UPRAVENOST HYDROGRAFICKÉ SÍTĚ A PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ V POVODÍ OTAVY

MILADA MATOUŠKOVÁ*, MIROSLAV ŠOBR*

* Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK; e-mail: matouskova@natur.cuni.cz, sobr@natur.cuni.cz

1. ÚVOD

Cílem úkolu bylo určit stupeň antropogenní transformace hydrografické sítě na základě analýzy Základní vodohospodářské mapy, charakterizovat protipovodňová opatření v povodí Otavy a analyzovat jejich funkčnost v průběhu povodně v srpnu 2002.

2. METODY A POSTUP ŘEŠENÍ

Základním vstupním zdrojem informací pro analýzu upravenosti hydrografické sítě byla rastrová podoba ZVM 1:50 000, ve které jsou znázorněny uměle vybudované vodoteče a úseky vodních toků, které byly antropogenně upraveny. Jednotlivé mapové listy ZVM byly geokódovány pomocí digitální podoby vrstvy kladu listů (KLZM 1:50 000). Pro vlastní digitalizaci upravených úseků vodních toků byla použita vrstva vodních toků ZABAGED 1:10 000. Stupeň antropogenní transformace povodí Otavy byl určen pro celé povodí Otavy a zároveň pro hlavní bilanční povodí Otavy. Veškeré výše uvedené kroky byly zpracovávány v prostředí GIS.

Vstupními informacemi pro analýzu protipovodňových opatření byly podklady podniku Povodí Vltavy, s. p.. Ze soupisu staveb a úprav vodních toků v povodí Otavy byly v první fázi vybrány úpravy koryta a břehů, které mají charakter protipovodňové ochrany. K těmto úpravám byl v kartotéce vyhledán podrobný popis. Nejdůležitějšími údaji byla kilometráž toku, kde se příslušná úprava nachází, maximální průtok, který je úprava schopna převést ($m^3.s^{-1}$ nebo n-letost vody), rozměry úpravy (výška nad hladinou, šířka, sklon) a materiál použitý na její stavbu. Po roztřídění a zpracování těchto údajů byla vytvořena databáze upravenosti jednotlivých toků v povodí Otavy, na kterých se nacházejí úpravy koryta nebo kde byly vystavěny protipovodňové hráze. Jelikož údaje v kartotéce neobsahují informace o tom, zda se jedná přímo o protipovodňovou hráz, byly získané výsledky ústně konzultovány s pracovníky Povodí Vltavy s. p., pobočka Strakonice. Údaje byly seřazeny podle kilometráže toků (viz tabulka 1).

Tabulka 1 Upravenost hydrografické sítě hlavních bilančních povodí

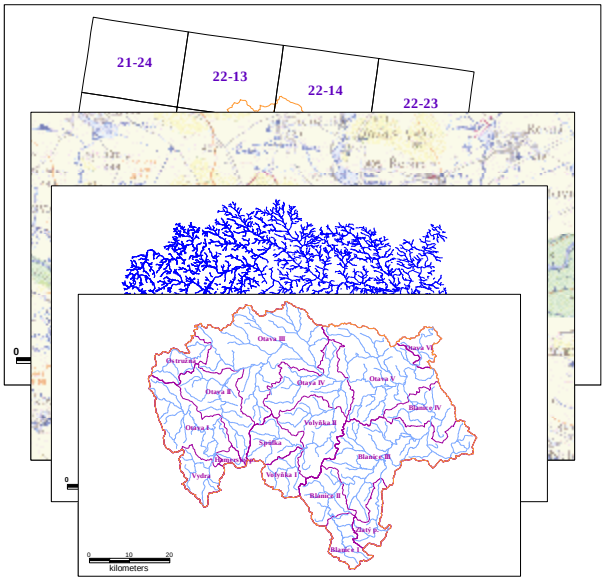
Bilanční povodí	Plocha povodí (km2)	Délka toků (km)	Délka uprav. úseků (km)	Stupeň upravenosti (%)
Blanice IV	133,69	179,707	71,170	**39,60**
Otava IV	200,21	220,786	72,293	**32,74**
Otava III	500,64	573,198	169,303	**29,54**
Blanice III	431,26	550,835	147,606	**26,80**
Otava V	379,48	527,406	124,066	**23,52**
Blanice I	85,21	94,701	15,307	**16,16**
Otava VI	54,71	61,012	9,416	**15,43**
Ostružná	91,89	118,418	17,524	**14,80**
Volyňka II	197,31	209,826	28,647	**13,65**
Otava II	207,26	226,299	27,563	**12,18**
Zlatý potok	74,89	72,468	8,526	**11,77**
Blanice II	116,80	98,670	10,983	**11,13**
Volyňka I	81,60	68,503	6,518	**9,51**
Spůlka	104,58	103,394	7,342	**7,10**
Otava I	222,36	265,442	13,181	**4,97**
Vydra	93,41	131,389	0,000	**0,00**
Hamerský potok	20,73	30,799	0,000	**0,00**

