

Současné přístupy ke stanovování povodňového nebezpečí v soutokových oblastech

JIŘÍ SKOKAN, ALEŠ DRÁB, PAVLA ŠTĚPÁNKOVÁ

Klíčová slova: hydraulický výpočet – 2D numerický model – povodňové nebezpečí – soutok

SOUHRN

Studie se zabývá hodnocením změn odtokových poměrů a přístupy ke stanovení povodňového nebezpečí v soutokových oblastech vodních toků. Na základě analýzy několika modelových území jsou prezentovány výsledky numerických simulací proudění vody při povodních s různou dobou opakování. Výstupy analýz ukázaly, že oddělené modelování hlavního toku a přítoků poskytuje zkreslené výsledky, neboť hydraulické poměry v soutokových oblastech představují složité interakce mezi jednotlivými vodními toky. Autoři proto doporučují komplexní řešení těchto oblastí pomocí 2D numerických modelů, které umožňují přesnější vyhodnocení rozsahu zaplavení, hloubek a rychlostí proudění. Výsledkem studie jsou návrhy aktualizace metodických pokynů Ministerstva životního prostředí ČR (MŽP) s důrazem na jednotný přístup při tvorbě map povodňového nebezpečí a rizik.

1. ÚVOD

Katastrofické povodně v roce 1997, které zasáhly především povodí Moravy a Odry, byly pro většinu naší společnosti obrovským šokem. Ve snaze zvýšit připravenost na podobné události a snížit jejich dopady v budoucnosti byla mimo jiné v roce 2000 schválena vládou České republiky Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky [1]. Cílem tohoto dokumentu bylo vytvořit rámec pro nastavení konkrétních postupů a preventivních opatření ke zvýšení systémové ochrany před povodněmi v České republice (ČR). Jedno z těchto opatření bylo definováno jako stanovení rozsahu záplavových území na základě zpracování podrobného digitálního modelu terénu.

Způsob zpracování záplavového území je v současnosti stanoven vyhláškou č. 79/2018 Sb. [2], o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace. Záplavové území je (podle zmíněné vyhlášky) vymezené záplavovou čarou s dobou opakování povodně 100 let. Rozsah řešeného území odpovídá hydraulickým podmínkám souvislého úseku vodního toku, inundačního území a zohledňuje stanovené záplavové území. Pro inundační území každého úseku vodního toku se zpracovávají mapy povodňového nebezpečí pro povodně s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let, jež zobrazují rozsah zaplaveného území, hloubky a rychlosti proudění. V roce 2025 bylo v ČR stanoveno záplavové území pro 16 889 km úseků vodních toků.

Také směrnice EU 2007/60/ES o zvládání povodňových rizik (dále jen „povodňová směrnice“) požaduje po členských státech mimo jiné zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik pro území oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem. Povodňové nebezpečí je definováno rozsahem zaplaveného území, hloubkami a rychlostmi proudění, přičemž v ČR jsou mapy povodňového nebezpečí zpracovávány pro povodně s dobou opakování 5, 20, 100 a 500 let. Mapy zpracovávané podle požadavků povodňové směrnice jsou aktualizovány v šestiletých cyklech (poprvé v roce 2013). Rozsah takto zmapovaných vodních

toků je výrazně menší než u záplavových území, v roce 2025 pokrýval necelých 3 000 km vodních toků.

Postupy, jak plnit požadavky povodňové směrnice, jsou popsány v Metodice tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik ([3] – dále jen „Metodika“). Tato Metodika definuje jak výstupy standardních hydraulických modelů (rozsah povodně, hloubky, rychlosti proudění) zobrazit na mapách nebezpečí a jak s jejich pomocí zpracovat mapy povodňového rizika. Záměrem Metodiky nebylo standardizovat procesy hydraulického modelování, jelikož jde o rozsáhlou problematiku, která by měla být popsána v samostatném dokumentu.

V průběhu příprav na zhotovení map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v rámci prvního plánovacího cyklu byla v roce 2011 zpracována pilotní studie, která nastínila možnosti řešení hydrodynamického modelování soutoků vodních toků a navrhla postupy pro výpočet parametrů proudění v těchto soutokových oblastech [4]. Studie rozdělila problematiku modelování soutokových oblastí na tři základní schémata:

1. Hydraulický výpočet je prováděn pouze na přítoku, na hlavním toku jsou známy výšky hladin pro požadované N -leté průtoky. Hydrodynamický model na přítoku je sestaven samostatně bez vlivu hlavního toku.
2. Hydraulický výpočet je prováděn pouze na přítoku, na hlavním toku byl model sestaven již dříve. Výsledky dříve zpracovaného modelu hlavního toku slouží jako okrajová podmínka pro model na přítoku. Výstupy z modelu přítoku musejí být ve formátu, který je kompatibilní s formátem modelu hlavního toku, aby je bylo možné bez problémů spojit.
3. Zpracovává se model na přítoku i model na hlavním toku. Modely nemusejí být schematizovány stejným přístupem (1D, 2D), nemusejí být sestavovány ve stejném modelovacím prostředí a nemusí je zpracovávat jeden zpracovatel.

Poslední variantu zmiňovaná studie [4] rozebírá podrobně. Uvádí, že nejjednodušší situace nastává, když modely na obou tocích zpracovává jeden zpracovatel v jednom výpočetním prostředí a má pro výpočet vytvořen jeden model pro celou oblast soutoku. V takovém případě je výpočet poměrně jednoduchý a problém je pouze ve správném nastavení okrajových podmínek.

V případě, kdy každý z vodních toků je řešen jinou schematizací a popř. jiným zpracovatelem, studie navrhuje řešit tento případ pomocí vhodně zvoleného místa napojení obou modelů na přítoku nad místem soutoku. Toto místo by mělo umožňovat předání okrajových podmínek z modelu hlavního toku do modelu přítoku. Výsledkem tohoto řešení by měly být společné výstupy charakteristik mapy povodňového nebezpečí (rozsah zaplavení, hloubky, rychlosti) zahrnující modelovanou soutokovou oblast bez překrývajících se ploch [4].

Dva proběhlé plánovací cykly podle povodňové směrnice však ukázaly, že ne vždy byl tento přístup aplikován. Některé soutokové oblasti byly řešeny zvlášť pro hlavní tok a pro přítoky, a to i přesto, že celá soutoková oblast měla stejného zpracovatele. Výsledkem jsou tak mapy, které zobrazují v soutokové oblasti výstupy modelování vždy pouze pro jeden vodní tok. Tento způsob prezentace významným způsobem snižuje vypovídající hodnotu informací o povodňovém nebezpečí pro odbornou i laickou veřejnost, protože není k dispozici jasný přehled o rozsahu zaplavení, hloubkách a rychlostech v celé soutokové oblasti současně.

Tento příspěvek analyzuje příklady hydraulických modelů vybraných soutoků a na základě získaných výsledků budou formulována doporučení pro aktualizaci Metodiky a dalších metodických postupů MŽP.

