

Aplikace metody CN – limity a přednosti metody

*projekt MZe ZEMĚ - QK1910029 "Předchozí nasycenost a návrhové
srážkové intenzity jako faktory odtokové odezvy na malých povodích"*

*Martin Pecha
Vojtěch Svoboda*

Cíle úkolu

- ověření metody SCS-CN na reálných pozorovaných povodňových událostech na malých povodích (ideálně do 10 km²)
- ověření metodiky používané v praxi ČHMÚ pro odvozování teoretických i skutečných povodňových vln
- otestovat vliv plošného rozložení srážek na modelování povodňových událostí – celistvá vs. distribuovaná varianta modelu povodí
- ověřit kvalitu pozorovaných dat na malých povodích

Metodický pokyn ČHMÚ

Interní metodický pokyn Odvozování teoretických povodňových vln jako nestandardních hydrologických údajů (Kulasová et al., 2004; poslední aktualizace 02/2017, příloha MP: Kulasová et al., 2017).

Deterministický přístup odvození:

- sestavení hydrologického modelu v prostředí GIS,
- stanovení fyzicko-geografických charakteristik povodí,
- *stanovení plošné N-leté srážky,*
- *stanovení návrhového hyetogramu (rozložení plošné N-leté srážky do kratších intervalů),*
- stanovení parametrů výpočtu přímého odtoku (odtokových ztrát),
- stanovení parametrů jednotkového hydrogramu,
- stanovení základního odtoku (volitelně),
- stanovení parametrů pro postup vlny v říčním korytě,
- vlastní výpočet a interpretace výsledků.



Použití metodického postupu

- **Ke stanovení přímého odtoku** je využívána **metoda CN-křivek**, je dobře aplikovatelná na nepozorovaná povodí a veškerá vstupní data jsou k dispozici.
- **Pro odhad parametrů jednotkového hydrogramu** pro transformaci přímého odtoku se používají ověřené **regresní vztahy s vazbou na fyzicko-geografické charakteristiky povodí**.
- **Ke stanovení odhadu postupu povodňové vlny v říčním úseku** je možné zvolit metodu **Muskingum** (s empirickým určením parametrů) nebo v případě zaměření příčných profilů metodu Muskingum-Cunge.
- **Pro menší povodí horského a podhorského typu**, případně tam kde jsou velikost a tvar povodňové vlny formovány morfologií terénu v povodí a hydraulicko-morfologické charakteristiky koryt a inundací hrají spíše podružnou roli.
- Metodický postup je založen na odvozování teoretických **povodňových vln z přívalových či silně orograficky zesílených srážek**, tedy se jedná o povodně vyskytující se převážně v letní polovině roku.



Programové vybavení

HydroHMS – ArcGIS Toolbox (Šercl, 2014)

- 1) určení závěrového profilu, případně dalších profilů uvnitř řešeného povodí
- 2) výpočet fyzicko-geografických charakteristik povodí (subpovodí)
- 3) výpočet CN na povodí (subpovodí) + počáteční ztráty
- 4) výpočet parametrů jednotkového hydrogramu
 - Clarkův JH – time of concentration + storage coefficient, nebo
 - SCS JH – lag time
- 5) odhad parametrů metody Muskingum v říčních úsecích
 - + export hydrologického modelu do *.basin file

HEC-HMS

- 1) import *.basin souboru z HydroHMS
- 2) sestavení kompletního srážko-odtokového modelu
- 3) simulace
 - + zpracování *.dss souboru

