

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

KLASIFIKACE PŘESNOSTI VYMEZENÍ STÁVAJÍCÍCH ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ V ČR

Hana Nováková, Marcela Makovcová, Kateřina Uhlířová, Viktor Levitus, Petr Valenta, Jana Valentová

Klíčová slova

záplavové území – letecké laserové skenování – výškopis – vodní tok – inundace – přesnost vymezení

Souhrn

Článek představuje projekt bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra ČR v závěru jeho řešení. V letech 2010–2014 byla sestavena porovnávací studie přesnosti vymezení záplavových území ve vybraných úsecích vodních toků. Referenční lokality byly vybírány s ohledem na různorodost morfologických, hydrologických a dalších charakteristik toku a inundace. Stávající záplavová území vymezená nad dostupnými výškopisnými podklady různé přesnosti byla porovnána s výsledky hydrodynamického modelování s využitím nových výškopisných dat. Na základě závislosti charakteristik vybraných lokalit a změn záplavových území byl navržen klasifikační systém přesnosti vymezení záplavových území, který byl aplikován na všechny vodní toky se stanoveným záplavovým územím v ČR. Zkusebnosti z projektu byly promítnuty do Metodiky pro zpracování návrhů záplavových území.

1 Úvod

Iniciální myšlenkou pro sestavení projektu byly dva okruhy vysoce aktuálních problematik. Na podzim roku 2009 byl zahájen Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky (<http://geoportal.cuzk.cz/>) pomocí technologie leteckého laserového skenování, který se zavazuje k výraznému zlepšení přesnosti výškopisných dat v ČR. Na projektu spolupracují Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK), Ministerstvo zemědělství ČR a Ministerstvo obrany ČR. Pořizování dat je naplánováno ve třech etapách (pásmo „Střed“, „Západ“ a „Východ“). Oddělení GIS a kartografie Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM, v.v.i., (VÚV) od počátku spolupracovalo se zhotovitelem dat (Zeměměřický odbor Pardubice Zeměměřického úřadu). Z výsledků výzkumu vyplývá velký potenciál využití těchto dat ve vodním hospodářství, mimo jiné i v záplavových oblastech (např. Uhlířová a Zbořil, 2009; Uhlířová a Nováková, 2011; 2012a; 2012b).

Další aktuální problematikou jsou požadavky Evropské povodňové směrnice (směrnice 2007/60/ES) na zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. V roce 2012 byla na pracovišti VÚV připravena Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik (www.dibavod.cz/mapy-rizik). Tento projekt na metodiku navazuje a jeho výsledkem bude metodický postup pro kvalitní vymezení záplavových území (dále jen ZÚ), která jsou základním podkladem pro tvorbu map povodňového nebezpečí a rizik. Součástí projektu je klasifikace všech stávajících záplavových území, která by měla sloužit jako jeden z nástrojů pro rozhodování

o prioritách nutnosti nového vymezení současných záplavových území.

Řešení projektu je z velké části realizováno v prostředí GIS (především platforma ESRI ArcGIS). Jedná se o komplexní prostorové analýzy vstupních výškopisných dat a výstupních čar záplavových území, popř. rastrových dat. Výstupní data byla vytvořena subdodavatelskou firmou HYDRO EXPERT, s.r.o., pomocí 1D nebo 2D numerických modelů. Jednorozměrné modely proudění vody byly vytvořeny pomocí software HEC-RAS (HEC-RAS River Analyzing System, 1997). Pro dvourozměrné modelování byl použit software FAST 2D (Valenta, 2004).

2 Data

Základním vstupem pro úlohu vymezení záplavového území je forma digitální interpretace morfologie terénu v inundaci vodního toku. Podle metody určené nadmořské výšky terénu vznikají odlišné typy výškopisných dat. V případě projektu byly ve dvou fázích výpočtů použity celkem čtyři typy dat.

První fáze vymezení ZÚ, provedená mimo řešený projekt, proběhla nad tzv. tradičními daty (popř. jejich kombinací):

- letecká fotogrammetrie (FOT),
- geodetické zaměření profilů (území, GEO),
- vrstevnice Základní mapy 1 : 10 000 (jako doplněk fotogrammetrie).

Pro účely projektu byly podklady popisující geometrii toků a inundace území v jednotlivých lokalitách poskytnuty příslušnými správci vodních toků.

Výpočty v rámci projektu, které sloužily k porovnání výstupů hydrodynamického modelování, proběhly na datech leteckého laserového skenování (LLS). Z důvodu širší aplikovatelnosti výsledků byly využity dva produkty ČÚZK vzniklé během tvorby nového výškopisu ČR:

- digitální model reliéfu území ČR 4. generace (DMR 4G) ve formě výšek diskretních bodů v pravidelné síti 5 x 5 m s úplnou střední chybou výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu,
- digitální model reliéfu území ČR 5. generace (DMR 5G) ve formě výšek diskretních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu (<http://geoportal.cuzk.cz/>).

