

OPONENTSKÝ POSUDOK

k dizertačnej práci Ing. Mgr. Martina Kadleca

Téma dizertačnej práce: Refining gravity field parameters by residual terrain modeling
(Zpřesnění parametrů tíhového pole Země modelováním vlivu zbytkových terénních hmot)

a) Zhodnotenie významu dizertačnej práce pre odbor

Téma dizertačnej práce je aktuálna, najmä z dôvodu čoraz širšieho využívania globálnych modelov tiažového poľa Zeme odborníkmi z rôznych geovedných disciplín. Korektná aplikácia dát generovaných z týchto modelov, prípadne ich kombinácia s inými dátami môže výrazne pomôcť k riešeniu mnohých úloh, napríklad k modelovaniu presného geoidu a jeho následnému využitiu na určovanie nadmorských výšok pomocou globálnych navigačných satelitných systémov, alebo k modelovaniu tiažových anomálií pre účely geofyzikálnej interpretácie. Riešená téma je z tohto hľadiska veľmi hodnotným príspevkom nielen pre odbor geomatika, ale aj v iných príbuzných odboroch. Metóda navrhnutá v dizertačnej práci využíva iba globálne modely, ktoré sú navyše voľne dostupné, čo je veľkou a doteraz nie celkom docenenou výhodou. Okrem toho spracovaná téma je jednou z veľmi mála komplexnejších prác o modelovaní účinku reziduálnych topografických hmôt.

b) Vyjadrenie k postupu riešenia problému, k použitým metódam a k splneniu stanoveného cieľa

Práca je spracovaná prehľadne. Vychádza zo správnych predpokladov a platných fyzikálnych zákonov. Použité matematické metódy sú vhodné na riešenie danej problematiky. Možno konštatovať, že boli použité štandardné matematické postupy, ale bolo značne rozšírené ich využitie na nie bežne počítané veličiny, napríklad na výpočet druhých derivácií gravitačného potenciálu v radiálnom smere, alebo na modelovanie tiažového zrýchlenia, ktoré je síce najčastejšie meranou veličinou tiažového poľa, ale len zriedka sa modeluje.

Hlavným cieľom práce bolo vyvinúť metódu na presný výpočet výškových anomálií, anomálií tiažového zrýchlenia a vertikálneho gradientu tiažového zrýchlenia s využitím globálneho modelu tiažového poľa a digitálneho modelu reliéfu. Tento cieľ bol rozdelený na štyri kroky. Splnenie týchto krokov je reflektované v závere práce. Domnievam sa, že hlavný cieľ práce bol splnený a takisto čiastkové kroky, hoci jeden krok skončil poznaním, že je nepotrebný.

c) Stanovisko k výsledkom dizertačnej práce a pôvodného konkrétneho prínosu predkladateľa dizertačnej práce

Najväčším teoretickým prínosom sú kapitoly 2.3 Gravitačné efekty topografických hmôt a 3.2 odvodenie RTM efektov. Z praktického hľadiska sú zaujímavé numerické príklady porovnania rovinného a sférického prístupu k výpočtu topografických efektov.

Pri podrobnejšom pohľade na teoretický prínos veľmi oceňujem dôkladne odvodené vzťahy pre prvé a najmä druhé derivácie gravitačného potenciálu spôsobené Bouguerovou sférickou vrstvou, alebo jej časťou. Určitým prínosom je aj odvodenie zjednodušených, ale pre väčšinu aplikácií dostatočne presných vzťahov, napr. (2.115) a (2.134). Hoci v dnešnej elektronickej dobe sa môže zdať, že zjednodušovanie a aproximácia matematických výrazov stráca na dôležitosti, v tomto prípade musím uznať, že to má význam. Výraz (2.134) je totiž oproti exaktnému výrazu (2.131) dĺžkovo zredukovaný viac, než o 90%. Dalo by sa ľahko vypočítať, koľko matematických operácií sa ušetrí pri jeho výpočte a zvlášť pri jeho mnohonásobnej aplikácii, napríklad pri výpočte väčšieho množstva bodov ležiacich v rôznych nadmorských výškach. Tejto časti práce možno vytknúť, že v nej nie je citovaná dizertačná práca Mgr. Rolanda Karcola z roku 2010, ktorej časť bola publikovaná aj formou časopiseckého článku a ktorej náplň sa s touto časťou práce čiastočne prekrýva, hoci je vnímaná z iného pohľadu. Systematické odvodenie vzťahov pre RTM v podkapitole 3.2 pravdepodobne ešte nebolo nikde v tejto forme publikované a je nesporne prínosom.

