



Ministerstvo životního prostředí
České republiky

VYHODNOCENÍ POVODNÍ V ČERVNU A ČERVENCI 2009 NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY



METODIKA MAPOVÁNÍ POVODŇOVÉHO RIZIKA

Dílčí zpráva



Český
hydrometeorologický
ústav



Zadavatel: Ministerstvo životního prostředí
odbor ochrany vod
Vršovická 65
100 00 Praha 10

Projekt: **VYHODNOCENÍ POVODNÍ
V ČERVNU A ČERVENCI 2009
NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY**

Nositel projektu: Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 17
143 06 Praha 4

Koordinátor projektu: Ing. Jan Kubát

Doba řešení projektu: 07/2009 – 12/2009

Dílčí část: **METODIKA MAPOVÁNÍ
POVODŇOVÉHO RIZIKA**

Nositel dílčí části: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30
160 62 Praha 6

Ředitel: Mgr. Mark Rieder

Odborný náměstek: Ing. Václav Bečvář, CSc.

Odpovědný řešitel: Ing. Karel Drbal, PhD.

Řešitelé: Mgr. Jana Ošlejšková
Ing. Miriam Dzuráková
Mgr. Pavla Štěpánková, Ph.D.

Vysoké učení technické, Brno, Fakulta stavební:
Doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.
Ing. Aleš Dráb, PhD.
Ing. Veronika Sobotková

ÚHUL Brno:
Ing. Jaromír Macků, Ph.D.

Technická spolupráce: Silvie Pavlíková

Místo uložení zprávy: MŽP odbor ochrany vod
ČHMÚ středisko informačních služeb
VÚV T.G.M. knihovna
VUT, FAST knihovna

OBSAH

Seznam zkratk	3
Úvod	5
1. Základní principy návrhu metodického postupu	7
2. Popis sledovaného území	9
3. Datové a analytické podklady	13
3.1 Přehled vstupních podkladů nezbytných pro hodnocení pilotních povodí	13
3.2 Výsledky analýz stavu zemědělského půdního fondu v povodí Jičínky a Luhy	13
3.3 Výsledky analýz stavu lesních porostů v povodí Jičínky a Luhy	16
3.3.1 Povodí Jičínky	18
3.3.2. Povodí Luhy	23
4. Návrh metodického postupu identifikace rozhodujících ploch a kritických bodů	29
5. Ověření a doplnění metodického postupu	37
5.1 Vymezení povodňových rozlivů	37
5.2 Vyhodnocení postupu	49
6. Úloha hromadného zpracování dat za ČR	77
7. Shrnutí a závěrečná doporučení	79
Literatura a podklady	83
Seznam obrázků	84
Seznam tabulek	85

Seznam zkratek

BPEJ – bonitované půdně ekologické jednotky
CN (*křivka*) – (Curve Numer) číslo odtokové křivky
CORINE – databáze krajinného pokryvu
ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav
ČHP – číslo hydrologického pořadí
DIBAVOD – digitální báze vod
DMT – digitální model terénu
DMÚ25 – Digitální model území 1:25 000
DSO – dráha soustředěného odtoku
GIS – Geografický informační systém
HSP – hydrologické skupiny půd
CHS – cílový hospodářský soubor
ID_KB – identifikátory kritických bodů
KB – kritický bod
KÚ – katastrální území
LČR – Lesy České republiky, s.p.
LHC – lesní hospodářský celek
LHO – lesní hospodářská osnova
LPIS – (Land Parcel Identification System) registr produkčních bloků zemědělské půdy
LVS – lesní vegetační stupně
OC – odvozní celek
OL – obecní lesy
OPRL – oblastní plány rozvoje lesa
ORP – obec s rozšířenou působností
RVK – retenční vodní kapacita
SLT – soubory lesních typů
TDE – těžebně-dopravní eroze
USLE2D – *Universal Soil Loss Equation2D* – označení matematického modelu
VS – věkové stupně
VUT FAST – Fakulta stavební Vysokého učení technického
ZABAGED – základní báze geografických dat

Úvod

Vyjádření míry povodňových rizik není novým požadavkem. Postupy jak vizualizovat stupeň potenciálních dopadů povodňového nebezpečí jsou vyvíjeny a testovány i v podmínkách území České republiky delší dobu. Základním procesním schématem je *vyjádření povodňového nebezpečí* pomocí vhodně zvolených parametrů; *stanovení zranitelnosti* území a aktivit provozovaných v oblastech ohrožených projevem povodňového nebezpečí; *vyjádření rizik* pomocí kvalitativních, semikvantitativních a kvantitativních postupů.

Problematickou a zřejmě i nejnáročnější z hlediska nejistot či potřebného času a finančních nákladů je příprava podkladů vhodných k vyjádření povodňového nebezpečí, resp. jeho projevů. Dlouhodobě jsou v ČR pořizovány údaje ke stanovení záplavových území. V současnosti se jedná o vymezení rozlivů jevů s dobami opakování 5, 20, 100 let na úsecích tzv. významných vodních toků. Délky úseků toků pro takto vymezené oblasti ohrožené projevy povodní, které jsou vyvolány regionálními srážkami, nyní dosahují 11 390 km. Nicméně se jedná o vstupní informace pouze jedné z reálných forem povodňového nebezpečí v ČR. Problémem a současně charakteristikou jiného typu povodní, pro které jsou příčinnými srážkami krátkodobé přívalové deště, je jejich nahodilost a tedy vysoká extremita z pohledu pravděpodobnostního vyjádření výskytu. Dalšími charakteristikami povodní z přívalových srážek jsou: možnost výskytu teoreticky na celém území státu, prakticky velmi omezená nebo málo přesná časoprostorová předpověď vypadnutí příčinných srážek, lokální rozsah důsledků zesilovaný nesprávnými způsoby užívání území apod. Lokální rozsah tohoto typu povodní sebou nese také v současné době obtížně řešitelný problém mobility prostředků a kapacit na účinnou prevenci pro tisíce urbanizovaných lokalit v ČR.

Obsahem dílčí zprávy projektu je návrh postupu identifikace ploch rozhodujících z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku z přívalových srážek a s nepříznivými účinky pro zastavěné části obcí. Jedná se o přístup, který směřuje jednak k vymezení kritických míst v rámci celé ČR jako výchozího materiálu pro hledání vhodné „národní“ strategie vedoucí ke zmírnění ohrožení, současně je možné výstup využít v prognózní praxi a zejména při tvorbě povodňových a krizových plánů a při návrzích dalších opatření.

1. Základní principy návrhu metodického postupu

Identifikace rozhodujících ploch z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku a stanovení v zastavěném území obce tzv. kritických bodů ohrožených soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin z přívalových srážek je ve své podstatě popis sledovaného postupu.

Vlastní **vymezení území**, která jsou ohrožená povodněmi z přívalových srážek, pomocí zmíněného postupu identifikace ploch rozhodujících z hlediska tvorby povrchového odtoku s nepříznivými účinky pro zastavěné části obcí, je úlohou vyžadující kombinaci více přístupů. Limitujícím faktorem je dostupnost využitelných dat pro celé území ČR.

Úloha hledání vhodného postupu, který by přispěl k účinné prevenci zmírnění negativních dopadů povodní z přívalových srážek, je výjimečně zařazena do projektu vyhodnocení letních povodňových situací roku 2009, protože se jedná o možnost efektivní verifikace navrhovaných postupů na aktuálních reálných datech.

Pilotními oblastmi pro potřeby vývoje a ověření hledaných postupů byla zvolena povodí nejvíce postižená projevy povodní v červnu 2009, povodí Luhy a Jičinky - pravostranné přítoky Odry v Moravskoslezském kraji.

2. Popis sledovaného území

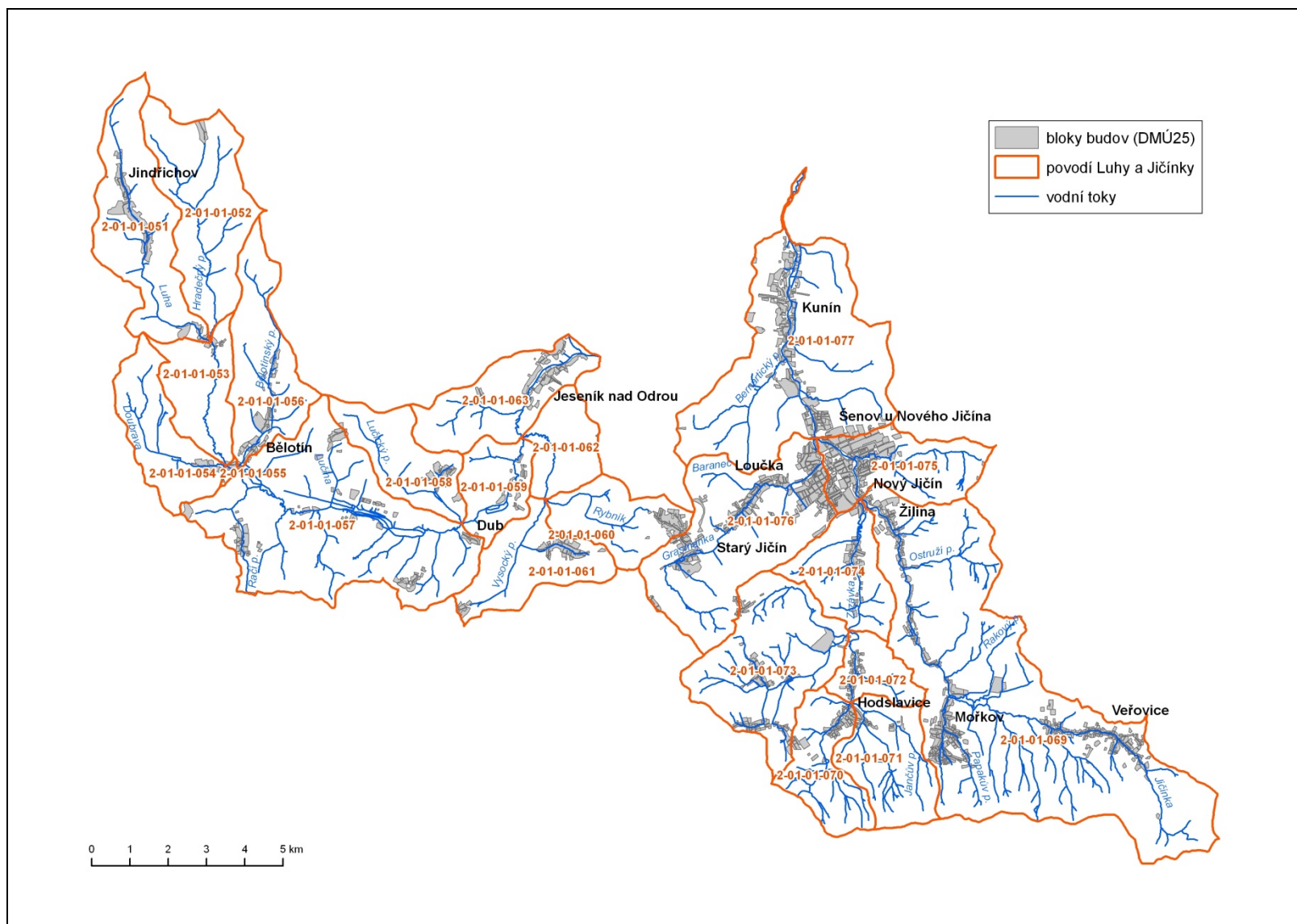
Zájmová oblast v horním povodí řeky Odry byla zasažena přívalovými srážkami ve dnech 24.6. a 25.6.2009. Území přísluší hydrologickému pořadí 2-01-01 a zahrnuje dílčí povodí toků dle tab. 2.1 [6].

Tab. 2.1 Pilotní povodí – seznam vodních toků

Vodní tok	Číslo hydrologického pořadí	Obec, městská část
Jičínka	2-01-01-069	Žilina u Nového Jičína
Jičínka	2-01-01-077	Šenov u Nového Jičína
Jičínka	2-01-01-077	Kunín
Rakovec	2-01-01-075	Nový Jičín – Dolní Předměstí
Rakovec	2-01-01-075	Žilina u Nového Jičína
Grasmanka	2-01-01-076	Šenov u Nového Jičína
Grasmanka	2-01-01-076	Nový Jičín – Dolní Předměstí
Grasmanka	2-01-01-076	Nový Jičín – Horní Předměstí
Grasmanka	2-01-01-076	Loučka u Nového Jičína
Zrzávka	2-01-01-074	Bludovice u Nového Jičína
Zrzávka	2-01-01-074	Nový Jičín – Horní Předměstí
Palackého potok	2-01-01-074	Nový Jičín – Horní Předměstí
Bernartický potok	2-01-01-077	Šenov u Nového Jičína
Baranec	2-01-01-076	Loučka u Nového Jičína
Luha	2-01-01-063	Jeseník nad Odrou
Luha	2-01-01-053	Bělotín
Luha	2-01-01-055	Bělotín
Luha	2-01-01-057	Bělotín
Bělotínský potok	2-01-01-056	Bělotín
Doubrava	2-01-01-054	Bělotín
Doubrava	2-01-01-055	Bělotín

V rámci řešení úlohy byla provedena kompletace dostupných podkladových materiálů, databází apod. Významnou část prací tvořila terénní šetření s cílem:

- o vyhodnocení a verifikace rozlivů toků a jejich přítoků, svodnic,
- o zpřesnění detailního průběhu povodňových epizod v KÚ obcí,
- o kompletace informací o způsobu využití zemědělské půdy před povodňovou situací,
- o stanovení druhové skladby lesů,
- o vyhodnocení hydrického režimu lesních půd,
- o kompletace detailních informací o škodách ve vybraných částech postižených obcí,



Obr. 2.1 Pilotní povodí toků Luhu a Jičínky

3. Datové a analytické podklady

Základním celorepublikově dostupným podkladem pro tvorbu digitálního modelu terénu je výškopis a polohopis základní báze geografických dat (ZABAGED), jako digitální topografický model integrující prostorovou složku vektorové grafiky s topografickými relacemi objektů a složku atributovou obsahující popisy a další informace o objektech. Výškopisná složka vybavená vektorovým souborem vrstevnic umožňuje vytvářet účelově digitální model terénu. Dalšími nezbytnými podklady jsou hranice intravilánů, územně analytické podklady, hranice KÚ, ortofotomapy, databáze DIBAVOD, hydrický režim lesních půd.

3.1 Přehled vstupních podkladů nezbytných pro hodnocení pilotních povodí

- výškopis a polohopis (ZABAGED),
- *.shp – hranice intravilánů obcí, hranice KÚ,
- ortofotomapy,
- DIBAVOD – digitální báze vod,
- CORINE land cover databáze krajinného pokryvu
- LPIS – registr produkčních bloků,
- BPEJ – bonitované půdně ekologické jednotky,
- SLT – soubory lesních typů,
- OPRL – oblastní plány rozvoje lesa.

3.2 Výsledky analýz stavu zemědělského půdního fondu v povodí Jičínky a Luhy

Využití území je charakterizováno krajinným pokryvem pozemků a vztahuje se především k plochám orné půdy, trvalých travních porostů a lesů. Zastoupení druhů pozemků je důležitým aspektem vzhledem k erozním a odtokovým poměrům v povodí. Rozhodující pro vznik erozních procesů bylo aktuální zastoupení plodin, které se z hlediska struktury neprojevovalo příliš negativně v důsledku nízkého zastoupení erozně nebezpečných plodin (viz tab. 3.1 a tab. 3.2). Při průzkumu byla identifikováno velmi intenzivní vodní eroze pouze u kukuřice a to jak v ploše tak zejména v drahách soustředěného odtoku.

Podrobné informace jsou uvedeny v dílčí zprávě úkolu Vyhodnocení dopadů povodní na krajinu a životní prostředí. Detailní výsledky jednotlivých šetření v ploše povodí se dále promítly jako vstupní informace do vývoje metodického postupu.

Tab. 3.1 Plošné zastoupení plodin v povodí Luhy

Povodí dle ČHP	Plocha povodí dle ČHP [ha]	Kukuřice [ha]	Obilniny [ha]	Řepka [ha]	Orná - zatravněno [ha]	Orná - nezjištěno [ha]
2-01-01-051	1035	24.8	140.8	74.1	132.4	70.6
2-01-01-052	1058	14.4	125.9	119.2	36.6	6.4
2-01-01-053	518	100.4	222.2	34.1	13.3	4.4
2-01-01-054	614	26.8	70.9	69.4	0.0	80.7
2-01-01-055	18	0.0	3.8	0.0	0.1	0.0
2-01-01-056	788	2.6	316.8	65.5	13.3	34.8
2-01-01-057	2237	111.1	729.1	155.5	34.2	311.0
2-01-01-058	563	46.0	139.5	21.1	69.0	83.2
2-01-01-059	414	3.6	165.1	33.1	19.1	5.0
2-01-01-060	539	0.0	191.3	53.9	49.8	27.6
2-01-01-061	636	75.1	79.5	78.3	29.1	141.4
2-01-01-062	414	5.2	207.1	82.1	1.3	24.0
2-01-01-063	735	57.3	127.7	42.0	70.5	22.8
Suma (povodí Luhy)	9566	467.1	2519.7	828.3	468.8	811.9

Tab. 3.2 Plošné zastoupení plodin v povodí Jičínky

Povodí dle ČHP	Plocha povodí dle ČHP [ha]	Kukuřice [ha]	Obilniny [ha]	Řepka [ha]	Orná - zatravněno [ha]	Orná - nezjištěno [ha]
2-01-01-069	3742	6.4	0.0	0.0	0.0	98.9
2-01-01-070	554	0.0	9.3	0.0	11.5	0.0
2-01-01-071	651	0.0	106.3	0.0	0.0	45.4
2-01-01-072	307	4.5	6.8	0.0	31.2	11.3
2-01-01-073	1192	47.2	0.0	0.0	5.2	0.0
2-01-01-074	594	0.0	49.8	0.0	0.0	6.7
2-01-01-075	687	60.2	148.7	0.0	5.6	0.0
2-01-01-076	1512	0.6	174.2	94.3	217.1	65.1
2-01-01-077	2100	350.3	343.7	149.8	316.0	170.4
Suma (povodí Jičínky)	11339	469.19	838.8	244.1	586.7	397.7

Tab. 3.3 Plošné zastoupení druhů pozemků v povodí Luhy

Povodí dle ČHP	Plocha povodí dle ČHP [ha]	LPIS - orná půda (2) [ha]	LPIS - trvalý travní porost (7) [ha]	LPIS - sady (6) [ha]	Les - porost bez rozlišení (21) [ha]	Ostatní plocha (30) [ha]
2-01-01-051	1035	442.7	224.1	0.1	197.3	170.3
2-01-01-052	1058	302.5	211.6	0.0	434.9	108.6
2-01-01-053	518	374.3	4.1	0.0	56.0	83.2
2-01-01-054	614	247.7	10.2	0.0	205.9	149.9
2-01-01-055	18	4.0	0.9	0.0	0.0	13.3
2-01-01-056	788	433.0	68.5	0.0	98.3	188.2
2-01-01-057	2237	1340.9	78.7	38.4	163.9	614.8
2-01-01-058	563	358.9	12.2	0.0	96.3	95.4
2-01-01-059	414	226.0	41.9	0.0	31.7	114.2
2-01-01-060	539	322.5	13.7	0.0	86.7	115.7
2-01-01-061	636	403.4	23.5	0.0	83.9	125.1
2-01-01-062	414	319.7	13.9	0.0	48.8	32.0
2-01-01-063	735	320.3	42.3	0.7	174.5	196.9
Suma (povodí Luhy)	9566	5095.8	745.3	39.2	1678.0	2007.7

Tab. 3.4 Plošné zastoupení druhů pozemků v povodí Jičínky

Povodí dle ČHP	Plocha povodí dle ČHP [ha]	LPIS - orná půda (2) [ha]	LPIS - trvalý travní porost (7) [ha]	LPIS - sady (6) [ha]	Les - porost bez rozlišení (21) [ha]	Ostatní plocha (30) [ha]
2-01-01-069	3742	105.3	1236.1	0.5	1401.8	998.3
2-01-01-070	554	20.8	92.0	0.0	306.3	134.8
2-01-01-071	651	151.7	110.2	0.0	310.9	78.2
2-01-01-072	307	53.8	154.6	0.0	15.4	83.2
2-01-01-073	1192	52.4	421.5	1.5	391.5	325.0
2-01-01-074	594	56.5	259.8	0.2	106.1	171.5
2-01-01-075	687	214.5	71.3	0.0	52.5	348.7
2-01-01-076	1512	551.3	230.0	1.1	187.6	541.9
2-01-01-077	2100	1330.2	110.1	0.0	97.6	562.1
Suma (povodí Jičínky)	11339	2536.5	2685.7	3.3	2869.7	3243.8

Souhrnné vyhodnocení

Základním příčinným faktorem (vedle extrémních přívalových srážek) se v povodí Luhy ukázalo vysoké procento orné půdy lokalizované na plošně rozsáhlých svažitých pozemcích ve většině případů bez jakýchkoli protierozních opatření. Druhým významným nepříznivým faktorem, který velmi ovlivnil charakteristiky přímého povrchového odtoku, bylo vysoké procento zastoupení půd s nízkou intenzitou vsaku, neboť pro vznik odtoku je dále základní charakteristikou rychlost infiltrace, která je vyjádřena plošným zastoupením a rozložením hydrologických skupin půd (HSP) v povodí. V povodí Luhy a Jičínky HSP typu C a D

představují 41 % plochy povodí. HSP typu C je charakterizována nízkou rychlostí infiltrace ($0.02\text{--}0.06\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$) při úplném nasycení, zahrnuje půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu, jílovohlinité až jílovité a HSP typu D představuje půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0.02\text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnatostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

V povodí Jičínky se přes nižší procento plošného zastoupení orné půdy a vyššího zastoupení travních porostů, výrazně nepříznivě projevila zejména morfologie území daná vyšší sklonitostí pozemků v kombinaci s výše uvedeným faktorem výraznějšího plošného zastoupení půd s nízkou schopností infiltrace a to zejména také u lesních pozemků v horní části povodí.

