

Posudek dizertační práce Mgr. Martina Bachury

Předložená dizertace je napsána monografickým stylem na základě tří publikovaných článků, u nichž je Mgr. Bachura 2x prvním autorem (Pure Appl Geoph and Earth Planet Sci Lett) a jednou čtvrtým autorem (J Geoph Res).

Dizertace má 7 kapitol a 3 vložené články. Úvod (kap. 1) je neobvykle stručný (10 řádek) a je to spíše jakési motto. Kap. 2 („Motivace“), necelá jedna strana, vysvětluje, že cílem práce je studium Q faktoru a rychlostního poměru Vp/Vs v západních Čechách, a že výsledky jsou v kap. 5, 6 a 4 (v tomto zvláštním pořadí). Poměrně překvapivé je tvrzení, že odhad Vp/Vs, metodou předloženou v dizertaci je jen předběžný. Na konci kap. 2 se mluví o metodě HypoDD, ale není jasné, je-li její aplikace třetím cílem dizertace (spíše ano). Není jasné, zda článek Hainzl et al. (2016) je součástí dizertace, ale protože je uveden na str. 91 pod názvem „Included Papers“, tak spíše ano. Lze tedy říci, že dizertace nemá, z formálního hlediska, ve své úvodní části zcela jasné vymezení cílů a obsahu. Jejímu studiu to však nebrání. *Při obhajobě prosím lépe vysvětlit vymezení cílů a obsahu.*

Kap. 3 („Západní Čechy“) podává přehled o studované oblasti; geologie, seismická aktivita, seismické monitorování. Je napsána účelně a čtivě. Kap. 4 („Relokace“) ukazuje, že relokace pomocí relativní metody HypoDD s využitím korelační metody pro stanovení diferenciálních času opravdu je součástí dizertace a logicky je zařazena před studium útlumu. Po obecném úvodu (4.1-4.3) se autor věnuje v odst. 4.4 rozboru možné systematické chyby, způsobené tím, že diferenciální časy mezi jevy mohou být ovlivněny jejich rozdílným magnitudem a tudíž rozdílnou dobou trvání zdroje. Jednoduše řečeno, záleží na tom, která část seismogramů dvou jevů se koreluje. Obr. 4.3 je velmi dobrým příkladem možného lokačního selhání. Na str. 14 se náprava charakterizuje dvěma stručnými body (nejsem si jist, zda text postačí někomu, kdo bude chtít navrženou nápravu sám použít). Odstavce 4.5-4.7 jsou solidní aplikací HypoDD metody na roj 2014 v autorově kombinovaném manuálně-automatizovaném postupu. Hlavní výsledek, tj. obr. 4.11, je součástí práce Hainzl et al. (2016), z čehož usuzuji, že v tomto článku je HypoDD relokace roje 2014 příspěvkem Mgr. Bachury. Z abstraktu však vyplývá, že předmětem dizertace byla též aplikace HypoDD na roje 2008 a 2011. *Při obhajobě tedy prosím o pečlivější vymezení toho, co je vlastní prací dizertanta, zejména z hlediska článku Hainzl et al. (2016).*

Kapitolu 5 („Útlum kody“) jsem podle předchozí dohody detailně neposuzoval, protože v této problematice nemám dostatečnou zkušenost. Nicméně jsem ji se zájmem přečetl, mimo jiné i proto, že související doktorandova práce byla nedávno diskutována na semináři katedry geofyziky MFF UK. Uvádím zde tedy jen několik poznámek. Především se domnívám, že autor získal pečlivým měření kody západočeských zemětřesení velmi cenná data. Zpracoval je s použitím několika v literatuře existujících metod a provedl analýzu chyb. Ukázal silnou a nepochybnou frekvenční závislost Q_c , známou z literatury. Pokusil se o separaci Q_i a Q_{sc} a konstatoval velkou neurčitost Q_{sc} . Odhadoval také Q_p a Q_s . Zde uvedl chybné tvrzení, že teoretický poměr Q_s/Q_p je 2.44; platí opačný teoretický vztah, $Q_p/Q_s = 2.44$. Nicméně autorovy diskuse o tom, že reálné poměry Q_s/Q_p mohou být > 1 , jsou správné [např. Mancilla et al., 2012]. Vzhledem k tomuto rozdílu mezi jednoduchou teorií a složitou praxí si na rozdíl od autora tedy myslím, že podobnost jím získaných hodnot Q_p a Q_s není důvodem k rozčarování. Např. Campillo a Plantet 1991 mají hodnotu poměru $Q_s/Q_p = 1.5$, čili také poměrně malou. Je nutno ocenit autorovu snahu o diskusi všech získaných hodnot a závislostí, a o jejich porovnání s literaturou. Mám na mysli hlavně srovnání s nedávnými články zahraničních autorů o západních Čechách [Gaebler et al. 2015 - Q_i pro S vlny pomocí

