

K problematice poldrů v povodí potoka Čižiny (okres Bruntál, Česká republika)

Kubíček, P.: The Issue of Polders in the Čižina Stream Catchment Basin (Bruntál District, Czech Republic). *Životné prostredie*, 2016, 50, 4, p. 228 – 233.

There were disastrous floods in the municipality of Lichnov under Horní Benešov between 1996 and 1997. This paper applies hydrologic analogy in considering flood control measures for the affected watercourses in this catchment because they have never been previously monitored. The construction of the first polder is currently being completed on the Tetřevský Potok, and the construction of a further polder is planned for this same brook. Flow measurements which began in 2006 still continue; with surprisingly low observed flow rates. The highest flow rate in the last 9 years has reached only 7.6 % of the maximum 100-year-flood-flow-rate, for which the polder was originally intended. This is due to total rainfall amounts of 140 mm; and the results of our terrain observations suggest that it would be more appropriate to consider a different alternative for flood protection in the Lichnov pod Horní Benešov municipality.

Key words: polders, hydrological observation, Horní Benešov

Na komunikaci mezi Horním Benešovem a Krnovem leží obec Lichnov, kterou protéká říčka Čižina. V letech 1996 a 1997 byly v Lichnově zaznamenány katastrofální povodně. Byly způsobeny škody na osobním majetku, v lesích, erozní škody splachem ornice, na státních i místních komunikacích a březích Čižiny. Nutná protipovodňová opatření zahrnují stavby poldrů (suchých nádržek), průlehu a biokoridorů. Celkové náklady na odstranění škod a realizaci protipovodňových opatření, která nejsou dosud ukončena, budou dosahovat téměř 500 mil. korun.

Významným levostranným přítokem říčky Čižiny v horní části obce Lichnov je Tetřevský potok, na kterém mají být postaveny dva větší poldry s náklady okolo 90 mil. korun. Říčka Čižina (mimo léta 1974, 1975, 1977 v Brumovicích) a Tetřevský potok byly nepozorované toky. Protože nebyly k dispozici žádné aktualizované hydrometeorologické podklady, bylo nutné pro návrhy některých protipovodňových opatření použít metody hydrologické analogie, u které je vždy riziko určité míry nejistoty, která se obtížně stanovuje.

Pozorování průtoků na Tetřevském potoce ve vegetačních obdobích začalo až v roce 2006 a měření kulmi-
načních průtoků vybraných průtokových vln probíhá do současnosti. V prvních 5 letech bylo realizováno v projektu FLOREON (řešitel Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava), který byl dotován Moravskoslezským krajem. V rámci tohoto projektu byl také vypracován deterministický analytický model. U tohoto nového srážko-
odtokového modelu byla provedena podrobná matematická analýza povrchové a hypodermické složky přímého odtoku, která byla zpracována pro nepozorované povodí Tetřevského potoka. U povrchového odtoku byly v modelu uvažovány i nestacionární izochrony. Zpoždění při hypodermickém odtoku bylo popsáno pomocí konvoluč-

ního integrálu, který se také využívá při odvození genetického vzorce odtoku. Byla navržena i aplikace modelu pro popis proudění podzemní vody. Model byl podrobně ověřován při měření průtoků v závěrovém profilu Tetřevského potoka, kde byly stanoveny důležité charakteristiky včetně měrné křivky průtoků, závislosti rychlosti proudění vody na velikosti průtoků atd. (Kubíček, Kozubek, 2008; Kubíček, Kozubek, 2007). Pokusně a s dobrými výsledky byl tento model v několika případech aplikován i na části povodí řeky Olše, kde plochy sledovaných povodí byly o jeden až dva řády větší.

Uvedeme zde výsledky měření průtoků a nutné meteorologické údaje spolu s průběhy průtoků, které byly vypočteny podle zmíněného modelu. Stručně vyjmenujeme i charakteristiky tohoto povodí a parametry poldrů. U zjištěných výsledků bude možné alespoň orientačně usuzovat na míru nejistoty metody hydrologické analogie pro uvedené povodí a navržené parametry retenčních nádrží.

