznamy nejsilnějších otřesů nedaleko od ohniska je naopak možné registrovat seismometry se sníženou citlivostí, které registrují zrychlení půdy (Zedník 2006a).

Různé oblasti jsou monitorovány tzv. seismickými sítěmi. Jedná se o více seismických stanic rozmístěných po oblasti tak, aby splňovaly hlavní úkoly, kterými jsou: sledování seismicity studované oblasti a vyhlášení alarmu po výskytu silných zemětřesných jevů. Existují také seismické sítě zaměřené na monitorování důležitých staveb, jako např. velké vodní nádrže nebo jaderné elektrárny. Základními informacemi určovanými seismickými sítěmi jsou určení polohy epicentra a hloubky ohniska a dále odhad jeho síly.

Seismické sítě lze rozdělit podle velikosti oblasti po které jsou stanice rozmístěny, a to na lokální, regionální a globální.

**Lokální** seismické sítě jsou určeny pro sledování malých oblastí. V České republice jich existuje několik s různými účely. Jsou to např. sítě Webnet a Krasnet, které sledují zemětřesné roje na Chebsku a Sokolovsku v západních Čechách. V oblastech, kde se nacházejí místa s intenzivní hornickou činností jako např. ve Slezské pánvi, jsou v dolech umístěny lokální seismické sítě, které registrují důlní otřesy, které ohrožují těžbu i horníky. Jaderné elektrárny Temelín a Dukovany jsou opatřeny lokálními seismickými sítěmi, které neustále sledují zemětřesnou aktivitu v okolí elektráren.

**Regionální** seismické sítě pokrývají větší území. V Evropě se kryjí s národními seismickými sítěmi. Na našem území máme více než deset stálých seismických observatoří České regionální seismické sítě. Naši nejstarší fungující stanicí je stanice Praha, která byla založena v roce 1927 na Karlově ve sklepě Matematického ústavu Univerzity Karlovy. Tato stanice registruje pouze silná zemětřesení kvůli silnému rušení ve středu města a dnes slouží hlavně studentům.

**Globální** sítě jsou zakládány mezinárodními datovými centry pro sledování seismicity zemského tělesa. Nejznámější je Globální seismografická síť provozována Spojenými Státy. Tvoří ji 135 nejkvalitnějších širokopásmových stanic, rozmístěných rovnoměrně po zemském povrchu v 59 zemích světa (Zedník, Plešinger, Pazdírková 2004).

## 4.7 Zemětřesení v České republice

Česká republika je jednou z oblastí s nízkou seismicitou. Na jejím území se nachází šest aktivních oblastí, ve kterých účinky zemětřesení dosahují alespoň 6 stupňů makroseismické intenzity to znamená, že otřesy mohou být pozorovány na budovách.

- Český les (maximální intenzita 4° - 5°, 1902)
  - Krušné hory a smrčiny-Západní oblast (maximální intenzita 7°, 1908, 1985)
  - Sudety-zemětřesení v Trutnově a na Náchodsku (maximální intenzita 7°, 1901)
  - Západní Karpaty a Karpatská kotlina (maximální intenzita 7°, 1786)
  - Jižní Čechy (maximální intenzita 6°, 1590, 1876)
  - Jižní Morava (maximální intenzita 6°, 1963, 1964, 1976)
- (Jechumtálová & Šílený 2014)

Seismicky nejaktivnější oblastí České republiky je západní cíp našeho území. V oblasti Chebska, Kraslicka a Sokolovska se zemětřesení vyskytují velmi často, a to zejména v tzv. zemětřesných rojích. V období několika dnů až měsíců se zde objevují stovky až tisíce otřesů. Mezi zemětřesnými roji pak dochází k období klidu, které může trvat až několik let. Nejsilnější otřesy pak mohou pocítit i obyvatelé ze širšího okolí a mohou způsobit škody na budovách.

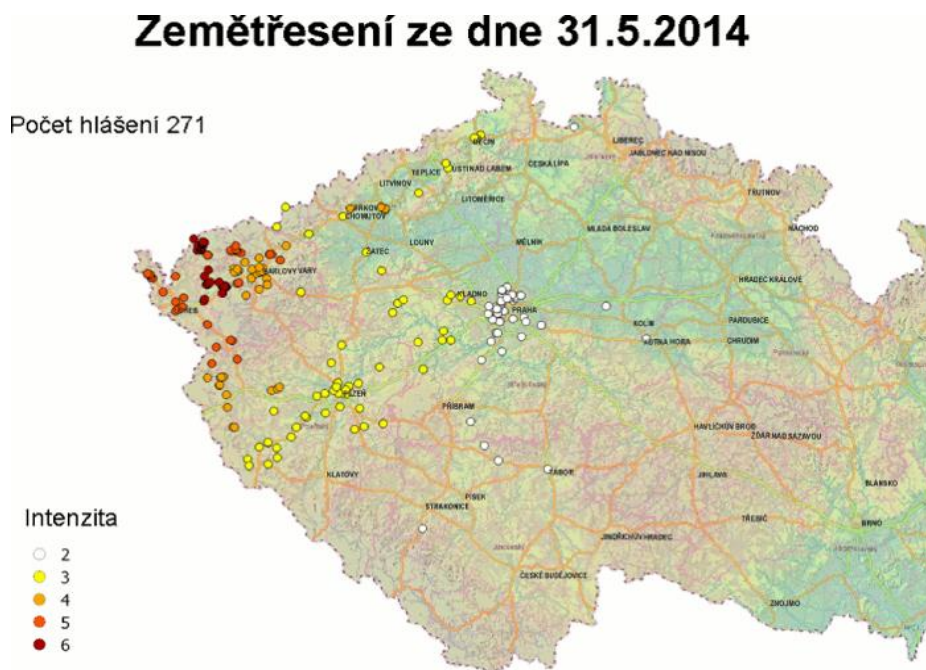
Jedna z prvních zmínek o zemětřesení v této oblasti se datuje již na 16. století. Přístrojová registrace seismické aktivity však byla zahájena až na počátku 20. století, kdy přesněji v roce 1908 byla v Chebu zřízena první seismická stanice. Dnes jsou všechna zemětřesení na západě Čech registrována sítí seismických stanic WEBNET a vyhodnocována je v Geofyzikálním ústavu Akademie věd České republiky. Moderní měření ukázalo, že ohniska zemětřesení se nacházejí především v oblastech poblíž obcí Nový Kostel, Skalná a Kraslice. Protože se tato místa nacházejí poblíž německých hranic, najdeme seismicky aktivní oblasti i tam, a to zejména v okolí měst Klingenthal, Plauen a Marktredwitz. Nejintenzivnější zemětřesná činnost je v oblasti již zmiňovaného Nového Kostela. Hloubky ohnisek zemětřesení sahají od 6 do 15 km.

Zemětřesení na Chebsku jsou velmi častá a dá se říct, že se zde zem chvěje, byť nepatrně, téměř pořád. Jen zřídka otřesy dosahují magnituda 4. Příčinou seismické činnosti v této oblasti

je oslabení zemské kůry. Během geologického vývoje se toto oslabení projevilo vznikem Chebské a Sokolovské pánve a také sopečnou činností. Pozůstatkem sopečné činnosti jsou v dnešní době prameny minerálních vod a tzv. mofety (výrony oxidu uhličitého). Proto jsou Západní Čechy proslulé lázněmi a dalšími neobvyklými přírodními úkazy jako např. bahenními sopkami.

Nejsilnější otřesy zde byly zaznamenány v letech 1985 a 1986, kdy zemětřesný roj trval téměř tři měsíce a dosáhl nejvyšší zaznamenané síly magnituda 4,6. Tehdy praskaly zdi a padaly komíny.

V posledních letech byly nejsilnější otřesy zaznamenány právě v oblasti kolem Nového Kostela, a to na konci května 2014. 24. května zde bylo naměřeno magnitudo 3,6 a 31. května dokonce 4,5 (Obrázek 3). Tyto otřesy pocítili lidé nejen na Chebsku, či Sokolovsku, ale také v širokém okolí ve městech a obcích jako v Karlových Varech, Plzni a Chomutově, a dokonce i v okolí Prahy a Liberce. Veřejnost popisovala většinou pohyby menších předmětů, nábytku, řinčení oken, chvění. Nejzávažnější však byly pouze trhliny ve zdech a poškození komínů (Hrubcová & Šílený, 2015).



Obrázek 3. Mapa zemětřesení v západních Čechách ze dne 31.5. 2014 (<https://www.ig.cas.cz>)

Další významnou seismicky aktivní oblastí je Severovýchodní část České republiky kam patří Jeseníky, Opavsko a Hornomoravský úval. Během 17 let, kdy je toto území seismicky monitorováno, zde bylo zaznamenáno přes 2 600 slabých zemětřesení. Ve 20. století zde byla zaznamenána pouze zemětřesení v oblasti Opavy v letech 1930, 1934 a 1993 a dále zemětřesení v Hrubém Jeseníku v letech 1935 a 1986. Zemětřesení z roku 2012 bylo významné tím, že bylo jako první určeno lokálními seismickými stanicemi

První zaznamenané zemětřesení v této oblasti je již z roku 998, avšak u tak starého záznamu je velmi těžké určit, zda mělo zemětřesení ohnisko opravdu v Jeseníkách, nebo jestli nešlo o pocítené otřesy s ohniskem v jiném místě např. v Polsku či na Slovensku. Velmi dobře je zaznamenáno zemětřesení z roku 1935. Otřesy sice nezpůsobily žádné škody, zato vyvolaly rozruch mezi obyvateli. Zemětřesení bylo pocíteno nejvíce na Ramzové, Loučné nad Desnou a v Hanušovicích. Lidé otřesy cítili až ve vzdálenosti 40 km od ohniska a v ohnisku bylo naměřeno magnitudo o velikosti 4.

