

Možnosti využití leteckého laserového skenování pro vodohospodářské účely

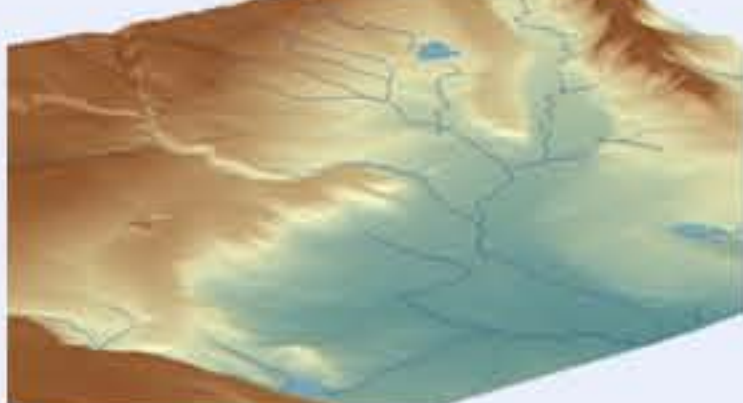
Abstrakt

Letecké laserové skenování (LLS) patří k nejmodernějším technologiím pro pořizování prostorových geografických dat. Nachází své uplatnění zejména pro tvorbu digitálního modelu reliéfu a digitálního modelu povrchu. V letech 2009 - 2012 se připravuje nové výškopisné mapování území České republiky s využitím technologie LLS. [1] V souvislosti s tímto projektem byly na pracovišti Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka, v. v. i. (VÚV) zkoumány možnosti využití těchto výrazně přesnějších datových zdrojů k aktualizaci vodohospodářských dat, zejména Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD).

Cíle

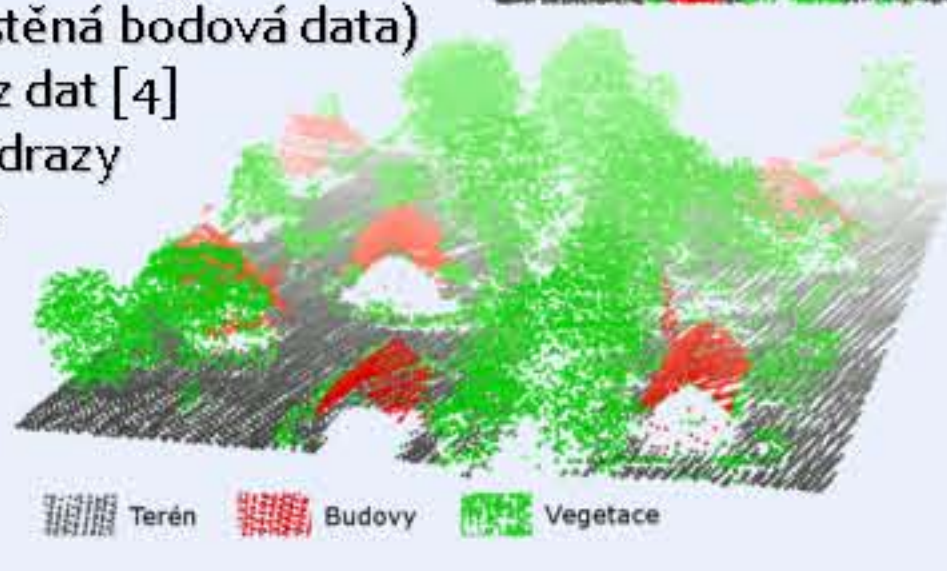
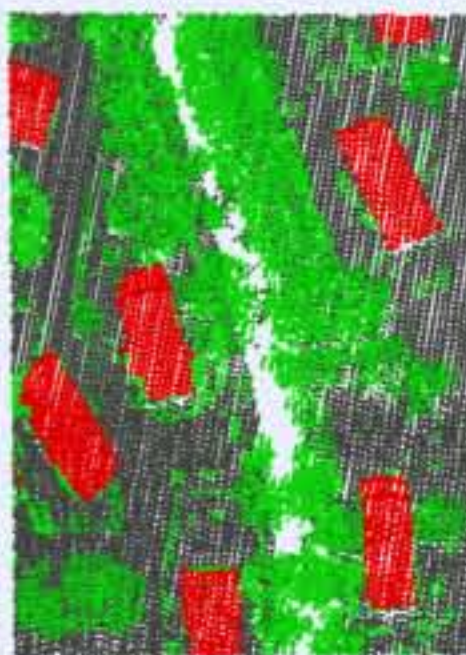
Na testovacích datech z lokality Dobruška provést tyto analýzy:

1. Zpřesnění polohy vodních toků
2. Identifikace příčných překážek v korytě vodního toku v souvislosti se stanovením průběhu vodní hladiny
3. Posouzení vhodnosti použití dat LLS v příbřežních zónách jako vstupu do hydrodynamických modelů pro stanovení záplavových území.
4. Porovnání různých výškopisných dat



Princip LLS použitého pro mapování ČR

- Na leteckém nosiči je umístěn skener (vysílá laserové paprsky v podobě pulzů)
- Ve skeneru jsou zaznamenány odrazy od zemského povrchu a od dalších objektů
- Vzdálenost bodu od nosiče je určena časem mezi vysláním paprsku a přijetím jeho odrazu
- Umístění bodů v souřadném systému je dáno také polohou a náklonem letadla (skeneru) v době vyslání paprsku a známým směrem paprsku (měřeno za pomoci aparatur GPS a inerciálního navigačního systému)
- Odraz laserového paprsku může být jediný nebo vícenásobný
- Podoba dat - tzv. mráčno bodů (nepravidelné rozmístění bodových dat)
- Voda pohlcuje blízké infračervené záření - oblast bez dat [4]
- Automatické procesy filtrace a klasifikace → rozliší odrazy od budov, vegetace, rostlého terénu a hrubých chyb
- Digitální model povrchu (DMP) - po odstranění hrubých chyb
- Digitální model reliéfu (DMR) - filtrovaná data „rostlého“ terénu [2, 3]