Výsledky terénního šetření v povodí Luhy a Jičínky naštěstí neprokázaly vyšší plošné zastoupení erozně nebezpečných plodin v povodí Luhy (5 %) a v povodí Jičínky (4 %). Jak již bylo uvedeno, k zmírnění dopadů povodňové situace v posuzovaných oblastech přispělo zejména nízké procento ploch zemědělské půdy využívaných k pěstování širokořádkových erozně nebezpečných plodin.

3.3 Výsledky analýz stavu lesních porostů v povodí Jičínky a Luhy

V rámci řešení této úlohy projektu Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území ČR byly provedeny analýzy stavu lesních porostů v pilotních povodích. Výsledky zmíněných rozborů tak doplňují podrobné informace o stavu krajiny a způsobu využití území, které jsou zmíněny v kap. 3.2, resp. podrobněji uvedeny v dílčí zprávě projektu Vyhodnocení dopadů povodní na krajinu a životní prostředí.

Hydrická funkce lesa představuje jeho vliv na složky oběhu vody a její kvalitu. Funkční kritéria jsou zastoupeny hodnocením typu vodního režimu, hydraulické vodivosti půd, retenční vodní kapacity s vazbou na hydrologické skupiny půd.

Výchozími podklady pro nezbytné analýzy hydrické funkce lesa byly údaje čerpané z Oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL) 1997 – 2002, které zpracoval Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. Ekosystémové analýzy lesních porostů pak využívaly nezbytné podklady ve formě metadat z lesních hospodářských plánů a osnov (LHC/O)* zpracovaných v letech 1999 - 2008 pro lesy v daných povodích.

Poznámka: *LHC znamená hospodářsko-úpravnickou jednotku, pro kterou se zpracovávají hospodářské plány vlastníka lesů nad 50 ha. LHO se zpracovávají pro vlastníky lesů pod 50 ha v rámci pořizovatelských obvodů (kompetence příslušné pověřené obce s rozšířenou působností).*

Rozbory byly zaměřeny na následující problematiku:

- lesnatost a prostorová struktura (fragmentace) lesů v povodí (fragmentace lesů diferencuje plochy lesů podle velikosti, prostorového rozmístění a tvaru (cirkularita – výstřednost)),
- druhová a věková skladba lesních porostů,
- ekosystémové analýzy přírodních podmínek, tj. vymezení lesních vegetačních stupňů a ekologických řad, výchozím podkladem je lesnická typologická mapa a charakteristiky typologických jednotek SLT (souborů lesních typů),
- podklady pro hydrologické výpočty (struktura odtokových CN křivek),
- vyhodnocení hydrické funkce lesních porostů,

- vyhodnocení půdoochranné funkce lesních porostů (*půdoochranná funkce představuje schopnost odolnosti lesních půd, resp. lesního ekotopu k těžebně-dopravní erozi definované jako objem půdy přemístěné při těžbě a soustředování dřeva působením dopravního prostředku, jejich nákladu a soustředěného odtoku. Kritéria vyhodnocení této funkce se opírají o klasifikaci terénního a technologického typu, erozního faktoru, erodovatelnosti a únosnosti půd ve vazbě na infrastrukturu zpřístupnění lesa*).

Použitá kritéria vymezující typ vodního režimu lesní půdy

Tab. 3.5 Typ vodního režimu půdy

Stupeň	typ vodního režimu*	hydraulická vodivost**	RVK***	Hydrologické skupiny půd
1	G (R)	$< 0,02$	nad 34	D
2	P	0,02-0,06	30 – 34	C - D
3	V L	0,02-0,06	23 – 30	C
4	T1	0,06 – 0,12	14 – 23	B
5	T2	$> 0,12$	pod 14	A

Poznámky: * Vymezení typu vodního režimu půdy:

R - Rašeliny

Rašelinný horizont je hlubší než 50 cm. Trvale zamokřené plochy se specifickým vodním režimem. Většinou ploché terénní deprese, v horských oblastech také vrchoviště. Rašeliny se často nacházejí v pramenných oblastech a mají vodohospodářský význam. Převládající edafická kategorie - R.

G- Půdy trvale zamokřené

Zamokření stagnující podzemní vodou, jejíž hladina je blízko povrchu. Většinou ploché terénní deprese se špatnými odtokovými poměry. Půdní typy - gleje a glejové subtypy. Převládající edafické kategorie - G,T.

V- Půdy zamokřené svahovou proudící vodou

Plošné svahové a podsvahové vývěry. Na mírných plochých svazích tvoří často mozaiku zamokřených pramenišť podle výskytu podzemních překážek, které usměrní proudící podzemní vodu k povrchu. Většinou dlouhé ploché horské svahy pramenných oblastí. Převládající edafické kategorie - V, U.

L- Luhy

Zamokření proudící podzemní vodou, korespondující s hladinou ve vodním toku. Intenzita zamokření se během roku mění podle kolísání průtoku v recipientu. Inundační území vodních toků s mírným spádem, nivní půdy, typologická kategorie L.

P - Pseudogleje

Periodické zamokření povrchovou vodou vyvolávající pseudoglejový proces. Relief terénu tvoří zpravidla plošiny a mírné terénní deprese. Intenzita zamokření kolísá s vývojovým stádiem porostu a jeho desukční funkcí.

T2 – Terestrické lehké půdy

Písčité a skeletové půdy s vysokou retencí a vysokou propustností srážkové vody.

T1 - Terestrické lehké až středně těžké půdy

Půdy s dobrou až vysokou retenční schopností a relativní dobrou přístupností vody.

** Hydraulická vodivost při nasycení vodou v $[mm.min^{-1}]$

*** RVK...retenční vodní kapacita půdy v % obj. vlhkosti (Macků, 1982)

Tab. 3.6 Potenciál hydrické funkce lesní půdy

typ vodního režimu	typologické jednotky (SLT)	stupeň vodního režimu	
R G	0-8T, 0-8G, 8V,8Q,8P 0-9R	1	velmi nízký
P	0-1Q, 0-2O, 1-2V 0-7P, 2-7Q, 3-7V 3-7O	2	nízký
V L*	3-7V9 1-6L, U	3	průměrný
T2	3-8S, 1-7B, 1-6H 1-6D, 3-7N, 3-8S, 8K,8Z 1-7I, 1-3J, 3-8F, 9K,9Z	4	vysoký
T1**	0-5M,0-2K,0-5C, 1-2S 1-5W, 1-8A, 0-8Y	5	mimořádný

Specifika ovlivňující hydrický režim lesních půd:

* specifikem inundačních území je vysoký potenciál retenčních schopností, při nasycení profilu fluvizemí a glejových půd dochází k bezprostřednímu kontaktu s volnou hladinou podzemní vody hydrografické sítě (SLT 1-6L a U).

3.3.1 Povodí Jičínky

1. Prostorová struktura (fragmentace) lesů

Plocha lesa v povodí Jičínky dosahuje 3007 ha, lesnatost 26,5 %.

Tab. 3.7 Fragmentace lesů v povodí Jičínky

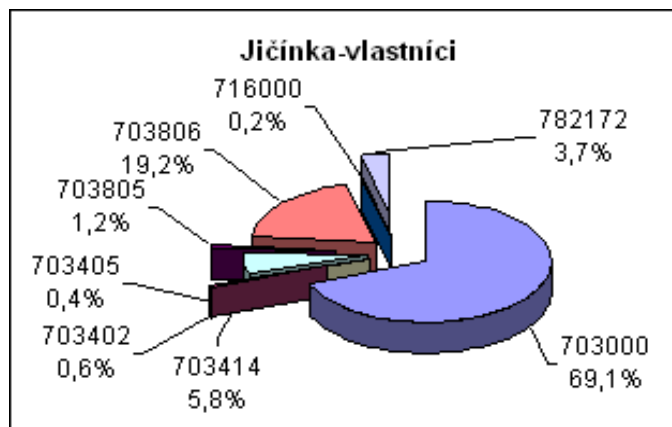
Velikost fragmentu	fragmenty			průměr		cirkularita Osk/Okr
	četnost	ha	obvod/ m	ha	obvod/m	
1	213	55,0	66207,5	0,3	310,8	3,1
3	40	69,5	38138,7	1,7	953,5	2,1
15	13	92,7	26422,9	7,1	2032,5	2,2
30	5	105,5	17572,2	21,1	3514,4	2,2
100	3	198,2	17176,2	66,1	5725,4	2,0
1000	4	1019,1	126277,7	254,8	31569,4	5,6
1001	1	1467,1	35937,8	1467,1	35937,8	2,6
Celkem	279	3007,1	327733,0	10,8	1174,7	

Plocha lesa je nepravidelně mozaikovitě rozmístěna do 279 fragmentů. Největší komplex lesa 1467 ha je v horní (jižní) části povodí. Dalším typem fragmentu jsou plochy (4) o velikosti 101 - 1000 ha ve střední části povodí na západním a východním okraji. Pokud jde o tvar (cirkularita) jsou na tom nejlépe plochy o velikosti 3-100 ha (51). Naopak malé plošky do 1 ha (213) a největší komplexy nad 100 ha(4) jsou tvarů protáhlého.

Majetková držba je pestrá (11 LHC/O). Z toho největší zastoupení mají LČR, lesní správa Frenštát p.R. (69,1%) a drobní vlastníci LHO Nový Jičín(19,2%).

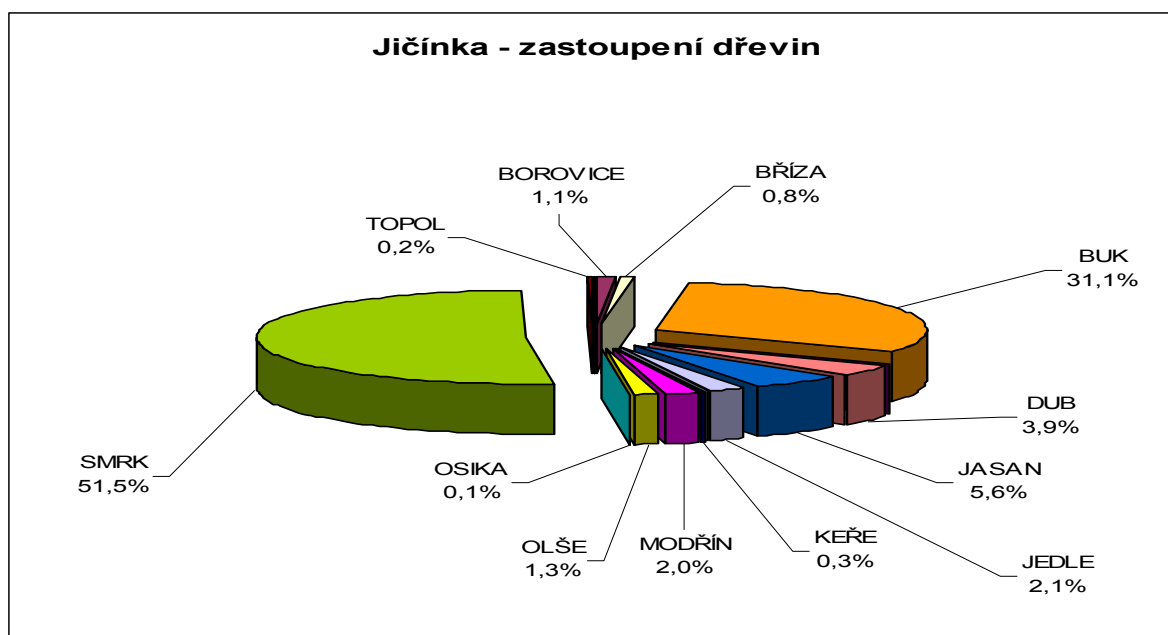
Tab. 3.8 Zastoupení vlastníků lesní půdy v povodí Jičínky

název LHC/O	kód
Frenštát pod Radhoštěm	703000
obec Starý Jičín	703402
Ženklaava	703405
Nový Jičín	703414
LHO Frenštát pod Radhoštěm	703805
LHO Nový Jičín	703806
LHO Kopřivnice	703807
Rožnov pod Radhoštěm	716000
Lesy obce Zašová	716409
LHO Valašské Meziříčí	716802
Potštát	782172



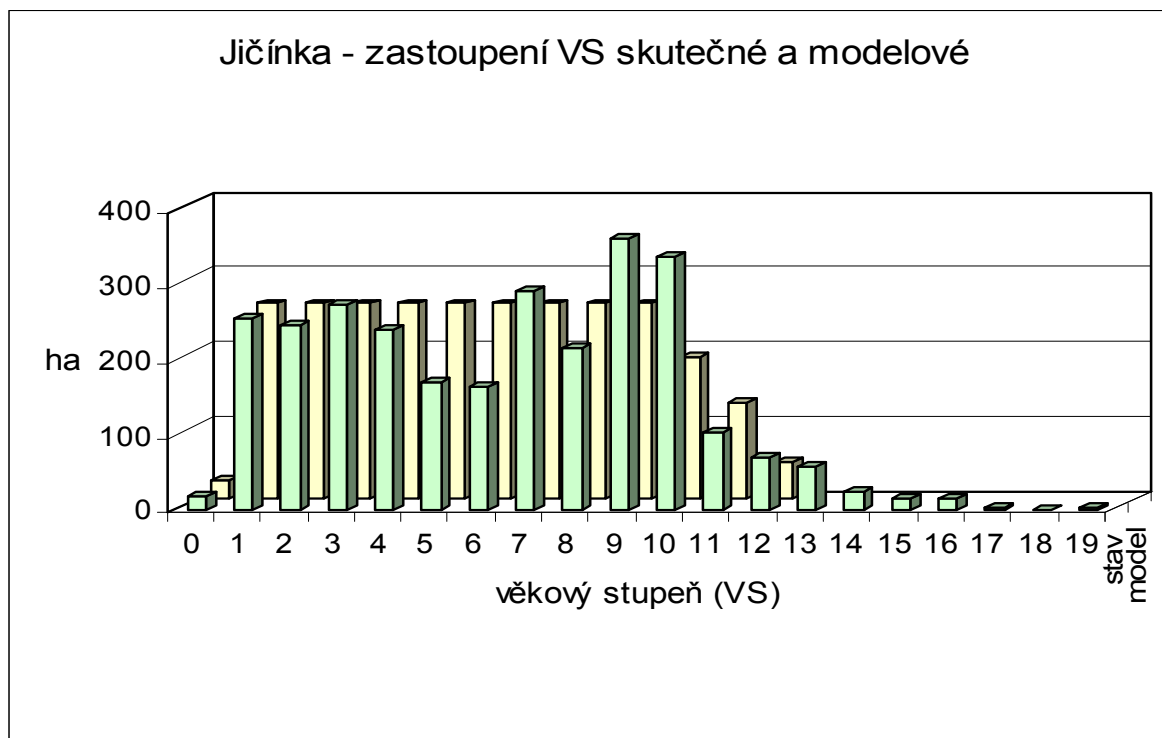
2. Druhová a věková skladba lesních porostů

Zastoupení lesních dřevin: smrk 51,5 %, buk 31,1 %, dub 3,9%, jasan 5,6% ostatní dřeviny do 2%. Proti skladbě přirozené by zastoupení smrku mělo být do 10% ve prospěch jedle a buku.



Obr. 3.1 Druhová skladba lesních porostů

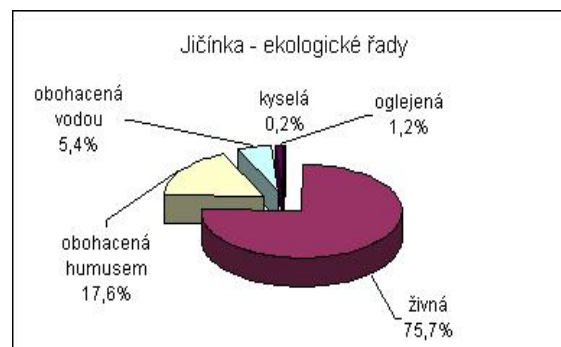
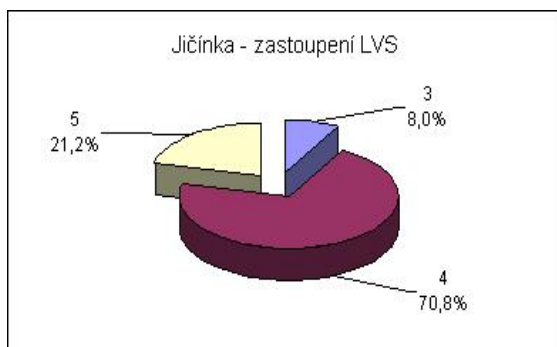
Věková skladba: zastoupení VS (věkových stupňů – interval 10 let) je nevyrovnané, tzv. normální zastoupení VS překračuje 9 a 10 VS o 39 a 79% a naopak 5 a 6 VS dosahuje normálu jen z 65 a 63%. To představuje menší běžný přírůst a oslabení desukční funkce lesních porostů.



Obr. 3.2 Věková skladba lesních porostů v povodí Jičínky

3. Ekosystémové analýzy přírodních podmínek

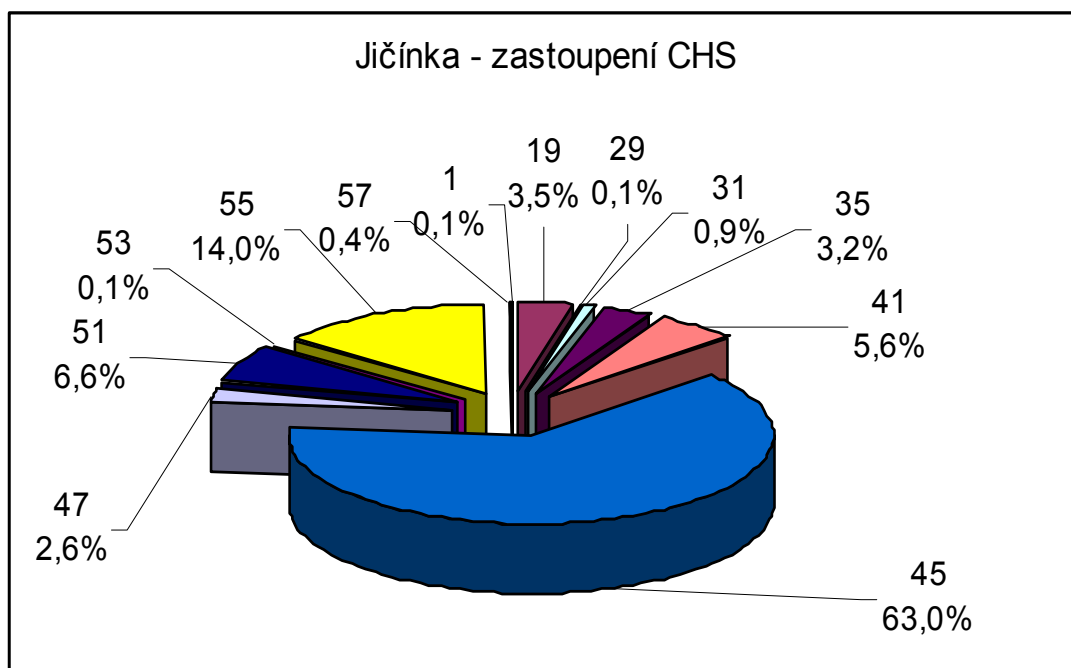
Zastoupení lesních vegetačních stupňů (LVS): převládá 4 LVS bučiny s 70,8% a 5 LVS jedlobukový s 21,2%.



Obr. 3.3 Zastoupení lesních vegetačních stupňů a ekologických řad v povodí Jičínky

Zastoupení ekologických řad (ER): převládá řada živná s 75,7 % a obohacená humusem s 17,6%. Přebíhají soubory lesních typů (SLT) 4B, 4D, 5B, 5S na mezotrofních až eutrofních kambizemích.