Protože zpracování skenovaných dat LLS na pracovišti Zeměměřického úřadu v Pardubicích se překrývalo s řešením tohoto projektu, bylo nutné v roce 2011 pracovat s produktovými mezivýstupy DMR 5G. Data jsou označována jako DMR 5G beta a oproti výslednému produktu DMR 5G neprošla vizuální kontrolou a dalšími úpravami na základě těchto kontrol.

Podrobnou specifikaci obou datových sad je možné čerpat z technických zpráv těchto datových produktů uveřejněných na Geoportálu ČÚZK (Brázdil aj., 2012a; 2012b).

Data pro pět lokalit řešených v roce 2011 byla pro potřeby projektu zapůjčena Zeměměřickým úřadem Pardubice. V roce 2012 byla data zakoupena podle platného ceníku ČÚZK.

3 Porovnávací studie

3.1 Referenční lokality

Pro navržení systému klasifikace záplavových území bylo vybráno 11 tzv. referenčních lokalit, přičemž lokalita Nežárka byla řešena dvěma způsoby – 1D i 2D modelováním. Seznam lokalit je uveden v tabulce 1.

Úseky toků byly vybírány podle tří kritérií. Prvním cílem bylo dosažení co největšího počtu kombinací hlavních charakteristik území (morfologie, extravilán/intravilán, typ krajiny, velikost vodního toku atd.). Druhým hlediskem byl přístup k záplavovým čárám vymezeným v minulosti pomocí tradičních výškopisných dat.

Třetí skutečností ovlivňující volbu lokalit byla dostupnost hotových dat LLS. V roce 2011 bylo z větší části zpracováno pouze pásmo „Střed“. V roce 2012 bylo možné v omezené míře vybírat i z území v pásmu „Západ“. Data z oblasti pásma „Východ“ byla v době vytipování lokalit ve fázi prvotního zpracování, a proto nemohla být do projektu zařazena žádná území z východních Čech či Moravy.

3.2 Porovnání vstupních dat

Metoda porovnání podkladních výškopisů spočívala ve vytvoření příčných profilů terénu nad všemi podkladními daty v místech geodetického zaměření (obr. 1). Ve všech bodech profilů byl proveden rozbor vzájemných rozdílů výškopisů a jejich komplexní statistické vyhodnocení. Byl sledován široký rozsah statistických ukazatelů (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, minimální a maximální hodnota, suma čtverců, percentily, kvartily). Za veličiny nejlépe charakterizující rozdíl v přesnosti dat byla zvolena systematická a úplná střední chyba. Systematická chyba je rovna aritmetickému průměru rozdílů a ukazuje na celkový trend výšky dat v porovnání s geodetickým zaměřením. Úplná střední chyba odpovídá střední kvadratické chybě RMSE (Root Mean Square Error) a určuje celkovou přesnost dat.

Výškopis z geodetického zaměření je považován za nejpřesnější. Ve všech analýzách tvořil profil GEO srovnávací (základní) hladinu pro stanovení rozdílů nadmořských výšek. Protože body GEO byly často zaměřovány v dlouhých vzdálenostech, byly pro detailnější popis terénu pomocí interpolace přidány do profilů další body s rozestupem do 10 m.

Data LLS z podstaty metody jejich pořizování nezobrazují správně tvar koryta vodního toku. Dno toku, které je pod hladinou vody v okamžiku pořízení snímku, není součástí mračna bodů. Pro relevantnost porovnání kvality výškopisných dat byla proto ve všech profilech ručně určena hranice koryta a inundace. Statistické výpočty byly prováděny jednak pro celý profil a zároveň odděleně pro koryto a inundaci. Do závěrečného vyhodnocení byla zahrnuta pouze data z inundace zájmového území.

Vstupní data byla v prostředí GIS porovnávána rovněž plošně ve formě rastrů. Ty byly vytvořeny v rozlišení 1 x 1 m ze zdrojových vektorových dat v prostředí GIS. Rozdíly vzniklé odečtením původního a nového modelu terénu jsou prezentovány v grafických výstupech. I v případě srovnání rastrových vrstev byla zpracována statistika rozdílů.