3. POUŽITÁ DATA

Vstupními daty pro analýzu upravenosti hydrografické sítě v povodí Otavy byly jednotlivé mapové vrstvy: digitální podoba kladu listů 1:50 000, rastrová a vektorová podoba ZVM 1:50 000 a vektorová vrstva vodních toků ZABAGED 1:10 000 (viz obr. 1).

Informace o protipovodňových opatřeních poskytl podnik Povodí Vltavy, s. p.. Jednalo se o soupis všech staveb, které se nacházejí v jeho majetku, s uvedením kilometráže příslušné stavby podél toku a s rozdělením na levý a pravý břeh. Zhodnocení těchto dat a rovněž zhodnocení funkčnosti protipovodňových opatření v povodí Otavy bylo prováděno s pracovníky Povodí Vltavy, s. p..

Obr. 1 Použité digitální mapové podklady: klad listů 1:50 000, ZVM 1:50 000, ZABAGED 1:10 000



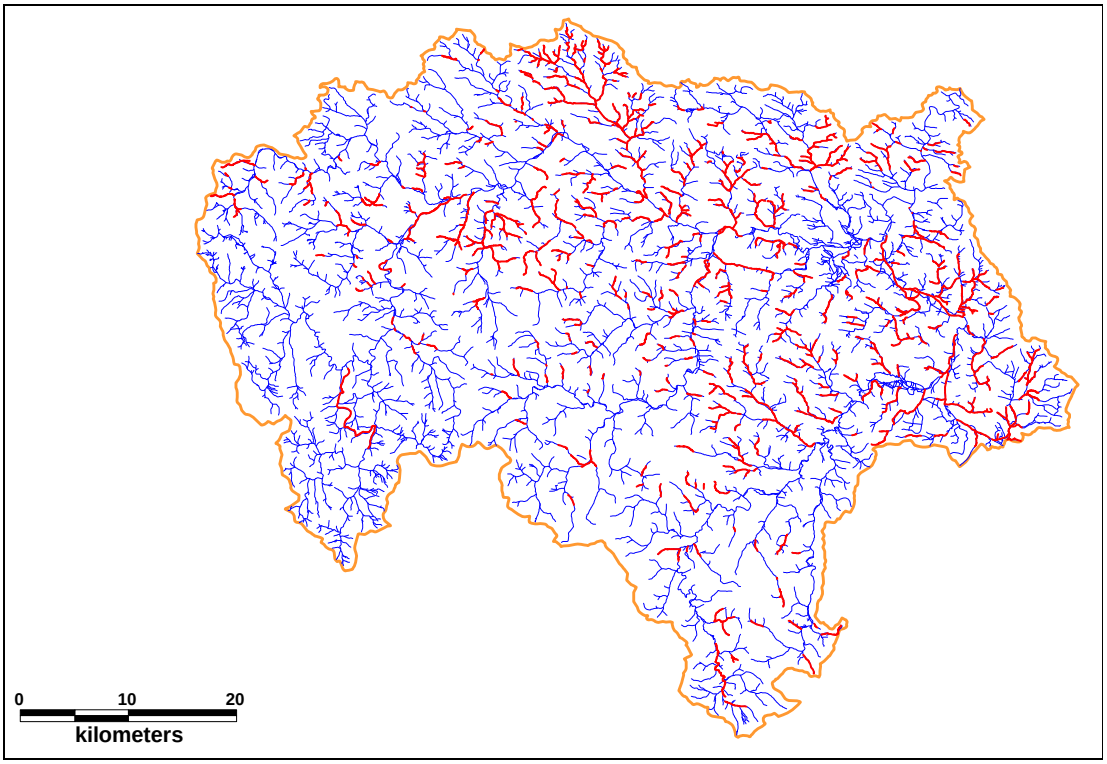
3. UPRAVENOST HYDROGRAFICKÉ SÍTĚ

Celková délka vodních toků byla na základě digitální vrstvy ZVM 1:50 000 stanovena na 3532,853 km. Délka antropogenně upravených úseků vodních toků činí na základě analýzy ZVM 729,445 km. Stupeň antropogenní transformace hydrografické sítě je roven 20,65%, což je možno klasifikovat jako mírně podprůměrný stav, vzhledem k hodnotě upravenosti hydrografické sítě na území ČR, která činí 28,4% (při uvažované celkové délce vodních toků 76 000 km a délce upravených vodních toků 21 568 km podle MŽP ČR, 1995).