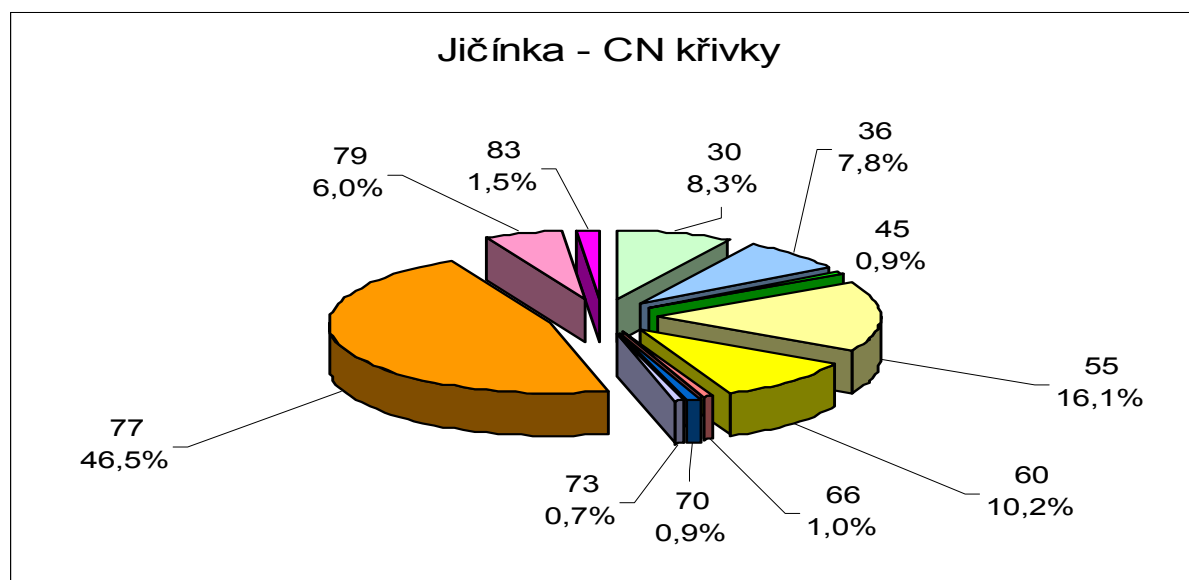
Agregované SLT tvoří následující spektrum cílového hospodářství: (63%) CHS (cílový hospodářský soubor) 55 jedlo-bukové hospodářství vyšších poloh na exponovaných stanovištích, následují exponovaná stanoviště jedlových bučin CHS 51 (6,6%) a exponovaná stanoviště bučin CHS 41 (5,6%).



Obr. 3.4 Zastoupení cílových hospodářských souborů v povodí Jičínky

4. Podklady pro hydrologické výpočty (struktura odtokových CN křivek)

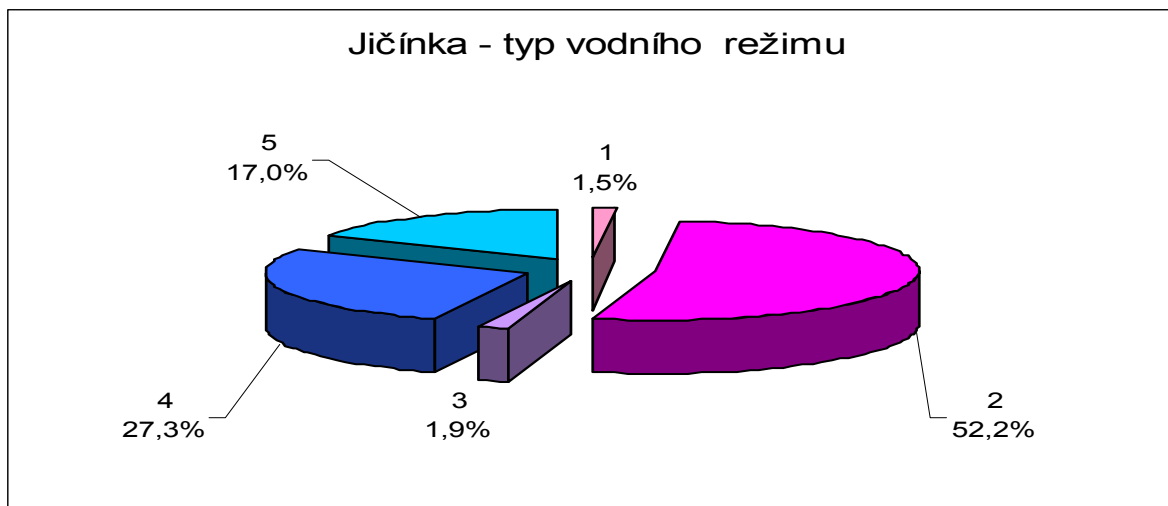
Struktura odtokových křivek představuje s 46,5% CN 77 (omezené hydrologické podmínky na málo propustných půdách), s 10,2% na CN 60 (střední hydrologické podmínky na propustných půdách), 6% CN 79 (střední hydrologické podmínky na nepropustných půdách) a 16,1% CN 55 (dobré hydrologické podmínky na propustných půdách).



Obr. 3.5 Hodnoty CN – povodí Jičínky

5. Hydrická funkce lesních porostů – typ vodního režimu

Převládá zastoupení typu vodního režimu s nízkým stupněm (52,2%) oproti vysokému až mimořádnému (27,3 a 17%).



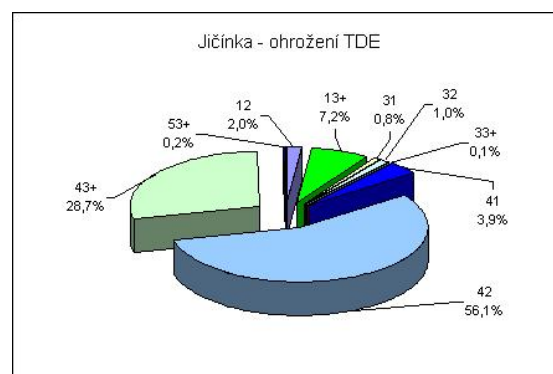
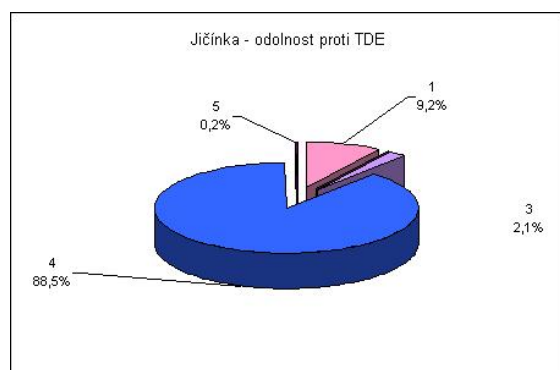
Obr. 3.6 Potenciál hydrické funkce lesní půdy – stupeň vodního režimu

6. Půdoochranná funkce lesních porostů - potenciální těžebně-dopravní eroze

Převládá vysoká odolnost (88,53%) lesního ekotopu k TDE. Nezanedbatelné je zastoupené velmi nízké TDE s 9,2%. Dopravní infrastruktura je velmi nevyrovnaná. Převládá nedostatečná hustota odvozních cest (74%), na části plochy je nepřijatelná (6%) a naopak na 30% území je hustota nadbytečná.

Tab. 3.9 Potenciál těžebně dopravní eroze - podklady

odvozní celek (OC)	trans. segm.	plocha OC (m ²)	odvoz cesty (m)	m/ha		%	st.opt. hustoty
				skut.	model		
FR01	A	1 324 043,4	402,6	3,0	15	0,202719	1
	C	21 996 154,4	28 459,0	12,9	22,5	0,575034	2
	D	795 988,9	0,0	0,0	25	0	1
	E	9 313 776,5	33 773,9	36,3	27,5	1,318739	3+
RO01	C	1 058,3	0,0				1
	E	95 593,3	184,1	19,4	27,5	0,704689	2



Obr. 3.7 Potenciál těžebně dopravní eroze

Komentář: Průmětem vektorových vrstev odolnosti proti TDE a stupně optimální hustoty odvozních cest vznikne současné ohrožení TDE. To znamená, že na 56,1% je stupeň

odolnosti proti TDE vysoký, ale z hlediska optimální hustoty je nedostatečný. Naopak na 28,7% při vysokém stupni odolnosti je odvodní síť předimenzovaná.

7. Souhrnné vyhodnocení – povodí Jičinky

V povodí Jičinky byla analyzována fragmentace lesních porostů, která je plošně a prostorově nevyrovnaná. Též zastoupení vlastníků je velmi pestré s největším zastoupením LČR 69,1%. Zastoupení dřevin je ve prospěch smrku s 51,5% a buku s 31,1%. Nevyrovnané jsou věkové třídy lesních porostů v neprospěch 5 a 6 VS, což má za následek oslabení desukční funkce porostů. Živná řada a bukový LVS charakterizují přírodní podmínky. Nezanedbatelný je podíl liniových společenstev provázející nesčetné hluboké údolnice pestrého reliéfu terénu se společenstvy jasanových olšin a vlhkých bučin či jedlobučin. Takovýto charakter terénu vytváří podmínky pro soustředěný odtok a rýhovou erozi půdy.

Struktura odtokových CN křivek je ve prospěch omezených až středních hydrologických podmínek na nepropustných půdách. Typ vodního režimu lesních ekosystémů převládá se stupněm nízkým. Odráží se zde struktura lesních porostů a charakter ekotopu. Ohrožení TDE je závislé na stupni odolnosti půd k erozi a na stavu sítě odvodních cest navazující na uplatňované těžebně-dopravní technologie. Převládá stupeň odolnosti k TDE vysoký za nedostatečné hustoty odvodní sítě.

3.2.2. Povodí Luhy

1. Prostorová struktura (fragmentace) lesů

Celková plocha lesa dosahuje v povodí Luhy 1875 ha, lesnatost pak 17,9 %.

Tab. 3.10 Fragmentace lesů v povodí Luhy

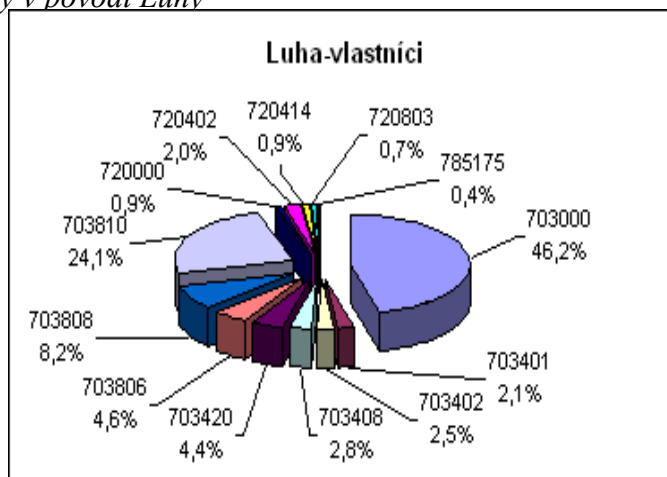
Velikost Fragmentu	Fragmenty			průměr		cirkularita Osk/Okr
	četnost	Ha	obvod/ m	ha	obvod/m	
1	120	39,5	40096,0	0,3	334,1	3,1
3	37	75,3	35497,8	2,0	959,4	1,9
15	25	165,9	47807,5	6,6	1912,3	2,1
30	3	64,5	9349,2	21,5	3116,4	1,9
100	9	483,9	62596,2	53,8	6955,1	2,7
1000	2	1045,8	62023,2	522,9	31011,6	3,8
Celkem	196	1875	257370	9,6	1313,1	

Fragmenty lesů jsou v povodí nepravidelně rozmístěny do 196 částí. Největší dva komplexy lesa o celkové ploše 1 045,8 ha se nacházejí v severní části povodí. Druhým nejvíce zastoupeným typem fragmentu jsou velikosti 30 – 100 ha (9) o celkové ploše 483,9 ha, rozmístěné ve střední a východní části povodí. Tvarově jsou na tom nejlépe fragmenty 1 – 30 ha (65) o ploše 305,7 ha. Naopak malé fragmenty do plochy 1 ha a nad 100 ha jsou protáhlého tvaru.

Majetková držba je roztržistěná (13 LHC/O). Největší zastoupení mají LČR, lesní správa Frenštát pod Radhoštěm (46,2%) a drobní vlastníci zařízení obvodu Frenštát – Hranice (24,1%).

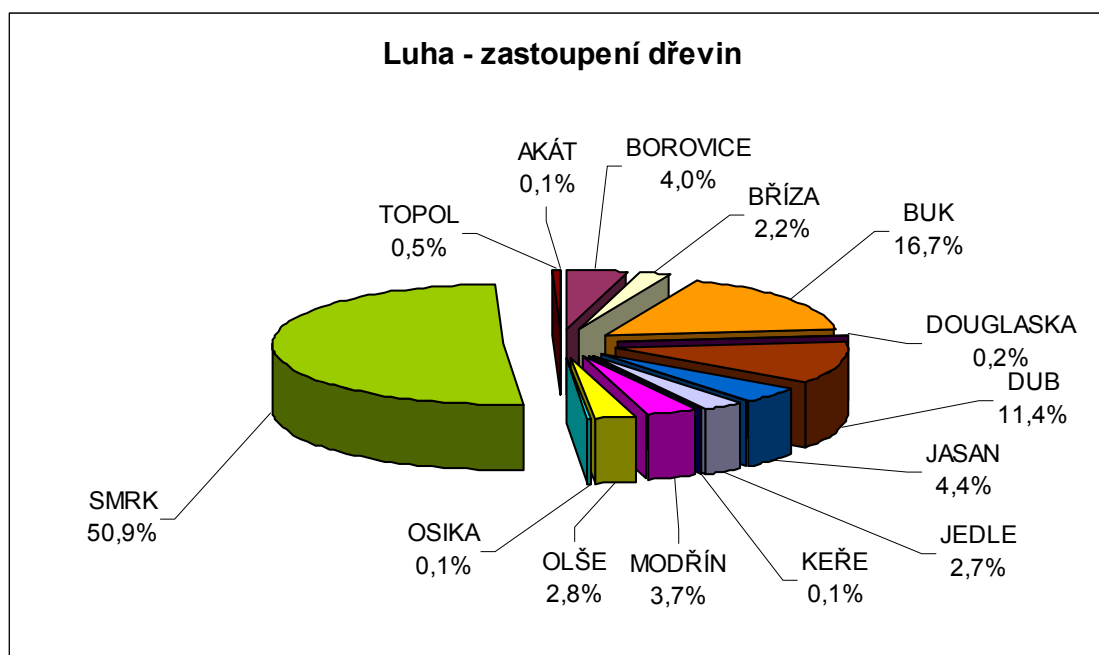
Tab. 3.11 Zastoupení vlastníků lesní půdy v povodí Luhy

název LHC/O	kód
Frenštát pod Radhoštěm	703000
lesy města Hranice	703401
obec Starý Jičín	703402
OL Hustopeče n.B.	703408
Obecní lesy Jeseník nad Odrou	703420
LHO Nový Jičín	703806
LHO Odry	703808
LHO Frenštát - Hranice	703810
Vítkov	720000
Město Odry	720402
Městské lesy Odry 2	720414
LHO Vítkov	720803
Bruntál	785175



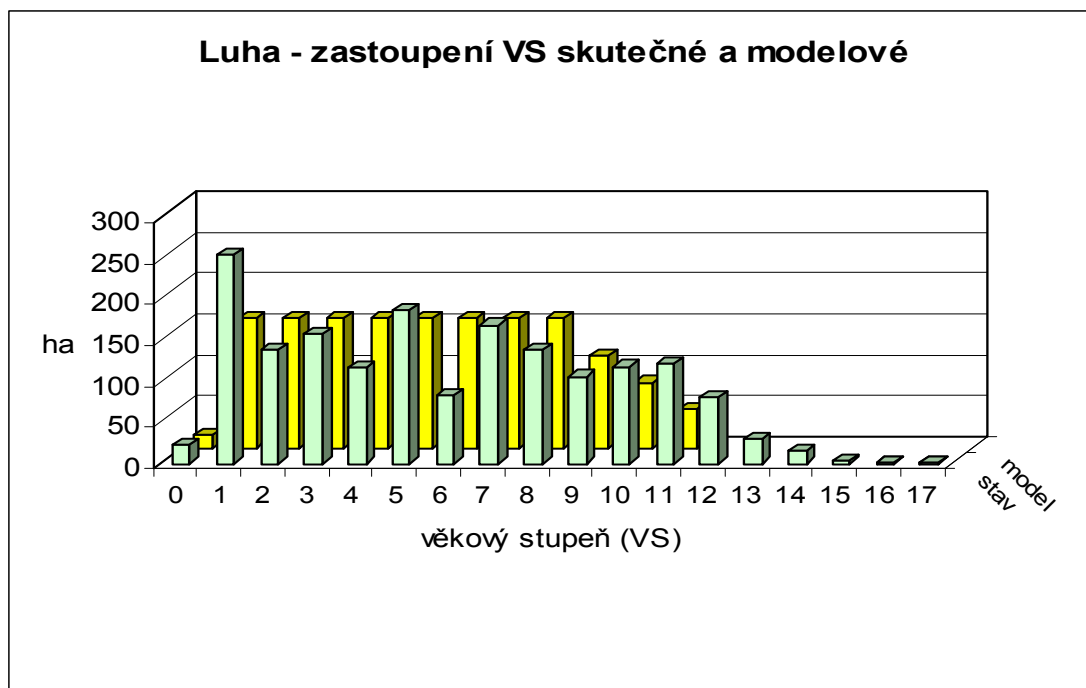
2. Druhová a věková skladba lesních porostů

Zastoupení dřevin v lesních porostech: smrk 50,9 %, buk 16,7%, dub 11,4% a ostatní dřeviny vtroušeně do 4%.



Obr. 3.8 Druhová skladba lesních porostů

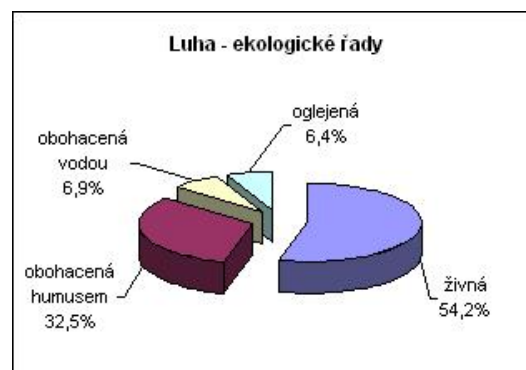
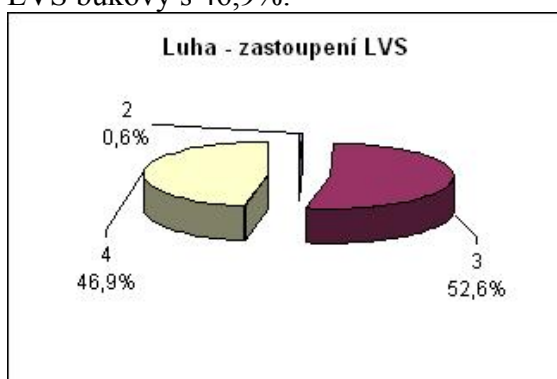
Plošné zastoupení věkových stupňů (interval 10 let) je značně nevyrovnané. První VS překračuje model o 60%, druhý a osmý má zastoupení jen 87%, čtvrtý 74% a šestý VS 52%. Celkový běžný přírůst je nižší a desukční funkce porostů je oslabena.



Obr. 3.9 Zastoupení věkových stupňů na ploše lesní půdy

3. Ekosystémové analýzy přírodních podmínek

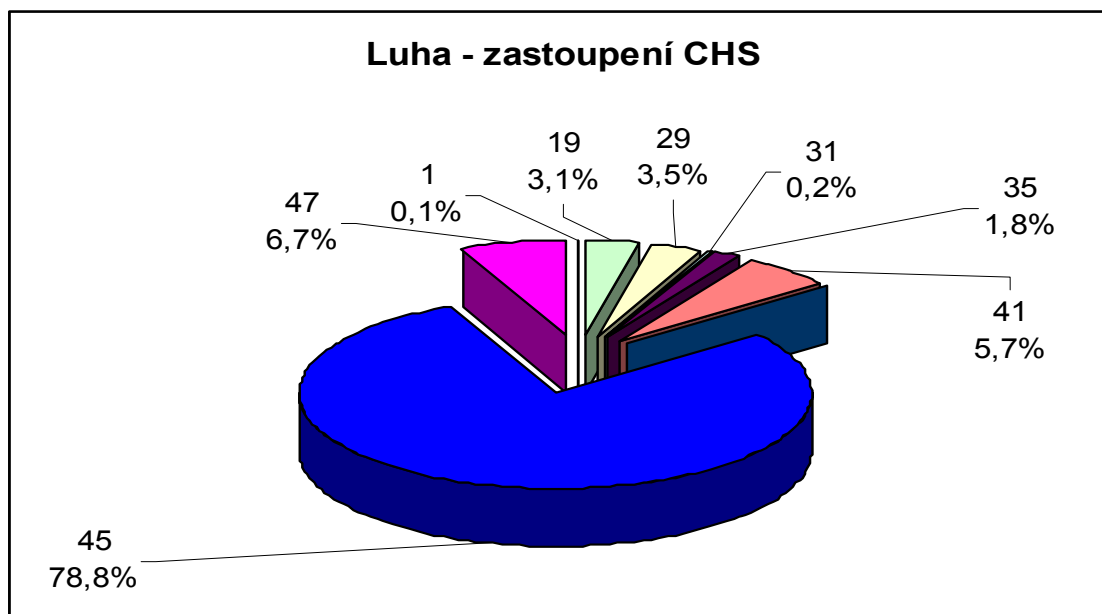
Zastoupení lesních vegetačních stupňů (LVS): převládá 3 LVS dubové bučiny s 52,6% a 4 LVS bukový s 46,9%.