2. METODIKA

Postupy navržené v rámci pilotního projektu [4] odpovídají době svého vzniku před cca 14 lety a v některých částech je lze považovat z dnešního pohledu za překonané. V současnosti se již hydraulické výpočty proudění vody v záplavových územích provádějí převážně s použitím 2D numerických modelů. Výchozí předpoklady pro validní modelování soutokových oblastí jsou následující:

1. soutokové oblasti se z hydraulického hlediska obvykle vyznačují komplikovanými režimy proudění a z tohoto důvodu je žádoucí provádět jejich řešení s použitím 2D numerických modelů postihujících hlavní tok, inundační území a případné přítoky,
2. je nežádoucí kombinovat různé dimenze numerických modelů (1D, 2D); pokud je kombinování odlišných modelů nevyhnutelné, mělo by se napojení jednotlivých modelů realizovat v místě, kde již proudění není ovlivněno soutokovou oblastí,
3. spojení a sloučení výsledků v soutokové oblasti od různých zpracovatelů je možné, spolehlivější metoda je provést jediný hydraulický model pro celou soutokovou oblast.

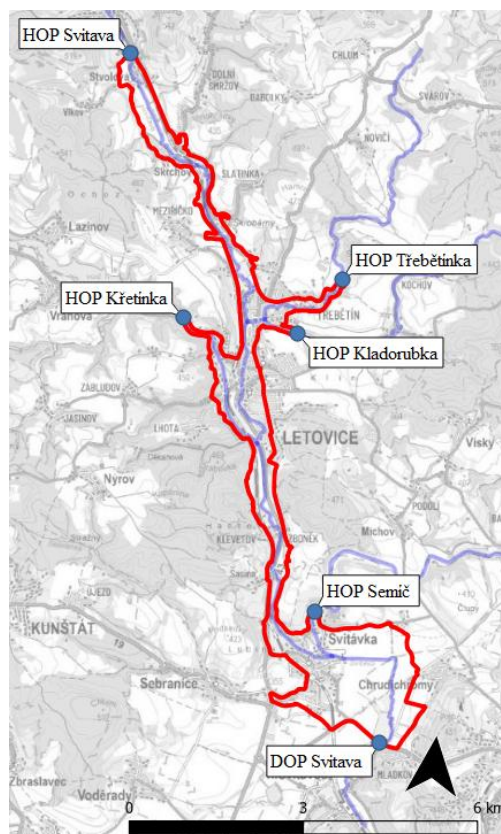
V následujícím textu jsou uvedeny tři případové studie, jež demonstrují různé postupy při řešení soutokových oblastí. Jde o vybrané úseky vodních toků s významným povodňovým rizikem vymezené v rámci 3. plánovacího období v souladu s požadavky povodňové směrnice:

- DYJ 09 Svitava, Křetínka, Třebětínka, Kladorubka,
- MOV 10 Valová, Hloučela, Romže, Český potok,
- MOV 01 Morava, Olšava, Dlouhá řeka, Okluky.

Hydrodynamický výpočet byl proveden s použitím 2D modelu mělkého proudění vody [13, 14]. Výsledky simulací popisují ustálený stav svislicových rychlostí a hloubek vody pro jednotlivé povodňové scénáře s průměrnou dobou opakování N let. Pro srovnání výsledků výpočtů byla použita historická data o povodňovém nebezpečí zpracovaná v rámci předchozích plánovacích cyklů [5] nebo v rámci studií odtokových poměrů a záplavových území [8–12]. Případové studie jsou zaměřeny na problematiku soutokových oblastí z pohledu dostupných hydrologických dat (DYJ 09, MOV 10) a možnosti slučování údajů o povodňovém nebezpečí [5] stanovených odlišnými výpočetními postupy, resp. jinými zpracovateli (MOV 01).

DYJ 09 Svitava, Křetínka, Třebětínka, Kladorubka

Případová studie úseku DYJ 09 je zaměřena na postup stanovení hodnot HOP v dané soutokové oblasti. Konceptní model je uveden na *obr. 1* včetně umístění horních (HOP) a dolních (DOP) okrajových podmínek. V místě HOP je definován průtok $Q(t)$ a sklon čáry energie I_E . Na hranici DOP je určena měrná křivka $h(Q, t)$. Soutokový model vyžaduje definici HOP pro jednotlivé zatěžovací stavy na vymezených úsecích jako příslušnou hodnotu kulminačního průtoku Q_N na vybraném vodním toku a průtokových doplňků na souvisejících přítocích v oblasti [4].



Obr. 1. Konceptní model DYJ 09

Fig. 1. Conceptual model DYJ 09

Postup určení všech HOP je dokumentován na zatěžovacím stavu ze Svitavy při Q_N . Nejblížejší hydrologický profil k DOP Svitava je Svitava – pod Semíčem (A) (obr. 2). Obdobně nejblížejší profil nad soutokem je Svitava – nad Semíčem (C). Doplněk z HOP Semíč lze odvodit dle [4] jako:

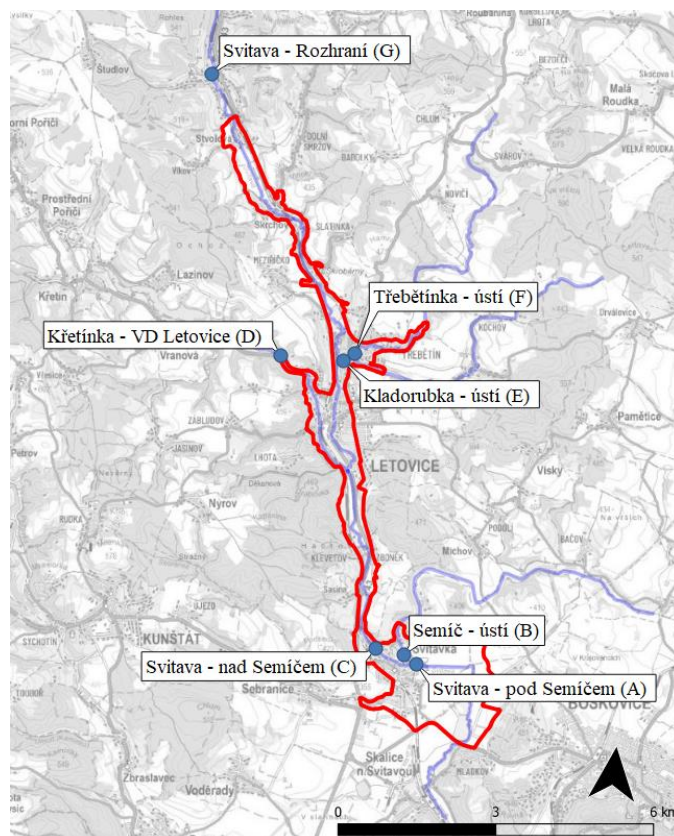
$$\text{HOP Semíč} = Q_N(A) - Q_N(C) \quad (1)$$

kde:

$Q_N(A)$ je hodnota N letého kulminačního průtoku v příslušném profilu A (obr. 2).