akustické i elastické RTT; Mousavi et al. 2017 – tomografie frekvenčně nezávislého Q_p ze spekter P vlny]. Autorovy výsledky nejsou s těmito pracemi v zásadním rozporu. Nicméně diskuse by mohla být podrobnější. Autor například na str. 65 uvádí, že poměrně spolehlivým výsledkem dizertace je $Q_s(f)$, patrně obr. 5.37, kde je rozklad na frekvenčně nezávislou část $Q_{const} = 1646$ a frekvenčně závislou část $Q(f)$, rostoucí od 500 do 2000 pro 3-24 Hz. Gaebler et al. 2015 uvažovali sice interní Q_s jako frekvenčně závislé, ale získali v Tab. 3 také růst rozptylového Q_s od ~500 do ~2500 pro 3-24 Hz. Shodu s Mousavi et al. 2016 nacházím obtížně, neboť v citované práci se studuje útlum P vln 1-30 Hz, nikoli koda (frekvenčně nezávislé $Q_p = 100-300$), zatímco v dizertaci se studuje Q_p z kody a uvádí se, že tento odhad není spolehlivý (obr. 5.26 – má frekvenčně závislé zdánlivé Q_p 100-1000 s velkým rozptylem). Hodnoty Q_p z obr. 5.26 v oblasti s malým rozptylem (do 9 Hz) jsou podobné jako Q_s , tj. < 400 , menší než u Campillo a Plantet, 1991. Dále autor v diskusi uvádí v odst. 5.11, že spolehlivý je také odhad $Q_i(f)$; myslím že jde o obr. 5.18, 5.23 a 5.31, kde se konzistentně objevuje Q_i rostoucí od ~500 do ~2000 pro 3 až 20 Hz. Gaebler et al. 2015 mají frekvenčně závislé Q_i pro S vlny ~200-1600 v tomto frekvenčním oboru, což je podobné. Ovšem např. Margerin et al., 1999 mají ve svém modelu popisujícím $Q(f)$ kody hodnotu Q_i ~1000, Campillo a Plantet, 1991 vystihli data za předpokladu frekvenčně nezávislého Q_i 1500, kdežto Davis a Clayton, 2007 získali Q_i 3000 z kody přímé S vlny. Z dizertace je zřejmé, že autor všechny tyto práce zná a cituje. Já je uvádím proto, aby při obhajobě bylo zřejmé, jak je problematika spletitá a proč nachází autor při konfrontaci s ostatními různé problémy. Podle mé velmi omezené zkušenosti se výsledky často i ve velmi solidní literatuře liší podle definice veličin, parametrizace úlohy, a podle použitých dat, nemluvě o variacích vlivem studované oblasti. Z těchto srovnání jsem získal hlavní a zásadní dojem, že autor neudělal nic špatně a že cenná data, získaná v dizertaci, by bylo možno v budoucnu ještě zpracovat pomocí jiných existujících teoretických modelů útlumu. *Prosím o komentář autorových plánů výzkumu Q při obhajobě. Které z metod by při nových výzkumech potlačil a které by naopak rád vyzkoušel.*