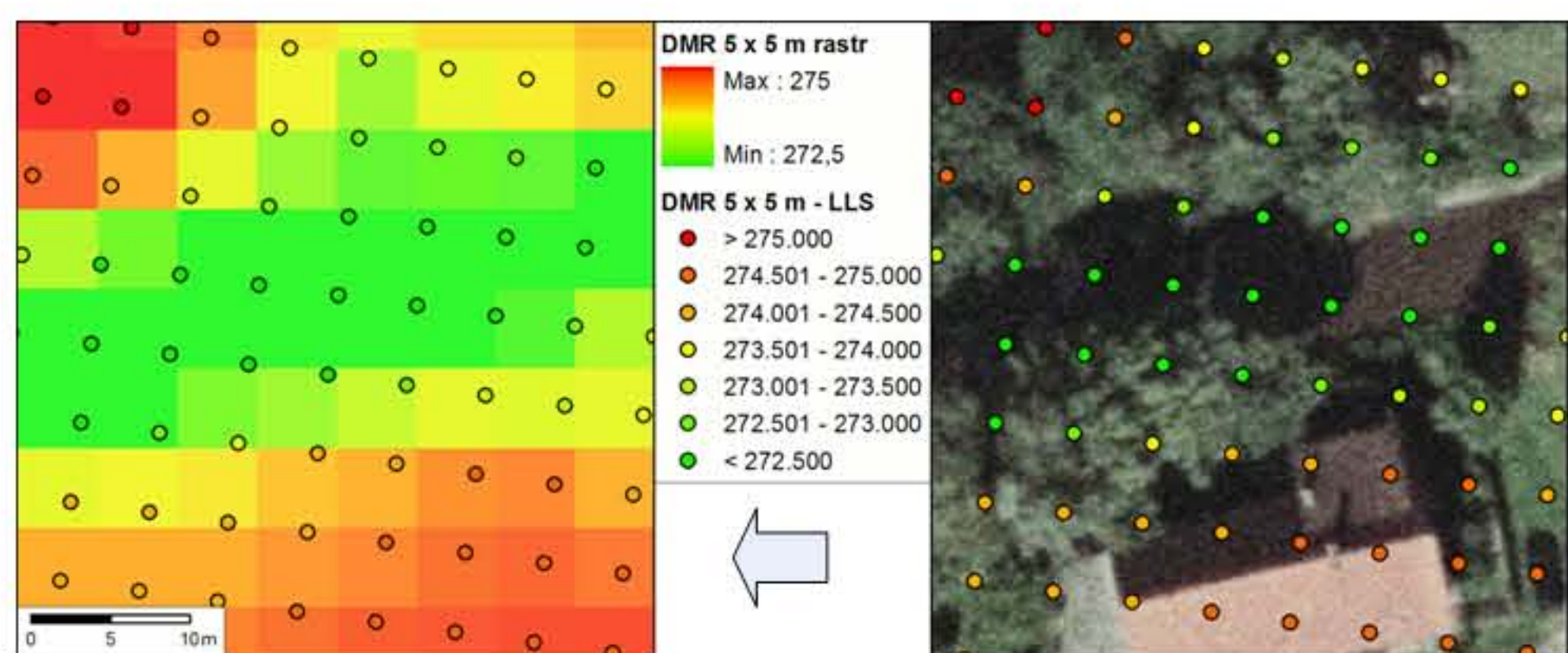
Závěr

Jak vyplývá z výsledků zobrazených níže:

- Nové výškopisné mapování metodou LLS → kvalitní výškopisná data (využití v mnoha oborech lidské činnosti)
- Ve vodním hospodářství - přesnost a hustota nových výškopisných dat → rozvoj a aktualizace stávajících digitálních vodohospodářských dat (DIBAVOD) + užití automatizovaných metod
- Základ - zpřesnění sítě vodních toků + aktualizace jejich kilometráže
- Automatizovaný postup analýzy podélného profilu vodní hladiny → identifikace výškových objektů na vodním toku (tzn. stupně, jezy, mosty atd.)
- Vhodné pro určení geometrie inundace i koryta některých drobných vodních toků s malou hloubkou vody (po odstranění systematických chyb) → základní z geodetických podkladů při tvorbě map povodňového nebezpečí a rizika (požadavek Evropské směrnice)
- Další výzkum v případě velkých vodních toků (jiné metody pro mapování terénu pod hladinou)
- Stanovení rozvodnic a ploch povodí (výzkum neproběhl pro nedostatečnou velikost zkoumané oblasti)
- Vhodné pro zpracování studií a plánovacích dokumentací pro přípravu retenčních nádrží (např. preventivní protipovodňová opatření, akumulace vody, atd.)
- Vhodné pro modelování v oblasti ochrany povrchových i podzemních vod
- Problém při zpracování - obrovské objemy dat, vysoké nároky na výpočetní techniku (pravděpodobně nebude možné řešit rozsáhlé oblasti - nutnost optimalizace dat a členění na menší celky)

Digitální model reliéfu území České republiky 4. generace (DMR 4G)

- forma mříže (GRID) 5 × 5 m - střední chyba výšky oz = 0,30 m.



Charakteristika a formát dat

Experimentální sběr dat LLS:

Lokalita Dobruška (47 km²) 24.4. a 26.6. roku 2008

Výška nad povrchem 1200 - 1500 m, hustota mráčna - cca 1,2 bod/m².

Souřadnicový referenční systém - primární WGS-84, elipsoidická výška.

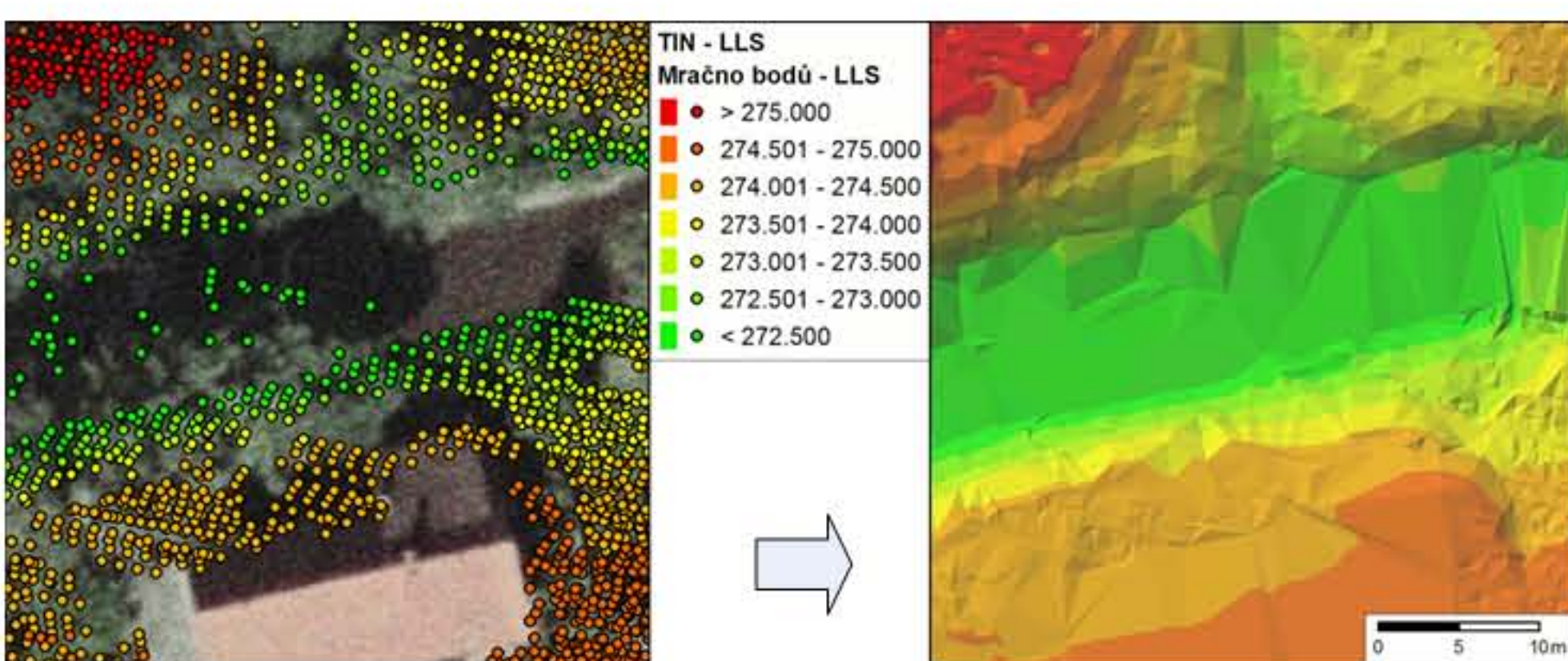
Převod (pracoviště VÚV): zobrazení UTM (zóna 33N), textový ASCII formát (X, Y, Z)