Modelování vybraných reálných událostí na malých povodí

Varianty scénářů

Povodí	Odvození CN	Varianta povodí	Počáteční ztráty	Hydrogram	Nasycení
1HRU <i>Hruškovice</i>	1SCO <i>dle ČHMÚ</i>	CEL <i>Celistvé</i>	IA10 <i>0,1x maximální retence</i>	HYCLA <i>Clarkův</i>	CNI <i>nízké</i>
2CER <i>Černá Nisa</i>	3STR <i>HSP dle „Strategie“</i>	DIS <i>Distribuované</i>	IA20 <i>0,2x maximální retence</i>	HYSCS <i>SCS</i>	CNII <i>střední</i>
3SPU <i>Spůlka</i>	5VZD <i>HSP dle VÚMOP</i>		IA25 <i>0,25x maximální retence</i>		CNIII <i>vysoké</i>
4DOB <i>Dobřejevický potok</i>	7ZZD <i>HSP dle půdní zrnitosti</i>				
5PST <i>Pstruhovec</i>					
6ZDE <i>Zděchovka</i>					

- k HSP a metodám odvození CN viz Strouhal a Kavka (2022a, 2022b)
- pro jedno povodí a jednu událost celkem 144 scénářů

Odvození hodnot CN v ČHMÚ (scénáře 1SCO)

Odvození hodnot CN (Řiřicová et al., 2007) na základě:

a) infiltrace

- pro kategorie využívání území a 4 **hydrologické skupiny půd** A (písečné, vysoká infiltrace) až D (jílovité, nízká inf.)

V povodích s většími sklony území a menší retenční schopností půdy vliv infiltrace na velikost odtoku klesá.

a) retenční vodní kapacity půdy

b) průměrného sklonu povodí



taktéž rozdělení do 4 skupin A až D

- na základě CORINE land cover a převodních tabulek odvozeny rastrové vrstvy hodnot CNII v rozlišení 100x100 m
- jako výsledná se uvažuje nejnepříznivější varianta CN (nejvyšší CN z porovnání CN dle infiltrace a průměru z hodnot CN získaných dle infiltrace, sklonitosti a retenční vodní kapacity)
- minimální uvažovaná hodnota CNII na území ČR je 45
- v roce 2022 nové odvození CN pro ČR v 50 m rozlišení na základě CORINE land cover 2018 a aktuálních dat VÚMOP



Výběr povodí a událostí

- 1) vybrány všechny stanice s malou plochou povodí z databáze ČHMÚ,
- 2) na ČVÚT proveden výběr vhodných povodí tak, aby byla zastoupená horská, podhorská i nížinná povodí, zalesněná i nezalesněná povodí, pokud možno mimo zástavbu,
- 3) pro vybraná povodí stažena data z databáze ČHMÚ, rychlé ověření dat,
- 4) ze stanic, které prošly výběrem i ověřením dat, bylo na každém povodí vybráno 5 až 6 nejvýznamnějších odtokových událostí za dobu pozorování stanice,
- 5) sestaven hydrologický model,
- 6) namodelovány všechny varianty,
- 7) vyhodnocení modelování.