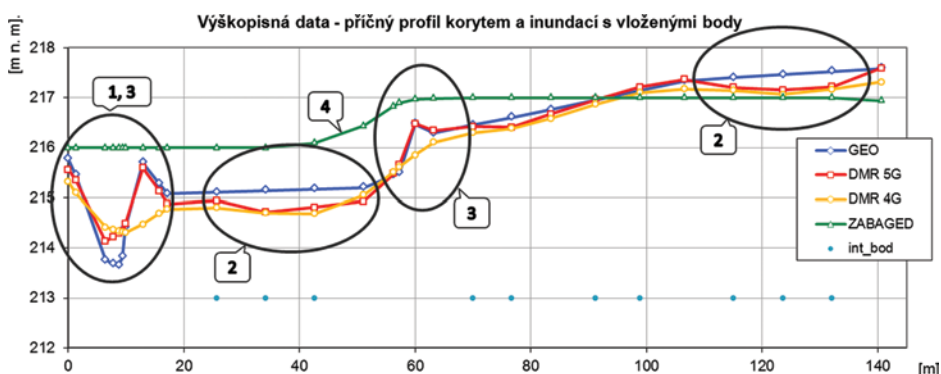
3.3 Porovnání záplavových území

V rámci zpracování studie byla aplikována metoda jednorozměrného (1D) a dvourozměrného (2D) modelování proudění vody. Modely byly sestaveny variantně v závislosti na použitém datovém zdroji. V případě 1D modelů byl výchozí verzí model sestavený

Tabulka 1. Referenční lokality

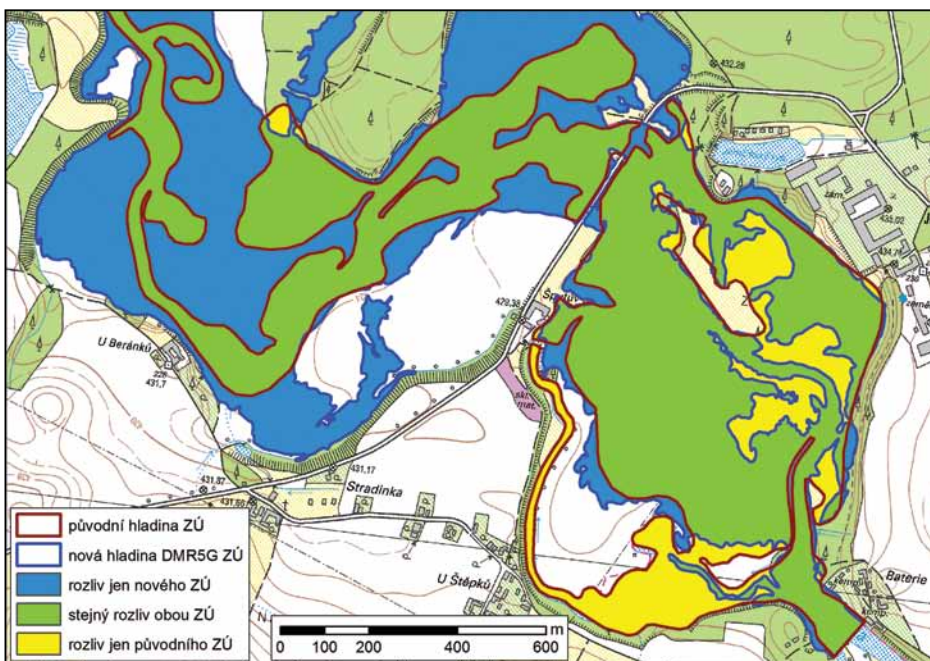
Table 1. Reference sites

Lokalita	Rok řešení	Rozsah modelu ř. km	Skenováno	Model
Nežárka	2011	17,997–24,234	23. 8. + 26. 8. + 6. 9. 2010	1D
Nežárka	2011	14,933–24,284	23. 8. + 26. 8. + 6. 9. 2010	2D
Šembera	2011	9,956–16,945	21. 11. 2009 + 25. 3. + 1. 4. + 8. 10. 2010	1D
Doubrava	2011	14,995–22,273	30. 3. + 7. 4. 2010	1D
Lužnice	2011	59,300–68,800	25. 8. 2010	2D
Jizerka	2011	0,000–6,579	4. 6. + 20. 8. 2010	1D
Úhlava	2012	61,096–70,205	7. 4. + 22. 4. + 7. 5. 2011	2D
Berounka dolní	2012	16,600–26,800	18. 4. 2011	2D
Berounka horní	2012	52,800–65,000	10. 4. 2011	2D
Oleška	2012	15,823–23,056	23. 4. 2010 + 20. 8. 2010	1D
Manětínský potok	2012	3,529–9,465	21. 3. 2011 + 19. 4. 2011	1D
Střela	2012	85,704–91,985	23. 3. 2011	1D



Obr. 1. Příčný profil inundací s vloženými přídatnými body

Fig. 1. Inundation area cross-section with extra points



Obr. 2. Porovnání polygonů záplavových území

Fig. 2. Comparison of floodplain polygons

s využitím geodeticky zaměřených údolních profilů. Porovnávání varianty modelu pak byly konstruovány na základě kombinace zaměřených korytových profilů s inundačními částmi získanými z DMR 4G, resp. DMR 5G. V případě 2D modelů se postupovalo obdobně s tím, že modely hlavního koryta a vedlejších vodotečí byly totožné a jednotlivé varianty se lišily použitým datovým zdrojem pro modelování inundací (FOT, DMR 4G a DMR 5G).