Obr. 3.10 Zastoupení lesních vegetačních stupňů a ekologických řad v povodí Luhy

Zastoupení ekologických řad (ER): převládá řada živná s 54,2%, následuje řada obohacená humusem s 32,5%.

Převládají soubory lesních typů (SLT) 3D, 3H a 4B na mezotrofních až eutrofních kambizemích.

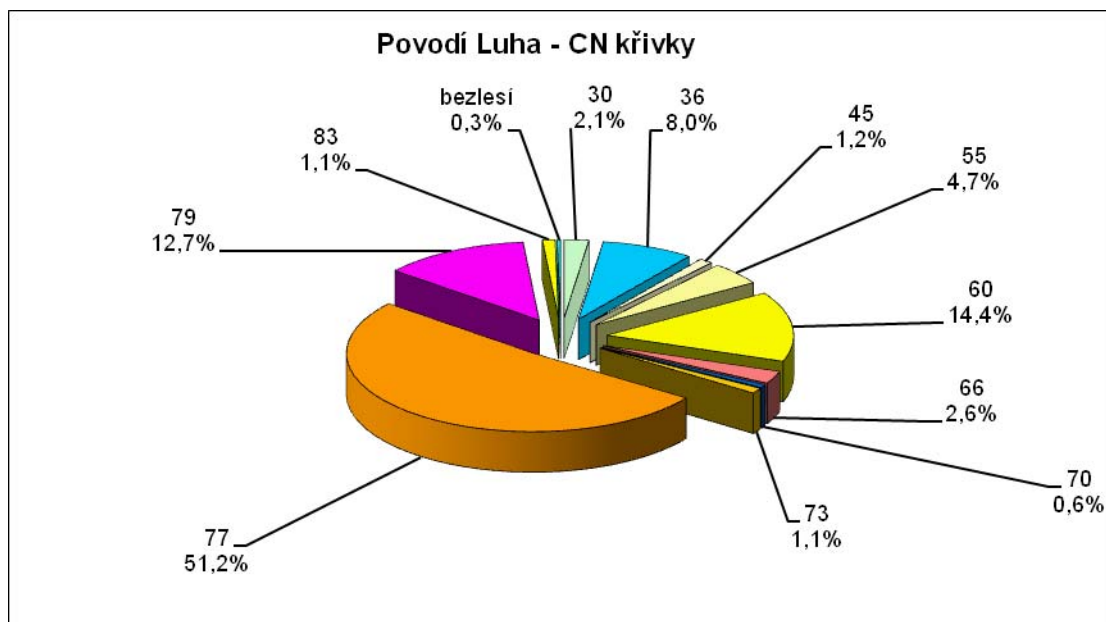


Obr. 3.11 Podíly cílových hospodářských souborů v povodí Luhy

Největší zastoupení má CHS 45 Bukové hospodářství živných stanovišť středních poloh. Ostatní CHS nepřesahují 6,7%.

4. Podklady pro hydrologické výpočty (struktura odtokových CN křivek)

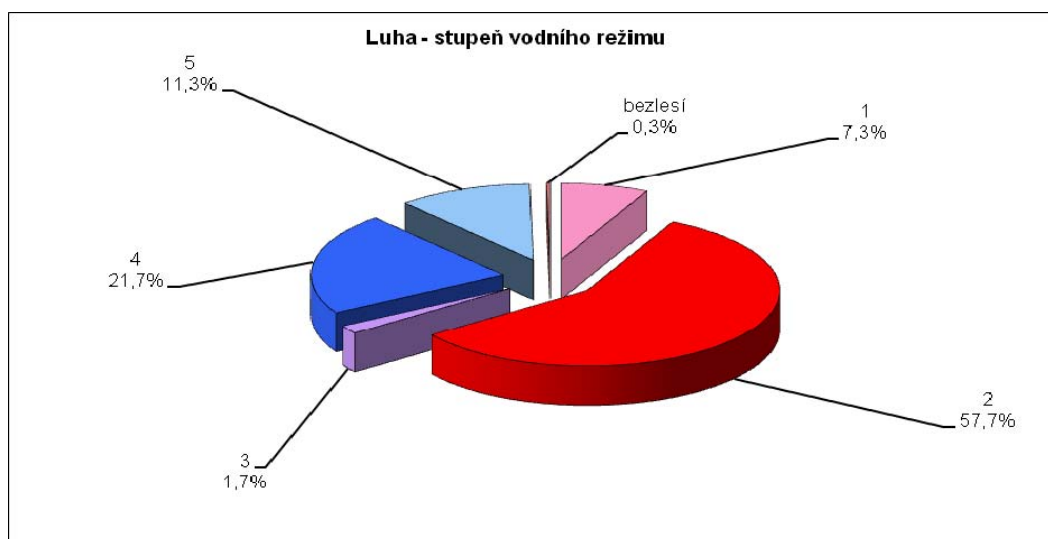
Struktura odtokových křivek je velmi pestrá. Nejvyšší zastoupení má CN 77 s 51,2% (omezené hydrologické podmínky na nepropustných půdách). Následuje CN 60 s 14,4% (střední hydrologické podmínky na propustných půdách) a CN 79 Střední hydrologické podmínky na nepropustných půdách).



Obr. 3.12 Hodnoty CN – povodí Luhy

5. Hydrická funkce lesních porostů – typ vodního režimu

Převládá zastoupení typu vodního režimu s nízkým stupněm 57,7%, Vysoký stupeň až mimořádný je zastoupen 21,7%, resp. 11,3%.



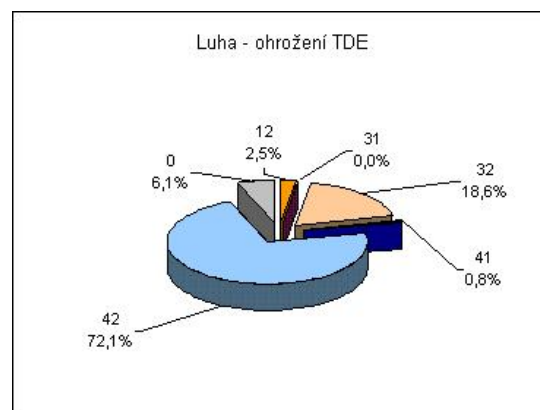
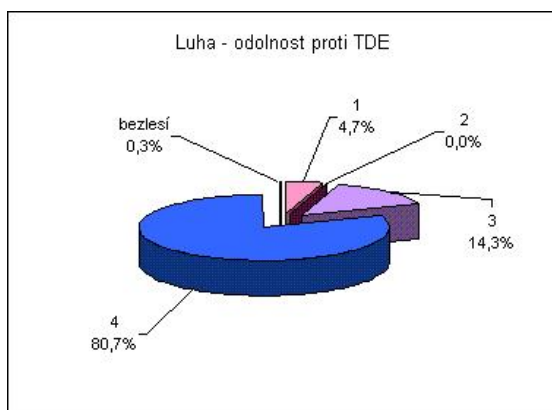
Obr. 3.13 Potenciál hydrické funkce lesní půdy – stupeň vodního režimu

6. Půdoochranná funkce lesních porostů - potenciální těžebně-dopravní eroze

Odolnost vůči TDE převládá vysoká 80,7 %, následuje střední s 14,3%. Infrastruktura odvozních cest je nedostatečná. Tato skutečnost pak představuje dlouhé přibližovací vzdálenosti s následným ohrožením TDE.

Tab. 3.12 Potenciál těžebně dopravní eroze - podklady

odvozní celek (OC)	trans. segm.	plocha OC (m2)	odvoz cesty (m)	m/ha		%	st.opt. hustoty
				skut.	model		
FR01	A	15 486 173,4	14 873,9	9,6	15	0,640316	2
	C	5 866 017,7	10 127,7	17,3	22,5	0,768123	2
	D	533 681,0	0,0			0	1
	E	8 367 048,5	16 351,0	19,5	27,5	0,710627	2



Obr. 3.14 Potenciál těžebně dopravní eroze

Komentář: Současné ohrožení TDE je nejvyšší na stupni 42 s 72,1%, což představuje vysokou odolnost vůči TDE při nedostatečné hustotě odvozních cest. Následuje stupeň 32 s 18,6%, střední odolnost s nedostatečnou hustotou odvozních cest.

7. Souhrnné vyhodnocení – povodí Luhy

Prostorová fragmentace lesních porostů je plošně a prostorově nevyrovnaná. Tvarově jsou na tom lépe fragmenty o velikosti 1–100 ha. Zastoupení vlastníků je velmi pestré s největším zastoupením LČR 46,2% . Zastoupení dřevin je ve prospěch smrku s 50,9% a buku s 16,7%. Nevyrovnané jsou věkové třídy lesních porostů v neprospěch zejména 2, 4 a 6 VS, což má za následek oslabení desukční funkce porostů. Živná řada a vyrovnané zastoupení dubo-bukového a bukového LVS charakterizují přírodní podmínky.

Struktura odtokových CN křivek je ve prospěch omezených až středních hydrologických podmínek na nepropustných půdách. Typ vodního režimu lesních ekosystémů převládá se stupněm nízkým. Odráží se zde struktura lesních porostů a charakter ekotopu. Ohrožení TDE je závislé na stupni odolnosti půd k erozi a na stavu sítě odvozních cest navazující na uplatňované těžebně-dopravní technologie. Převládá stupeň odolnosti k TDE vysoký za nedostatečné hustoty odvozní sítě.

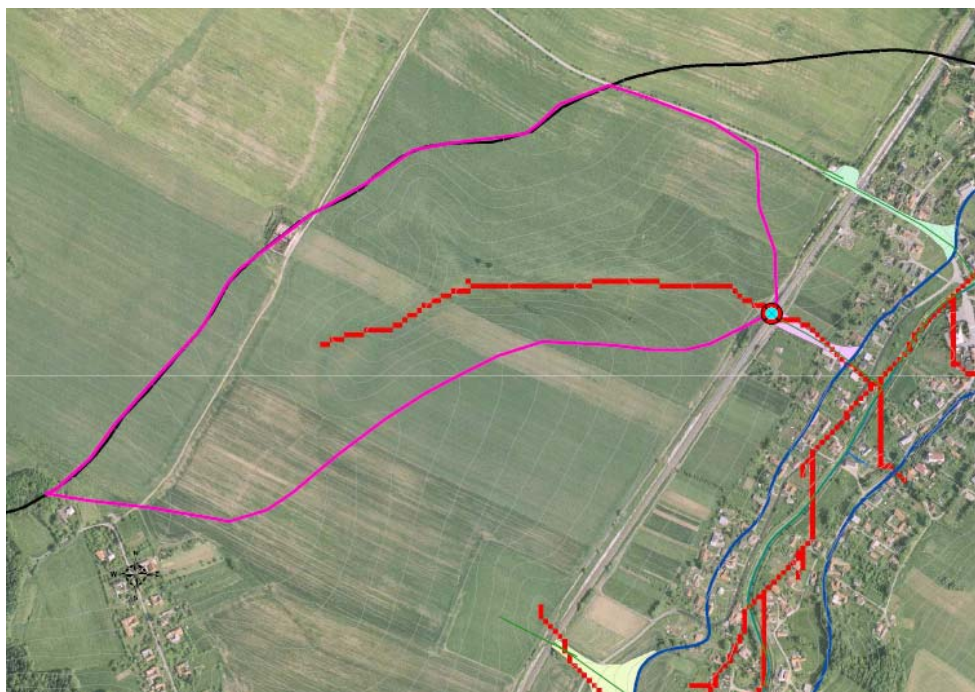
4. Návrh metodického postupu identifikace rozhodujících ploch a kritických bodů

Tvorba a následné ověřování postupu identifikace rozhodujících ploch z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku a stanovení v zastavěném území obcí tzv. kritických bodů ohrožených soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin z přívalových srážek vyžadovaly přípravu poměrně rozsáhlých datových podkladů pro pilotní povodí Luhy a Jičínky.

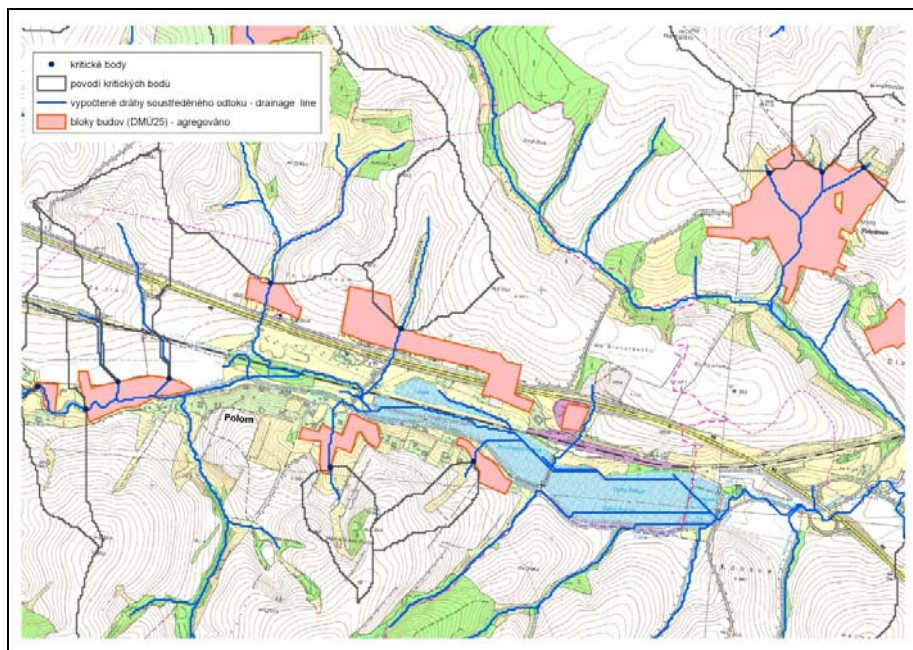
Postup uvedený v této kapitole tedy obsahuje všechny významné pracovní fáze, které byly uplatněny při zpracování dostupných a aktuálních údajů v pilotních povodích.

1. **Hydrologické podklady** byly připravovány v prostředí GIS na základě DMT s využitím hydrologických nástrojů GIS (ArcHydro) při doporučené velikosti buňky 10x10 m. Z hydrologicky korektního DMT vytvořeného interpolační metodou je odvozena **mapa směrů odtoku** (*funkce flow direction*), tj. mapa směru největšího spádu každé buňky (gridu) k sousední níže položené buňce.
2. **Generování drah soustředěného odtoku** bylo provedeno pomocí hydrologické nadstavby GIS (*funkce flow accumulation*) a následné odvození hydrografické mikrosítě v závislosti na zadané velikosti přispívající plochy. Při ověřování v povodí Luhy a Jičínky se jako kritická z hlediska poškození objektů v zastavěné části obce ukázala velikost přispívající plochy nad 0.3 km².

V místech, kde vygenerované linie drah soustředěného odtoku vnikají do zastavěné části obce se stanoví tzv. kritické body (viz obr. 4.1). Kritický bod je tedy určen průsečíkem dané hranice intravilánu (jako podklad může sloužit hranice vymezená v územně analytických podkladech) s linií dráhy soustředěného odtoku (obr. 4.2).



Obr. 4.1 Určení kritického bodu a jeho přispívající plochy



Obr. 4.2 Intravilán - detailní situace v obci Polom (Luha)

3. **Charakteristiky kritického bodu (KB)** jsou klíčové atributy. Zvoleny byly základní fyzicko-geografické charakteristiky sběrných ploch KB: velikost sběrné (přispívající) plochy, její průměrný sklon, druhy pozemku a procentické zastoupení orné půdy. Dále se uvažují kritické body jejichž přispívající plochy nepřesáhnou velikost rozlohy 10 km². V uvedeném příkladu KB č.26 (viz obr. 4.1) je velikost přispívající plochy 0.71 km², průměrný sklon přispívající plochy je 4.03 %, 89% orné půdy (dle LPIS). Sklonitostní poměry lze určit na základě DMT viz obr. 4.3.



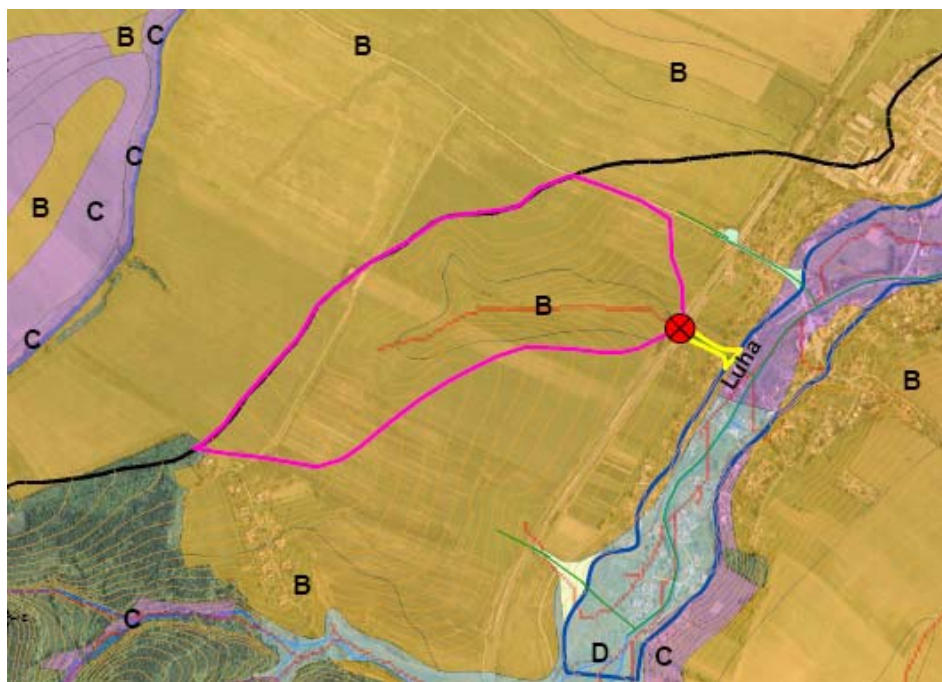
Legenda: žlutá 0 - 5 %, sv. hnědá 5 - 10 %, tm. hnědá 10-15 %, fialová 15-20 %, červená nad 20 %.

Obr. 4.3 Sklonitostní poměry modelové přispívající plochy

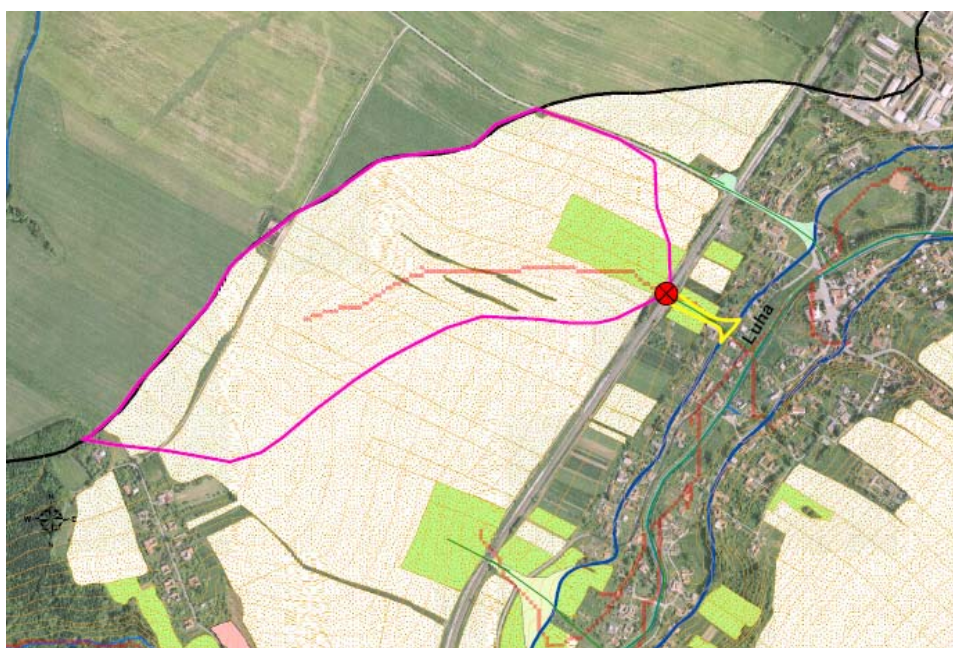
4. Stanovení základních charakteristik přímého odtoku

S využitím DMT a spolu s celostátně dostupnými daty LPIS a BPEJ je možné pro každou vygenerovanou přispívající plochu vypočítat **reprezentativní čísla odtokových křivek CN**, která jsou váženým průměrem CN (vypočítaných na základě jednotlivých segmentů průniku vrstev hydrologických skupin půd a vegetačního pokryvu) viz obr. 4.4 a 4.5.

V případě analýz v pilotních povodí Luhy a Jičínky byly využity podklady LPIS a BPEJ.