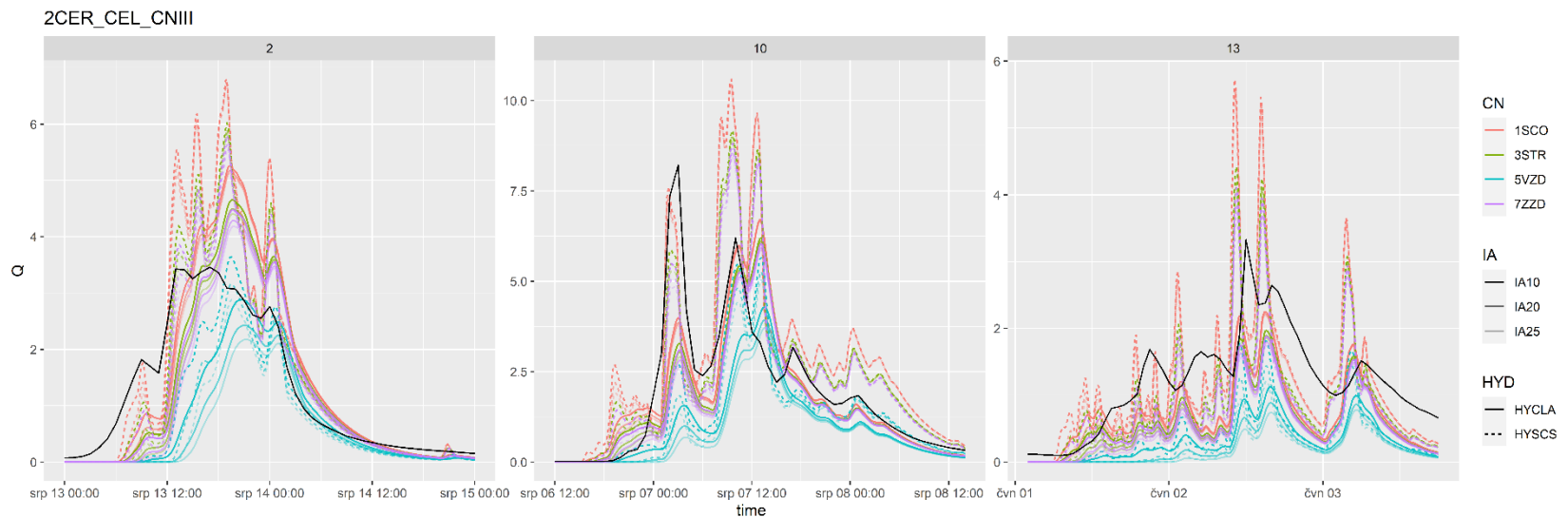
Stanice	Tok	Plocha povodí [km ²]	Vybrané významné epizody (datum kulminace)
Uhliřská	Černá Nisa	1,798	13.8.2002, 7.8.2006, 7.8.2010, 21.7.2011, 2.6.2013
Landštejn nad n.	Pstruhovec	6,363	13.8.2002, 30.6.2006, 1.7.2009, 25.6.2013, 22.7.2014
Osvětimany	Hruškovice	9,539	26.6.2006, 2.6.2010, 13.6.2012, 12.9.2014, 31.7.2016
Nový Dvůr	Spůlka	9,988	12.8.2002, 22.8.2005, 28.6.2009, 18.7.2010, 2.6.2013
Průhonice	Dobřešovický potok	12,999	12.8.2002, 28.9.2010, 19.8.2011, 2.6.2013, 23.10.2014, 11.8.2017
Zděchov	Zděchovka	4,084	7.7.1997, 2.6.2010