Pri podrobnejšom pohľade na praktický prínos treba oceniť názorné objasnenie filozofie reziduálneho terénneho modelu a jeho aplikáciu na viaceré veličiny. Analýza výsledkov numerického experimentu vykonaného v kapitole 4 je tiež užitočná, pretože názorne ukazuje, ako presné výsledky sme schopní pomocou navrhutej metódy pre jednotlivé veličiny dosiahnuť. Za praktický prínos považujem tiež poukázanie na veľkosť chyby z neuváženia vyšších harmonických zložiek nazývanej *omission error*.

d) Systematickosť, prehľadnosť, formálna a jazyková úprava.

Po jazykovej úprave má práca určité rezervy. Je nesporne výhodou, že je napísaná v anglickom jazyku, pretože je prístupná pre oveľa širší okruh záujemcov. Na druhej strane je v práci viackrát použitý nesprávny slovosled, nesprávna predložka, či nezrozumiteľná formulácia. Takéto chyby sa v práci vyskytujú častejšie a čiastočne znižujú hodnotný obsah práce.

K systematickosti mám iba jednu pripomienku. Prečo je pri odvodení reziduálneho terénneho modelu pre V a V_r uvádzaná najskôr sférická aproximácia a potom rovinná, a pre Δg najskôr rovinná a potom sférická aproximácia?

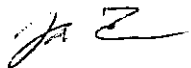
e) Vyjadrenie k publikáciám doktoranda

Doktorand má 5 publikácií, z toho 4 boli vydané a 1 bola podaná do zahraničného časopisu. Zo 4 vydaných publikácií je 1 karentovaný časopisecký článok, 1 domáci časopisecký článok a 2 zborníkové články. V dvoch publikáciách je doktorand prvým autorom. Domnievam sa, že kvalita aj počet publikácií zodpovedá úrovni doktorandského štúdia.

f) Jednoznačné vyjadrenie oponenta

Dizertačnú prácu odporúčam k obhajobe.

V Bratislave 21. 05. 2012


doc. Ing. Juraj Janák, PhD.

Pripomienky:

16¹⁴ ... Sumácia v rovnici (2.1) sa obyčajne počíta po $n = 5$ a nie $n = 10$.

17⁸ ... Model EGM2008 už nie je „most recent“, existuje množstvo novších geopotenciálnych modelov, hoci nie do tak vysokého stupňa a rádu.

Vo vzťahoch (2.1), (2.17) a (2.18) je nesúlad v označovaní. Vzorec (2.1) definuje normálny gravitačný potenciál, kým vo vzťahu (2.17) a (2.18) sa symbolom U označuje normálny tiažový potenciál.

21¹² ... Namiesto „smooth quantities“ by bol presnejší výraz „anomalous quantities“.

Označenie polomeru limitovanej Bouguerovej dosky na obr.2.1 (vľavo) nekorešponduje s označením na obrázku 2.2.

97 ... V popise k obr. 3.5 je posledná hodnota uvedená zrejme v zlých jednotkách. Domnievam sa, že zelená čiara bola počítaná pre hodnotu $\psi_0 = 60''$ a nie $60'$.

110 ... **Čo znamenajú čierne a čo červené body?**

114 ... **Niektoré absolútne gravimetrické body na obr. 4.5 (čierne trojuholníky) sú pravdepodobne prekryté červenými trojuholníkmi. Bolo by možné ukázať mapku so znázornením absolútnych gravimetrických bodov?**

115₅ ... Pravdepodobne je tu preklep: veličinu T^g nemôžeme nahradiť veličinou V^{tm} . Preto sa domnievam, že namiesto T^g malo v práci byť T^{tm} .

Na viacerých miestach v práci je vo vetách nesprávny slovosled, napr.: 17^6 , 21^4 , 29^5 , 106^{16}

Nesprávna predložka: V celej práci sa používa výraz „at figure“, malo by byť „in figure“. Ďalšie problémy s predložkami: 75_5 , 105_4 , 107^{14} .