Obr. 4.4 Plošné vymezení hydrologických skupin půd



Legenda: sv.hnědá – orná půda, sv. zelená – travní porost

Obr. 4.5 Plošné vymezení druhů pozemků dle LPIS

- a. Po vytvoření mapy CN jsou pak s využitím raster kalkulátoru vypočítány pro přispívající plochy (subpovodí – P [km²]) základní charakteristiky přímého odtoku: potenciální retence – A [mm], výška přímého odtoku – H_o [mm], objem přímého odtoku – O_{ph} [m³] a kulminační průtok – Q_{ph} [m³.s⁻¹]. Uvedené charakteristiky přímého odtoku slouží k přesnější identifikaci závěrových profilů sběrných ploch. Uváděná metoda čísel odtokových křivek (CN – Curve Number) představuje srážkoodtokový model s celostátně dosažitelnými vstupy, dostatečně přesný, použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodích, či jejich částech o ploše do 10 km². Metoda je podrobně popsána v [11].

Základním vstupním údajem jsou čísla odtokových křivek (CN), která se určují podle:

- o hydrologických vlastností půd rozdělených do čtyř skupin: A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení,
- o využití území, krajinného pokryvu, použitých agrotechnologií a případného uplatnění protierozních opatření.

Přímý odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové akumulace. Tato počáteční ztráta byla stanovena na základě experimentálních měření na 20% potenciální retence ($I_a = 0,2A$).

Základní vztah pro určení výšky přímého odtoku:

$$H_o = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A) \quad \text{pro } H_s \geq 0,2A \quad 4.1$$

kde H_o je přímý odtok (mm)

H_s – úhrn návrhového deště (mm)

A – potenciální retence (mm), vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (CN):

$$A = 25,4 (1000/CN - 10). \quad 4.2$$

Objem přímého odtoku je dán vztahem:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o, \quad 4.3$$

kde P_p je plocha povodí (km²).

- b. Výpočet kulminačního průtoku (pokud nejsou použity údaje ČHMÚ) vyžaduje pro každou přispívající plochu na základě charakteristik jejího sběrného území (průměrná hodnota CN, délka údolnice a její sklon, průměrný sklon povodí) následně stanovit dobu koncentrace T_c [hod], která je součtem dob doběhu pro plošný odtok (T_{ta}) a soustředěný odtok o malé hloubce (T_{tb}).

$$T_c = T_{ta} + T_{tb}, \quad (\text{viz metoda CN}) \quad 4.4$$

Doba doběhu pro plošný odtok T_{ta} [hod] je počítána s využitím rastr kalkulátoru (dle metody NRCS Lag method) dle vztahu:

$$T_{ta} = \frac{I_{sv}^{0,8} \left[\frac{1000}{CN} - 9 \right]^{0,7}}{441 \cdot I_{sv}^{0,5}}, \quad 4.5$$

kde T_{ta} - doba doběhu plošného povrchového odtoku [hod],
 L_{sv} - délka odtokové dráhy k hydraulicky nejvzdálenějšímu bodu sběrné plochy
 KB – k rozvodnici odvozením z mapy směru odtoku. (0 až 100) [m],
 CN - reprezentativní CN hodnota [-],
 I_{sv} - průměrný sklon svahu [%],

Doba doběhu pro soustředěný odtok o malé hloubce T_{tb} [hod] se odvozuje na základě délky segmentu doby doběhu pro soustředěný odtok o malé délce l [m] a jeho sklonu podle vztahu

$$T_{tb} = \frac{L_u}{1,5 \cdot d} \cdot \sqrt[5]{\frac{P_p^2}{I_u}} \quad 4.6$$

kde T_{tb} - doba doběhu pro soustředěný odtok o malé hloubce údolnice (DSO)[hod.],
 L_u – délka údolnice [km],
 I_u - průměrný sklon údolnice [-],
 P_p – výměra sběrné plochy [km²],
 d - průměr kruhu, jehož plocha se rovná výměře sběrné plochy KB [km]

Na základě určení tzv. počáteční ztráty $I_a = 0,2 A$ a znalosti návrhové srážky H_s [mm] se určí poměr I_a/H_s . Na základě znalosti T_c a poměru I_a/H_s a s využitím regresních závislostí odvozených z nomogramu je možné vypočítat jednotkový kulminační průtok q_{ph} .

Potom s využitím rastr kalkulátoru pro každou buňku gridu v závislosti na charakteristikách její přispívající plochy počítáme kulminační průtok Q_{ph} [m³·s⁻¹].

$$Q_{ph} = 0,000431 \cdot q_{ph} \cdot H_0 \cdot P_p \cdot f, \quad 4.7$$

kde f - koeficient dosazený na základě výskytu nádrží či mokřadů.

V uvedeném příkladu KB č.26 je průměrné číslo CN-76 a kulminační průtok 5,04 m³/s.

5. Stanovení hodnot erozního smyvu

Ke každé přispívající ploše kritického bodu se opět s využitím celostátně dostupných podkladů stanovuje **erozní ohrožení**. Jedná se o doplňkový ukazatel k základním charakteristikám přímého odtoku, jejichž hodnoty jsou (vedle fyzickogeografických charakteristik) základním ukazatelem „nebezpečnosti“ vztahovaným k jednotlivým kritickým bodům. Pro jednotlivé sběrné plochy KB byly proto stanoveny hodnoty průměrného erozního smyvu [t·ha⁻¹·rok⁻¹] včetně sumy erozního smyvu ze sběrné plochy [t/rok].

Čím vyšší je stupeň erozního ohrožení, tím lze teoreticky očekávat větší škody vlivem vnikání produktů eroze - splavenin do zastavěné části obce.

K určení výše erozního smyvu byla použita Univerzální rovnice dle Wischmeiera – Smitha, viz např. [11]

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad 4.8$$

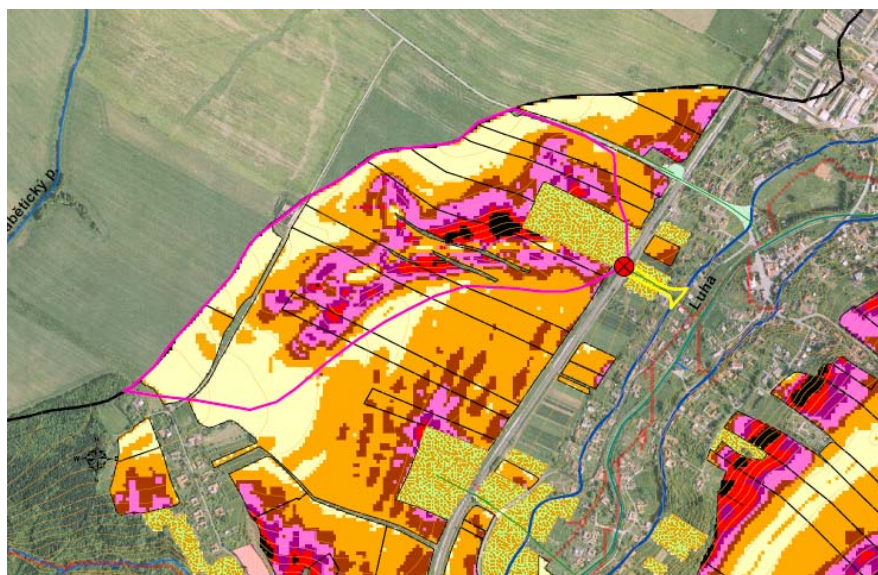
kde G - průměrná dlouhodobá ztráta půdy [t ·ha⁻¹·r⁻¹],

- R - faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů,
- K - faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu,
- L - faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí,
- S - faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí,
- C - faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice,
- P - faktor účinnosti protierozních opatření.

Výsledná hodnota vypočtená podle (4.8) představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy a udává tedy množství půdy, které bylo na pozemku uvolněno plošnou vodní erozí. Kvantifikace erozního smyvu v jednotlivých sběrných územích KB pilotních povodí Luhy a Jičinky byla provedena s využitím analýz v prostředí ArcGIS se stanovením LS faktoru s využitím metody USLE2D. Ke stanovení dalších faktorů R , K , C , P byla při analýzách využita jiná metodika [11].

Výsledkem analýz (velikost buňky - pixelu - 10 m) pak je rastrový mapový podklad udávající průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy $G [t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}]$, který umožňuje další specifikaci jak na sběrnou plochu KB, tak na jakoukoli plošnou územně správní či hydrologickou jednotku.

Příklad erozního ohrožení na modelovém území je uveden na obr. 4.6.



Legenda:

0-3 $t \cdot ha^{-1}$ - žlutá, 3-5 $t \cdot ha^{-1}$ - oranžová, 5-10 $t \cdot ha^{-1}$ - hnědá, 10-15 $t \cdot ha^{-1}$ - sv. fialová, 15-20 $t \cdot ha^{-1}$ - tm. fialová, 20-30 $t \cdot ha^{-1}$ - červená, nad 30 $t \cdot ha^{-1}$ černá.

Obr. 4.6 Erozní ohroženost modelového území

6. Výběr kritických bodů

Na základě analýz (viz krok 3 – 5) je možno provést **výběr kritických bodů** podle tzv. „rizikovosti“ vzhledem k možnému ohrožení intravilánu. Orientačně lze kategorizovat kritické body podle velikosti přispívající plochy, její průměrné sklonitosti, podílů ploch orné půdy. K podrobnější kategorizaci se doporučuje využít údaje o Q_{ph} a stupni erozního ohrožení dané přispívající plochy (viz analýzy v pilotních povodích).

7. Zobecnění postupu

Vhodná úroveň zobecnění postupu, volba charakteristik regionálních fyzicko-geografických podmínek a doplnění dílčích podmínek kritérií výběru kritických bodů byly provedeny na základě podrobných výsledků v pilotních povodích.

5. Ověření a doplnění metodického postupu

Postupy technologie hromadného zpracování dat nástroji GIS byly ověřovány na datech pilotních povodí. Výsledky postupu po fázi určení tzv. kritických bodů znázorňuje obr. 5.1.

K praktickému ověření opodstatnění metodiky a fáze stanovení kritických bodů v povodí Luhy a Jičínky byly pro vybrané kritické body, resp. dráhy soustředěného odtoku, terénním šetřením stanoveny skutečné rozlivy i na drobných tocích (přítocích), které byly způsobeny povodní v červnu 2009. Přehledná mapa posuzovaných lokalit je uvedena na obr. 5.2.

5.1 Vymezení povodňových rozlivů

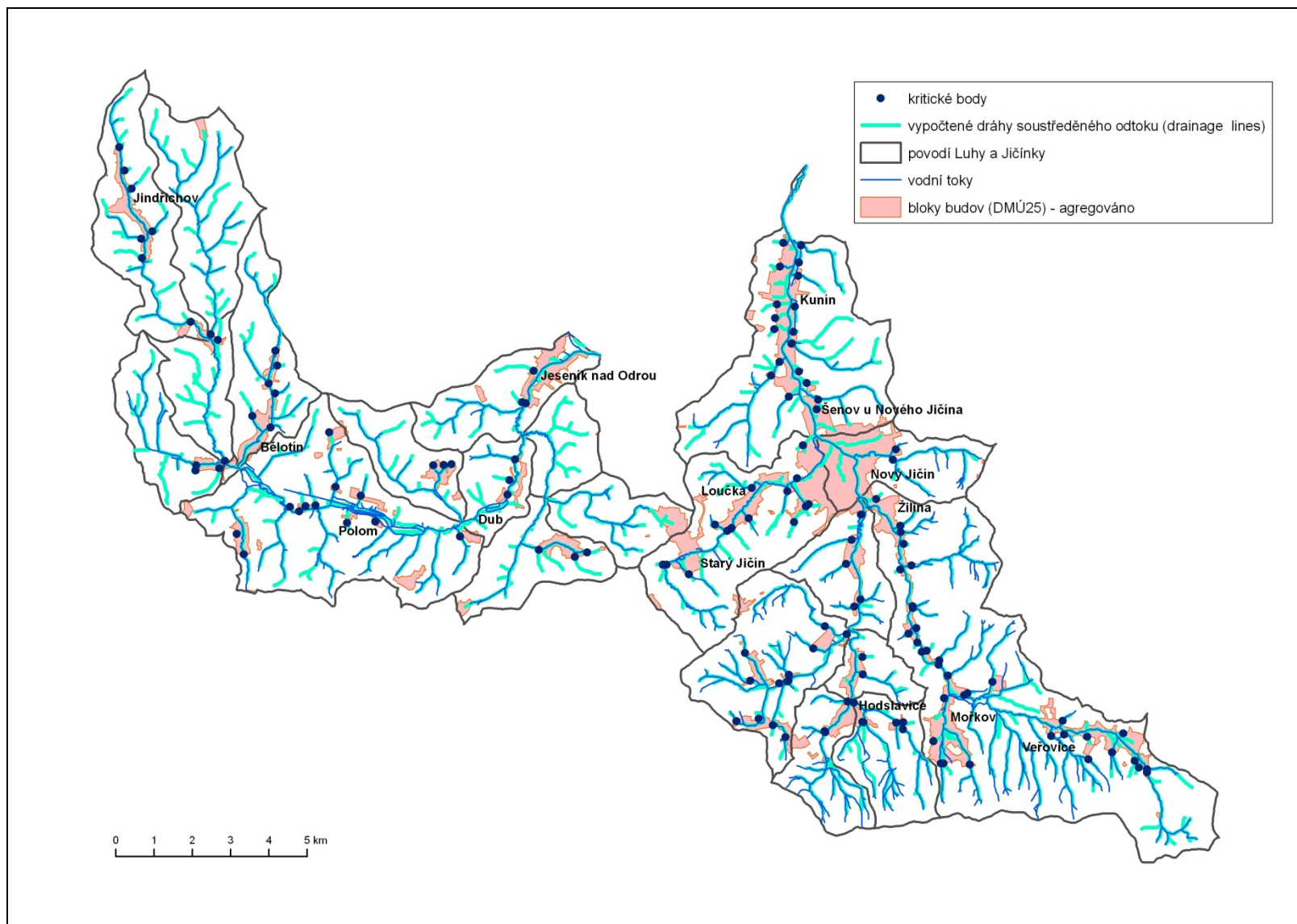
Specifikace zadání pro vyhodnocení rozlivů vycházela z primárních výpočtů drah soustředěného odtoku a úseky (obr. 5.2) byly vyznačeny v urbanizovaných lokalitách. V průběhu místních šetření byl seznam drobných přítoků a terénních svodnic rozšířen i o další úseky pro doplnění celkového obrazu průběhu povodňových událostí. Doplněné svodnice – dráhy soustředěného odtoku - jsou značeny podle klíče $X.Y$, kde X značí číslo nejbližšího úseku (obr. 5.2) a Y značí číslo vyjadřující pořadí doplněné svodnice (např. přítok 16.1).

Souhrnný soupis hodnocených úseků toků a svodnic je přehledně uveden v tab. 5.1.

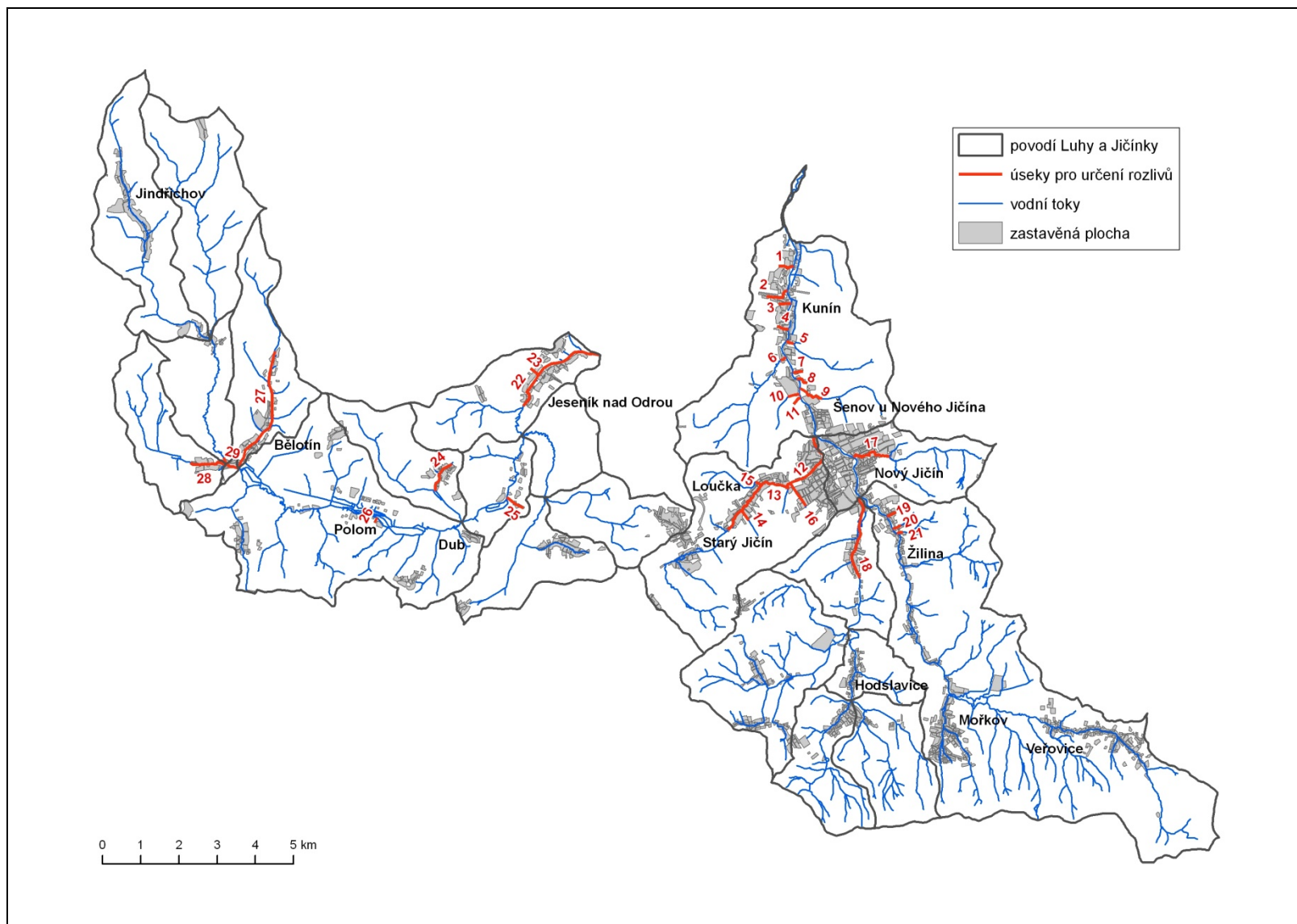
Významná část rozlivů Jičínky (úsek o délce 8,42 km) a Luhy (2,47 km) byla vyhodnocena pracovníky Povodí Odry, s.p. bezprostředně po povodňových událostech. Současně značná část rozlivů v povodí Jičínky byla zaznamenána díky iniciativě pracovníků ORP Nový Jičín. Na dosažené výsledky pak navazovaly práce, které směřovaly k doplnění rozlivů pro přítoky a významné svodnice. Již stanovené rozlivy toků Jičínky, Luhy byly v této souvislosti verifikovány pouze okrajově v místech zaústění drobné vodoteče.

Vlastní vyhodnocení rozlivů v úsecích dle tab. 5.1 povodně vycházelo z dostupných podkladů. Těžiště prací spočívalo v terénních šetřeních se zaměřením na následující aktivity:

- identifikace stop povodně v terénu
 - stopy úrovně hladiny vody na fasádách a obkladech stavebních objektů,
 - stopy úrovně hladiny vody na omítce uvnitř objektů (po umožnění vstupu do objektů majitelem),
 - zachycené plávi na plotech a na vegetaci,
 - údaje o poloze hladiny sdělené přímými svědky povodně,
- identifikace způsobu zaplavení
 - zaplavení směrem od vodního toku,
 - zaplavení z důvodu přítoku z výše položeného území (polí, luk, zpevněných ploch, apod.),
- odhad směru proudění a vymezení myšleného průtočného profilu,
- přenesení úrovně hladiny na okraj záplavového území
 - s využitím stop na objektech, popř. terénu (plávi, splaveniny),
 - s využitím údajů sdělených přímými svědky povodně,
 - geodeticky - nivelací,
- zakreslení polohy rozlivové čáry do mapového podkladu 1:5000.