Hydrologické modelování – porovnání s pozorovanými daty

Uhlířská – Černá Nisa

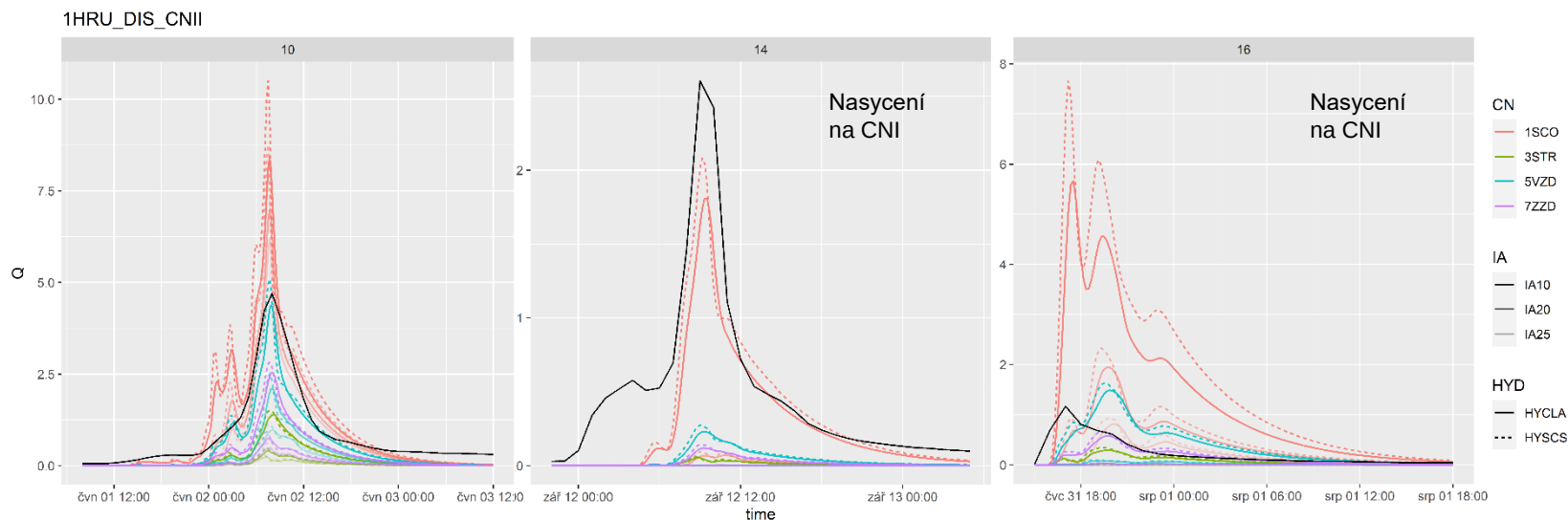
- 2002, 2010, 2013 relativně dobrá shoda hydrologického modelování s pozorovaným průběhem průtoku na malém zalesněném horském povodí v Jizerských horách (1,8 km²),
- před každou z epizod vysoké nasycení území (CNII až CNIII, dle API30 a 5denních sum srážek před událostí), nejbližše pozorovanému průtoku jsou právě modelované varianty s použitím CNIII (viz Obr.), výrazné odtokové odezvy u všech vybraných událostí (odtokový součinitel nejméně 0,48),
- dobrá shoda času kulminací a většinou i objemu.