Preklepy: 19^2 ... má byť „GGM“, 36_6 ... má byť „Equation“, 73^7 ... dvakrát zopakované slovo „effect“, 106^{11} ... má byť „Therefore“, 133_5 ... dvakrát zopakované slovo „results“.

Nesprávne použitý člen: 19^{11} ... má byť bez člena „is generated“, 29^3 ... mal by byť určitý člen „on the article [Tsoulis et al., 2009]“.

Nesprávne, alebo nejasné formulácie: 29^7 ... malo by byť „we sometime use“, 51 popis k obr. 2.4 ... malo by byť „the lines coincide“, 77^4 ... malo by byť „they analytically continued“, 80_{11-12} ... veta pravdepodobne nevyjadruje to, čo chcel autor povedať, 106^2 ... malo by byť „where there is not too rough terrain“, 107^{17} ... malo by byť „90% of cells“, 135_{10-11} ... malo by byť „where they used gravity anomalies from aerial gravimetry for comparison“, 1389 ... malo by byť „However, it may not be enough“.

Otázka do diskusie: Je možné z fyzikálneho hľadiska korektne stanoviť veľkosť integračnej oblasti pre RTM?

*Oponentský posudek disertační práce doktorandského studia**Ing. Mgr. Martina Kadlece:**„Zpřesnění parametrů tíhového pole Země modelováním vlivu zbytkových terénních hmot“*

*

Disertační práce byla sepsána v roce 2011 v anglickém jazyce, má XIX + 150 stran formátu A4. Její jádro tvoří 5 kapitol s obsahovou gradací odpovídající zpracování tématu. Kapitoly jsou postupně věnovány: úvodnímu vymezení, teoretickému základu studia tíhového pole Země, matematickému modelování tíhového pole, kombinaci globálních geopotenciálních a digitálních výškových modelů, numerickým experimentům a závěrečnému shrnutí. Disertace byla sepsána jako originální text a je homogenním tematickým celkem. Obsahuje četné ilustrace a tabulky, které znázorňují kvantitativní stránky studovaných problémů a představují také dokumentaci uskutečněných numerických experimentů a testů. Disertace dále zahrnuje seznam použité literatury a také seznam publikací z posledních pěti let, které vznikly za předkladatelova spoluautorství. O výsledcích diskutovaných v některých z těchto prací bylo již také s úspěchem referováno na vědeckých konferencích a jednáních.

- - -

(a) *Zhodnocení významu disertace pro obor.* Téma disertace poměrně výstižně odráží současnou situaci. Pro výzkum a využití gravitačního pole Země jsou k dispozici globální modely zemského gravitačního potenciálu vytvořené na bázi pozemních gravimetrických měření, satelitních informací o zemském gravitačním potenciálu a také na bázi kombinace obou těchto podstatně odlišných zdrojů kvantitativních údajů o gravitačním potenciálu Země.

Tyto modely jsou vytvářeny s přirozeným záměrem zachytit v podobě skalární potenciální funkce globální povahu gravitačního pole Země. Ve své podstatě jsou vždy určitou idealizací fyzikální reality a potenciální funkce, která je jejich jádrem, je také vyjádřena jen v určitém shora omezeném spektrálním rozsahu. Ten je však téměř vždy nižší než jaký v současnosti odpovídá informacím o geometrii zemského povrchu obsaženým v lokálně, případně globálně dostupných digitálních modelech terénu.

Praktická potřeba popisu gravitačního pole s vysokým prostorovým rozlišením spolu s touto nevyvážeností jsou přirozenými motivy pro řešení problematiky, která je také předmětem předkládané disertace.

Problematika obsahuje řadu neřešených otázek. Je jednou z těch oblastí geodézie a studia gravitačního pole Země, kterým je i ve světě věnována značná pozornost a výzkumné úsilí. Svědčí o tom aktivity v mezinárodních vědeckých organizacích, zejména IAG, ale i dalších. Výsledky mají významné aplikace pro řešení lokálních i globálních úloh geodetické, geovědní i technické povahy.

- - -

(b) *Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle.* Řešení tématu disertace má ve svém základu teorii potenciálu a spolu se souvisejícími partiemi matematiky pak její aplikaci v oblasti fyzikální geodézie, zejména studia gravitačního pole Země. Klíčovou roli má v práci využití řad sférických harmonických funkcí pro reprezentaci zemského gravitačního potenciálu a metod výpočtu objemového (Newtonova) integrálu při vyjádření gravitačních účinků topografických hmot.