→ třída prvků v S-JTSK East North a výškový systém Balt po vyrovnaní.

Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápořka
579999.863	5568502.785	348.371		
579998.799	5568502.892	348.445		
579997.742	5568503.001	348.506		
579996.667	5568503.109	348.593		
579995.598	5568503.216	348.675		
579994.527	5568503.324	348.764		
579993.466	5568503.432	348.835		

Digitální model reliéfu území České republiky 5. generace (DMR 5G)

- forma nepravidelná síť vybraných výškových bodů (TIN) - střední chyba výšky oz = 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu.

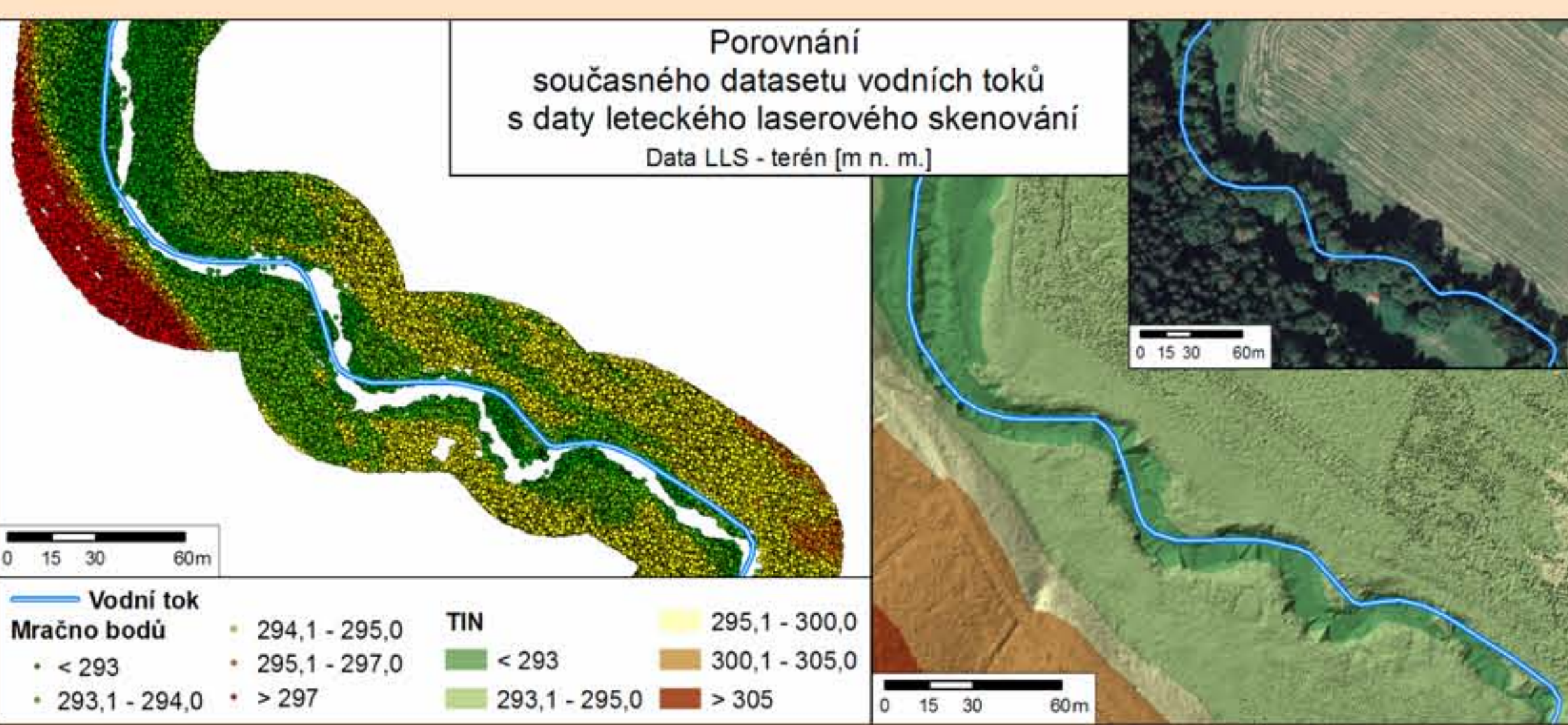


Přesnost polohy vodních toků

- Velmi dobře rozpoznatelná koryta toků v datech LLS (oblast bez dat, TIN)
- Polohová přesnost současného datasetu toků je nedostatečná (rozpor s koryty a odtokovými dráhami vygenerovanými z DMT z dat LLS - osa toku současně databáze neprochází osou koryta a místy je i zcela mimo koryto - rozdíl až 20 metrů)

Příčiny:

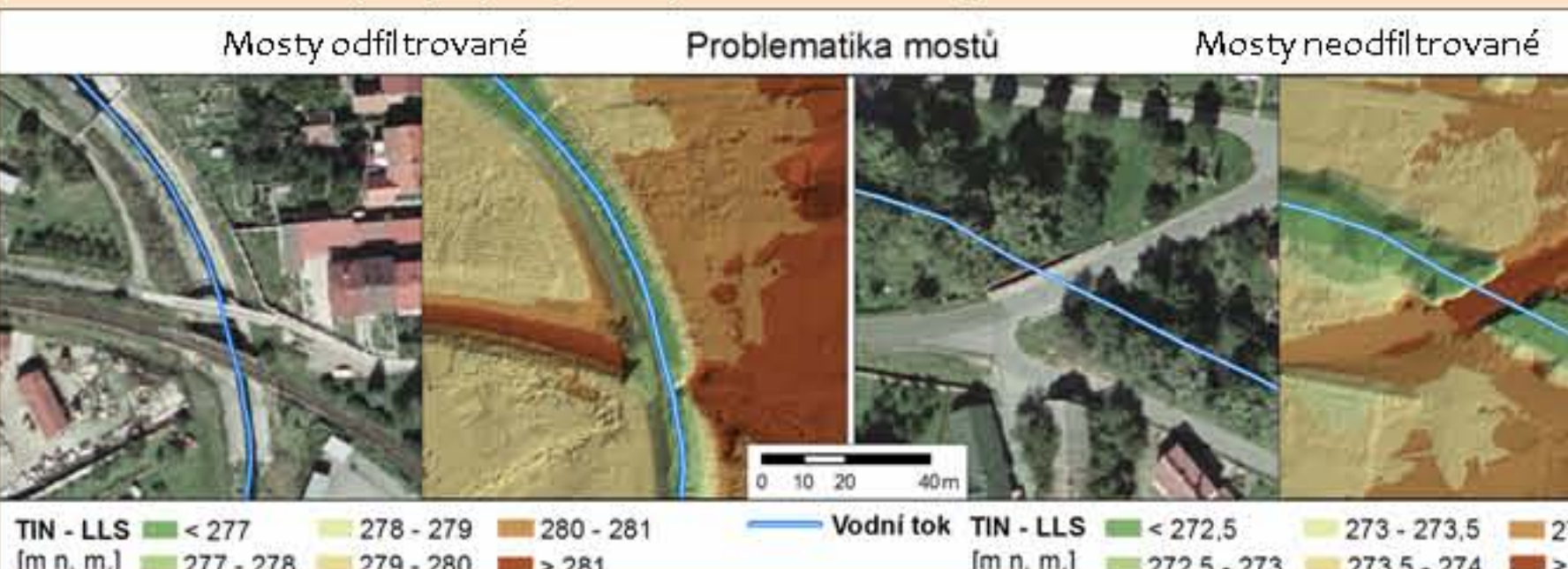
- Datasets ZABAGED® a DIBAVOD odpovídají měřítku 1:10 000
- Vysoká míra generalizace linií toků
- Neprůhlednost hustým vegetačním doprovodem toku na ortofotosnímku
- Jiné...



Popis obrázku: Porovnání současného datasetu vodních toků s daty leteckého laserového skenování (Data LLS - terén [m n. m.])

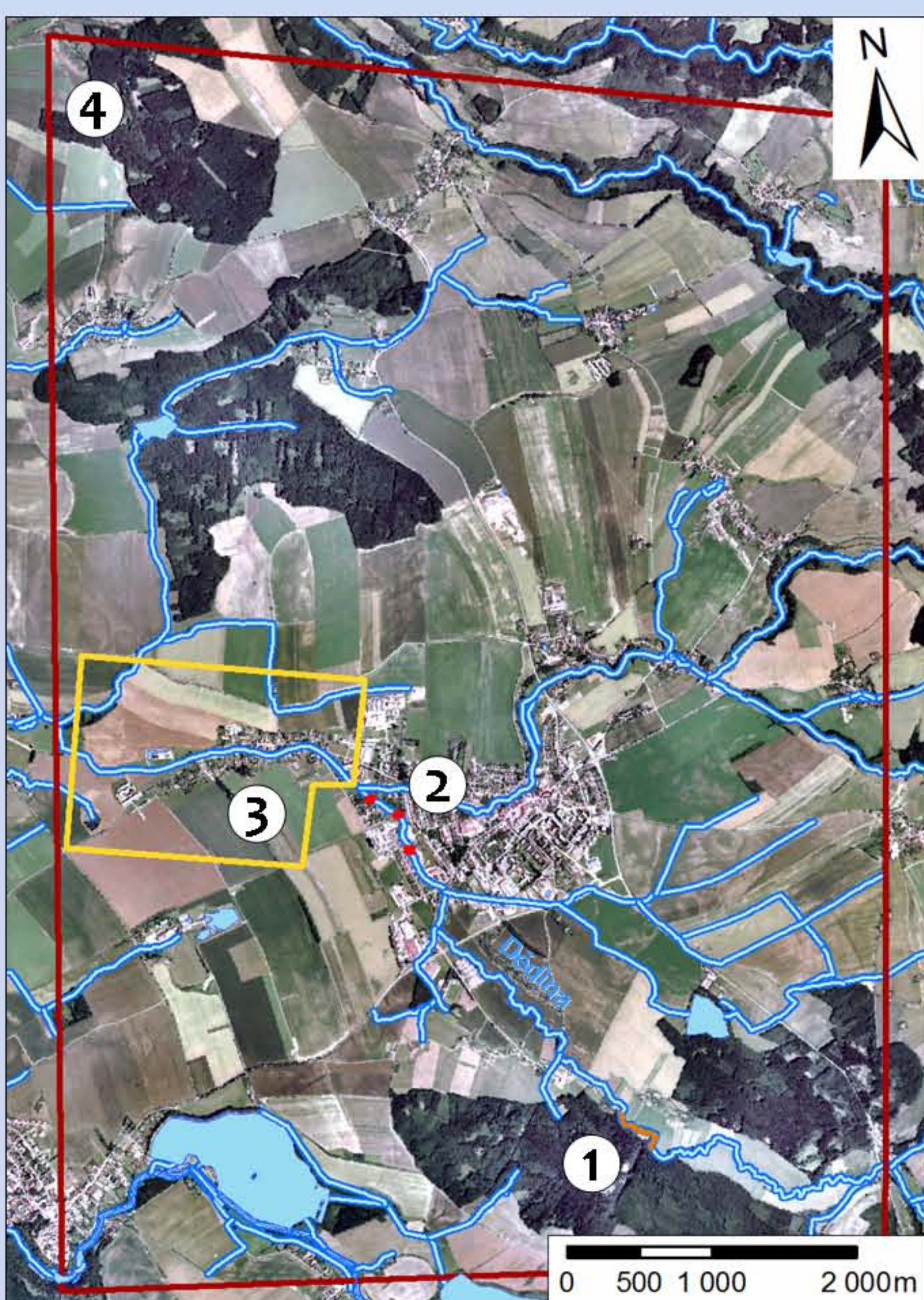
Zpřesnění dat vodních toků musí předcházet i dalšími analýzám.

V současné době je vyvíjen postup automatické generalizace os toků z DMT z dat LLS.



Popis obrázku: Komplikace: lávky a kratší mosty (cca do 5 m) nejsou automatickou filtrace z DMR odstraněny → mají charakter valů, přetínající skutečné odtokové dráhy.