Nejblížejší profil ve výše položeném úseku modelu nad soutokem (obr. 2) je Svitava – Rozhraní. Doplnky z jednotlivých HOP v úseku (obr. 2) by měly dle [4] splňovat podmínku:

$$\text{HOP Křetínka} + \text{HOP Kladorubka} + \text{HOP Třebětínka} = Q_N(C) - Q_N(G) \quad (2)$$



Obr. 2. Hydrologické údaje v místě soutoku Svitava – Semíč, Křetínka, Kladorubka, Třebětínka

Fig. 2. Hydrological data at the confluence of Svitava – Semíč, Křetínka, Kladorubka, Třebětínka

Metodu [4] nelze s ohledem na počet neznámých ve vztahu v tomto úseku použít a je nutné doplňky odvodit jinými postupy. V případové studii byla zvolena metoda založená na poměru jednotlivých Q_N vycházející ze vztahů:

$$\text{HOP Křetínka} = [(Q_N(C) - Q_N(G)) / (Q_N(D) + Q_N(E))] \cdot Q_N(D) \quad (3)$$

$$\text{HOP Kladorubka} + \text{HOP Třebětínka} = [(Q_N(C) - Q_N(G)) / (Q_N(D) + Q_N(E))] \cdot Q_N(E), \quad (4)$$

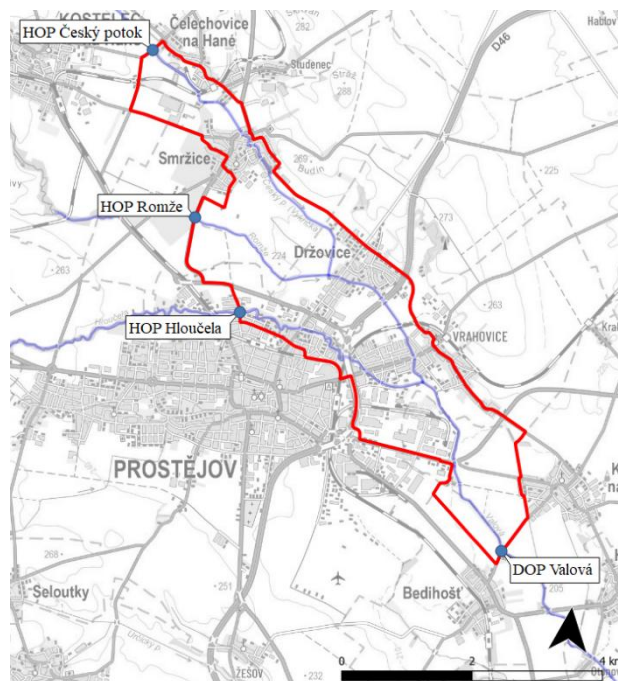
která umožňuje stanovení hodnot HOP s použitím vztahů:

$$\text{HOP Kladorubka} = [(\text{HOP Kladorubka} + \text{HOP Třebětínka}) / (Q_N(E) + Q_N(F))] \cdot Q_N(E) \quad (5)$$

$$\text{HOP Třebětínka} = [(\text{HOP Kladorubka} + \text{HOP Třebětínka}) / (Q_N(E) + Q_N(F))] \cdot Q_N(F) \quad (6)$$

MOV 10 Valová, Hloučela, Romže, Český potok

Případová studie úseku MOV 10 dokumentuje analogicky, stejně jako v případě úseku DYJ 09, postup stanovení HOP pro danou soutokovou oblast (obr. 3).



Obr. 3. Konceptní model MOV 10

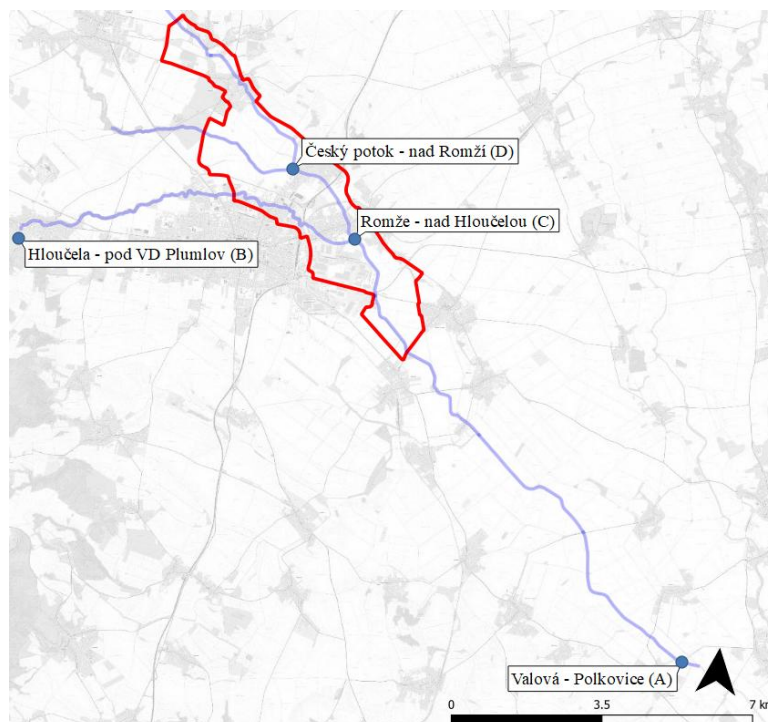
Fig. 3. Conceptual model MOV 10

Určení všech HOP je provedeno pro zatěžovací stav Q_N z Českého potoka. Nejbližší hydrologický profil k DOP Svitava je Valová – Polkovice (A) (obr. 4). Doplněk z HOP Hloučela bude:

$$\text{HOP Hloučela} = Q_N(A) - Q_N(C) \quad (7)$$

Doplněk z HOP Romže lze stanovit jako:

$$\text{HOP Romže} = Q_N(C) - Q_N(D) \quad (8)$$



Obr. 4. Hydrologické údaje v místě soutoku Valová – Hloučela, Romže, Český potok

Fig. 4. Hydrological data at the confluence of Valová – Hloučela, Romže, Český potok

Obdobně pro zatěžovací stav Q_N z Romže lze doplněk odvodit pro HOP Hloučela dle vztahu (7). Vzhledem k absenci hydrologických dat pro Romži nad soutokem s Českým potokem lze doplněk z HOP Český potok stanovit na stranu bezpečnou jako nulový:

$$\text{HOP Český potok} = 0 \text{ m}^3/\text{s} \quad (9)$$

HOP Romže pak bude mít hodnotu příslušného zatěžovacího stavu Q_N .