Výstupem numerických modelů proudění jsou informace o poloze hladiny při konkrétním návrhovém průtoku (např. Q_5 , Q_{100} atd.). V případě 1D modelu jde o nadmořské výšky hladiny vázané na výpočtové příčné profily. U 2D modelu je výstupem spojitá informace v rozsahu modelu ve formě rastrových prostorových dat.

Vypočtené průběhy hladin pro zvolené průtokové stavy a dílčí varianty jednotlivých modelů byly dále použity pro vyhodnocení záplavových čar. V případě 2D modelu jsou tato vyhodnocení přímým výstupem modelu. U 1D modelů založených na produktech DMR 4G/5G byly údaje o výšce hladiny protnuty s příslušným výškopisným podkladem a následně revidovány v prostředí GIS. Vyhodnocení původních záplavových čar (modely GEO) se vesměs opíralo o ruční konstrukci čar nad vrstevnicemi mapového podkladu ZABAGED®. Výsledné polygony záplavových území byly porovnány.

Pro každou referenční lokalitu byly vypočteny rozdíly v plochách záplavových území vymezených nad tradičními a novými daty. Odečtením ploch polygonů byly zjištěny relativní změny záplavových území v % (obr. 2). Na základě zjištěných rozdílů ploch povodňových rozlivů byly definovány čtyři třídy přesnosti vymezení ZÚ (tabulka 2). Hodnoty rozdílů ploch byly zařazeny do příslušných kategorií.

3.4 Parametry hodnocení

Pro charakteristiku území z pohledu velikosti rozlivu povodně se lze inspirovat v nauce o vodních tocích. Jde o podobné faktory, jaké ovlivňují vývoj vodních toků v čase i prostoru – klimatické a meteorologické, fyzikálněgeografické, geologické, charakter koryta, vegetační pokryv.

Pouze některé z těchto faktorů ovlivňují výsledky hydrodynamického modelování, a tedy výsledné vykreslení čar ZÚ. V tabulce 3 jsou vypsány charakteristiky, které byly zjišťovány pro všechny referenční lokality. Parametry 1–5 je možné v rámci běžně dostupných nástrojů určit i pro libovolné jiné území v ČR. Parametr 6 by vyžadoval časově náročné analýzy v prostředí GIS. Pro zjištění podkladních dat stávajících ZÚ je nutné nahlédnout do zdrojové dokumentace ZÚ, která v rámci řešeného projektu není plošně k dispozici.

Průměrná sklonitost území [%] je určena jako aritmetický průměr sklonitosti jednotlivých buněk rastru digitálního modelu terénu (DMT). Stupeň sklonitosti je bezrozměrným parametrem a vyjadřuje nejčteněji zastoupený interval (modus) sklonitosti jednotlivých buněk rastru DMT, přičemž intervaly sklonitosti jsou stanoveny s krokem 1 %. Oba parametry vypovídají o výškopisném charakteru terénu v zájmovém území.

Hodnoty parametrů byly systematicky určeny pro všechny referenční lokality na základě terénních průzkumů, dostupných datových sad a analýz v prostředí GIS.

4 Klasifikace přesnosti vymezení ZÚ

Pro klasifikaci přesnosti vymezení ZÚ v ČR bylo třeba nejdříve vyhodnotit závislosti změn vymezení ZÚ na parametrech hodnocení. Hodnota parametru lokality (např. sklonitost podélného profilu) a procento změny plochy ZÚ tvořilo jednu dvojici bodů v grafu závislosti. Vynesení hodnot konkrétního parametru u všech lokalit spolu s mírou změny ZÚ vznikl graf závislosti pro daný návrhový průtok. Příklad grafu závislosti je na obr. 3.

Vyhodnocením závislosti změn vymezení ZÚ v souboru referenčních lokalit byly vybrány parametry s nejzřetelnější mírou závislosti. Podle tvaru grafů a výskytu konkrétních tříd přesnosti vzhledem k hodnotám parametru byla navržena klasifikační stupnice priority převymezení ZÚ (viz výsledky). Ta mohla být analogicky aplikována na všechna záplavová území v ČR.

Každý vodní tok delší než 5 km, na kterém bylo vymezeno záplavové území, byl směrem od zaústění k prameni rozdělen na klasifikační segmenty o délce 5 km, přičemž u závěrečných (pramenných) segmentů byla délka kratší. U jednotlivých segmentů bylo provedeno stanovení hodnot parametrů v rozsahu záplavového území stoleté vody oboustranně rozšířeného o 50 m. Podle hodnot parametru byly segmenty zařazeny do příslušných kategorií.

5 Výsledky a diskuse

5.1 Porovnání vstupních dat

Během zpracování datových sad byly porovnány body příčných profilů korytem a inundací v jednotlivých výškopisných vrstvách a provedeno podrobné statistické vyhodnocení všech rozdílů.