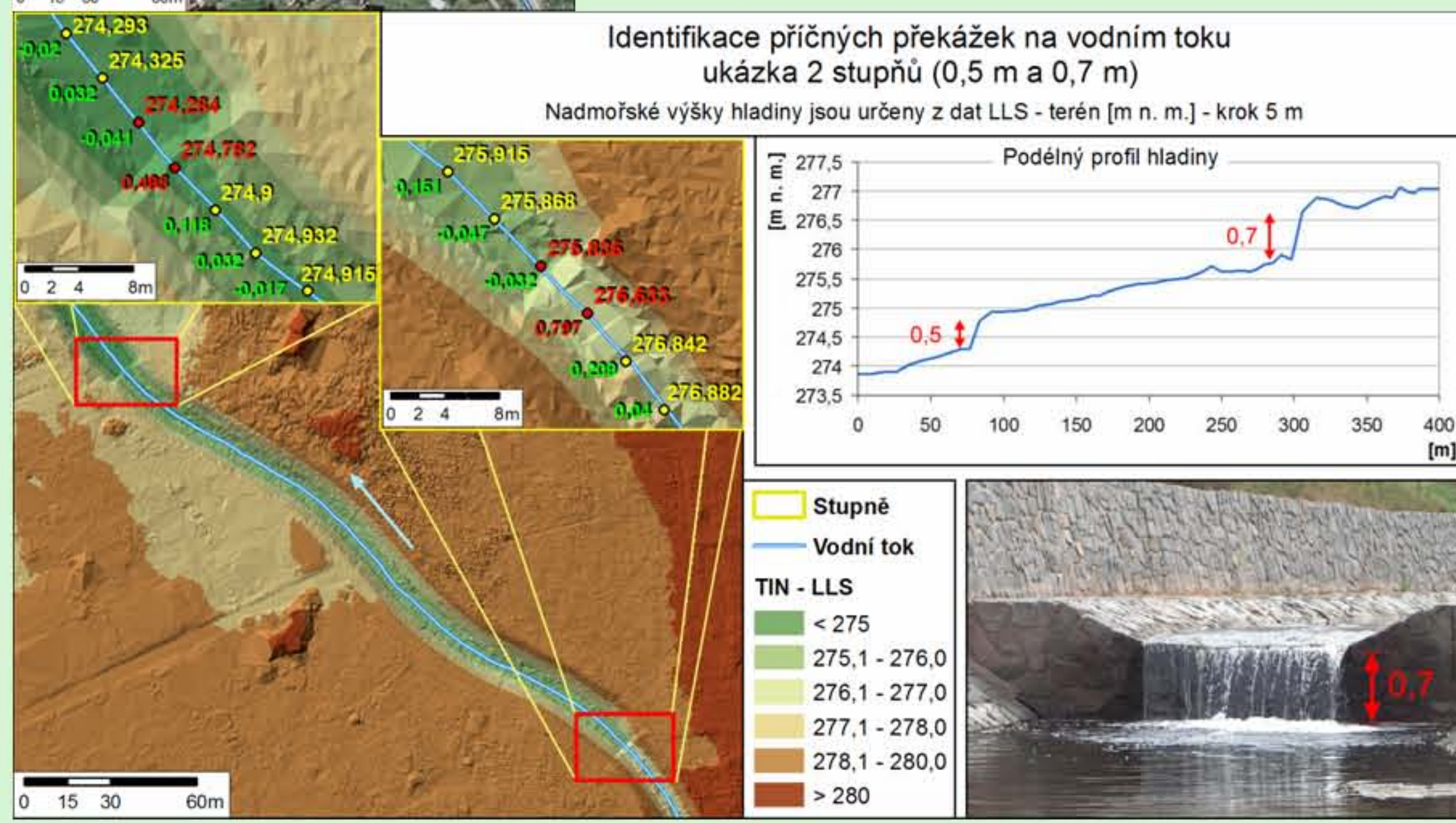
Lokalita Dobruška



60 % orná půda, 20 % lesy, 10 % intravilán, 7 % trvalé travní porosty
Nadmořská výška 268 - 425 m n. m., 65 % sklon 0 - 5 %, 22 % sklon 5 - 10 %

Identifikace příčných překážek na vodním toku

- analýza výškových skoků na podélného profilu hladiny toku.
- Nezbytné podmínky - přesná osa toku a co nejpřesnější model terénu (TIN z mráčna bodů vrstvy terén).



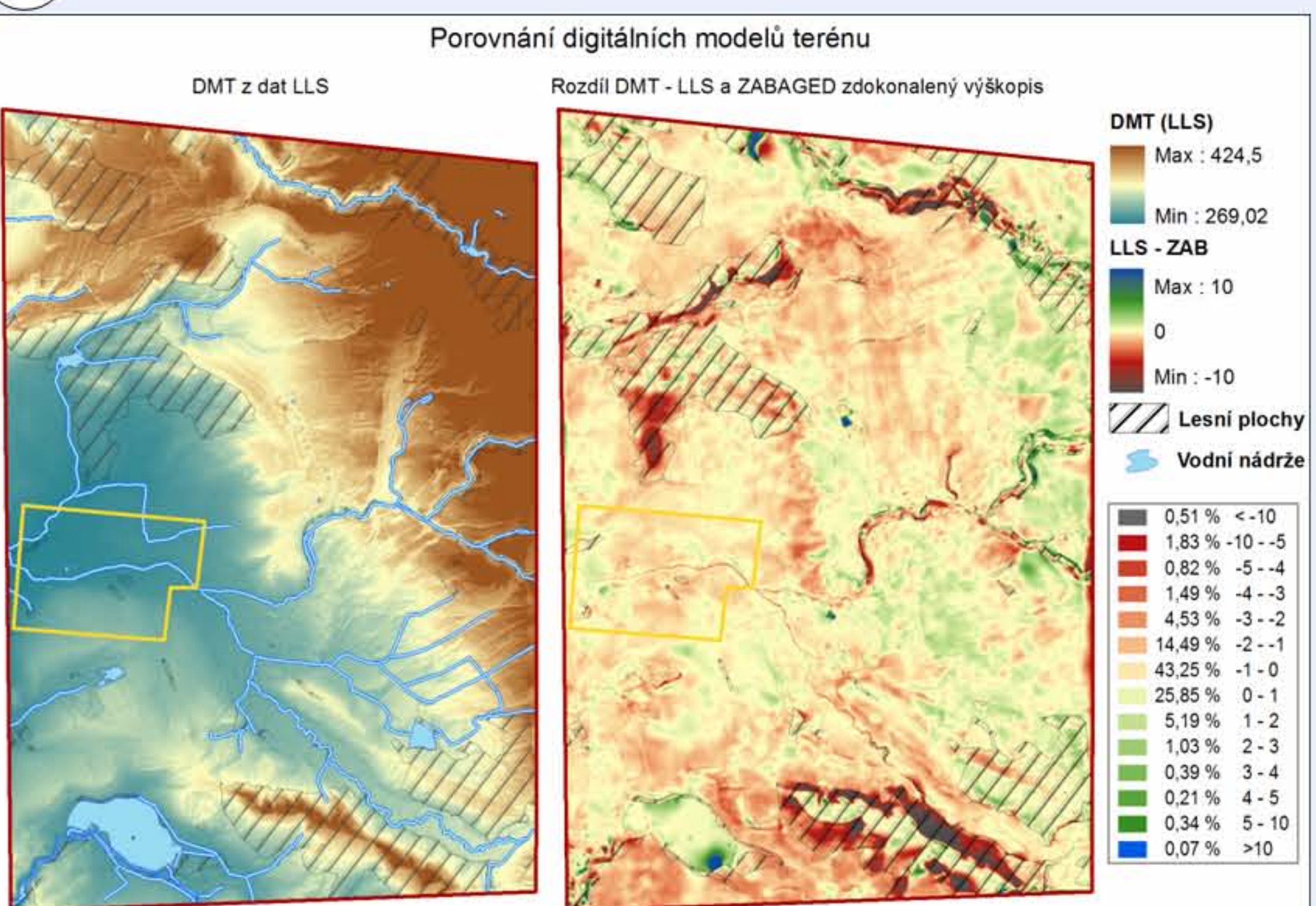
Kromě záznamných stupňů se podařilo nalézt skok o výšce cca 0,3 m, který je umístěn necelé 3 m od neofiltrovaného mostu. Z výsledků vyplývá, že na základě dat LLS lze určit příčné překážky s výškou od 0,3 m. Dalším záměrem bude metodu automatizovat a uplatnit ji na tocích různého charakteru.