Nejsilnější otřes v této oblasti se datuje na rok 1986, kdy bylo naměřeno magnitudo 5,5 (Pazdírková, Krumlová, Pecina, Sýkorová & Zedník 2012).

Poslední velmi aktivní oblastí je Trutnovsko a Náchodsko kde se nachází významná hronovsko-poříčská porucha a kde došlo k vůbec nejsilnějšímu zemětřesení v České republice, a to v roce 1901. Obyvatelé severovýchodních Čech mohou také pocítit i slabé otřesy způsobené důlní aktivitou v oblasti hlubinných dolů na měď v polském Lubinu (Zedník 2006b).

Geologové předpokládají, že příčinou vzniku zemětřesení u nás je tlak alpského systému na Český stabilizovaný blok. Objevují se pak na obvodové části Českého masivu. Nejčastější zemětřesení jsou ta, kdy Českou republiku zasáhne silnější zemětřesení ze zahraničí, a to především z východoalpské seismicky aktivní oblasti z Rakouska, Itálie a Maďarska (Česká televize 2017).

## 5 Hronovsko-poříčský zlom

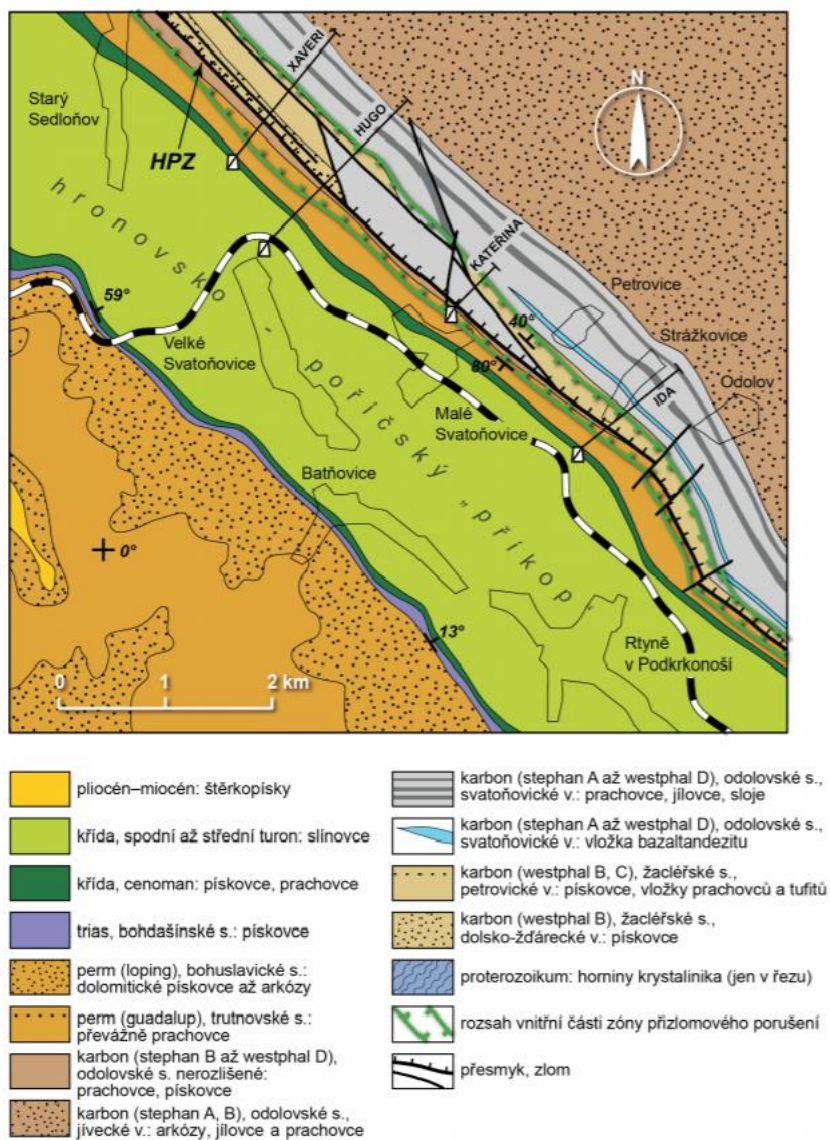
Vnitrodesková zemětřesení jsou velmi zajímavá, a ne každý ví, že i u nás v České republice se mohou vyskytovat silnější zemětřesení. Tuto oblast jsem si vybrala především proto, že odtud pocházím a mám k místům v okolí hronovsko-poříčského zlomu blízký vztah.

### 5.1 Geologická minulost vnitrosudetské pánve

Tato pánev leží mezi Krkonošemi na SZ, Sovími horami na SV a Orlickými horami na JV. Většina plochy této pánve zasahuje na Polské území, u nás leží v okolí Žacléře a v Broumovském výběžku. Hronovsko-poříčský zlom odděluje vnitrosudetskou pánev od pánve podkrkonošské. Výplň pánve o mocnosti přes 3500 m obsahuje uloženiny dlouhého časového intervalu od karbonu do triasu (Obrázek 4). Podle změn charakteru hornin zde můžeme sledovat vývoj tzv. variských horotvorných procesů lépe než kde jinde v České republice.

Nejnižší stratigrafická jednotka se nazývá blažkowské souvrství a leží z větší části na polském území. U nás byla zjištěna ve vrtech u Žacléře. Tady ji tvoří nafialovělé a červenavé slepence s vložkami prachovců a jílovců. Další sedimentační vrstva začíná žacléřským souvrstvím (mocnost přes 1200 m). Obsahuje převážně šedě zbarvené uloženiny se stavbou slepence, pískovce, prachovce, jílovce, uhlí a zase jílovce. Následují vrstvy dolsko-žďárské a nadložní petrovické se strukturou zvrstveného pískovce, prachovce a jílovce a uhelnými slojemi. Další vrstvou je nadložní odolovské souvrství. Vyznačuje se červeně zbarvenými pískovci a prachovci, které se ve vyšších vrstvách střídají se šedými. Další chvalečské souvrství je velmi podobné tomu odolovskému.

K období triasu přiřazujeme bohdašínské souvrství o maximální mocnosti 120 m. Ve spodní části tohoto souvrství převládají hrubozrnné pastelové zbarvené pískovce narůžovělé, světle fialové, hnědavé. Výše se sedimenty zjemňují do světle šedé barvy. Nejvyšší vrstvy bělošedé zřetelně vrstvené pískovce s kaolinickým tmelem (Chlupáč, 2002)

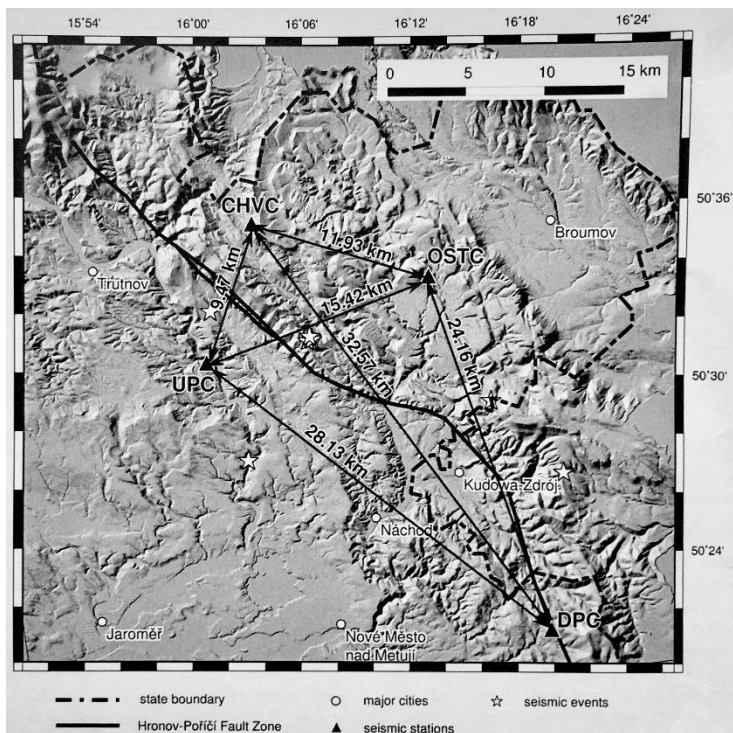


Obrázek 4. Geologická mapa okolí střední části hronovsko-poříčského zlomu (<https://www.geology.cz>)



## 5.2 Přehled východočeských seismických stanic

Ve východních Čechách zejména kolem hronovsko-poříčské poruchy jsou rozmístěny 4 seismické stanice, které jsou součástí České regionální seismické sítě (Obrázek 5). Stanice Dobruška-Polom (DPC) a Úpice (UPC) jsou vedeny Geofyzikálním ústavem Akademie věd České republiky a dále stanice Ostaš (OSTC) a Chvaleč (CHVC) jsou vedeny Ústavem struktury a mechaniky hornin Akademie věd České republiky (Kolínský, Valenta, Málek 2014).