Tabulka 2. Klasifikační stupnice přesnosti vymezení ZÚ

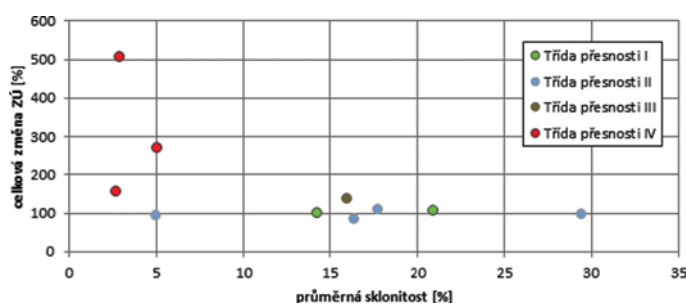
Table 2. The classification scale of floodplain definition accuracy

Třída přesnosti	I	II	III	IV
Změna plochy ZÚ [%]	0–5	5–20	20–50	> 50

Tabulka 3. Parametry hodnocení

Table 3. Classification parameters

Parametr	
1	Sklonitost úseku (podélný profil)
2	Průměrná sklonitost území rozsahu modelu
3	Stupeň sklonitosti území rozsahu modelu
4	Míra zalesnění
5	Míra zastavění
6	Poměr průměrné šířky a průměrné hloubky koryta
7	Použitá výškopisná data původního vymezení ZÚ



Obr. 3. Závislost celkové relativní změny plochy ZÚ na stupni sklonitosti pro průtok Q_5 a data DMR 4G

Fig. 3. Dependence of total relative floodplain area change on the slope degree for flow rate Q_5 and DMR 4G dataset

Celkem bylo zpracováno 9 362 bodů terénu v 396 profilech. Vyhodnocením statistických hodnot a vykreslením příčných profilů byly zjištěny čtyři hlavní odlišnosti v jednotlivých výškových podkladech. Čísla 1–4 na obr. 1 ukazují typy rozdílů:

1. způsob vykreslení tvaru koryta (data LLS z principu metody nezaznamenávají data pod hladinou vodního toku),
2. větší prostorová hustota dat DMR 4G a DMR 5G lépe popisuje morfologii terénu než geodetického zaměření,
3. vyhlazení terénních zlomů u DMR 4G (břehy, valy, meze atd.),
4. celé vedení zelené linie ukazuje na nedostatečnou přesnost výškopisu ZABAGED®.

Protože data LLS nezobrazují správně tvar koryta toku, je nezbytné počítat s tímto limitem při jejich použití v praxi. Pro správnou interpretaci terénu pro numerické modelování i vyhodnocování je nutné data doplnit o geodetické zaměření koryt toků, mostů, příčných objektů na toku, propustků pod komunikacemi atd.

5.2 Porovnání záplavových území

Při vykreslování záplavových čar v prostředí GIS bylo možné sledovat vliv výškopisného podkladu na výsledný tvar rozlivu. Příkladem jsou liniové stavby podél vodních toků. U tradičního výškopisu ZABAGED® zůstala výsledná záplavová čára uvnitř ochranného valu. Podrobná data LLS ale ukázala, že val nemá konstantní výšku, a tak v některém sníženém místě dojde k rozliti vody i za něj. Výsledná plocha záplavového území je značně odlišná.

Zásadní je rovněž výběr dat, nad kterými se záplavové čáry zakreslují. Pokud je výsledná hladina protnuta s nedostatečně přesným podkladem, může dojít k druhotnému zkreslení tvaru rozlivu povodně.

Dalším poznatkem bylo nalezení značných rozdílů mezi nízkými a vysokými návrhovými průtoky. Na obr. 4 jsou uvedeny příklady rozlivu povodně při návrhovém průtoku Q_5 a Q_{100} . Na první pohled je patrné, že zatímco u nízkého návrhového průtoku jsou rozdíly v rozlivu povodně výrazné, u vyššího průtoku se čáry téměř shodují. Z toho vyplývá, že mnohem větší efekt bude mít nové vymezení ZÚ pro menší návrhové průtoky než pro velké povodně.

Přestože bylo zjištěno, že rozdíly mezi plochami ZÚ vypočtenými nad daty DMR 4G a 5G nejsou příliš velké (u vysokých návrhových průtoků jsou rozdíly zcela nepatrné), je nezbytné pro plošné využití cenově dostupnějších, zpracovatelsky jednodušších a v současné době dokončených výškopisných dat DMR 4G pamatovat na omezenou schopnost vykreslení terénních zlomů a liniových krajinných prvků.

5.3 Klasifikace přesnosti vymezení ZÚ

Rozdělením rozdílů ploch záplavových území do kategorií přesnosti a vynesení grafů pro jednotlivé scénáře vyplynula výrazná závislost na dvou parametrech zájmového území:

- průměrná sklonitost terénu [%],
 - stupeň sklonitosti terénu,
- přičemž průběh závislosti prvního parametru byl nejednoznačnější. Zřetelnou závislost na změnách modelu terénu (které se promítanou do výsledných záplavových čar) vyplývajících z ostatních sledovaných parametrů (vegetační pokryv inundace, morfologie koryta vodního toku, podélný profil toku) se nepodařilo prokázat, přestože z pohledu porovnání dat jednotlivých modelů terénu některé závislosti vysledovat lze (větší zalesněnost – větší odchylky modelů terénu).