V případě použití poměru Q_N lze HOP Český potok a Romže stanovit ze vztahů:

$$\text{HOP Český potok} = Q_N(C) / (Q_N(C) + Q_N(D)) \cdot Q_N(D) \quad (10)$$

$$\text{HOP Romže} = Q_N(C) / (Q_N(C) + Q_N(D)) \cdot Q_N(C) \quad (11)$$

Pro zatěžovací stav Q_N z Hloučely lze doplňky odvodit jako:

$$\text{HOP Romže} + \text{HOP Český potok} = Q_N(A) - Q_N(B) \quad (12)$$

S využitím poměru Q_N lze doplňky mezi Romží a Český potok stanovit jako:

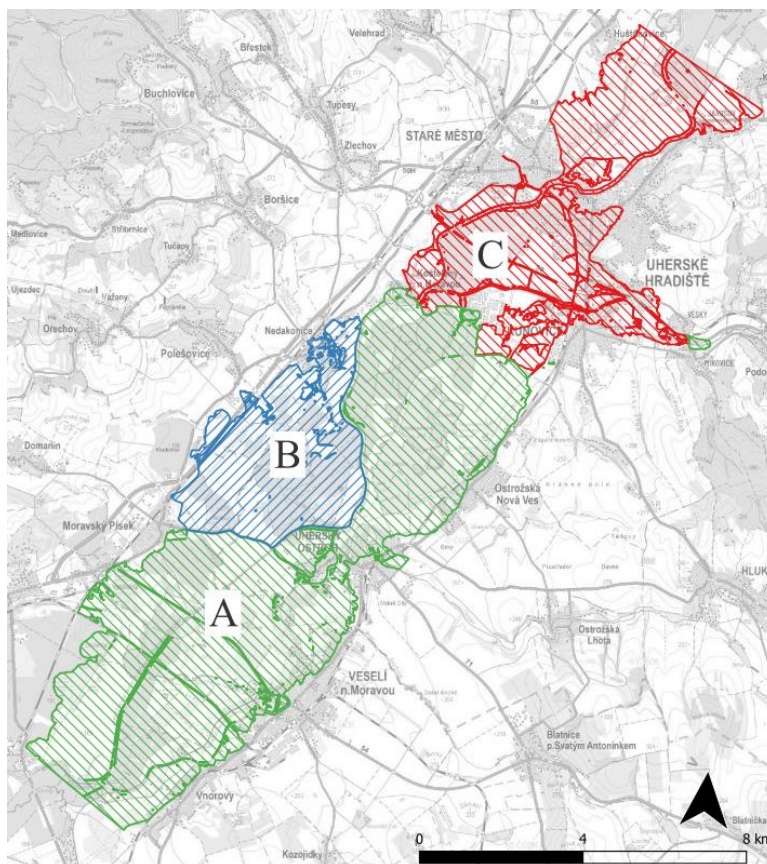
$$\text{HOP Romže} = (\text{HOP Romže} + \text{HOP Český potok}) / (Q_N(C) + Q_N(D)) \cdot Q_N(C) \quad (13)$$

$$\text{HOP Český potok} = (\text{HOP Romže} + \text{HOP Český potok}) / (Q_N(C) + Q_N(D)) \cdot Q_N(D) \quad (14)$$

MOV 01 Morava, Olšava, Dlouhá řeka, Okluky

Případová studie úseku MOV 01 prezentuje možnosti slučování dat o povodňovém nebezpečí v soutokové oblasti vycházejících z podkladů různých zpracovatelů (viz označení oblastí A, B, C na obr. 5), avšak ve všech případech s použitím 2D modelů. Řešený úsek je významně

ovlivněn soutokem řeky Moravy, Olšavy, Okluky a Dlouhou řekou. Cílem prací bylo z dílčích map povodňového nebezpečí [5] pro jednotlivé podoblasti A, B, C vytvořit spojitá data.

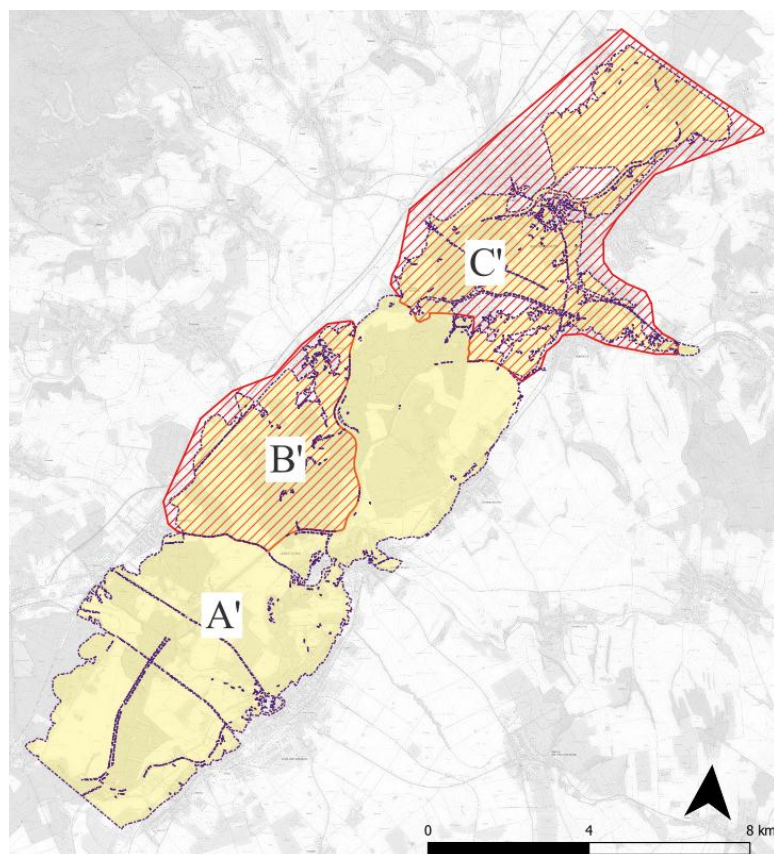


Obr. 5. Úsek MOV 01 s vyznačením dílčích podoblastí A, B, C řešených odlišnými zpracovateli

Fig. 5. River section MOV 01 with indication of sub-areas A, B, C calculated by different authors