Stručná charakteristika povodí Tetřevského potoka

Povodí Tetřevského potoka o ploše 8,8 km² se nachází v pahorkatině, kde nejvyšší kóta, Velký Tetřev, má nadmořskou výšku 674 m, a ostatní nejbližší elevace dosahují výšky okolo 500 m. Potok pramení pod Velkým Tetřevem, kde se nachází soustava melioračních rýh a příkopů. Délka potoka je 4,8 km a převážná délka vodoteče je lokalizována hlavně v smrkových monokulturách s podstatně menším zastoupením modřínů, borovic a listnatých stromů, rostoucích hlavně kolem potoka na loukách.

Geologické a pedologické poměry povodí byly doplněny průzkumem terénu pro projektování poldrů na Tetřevském potoce. Kvartérní propustný pokryv z hlín

nad nepropustnou skalní horninou má poměrně malou a velmi proměnnou mocnost. Převážně jde o hlinito-kamenitou suť. Mohou se vyskytovat aluviální jílovité hlíny měkké až kašovitě konzistence, což jsou mladočtvrtohorní naplaveniny z holocénu. Mimo údolí potoka tvoří pokrývové útvary deluviální hlíny, většinou tuhé až pevné, odpovídající staršímu období čtvrtohor – pleistocénu. Půdy jsou kambizemního typu, hlinitopísčité se střední hodnotou infiltrace.

Podle nejrozšířenější kvalifikace klimatu patří povodí potoka do oblasti označované MT9, charakterizované dlouhým, teplým až suchým létem, přechodným obdobím s mírným teplým jarem a podzimem a suchou zimou s krátkým obdobím sněhové pokrývky. Souvislé systematické meteorologické sledování klimatu provádí od roku 1886 stanice v Krnově, která je vzdálena od sledovaného povodí vzdušnou čarou cca 12 km. Průměrné roční srážkové úhrny jsou 617 mm, maximální průměrné měsíční srážky jsou v květnu až srpnu 80 – 90 mm, v ostatních měsících jsou výrazně menší. Největší měsíční srážkový úhrn byl naměřen 314 mm v měsíci červenci za celou dobu sledování klimatu v Krnově (Krnovské noviny, 2006).

Levostranný přítok Tetřevského potoka je hlavním důvodem pro stavbu jednoho ze dvou poldrů. Povodí tohoto přítoku, který má délku 2 km a plochu pouze 3,4 km², má jiný charakter než Tetřevský potok. Tento bezejmenný přítok začíná záchytným melioračním příkopem, který je veden těsně na okraji lesa o hloubce 0,5 – 2 m a délce cca 400 m. Má odvádět vodu z polí a luk a je částečně zarostlý křovinami. V následujícím úseku o délce asi 800 m se mění hloubka koryta od 1 – 2,5 m pod úroveň polí, které se nacházejí na pravé straně, a luk na levé straně. Koryto je zarostlé travou a křovinami. Za tímto úsekem koryto mizí a přechází v údolnici mezi loukami, která je pokrytá částečně křovinami a většinou listnatými stromy. Asi 600 m před ústím do Tetřevského potoka vzniká opět plynulé koryto zarostlé travou, křovinami a prochází hustým pásmem listnatých stromů. Na této vodoteči jsou také tři zdevastované propusti pod polními cestami. V období s menším množstvím srážek je meliorační příkop v horní části povodí a úsek bez koryta ve střední části zcela bez vody. Podle hrubého odhadu je v tomto povodí 67 % luk, 15 % polí a 18 % lesů a remízků.

Z hlediska hydrologických poměrů byla v minulosti snížena retenční schopnost povodí Tetřevského potoka soustavou odvodňovacích příkopů. Dominuje oběh podzemní vody v puklinovém prostředí se slabou puklinovou propustností. Součinitel filtrace se pohybuje v řádu $k_f \approx 10^{-6} - 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$, což odpovídá permeabilitám prostředí v řádu $\mu \approx 10^{-13} - 10^{-12} \text{ m}^2$. Je zde mělký oběh podzemních vod v zóně zvětrávání. Průměrný specifický odtok podzemních vod dosahuje středních hodnot 2 – 3 l/km² s. Sledované území patří do málo vodných oblastí s malou retenční schopností, odtok je silně kolísavý a objemový součinitel odtoku je $\phi \approx 0,2$. Tato hod-

nota byla potvrzena po vyhodnocení našich terénních měření. Specifický odtok se pohybuje v rozmezí 0 – 3 l/km² s a nejvodnatější měsíce jsou únor a březen. Velice podrobné informace k této problematice jsou uvedeny ve zprávách Výzkumného ústavu meliorace a ochrany půdy (VÚMOP; Dumbrovský a kol., 2000; Dumbrovský a kol., 1999; Stejskalová a kol., 2003; Stejskalová a kol., 2004; Kubíček, Kozubek, 2008).