Kvantitativní výsledky práce se opírají o existující globální geopotenciální modely, zejména EGM2008, dále digitální výškové modely (SRTM a DEM2006) a konečně datové base obsahující polohové (GNSS), gravimetrické a nivelační údaje z geodetických bodů na území České republiky. Do tohoto základu jsou pojaty i některé body z území České republiky, na nichž byly měřeny vertikální gradienty tíže.

Výpočty Newtonova integrálu a jeho derivací pro jednoduchá geometrická tělesa, která buď samostatně nebo v určité kompozici jsou využita pro vyjádření gravitačních účinků topografických hmot, zabírají podstatnou část předkládané práce. Při manipulaci s Newtonovým integrálem - skalární funkcí polohy - je využívána jeho spojitost i spojitost jeho prvních derivací. Výklad se pak větví v případech druhých derivací v závislosti na poloze výpočetního bodu integrace vzhledem k uvažovanému hmotnému tělesu.

Autorovi disertace se ve své podstatě podařilo splnit vytčený cíl. Předkládaný text práce a podávány výklad řešené problematiky jsou však v některých částech práce podnětem pro komentáře.

(1) Na straně 2 by bylo vhodné upřesnit, že k výpočtu centrifugální komponenty je zapotřebí znát vektor úhlové rychlosti, nejen úhlovou rychlost samotnou (i když tato věc není bezprostředně zřejmá z běžně používané formule).

(2) Úvodní zmínka o různých typech souřadnic na stranách 14 a 15 neobsahuje žádnou geometrickou definici a je de facto formulována dosti nešikovně. Při zachování jejího obsahu by např. stačilo napsat „The triplet φ, λ, h represents geodetic coordinates, i.e. geodetic latitude, longitude and geodetic height, respectively.“ Podobnou formulaci by bylo možné uplatnit pro sférické a cylindrické souřadnice. Pokud se týká zmíněných kartézských souřadnic x, y, z , pak poznámka o tom, že osa x je rovnoběžná s rovinou meridiánu je sice faktem (x může dokonce ležet v rovině meridiánu), ale nemá, vzhledem k předchozí definici kartézského systému, žádný další doplňující definiční význam, pokud není řečeno, o který meridián se jedná.

(3) Symbol GM na straně 20 (řádek 14 shora) není gravitační konstantou, ale tzv. geocetrickou gravitační konstantou.

(4) Na straně 31 se uvádí rovnice (2.45). Její pravá strana by měla vyjadřovat Newtonův objemový potenciál. Je však vůbec správně zapsána? Obávám se, že nikoliv. Za integračním znaméním by měla být reciproká vzdálenost. V následující rovnici (2.46) by také mělo být výslovně řečeno, zda log znamená naturální nebo jiný logaritmus.

(5) Definice zápisu $|f(z)|'$ v posledním řádku na straně 33 je poněkud podezřelá. Nejspíše se nejedná o funkci signum, ale o výraz $f'(z) \cdot \text{sgn}(f(z))$.

(6) Zápisy jednostranných limit v souvislosti s druhými radiálními derivacemi objemového potenciálu obsahují evidentní rozpory.

(6.1) Např. zápis $\lim_{z \rightarrow 0^+} V_{rr}(P_2)$ v rovnici (2.68) na straně 35 nemá rozumný obsah. Bod P_2 leží na horní straně válce vrstvy a pro jeho souřadnici z tedy platí $z = 0$. O jakou tedy může jít limitu, když výraz $V_{rr}(P_2)$ není v práci definován. Autor měl spíše psát $\lim_{z \rightarrow 0^+} V_{rr}(z)$ nebo prostě $\lim_{z \rightarrow 0^+} V_{rr}$. Definičně („definitivně“) by pak mohl položit $V_{rr}^+(P_2) = \lim_{z \rightarrow 0^+} V_{rr}(z)$. Stejná poznámka se týká zápisu $\lim_{z \rightarrow 0^+} V_{rr}(P_2)$ v rovnici (2.69).