Obr. 5.1 Vygenerované dráhy soustředěného odtoku a identifikované kritické body v pilotních povodích Luhy a Jičínky



Obr. 5.2 Úseky pro vymezení rozlivů na přítocích Luhy a Jičínky

Tab. 5.1 Hodnocené úseky vodních toků a svodnic

Číslo úseku	Vodní tok	Přibližná délka [m]	Obec, městská část	Poznámka
1	přítok	420	Kunín	
2	svodnice	679	Kunín	
3	svodnice	334	Kunín	
4	svodnice	315	Kunín	
5	přítok	213	Kunín	
6	Bernartický p.	170	Šenov u Nového Jičína	
7	svodnice	268	Šenov u Nového Jičína	
8	svodnice	322	Šenov u Nového Jičína	
9	přítok	743	Šenov u Nového Jičína	
10	přítok	330	Šenov u Nového Jičína	
11	svodnice	274	Šenov u Nového Jičína	
12	Grasmanka	465	Šenov u Nového Jičína	
		1035	Nový Jičín – Dolní Předměstí	
		554	Nový Jičín – Horní Předměstí	
13	Grasmanka	2362	Loučka u Nového Jičína	
14	přítok	344	Loučka u Nového Jičína	
15	Baranec	187	Loučka u Nového Jičína	
16	přítok	731	Nový Jičín – Horní Předměstí	
16.1	přítok	317	Loučka u Nového Jičína	přidáno na základě zjištění místního šetření
17	Rakovec	910	Nový Jičín – Dolní Předměstí	
		347	Žilina u Nového Jičína	
18	Zrzávka	1512	Nový Jičín – Horní Předměstí	
		1145	Bludovice u Nového Jičína	
18.1	Palackého p.	355	Nový Jičín – Horní Předměstí	přidáno na základě zjištění místního šetření
19	svodnice	275	Žilina u Nového Jičína	
20	přítok	249	Žilina u Nového Jičína	
21	přítok	168	Žilina u Nového Jičína	
22	Luha	2808	Jeseník nad Odrou	
23	svodnice	269	Jeseník nad Odrou	
23.1	svodnice	398	Jeseník nad Odrou	přidáno na základě zjištění místního šetření
23.2	svodnice	402	Jeseník nad Odrou	větev přidána na základě zjištění místního šetření
24	přítok	950	Blahutovice	
25	svodnice	285	Polouvsí	
25.1	přítok	296	Polouvsí	přidáno na základě zjištění místního šetření
26	svodnice	157	Polom u Hranic	
27	Bělotínský p.	3535	Bělotín	
28	Doubrava	1304	Bělotín	úsek zadán dodatečně
29	Luha	837	Bělotín	úsek zadán dodatečně

Určitým problémem při terénních šetřeních byla mnohdy pouze omezená možnost identifikace stop povodně s ohledem na časovou prodlevu prací po povodňové události (cca 2 měsíce, stopy na omítkách objektů již odstraněny a tyto sanovány). Povodňové značky nebyly nalezeny. Často byla také potíží určitá neochota a nedůvěra některých postižených obyvatel, výpovědi různých osob se často od sebe lišily. Proto bylo třeba poskytnuté údaje ověřovat z několika nezávislých zdrojů a podepřít je doloženými stopami povodně např. uvnitř zasažených objektů. Velmi se osvědčila spolupráce s orgány místních samospráv

(úřadů), jejichž pracovníci byli nápomocni při místních šetřeních a také při poskytování údajů např. o zasažených objektech a plochách.

Uvedeným postupem přímo v terénu identifikovaná místa byla převedena do mapových podkladů 1:5 000, přičemž bylo mimo jiné přihlédnuto k průběhu vrstevnic v mapách se zohledněním skutečných (v mapách nepodchycených) terénních úprav.

Takto sestavené záplavové čáry byly konfrontovány s dostupnými podklady [1], [2], [3], [7], [8], [9] a [10]. V případě nesouladu v některých problematictějších lokalitách byla provedena další verifikační šetření a dodatečné konzultace s cílem stanovit pokud možno jednoznačné rozsahy rozlivů. Výsledkem jsou záplavové čáry, které jsou shodou mezi dřívějšími interpretacemi a našimi výsledky šetření a zaměření. Přitom se ukázalo, že v některých místech novější zástavby již mapové podklady neodpovídají skutečnosti.

Samostatným problémem bylo odvození záplavových čar na přítocích toků a na svodnicích. Zde většinou nebyly k dispozici žádné verifikační údaje a také rozliv měl v řadě případů spíše plošný charakter, kdy bylo jen stěží možné odlišit přítok svodnicí o okolních přívalů vody spíše plošného charakteru. Stalo se také, že některé vytipované svodnice (dráhy soustředěného odtoku) na základě matematického modelování a ve vazbě na intravilán nevykazovaly prakticky žádné rozlivy. K rozlivům naopak došlo v řadě jiných míst zadavatelem nespecifikovaných. Nebylo možné a ani účelné provést šetření na všech údolnicích, které zaústějí do páteřních toků. Ve vybraných lokalitách, zejména v Jeseníku nad Odrou, byla provedena podrobnější šetření, ze kterých vyplynula řada přítokových míst do Luhy a kde došlo k rozlivům na pozemky a mezi zástavbu. Na mnoha místech jsou svodnice vytipované podle obr. 5.2 na vstupu do zástavby zatrubněny, mnohdy pak opatřeny česlovými rámy (č. 17 - Rakovec, č. 16 - přítok Grasmanky a další). Prakticky ve všech případech došlo k zahlcení, popř. k ucpání vtoku do zatrubněného úseku a k následnému plošnému rozlivu do níže položeného území. Tento rozliv se spojoval s plošným odtokem z okolního terénu, což opět dosti ztěžovalo identifikaci samotných rozlivů způsobených vybřežením svodnice. V některých místech (např. přítok Jičinky č. 20) došlo značným přetlakem v zatrubněné části k porušení potrubní části, jejich poklopů a stěn a k rozlivu vody do obytných objektů.

Podrobnější popis jednotlivých úseků:

Levostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 1)

Uvedený přítok Jičinky, staničení 3,098 km, který byl řešen v délce 420 m, nezpůsobil větších rozlivů, a to i přesto, že část přítoku je zatrubněná (viz fotografie č. 100 – 103 na příloženém CD). Hladina Jičinky dosahovala až k areálu zemědělského družstva u zámku Kunín, kde hranice rozlivu se dotýkaly objektů na západní straně.

Svodnice, levostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 2)

Svodnicí, staničení 3,790 km, délky 679 m bylo způsobeno lokální zaplavení sklepů. V dolní části svodnice došlo ke spojení rozlivů s již vybřeženým tokem Jičínka. Hladina vody v Jičínce dosáhla v tomto místě až k autosalónu.

Svodnice, levostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 3)

Ve vazbě na svodnici, která ve staničení 4,130 km ústí do vodního toku Jičínka, nebyly prokázány zaznamenatele rozlivy a vážnější škody.

Svodnice, levostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 4)

Svodnice ve staničení 4,860 km vodního toku Jičínka je délky 315 m. V důsledku povrchového odtoku ze zemědělsky obdělávaných pozemků došlo k zaplavení přilehlých objektů a zahrad (viz fotografie č. 105 – 106).

Pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 5)

Řešená část pravostranného přítoku (staničení 5,178 km) je délky 213 m. V celé délce úseku je přítok zatrubněn. K rozlivu v této části došlo z důvodu ucpaní vtoku do zatrubnění při plošném přítoku z extravilánu (viz fotografie č. 75 – 79).

Bernartický potok, levostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 6)

Jedná se o 170 m dlouhý úsek Bernartického potoka před zaústěním do vodního toku Jičínka, staničení 5,665 km. V intravilánu přechází Bernartický potok do zatrubněného úseku. Při povodni došlo k ucpaní vtoku do zatrubněné části a spolu s plošným odtokem ze zemědělsky obdělávaných pozemků došlo k zaplavení přilehlého průmyslového objektu. V níže položeném přilehlém území splýnul tento rozliv s rozlivem způsobeným vodním tokem Jičínka.

Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 7)

Svodnice ve staničení 6,126 km je délky 268 m a prochází ulicí Polní (viz fotografie č. 70 – 72). V úseku nedošlo k rozlivu, svodnicí byly odvedeny vody z extravilánu (plošný odtok).

Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 8)

Odtoky vody svodnicí zaústěnou do Jičínky ve staničení 6,370 km, nebyl způsobem žádný rozliv. V vyhodnocovaném úseku byly svodnicí odvedeny vody plošného odtoku ze zemědělsky obdělávaných pozemků.

Pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 9)

Jedná se o část pravostranného přítoku vodního toku Jičínka, délky 743 m zaústěného ve staničení 6,631 km. Přibližně 380 m dlouhý řešená úsek přítoku protéká extravilánem, kde levý břeh lemuje zemědělské družstvo. Ve vzdálenosti 380 m před zaústěním do vodního toku Jičínka protéká přítok rybochovnou nádrží. Při povodni došlo k výraznému rozlivu v místě zemědělského družstva, hloubka vody se v místě zemědělských objektů (viz fotografie č. 116, 117) pohybovala okolo 0,40 m vody. V nižší části přítoku rozliv splýnul s rozlivem od vodního toku Jičínka.

Levostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 10)

Jedná se o část levostranného přítoku vodního toku Jičínka ve staničení 6,786 km, délky 330 m, který je cca 280 m před zaústěním zatrubněn. Při povodni došlo k ucpaní nátoky do zatrubněné části a dále k rozlivu do přilehlých oblastí. Ulicí U Zástavky proudila voda o hloubce 0,50 m. Ulice je lemována z jedné strany plechovým plotem a na druhé straně odděluje průmyslový areál od komunikace betonová zeď. Díky těmto překážkám se vytvořilo umělé koryto a tudíž nedošlo k výraznějšímu rozlivu. Nedaleko zaústění do vodního toku Jičínka došlo k zaplavení několika objektů.

Svodnice, levostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 11)

Svodnice procházející průmyslovým areálem zaústíje do vodního toku Jičínka ve staničení 6,908 km. Jednalo se o odtok ze zemědělsky obdělávaných pozemků, který podél vyznačené svodnice zaplavil několik objektů a v nižší části splýnul s rozlivem od vodního toku Jičínka.

Grasmanka, Nový Jičín (č. 12)

Úsek vodního toku Grasmanka, délky 1930 m zaústí jako levostranný přítok ve staničení 8,035 km do vodního toku Jičínka. Při místním šetření bylo zjištěno, že koryto vodního toku Grasmanka bylo v průběhu povodně zcela zaplněné a v mnoha místech voda překonala břehové linie a zaplavila přilehlé objekty v obci. V několika místech se k rozlivu od Grasmanky připojil i odtok z extravilánu, který protékal ulicemi a zaplavoval přilehlé objekty, převážně suterénní prostory. V místě ústí volně splynul s rozlivem vodního toku Grasmanka. V kombinaci s odtokem z extravilánu došlo k zaplavení sportovního areálu, několika finančních institucí (GE Money Bank, Česká spořitelna, a. s.), k zaplavení několika soukromých firem a obytných objektů.

Grasmanka, Loučka (č. 13)

Jedná se o úsek vodního toku Grasmanka délky 2362 m v obce Loučka, který směrem k Novému Jičínu volně přechází v úsek č. 12. Řešený úsek má jeden pravostranný a jeden levostranný přítok – vodní tok Baranec. Vyhodnocený rozliv prochází na pravém břehu spojitě podél říčky Grasmanky, v levobřežním území se jedná o lokální rozlivy. V místě zaústění přítoků a svodnic docházelo ke spojení jejich rozlivů a také Grasmanky. Tím došlo i k místnímu rozšíření hranice rozlivu směrem od toku (viz úseky č. 14 a 15). V celé délce řešeného úseku došlo k zaplavení přilehlých objektů a zahrad při úrovních hladin nad terénem cca 0,60 m, výjimečně až do 1,0 m.

Pravostranný přítok vodního toku Grasmanka (č. 14)

Pravostranný přítok ústící do vodního toku Grasmanka ve staničení 3,627 km je délky cca 340 m. Rozliv byl způsoben zejména plošným odtokem z extravilánu ovlivněným v dolní části, v křížení u státní silnice (propustek), rozvodněním Grasmanky. V místě svodnice byla zaplavena rozptýlená zástavba (2 domy a částečně i objekt zemědělského podniku).

Baranec, levostranný přítok vodního toku Grasmanka (č. 15)

Vodní tok Baranec ústí do toku Grasmanka ve staničení 2,713 km. Délka posuzovaného úseku je cca 185 m. Přívalové srážky spolu s plošným odtokem z extravilánu způsobily vybřežení vodního toku Baranec v místě jeho zatrubnění a následné zaplavení přilehlých objektů. Přibližně 100 m před zaústěním potoka do toku Grasmanka je totiž zatrubněn úsek toku Baranec. Při povodni také došlo k ucpání nátoků do zatrubněné části a k zaplavení suterénů bytových domů.

Pravostranný přítok vodního toku Grasmanka (č. 16)

Řešená část pravostranného přítoku je délky 731 m (staničení Grasmanky je 1,820 km) a protéká intravilánem. Ve vzdálenosti 268 m od zaústění je úsek zatrubněn. Levý břeh v celé délce lemuje silniční komunikace (ulice B. Martinů), pravý břeh rodinné domy s přilehlými zahradami. Při povodni došlo k zaplavení níže položených zahrad a dále k ucpání vtoku do zatrubněného úseku (viz fotografie 91 – 95). Tím došlo k vybřežení většího množství vody, která odtékala přilehlými ulicemi směrem do sportovního areálu. Od níže položeného průmyslového areálu byl proud vody oddělen a usměrňován plotem z betonových panelů (viz fotografie č. 95a).

Pravostranný přítok vodního toku Grasmanka (č. 16.1)

Řešená část pravostranného přítoku délky 317 m zaústí do vodního toku Grasmanka ve staničení 1,937 km, tj. 125 m nad zaústěním pravostranného přítoku č. 16. Část přítoku je zatrubněná. K rozlivu došlo z důvodu plošného odtoku z extravilánu a z výše

položené zástavby. Mezi zaplavenými objekty byla Vysoká škola podnikání, a.s. a část průmyslového areálu. V nejnižší položené části přítoku rozliv splýnul s rozlivy způsobenými vodním tokem Grasmanka a přítokem č. 16.

Rakovec, pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 17)

Předmětem řešení byl 1,257 km dlouhý úsek, zaústějící do vodního toku Jičínka ve staničení 9,190 km, který protéká městskou částí Nového Jičína Dolní Předměstí a dále katastrálním územím obce Žilina u Nového Jičína. Ve směru proudění je začátek řešeného úseku vodního toku Rakovec (na území obce Žilina u Nového Jičína) po pravém břehu lemován zahradami s přilehlými objekty. Na levém břehu se nachází zemědělsky obdělávané pozemky s širokořádková plodinou – kukuřicí. V horním úseku je vodní tok značně meandrovitý, šířka koryta se pohybuje okolo 1,3 m, výška břehových linií je cca 2,0 m nade dnem koryta (viz fotografie č. 5). Zhruba po 270 m vtéká vodní tok Rakovec do intravilánu, levý břeh se v těchto místech výrazně zvedá. V městské části Dolní Předměstí byl vodní tok Rakovec po ničivé povodni v roce 1997 upraven, břehové linie jsou na mnoha místech až 4 m nade dnem koryta (viz fotografie č. 18). Zhruba 150 m před zaústěním do vodního toku Jičínka vtéká potok Rakovec do zatrubněné části (ulice Hřbitovní, viz fotografie č. 22). Zaústění do vodního toku Jičínka je cca 50 m pod silničním mostem, který se nachází na Malém náměstí (viz fotografie č. 26, 27, 28). Dle [8] a [10], a též informací z centra krizového řízení města Nový Jičín, nebylo nutné v průběhu povodně věnovat vodnímu toku Rakovec zvýšenou pozornost.

Zrzávka, levostranný přítok vodního toku Jičínka, Bludovice (č. 18)

Vodní tok Zrzávka protéká územím Bludovic přibližně severním směrem. Do vodního toku Jičínka se vlévá ve staničení 10,355 km. Obdobná povodeň, která postihla Bludovice v roce 2009, proběhla podle svědectví občanů i v roce 1958.

Při povodni v červnu 2009 došlo v Bludovicích k vybřežení vod Zrzávky a k poškození nemovitého a movitého majetku, komunikací (silnice a železniční trať Nový Jičín – Valašské Meziříčí), vlastního vodního toku a objektů na něm. Účinek povodně zvyšovaly i odtoky z extravilánu (smyvy z polí).

Průchod povodně v jižní části obce byl ovlivněn ucpáním mostu u železniční zastávky dopravními prostředky (autobusem, atd.) a následným vzduťím hladiny. V severní části obce, staničení 1,540 km, působil škody levostranný přítok Zrzávky - Palackého potok (viz fotografie č. 64, 65). V jižní části Nového Jičína povodeň zničila silniční most a betonový jez (viz fotografie č. 80 – 84).

Palackého potok, levostranný přítok vodního toku Zrzávka (č. 18.1)

Část tohoto toku byla vyhodnocena na základě zjištění při místním šetření. Část Palackého potoka délky 355 m ústí ve staničení 1,536 km do vodního toku Zrzávka. Přibližně 350 m od zaústění vybřežila voda z potoka na jeho pravém břehu a zaplavila přilehlé zahrady a rekreační objekty. Směrem po proudu se hranice rozlivu zvětšovala až navázala na rozliv od vodního toku Grasmanka. V místě cvičné golfové plochy (driving range) vybřežil Palackého potok i na levém břehu a z 1/3 zaplavil hřiště (chipping green, putting green, recepci).

Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 19)

Svodnice ústící do vodního toku Jičínka ve staničení 11,372 km je délky 168 m (viz fotografie č. 120 – 123). Během povodně zde dle svědectví místních obyvatel nedošlo k žádnému rozlivu.

Pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 20)

Přítok ve staničení 11,721 km Jičínky má délku 249 m. Přítok je v místě průchodu zástavbou a pod místní komunikací zčásti zatrubněn. V průběhu povodně došlo k ucpání vtoku do zatrubněné části, k rozlivu a k zaplavení přilehlých objektů (viz fotografie č. 125 – 128) - zástavby ve směru k toku Jičínky pod místem zatrubnění. Problémem bylo vytékání vody z natlakovaného potrubí jeho netěsnostmi a v důsledku místního porušení zatrubněného úseku.

Pravostranný přítok vodního toku Jičínka (č. 21)

Na pravém břehu přítoku Jičínky ve staničení 11,902 km se nachází nová zástavba. K rozlivu došlo až v níže položeném úseku (pod strží). Rozliv zasáhl obytné objekty na pravém břehu svodnice (viz fotografie č. 130, 131).

Luha, Jeseník nad Odrou (č. 22)

Předmětný úsek vodního toku Luha je délky 2808 m a protéká Jeseníkem nad Odrou. Rozliv způsobený povodní 2009 byl převzat od Povodí Odry s. p [7], dále byl konfrontován s podkladem [8] a ověřen místním šetřením.

Svodnice, levostranný přítok vodního toku Luha (č. 23)

Svodnice ústí do vodního toku Luha ve staničení 1,855 km je délky 285 m. Jednalo se výhradně o extravilánové vody ze zemědělsky obdělávaných pozemků, které podtékaly železniční trať a dále rozlivem šířky cca 25 m pokračovaly směrem do intravilánu (viz fotografie č. 30, 31, 32). Zde došlo ke spojení s rozlivem z vodního toku Luha.

Svodnice, levostranný přítok vodního toku Luha (č. 23.1)

Svodnice vyhodnocená na základě místního šetření má délku 398 m a ústí do vodního toku Luha ve staničení 1,555 km. Tato svodnice se nachází v intravilánu, konkrétně je vedena po komunikaci Hůrka – Jeseník nad Odrou – Vražné. V době povodně se zde vytvořilo nové koryto, které mělo za následek neprůjezdnost komunikace (viz fotografie č. 33).

Svodnice, levostranný přítok vodního toku Luha (č. 23.2)

Svodnice ústí do vodního toku Luha ve staničení 2,773 km a má délku 402 m. při povodni v červnu 2009 šlo o odtok extravilánových vod, které se v nižší poloze spojí s rozlivem od toku Luha. Zde nedošlo k zaplavení žádného objektu, pouze zemědělských ploch a komunikace Jeseník nad Odrou – Polouvsí (viz fotografie č. 35, 36).

Levostranný přítok Lučického potoka, Blahutovice (č. 24)

Jedná se o levostranný přítok dlouhý 950 m, který ústí do vodního toku Lučický potok ve staničení 1,109 km. V severní části Blahutovic byl v době povodně zaznamenán odtok i po zpevněné komunikaci. Rozliv se v obci pohyboval v šířce 20 až 60 m. V jižní části Blahutovic způsobil výraznější škody odtok ze zemědělsky obdělávaných pozemků. V této části rozliv levostranného přítoku nezaplavil žádné objekty.

Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Luha, Polouvsí (č. 25)

Svodnice ústící ve staničení 6,040 km do vodního toku Luhy zaplavila přilehlé objekty a v nižší poloze splynula s rozlivem od vodního toku Luha (viz fotografie č. 41, 42).

Levostranný přítok vodního toku Luha (č. 25.1)

Přítok vodního toku Luha ve staničení 5,466 km způsobil zaplavení přilehlého objektu. Jednalo se převážně o extravilánové vody ze zemědělsky obdělávaných pozemků (viz fotografie č. 37 – 40).

Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Luha, Polom (č. 26)

Jedná se o dráhu soustředěného odtoku, kterou byly zaplaveny přilehlé objekty. Zaústění svodnice do vodního toku Luha je vztaženo ke staničení 10,160 km (viz fotografie č. 49, 50).

Bělotínský potok, levostranný přítok Luhy, Bělotín (č. 27)

Řešená část Bělotínského potoka je délky 3535 m, ve staničení 15,274 km ústí do vodního toku Luha. Rozliv v Bělotíně byl ovlivněn odtoky ze zemědělsky obdělávaných pozemků, což mělo za následek zasažení několika objektů. Dále byla zaplavena většina objektů umístěných v těsném okolí terénních svodnic.