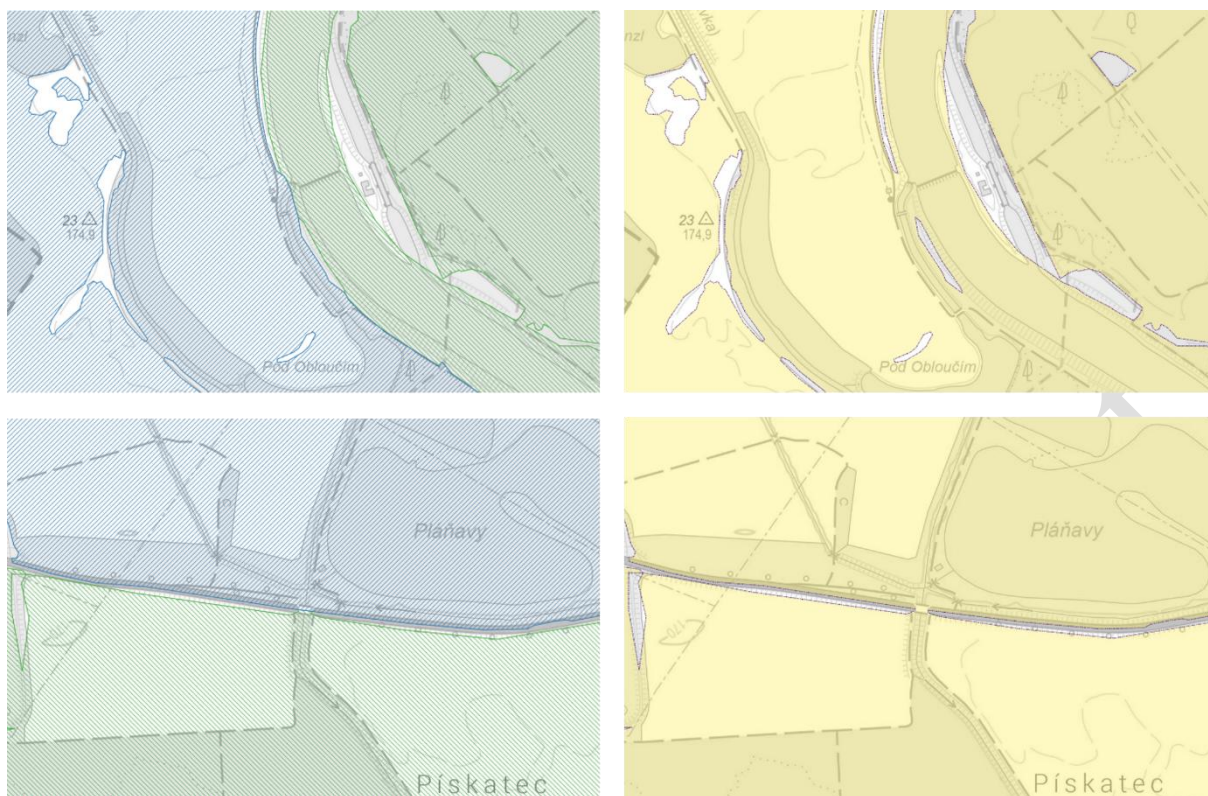
Spojení map rozlivů proběhlo v následujících krocích a je demonstrováno na příkladu scénáře Q_{500} , přičemž identicky lze provést rovněž pro ostatní Q_N :

1. Z historických výsledků oblasti A byly vyjmuty aktualizované oblasti B a C, viz obr. 6. Hranice polygonu B a C byly zvoleny vhodně v místech, kde lze předpokládat přibližně jednorozměrné proudění (koryto, přelítí hráze, proudění mosty a propustky).
2. Aktualizované oblasti B a C byly oříznuty pouze na rozsah polygonu B a C. Dílčí mapa pro Q_{500} odpovídá obr. 6.
3. V místě styku hranic polygonů byla data spojena a případné singularity odstraněny (obr. 7 a 8).



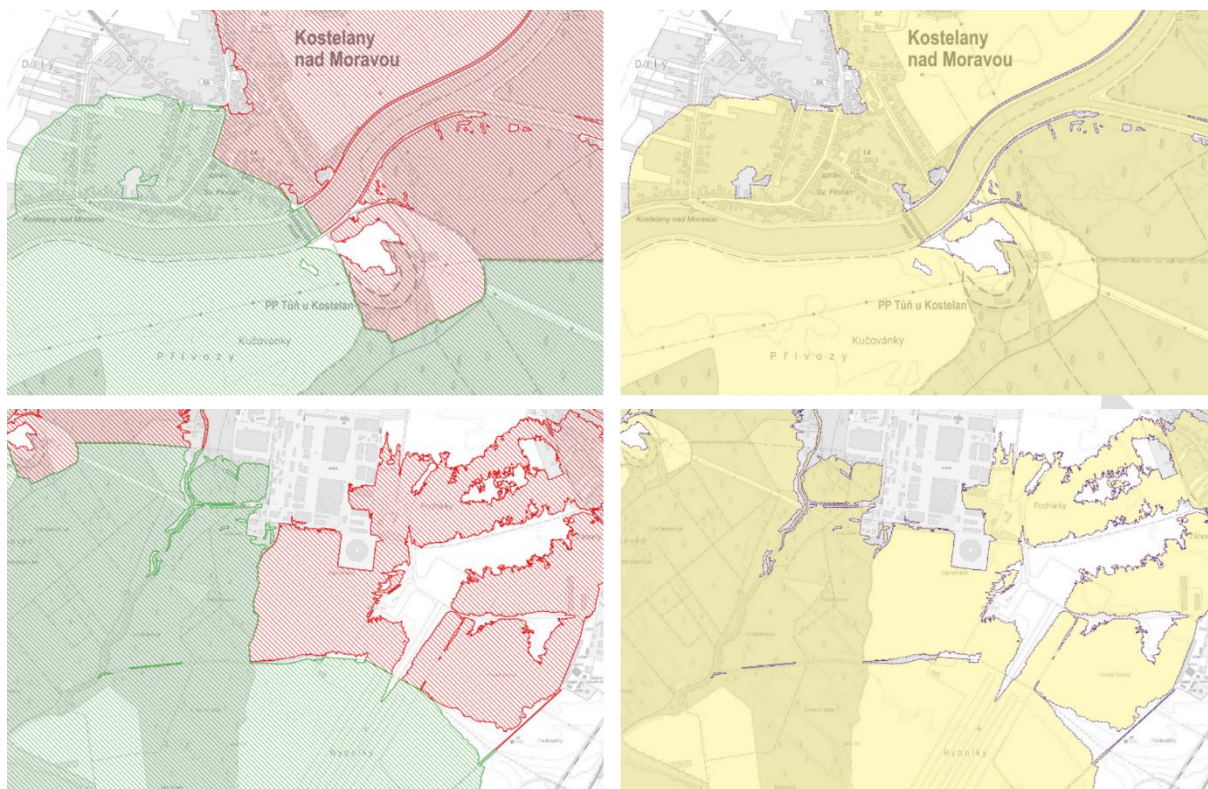
Obr. 6. Rozsah vyjmutí dat v místech aktualizovaných oblastí B a C