Hydrologické modelování – porovnání s naměřeným průtokem

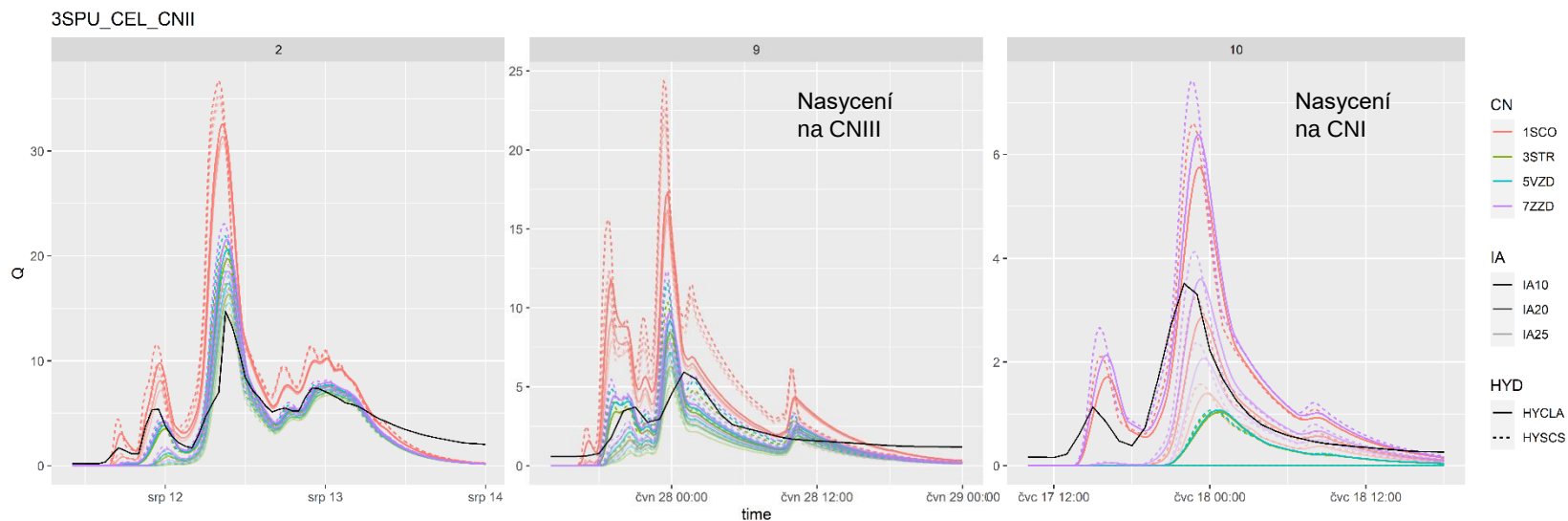
Osvětimany - Hruškovice

- zalesněné povodí na pomezí Zlínského a Jihomoravského kraje
- 2010 nasycení nejbližže CNII – modelované hodnoty dle CNII dobře sedí,
- 2014 nasycení CNI až CNII – dle CNI pouze dvě varianty dle 1SCO,
- 2016 nasycení nejbližže CNI, nesedí modelované průtoky ani čas kulminace, modelované průtoky kulminují později, blízko jsou pouze některé varianty, které ale mají až pozdější kulminaci, dřívější kulminace mají mnohem větší průtoky.



Nový dvůr - Spůlka

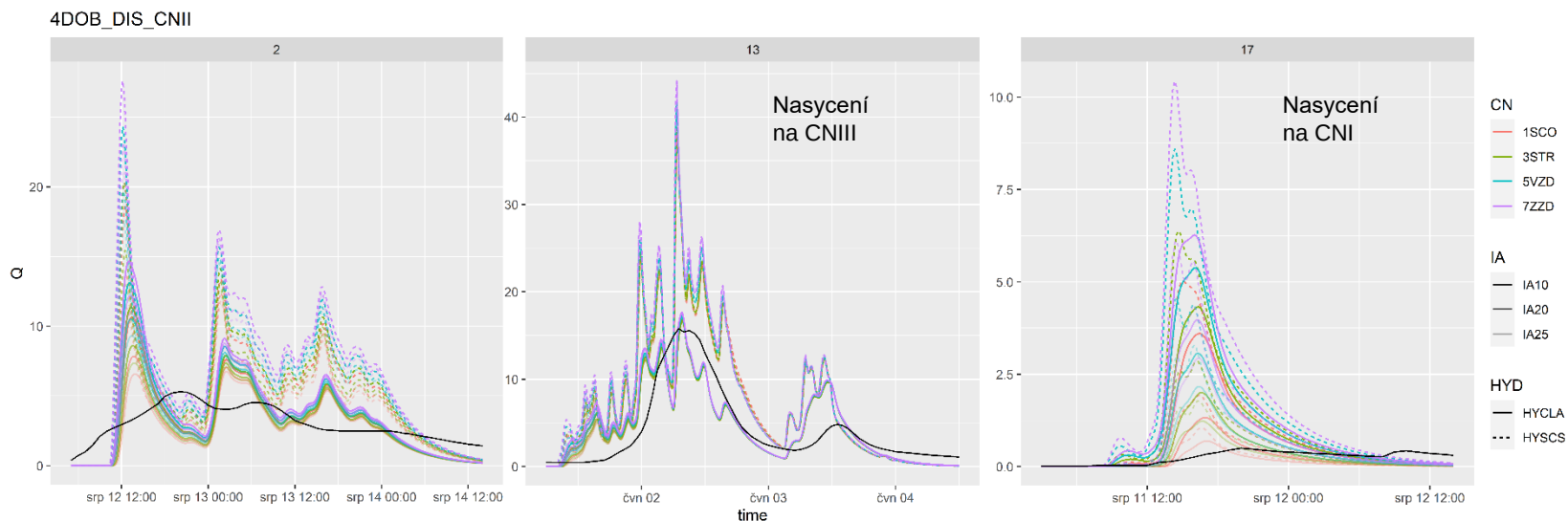
- převážně zalesněné povodí na Šumavě
- 2002 nasycení CNII až CNIII, sedí modelované hodnoty dle CNII,
- 2009 nasycení CNIII, dle CNII jen 1SCO, lépe sedí výsledky dle CNIII,
- 2010 nasycení CNI až CNII, pro CNI sedí lépe dle 1SCO a 7ZZD, pro CNII ostatní varianty.