Obrázek 5. Přehled seismických stanic rozmístěných kolem hronovsko-poříčského zlomu (Kolínský, Valenta & Málek 2014)

### 5.2.1 Stanice Dobruška-Polom

Toto unikátní pracoviště, ve kterém probíhají geodetická, geofyzikální a hydrometeorologická měření funguje již 40 let a je součástí České regionální seismické sítě. Výstupy měření jsou nezbytné pro zabezpečení činnosti ozbrojených sil při obraně státního území a také při plnění úkolů krizového řízení. Stanice vznikla v roce 1974 jako součást

Vojenského topografického ústavu v Dobrušce. V podzemním bunkru byly v roce 1992 uvedeny do provozu švýcarský třísloužkový širokopásmový seismometr STS-2 a americká záznamová aparatura Quanterra Q52K. V roce 1996 byla stanice zasažena bleskem, kdy byla poškozena aparatura Quanterra. Ta byla v roce 1999 nahrazena novější verzí Q4120 (Obrázek 6). V roce 2007 došlo k další modernizaci. Špičkové záznamové zařízení Quanterra Q330HR, které bylo nainstalováno, zaznamenává slabá lokální zemětřesení ale i nejsilnější světová zemětřesení. V roce 2006 byl nainstalován širokopásmový seismometr STS-1, který je považován za špičku seismometrů.

Tato stanice v Orlických horách je umístěna na místě s mimořádně nízkým seismickým neklidem a je také výhodně položena pro registraci zemětřesení na hronovsko-poříčské zlomové linii, otřesů v polských měděných dolech a v uhelných dolech v Hornoslezské pánvi. Digitální záznamy jsou přes internet nepřetržitě odesílány do datového centra Geofyzikálního ústavu Akademie věd České republiky (Laža, 2014; Zedník, 2014).



Obrázek 6. Seismické aparatury QUANTERRA Q4120 (vlevo nahoře) a QUANTERRA Q330HR (vlevo dole), seismometry STS-1 (vpravo) (<https://www.geoservice.army.cz>)

### 5.2.2 Stanice Úpice

Tato stanice byla v roce 1986 založena Geofyzikálním ústavem AV ČR na hvězdárně v Úpici. Město Úpice leží nedaleko Hronovsko-poříčské poruchy, a proto byla vhodným místem pro studium seismicity této doposud málo probádané oblasti. Do studny (Obrázek 7)

byly umístěny seismometry vhodné pro sledování blízkých seismických jevů a mikroseismů.

V roce 2003 bylo na stanici nainstalováno moderní registrační zařízení a byla vybavena třísložkovým širokopásmovým seismometrem a připojena na internet. Digitální data jsou nepřetržitě zaslána do Geofyzikálního ústavu. V roce 2011 došlo k modernizaci stanice. Byl zde nainstalován širokopásmový seismometr STS-2 a registrační aparatura Q330S (Zedník & Jedlička 2011).



*Obrázek 7.* Studna seismografu. (<https://www.hradec.rozhlas.cz>)

### 5.2.3 Stanice Ostaš

Seismologická stanice Ostaš (Obrázek 8) byla ve Východních Čechách vybudována v roce 2005 kvůli monitorování aktivity na Hronovsko-poříčském zlomu. Stanice je vybavena třísložkovým širokopásmovým seismometrem Streckeisen STS-2,5 a registračním systémem RUP-SEIS/24. Stanice je připojena na internet a nepřetržitě odesílá záznamy do Geofyzikálního ústavu (Geofyzikální ústav AV ČR, 2019).



Obrázek 8. Seismologická stanice Ostaš. (<https://www.ig.cas.cz>)

#### 5.2.4 Stanice Chvaleč

Stanice byla zřízena v roce 2009. Také tato stanice byla vytvořena hlavně kvůli monitorování aktivity na Hronovsko-poříčské poruše. Stanice je opatřena širokopásmovým seismometrem Streckeisen STS-2 a registračním systémem RUP-SEIS/24. Stanice nepřetržitě odesílá data do Geofyzikálního ústavu AV (Geofyzikální ústav AV ČR, 2019).

### 5.3 Situace na hronovsko-poříčském zlomu

Podle Málka et al. (2008a) se většina zemětřesení, která se vyskytují na Zemi se odehrává na okrajích velkých litosférických desek. Většina výzkumů se týká právě takových zemětřesení. Seismická aktivita na hronovsko-poříčském zlomu se však odehrává uvnitř Euroasijské litosférické desky a tím je velice specifická a pro vědce zajímavá. Oblasti uvnitř desek mohou být také v některých případech postiženy silným zemětřesením. Interval mezi zemětřeseními uvnitř desek je však velmi dlouhý, v některých případech tisíce až desetitisíce let. Proto je stanovení ohrožení ve vnitrodeskových oblastech velice nepřesný, protože dochovaná pozorování se vztahují pouze k několika posledním staletím. V poslední době, kdy se výzkumy posunují čím dál více dopředu, se častěji provádějí takzvané paleoseismické výzkumy, při

kterých se nacházejí svědectví o silných zemětřeseních až statisíce let zpátky. Další metodou pozorování seismické aktivity uvnitř litosférických desek je monitorování velmi slabých zemětřesení. Které je možné zaznamenat citlivými seismografy.

Hronovsko-poříčský zlom je druhá nejvíce seismicky aktivní oblast Českého masivu. Oblast nacházející se na severo-východním okraji České vysočiny je asi 40-60 km široká a 150 km dlouhá. Samotný HPZ je pak více než 30 km dlouhý (Valenta, Stejskal, Štěpančíková 2008). Probíhá ve směru severozápadně až jihovýchodně od Babí u Žacléře, přes Poříčí u Trutnova, Malé Svatoňovice, Bohdašín a Hronov až ke Žďárkám u česko-polské hranice ve vzdálenosti asi 33 km.

Pojem zlom zahrnuje soubor veškerých struktur, které způsobily pohyb mezi dvěma jimi oddělenými bloky. Základním prvkem architektiky zlomu je jádro zlomu (Obrázek 9). Je to centrální zóna situovaná na styku obou bloků. Charakteristickým znakem jádra zlomu je koncentrace většiny pohybu do této zóny. Charakteristickými horninami jádra jsou zlomové brekcie a jíly.

Jádro zlomu může být v jednom nebo obou blocích sledováno zónou přízломového porušení. Do této zóny jsou zahrnuty převážně křehké struktury vzniklé v souvislosti s pohybem na zlomu. Typickým znakem zlomu přízломového porušení jsou deformační proužky, ohlazové plochy, pukliny a různé typy drobných doprovodných zlomů. Zónu přízломového porušení můžeme popsat jako místo které je charakteristické výskytem těch typů struktur, které udávají zvýšené namáhání v okolí jádra, nebo jako místo, které se skládá z několika typů křehkých struktur v odlišně širokých zónách. Každý z nich většinou určuje jinou příčinu vzniku, nebo vypovídá o jiné etapě vývoje struktury zlomu.

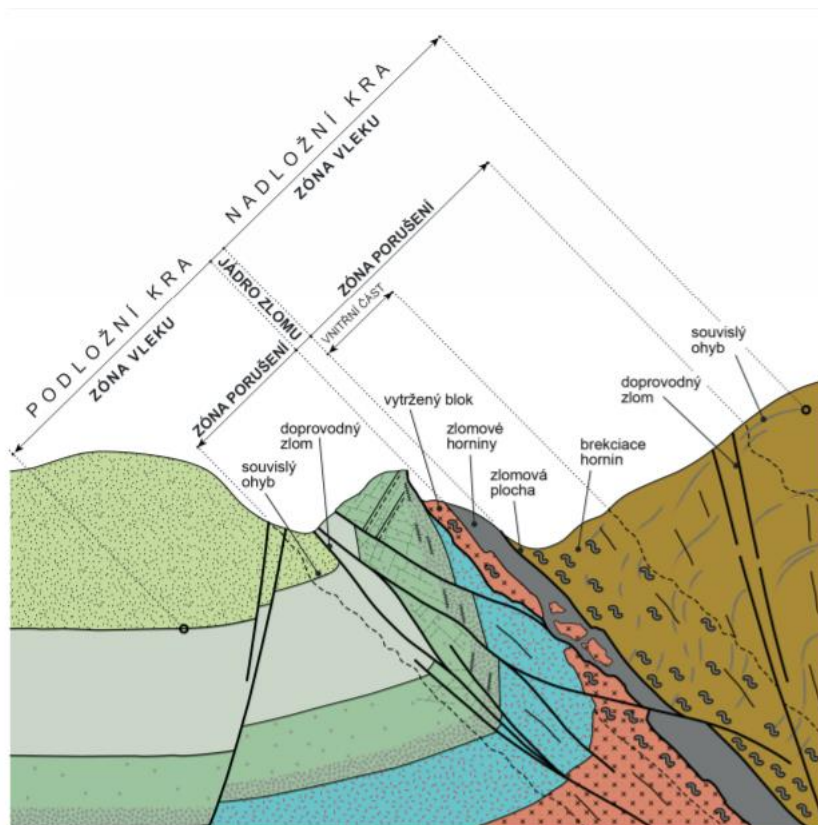
Zóna vleku je vyjádřena jako oblast, kde vlivem pohybu na zlomu dochází k rotaci hornin v přiléhajících částech ker.

Jádro hronovsko-poříčského zlomu bylo zjištěno výše popsanými způsoby. Má šířku několika decimetrů až metrů a převládá v něm šedý rozklouzaný jíl se zbytky rozdrčených hornin.

Zóny přízломového porušení jsou široká stovky metrů a u Hronova se zužují jen na desítky metrů. Horniny jsou zde drceny a přeměněny v tektonické brekcie.

Hronovsko-poříčský zlom je složený z hlavního zlomu a několika doprovodných zlomů (Prouza, Coubal, Adamovič 2015).