Fig. 6. The extent of data exclusion in the locations of updated areas B and C



Obr. 7. Příklady spojení hranic polygonů mezi oblastmi A a B

Fig. 7. Examples of polygon boundary merging between areas A and B

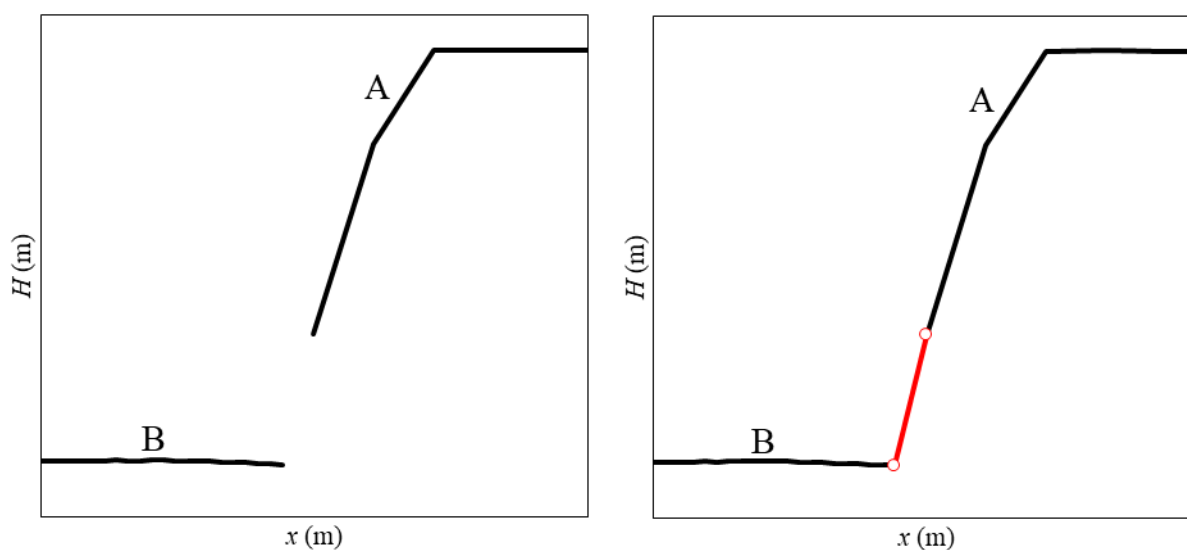


Obr. 8. Příklady spojení hranic polygonů mezi oblastmi A a C

Fig. 8. Examples of polygon boundary merging between areas A and C

Na podkladě takto zpracovaných map rozlivů lze následně upravit rastrové mapy nebezpečí (hloubky vody, rychlosti proudění a úrovně hladiny). Úpravy byly provedeny v těchto krocích:

1. Oříznutí rastrové mapy na rozsah polygonů oblastí A, B a C.
2. Sloučení ořezaných rastrových vrstev.
3. Vyplnění chybějících dat v rastrech s využitím bilineární interpolace (obr. 9).



Obr. 9. Příklad použití bilineární interpolace pro doplnění chybějících hodnot úrovní hladin H při navazování částí A a B

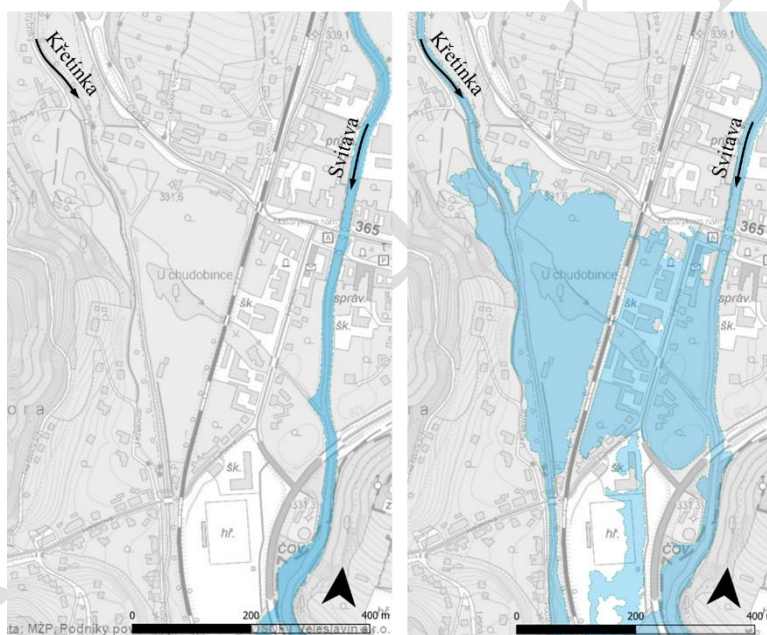
Fig. 9. Example of using bilinear interpolation to fill in missing values of level H during connection of sections A and B

3. VÝSLEDKY A DISKUZE

DYJ 09 Svitava, Křetínka, Třebětínka, Kladorubka

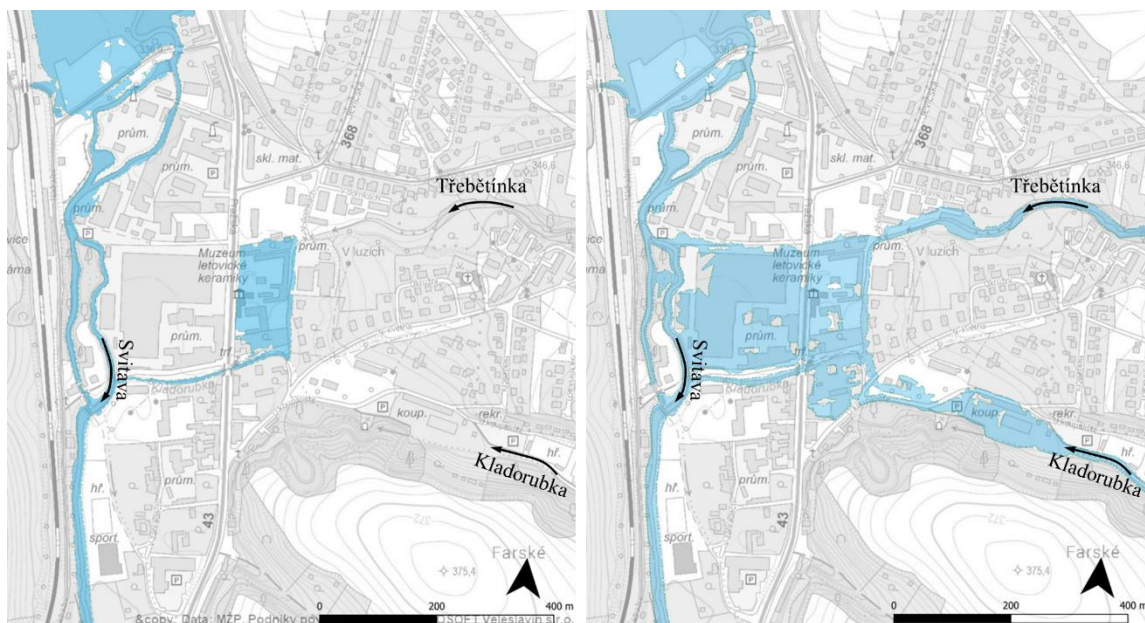
Soutoková oblast je v tomto případě komplikovanější, než uvažuje pilotní projekt LABEL [4]. Ve všech soutokových profilech nebyla k dispozici kompletní hydrologická data, především nad a pod řešenými soutoky. Chybějící hydrologická data pro zadání OP bylo nutné odvodit s využitím vztahů (1) až (6).

Danou oblast nelze řešit bez zohlednění významných přítoků Svitavy. S přihlédnutím k relativně složitým hydraulickým poměrům bylo nezbytné brát oblast jako celek s použitím 2D hydrodynamického modelu. 2D model soutokové oblasti poskytuje poměrně výrazně odlišné výsledky ve srovnání s historickými daty bez uvažování přítoků (obr. 10–12).