Doubrava, pravostranný přítok Luhy, Bělotín (č. 28)

Část vodního toku Doubrava protékající urbanizovaným územím je délky 1304 m, ve staničení 15,644 km se vlévá do vodního toku Luha. Výrazněji se hranice rozlivu rozšiřují v místě soutoku Doubrava – Luha – odvodnění R 48.

Luha, Bělotín (č. 29)

Řešená část vodního toku Luha o délce 837 m protéká urbanizovaným územím. Rozliv od vodního toku Luha nebyl snadno identifikovatelný, neboť zde docházelo k soutoku vodního přítoku Doubrava, vodního toku Luha a k vyústění odvodnění rychlostní komunikace R48. V průběhu povodně v těchto místech dílčí rozlivy splynuly v jeden rozsáhlý plošný rozliv.

5.2 Vyhodnocení postupu

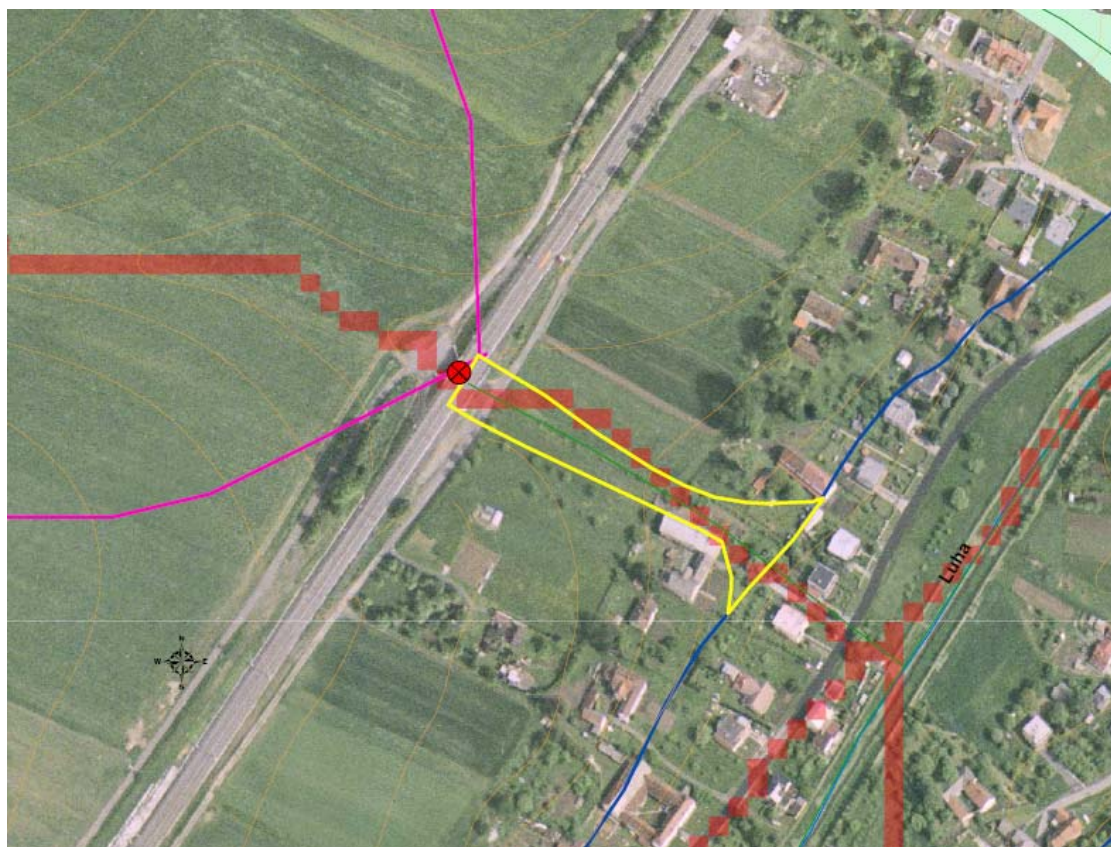
Kompletované podklady vztažené k vybraným drahám soustředěného odtoku (obr. 5.4, 5.5) a zejména ke tzv. kritickým bodům na hranicích intravilánů obcí byly využity ke hledání vhodných postupů zejména kategorizace sběrných ploch KB (obr. 5.6). Na obr. 5.7 je uvedena přehledná mapka s identifikátory kritických bodů (ID_KB). Stejná identifikace je pak dále používána v odkazech uváděných příkladů a zejména v tabelárních přehledech.

Výpočet základních charakteristik přímého odtoku byl variantně proveden jak pro hodnotu příčinné srážky povodňové situace v povodí Luhy a Jičinky (dle ČHMÚ poskytnutého gridu 24 hod. srážkového úhrnu od 7:00 24.6. - 7:00 25.6.2009), tak pro modelový srážkový 24hod. úhrn $H_s=100$ mm. Důvodem aplikace modelového přístupu je simulace možnosti výskytu přívalové srážky tohoto typu náhodně prakticky kdekoli na území ČR. Použití modelové srážky umožnilo dále porovnat jednotlivé charakteristiky přímého odtoku v závěrových profilech sběrných ploch kritických bodů (při daném stavu jejich fyzicko-geografických faktorů-ukazatelů) při konstantním zátěžovém stavu a umožnilo identifikace ploch rozhodujících z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku z přívalových srážek a s nepříznivými účinky pro zastavěné části obcí. Velikost odtokové odezvy povodní z přívalových srážek je vedle intenzity, trvání deště a velikosti zasažené sběrné plochy rovněž závislá na fyzicko-geografických charakteristikách území, kde hlavní roli hrají velikost a tvar povodí, svažítost terénu, stav využití území a propustnost půdního profilu. Významný vliv má také nasycenost půdního profilu předchozími srážkami, i když v případě extrémních

srážek, jejichž intenzita přesahuje maximálně možnou rychlost vsakování, dochází často při nesprávném využití povodí formou širokořádkových erozně nebezpečných plodin (vlivem půdní krusty) k extrémnímu povrchovému odtoku a vzniku povodní i na nenasyceném „suchém“ povrchu. Proto jako zátěžový byl zvolen stav, který uvažuje s využitím orné půdy v povodí k pěstování širokořádkových plodin. Tento předpoklad, kdy vlivem osevní rotace, požadavků na výrobu biopaliv a biomasy, případně díky cenám na trhu „ekonomicky zajímavých“ komodit budou v povodích více zastoupeny širokořádkové plodiny, může nastat na kterémkoli pozemku prakticky kdykoli, obdobně jako v případech pravděpodobných výskytů lokálních přívalových srážek.

Praktické ověřování navrženého metodického postupu (kap. 4) v povodích Luhy a Jičínky využívalo kombinací výsledků terénních šetření a modelovaných požadovaných veličin.

Vyhodnocené rozlivy v DSO v intravilánech obcí byly konfrontovány s možnými příčinami i dalšími faktory, které výrazně ovlivnily průběh odtoku. Situace „skutečného“ rozlivu pro sledovaný detail úseku č. 23 (viz kap. 5.1) v pilotním povodí Luhy (Jeseník nad Odrou) je uveden na obr. 5.3. Tento rozliv, který se vztahuje ke KB č. 26 (viz obr. 5.3), vznikl ze subpovodí o velikosti 0,71 km², průměrném sklonu 4,03% a průměrné číslo CN činilo 75.



Obr. 5.3 Terénním šetřením žlutě vyznačený zjištěný rozliv (úsek č. 23, KB 26)

Modelovým výpočtem kulminačního průtoku pro KB č. 26 s využitím metody CN v modifikaci srážko-odtokového modelu DesQ pro zjištěnou dosaženou příčinnou srážku 98 mm, byla hodnota cca $Q_{ph}=5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což odpovídá specifickému odtoku o hodnotě $7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Podle výsledků terénního šetření týmu VUT FAST Brno byla šířka dráhy soustředěného povrchového odtoku cca 20 m. Vzhledem k tomu, že na části plochy subpovodí byly v době přívalových srážek pěstovány obiloviny a spodní část subpovodí na dotyku intravilánu pak byla zatravněna, nebyly při terénním průzkumu zjištěny vážnější škody i přesto, že k určitému soustředění odtoku došlo podél zemního tělesa železniční trasy.

Také v ploše povodí příslušné ke KB č. 26 nebyly zaznamenány výraznější projevy eroze a nebyla nalezena výrazně erodovaná dráha soustředěného povrchového odtoku.

Podobně podrobný průzkum v ploše povodí byl prováděn v obou pilotních oblastech. Hodnoceny byly projevy eroze a dráhy soustředěného povrchového odtoku (DSO). Při ověřování v povodích Luhy a Jičínky se jako kritická pro vznik poškození půdy v DSO ukázala již velikost přispívající plochy od 0,05 km².

K výraznému poškození půdy s důsledkem vzniku cca 4m široké a cca 0,8 m hluboké erozní rýhy došlo v DSO s velikostí přispívající sběrné plochy 0,3 km² při zastoupení orné půdy 40% s osevem kukuřice. K podobnému projevu došlo i na dalších třech DSO v pilotních povodích, kdy nejnižší průměrný sklon sběrných ploch dosahoval 3,3% při poměrném zastoupení orné půdy 86%.

Konkrétním příkladem jsou výsledky z terénního šetření v povodí Bělotínského potoka, kde vznikly výrazné erozní odnosy jak v ploše, tak zejména v DSO (264 m³ zeminy). Současně došlo dokonce k obnažení flexibilních sběrných i klasických svodných drenů odvodňovací soustavy. Pokud by se taková DSO s podobnými charakteristikami vyskytla nad zastavěnou částí obce, došlo by zcela jistě k výraznému poškození objektů ležících v blízkosti DSO a k akumulaci sedimentu v intravilánu.

Na základě uvedených zjištění byly jako rozhodující pro **výběr kritických bodů** zvoleny následující **charakteristiky a kritéria**:

- | | | |
|------|------------------------------------|------------------------------|
| K 1. | velikost přispívající plochy | 0,3 – 10,0 km ² , |
| K 2. | průměrný sklon přispívající plochy | ≥ 3,5 %, |
| K 3. | podíl plochy orné půdy v povodí | ≥ 40 %. |

Jak je uvedeno v kap. 5.1 byly pro vybrané kritické body, resp. dráhy soustředěného odtoku, terénním šetřením stanoveny skutečné rozlivy dosažené v červnu 2009 i na drobných tocích (přítocích). Popis zjištěných projevů nepříznivých účinků povrchového odtoku je uveden v příložené tabulce v kontextu vypočítaných charakteristik stanovených kritických bodů.

Kombinace fyzicko-geografických podmínek, způsobů využití území, regionální rozdílů krajinného pokryvu a potenciálního výskytu srážek extrémních hodnot (ve vazbě na synoptické podmínky) pro konkrétní přispívající plochy vyjadřuje ukazatel kritických podmínek vzniku negativních projevů povodní z přívalových srážek F [-]. Navržen je ve tvaru doplněný vahami relevantních veličin, neboť např. zesilující účinek podílu orné půdy v povodí se očekává obecně vyšší než v případě průměrného sklonu přispívající plochy.

$$F = P_{p,r} \cdot H_{m,r} \cdot (a_1 \cdot I_p + a_2 \cdot ORP + a_3 \cdot CNII), \quad 5.1$$

- kde F – ukazatel kritických podmínek [-],
 a – vektor vah [1,48876; 3,09204; 0,467171],
 $P_{p,r}$ – relativní hodnota velikosti přispívající plochy (vzhledem k max. 10 km²) [-],
 I_p – hodnota průměrného sklonu přispívající plochy [%],
 ORP – podíl plochy orné půdy [%],
 $CNII$ – hodnoty CNII pro území ČR,
 $H_{m,r}$ – relativní hodnota úhrnu jednodenních srážek s dobou opakování 100 let pro území ČR (vzhledem k max. 285,7 mm) [-].

Poskytovatelem dat pro stanovení CNII a $H_{m,r}$ ve formátu ESRI GRID pro území ČR je Český hydrometeorologický ústav.

Mezní hodnota ukazatele F tvoří čtvrtou podmínku kritéria:

K 4. ukazatel kritických podmínek $\geq 1,85$.

Váhy uplatněné ve vztahu (5.1) byly odvozeny z relací vysvětlujících veličin k modelovaným odhadům kulminačních průtoků v profilech kritických bodů pro několik zátěžových stavů.

Mezní hodnota ukazatele F pro podmínku kritéria K4 byla odhadnuta na 1,85. Uvedený vztah byl testován i mimo pilotní povodí Luhy a Jičínky (viz kap. 6). Jeho očekávaným přínosem bude možnost doplnit výběry KB jejich kategorizací. Ta bude do jisté míry založena na dohodnuté konvenci.

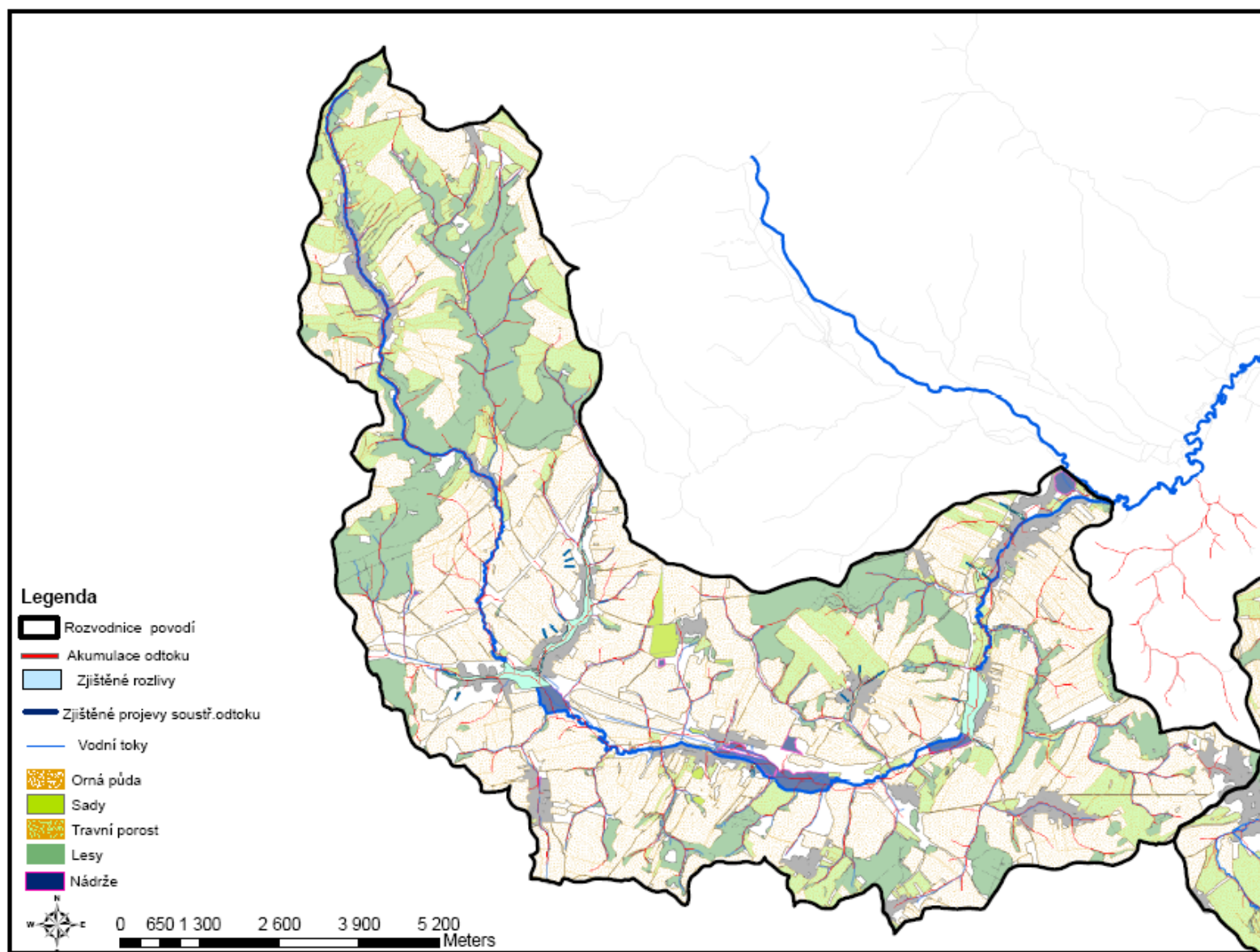
Na základě zjištění škod i z ploch povodí se zastoupením orné půdy nižším než 40%, případně ploch (v povodí Jičínky) zcela zalesněných, byl výběr provedený podle kritérií K1 až K4 rozšířen o kritické body s velikostí přispívající plochy od 1 km² výše a současně s průměrným sklonem od 5% výše:

- | | | |
|------|------------------------------------|------------------------------|
| K1A. | velikost přispívající plochy | 1,0 – 10,0 km ² , |
| K2A. | průměrný sklon přispívající plochy | ≥ 5 %. |

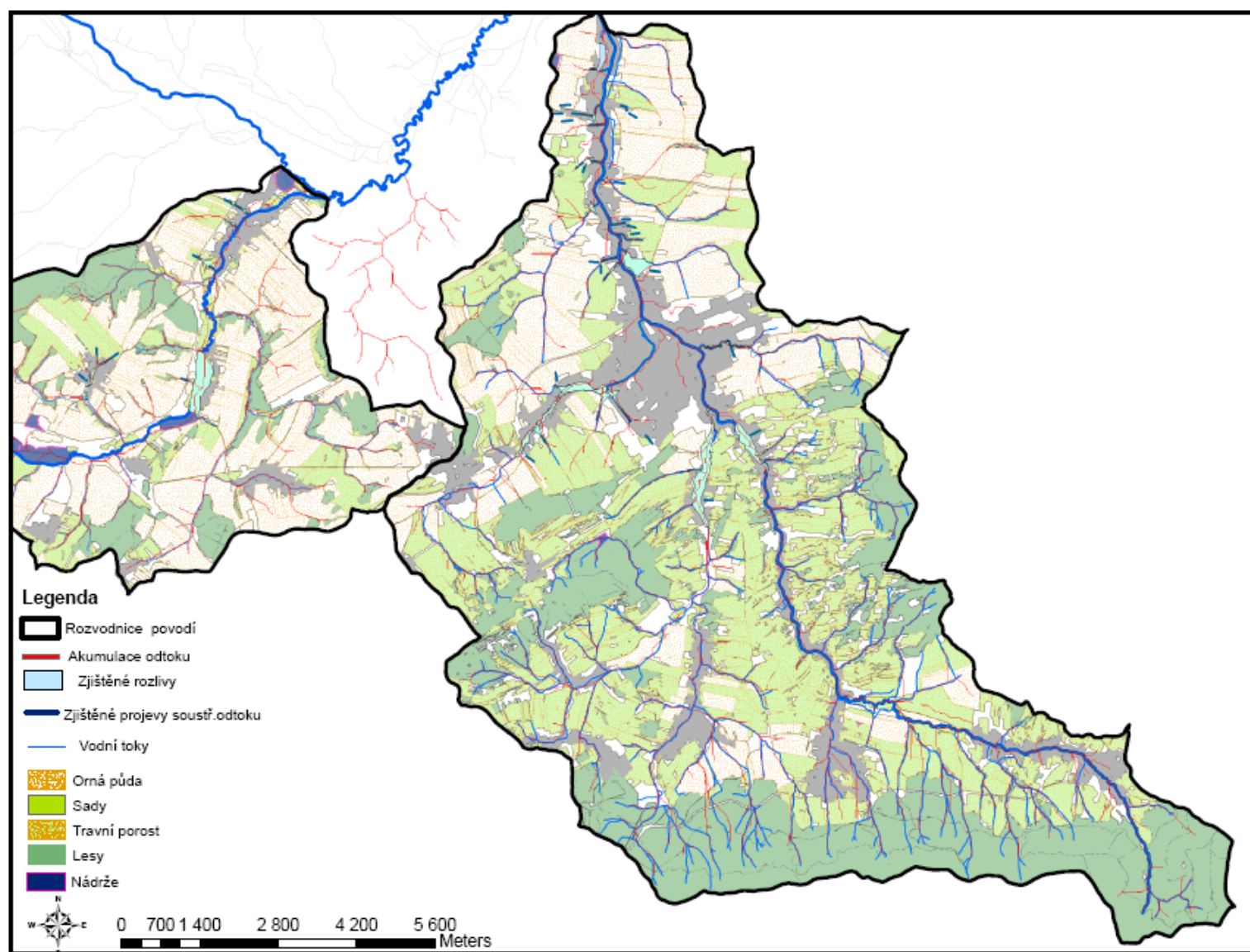
Rozhodující kritické body vybrané s využitím uvedených kritérií jsou v tab. 5.2 zvýrazněny žlutě. Podíly orné půdy jednotlivých přispívajících ploch uvedené v tabulce jsou pro potřeby aplikace postupu na území celé ČR stanoveny z podkladu databáze CORINE (2006).

Hodnoty průměrného sklonu a CN přispívajících ploch kritických bodů uvedené v tab. 5.2 jsou znázorněny na obr. 5.8 a 5.9.