Obrázek 9. Architektonická stavba smykového zlomu (<https://www.geology.cz/>)

Dosavadní výzkumy hronovsko-poříčského zlomu byly z velké míry založeny na poznacích ze tří unikátních štol, jejichž původním úkolem bylo narazit na uhelné sloje v žacléřském souvrství a svatoňovické sloje v odolovském souvrství. Štoly byly ražené u Velkých Svatoňovic, Starého Sedloňova a u Batňovic-Rtyně v Podkrkonoší. Štoly procházely celým poruchovým pásmem hronovsko-poříčského zlomu. Části byly také zachyceny třemi dalšími kratšími štolami o délce 200-500 m. Od počátku 50. let 20. století byla oblast mapována sondážními pracemi a jádrovými vrty i přes 1000 m hlubokými. Na našem území nenajdeme další tak detailně popsanou lokaci, jako je právě popsaný hronovsko-poříčský zlom.

#### 5.4 Historie nejvýznamnějších otřesů

Marková (2014) uvádí, že podle dochovaných zpráv jsou otřesy na Trutnovsku a Náchodsku zaznamenány již od roku 1011.

Vůbec nejsilnější spolehlivě popsané zemětřesení s epicentrem na hronovsko-poříčsku proběhlo 10. ledna 1901. Otřesy dosáhly v epicentru intenzity  $7^{\circ}$  a došlo k poškození budov, avšak nikdo nebyl zraněn. V té době ještě v oblasti nebyl žádný seismograf, a tak není možné přesně určit magnitudo zemětřesení. Odhaduje se, že zemětřesení mělo magnitudo asi 4,7 na Richterově stupnici. Otřesy byly pocítny v širokém okolí a hlášení o zemětřesení pocházejí dokonce až z Drážďan, které jsou od epicentra vzdáleny 130 km (Málek, Stejskal & Zedník 2008a).

V tabulce 1. jsou uvedeny nejsilnější zaznamenané otřesy s ohniskem na hronovsko-poříčském zlomu od roku 1799 až po seismický roj 2008. Níže jsou detailněji popsány dvě nejmladší události.

| Datum      | Souřadnice ohniska                      | Maximální pocítěná intenzita | Magnitudo podle Richtera |
|------------|---|------------------------------|--------------------------|
| 11.12.1799 | 50.5° N, 16.1° E                        | 6°                           | -                        |
| 31.1.1883  | 50.5° N, 15.9° E                        | 6-7°                         | -                        |
| 10.1.1901  | 50.5° N, 16. 1°E                        | 7°                           | 4,7                      |
| 30.1.1949  | 50.5° N, 16. 1°E                        | 4-5°                         | 3,5                      |
| 24.4.1957  | 50.5° N, 16.0° E                        | 5°                           | 4,0                      |
| 2.12.1961  | 50.6° N, 16.3° E                        | 4-5°                         | 3,5                      |
| 21.11.1979 | 50.5° N, 16.0° E                        | 5°                           | 3,7                      |
| 7.5.1984   | 50.5° N, 16.1° E                        | 4-5°                         | 3,3                      |
| 22.4.1992  | 50.4° N, 16.3° E                        | 4-5°                         | 2,3                      |
| 24.8.1992  | 50.5° N, 16.1° E                        | 3°                           | 1,7                      |
| 24.6.1999  | 50.5° N, 16.0° E                        | 3°                           | 2,2                      |
| 10.8.2005  | 50.5° N, 16.0° E                        | 2°                           | 2,4                      |
| 25.10.2005 | 50.5° N, 16.1° E                        | 5°                           | 3,3                      |
| Roj 2008   | Střední část hronovsko-poříčské poruchy | -                            | 1,6                      |

*Tabulka 1.* Přehled nejvýznamnějších otřesů na hronovsko-poříčském zlomu (Možnosti včasného varování v seismologii, Zedník 2009)



## 5.5 Zemětřesení ze dne 25. října 2005

Zemětřesení na Hronovsku dne 25. října o velikosti 3,3 na Richterově stupnici se objevilo v 10:58 hodin a hloubka ohniska se odhaduje na 5 km. Otřes byl pocíten ve 31 obcích v této oblasti a došlo i na mírné poškození některých budov (Obrázek 10). Maximální intenzita otřesů dosáhla až 5° na makroseismické stupnici.

Díky stanici Úpice, která se nachází jen několik kilometrů od ohniska otřesu, existují detailní studie tohoto seismického jevu, který však nebyl nejsilnějším, jaký může na hronovsko-poříčské poruše vzniknout. Podobně silné otřes jsou známy z dřívějších let (viz tabulka 1). V roce 2005 se v oblasti Hronovska objevil ještě jeden méně významný otřes a to 10. srpna o maximální pocítené intenzitě 2°.

Zemětřesení 25.10. zaregistrovaly tři stanice v blízkosti epicentra a to: Úpice, Dobruška-Polom, polský Ksiaz a další stanice ve střední Evropě. Stanice Ostaš byla v době zemětřesení mimo provoz. Podle Klimeše (2005) bylo epicentrum zemětřesení v oblasti Hronova, přesněji na svatoňovické straně Jestřebích hor. Otřesy byly vyvolány v hloubce asi 4 km. Zpracovány byly také makroseismické dotazníky, nebo byly s obyvateli po telefonu vyplněny krátké záznamy o jejich vlastním pozorování.

Největší účinky zemětřesení byly pocíteny v určitém pásu od Úpice a Malých Svatoňovic přes Rtyni v Podkrkonoší a Červený Kostelec až k Náchodu. V nejužším okolí epicentra lidé popisovali silné chvění budovy a nábytku, cinkání nádobí ve skříňkách, drnčení oken, posuny drobných předmětů, kývání zavěšených předmětů a v některých případech i pocit ztráty rovnováhy. Někde zemětřesení vyvolalo paniku a lidé vybíhali ven ze svých domů. Ve větších vzdálenostech se jednalo o zachvění budov nebo křesel, připomínající náraz těžkého vozidla i s doprovodnými zvuky.

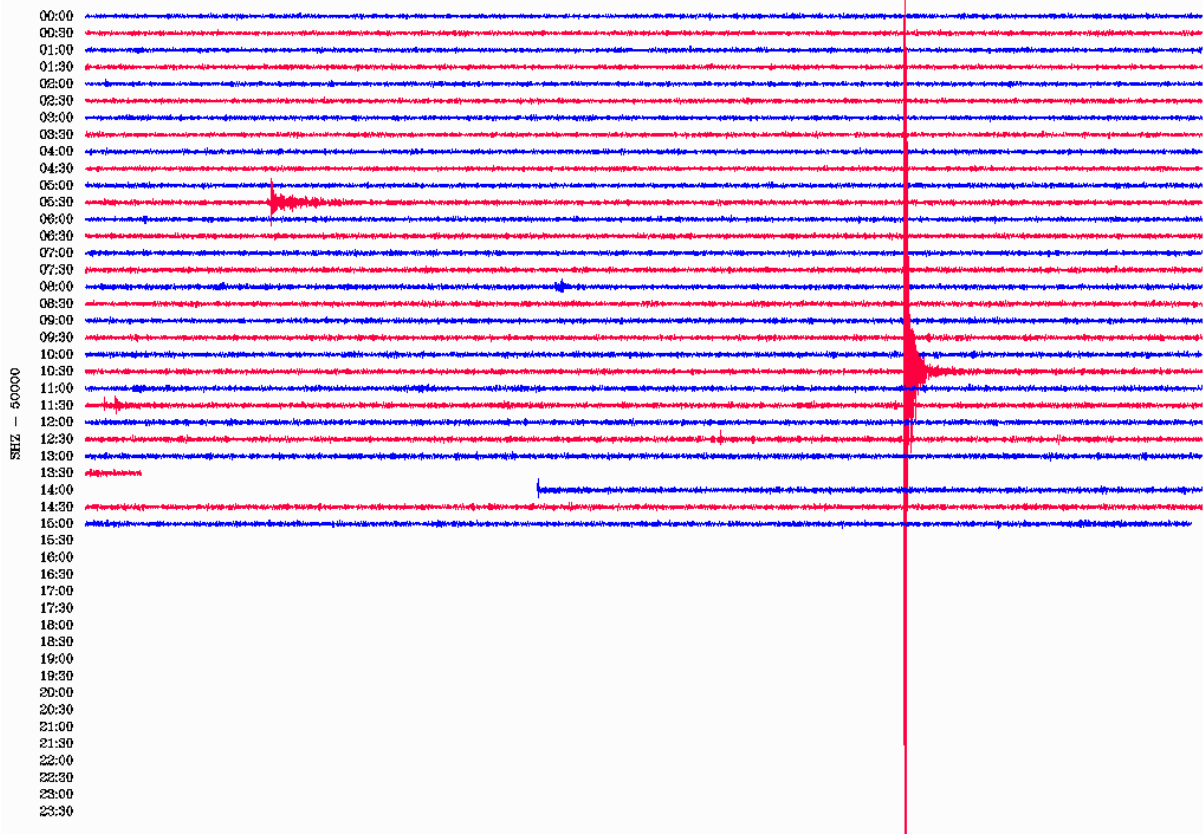
V obcích nejbližší epicentra byly zaznamenány škody na budovách nejčastěji vlásečnicové trhliny v omítce a v několika případech drobné praskliny v obvodovém zdivu a příčkách uvnitř domů. Poškození bylo zaznamenáno v Úpici, Červeném Kostelci, Rtyni v Podkrkonoší a ojediněle i ve Velkých a Malých Svatoňovicích, Velkém Poříčí a v Hronově.