Základní parametry poldrů

Vzhledem k tomu, že Čížina i Tetřevský potok byly nepozorovanými toky, použil VÚMOP metody hydrologické analogie a k posouzení retenčních schopností povodí Čížiny hydrologický simulační model SMAR (*Soil Moisture Accounting and Routing*, vyvinut v Irské republice). Dále byl použit tzv. numerický generátor počasí separovaný z modelu EPIC (*Erosion Productivity Impact Calculator*). Tyto postupy umožňují vygenerovat místní klimatické podmínky v časovém období např. 100 let k aplikaci deterministického modelu a charakterizovat srážko-odtokové podmínky (Dumbrovský a kol., 2000; Dumbrovský a kol., 1999).

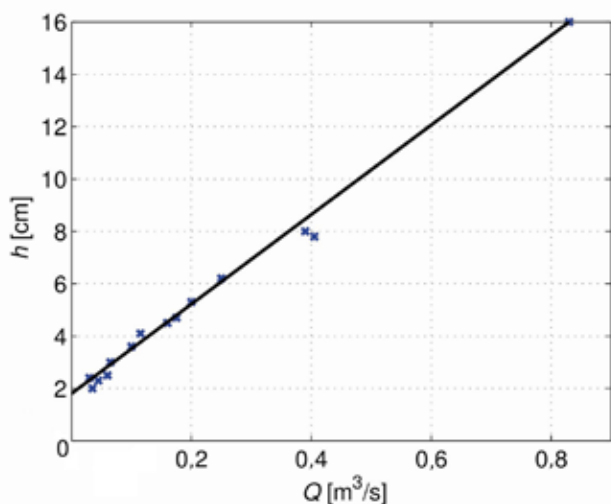
Parametry povodí Čížiny o ploše $F = 71,1 \text{ km}^2$ byly nastaveny s využitím principů hydrologické analogie. Jako analogická povodí byla vybrána povodí Hvozdnice ($F = 31 \text{ km}^2$) a Černého potoka ($F = 92 \text{ km}^2$) ležící v okrese Bruntál. V denním výpočtovém kroku byla zpracována denní časová řada 37 let (1961 – 1997) pro denní srážkové úhrny od května do listopadu ze stanice Svratouch v okrese Chrudim. Výsledkem použití modelu SMAR při odvození teoretické křivky dosažení vodních stavů (průtoků) v profilu Čížina – Lichnov pro období 37 let byla časová řada denních průtoků za toto období. Skutečností však zůstává, že teoretické čáry překročení se konstruují z podkladů nedostatečné časové délky z hlediska teorie statistiky, a tento faktor je příčinou jisté míry nespolehlivosti uvedených analýz (Dumbrovský a kol., 1999).

Pro hydrologické výpočty prvků protipovodňové a protierozní ochrany byl použit hydrologický model DesQID (Hrádek, 1997; Hrádek, Kuřík, 1999) a jeho aplikace na ochranné prvky v povodí Čížiny je uvedena podle Dumbrovského a kol. (2000). Model se používá pro výpočet maximálních průtoků v důsledku přívalových dešťů v nepozorovaných malých povodích.