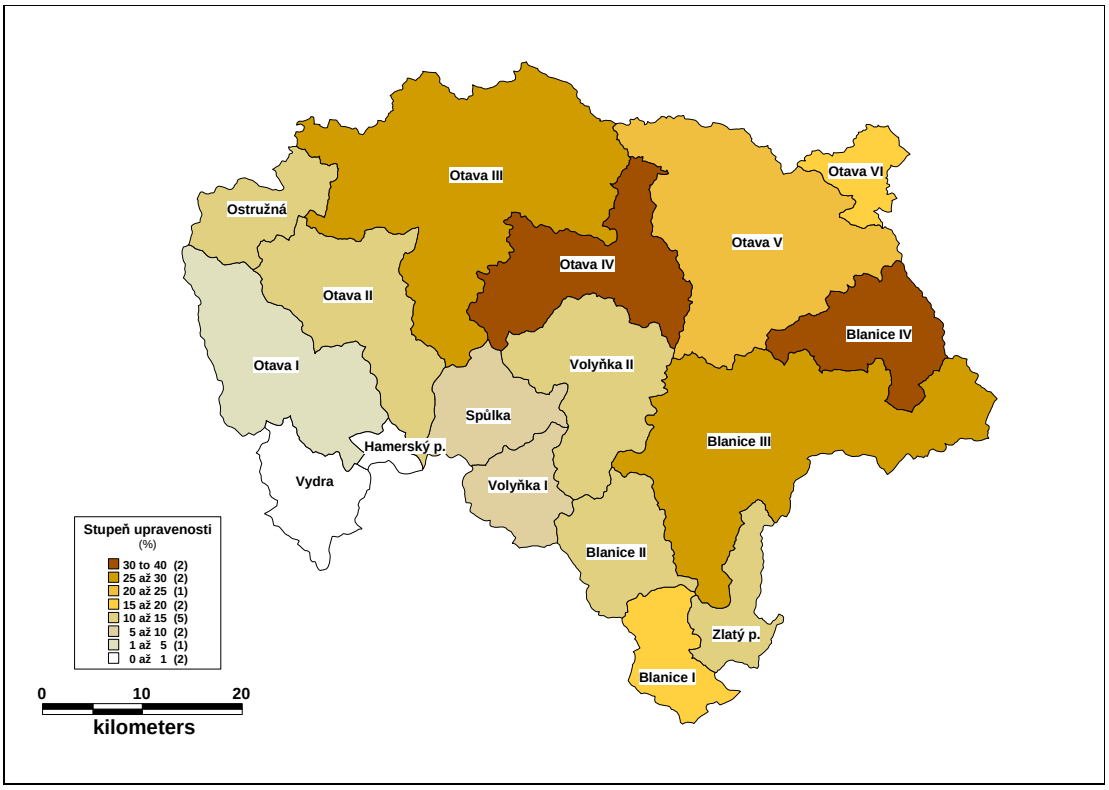
V zájmovém povodí Otavy se vyskytují velké regionální rozdíly v upravenosti hydrografické sítě (viz obr. 2). Nízký podíl upravenosti vodních toků byl zaznamenán na horním toku Otavy, především v oblasti jejích zdrojnic Křemelné a Vydry. Provedené úpravy na samotném horním toku Otavy představují především uměle vybudované plavební kanály (viz foto 1). Drobné úpravy vodních toků byly identifikovány v povodích Spůlky a Zlatého potoka. Nízký podíl upravenosti říční sítě vykazuje rovněž levostranný přítok Ostružná a horní tok Volyňky. Výrazně vyšší podíl upravených úseků vodních toků byl zaznamenán na středním a dolním toku Otavy a zároveň na jejích levostranných a pravostranných přítocích. Z levostranných přítoků vykazuje nejvyšší podíl upravenosti říční sítě Březový potok, dále Kolčavka, Řepický potok a Brložský potok (viz foto 2 a 3). K výrazným antropogenním úpravám toků došlo rovněž u pravostranných přítoků, především v povodí Blanice (viz obr. 2). Z mapy antropogenní transformace hydrografické sítě je velice dobře patrné jak postupně z horských oblastí směrem k podhorským, pahorkatinným a rovinatým oblastem roste stupeň míry ovlivnění toků člověkem.