Celkově se jednalo o středně silný jev, ale v této oblasti lze očekávat i silnější otřesy, které by mohly způsobit vážnější škody (Zedník & Hudová 2006).

CRSN\_Station

2005-10-25

Applied filter: WWSSN-SP



Obrázek 10. Záznam zemětřesení ze dne 25.10. 2015 (<https://www.obsupice.cz>)

## 5.6 Seismický roj v lednu 2008

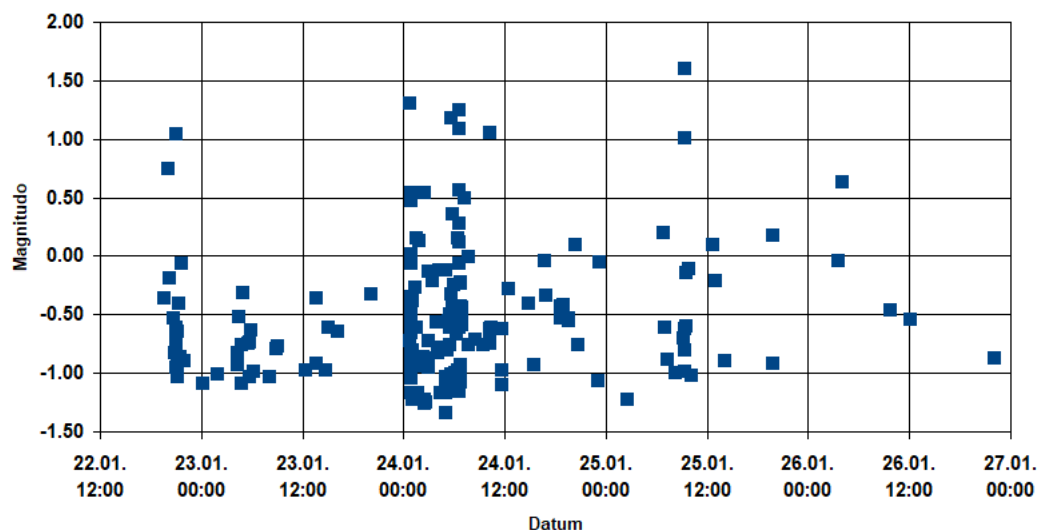
V roce 2005, kdy byla vybudována velmi citlivá skupinová stanice Ostaš, která zachycuje i velmi slabé jevy, které by jinak zanikly v seismickém šumu, se zjistilo, že v oblasti hronovsko-poříčské poruchy se vyskytují velmi často slabá zemětřesení. Například od října 2005 do srpna 2007 bylo zaznamenáno 37 zemětřesení.

V lednu došlo k seismickému roji, při kterém bylo zaznamenáno 189 zemětřesení (Obrázek 11). První otřesy byly zaznamenány odpoledne 22. ledna, kdy během této první fáze byl zaznamenán jediný jev s magnitudem větším než 1. Aktivita pak pokračovala 23.1. celý den a po půlnoci se výrazně zvýšila. Dopoledne 24.1. bylo zaznamenáno 109 zemětřesení ze kterých pouze 5 přesáhlo magnitudo 1. Hned poté seismická aktivita opět klesla. Další den ráno se opět zvýšila a kolem deváté hodiny došlo k nejsilnějšímu zemětřesení s magnitudem 1.6. seismická aktivita trvala až do poledne 27.1., avšak ve velmi slabé míře. Poté zcela ustala.

Tento průběh se velmi liší od většiny světových zemětřesení, kdy dochází po ojedinělých předtřesech dochází k hlavnímu nejsilnějšímu otřesu s následnou dotřesovou sekvencí, která je tvořená velmi slabými ale častými otřesy. Tento jev z roku 2008 je charakteristický spíše pro seismické roje, které obvykle doprovázejí vulkanickou činnost, nebo jsou vyvolány lidskou činností. Takové seismické roje jsou také charakteristické pro oblast západních Čech (Chebsko, Kraslicko) které je charakteristické doznívajícím vulkanizmem.

Pro nejsilnější jev byla provedena lokalizace z okolních seismických stanic a ukázalo se, že nejsilnější jev roje z ledna 2008 se nacházel ve střední části hronovsko-poříčského zlomu poblíž Rтынě v Podkrkonoší. Hloubka ohniska byla stanovena na 8 km.

Tento roj, který proběhl ve dnech 22. až 27 ledna 2008 nebyl pocítěn obyvateli oblasti, ale byl zaznamenán přístrojově. Celkem tedy bylo určeno 189 zemětřesení z nichž 8 přesáhlo magnitudo 1 (Málek, Stejkal & Zedník 2008b).

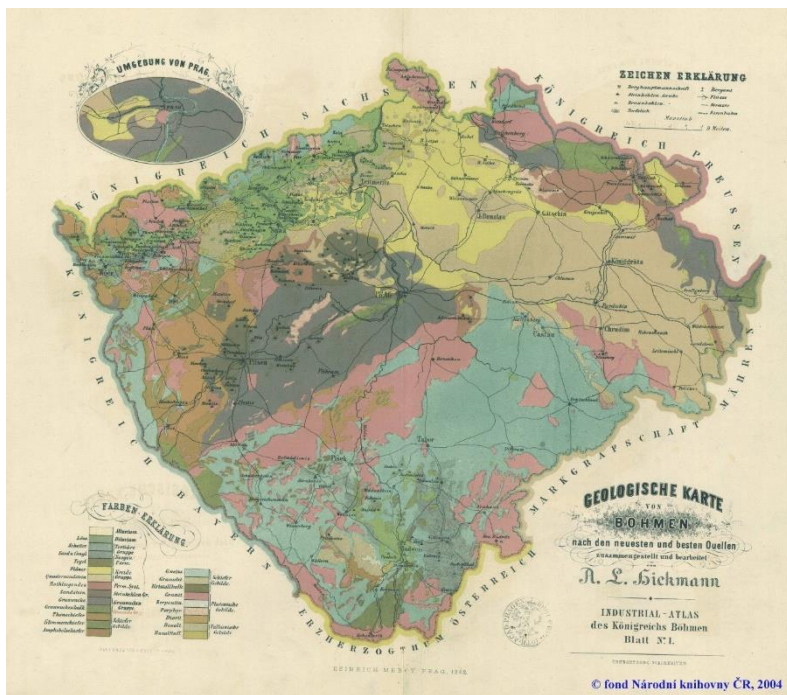


Obrázek 11. Záznam seismického roje z ledna 2008 v čase (Málek, Stejkal & Zedník 2008c)

Z výše uvedených poznatků můžeme odvodit, že v oblasti hronovsko-poříčského zlomu se silnější zemětřesení objevují nepravidelně. Z tabulky 1. lze odhadem říci, že na posledních 200 let připadá asi 13 silnějších zemětřesení o intenzitě  $2^{\circ}$ - $7^{\circ}$ .

Podle Klimeše (2017) je hronovsko-poříčský zlomový systém aktivní proto, že zde v minulosti docházelo k důlní činnosti v pásmu od Žacléře po Svatoňovicko. Ta má na seismickou aktivitu veliký vliv. Na obrázku č. 12 můžeme vidět geologickou mapu Čech z roku 1862, kde jsou kolem hronovsko-poříčského zlomu černými trojúhelníky znázorněny bývalé uhelné doly.

Ke slabým otřesům zde v dnešní době dochází téměř neustále a nejčastěji zdroje otřesů pocházejí z polské strany, kde se v dolech stále intenzivně pracuje.



Obrázek 12. Geologická mapa Čech z roku 1862 (<https://www.geology.cz>)

## **6 Rizika mimořádných událostí ve sledované oblasti**

Výše uvedená oblast hronovsko-poříčského zlomu leží v Královéhradeckém kraji, kde se může vyskytnout mimo jiné i nebezpečí zvýšené seismické činnosti, tedy zemětřesení.

Jako významné ohrožení v Královéhradeckém kraji způsobené přírodními vlivy jsou uvedeny:

- Požáry
- Povodně
- Zemětřesení
- Přivalové a dlouho trvající deště
- Lavinová nebezpečí
- Bouřková činnost
- Sněhové a ledové kalamity
- Dlouhodobá inverze
- Větrné poryvy, vichřice
- Mimořádné sucho

(Hasičský záchranný sbor České republiky)

### **6.1 Hlavní úkoly a cíle ochrany obyvatelstva**

Základní funkcí státu a povinností České republiky je ochrana životů, zdraví a majetkových hodnot spolu se zajištěním svrchovanosti, územní celistvosti a ochranou demokratických základů. Zahrnuje soubor postupů a činností příslušných orgánů, složek, organizací a obyvatelstva, prováděných za účelem minimalizace negativních dopadů krizových situací a mimořádných událostí na zdraví a životy lidí a na jejich životní podmínky.

Cílem ochrany obyvatelstva je zmírnit, nebo maximálně snížit následky mimořádných událostí. Jde o eliminaci škod na životech, zdraví a majetku nastavením takového stavu, kdy je obyvatelstvo odolné vůči následkům mimořádné události a je schopno pomoci při odstraňování škod.

Úkoly ochrany obyvatelstva jsou především varování, ukrytí, evakuace a nouzové přežití a další opatření pro zabezpečení ochrany života, zdraví a majetku obyvatelstva.