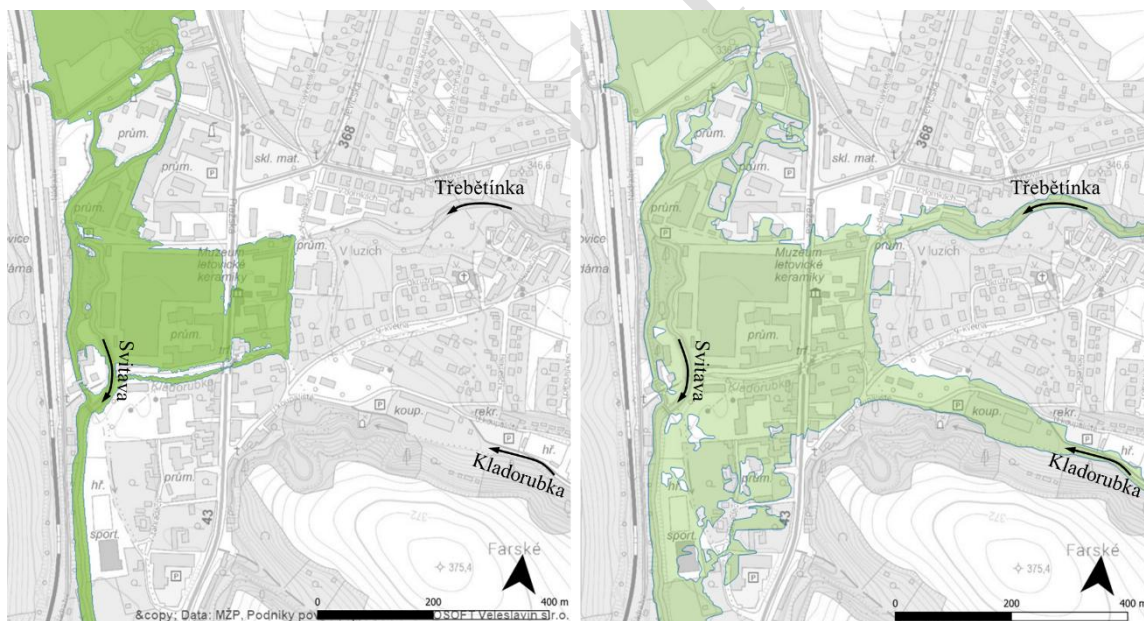
Obr. 10. Soutoková oblast Svitava – Křetínka při scénáři Q_{20} ; vlevo bez vlivu soutoku [6], vpravo se soutokem

Fig. 10. Flood scenario with return period Q_{20} on confluence of the Svitava and Křetínka rivers; left – without confluence effect [6], right – with confluence



Obr. 11. Soutoková oblast Svitava – Kladorubka, Třebětinka při scénáři Q_{20} ; vlevo bez vlivu soutoku [6], vpravo se soutokem

Fig. 11. Flood scenario with return period Q_{20} on confluence of the Svitava – Kladorubka and Křetinka rivers; left – without confluence effect [6], right – with confluence

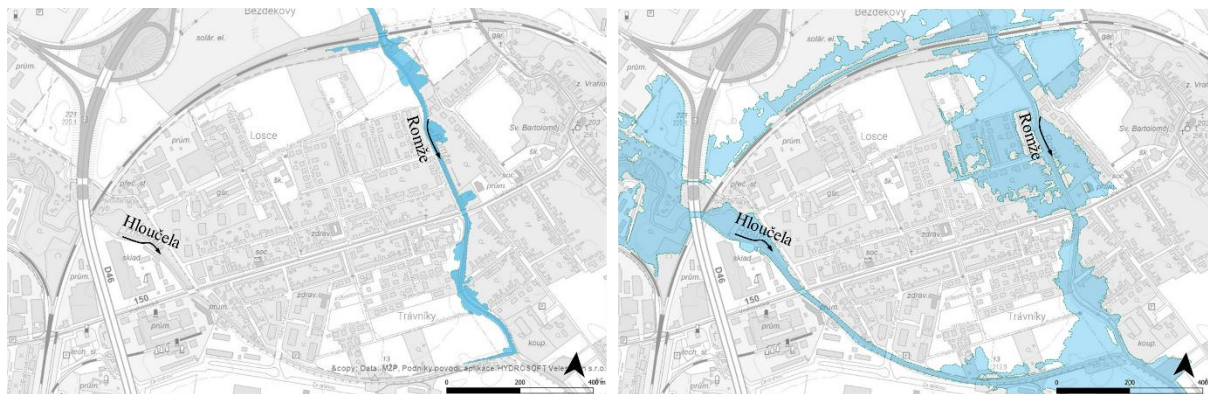


Obr. 12. Soutoková oblast Svitava – Kladorubka, Třebětinka při scénáři Q_{100} ; vlevo bez vlivu soutoku [6], vpravo se soutokem

Fig. 12. Flood scenario with return period Q_{100} on confluence of the Svitava – Kladorubka and Křetinka rivers; left – without confluence effect [6], right – with confluence

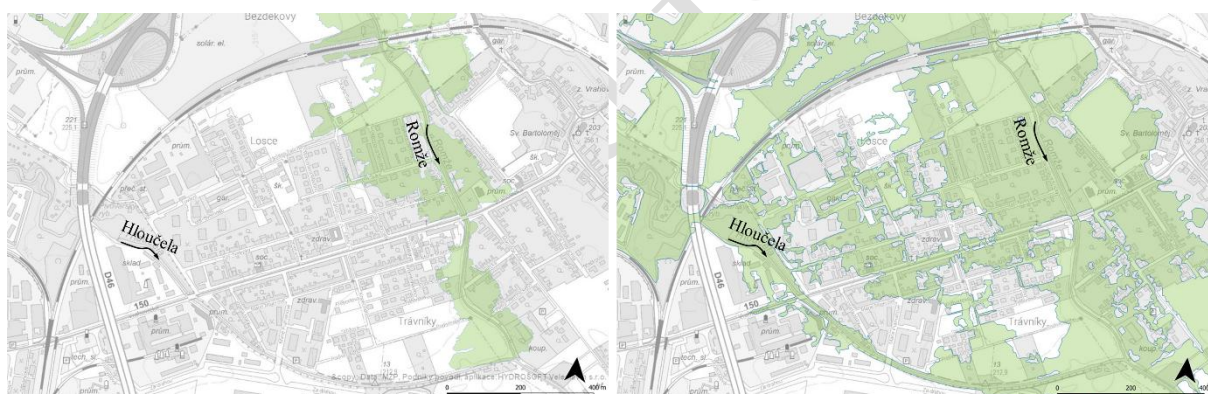
V dané oblasti nebylo možné využít postupy stanovení HOP dle [4], především s ohledem na nedostupnost části hydrologických dat ve všech soutokových profilech. HOP byla proto odvozena s využitím vztahů (7) až (14).

Oblast bylo třeba s ohledem na složité hydraulické poměry (např. přetoky vody mezi danými úseky) řešit jako celek (obr. 13 a 14).