Dále byl studován podíl upravenosti hydrografické říční sítě z pohledu jednotlivých hlavních bilančních povodí (v povodí Otavy jich bylo vymezeno 17). Tento výstup dokumentuje mapa stupně antropogenní transformace hydrografické sítě v povodí Otavy (viz obr. 3). Nejvyšší stupeň antropogenní transformace hydrografické sítě dosahuje dolní tok Blanice (bilanční povodí Blanice IV, S=39,60%) a střední tok Otavy (bilanční povodí Otava IV, S=32,74% a bilanční povodí Otava III, S=29,54%). Nulový stupeň upravenosti vodních toků vykazují naopak zdrojnice Otavy, tj. bilanční povodí Vydry a Hamerského potoka. Nízký stupeň upravenosti toků je charakteristický pro povodí Otava I (viz foto 4), Spůlka a Volyňka I, kde hodnoty koeficientu stupně antropogenní transformace nedosahují 10%. Ze 17-ti hodnocených bilančních povodí spadá nejvyšší počet, tj. 5 povodí do řádovostní kategorie S=10-15%.

Obr. 2 Antropogenní transformace hydrografické sítě v povodí Otavy (data: ZVM 1:50 000, ZABAGED 1:10 000)



Obr. 3 Stupeň antropogenní transformace hydrografické sítě v povodí Otavy



Hlavním výstupem části týkající se protipovodňových opatření je seznam evidovaných úprav vodních toků. Ze soupisu staveb v majetku podniku Povodí Vltavy, s. p. byla vytvořena databáze úprav s udáním kilometráže toku, kde se úprava nachází, její základní rozměry, funkce, popřípadě materiál použitý na výstavbu. Bohužel v evidenci je popis těchto lokalit jen velmi stručný a většinou nelze poznat, jedná-li se o protipovodňovou hráz či pouze o úpravu koryta.