Hlavní opatření ochrany obyvatelstva:

- Zřízení a provozování systému varování a informování obyvatelstva
- Včasné a spolehlivé informování o hrozící nebo nastalé mimořádné události
- Opatření prostředků individuální ochrany nebo improvizovaných prostředků k ochraně povrchu těla a dýchacích orgánů
- Příprava prostorů pro ukrytí a organizace ukrytí
- Zabezpečení zdravotnické pomoci
- Zabezpečení hygienických opatření jako prevence a likvidace epidemií a nález
- Prevence a likvidace úniků nebezpečných látek, požárů a výbuchů
- Hledání a vyproštění ohrožených a postižených osob
- Zajištění náhradního zásobení pitnou vodou, potravinami, energií, hygienickými a desinfekčními pomůckami
- Humanitární pomoc
- Uzavření nebezpečného, ohroženého nebo postiženého prostoru
- Zabezpečení veřejného pořádku a bezpečnosti
- Záchrana majetku, domácích a hospodářských zvířat, kulturních památek
- Odstranění následků mimořádné události

Ochranu obyvatelstva lze plánovat a organizovat pouze s dobrým zázemím, které je u nás označováno jako kritická infrastruktura. Jsou to nezbytné systémy, bez kterých by byl ohrožen chod ekonomiky a správy státu. Představují ji především státní správa a samospráva, komunikační a informační systémy, dodávky energie, zemědělství, průmysl, bankovníctví, přepravní síť, kanalizační systém a dodávky vody.

Ochrana kritické infrastruktury je významnou částí krizového řízení a plánování a je nedílnou součástí krizových plánů (Doležel, Kyselák, Mika & Novák 2014).

## 6.2 Mimořádná událost

Mimořádná událost je definována v zákoně č. 239/2000 Sb. O integrovaném záchranném systému, kde se mimořádnou událostí rozumí škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.

Mimořádné události můžeme dělit na:

- Události způsobené přírodními vlivy (zemětřesení, povodně, orkány, tornáda, požáry, sesuvy půdy, sopečné výbuchy)
- Havárie (ropné havárie, havárie v chemických provozech nebo skladech, radiační havárie)
- Mimořádné události způsobené lidskou činností (terorismus)

V souvislosti s mimořádnými událostmi se můžeme setkat s pojmem domino efekt. Často dochází v rámci jedné události k současnému působení mnoha jevů najednou. Například když povodeň vyvolá půdní sesuvy a podobně (Kopecký, Tilcerová, Šiman, Koucká & Vopička 2011).

## 6.3 Ochrana obyvatelstva před zemětřesením

Zemětřesení patří k jednou z největších přírodních hazardů. Ve světě to platí hlavně pro počty obětí, míru poškození majetku a velikost zasaženého území. Otřesy přicházejí náhle a bez varování. Pouze za několik desítek sekund za sebou zemětřesení zanechává zpustošená města a obrovské neštěstí.

V současné době i přes velké pokroky ve výzkumu oblasti zemětřesení, je předpověď zemětřesení velmi obtížná a na přesnou hodinu téměř nereálná. Velmi důležitým nástrojem pro předpověď otřesů je vytváření map seismického ohrožení. Jde o určování pravděpodobných seismických projevů pro konkrétní oblast na základě analýzy údajů o předchozích zemětřeseních. Dalšími metodami předurčení zemětřesení jsou sledování chemického složení podzemních vod, změn elektrického, magnetického a tíhového pole Země a menších otřesů,



kteřé bývají předzvěstí hlavních pohybů. Za důležité se považuje také sledování chování zvířat, kteřé mohou zaznamenat tlakové a zvukové projevy, kteřé člověk nevnímá.

Vlastní ochrana před následky zemětřesení spočívá i ve správném projektování staveb v rizikových oblastech. Podle Smithe (2002) patří mezi hlavní nebezpečí kolaps staveb kdy jsou cihlové a panelové domy při otřesech velice náchylné k popraskání. Budovy, kteřé obsahují ocelové jádro jsou naopak odolné, protože ocel je schopna absorbovat velké množství energie z otřesů. Dalším faktorem je tvar stavby. Přízemní jednopodlažní budovy jsou zranitelné, protože reagují na všechny tlaky ihned kdežto na vyšších budovách se energie rozkládá na větší ploše. Důležitou roli hraje i umístění budovy, kdy například na svahu hrozí riziko sesuvu a ve zlomové oblasti zase vertikální pohyb povrchu (Brázdil et al. 1988; Kukul 1983).

### 6.3.1 Narušení statiky budov

Narušení, nebo odstranění statických nosných prvků staveb můžou způsobit závaly osob. Závaly mohou vzniknout sesuvem stavebních hmot a konstrukcí, sesuvem zeminy, kamení, bláta, sněhu, ledu a dalších hmot a materiálů. Závaly mohou vznikat jako druhotné účinky závažných mimořádných událostí. V podmínkách České republiky se může jednat např. o sesuvy půdy, extrémní horko, silné mrazy, zemětřesení, požáry, výbuchy apod.

Narušení statiky budov můžeme rozpoznat podle následujících znaků:

- Promáčknutí dveřích a oken dovnitř
- Vznik trhlin na příčkách uvnitř domu
- Viditelné poškození střechy
- Na zemi leží úlomky skla
- Na zemi leží úlomky konstrukcí
- Výrazné rozpraskání stěn
- Prolomení střechy, příček, oken, dveřích a jiných stavebních prvků
- Deformace nosných konstrukcí budovy
- Zřícení části budov a objektů
- Zřícení stropů
- Úplné zřícení budov (Mika, Zahradníček, Zeman 2012)

### 6.3.2 Osobní prevence

International civil defence organisation (2019) uvádí, že vzhledem k tomu, že doba trvání zemětřesení bývá extrémně krátká (obvykle méně než minuta), a nástup zemětřesení bývá nečekaný, jsou ochranná a záchranná opatření velmi omezená.

Důraz je kladen na osobní prevenci jednotlivců. Je na každém z nás, jak dobře budeme připraveni čelit nastalé mimořádné události. Každý by však měl znát základní pokyny, jak si počínat při zemětřesení. Podle Martínka et al. (2003) je můžeme popsat takto:

- Mějte doma rádio na baterie, baterku
- Mějte doma lékárničku, naučte se základy první pomoci
- Musíte vědět, kde jsou hlavní uzávěry plynu, vody, elektřiny
- Nedávejte na police těžké předměty, které by spadnutím mohly způsobit zranění
- Zůstaňte klidný/á

#### **Uvnitř budovy**

- Zůstaňte uvnitř, nevybíhejte ven
- Uhasťte oheň
- Vyhledejte nejbližší bezpečné místo
- Přitiskněte se k nosné stěně, rámu dveří, nebo se schovejte pod silnou desku stolu, pod postel
- Nikdy nestůjte u okna a jiných skleněných ploch
- Nenastupujte do výtahu
- Jste-li ve výtahu, vystupte v nejbližším patře

#### **Venku, mimo budovu**

- Přesuňte se na volné prostranství, aby vás nezasáhly padající předměty
- Venku se držte ve větší vzdálenosti od elektrického vedení

## **V autě**

- Zastavte na otevřeném prostoru a zůstaňte uvnitř vozu

## **Po zemětřesení**

- Jste-li sám/a zdravý/á a mimo nebezpečí poskytněte první pomoc ostatním
- Zkontrolujte vodu, plyn a elektřinu a jsou-li poškozeny, uzavřete hlavní přívod
- Poslouchajte rádio nebo jiné sdělovací prostředky
- Nechoďte bos/a na zemi mohou být střeby
- Vyhybejte se postiženým budovám
- Nenastupujte do výtahu, může být poškozen
- Vyhledejte možná ohniska požárů, uhasťte je, nebo zavolejte hasiče
- Omezte zbytečné soukromé telefonáty, síť může být přetížena a hrozí výpadky. Síť musí být volná především pro organizování záchranných prací
- Jste-li zavaleni, pokuste se voláním, nebo klepáním na kovové nebo jiné předměty přivolat pomoc
- Dodržujte pokyny záchranářů, policie i hasičů

Earthquake Country Alliance (2018) uvádí základní pokyny osobní ochrany pro obyvatele s různými postiženími.

## **Vozíčkáři**

- Užíváte-li invalidní vozík, zabrzděte kola
- Kryjte si hlavu a krk rukama, knihou nebo polštářem
- Vyčkejte až zemětřesení ustane

## **Lidé se sluchovým postižením**

- Mějte u sebe náhradní baterie do naslouchátka
- Mějte u sebe tužku a papír pro případnou komunikaci

### **Lidé se zrakovým postižením**

- Pohybujte se pomalu a nahmatávejte překážky, nábytek může být posunutý, na zemi mohou být popadané předměty
- Pozor, zvukové pokyny mohou být přehlušeny
- Vodící psi mohou být vyděšení a hrozí zde poranění tlapek o úlomky skla

## **6.4 Návrhy ochrany obyvatelstva před zemětřesení na Hronovsku**

Podle Kukala (2005b) je z geologického hlediska větší část České republiky tvořena stabilním Českým masivem, kde je riziko ničivých otřesů docela malé. I tak u nás může silné zemětřesení udeřit. Opravdu ničivé zemětřesení zasáhlo v roce 1763 Československé Komárno, kde otřesy dosáhly intenzity 7°-9°. Při tomto zemětřesení zahynulo 63 lidí a přes 100 jich bylo zraněno, dále bylo poškozeno 273 budov a 7 kostelů.

Zemětřesení u nás sice nemají katastrofické vlastnosti, ale na ochranu před ním by mělo být pamatováno. Už zemětřesení o magnitudu 4,5 je nebezpečné a může dojít ke zraněním. Padají při něm uvolněné předměty, tašky ze střech a mohou být narušeny rozvody plynu a elektřiny. Vyloučit možnost silného zemětřesení by bylo velmi troufalé, uvádí Zedník (2016). Pozorování zemětřesení jsou pouze několik set let stará, a to je nic ve srovnání s délkou geologických procesů.