Umístění poldrů č. II a č. III. na Tetřevském potoce a označení odpovídá technickým zprávám (Dumbrovský a kol., 2000; Dumbrovský a kol., 1999), protože v Lichnově je doporučeno vybudovat celkem 4 retenční nádrže. Místní morfologické a inženýrsko-geologické podmínky pro výstavbu poldrů jsou dosti nepříznivé a u obou se počítá se stálou vodní hladinou. Poldr č. III má být vybudován u soutoku Tetřevského potoka s jeho levostranným přítokem. Vzdálenost mezi poldrem č. II v 444,3 m n. m. a poldrem č. III v 415,6 m n. m. je cca 0,6 km. Poldr č. II byl projektován v roce 2000 pro plochu povodí cca 5,2 km²



Obr. 1. Propust na Tetřevském potoce, kde je situován závěrový profil (2007). Foto: Antonín Hartmann



Obr. 2. Měrná křivka průtoků v závěrovém profilu Tetřevského potoka v časovém období 2006 – 2014

Vysvětlivky: Q – průtok, h – výška hladiny

a vlastní stavba tohoto poldru začala z finančních důvodů až v roce 2011. Oba poldry byly navrženy pro zadržení 100-leté povodňové vlny. Koryto Čížiny v obci Lichnov bylo upraveno v určitých úsecích toku na dva-

cetiletou vodu, což představuje průtok $23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Poldr č. II byl vybudován pro objem 100-leté povodňové vlny $V_{100} = 352\,000 \text{ m}^3$ a pro maximální 100-letý průtok $Q_{100} = 17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při maximální přípustné hladině (MAXPH) je objem prostoru nádrže $444\,000 \text{ m}^3$ a plocha zátopy $8,5 \text{ ha}$, plocha zátopy při stálé hladině $1,55 \text{ ha}$. Výška hráze je $14,8 \text{ m}$ a délka hráze 208 m (Dumbrovský a kol., 1999). Náklady na tento poldr budou cca 45 mil. korun .

U poldru č. III jsou uvažovány dvě alternativy (Dumbrovský a kol., 1999) pro plochy povodí $2,3$ a $3,2 \text{ km}^2$. V první alternativě je $V_{100} = 176\,500 \text{ m}^3$, $Q_{100} = 9,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, maximální objem prostoru nádrže MAXPH $316\,700 \text{ m}^3$ a plocha zátopy $5,1 \text{ ha}$, plocha zátopy při stálé hladině $2,45 \text{ ha}$. Výška hráze má být $12,5 \text{ m}$, délka hráze 330 m a maximální odtok výpustí při povodních $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při druhé alternativě je $V_{100} = 252\,000 \text{ m}^3$, $Q_{100} = 15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a ostatní parametry mají většinou menší hodnoty. Odhad nákladů na tento poldr je přibližně srovnatelný s náklady na poldr č. II.

Pozorování průtokových vln na Tetřevském potoce

Koryto Tetřevského potoka je velice nepravidelné o různé, většinou malé šířce a v různé hloubce pod úrovní okolního terénu, zarostlé hustou vegetací včetně křo-

vin. Tetřevský potok ústí do Čížiny vyzděným korytem o délce 114 m s kolnými stěnami ze spárovaného kamene s přirozeným dnem zarostlým travou a menšími keři. Koryto je zanášeno splaveninami ve vrstvě proměnné tloušťky a jeho vyčištění bylo provedeno teprve v roce 2013.

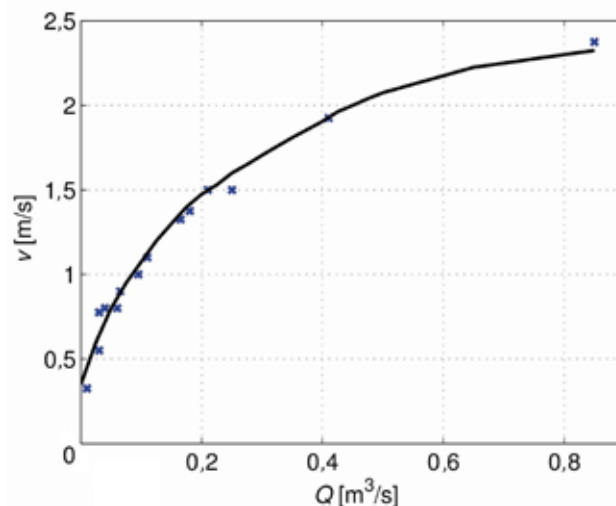
Jediná lokalita, kde je možné provádět měření průtoků s dostatečnou přesností, se nachází pod novou asfaltovou cestou k poldru č. II s náklady 4 mil. korun. Tato propust leží uprostřed mezi poldrem č. II a navrhovaným poldrem č. III. Uvedené místo lze považovat za závěrový profil a příslušná plocha povodí je $F = 5,5 \text{ km}^2$. Propust je vytvořena z 11 obdélníkových betonových profilů o šířce 1 m. Výška propusti je 2 m, šířka 3 m, propust má zkosené rohy o velikosti $0,2 \times 0,2 \text{ m}$ (obr. 1). Na obou stranách propusti je v délce 3,6 m upraven plochými kameny šikmý břeh potoka a jeho dno. Vzhledem k tomu, že výška hladiny v propusti se pohybuje většinou v řádu centimetrů, provádělo se měření rychlosti proudění vody pomocí malých plováků pokládaných na hladinu ve 4, resp. 6 místech profilu a byla měřena doba průchodu plováků propustí, tj. na vzdálenosti 11 a 18 m. Výška hladiny byla měřena v 5 nebo 6 bodech příčného profilu propusti na obou jejích stranách. Výsledky byly zprůměrovány.