Obr. 13. Soutoková oblast Hloučela – Romže při scénáři Q_{20} ; vlevo bez vlivu soutoku [6], vpravo se soutokem

Fig. 13. Flood scenario with return period Q_{20} on confluence of the Hloučela – Romže rivers; left – without confluence effect [6], right – with confluence



Obr. 14. Soutoková oblast Hloučela – Romže při scénáři Q_{100} ; vlevo bez vlivu soutoku [6], vpravo se soutokem

Fig. 14. Flood scenario with return period Q_{100} on confluence of the Hloučela – Romže rivers; left – without confluence effect [6], right – with confluence

MOV 01 Morava, Olšava, Dlouhá řeka, Okluky

Na pilotní oblasti bylo ověřeno, že spojování dat různých zpracovatelů je v soutokových oblastech možné, avšak za poměrně striktních podmínek. Zásadní je především existence vhodných profilů pro napojení dílčích úseků. Ideální je rovněž dodržení shodných parametrů výpočtových modelů (OP, drsnost povrchu a digitální model terénu). Při navazování rastrových vrstev je třeba vzít v úvahu, že zpravidla nelze nalézt profily se zcela identickými hodnotami, což vede k nutnosti vytváření přechodových oblastí a doplňování chybějících dat např. s použitím jednoduché bilineární interpolace. S ohledem na výše uvedené skutečnosti lze

nápojení dílčích úseků v soutokových oblastech použít jako nouzové řešení a pouze v odůvodněných případech.

4. ZÁVĚR

Kvantifikace povodňového nebezpečí v soutokových oblastech představuje časově i finančně náročný postup nejen z hlediska prováděných hydraulických výpočtů, ale i s ohledem na zajištění nezbytného rozsahu potřebných hydrologických dat. Hydraulické řešení s použitím 2D modelů obvykle vyžaduje vytvoření poměrně rozsáhlých náhradních oblastí s velkým počtem výpočtových prvků. V soutokových oblastech s více toky pak narůstá nutnost realizace velkého množství výpočtů pro dílčí scénáře s různými kombinacemi OP.

I přes výše uvedená úskalí lze jednoznačně doporučit řešení soutokových oblastí jako celku bez dělení na jednotlivé samostatné úseky vodních toků. Provedené případové studie prokázaly, že vzájemné ovlivňování proudění mezi jednotlivými toky může mít poměrně zásadní vliv na hodnoty povodňového nebezpečí.

Uvedené závěry budou zpracovány do kapitoly 4.9 Hydraulické výpočty pro účely vymezení záplavových území Metodiky tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik.

Poděkování

Článek byl zpracován v rámci projektu č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu“ řešeného s finanční podporou Technologické agentury ČR v rámci podprogramu 3 – Dlouhodobé environmentální a klimatické perspektivy programu SS – Program aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti životního prostředí – Prostředí pro život.

Literatura

- [1] Ministerstvo zemědělství ČR. *Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky*. Praha: MZ ČR, 2000. Dostupné z: <https://www.dppcr.cz/prilohy/pravo/2000-382-Strategie.pdf>
- [2] *Vyhláška č. 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-79>
- [3] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. *Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje*. Brno: VÚV TGM, v. v. i., 2013.
- [4] DHI, a. s. *Zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik – pilotní projekt v soutokových oblastech*, Praha: Povodí Vltavy, s. p., 2011.
- [5] Ministerstvo životního prostředí. *Centrální datový sklad*, 2025 [on-line]. [citováno 2024-11-06].
- [6] Aquatis, a. s. *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v územní působnosti státního podniku Povodí Moravy včetně návrhů možných protipovodňových opatření (podklad k plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Dunaje)*. Brno: Aquatis, a. s., 2019.

- [7] Pöyry Environment a. s. *Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje*. Brno: Pöyry Environment a. s., 2013.
- [8] Povodí Moravy, s. p. *Studie odtokových poměrů Svitavy. Říční km 0,000–98,000*. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2012.
- [9] Povodí Moravy, s. p. *Záplavové území Kladorubky km 0,000–0,983*. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2012.
- [10] Povodí Moravy, s. p. *Záplavové území Semíče km 0,000–17,585*. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2021.
- [11] Povodí Moravy, s. p. *Záplavové území Třebětinky km 0,000–1,716*. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2012.
- [12] Povodí Moravy, s. p. *Záplavové území toku Křetínka km 0,000–12,207*. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2007.
- [13] BRUNNER, G. W. *Hydraulic Reference Manual*, Davis: U.S. Army Corps of Engineers (UACE). Institute for Water Resources (IWR). Hydrologic Engineering Center (HEC), 2020.
- [14] VREUGDENHIL, C. B. *Numerical Methods for Shallow-Water Flow*. Utrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-94-015-8354-1>
- [15] ČSN 75 1400 *Hydrologické údaje povrchových vod*.
- [16] DHI, a. s. *Zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik – pilotní projekt v soutokových oblastech. B. Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí. Berounka (10100011_1), Litavka (10100052_1)*. Praha: DHI, a. s., 2011. Dostupné z: https://www.pvl.cz/files/download/planovani-v-oblasti-vod/mezinarodni-spoluprace/label/B_HM_MPN_Beroun.pdf
- [17] DHI, a. s. *Zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik – pilotní projekt v soutokových oblastech. B. Technická zpráva – hydrodynamické modely a mapy povodňového nebezpečí. Vltava (10100001_1), Berounka (10100011_1)*. Praha: DHI, a. s., 2011. Dostupné z: https://www.pvl.cz/files/download/planovani-v-oblasti-vod/mezinarodni-spoluprace/label/C_MPO_MPR_Praha.pdf
- [18] VÚV TGM. *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2023. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/uap/povodnoveohrozeni/METODIKA_Mapy-rizik_Prilohy_2023-08-08.pdf
- [19] Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. *Analýza oblastí s významným povodňovým rizikem v územní působnosti státního podniku Povodí Moravy včetně návrhů možných protipovodňových opatření (podklad k plánu pro zvládání povodňových rizik v povodí Dunaje)*. Brno: Povodí Moravy, s. p., 2019.

Autoři

Ing. Jiří Skokan¹

ORCID: 0009-0003-6611-3171

doc. Ing. Aleš Dráb, Ph.D.¹

ORCID: 0000-0002-6874-4132

Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.²

ORCID: 0000-0003-2079-9078

¹Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební (Česká republika)

²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Brno (Česká republika)

Príspevek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2025.11.005

ISSN 0322-8916/© 2025 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

CURRENT APPROACHES TO DETERMINING FLOOD HAZARD IN RIVER CONFLUENCE AREAS

SKOKAN, J.¹; DRÁB, A.¹; ŠTĚPÁNKOVÁ, P.²

¹University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Brno (Czech Republic)

²T. G. Masaryk Water Research Institute, Brno (Czech republic)

Keywords: hydraulic calculation – 2D numerical model – flood hazard

The study focuses on assessing changes in runoff conditions and approaches to determining flood hazard in confluence areas of river systems. Based on the analysis of several model catchments, the results of numerical simulations of water flow during floods with different return periods are presented. The analyses revealed that separate modelling of the main river and its tributaries produces distorted results, as the hydraulic conditions in confluence areas are characterized by complex interactions between individual streams. Therefore, the authors recommend a comprehensive approach using 2D numerical models, which allow for more accurate evaluation of inundation extent, water depths, and flow velocities. The study results include proposals for updating the methodological guidelines of the Ministry of the Environment, emphasizing a unified approach to the development of flood hazard and risk maps.