Porovnání výškopisných dat - v záplavovém území

Lze alespoň částečně nahradit daty LLS geodetické zaměřením? Je přesnost a hustota dat dostatečná??

- V roce 2002 byla na toku Dědina stanovena záplavová území. Geodetické podklady byly:
- fotogrammetrické mapování (pouze dolní část toku)
- geodetické zaměření podrobných profilů koryta toku i údolních profilů (rok 1999).

Porovnání výškopisných dat - v celém území

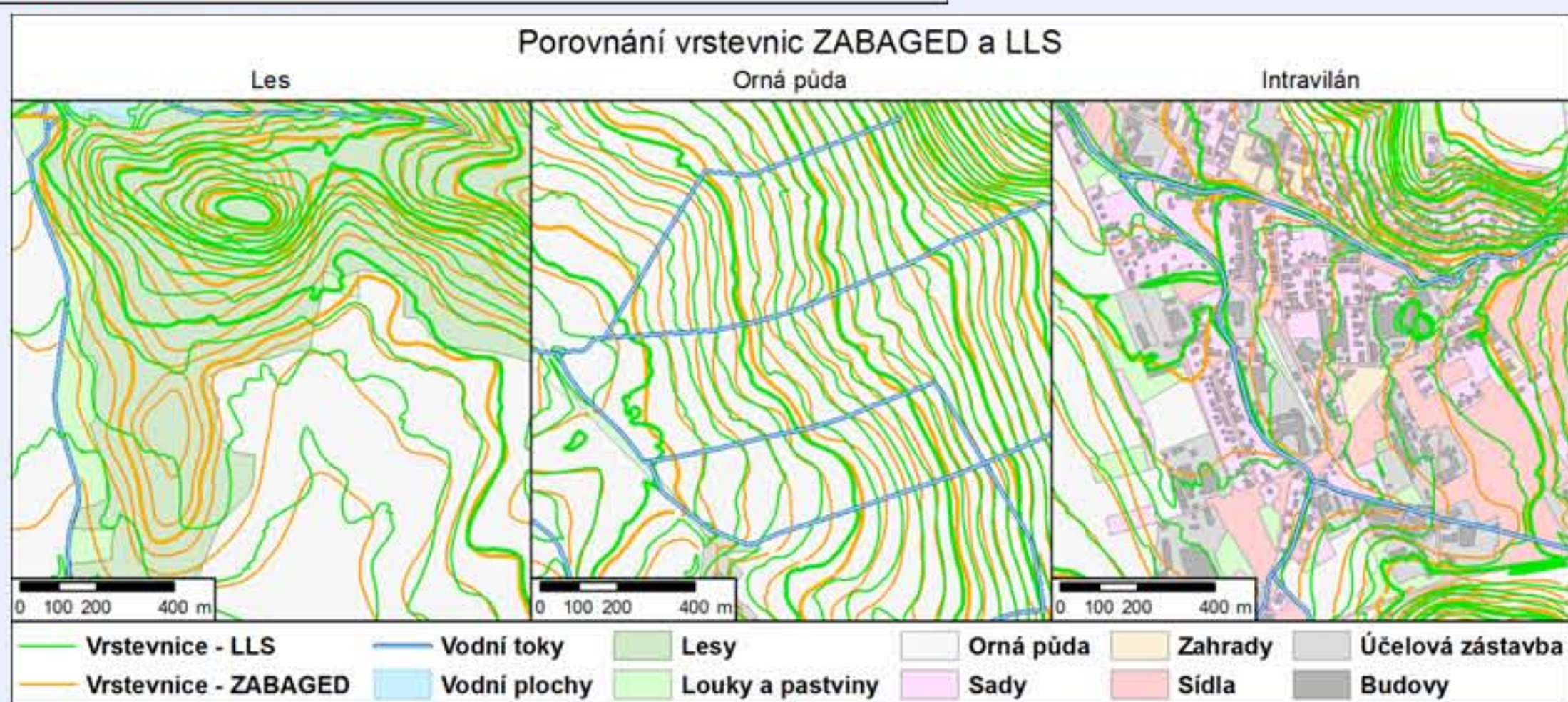


Popis obrázku:

Rozdíl vrstevnic (equidistanta 2 m) při odlišném využití území (les, orná půda, intravilán), současné vrstevnice ZABAGED®, vrstevnice vygenerované z dat LLS rozdílne

Výsledky:

- území lesů - výrazný rozdíl → významné zpřesnění výškopisu
- ostatní případy - rozdíl většinou nepřekračují mezní chybu (tzn. polovina vzdálenosti mezi vrstevnicemi)



Popis obrázku:

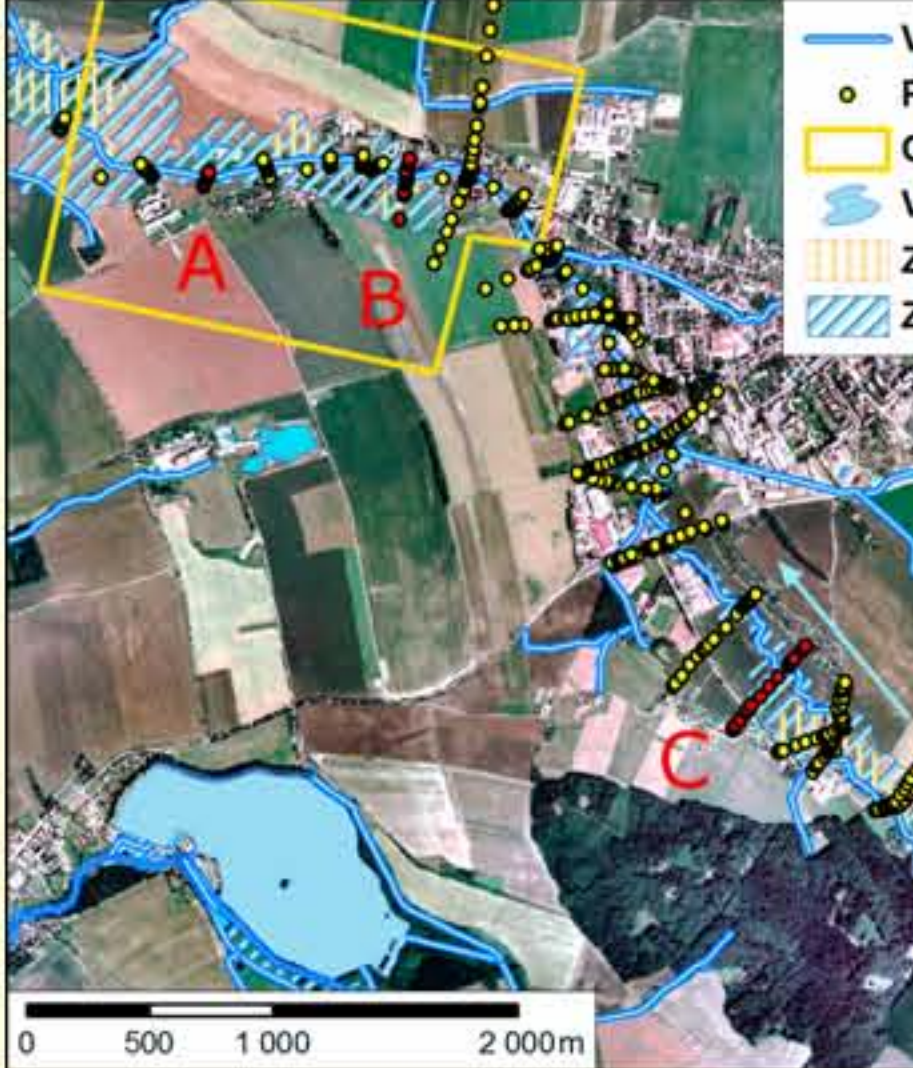
- Digitální model terénu z dat LLS (DMR 4G) - rastr 5 m
- Rozdíl digitálních modelů terénu LLS a ZABAGED® zdokonalený výškopis - rastr 5 m (LLS - ZAB)
- Vyznačení lesních porostů (očekávané největší chyby)

Výsledky:

- Průměrný rozdíl -0,54 m, směrodatná odchylka 1,79
- území lesů - výškový rozdíl - až 20 m (zejména na větších svazích lesních porostů)
- až +10 m (svahy v okolí toku)

Porovnání dat LLS

s fotogrammetrickým a geodetickým zaměřením v záplavovém území



Geodeticky zaměřené profily

- Počet 40, průměrná vzdálenost cca 200 m
- Nadmořské výšky vzájemně k jednotlivým geodetickým zaměřením bodům

Popis obrázku:

- 4 charakteristické příčné profily z různých oblastí

Výsledky:

- Uspokojivá shoda LLS a GEO, vystihuje terénní linie
- FOT > GEO a GEO > LLS

Oblast fotogrammetrie (profily A a B):

- průměrné rozdíly výšek v korytě - 0,36 m GEO - LLS
- 0,57 m FOT - GEO,
- cca 0,25 m v inundačním území (oba případy)

Střední část (profil C):

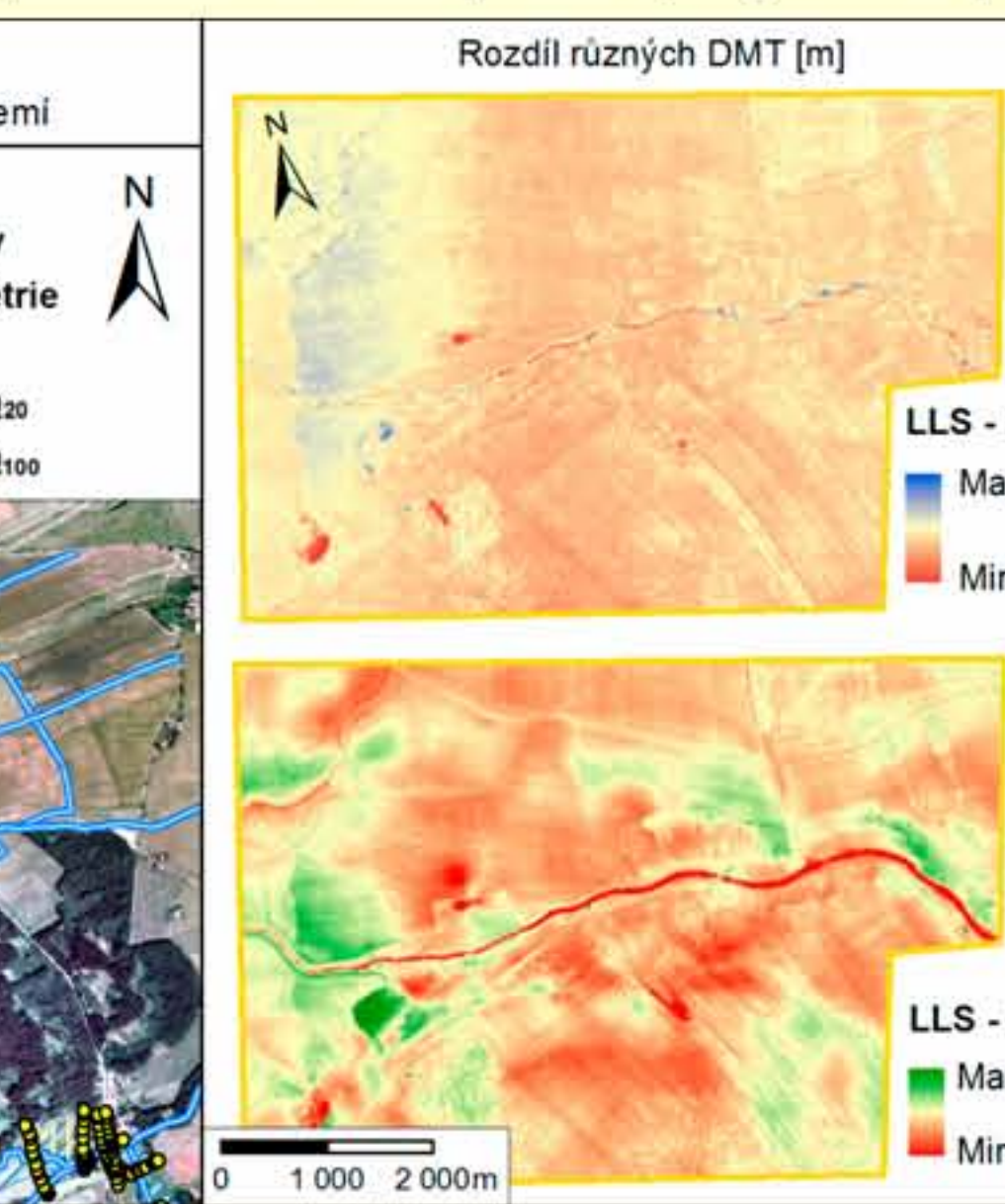
- hodnoty LLS 0,30 - 0,40 m pod hodnotami GEO
- Horní část toku - údolí v lese (profil D):