V královéhradeckém kraji jak, už jsem zmiňovala výše, existuje ohrožení zemětřesením. Pod pojmem ohrožení, si můžeme představit zhodnocení působení konkrétní hrozby s ohledem na zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, ochrana životů a zdraví osob, majetku a životního prostředí v Královéhradeckém kraji.

Starostové obcí v Královéhradeckém kraji byli s možnostmi vzniku mimořádných událostí seznámeni. Jsou s nimi ale seznámeni i obyvatelé?

Velmi mě překvapilo, že na území Královéhradeckého kraje se otázka zemětřesení v krizovém plánu kraje neřeší. Ani na stránkách hasičského záchranného sboru Královéhradeckého kraje nenajdeme jedinou zmínku o ochraně při zemětřesení. Stejně je tomu tak i ve zpravodajích a internetových stránkách obcí, které leží v okolí hronovsko-poříčského zlomu a kde je riziko zemětřesení největší. Ani tam obyvatelé nemají možnost zjistit informace o zlomu, ani o ochraně před zemětřesením. O riziku zemětřesení spojené s ochranou

obyvatelstva v oblasti hronovsko poříčského zlomu se velmi krátce zmiňuje akorát Martínek (2014).

Ano, riziko zemětřesení je v této oblasti malé, ale z výše uvedených informací víme, že tato oblast je seismicky aktivní a některá zemětřesení, která se tu objevila, byla docela silná a bez pochyby ne zanedbatelná. Ani největší odborníci stále nejsou schopni zemětřesení předpovídat, a proto může udeřit nečekaně, kdykoliv o jakékoliv velikosti a intenzitě. Nikde není psáno, že není možné, aby se zde objevilo podobné zemětřesení jako v roce 1901 o intenzitě 7°. Z těchto důvodů by podle mého názoru měli obyvatelé vědět o seismické činnosti na Hronovsku i o případné ochraně při zemětřesení.

Návrhy na uvědomění obyvatelstva o seismické činnosti na hronovsko-poříčském zlomu a o ochraně obyvatelstva při zemětřesení v Královéhradeckém kraji:

- Výroba jednoduchých obrázkových zásad osobní ochrany při zemětřesení například jako na obrázku č. 13, nebo 14
- Výroba brožur o seismické aktivitě na hronovsko-poříčském zlomu a ochraně obyvatelstva při zemětřesení, které by byly dostupné na městských úřadech, v infocentrech a školách. Podobné brožury z cizích zemí jsou zobrazeny na obrázcích 15 a 16 (Japonsko a Izrael)
- Zařazení problematiky do některé z vyučovacích hodin (např. zeměpisu) v místních školách
- Pravidelné informování v místních zpravodajích o aktivitě na hronovsko-poříčském zlomu (včetně malých nepocítěných otřesů)
- Zavedení záložky o seismicitě a ochraně obyvatelstva při zemětřesení na internetových stránkách obcí
- Zavedení záložky s touto problematikou na stránkách hasičského záchranného sboru Královéhradeckého kraje
- Zavedení záložky s touto problematikou na stránkách dobrovolných hasičů měst a obcí Královéhradeckého kraje







Obrázek 13. Co dělat při zemětřesení- obrázkový průvodce (<https://www.gosmartbricks.com>)

In MOST situations, you will reduce your chance of injury if you:


|                     |  |
|---------------------|--|
| <br><b>DROP!</b>    | <b>DROP</b> where you are, onto your hands and knees. This position protects you from being knocked down and also allows you to stay low and crawl to shelter if nearby.   |
| <br><b>COVER!</b>   | <b>COVER</b> your head and neck with one arm and hand <ul style="list-style-type: none"> <li>• If a sturdy table or desk is nearby, crawl underneath it for shelter</li> <li>• If no shelter is nearby, crawl next to an interior wall (away from windows)</li> <li>• Stay on your knees; bend over to protect vital organs</li> </ul> |
| <br><b>HOLD ON!</b> | <b>HOLD ON</b> until shaking stops <ul style="list-style-type: none"> <li>• Under shelter: hold on to it with one hand; be ready to move with your shelter if it shifts</li> <li>• No shelter: hold on to your head and neck with both arms and hands.</li> </ul>  |

Obrázek 14. Základní pokyny pro snížení rizika zranění při zemětřesení (<https://www.earthquakecountry.org>)





### When you feel an Earthquake

-  Don't panic or rush outside. Assume a safe position while protecting your head to avoid falling objects. Keep away from glass windows.
-  When you are in a building, stay inside unless there is a fire or visible damage to the building, and be on alert for aftershocks. (High-rise buildings in Japan are intentionally designed to shake in order to absorb earthquake motion and minimize damage. Elevators will stop automatically to ensure safety.)
-  Check the TV, Radio or Internet to determine the extent of damage in the impacted area and listen for any necessary evacuation information. (NHK General TV provides ongoing, regularly updated information during disasters. Press "音声切替" on the TV remote to hear the simultaneous English translation.)
-  Speak to people around you to confirm whether there is any danger of tsunami and need for evacuation.

We cannot predict when an Earthquake will occur. However, when the Japan Meteorological Agency detects an Imminent Earthquake and issues an alert, mobile phones will sound an emergency alert automatically.



### Where to evacuate?

-   Where should you evacuate in the event of a major disaster?
-   What should you do if power outages occur or if public transportation is no longer in service.

First of all, talk to Japanese residents around you and try to understand the status of your location.


If you can walk back to your hotel, stay there. In case the hotel cannot accommodate you during the disaster, move to the designated evacuation place under the hotel's guidance.


When it is impossible to return to your hotel, go to the nearest public school or city hall in the area. Be sure to inform those around you that you are a foreign tourist.

If you are injured, tell someone and ask for help.

**In Japan, public schools serve as evacuation shelters during large scale disasters. Emergency food and drink rations will be provided to the extent possible.**

These public signs indicate evacuation areas and evacuation center

 Evacuation area

 Evacuation center

Obrázek 15. Pokyny pro jednání při zemětřesení v Japonsku (<https://www.japan-forward.com>)

### How do you prepare ahead of time for an earthquake?

**BUILDING RESILIENCE:**

- Make sure your house or apartment complies with the Israeli national standard (Itikert) for structural durability in an earthquake (IS 413). (Buildings built prior to 1982 probably do not comply with the standard. Buildings with a reinforced security room ("mamad") are considered especially durable).
- Reinforce any building found not to comply with the standard.

(The Israeli government provides assistance in strengthening buildings, based on the National Outline Plan ("Tama") 35). For details, please visit the Ministry of Interior website: [www.moin.gov.il/tama35](http://www.moin.gov.il/tama35)

**PREPARING YOUR FAMILY:**


- Hold a family discussion, and practice the rules for proper defense during an earthquake at least once a year.
- Decide on a meeting point in an open area, and on a contact person, in case the family gets separated during an earthquake.

**PREPARING YOUR HOUSE AND WORKPLACE:**

- Tighten the screws fastening cupboards, shelves and air conditioning units to the walls.
- Prepare a supply of food and water, a first-aid kit, and a battery-operated radio and lighting. It is advisable to back up important documents.
- Based on the above instructions, determine in advance safe places in your home and workplace that you can reach in a hurry during an earthquake.
- Make sure you know where the main electrical switch and gas shutoff valve are located.

**FOR FURTHER INFORMATION:**

Earthquake Preparedness website: [www.eqed.gov.il](http://www.eqed.gov.il)  
 Home Front Command website: [www.oref.org.il](http://www.oref.org.il)  
 Home Front Command telephone information center: 1207



State of Israel  
Inter-Ministerial Steering Committee for Earthquake Preparedness



## PREPARING FOR AN EARTHQUAKE IN ISRAEL

Devastating earthquakes have struck our region in the past, and the occurrence of another severe earthquake is just a matter of time. If we get ready for it today, we will save lives.

**How do we know when there is an earthquake?**

During an earthquake, you feel the floor shaking and hear the windows rattling. Objects and furniture move about strangely, the light fixtures on the ceiling sway, and the shaking makes it hard to stand up steadily or move around normally.

**Don't just freeze on the spot! Immediately go to a safe place, according to the following instructions.**



Obrázek 16. Pokyny pro jednání při zemětřesení v Izraeli (<http://www.gsi.gov.il>)

## 7 Závěr

Zemětřesení je považováno za jeden z nejnebezpečnějších přírodních jevů na světě hlavně kvůli nepředvídatelnosti tohoto jevu, velikostí zasaženého území a počtu obětí.

Česká republika je v tomto ohledu považována za stabilní a bez výrazného rizika zasažení zemětřesením. Příčiny vzniku zemětřesení na našem území však dosud nejsou úplně odhalena. Geologové se domnívají, že většina zemětřesení v České republice jsou ta, kdy naše území zasáhnou silnější zemětřesení ze zahraničí, především z alpského systému. Zemětřesení v Západních Čechách jsou zase ovlivněna pozůstalou sopečnou činností a oblast hronovsko-poříčského zlomu je do značné míry ovlivněno historickou i současnou důlní činností v okolí.

Po prostudování všech dostupných materiálů sledávám aktivitu hronovsko-poříčského zlomu jako neustále činnou, s ne příliš velkým, ale na druhou stranu s ne zanedbatelným rizikem vyvolání silného zemětřesení. Největší zaznamenané zemětřesení z této oblasti se datuje na rok 1901 a magnitudo bylo stanoveno na 4,7. Při takto silném zemětřesení už dochází k výraznému poškození budov a lidé mohou být zraněni především z příčiny zasažení padajícími předměty z polic, skříní nebo střech. Od tohoto roku se v oblasti Hronovska udála další řada zemětřesení. Nejsilnější z nich však nepřesáhla magnitudo 4.