V případě průměrné sklonitosti terénu vyplynula z výsledku analýz tato závislost:

- V území s hodnotou průměrné sklonitosti menší než 5 % se přesnost vymezení záplavových území pohybuje ve třídě přesnosti III až IV.
- V území s hodnotou průměrné sklonitosti v rozmezí 5–20 % se přesnost vymezení záplavových území pohybuje ve třídě přesnosti II až III.
- V území s hodnotou průměrné sklonitosti větší 20 % se přesnost vymezení záplavových území pohybuje ve třídě přesnosti I až II.

S rostoucí mírou nepřesnosti vymezení záplavových území roste prioritizace jeho nového vymezení. Z tohoto důvodu byla, na základě výše uvedených výsledků z porovnávací studie, provedena klasifikace přesnosti vymezení záplavových území v ČR rozdělením do tří kategorií – tzv. „stupňů priority převymezení záplavového území“ podle průměrné sklonitosti terénu v inundaci, a to způsobem uvedeným v tabulce 4. V prostředí GIS byly segmentům vodních toků přiřazeny příslušné identifikátory a v mapovém výstupu byly kategorie barevně odlišeny (obr. 5). Protože navržené klasifikační systémy (třídy přesnosti i určení sklonitostních intervalů) vychází z omezeného počtu referenčních lokalit, je výsledná přesnost odpovídající jednotlivým stupňům priority deklarována jako pravděpodobná.

6 Metodika pro zpracování návrhů záplavových území

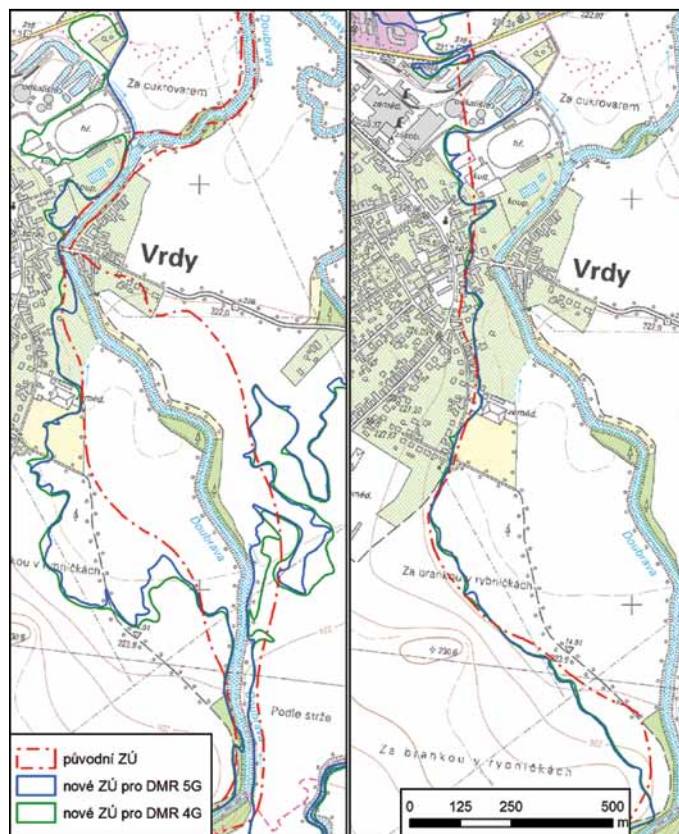
Záplavová území stanovená podle vyhlášky č. 236/2002 Sb. jsou jedním z nejvýznamnějších limitů využití území v inundacích vodních toků, kde mají přímý vliv na oblast územního plánování, výstavbu nových objektů a možnosti rekonstrukce objektů stávajících. Z výše uvedených skutečností vyplývá jednoznačná nutnost dosažení nejvyšší možné kvality veškerých podkladů a postupů, které jsou pro stanovení záplavových území použity.

V současné praxi vymezování záplavových území se často objevují zásadní nedostatky, které v mnoha případech vedou k nejednoznačnosti interpretace vymezení záplavových území se všemi negativními důsledky, které se promítají do souvisejících oblastí (územní plánování a výstavba, povodňová riziková analýza apod.).

Hlavním cílem této metodiky je sjednocení postupů používaných v praxi při procesech vymezování záplavových území tak, aby vymezení záplavových území a jeho interpretace v nejvyšší možné míře odpovídaly skutečnosti.

K dosažení tohoto cíle metodika popisuje čtyři klíčové oblasti:

- specifikace požadavků na vstupní data,
- specifikace metod a postupů vymezování záplavových území,
- specifikace požadavků na výstupní data,
- specifikace obsahu dokumentace záplavového území.