(6.2) Pro dolní stranu válce je obdobný komentář ještě poněkud obsáhlejší. Výšková souřadnice bodu P_4 je $z = -h$. Jaký rozumný obsah má tedy zápis $\lim_{z \rightarrow 0^-} V_{rr}(P_4)$ v rovnici (2.70). Autor měl nejspíše psát $\lim_{z \rightarrow h^-} V_{rr}(z)$, tj. vyznačit také, že se v tomto případě jedná o jednostrannou limitu pro bod

z blížící se k $-h$ zleva (zdola). Analogická poznámka se pak týká i zápisu $\lim_{z \rightarrow 0^+} V_{rr}(P_4)$ v rovnici (2.71) a samozřejmě i následujících řádků na téže stránce.

(6.3) Podobný problém se pak opakuje pro omezenou Bouguerovu vrstvu na stranách 47 a 48 při zápisu jednostranných limit $\lim_{r \rightarrow r_2^-} V_{rr}^2(P_2)$, $\lim_{r \rightarrow r_2^+} V_{rr}^2(P_2)$, $\lim_{r \rightarrow r_1^-} V_{rr}^2(P_4)$ a $\lim_{r \rightarrow r_1^+} V_{rr}^2(P_4)$ v rovnicích (2.124) – (2.129) a v následném textu na straně 48. I zde by mělo být psáno $\lim_{r \rightarrow r_1^+} V_{rr}^2(r)$, $\lim_{r \rightarrow r_2^+} V_{rr}^2(r)$, $\lim_{r \rightarrow r_1^-} V_{rr}^2(r)$ a $\lim_{r \rightarrow r_2^-} V_{rr}^2(r)$ a nebo prostě $\lim_{r \rightarrow r_2^-} V_{rr}^2$, $\lim_{r \rightarrow r_2^+} V_{rr}^2$, $\lim_{r \rightarrow r_1^-} V_{rr}^2$ a $\lim_{r \rightarrow r_1^+} V_{rr}^2$.

(6.4) Situace se konečně opakuje i pro neomezenou Bouguerovu vrstvu na straně 54 v rovnicích (2.154) – (2.157).

(6.5) Na straně 54 se však objevuje ještě jedno sporné tvrzení, že totiž funkce V_{rr} je v bodech P_2 a P_4 spojitá zprava a zleva. V takovém případě by totiž byla tato funkce v těchto bodech spojitá, což ovšem neodpovídá skutečnosti.

(7) Výklad na stranách 54 - 62 by možná zasloužil ještě určité zdokonalení, zejména ve smyslu postupu (gradace) sledujícího hlavní obsahovou linii. Podobně i umístění tabulek by mohlo býti lépe vázáno k příslušnému místu textu.

Na straně 58 by také bylo vhodné říci explicitně v závislosti na jakém parametru konverguje účinek omezené desky (sférické vrstvy) k účinku nemezené desky (sférické vrstvy).

V popisu obrázku 2.10 na straně 64 bylo zřejmě snahou obsah příslušně vyznačit přerušovanou čarou. Tento grafický záměr se však viditelně nezdařil.

(8) Zápis integrálu na pravé straně rovnice (2.158) je podivný a nejasný. Jak je v něm vymezena integrační oblast? V jakých mezích se pohybuje integrační proměnná r' . Stejná poznámka se týká rovnice (2.164) a (2.167).

(9) Vzhledem k nespojitosti druhých derivací objemového potenciálu by u rovnic (2.166) – (2.168) na straně 66 mělo být vyznačeno jaká je poloha výpočetního bodu integrace vzhledem k tělesu Ω . Podobnou poznámku vyvolává rovnice (3.54) na straně 92, kde také není žádná explicitní zmínka o poloze integračního bodu.

(10) V odstavci 3.2.1 na straně 82 se zmiňuje index „BS“. Ten se však v tomto odstavci vůbec nepoužívá. Zmínka značně předbíhá výklad. Index se uplatní až v následujícím odstavci 3.2.2 na straně 86.

(11) V 1. řádku na straně 97 má pravděpodobně být $h(P) > 1000 m$.

(12) Na stranách 97 a 98 (odstavec 3.3.1) by pravděpodobně bylo vhodné ujednotit výklad a popis obrázků. V textu se hovoří o „Bouguer shell“ zatímco indexy použité v popisu jsou „BP“, tedy „Bouguer plate“.