Měření průtoků ve vyzděném korytu při ústí Tetřevského potoka do Čížiny mohlo být provedeno jen v několika případech vzhledem k vegetaci v korytu a výsledky je nutno považovat za málo přesné. Z rozdílu průtoků v tomto korytu a v závěrovém profilu lze orientačně odhadnout příspěvek levostranného přítoku Tetřevského potoka k průtokové vlně v ústí do Čížiny.

Měření srážkových úhrnů na ploše povodí $F = 5,5 \text{ km}^2$ příslušející k závěrovému profilu bylo prováděno pomocí 5 srážkoměrů s manuální obsluhou. Dva srážkoměry byly v blízkosti rozvodnice a na každý srážkoměr připadala plocha 1 až $1,5 \text{ km}^2$ povodí. Později byl umístěn vedle jednoho z uvedených srážkoměrů i srážkoměr s automatickým záznamem hydrogramů do paměti pro možnost srovnávání. Rozdíly byly někdy zanedbatelné, někdy v řádu několika procent. Jak se ukázalo později, instalovaný počet srážkoměrů byl nutný, protože při některých průtokových vlnách (epizodách) byl rozdíl v srážkových úhrnech i 15–25 %. U Velkého Tetřeva byly v důsledku orografického deště občas pozorovány větší srážkové úhrny.

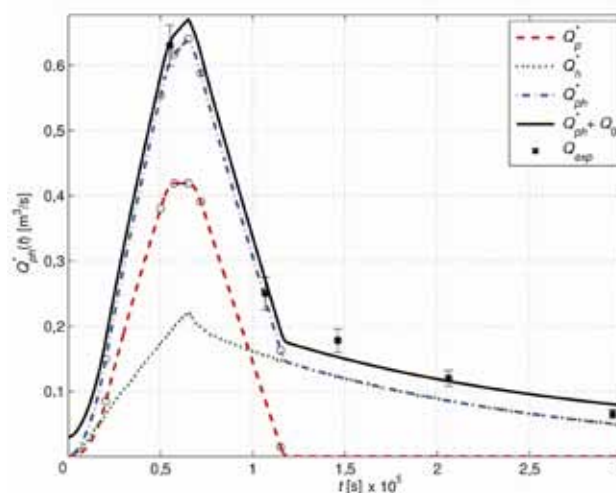
Měření průtokových vln bylo prováděno ve vegetačních obdobích a bylo zahájeno v červnu 2006. Již v tomto roce byla změřena měrná křivka průtoků a závislost rychlosti proudění vody na průtoku v závěrovém profilu. V následujících letech byly tyto křivky doplňovány o hodnoty při větších kulminačních průtocích (obr. 2 a 3). Setrvalý průtok v závěrovém profilu se pohyboval v rozmezí $0,015 - 0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Typický změřený hydrogram v tomto profilu je uveden na obr. 4 společně s teoretickým průběhem průtokové vlny, vypočteným pomocí matematického modelu



Obr. 3. Závislost rychlosti proudění vody na velikosti průtoku v závěrovém profilu na průtoku v Tetřevském potoce v časovém období 2006 – 2014

Vysvětlivky: Q – průtok, v – rychlost proudění vody



Obr. 4. Typický hydrogram průtokové vlny na Tetřevském potoce z 29. června – 3. července 2006 při větších srážkových úhrnech a výsledky z matematického modelu. Zdroj: Kubíček, Kozubek (2008); Kubíček, Kozubek (2007)