výborná shoda

Geodetické zaměření koryt (1999) nemusí odpovídat současnému stavu

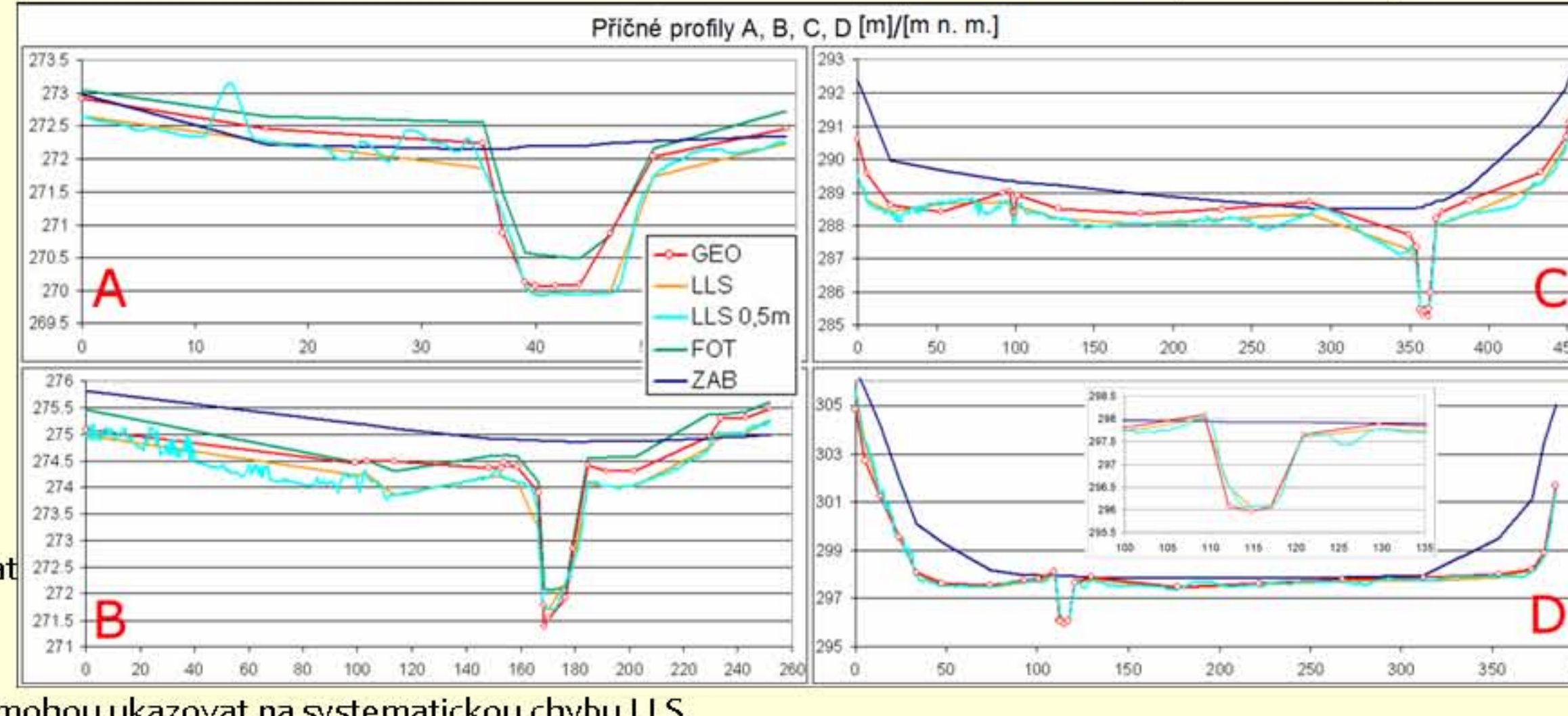
Profily ZABAGED® - menší měřítko i rozlišení rastru

Výsledky porovnání digitálních modelů terénu i profilů mohou ukazovat na systematickou chybu LLS.



Porovnání byly nadmořské výšky z:

- geodetického zaměření (GEO)
- laserového leteckého snímání (LLS)
- fotogrammetrického mapování (FOT)
- gridu ZABAGED® 10 × 10 m zdokonalený výškopis (ZAB)
- LLS - krok 0,5 m (zda vystihuje lomové terénní linie koryta a inundace).



[1] Brázdl, K. (2009): Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky, ročník 55/97, 2009, číslo 7, 145 - 151 str., Geodetický a kartografický obzor.

[2] Šíma, J. (2009): Abeceda leteckého laserového skenování, ročník 2009, číslo 3, 22 - 25 str., GeoBusiness.

[3] Dušánek, P. (2008): Tvorba digitálních modelů terénu z dat leteckého laserového skenování a jeho využití pro aktualizaci výškopisu ZABAGED®, Diplomová práce.

[4] Dolanský, T. (2004): Lidary a letecké laserové skenování, Acta Universitatis Purkynianae gg, Studia geoinformatica, Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2004, ISBN 80-7044-575-0

Poděkování:

Článek vznikl za podpory VZ 002071101 - „Výzkum a ochrana hydrosféry - výzkum vztahů a procesů ve vodní složce životního prostředí, orientovaný na vliv antropogenních tlaků, její trvalé užívání a ochranu, včetně legislativních nástrojů“, 2005 - 2011.

Data z testovacího laserového snímání pro výzkumné účely poskytl Český úřad zeměměřičský a katastrální, pobočka Pardubice.

Data ke stanovení záplavových území zapůjčil podnik Povodí Labe s.p. se sídlem v Hradci Králové.