Kap. 6 (V_p/V_s). V úvodu nerozumím, proč by rychlostní poměr měl být označován jako reologický parametr. Odst. 6.1. je dobře zpracovaný přehled předpokladů a výhod relativní DD modifikace Wadatiho metody. Je sympatické že doktorand uvedl v odst. 6.2 plné odvození podle Lin a Shearer (2007). Byl bych se rád dověděl i v čem spočívá „slightly modified version by Dahm and Fischer (2014)“. V odst. 6.3 se věnuje specifikaci dat a odst. 6.4 je záslužná analýza použitelnosti metody. Zahrnuje vytvoření syntetického katalogu a modelování vrstvy s anomálním V_p/V_s , jasné závěry na str. 76 a pěkný příklad ve Fig. 6.7. *Při obhajobě prosím o upřesnění, co se rozumí větou „We artificially inserted a layer of some V_p/V_s and tried to retrieve the value“.* Jde o nějakou vrstvu vloženou do standardního západočeského modelu? Odst. 6.5 obsahuje pečlivé zpracování dat, včetně výkladu důležitosti předběžného rozdělení jevů pomocí shlukové analýzy (kombinace ručního a automatického postupu, velmi dobrý obr. 6.8). Teprve zde se ale čtenář dovídá o dalším omezení metody, tj. mít stanice podél zlomu, nikoli kolmo na něj, čímž se výrazně snížil počet použitelných stanic na 5. Názorný obr. 6.10 by byl ještě lepší, kdyby byl sloučen s obr. 6.8. (alespoň při obhajobě). Závěr této části je jasný a významný. Zjištěné prostoročasové změny poměru V_p/V_s jsou větší než odhadnuté neurčitosti. Proto autor přikročil k jejich interpretaci pomocí jednoduchých vzorců pro porézní prostředí, které mu umožňují diskusi o možné přítomnosti vody nebo CO_2 v pórech (porozita $< 3\%$). Použitá metoda je sympaticky máloparametrická, lokalizovaná a poměrně snadno ukazuje časové změny, proto ji lze v souladu s autorem považovat za lepší než rychlostní tomografii. Na závěr kapitoly autor porovnal výsledek pro jeden shluk s nezávislou metodou, kterou odvodil při svém pobytu v Karlsruhe. Ucelenost výsledků o rychlostním poměru a úspěšná publikace znova kladou otázku, *proč se na začátku dizertace mluví jen o předběžných výsledcích. Prosím upřesnit při obhajobě.*

Dizertace bohužel postrádá závěr.

Technické podrobnosti:

(Při obhajobě není třeba se těmito body věnovat, pokud to není explicitně uvedeno.)

Abstrakty (anglicky a slovensky) – v každém je 5 překlepů.

Zkratky: Je zavedeno NKFZ ale v práci je často NKFC.

Jánský → Janský

Fig. 3.4: Chybí označení panelů a)-e).

Fig. 3.5: Co je TH síť ?

Str. 10: Co znamená věta: „However, for more regional studies the set of stations brings a few restrictions which need to be taken into account (Bachura and Fischer, 2016a).” ? *Prosím o komentář při obhajobě.*

Fig. 4.1: Chybí popis vodorovné osy dolního panelu.

Fig. 4.2: Jak je v tomto obrázku (a okolním textu) definováno první nasazení?

Fig. 4.3: Jak je definován počátek? Je bod (0,0) stejný na všech obrázcích?

Fig. 4.5: Svislá osa “Events” má asi být označena “Magnitude”.

Str. 18: “Final relocations” – myslí se $CC > 0.7$ nebo > 0.6 ?

Str. 19: „4842 earthquakes out of 6491 were successfully relocated“ – jaké bylo kritérium pro „successful“?

Str. 20: Překlepy při psaní M_L .

Str. 21: „HypoDD ... fully applicable on West Bohemia earthquakes swarms, especially when processed separately on single swarms.“ *V čem je komplikace společného zpracování více rojů? Prosím o stručný autorův komentář při obhajobě.*

Fig. 6.6. je zbytečným opakováním Fig. 4.2, což ale lze tolerovat.

Str. 83 – překlepy ve vzorcích a nejsou vysvětleny všechny symboly.

Několikrát je v práci Butterworthův filtr, ale není řečeno, zda kauzální či nekauzální.

Závěr. Autor se pečlivě věnoval třem, vzájemně souvisejícím problematikám a aplikacím na západní Čechy – relokaci DD, rychlostním poměrům V_p/V_s a útlumu seismických vln z jejich kody. Vyšel z existujících metod, které v několika směrech citlivě modifikoval. Data zpracoval pečlivě a kriticky. Všechny interpretace důsledně doplnil analýzou chyb. Veškeré výsledky jsou diskutovány ve světle současných publikací jiných autorů. Práce byly opublikovány ve třech článcích v zahraničních časopisech, u dvou z nich je Mgr. Bachura prvním autorem. Tyto klady jsou mírně zastíněny různými formálními nedostatky, podrobně popsány výše. Některé závěry o útlumu by bylo možno dále prověřovat, protože existuje více alternativních interpretačních metod. Je nepochybné, že autor prokázal schopnost samostatné vědecké práce a tak splnil hlavní podmínku pro udělení titulu PhD. Práci mohu k obhajobě plně doporučit.

Prof. RNDr. Jiří Zahradník, DrSc.
MFF UK, katedra geofyziky

V Praze 30. 3. 2018