Vysvětlivky: $Q_p^*(t)$ – průtok z povrchových vod, $Q_h^*(t)$ – hypodermický průtok, $Q_{ph}^*(t)$ – přímý průtok, $Q_{ph}^*(t) + Q_o^*$, Q_o^* – setrvalý průtok, experimentální body v grafu – změřený průtok včetně chyby měření (rozptyl)

(Kubíček, Kozubek, 2008; Kubíček, Kozubek, 2007). Na obr. 4 jsou prezentovány přímý průtok $Q_{ph}(t)$, hypodermický průtok $Q_h(t)$ a průtok z povrchových vod Q_p . Průtoková vlna nastala v důsledku vypadlého deště se srážkovým úhrnem $H_s = 63 \text{ mm}$, trvajícím 18 hodin. Budeme-li brát v úvahu metodu čísel odtokových křivek CN (Hrádek, Kuřík, 2004), pak tato průtoková vlna byla



Obr. 5. Polder č. II na Tetřevském potoce před dokončením (18. září 2014). Foto: Antonín Hartmann

zaznamenána při předchozích vláhových podmínkách skupiny I, kdy ve vegetačním období je srážkový úhrn předchozích srážek za 5 dnů $H_5 < 36$ mm a v případě této vlny byl $H_5 \approx 27$ mm. V povodí Tetřevského potoka a jeho okolí se hodnoty CN křivek pohybují v rozmezí $CN \approx 61 - 87$ a střední hodnota pro plochu povodí $F \approx 8$ km² je $CN = 73,7$ (Kubíček, Kozubek, 2008).

Kulminační průtok byl $Q_{kul} \approx 0,65$ m³.s⁻¹ (obr. 4), celkový přímý odtok $O_p = 7$ 104 m³ a takto velké kulminační průtoky byly většinou zaznamenány maximálně dvakrát během vegetačního období do roku 2011. Po tomto roce až do současnosti byly kulminační průtoky výrazně nižší v důsledku menších srážkových úhrnů. Výjimku tvoří epizoda z 6. září až 19. září 2007, kdy průtoková vlna byla při předchozích vláhových podmínkách skupiny I generována srážkovým úhrnem $H_5 = 140$ mm, z něhož vypadlo 120 mm za 28 hodin. Měsíční srážkový úhrn v povodí Tetřevského potoka v září 2007 byl 175 mm a o 52 % převyšoval maximální srážkové úhrny za 120 let pozorování v Krnově, které činily v měsíci září $H_5 = 114,6$ mm (Krnovské noviny, 2006; Stejskalová a kol., 2004). Hydrogramem průtokové vlny byl pozorován kulminační průtok $Q_{kul} \approx 1,3$ m³.s⁻¹. Celkový přímý odtok u této vlny byl $O_p \approx 1,4 \cdot 10^5$ m³. Uvedený kulminační průtok byl téměř dvojnásobně větší než všechny kulminační průtoky, které byly pozorovány od června 2006 do současnosti.

Při této vlně byl také pozorován průtok ve zděném korytu při ústí Tetřevského potoka do Čížiny. Od závěrového profilu k tomuto ústí je délka koryta cca 900 m a levostranný přítok se vlévá do Tetřevského potoka cca 300 m od závěrového profilu. Při $Q = 0,73$ m³.s⁻¹ v tomto profilu byl při ústí Čížiny pozorován průtok $Q \approx 1,19$ m³.s⁻¹ a následný průtok Čížiny byl $Q \approx 8,7$ m³.s⁻¹. Při měření

u jiné vlny byl v závěrovém profilu pozorován průtok $Q \approx 0,41$ m³.s⁻¹ a při ústí do Čížiny 0,67 m³.s⁻¹. Z uvedeného plyne, že v důsledku 900 m následné délky koryta a levostranného přítoku Tetřevského potoka se průtok do Čížiny zvětšil pouze o 50 až 60 % od průtoku v závěrovém profilu. Vzhledem k situování navrhovaného poldru III ve vzdálenosti 0,6 km od Čížiny by polder nezachytil celý tento přírůstek průtoku.