(13) Standardní odchylky hodnot ζ^* , ζ^g , g^* a g^g uváděné v tabulkách 4.1. a 4.2 na stranách 116 a 119 jsou poměrně velké. Tyto statistiky však pravděpodobně mají jen určitý dokreslující význam, spíše charakterizují rozptyl uvažovaných hodnot v celém souboru bodů a nikoli přesnost individuální získané hodnoty.

(14) Jaký význam a tvar má elipsoidální korekce, o které se autor zmiňuje na straně 118, není z práce jasné.

(15) Jestliže se na straně 137 uvádí, že všechny použité formule byly originálně odvozeny, i když většina z nich je již známa, pak by měly být připojeny alespoň některé citace.

-- --

(c) *Stanovisko k výsledkům disertační práce a původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele.* Podoba, v jaké je disertace zpracována, svědčí o tom, že autor k řešené problematice přistoupil se zaujetím a tvořivým způsobem.

V prvních třech kapitolách vyložil především klíčové součásti představující teoretický základ disertace. V dalších kapitolách pak shrnul výsledky velkého množství numerických experimentů a testů. Ověřil tím také koncept vypracovaných výpočetních postupů a funkčnost softwarového řešení, převážně „z vlastní dílny“. Určité upřesnění by možná v některých místech sneslo uplatnění pojmů matematické analýzy.

V souladu s hlavním záměrem disertace se autorovi podařilo kvantitativním způsobem zhodnotit soulad údajů o gravitačním potenciálu, a o jeho první a druhé vertikální derivaci získaných dvěma cestami - (i) na základě syntézy globálního geopotenciálního modelu EGM2008 s vlivem zbytkových terénních hmot modelovaných v disertaci a (ii) na základě bezprostředně využitých reálných měření. V daném případě se tedy jedná o soulad zmiňovaných modelovaných údajů s hodnotami plynoucími z gravimetrických a nivelačních měření, z měření vertikálního tíhového gradientu a z určování prostorových polohových souřadnic pomocí technologie využívající systém GNSS.

Dosažené výsledky mají původní charakter, i když dané problematice se již věnovala řada autorů. Autor ve své práci přinesl nové pohledy na řadu důležitých otázek metodického i praktického významu při řešení zvoleného tématu. Formuloval i rozumná doporučení pro zaměření dalšího výzkumu.

-- --

(d) *Případné další vyjádření, zejména vyjádření k systematickosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce.* Po formální stránce je práce celkem zdařile sestavena a napsána celá v angličtině na poměrně dobré úrovni. Leč přesto ve slovosledu se místy objevuje inklinace ke slovenské větné stavbě. Projevuje se to v několika případech v umístění slovesa ve větě, např. na straně 10 (7. řádek zdola), na straně 11 (poslední řádek a počátek strany 12) a na straně 17 (2. věta odst. 2.2.1). Na straně 63 ve větě v posledním odstavci chybí sloveso úplně. Případnou poznámku v tomto smyslu by bylo možné v textu věnovat i příslovečnému určení místa ve specifické struktuře anglické větné stavby. Z hlediska větné stavby by se úpravy uplatnily i ve větě v 16. – 19. řádku na straně 135, aby byla srozumitelná.

Jinak též, na straně 37 za rovnicí (2.82) je třeba upravit slovosled (for the point P_3). Na straně 77 je pravděpodobně nadbytečné „are“ (ve 3. řádku) a dále možno také psát „split into four parts“ (místo „split on four parts“). Na straně 135 je pak lepe psát published in nežli publicated in.

-- --

(e) *Vyjádření k publikacím studenta.* Svou publikační činnost kandidát dokumentuje seznamem pěti prací na jejichž vzniku nese spoluautorský podíl. Jedna z publikací je v časopisu Journal of Geophysical Research, jedna je v recenzním řízení v Journal of GIS a jedna vyšla v Geodetickém a kartografickém obzoru. Zbývající dvě práce jsou v nerecenzovaných konferenčních sbornících. U práce vyšlé v Journal of Geophysical Research (v roce 2009) se kandidát může již prokázat jednou citací.

-- --

(f) *Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje disertační práci k obhajobě.* Souhrn všech poznatků o disertaci, pozitiv i připomínek mi umožňuje doporučit doktorskou disertaci práce pana Ing. Mgr. Martina Kadlece k obhajobě.



P. Holota

V Praze dne 22.5.2012