Obr. 4. Příklad rozlivu povodně pro návrhový průtok Q_5 (vlevo) a Q_{100}
Fig. 4. An example of flood lines for flow rate Q_5 (left) and Q_{100}

Na výsledné podobě metodiky spolupracují firmy HYDROEXPERT, a.s., a HYDROSOFT Veleslavín, a.s. Metodika je konzultována s podniky Povodí a bude certifikována odborem ochrany vod Ministerstva životního prostředí ČR.

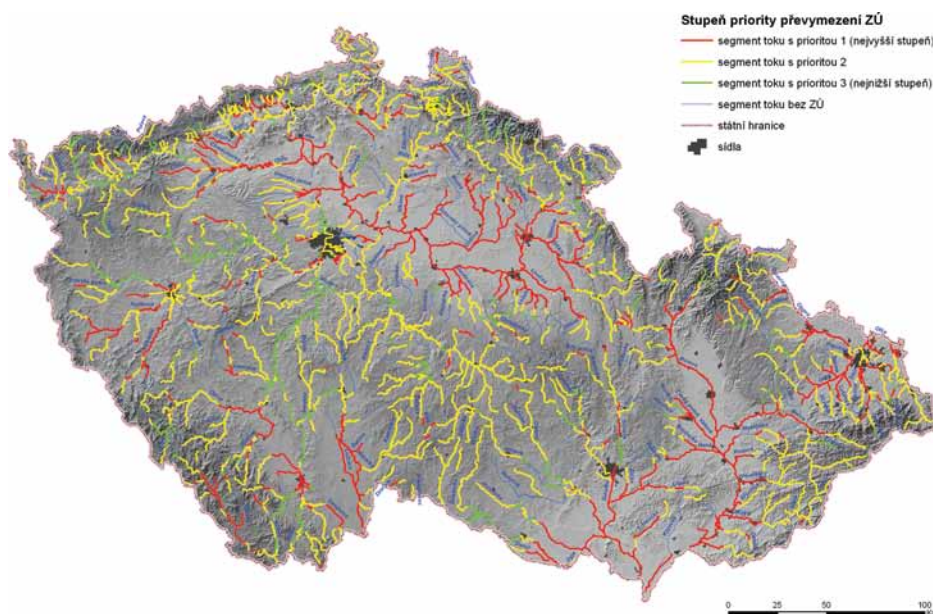
7 Závěr

Za účelem návrhu způsobu klasifikace a porovnání přesnosti vymezení záplavových území v ČR bylo zvoleno 11 referenčních lokalit odpovídajících různým morfologickým, hydrologickým a krajinným charakteristikám. Na těchto lokalitách bylo provedeno hydraulické modelování proudění vody a vyhodnocení záplavových čar na nových výškopisných datech DMR 4G a DMR 5G. Nově vypočtená ZÚ byla porovnána se stávajícími ZÚ vymezenými nad tradičně využívanými výškopisnými daty. Z výsledků terénních průzkumů, rešerší odborné literatury a za pomoci nástrojů GIS byly určeny hodnoty parametrů, které mohou ovlivňovat kvalitu digitálního modelu terénu jakožto základního vstupu do hydrodynamických modelů, a tím i výsledný rozliv návrhových povodňových průtoků.

Z grafů závislosti relativní změny ploch ZÚ na parametrech charakterizujících území, kde se povodeň vyskytuje, vyplynul jako nejmarkantnější vliv plošné sklonitosti území (členitosti inundace). Přesnost vymezení ZÚ s rostoucí sklonitostí narůstá. Vyšší třídy

Tabulka 4. Výsledky klasifikace přesnosti vymezení ZÚ
Table 4. Results of floodplain definition accuracy classification

Stupeň priority převymezení ZÚ	Průměrná sklonitost terénu v inundaci S	Pravděpodobná přesnost vymezení záplavového území	Celková délka segmentů [km]	Poměr segmentů k celkové délce toků [%]
1	$S \leq 5 \%$	velmi nepřesné	3 885,9	25
2	$5 \% < S \leq 20 \%$	nepřesné	7 419,8	49
3	$20 \% < S$	poměrně přesné	1 709,7	11
segmenty bez záplavových území	nehodnoceno	nehodnoceno	2 232,5	15
celková délka zpracovaných segmentů vodních toků			15 247,9	100
celková délka klasifikovaných segmentů vodních toků			13 015,4	85,4



Obr. 5. Mapa s vyznačením stupňů priority převymezení ZÚ v ČR
Fig. 5. A map with priority grades of new floodplain determination

přesnosti se vyskytují zhruba od průměrné sklonitosti 20 %, přičemž při průměrné sklonitosti nižší než zhruba 5 % a při velmi malých hloubkách rozlivů (nízké průtoky) může jít o vymezení velmi nepřesné. V rámci druhé etapy projektu byla provedena klasifikace záplavových území v ČR způsobem, který určuje stupeň priority nového vymezení ZÚ pro dílčí segmenty vodních toků, a dává tak ucelenou představu o pravděpodobné míře přesnosti vymezení ZÚ.