V obcích, které se nacházejí v okolí hronovsko-poříčského zlomu, se otázka ohrožení zemětřesením neřeší. Přitom je to jedna ze seismicky nejaktivnějších oblastí České republiky a nejsou zde vyloučeny ani silnější otřesy.

Z tohoto důvodu sledávám informování obyvatel o seismické aktivitě v oblasti Hronovska jako žádoucí a nepostradatelnou.



## 8 Souhrn

Tato bakalářská práce shrnuje informace o seismické aktivitě na hronovsko-poříčském zlomu v rámci ochrany obyvatelstva. V prvních kapitolách se zabývá vysvětlením základních pojmů o zemětřesení. Dále uvádí problematiku na samotném hronovsko-poříčském zlomu, jeho geologickou stavbu, okolní seismické stanice a souhrn nejvýznamnějších otřesů. V poslední části jsou uvedena rizika mimořádných událostí ve sledované oblasti, která zahrnují i zemětřesení. Sepsána jsou zde také osobní ochranná pravidla při zemětřesení. Nakonec je uvedeno zhodnocení velikosti rizika zemětřesení v oblasti Hronovska a dále práce předkládá možné návrhy informování obyvatel o této problematice.

## **9 Summary**

The Bachelors thesis summarizes informations about seismic activity on the Hronov-Poříčí fault zone within the protection of population. In the first chapters the thesis deal with explanation of basic concepts of earthquake. Next describing problematics on the Hronov-Poříčí fault zone, geological structure, seismological stations around the fault zone and summary of the most important earthquakes in this region. In the last part, there are risks of emergencies in the monitored area which include earthquakes. There are also summarized personal protection rules during earthquakes. In cocnclusion, the evaluation of the size of the earthquake risk in the Hronov region is presented and possible proposals for informing the population about the issue are presented.

## Referenční seznam

- Brázdil, R. & kolektiv, (1988). *Úvod do studia planety Země*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství
- Cronforth, D.H., (2005). *Landslides in practice*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Česká televize (2017). *V minulosti zasahovala území Česka zemětřesení o síle 6,5 stupně*. Retrieved 5.4. 2019 from the World Wide Web: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2252992-v-minulosti-zasahovala-uzemi-ceska-zemetreseni-o-sile-65-stupne-kde-hrozi-dnes>
- Čípová, M. (2006). *Fyzika Země – elektronický učební text*. Diplomová práce (Bc.). Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta.
- Day, T. (2002). *Průvodce nezkrotnou zemí*. Bánská Bystrica: Nakladatelství Slovart s.r.o.
- Doležel, M., Kyselák, J., Mika, O. J., & Novák, J. (2014). *Základy ochrany obyvatelstva*. Olomouc: Univerzita Palackého
- Earthquake Country Alliance (2018). *Earthquake preparedness guide for people with disabilities*. Retrieved 18.4 2019 from the World Wide Web: [https://www.earthquakecountry.org/library/ShakeOut\\_Earthquake\\_Guide\\_Disabilities\\_AFN.pdf](https://www.earthquakecountry.org/library/ShakeOut_Earthquake_Guide_Disabilities_AFN.pdf)
- Geofyzikální ústav AV ČR. (2019). *Seismologická stanice Chvaleč (CHVC)*. Retrieved 23.3. 2019 from the World Wide Web: <https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/ceska-regionalni-seismicka-sit/chvalec-chvc/>
- Geofyzikální ústav AV ČR. (2019). *Seismologická stanice Ostaš (OSTC)*. Retrieved 23.3. 2019 from the World Wide Web: <https://www.ig.cas.cz/vyzkum-a-vyuka/observatore/ceska-regionalni-seismicka-sit/ostas-ostc/>
- Hasičský záchranný sbor České republiky (2019). *Rizika*. Retrieved 15.4. 2019 from the World Wide Web: <https://www.hzscr.cz/clanek/rizika-302636.aspx>
- Houghová, E. S., (2009). *Richterova škála*. Praha: Mladá fronta a.s.
- Hrubcová, P. & Šílený, J. (2015). Když se chvěje zem. *Vesmír*, 1, 38-40.
- Chlupáč, I. (2002). *Geologická minulost České republiky*. Praha: Akademie věd České republiky.

- International civil defence organisation (2019). *Earthquakes*. Retrieved 16.4. 2019 from the World Wide Web: <http://www.icdo.org/en/disasters/natural-disasters/earthquakes/>
- Jechumtálová, Z. & Šílený, J. (2014). *Seismic loading of the industrial zone triangle*. Praha: Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky.
- Klimeš, J. (2005). *Zemětřesení 3.4 Jestřebích horách*. Retrieved 15.4.2019 from the World Wide Web: <http://www.obsupice.cz/new/view.php?cislocclanku=2005102601>
- Klimeš, J. (2017). *Zemětřesení evidujeme každý den*. Retrieved 16.4. 2019 from the World Wide Web: [https://krkonosky.denik.cz/zpravy\\_region/zemetreseni-evidujeme-kazdy-den-rika-upicky-seismolog-20170306.html](https://krkonosky.denik.cz/zpravy_region/zemetreseni-evidujeme-kazdy-den-rika-upicky-seismolog-20170306.html)
- Kolínský, P.F., Valenta, J., & Málek, J. (2014). Velocity model of the Hronov-Poříčí Fault Zone from Rayleigh wave dispersion. *Journal of seismology*, 18(3), 617-635. DOI 10.1007/s10950-014-9433-4
- Kolínský, P. F., (2010). *Velikost zemětřesení a intenzita otřesů*. Praha: Ústav struktury a mechaniky hornin, AV ČR. Retrieved 15.2. 2019 from the World Wide Web: <http://www.ferruv.net/2010/2010-eq2.pdf>
- Kopecký, M., Tilcerová, E., Šíman, J., Koucká, M. & Vopička, K. (2011). *Ochrana obyvatelstva za mimořádných událostí*. Olomouc: Univerzita Palackého
- Kukal, Z. (2005). *Má se střední Evropa bát zemětřesení?* Retrieved 16.4. 2019 from the World Wide Web: <https://21stoleti.cz/2005/07/21/ma-se-stredni-evropa-bat-zemetreseni/>
- Kukal, Z. (1983). *Přírodní katastrofy*. Praha: Horizont
- Laža, L. (2014). Čtyři dekády na stanici Polom. *Vojenský geografický obzor*, 2, 4-33.
- Marková, E. (2014). *Seismická aktivita na Trutnovsku a Náchodsku v letech 1000-1900*. 35 konference Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. Retrieved 2.4.2019 from the World Wide Web: <http://www.cbks.cz/Upice2014/48.pdf>
- Martínek, B., Linhart, P., Balek, V., Čapoun, T., Slávik, D., Svoboda, J., & Urban, I. (2003). *Ochrana člověka za mimořádných událostí*. Praha: Ministerstvo vnitra, generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR.
- Martínek, B. (2014). *Metodický manuál pro přípravu preventistů ochrany obyvatelstva*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.

- Málek, J., Stejskal, V., & Zedník, J. (2008). *Seismický roj na hronovsko-poříčském zlomu v lednu 2008. Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí*. Retrieved 27.3. 2019 from the World Wide Web: <http://www.cbks.cz/2008/referaty/84.pdf>
- Mika, O. J., Zahradníček, P., & Zeman, M. (2012). *Ochrana obyvatelstva*. Jihlava: Vysoká škola polytechnická.
- Pazdírková, J., Krumlová, H., Pecina, V., Sýkorová, Z. & Zedník, J. (2012). Zemětřesení v Hrubém Jeseníku 14. 6. 2012. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 20, 205-209.
- Prouza, V., Coubal, M., & Adamovič, J. (2015). Specifika architektury hronovsko-poříčského zlomu. *Zprávy o geologických výzkumech*, 48, 13-18.
- Smith, K. (2002). *Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster*. Londýn: Routledge
- Valenta, J., Stejskal, V., & Štěpančíková, P. (2008). Tectonic pattern of the hronov-poříčí trough. *Acta geodynamica et geomaterialia*, 5(2), 185-195.
- Zedník, J., Jedlička, P. (2011). *Modernizace seismologické stanice Úpice v rámci projektu CzechGeo/EPOS*. 32. konference Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. Retrieved 1.4. 2019 from the World Wide Web: <http://www.cbks.cz/Upice2011/82.pdf>
- Zedník, J., Plešinger, A., & Pazdírková, J. (2004) Zemětřesení a seismologické observatoře. *Československý časopis pro fyziku*, 54, 169-172.
- Zedník, J. & Hudová, Z. (2006). *Zemětřesení o velikosti 3.3 na Hronovsku dne 25. října 2005. Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí*. Retrieved 8.4. 2019 from the World Wide Web: <http://www.cbks.cz/Upice2006/129.pdf>
- Zedník, J. (2006). *Zemětřesení*. Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky.
- Zedník, J. (2014). Seismická stanice Dobruška/Polom. *Vojenský geografický obzor*, 2, 33-34.
- Zedník, J. (2016). *Zemětřesení umíme spustit, ale ne zastavit*. Retrieved 17.4. 2019 from the World Wide Web: <https://dotyk.denik.cz/publicistika/zemetreseni-umime-spustit-ale-ne-zastavit-20160824.html>