Hydrologické modelování – porovnání s naměřeným průtokem

Průhonice – Dobřejovický potok

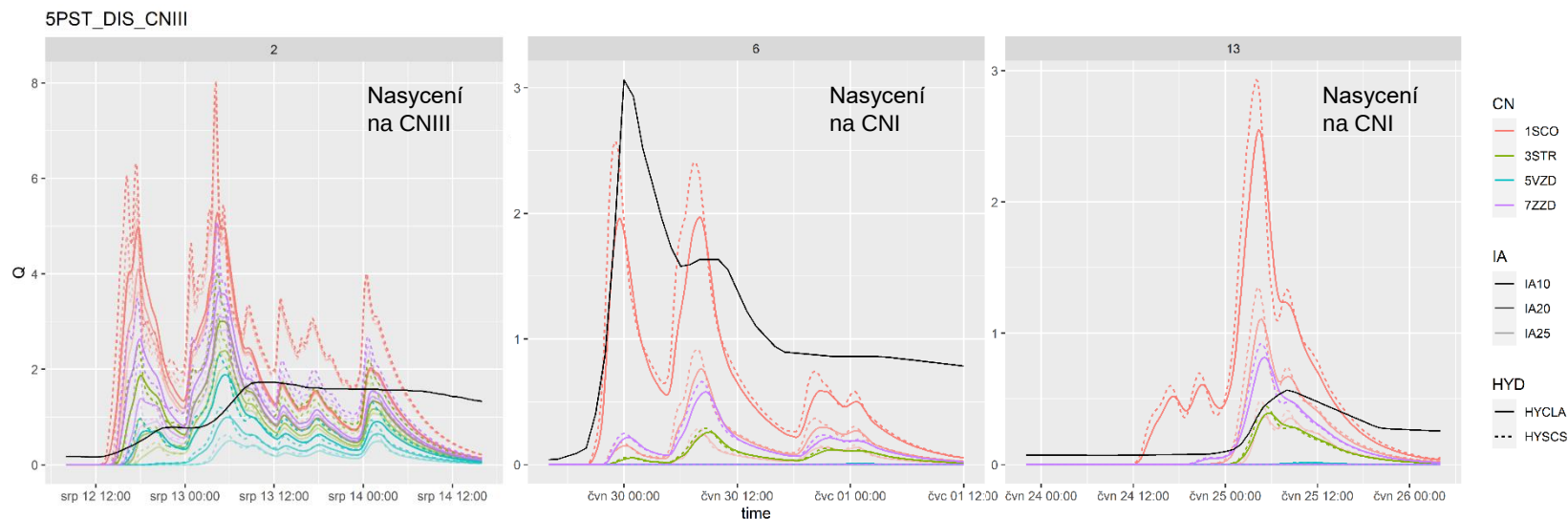
- spíše zemědělsky využívané povodí, zasažené urbanizací na okraji Prahy
- 2002 nasycení blízko CNII, většina modelovaných hodnot je časově posunutá, kulminuje u všech vln dříve, ale spíše intenzivní trvalé srážky a ne příval, obtížné na modelování,
- 2013 nasycení CNII až CNIII, modelované hodnoty průtoků dle CNII i CNIII celkem sedí, některé varianty více s CNII a některé s CNIII,
- 2017 nevýznamná situace, nasycení před událostí blízko CNI, všechny varianty mimo (nejnižší průtoky 1SCO). Spíše trvalejší srážky a nízká nasycenost, není ideální pro modelování.