Ve většině případů úprav se jedná o zpevnění břehů kamennou dlažbou. Z popisu v kartotéce není často jasné, jedná li se o úpravu, která převyšuje koryto nad okolní terén, a zabraňuje tak velkému plošnému rozlivu vody z řeky při vysokých průtocích. Pouze u některých úprav je udávána velikost průtoku, který je úprava schopna převést. U žádné úpravy nebyl nalezen větší než stoletý průtok. Podle sdělení pracovníků Povodí Vltavy s. p., se většinou jedná o tzv. staré úpravy a regulace koryt z doby plavení dřeva (myšleno na řece Otavě), které nelze považovat za protipovodňové hráze. V evidenci se nacházejí úpravy na těchto tocích: Otava, Blanice, Volyňka, Skalice, Losenice, Ostružná, Lomnice, Živný potok, Zlatý potok, Peklov, Malá Blanice. Podrobný seznam všech úprav toků je uveden v tabulce 2.

Tabulka 2 Seznam evidovaných úprav vodních toků v povodí Otavy (Zdroj: Povodí Vltavy, a.s.)

Název toku	Kilometráž	délka úseku (m)	výška úprav (m)	typ úpravy	Průtok ($m^3.s^{-1}$)
Skalice	21,500-22,300	800			
	29,250-32,350	3100			
	34,650-35,040	390	2		Q100
	43,157-43,200	43	0,6		
	44,130-44,350	220	1,2		
Otava	24,849-25,349	P=437,5	2,15-2,8	nábřežní zeď	
	25,165-25,795	L=630			Q100
	25,795-31,100	L=1230 P=1820	3-7	nábřežní zeď v Písku	Q100=920
	25,900-26,130	230	1,6-1,8	opevnění ostrova, kamenná zeď	Q10=464
	26,000-26,619	619		nábřežní zeď	
	31,100-39,580	8480	2,5-6	lichoběžníkový profil	Q2=176
	39,580-50,945	11365	1,5-6		Q10=344
	50,945-52,980	L=1570 P=1060	1,5-3		Q2=191
	52,329-53,729	400			
	52,980-61,800	8820	3-6	inundační zeď	Q100=652
	53,400-54,872	1472		nábřežní zeď ve Strakonicích	
	54,640-54,720	L=76,8 P=8		Kámen	
	68,325-89,480		1,3		
	89,480-112,910	L=8067 P=4800		úsek v Sušici na nábřeží výška 5 m	Q50=149

Losenice	0,000-0,100	100	0,6		Q100=67
	0,100-2,030	1930	3,5-4	lichoběžníkový profil	Q100=67
Ostružná	2,050-2,330	280	1	lichoběžníkový profil, příčné prahy	
	6,350-11,500	5150			Q2
	11,900-13,700	1800			
	20,500-20,800	300			
	21,800-23,200	1400			Q1
	27,200-28,700	1500			
Lomnice	6,990-7,016	26			
	13,330-13,583	253			Q5
	26,300-28,680	2380	1,5		
	27,690-28,563	873			
	28,563-29,600	1037			
	29,600-30,100	500			
Volyňka	0,000-0,197	197		opěrná zeď	
	0,200-0,250	50	5	kamenná nábřežní zeď	Q100=191
	0,250-0,500	250	2,5-3	kamenná dlažba	Q100=191
	3,120-6,860	L=340 P=210	1,5-2,5	inundační hráz	
	11,920-13,770	z toho 750	2	zeď	
	20,390-20,474	84	2-3	levobřežní zeď	
	25,850-26,450	600	1,5	dlažba	Q100=152
	34,550-34,610	L=60		kamenná dlažba	
	35,050-35065	15		kamenná dlažba	Q100
	35,300-35,880	580	2	zeď	
Peklov	2,000-2,610	610	2-2,5	zeď	Q20
	7,084-7,131	47			
Blanice	0,000-26,100	19 800	0,5-1,5	celková délka úprav v úseku	
	9,120-9,820	700		kamenná dlažba	
	9,820-11,680	1860		kamenná dlažba	
	17,980	380	1,4-1,6 hloubka	náhon elektrárny, kam. dlažba na dně	
	19,602-20,990	1392	0,8-1,5	lichoběžníková kamenná dlažba	
	20,990-26,300	5310	0,8-1,5	lichob. kamenná dlažba + část dna	
	46,900-47,146	246	2-3	lichoběžníková kamenná dlažba	
	78,650-79,000	350	1,2-1,4	lichoběžníková kamenná dlažba	
Malá Blanice	0,000-2,640	2640	1,5-2,2	kamenná dlažba	
Živný potok	4,640-5,115	475		inundační hráze, kamenná dlažba	
	6,055-6,925	870	1-3	dlažba	
	6,600-6,790	190		přeložka Živného potoka	Q100
Zlatý potok	8,800-8,942	142		kamenná dlažba	
	10,420-10,718	L=185 P=140		kamenná dlažba, nábřežní zeď	Q100

4. PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ V POVODÍ OTAVY A JEJICH FUNKČNOST PŘI POVODNI V SRPNU 2002

Detailní šetření funkčnosti protipovodňových opatření bylo provedeno na hlavním toku Otavy, Blanici a Volyňce. Výběr těchto povodí byl proveden na základě výsledků stupně upravenosti říční sítě v povodí Otavy.

Nejvíce protipovodňových hrází na sledovaném území se nachází na řece Otavě. Jedná se o kamenné nebo sypané hráze, které jsou vybudovány na ochranu před stoletou vodou. Nejvýše v povodí se nachází hráz v Sušici, která má podobu 5 m vysoké nábřežní zdi (foto 5). Další hráz, která leží na levém břehu Otavy, začíná za mostem naproti bývalému Posádkovému domu armády a končí u sušického nádraží (délka cca 1500 m, výška cca 1,5 m). Obě hráze nebyly při povodni 2002 přelity, k zaplavení náměstí a dalších míst v Sušici došlo díky rozlivu vody pod Panským jezem. Nová protipovodňová hráz byla vybudována za ČOV Sušice. Je dimenzována na 100 letou vodu a má chránit domy v obci Dobršín ležící nedaleko Otavy. Stavbu hráze financovala obec Dobršín a byla dokončena v létě 2003 (foto 6).

Další protipovodňové hráze na Otavě se nacházejí v Katovicích na pravém i levém břehu. Důležitá je 2 m vysoká hráz na nižším pravém břehu, neboť chrání cca polovinu obce. Hráz začíná u jezu Katovice a pokračuje až na konec obce. Část hráze těsně za jezem tvoří kamenná dlažba v délce asi 50 m, zbytek tvoří sypaná hráz. Při druhé vlně povodně došlo k přelití hráze a v místě vyvrácení topolu i k protržení hráze v délce cca 20 m (foto 7). To mělo za následek zaplavení značného počtu domů v obci Katovice. Ve Strakonicích se na řece Otavě nacházejí dvě protipovodňová opatření. Prvním je pohyblivý jez, který byl při povodni 2002 zcela otevřen. Dále jsou to kamenné nábřežní zdi na levém i pravém břehu Otavy, které byly během povodní 2002 přelity o 70 cm. V Písku je rovněž pohyblivý jez a kamenné nábřežní zdi, které na levém břehu doplňuje sypaná hráz (foto 8). V průběhu povodní v srpnu 2002 došlo k přelití hrází o 3 m.

Na řece Blanici se nacházejí dvě protipovodňová opatření. Prvním je přehradní nádrž Husinec na středním toku, která byla postavena koncem 30. let 20. století. Gravitační hráz je zděná z lomového kamene s žulovým obkladem z tvarových kamenů a má zakřivený půdorys (foto 9). Kromě hráze jsou součástí vodního díla také výpustná zařízení, bezpečnostní přeliv a malá vodní elektrárna. Další údaje o VD Husinec jsou uvedené v tabulkách 3 a 4. Druhým protipovodňovým opatřením na Blanici je úprava profilu koryta, která byla provedena v meziválečném období od Vodňan po soutok s Otavou. Jedná se

o lichoběžníkový profil s výškou valu do 1,5 m (foto 10). Podle ústního sdělení hrázného VD Husinec je koryto dimenzováno na průtok 90 $m^3.s^{-1}$.