V roce 2014 byly v letních měsících oproti předchozím rokům pozorované větší srážkové úhrny. Měsíční srážkový úhrn v červenci byl 83,8 mm, v srpnu 113 mm a v září 86,5 mm. Do značně nasyceného povodí vypadlo z 1. září na 2. září 2014 30 mm srážek. Při předchozích vláhových podmínkách skupiny I bylo v závěrovém profilu pozorováno $Q_{kul} \approx 0,4 - 0,5$ m³.s⁻¹.

Pozorované a vypočtené průtokové vlny pomocí matematického modelu (Kubíček, Kozubek, 2008) byly porovnávány s výsledky metody čísel CN křivek (Hrádek, Kuřík, 2004). Pro epizody v předchozích vláhových podmínkách skupiny II, kde 36 mm $< H_5 < 53$ mm, byl nalezen velice dobrý souhlas. V podmínkách předchozích vláhových podmínek skupiny III, kde $H_5 > 53$ mm, bylo pozorováno jen velmi málo epizod a souhlas byl přijatelný. Nejvíce epizod bylo sledováno při předchozích vláhových podmínkách skupiny I. U těch byl zjištěn naprostý nesouhlas s výsledky této metody. Rozdíly mohly dosahovat i několik set procent.

U významnějších epizod byly pozorované a vypočtené hydrogramy porovnávány s výsledky získanými pomocí programu HEC-HMS. U průtokové vlny z obr. 4, kde $Q_{kul} = 0,65$ m³.s⁻¹, byl vypočten $Q_{kul} \approx 4,8$ m³.s⁻¹. U průtokové vlny, kde byl pozorován $Q_{kul} = 1,3$ m³.s⁻¹ jsme obdrželi z tohoto programu $Q_{kul} = 6,4$ m³.s⁻¹. Ve všech pří-

padech se jednalo o epizody při předchozích vláhových podmínkách skupiny I. Z uvedeného je zřejmé, že vypočtené výsledky naprosto neodpovídají skutečnosti. Povodí Tetřevského potoka je vzhledem k síti odvodňovacích rýh a příkopů složité povodí.

* * *

V rámci protipovodňových opatření v obci Lichnov na Tetřevském potoce, který byl před rokem 2006 nepozorovaným tokem, byla dokončena stavba jednoho poldru (obr. 5) a druhý poldr o 0,5 km níže ve směru toku se provádí. Stručnou prezentaci výsledků měření průtoků ve vegetačních obdobích, prezentovaných v tomto příspěvku, lze shrnout:

- a. Většina pozorovaných průtokových vln po dobu 9 let měla kulminační průtoky menší než $0,4 - 0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výjimku tvoří průtoková vlna z 6. září – 19. září 2007, kdy byl naměřen maximální kulminační průtok $1,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tato vlna byla generována srážkovým úhrnem 140 mm, z toho vypadlo za 28 hodin 120 mm. Během téměř 130 let měření srážek v Krnově byl pozorován maximální měsíční srážkový úhrn 314 mm.
- b. Příspěvek levostranného přítoku Tetřevského potoka, kde je vybudován další poldr, představoval cca jen 50 % z této maximální vlny při ústí do Čižiny.
- c. Uvedený kulminační průtok je 13-krát menší než maximální 100-letý průtok $Q_{100} = 17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ u již dokončeného poldru.
- d. Průběh průtoků, který byl popsán srážko-odtokovým modelem (Kubíček, Kozubek, 2008), velice dobře odpovídal měřeným průtokům v závěrovém profilu na Tetřevském potoce. Při aplikaci programu HEC-HMS byl zjištěn velice dobrý souhlas pro předchozí vláhové podmínky skupiny II, přijatelný souhlas u skupiny III a naprostý nesouhlas u skupiny I, ve které se vyskytovalo nejvíce epizod.
- e. Pokud by se provedla geodetická měření u levostranného přítoku Tetřevského potoka u jeho pramene s pozitivními výsledky a množství nákladů na terénní práce by bylo přijatelné, bylo by možné odvést menší část vody z povodí v blízkosti pramene s využitím přírodní rýhy do poldru č. II.
- f. Pro návrh protipovodňových opatření u nesledovaných toků v Lichnově musela být použita metoda hydrologické analogie, u které se obtížně stanovuje míra nejistoty.