Hydrologické modelování – porovnání s naměřeným průtokem

Landštejn nad nádrží – Pstruhovec

- lesní povodí v Přírodním parku Česká Kanada - Pstruhovec nad nádrží Landštejn se jeví jako nejproblémovější,
- pozorovaná data ve stanici bude potřeba podrobit hlubší analýze, podezřelé poklesové větve – průtok téměř neklesá, může být vlivem rybníka Pstruhovec v horní části povodí, odtokové situace dle kulminačního průtoku vyhodnoceného ve stanici spíše nevýznamné,
- 2002 nasycení CNII až CNIII, „žádná“ kulminace,
- 2006 nasycení CNI až CNII, dle CNII nejlépe dle 7ZZD, dle CNI jen 1SCO,
- 2013 nasycení spíše CNI, 1SCO velké průtoky při nízké počáteční ztrátě.



Kritické zhodnocení

Různé charakteristiky pro porovnání modelované a pozorované vlny:

- čas kulminace
- hodnota kulminačního průtoku
- hodnota průtoku na 75% kvantilu
- objem přímého odtoku / objem příčinné srážky
- ...

Poznatky a problémy:

- malá odtoková odezva v pozorovaných datech (v případech nízkého předchozího nasycení před událostí) → problematické modelování
- pečlivě vyhodnoceno pozorování jen nejvýznamnějších vln (Hruškovice, Dobřejovický p.)
- pozorované průtoky jen v hodinovém kroku vs. modelování v 10 min, možnost podrobnějšího vyhodnocení z pozorovaných stavů (tam kde jsou k dispozici)
- nelze spolehlivě vyhodnotit vliv CEListvých vs. DIStribuovaných variant modelů
- separace základního odtoku z pozorovaných vln, rozdíly v objemu zejména odtokových větví

Závěry

- z praxe:
 - menší povodí a v horských oblastech → věrohodnější výsledky modelování
 - větší plochy povodí a některé oblasti → modely založené na 1SCO nadhodnocují průtoky
- zásadní je pečlivé vyhodnocení předchozího nasycení povodí a příčinné srážky
- probíhá hromadné statistické vyhodnocení všech scénářů s cílem najít nejvhodnější kombinaci vstupních dat a parametrů
- zatím nelze rozhodnout které odvození CN preferovat

Literatura

Kulasová, B., Šercl, P. a Boháč, M., 2004. Projekt QD1368 „Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“. Závěrečná zpráva. Praha: ČHMÚ.

Kulasová, B., Šercl, P. a Boháč, M., 2017. Aplikace statistického a deterministického přístupu odvození teoretických povodňových vln jako nestandardních hydrologických údajů. Příloha MP NH – Odvozování teoretických povodňových vln jako nestandardních hydrologických údajů. Praha: ČHMÚ.

Řiřicová, P. et al., 2007. Vývoj predikce stavů sucha a povodňových situací na základě infiltračních a retenčních vlastností půdního povrchu. Souhrnná závěrečná zpráva projektu VaV 1D/1/5/05. Praha: ČHMÚ.

Strouhal, L. a Kavka, P., 2022a. Hydrologické skupiny půd – metodiky a datové podklady. Vodní hospodářství, 6, 4-10.

Strouhal, L. a Kavka, P., 2022b. Hydrologické skupiny půd – rozevřené nůžky hydrologických výpočtů. Vodní hospodářství, 9, 7-12.

Šercl, P., 2014. Aplikace HydroHMS, příprava vstupů pro srážko-odtokový model HEC-HMS. Praha: ČHMÚ.

Děkujeme za pozornost

- martin.pecha@chmi.cz
- vojtech.svoboda@chmi.cz