Četná protipovodňová opatření jsou realizována na Volyňce. Ve Strakonicích vymezují ústí Volyňky do Otavy 2,5-3 m vysoké a 500 m dlouhé nábřežní zdi, které jsou (podobně jako v případě navazujících zdí na Otavě) dimenzované na 100-letou vodu (191 $m^3.s^{-1}$). Obec Radošovice je před povodněmi chráněna 1,5-2,5 m vysokou inundační hrází, která nebyla v průběhu povodní v srpnu 2002 přelita. Další protipovodňové úpravy se nacházejí ve Volyni a ve Vimperku. Jedná se o kamenné nábřežní zdi o délce 750 m, resp. 600 m a výšce 2 m, resp. 1,5 m.

Tabulka 3 Rozdělení prostoru vodní nádrže Husinec

Prostor	Od (m n.m.)	Do (m n.m.)	Objem (mil m^3)	Plocha (ha)
Stálé nadržení	504,33	515,33	0,771	18,03
Zásobní prostor	515,33	522,33	2,058	38,56
Ochranný ovladatelný prostor	522,33	528,33	2,815	56,75
Celkový ovladatelný prostor	504,33	528,33	5,644	56,75
Ochranný neovladatelný prostor	528,33	529,88	0,909	60,87
Celá nádrž	504,33	529,88	6,553	60,87

Tabulka 4 Základní údaje hráze VD Husinec

Kóta koruny hráze	531,73 m n.m.
Maximální výška nad základovou spárou	34,10 m
Maximální výška nade dnem	27,20 m
Délka hráze v koruně	197,00 m
Šířka hráze v patě (max.)	23,40 m
Šířka vozovky s chodníky na koruně hráze	5,80 m
Poloměr zakřivení v půdorysu	R = 240 m

5. DISKUSE

Hlavním bodem do diskuse o upravenosti říční sítě na základě analýzy ZVM je vypovídající schopnost zdrojových mapových podkladů, což souvisí především s použitým měřítkem. V případě použití map větších měřítek by zajisté byla určena větší souhrnná délka vodních toků a pravděpodobně rovněž větší délka upravených úseků. Nicméně se domníváme, že pro provedení plošné bilance upravenosti říční sítě pro povodí velikostního řádu Otavy, je zvolené měřítko 1:50 000 dostačující. Provedenou analýzou byl vyhodnocen stupeň antropogenní transformace hydrografické sítě z pohledu kvantitativních charakteristik a u protipovodňových opatření byl vyhodnocen charakter provedených úprav vodních toků. Z provedených úprav dominuje zpevnění břehů kamennou dlažbou.

Pokud se jedná o protipovodňovou ochranu, je třeba se zamyslet, zda je možno vytipovat další místa vhodná pro stavbu protipovodňových opatření, neboť se jich na území

povodí nachází poměrně málo. Rovněž se nabízí využití retenčních prostor v údolní nivě například stavbou tzv. řízených poldrů. Stavba přehradních nádrží, které mají jako jednu z funkcí protipovodňovou ochranu, nepřichází v úvahu. Na menších přítocích, které často protékají rybníky, je nutné v době možnosti vzniku povodně důsledněji využívat retenční kapacitu rybníků. To ale předpokládá začít včas s manipulací jejich hladin. Rovněž je nutné zkontrolovat stav hrází a bezpečnostních přelivů rybníků a předejít tak jejich protržení a následným škodám na majetku.