Na základě uvedených skutečností se možno domnívat, že by bylo vhodné vzít v úvahu i další alternativu k zajištění protipovodňové ochrany obce Lichnov, zejména jejího horního konce. Místo dalšího poldru III, tj. na Tetřevském potoce, situovat poldr těsně nad obcí na pravostranném přítoku Čižiny, kde se na základě vizuálního pozorování nachází morfologicky vhodná lokalita. Dotyčné povodí má plochu cca $3,5 \text{ km}^2$. Poldr se již začal stavět.

Poblíže horního konce Lichnova byl postaven nový most. Pokud by byl při povodni vzestup hladiny Čižiny o 1,4 m, došlo by k zaplnění propusti pod mostem a k vyběžení. Voda by stékala po hlavní komunikaci. Při povodni v roce 1997 byl v profilu poblíže dnešního mostu vzestup hladiny o 1 – 1,2 m. Tato povodeň byla menší než v roce 1996. V blízkosti uvedeného pravostranného přítoku do Čižiny se nachází i levostranný přítok. Morfoloická situace pro poldr je tam méně vhodná.

Podle studie Kocourkové (2001) by se neměl poldr č. II vůbec stavět, a finanční prostředky by se raději měly věnovat zvětšení retenční schopnosti lesa v povodí Tetřevského potoka. Pro budoucnost bude mít větší význam všestranně funkční les než poldr, který se při pokračujícím špatném hospodaření v lesích brzo zanese.

Literatura

- Dumbrovský, M. a kol.: Průzkum území a analýza skutečného stavu (katastrální území Lichnov). Technická zpráva. Praha: VÚMOP Brno, 1999, 57 s.
- Dumbrovský, M. a kol.: Plán společných zařízení (katastrální území Lichnov). Technická zpráva. Praha: VÚMOP Brno, 2000, 48 s.
- Hrádek, F.: Výpočet maximálních průtoků na malých povodích. Program DesQ, verze 4.1 – Teorie modelu. 1997. (<http://www.desq-maxq.cz/index.html>)
- Hrádek, F., Kuřík, P.: Vliv antropogenní činnosti na hydrologický režim pramenitých období – část A. Ověření modelu DesQ na vybraných povodích. Roční zpráva grantu GA ČZU č. 749/10/14596/0. Praha: Fakulta lesnická a environmentální České zemědělské univerzity v Praze, 1999, 17 s.
- Hrádek, F., Kuřík, P.: Hydrologie. Skripta. Praha: Fakulta lesnická a environmentální České zemědělské univerzity v Praze, 2004, 280 s.
- Kocourková, J.: Krajina katastrálního území obce Lichnov. Příspěvek k jejímu řešení v rámci územního plánu a plánu společných zařízení KPÚ. Praha: VÚMOP Brno, 2001, 39 s.
- Krnovské noviny. Region. 2006, 15, 35, 10 s.
- Kubíček, P., Kozubek, T.: Matematicko-analytický srážko-odtokový model. Informační technologie pro modelování krizových situací. Ostrava: Fakulta elektrotechniky a informatiky, Hornicko-geologická fakulta Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě, 2007, 93 s.
- Kubíček, P., Kozubek, T.: Matematicko-analytické řešení povodňové vlny a jeho využití v praxi. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě, 2008, 151 s.
- Stejskalová, D. a kol.: Komplexní řešení problémů hospodaření s půdou, vodou a krajinou. Integrovaný návrh obnovy obce a volné krajiny KPÚ zaměřený na krajinný plán k. ú. Lichnova. Metodologický návod. Výzkumný záměr CEZ: MZE-M07/99-01-07. Praha: VÚMOP Brno, 2003, 106 s.
- Stejskalová, D. a kol.: Komplexní řešení problémů hospodaření s půdou, vodou a krajinou. Metody a postupy v KPÚ v návaznosti na krajinné plánování a rozvoj venkova. Metodologický návod. Výzkumný záměr CEZ: MZE-M07/99-01-07. Praha: VÚMOP Brno, 2004, 97 s.

prof. Ing. Petr Kubíček, DrSc.,

marcela.kubickova@seznam.cz

Na Čtvrťi 14, 700 30 Ostrava-Hrabůvka, Česká republika