Hlavní závěry porovnávací studie spolu s dalšími informacemi metodického charakteru jsou na závěr projektu zpracovány do podoby metodiky vymezení záplavových území, která stanoví pravidla vymezení záplavových území z pohledu požadavků na použité podklady, hydraulické aspekty modelování a požadované výstupy.

Poděkování

V článku jsou uvedeny výsledky řešení projektu bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra České republiky „Klasifikace přesnosti vymezení stávajících záplavových území v ČR a zpracování výsledků do metodiky pro jejich vymezení“ pod číslem VG20102014010 (2010–2014).

Literatura

- <http://geoportal.cuzk.cz/>
www.dibavod.cz/mapy-rizik
Brázdil, K. aj. (2012a) Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G). Zeměměřický úřad, Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_4G_15012012.pdf
Brázdil, K. aj. (2012b) Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G). Zeměměřický úřad, Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf

HEC-RAS. HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual. US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center, 1997.

Uhlířová, K. a Zbořil, A. (2009) Možnosti využití laserového snímání povrchu pro vodohospodářské účely. *VTEI*, roč. 51, č. 6, s. 11–15, příloha *Vodního hospodářství* č. 12/2009.

Uhlířová, K. a Nováková, H. (2011) Využití dat leteckého laserového skenování ve vodním hospodářství – identifikace příčných překážek v korytě vodního toku. *VTEI*, roč. 53, č. 6, s. 5–8, příloha *Vodního hospodářství* č. 12/2011.

Uhlířová, K. a Nováková, H. (2012a) Využití dat leteckého laserového skenování v příbřežních zónách jako podklad pro vymezení záplavových území. *Vodní hospodářství*, roč. 62, č. 3, s. 82–86.

Uhlířová, K. a Nováková, H. (2012b) Využití dat leteckého laserového skenování pro revizi datových sad rozvodnic a vodních toků. *VTEI*, roč. 54, č. 2, s. 1–4, příloha *Vodního hospodářství* č. 4/2012.

Valenta, P. (2004) Dvourozměrné numerické modelování proudění vody v otevřených korytech a inundačních územích. Habilitační práce, ČVUT Praha.

**Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹,
Ing. Kateřina Uhlířová, Ph.D.¹, Ing. Viktor Levitus¹,
doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², doc. Ing. Jana Valentová, CSc.²
¹VÚV TGM, v.v.i., Praha, ²Fakulta stavební ČVUT v Praze
Tel.: +420 220 197 226, hana_novakova@vuv.cz
Příspěvek prošel lektorským řízením.**

Classification of current floodplain definition accuracy in the Czech Republic (Nováková, H.; Makovcová, M.; Uhlířová, K.; Levitus, V.; Valenta, P.; Valentová, J.)

Key words

floodplain – airborne laser scanning – altimetry – watercourse – inundation area – delimitation accuracy

This paper presents the Ministry of the Interior of the Czech Republic Security Research project at the end of its solution. Within this project a comparative study of floodplain definition accuracy in selected river sections was compiled. Reference sites were chosen with regard to the diversity of morphological, hydrological and other characteristics of the flow and territories. Current floodplains defined by available altimetry data with various accuracy were compared with results of hydrodynamic modeling using new altimetry data. The classification system of the accuracy of floodplain definition was proposed on the base of comparative study results. The system was applied to all floodplains within the Czech Republic. The conclusions were used in developing the methodology for defining floodplains.

ANALÝZA PROPAGACE SUCHA POMOCÍ GENERÁTORŮ POČASÍ

Adam Vizina, Martin Hanel, Eva Melišová

Klíčová slova

sucho – hydrologie – generátory počasí – změna klimatu – GEV

Souhrn

Extrémní hydrologické situace, které lze pozorovat na přelomu 20. a 21. století, jsou reprezentovány rozsáhlými nebo bleskovými

mi povodněmi a déletrvajícími periodami sucha. Z tohoto důvodu je velmi aktuálním tématem řešení dopadů klimatické změny na hydrologický režim. Dopady sucha je možné částečně zmírnit, nicméně k tomu je potřeba lépe pochopit jeho průběh. Ve výzkumu sucha stále existuje řada překážek. Vzhledem k tomu, že neexistuje jednotná definice sucha, není v současné době možné stanovit ani jednotný ukazatel či metodu vyhodnocení sucha. Metody vyhodnocení sucha se vždy odvíjejí od použité definice a od podmínek na dané lokalitě. Příspěvek se zabývá problematikou modelování hydrologické bilance, generátory počasí, kvantifikací a analýzou sucha pro současná a výhledová období. Cílem práce je stanovení vhodného meteorologického indexu pro predikci hydrologického sucha v daném povodí.