6. ZÁVĚR

Použitá metodika práce pro analýzu upravenosti říční sítě na základě ZVM 1:50 000 se prokázala jako vhodná, především pokud se jedná o analýzu plošně rozsáhlého povodí. Povodí Otavy je možno (při srovnání s celorepublikovým průměrem ČR S=28,4%) označit za podprůměrně antropogenně ovlivněné (S=20,7%), nicméně zde byly zaznamenány výrazné regionální rozdíly. Horní toky vykazují relativně nízký stupeň antropogenní transformace (např. v pramenné oblasti Vydry, Hamerského potoka, Otavy, Volyňky a Spůlky). Střední a dolní toky vykazují naopak značnou míru antropogenní transformace. Jako povodí, kde byl významně přemodelován charakter hydrografické sítě je možno jednoznačně označit celé povodí Blanice, kde se setkáváme s vyšším stupněm upravenosti již na horním toku. Jako značně antropogenně ovlivněnou oblast je možno rovněž označit střední tok Otavy včetně jejích přítoků.

Protipovodňová opatření osvědčila v době povodně svou funkci a převedla maximální možné průtoky, na které byla navržena. V místech s vyšším průtokem než stoletým byly hráze přelity (Strakonice 0,7 m, Písek 3 m, celá Blanice) a voda způsobila značné škody na stavbách a majetku. V Katovicích došlo po přelití hráze i k jejímu protržení, které způsobilo zatopení části obce.

V obecné rovině lze konstatovat, že od horských a podhorských oblastí směrem ke středním a dolním tokům stupeň antropogenní transformace hydrografické sítě roste, což zcela jednoznačně souvisí s nárůstem socioekonomického využití ploch údolních niv a s tím související potřeba protipovodňové ochrany. Ochrana před více než stoletými vodami stavbou hrází je nákladná, vysoké hráze by nebyly estetické a při jejich protržení by došlo možná k ještě větším škodám. Musíme tedy hledat cesty využití retenčních prostor v údolní nivě.

7. LITERATURA

MŽP ČR *Upravenost vodních toků v ČR.* Praha: MŽP ČR, 1995. www.env.cz

Povodí Vltavy, s. p. *Soupis úprav vodních toků v povodí Otavy. Nepublikované materiály.*

Povodí Vltavy, s. p. *Manipulační řád pro vodohospodářské dílo Husinec. Nepublikované materiály.*

Základní vodohospodářská mapa ČR 1:50 000, digitální rastrová podoba, © VÚV.

Základní vodohospodářská mapa ČR 1:50 000, digitální vektorová podoba, © VÚV.

ZABAGED 1:10 000. © ČÚZAK, data poskytla AOPK.

9. FOTOGRAFICKÁ PŘÍLOHA

Foto 1 Uměle vybudované koryto - náhon u Čeňkovy pily (Foto: M. Matoušková)

Foto 2 Antropogenně upravené koryto Březového potoka, tzv. geometrický profil. Březový potok byl upraven téměř v jeho celé délce, v určitých oblastech došlo k překladům koryt (Foto: M. Matoušková)

Foto 3 Zpevnění kamennou dlažbou ve dně a v březích na středním toku Březového potoka (Foto: M. Matoušková)

Foto 4 Porušení zpevněného břehu Otavy pod Annínem při povodni 2002 (Foto: M. Matoušková)

Foto 5 Nábřežní ochranné zdi v Sušici (Foto: M. Šobr)

Foto 6 Nově vybudovaná ochranná hráz u obce Dobršín (Foto: M. Šobr)

Foto 7 Místo protržení ochranné hráze v Katovicích (Foto: M. Šobr)

Foto 8 Nábřežní ochranný val v Písku je využívaný jako stezka pro cyklisty (Foto: M. Šobr)

Foto 9 Vodní nádrž Husinec na Blanici (Foto: J. Langhammer)

Foto 10 Úpravy na dolním toku Blanice, výška cca 1,5 m (Foto: M. Šobr)