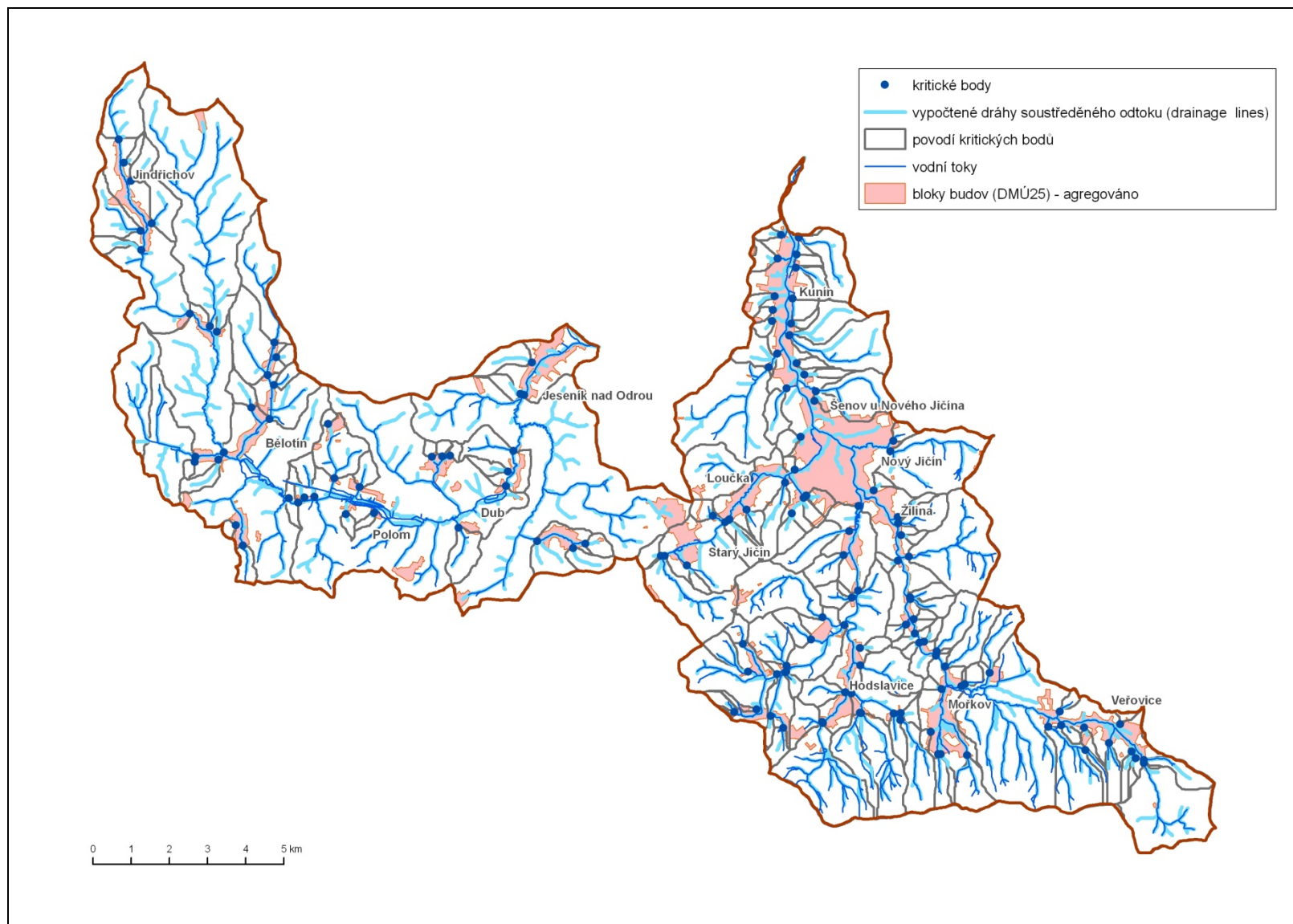
Výběry KB podle výše uvedených kritérií jsou graficky zobrazeny na obr. 5.10.



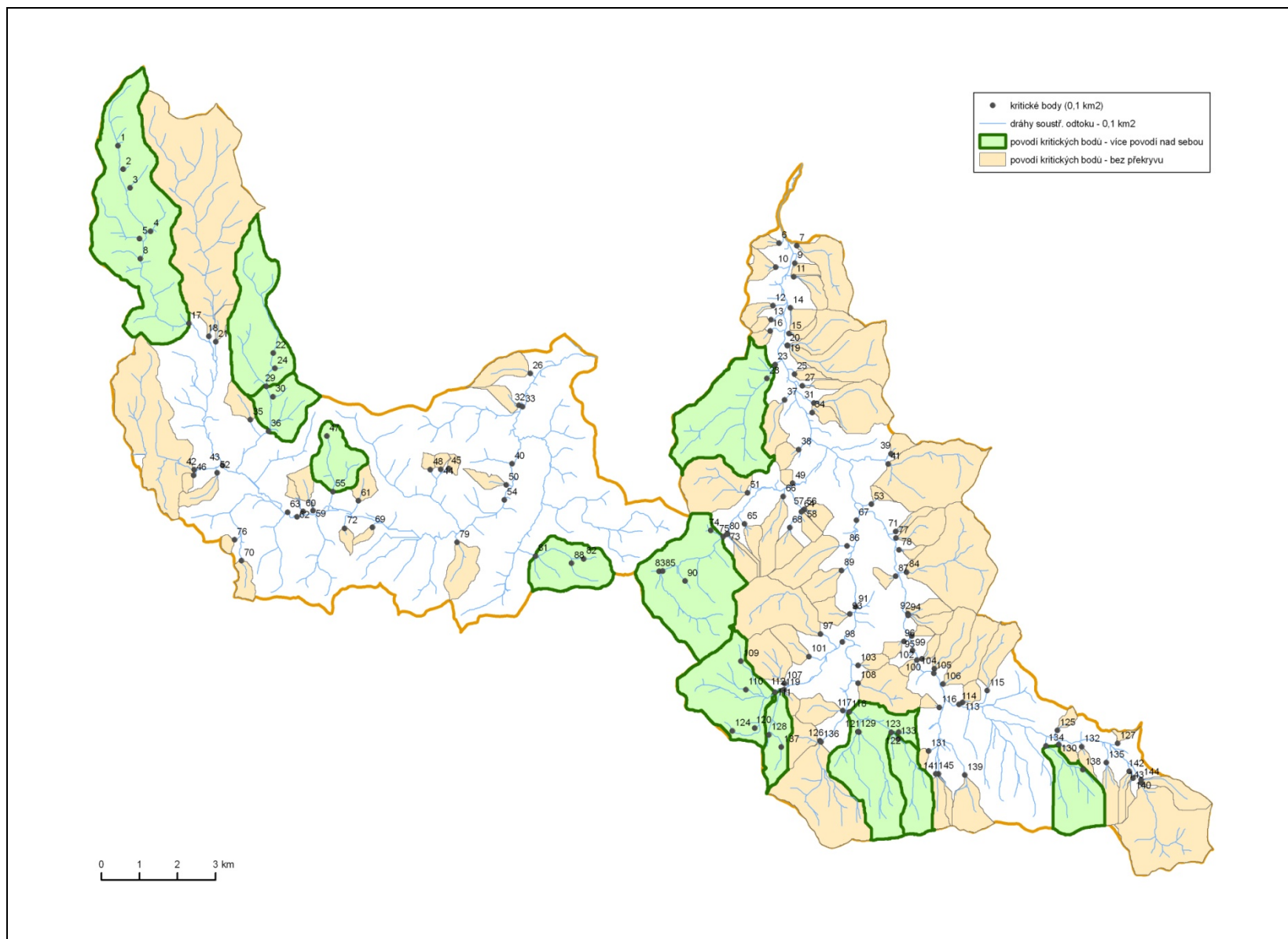
Obr. 5.4 Dráhy soustředěného odtoku a vymezení rozlivů ke kritickým bodům v povodí Luhy



Obr. 5.5 Dráhy soustředěného odtoku a vymezení rozlivů ke kritickým bodům v povodí Jičínky



Obr. 5.6 Vygenerované dráhy soustředěného odtoku, identifikované kritické body včetně zdrojových ploch v pilotních povodích Luhy a Jičínky



Obr. 5.7 Identifikace kritických bodů včetně zdrojových ploch do 10 km² v pilotních povodích Luhy a Jičínky

Tab. 5.2-a Charakteristiky přispívajících ploch kritických bodů v povodích Luhy a Jičínky

ID_KB	Povodí	Plocha	CN	Hs	H0	Oph	Hs_model	H0_model	Oph_model	Sklon	Smyv_model	Smyv_suma_model	Qh_model	Zastoupení orné půdy
		[km ²]	[-]	[mm]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[m ³]	[%]	[t/ha.rok]	[t/rok]	[m ³ /s]	[-]
1	Luha	1,59	76,69	27,48	1,62	2575,85	100	44,21	70140,32	7,66	3,86	39555,7	12	0,56
2	Luha	0,17	71,73	34,35	1,8	297,86	100	35,53	5894,1	9	8,54	13239,1	1,67	0,77
3	Luha	0,5	69,8	35,81	1,55	780,69	100	32,4	16358,69	10,69	5,82	24078,4	3,56	0,73
4	Luha	0,92	77,98	44,83	9,1	8355,77	100	46,62	42828,59	9,19	13,38	115373	9,06	1
5	Luha	1,12	75,14	54,93	11,9	13379,04	100	41,4	46532,73	8,59	12,78	127549	8,19	0,82
6	Jičínka	0,16	85,04	60,29	27,46	4380,46	100	61,1	9744,78	8,03	18,95	30135,6	3,27	1
7	Jičínka	1,44	82,38	73,9	33,85	48774,19	100	55,37	79783,74	5,16	10,1	132737	16,3	1
8	Luha	0,34	73,62	59,23	12,75	4284,23	100	38,72	13011,1	8,65	5,91	10386,2	3,25	0,48
9	Jičínka	0,2	79,79	75,94	31,22	6310,33	100	50,12	10129,25	3,69	7,52	12434,8	1,88	0,93
10	Jičínka	0,35	84,09	71,45	34,8	12042,3	100	59,02	20421,75	4	7,05	22259,4	3,62	0,96
KB10 - Levostranný přítok vodního toku Jičínka														
Uvedený přítok Jičínky, staničení 3,098 km, který byl řešen v délce 420 m, nezpůsobil větších rozlivů, a to i přesto, že část přítoku je zatrubněná. Hladina Jičínky dosahovala až k areálu zemědělského družstva u zámku Kunín, kde hranice rozlivu se dotýkaly objektů na západní straně.														
11	Jičínka	0,37	80,84	77,57	34,15	12563,35	100	52,21	19209,16	6,26	10,46	36796,4	4,94	1
12	Jičínka	0,27	83,02	84,07	43,21	11765,84	100	56,72	15445,39	3,52	6,09	11088,2	4,03	0,61
KB12 - Svodnice, levostranný přítok vodního toku Jičínka														
Ve vazbě na svodnici, která ve staničení 4,130 km ústí do vodního toku Jičínka, nebyly prokázány zaznamatelné rozlivy a vážnější škody.														
13	Jičínka	0,13	80,14	84,39	38,26	5007,66	100	50,82	6651,7	5,17	5,11	4145,8	1,89	0,42
14	Jičínka	0,31	81,64	90,45	45,86	14052,81	100	53,84	16496,81	6,53	10,3	24756	3,38	0,75
15	Jičínka	0,15	80,73	95,5	48,27	7220,84	100	51,99	7778,27	4,51	8,49	11064,3	2,25	0,91
16	Jičínka	0,18	79,33	87,42	39,21	6955,2	100	49,22	8731,53	6,63	10,03	15474,7	2,4	0,86
KB16- Svodnice, levostranný přítok vodního toku Jičínka,														
Svodnice ve staničení 4,860 km vodního toku Jičínka je délky 315 m. V důsledku povrchového odtoku ze zemědělsky obdělávaných pozemků došlo k zaplavení přilehlých objektů a zahrad														
17	Luha	10,06	75,49	47,91	8,66	87141,34	100	42,01	422501,02	12,35	9,05	585317	67,4	0,56
18	Luha	10,47	74,65	43,05	5,94	62242,5	100	40,52	424456,83	14,34	4,82	239169	54,4	0,45
19	Jičínka	1,07	81,12	81,85	37,96	40609,48	100	52,78	56461,35	5,38	8,57	81051	11,6	0,99
KB19-Pravostranný přítok vodního toku Jičínka ,														
Řešená část pravostranného přítoku (staničení 5,178 km) je délky 213 m. V celé délce úseku je přítok zatrubněn. K rozlivu došlo z důvodu ucpání vtoku do zatrubnění při přítoku z extravilánu														
20	Jičínka	2,38	77,33	69,59	23,16	55055,74	100	45,39	107887,08	3,89	6,84	144505	15,6	0,99
21	Luha	0,27	79,99	64,5	23,26	6394,57	100	50,52	13889,04	15,64	7,8	10702,2	4,3	0,46
22	Luha	2,17	76,9	54,06	13,08	28376,74	100	44,59	96749,07	8,98	6,29	84805,4	19,6	0,62

Tab. 5.2-b

ID_KB	Povodí	Plocha	CN	Hs	H0	Oph	Hs_model	H0_model	Oph_model	Sklon	Smyv_model	Smyv_suma_model	Qh_model	Zastoupení orné půdy
		[km ²]	[-]	[mm]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[m ³]	[%]	[t/ha.rok]	[t/rok]	[m ³ /s]	[-]
23	Jičínka	5,56	86,23	90,07	54,81	304637,4	100	63,74	354246,42	6,21	6,38	34209,8	38,3	0,64
KB23-Bernartický potok, levostranný přítok vodního toku Jičínka, Jedná se o 170 m dlouhý úsek Bernartického potoka před zaústěním do vodního toku Jičínka, staničení 5,665 km. V intravilánu přechází Bernartický potok do zatrubněného úseku. Při povodni došlo k ucpaní vtoku do zatrubněné části a spolu s plošným odtokem ze zemědělsky obdělávaných pozemků došlo k zaplavení přilehlého průmyslového objektu. V níže položeném přilehlém území splýnul tento rozliv s rozlivem způsobeným vodním tokem Jičínka.														
24	Luha	0,2	80,03	73,79	30	6062,26	100	50,59	10224,49	6,69	13,19	21367,6	2,89	0,84
25	Jičínka	0,18	73,87	83,52	27,64	5017,5	100	39,14	7104,14	1,71	0,33	316,6	1,21	0,97
KB25-Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Jičínka , Svodnice ve staničení 6,126 km je délky 268 m a prochází ulicí Polní. V úseku nedošlo k rozlivu, svodnicí byly odvedeny vody z extravilánu (plošný odtok).														
26	Luha	0,71	75,68	97,85	40,73	28777,75	100	42,35	29922,21	4,03	6,8	44393,1	5,04	1
KB26-Svodnice, levostranný přítok vodního toku Luha , Svodnice ústící do vodního toku Luha ve staničení 1,855 km je délky 285 m. Jednalo se výhradně o extravilánové vody ze zemědělsky obdělávaných pozemků, které podtékaly železniční trať a dále rozlivem šířky cca 25 m pokračovaly směrem do intravilánu . Zde došlo ke spojení s rozlivem z vodního toku Luha.														
27	Jičínka	0,21	78,36	72,66	26,69	5674,58	100	47,34	10065,06	1,53	1,64	3396,8	2,11	0,99
KB27-Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Jičínka , Odtoky vody svodnicí zaústěnou do Jičínky ve staničení 6,370 km, nebyl způsobem žádný rozliv. Ve vyhodnocovaném úseku byly svodnicí odvedeny vody plošného odtoku ze zemědělsky obdělávaných pozemků.														
28	Jičínka	4,88	77,97	94,98	42,66	208192,05	100	46,6	227422,18	7,86	6,34	223586	28,3	0,61
29	Luha	4,58	79,01	66,93	23,62	108139,97	100	48,6	222514,66	8,62	10,08	288790	30	0,65
30	Luha	0,24	84,06	86,63	47,36	11494,99	100	58,94	14305,26	8,65	17,65	36846	4,74	0,95
31	Jičínka	1,68	79,08	58,38	18,02	30299,25	100	48,74	81956,63	4,21	7,86	104389	13,3	0,87
KB31-Pravostranný přítok vodního toku Jičínka . Jedná se o část pravostranného přítoku vodního toku Jičínka, délky 743 m zaústěného ve staničení 6,631 km. Přibližně 380 m dlouhý řešený úsek přítoku protéká extravilánem, kde levý břeh lemuje zemědělské družstvo. Ve vzdálenosti 380 m před zaústěním do vodního toku Jičínka protéká přítok rybochovnou nádrží. Při povodni došlo k výraznému rozlivu v místě zemědělského družstva, hloubka vody se v místě zemědělských objektů pohybovala okolo 0,40 m vody. V nižší části přítoku rozliv splýnul s rozlivem od vodního toku Jičínka.														
32	Luha	0,29	78,64	103,67	50,84	15089,51	100	47,88	14211,49	3,83	4,37	11656,5	3,57	0,97
KB32-Svodnice, levostranný přítok vodního toku Luha . Svodnice ústí do vodního toku Luha ve staničení 2,773 km a má délku 402 m. při povodni v červnu 2009 šlo o odtok extravilánových vod, které se v nižší poloze spojí s rozlivem od toku Luha. Zde nedošlo k zaplavení žádného objektu, pouze zemědělských ploch a komunikace Jeseník nad Odrou – Polouvsí.														
34	Jičínka	0,24	78,38	66,28	22,34	5284,69	100	47,39	11212,52	1,83	3,02	4477,6	1,79	0,77
35	Luha	0,48	79,31	102,58	51,28	24737,78	100	49,18	23724,32	4,61	9,14	33428,3	5,84	0,99

Tab. 5.2-c

ID_KB	Povodi	Plocha	CN	Hs	H0	Oph	Hs_model	H0_model	Oph_model	Sklon	Smyv_model	Smyv_suma_model	Qh_model	Zastoupení orné půdy
		[km ²]	[-]	[mm]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[m ³]	[%]	[t/ha.rok]	[t/rok]	[m ³ /s]	[-]
36	Luha	6,41	79,98	75,59	31,26	200264,94	100	50,51	323525,97	8,09	10,66	438759	55,2	0,69
KB36-Běloušský potok, levostranný přítok Luhy, Bělouš ,														
Řešená část Běloušského potoka je délky 3535 m, ve staničení 15,274 km ústí do vodního toku Luha. Díky úpravě a revitalizaci navržené a provedené v letech 1998 až 2001 nebyl v době povodně v červnu 2009 rozliv v jižní části obce Bělouš tak výrazný a mnoho objektů zůstalo uchráněno před ničivými účinky povodně. Rozliv v Bělouši byl ovlivněn odtoky ze zemědělsky obdělávaných pozemků, což mělo za následek zasažení několika objektů. Dále byla zaplavena většina objektů umístěných v těsném okolí terénních svodnic.														
37	Jičínka	0,62	74,7	78,26	25,35	15694,04	100	40,61	25145,21	5,47	6,99	35929,5	5,15	0,99
KB37-Levostranný přítok vodního toku Jičínka ,														
Jedná se o část levostranného přítoku vodního toku Jičínka ve staničení 6,786 km, délky 330 m, který je cca 280 m před zaústěním zatrubně. Při povodni došlo k ucpaní nátoky do zatrubně části a dále k rozlivu do přilehlých oblastí. Ulicí U Zástavky proudila voda o hloubce 0,50 m. Ulice je lemována z jedné strany plechovým plotem a na druhé straně odděluje průmyslový areál od komunikace betonová zeď. Díky těmto překážkám se vytvořilo umělé koryto a tudíž nedošlo k výraznějšímu rozlivu. Nedaleko zaústění do vodního toku Jičínka došlo k zaplavení několika objektů														
38	Jičínka	0,29	72,01	72,97	18,64	5475,69	100	35,98	10568,61	6,33	9,41	18719,9	1,74	0,77
39	Jičínka	0,25	81,84	55,22	19,25	4776,22	100	54,26	13460,82	3,23	3,55	1277,98	2,85	0,93
41	Jičínka	3,63	79,31	37,73	6,61	24017,65	100	49,19	178794,15	10,78	7,86	198618	23	0,65
Rakovec, pravostranný přítok vodního toku Jičínka														
42	Luha	4,95	75,64	104,14	45,43	225056,83	100	42,28	209426,09	7,54	7,95	170085	30,4	0,5
KB42-Doubava, pravostranný přítok Luhy, Bělouš ,														
Část vodního toku Doubava protékající urbanizovaným územím je délky 1304 m, ve staničení 15,644 km se vleává do vodního toku Luha. Výrazněji se hranice rozlivu rozšiřují v místě soutoku Doubava – Luha .														
44	Luha	0,12	69,34	114,89	41,73	4986,25	100	31,67	3784,11	6,72	8,15	9081,7	0,845	0,87
45	Luha	0,12	76,57	114,89	55,75	6912,96	100	43,99	5454,58	7,73	12,62	13714,6	1,29	0,91
KB45-Levostranný přítok Lučického potoka, Blahutovice ,														
Jedná se o levostranný přítok dlouhý 950 m, ústící do vodního toku Lučický potok ve staničení 1,109 km. V severní části Blahutovic byl v době povodně zaznamenán odtok i po zpevněné komunikaci. Rozliv se v obci pohyboval v šířce 20 až 60 m. V jižní části Blahutovic způsobil výraznější škody extravilánový odtok ze zemědělsky obdělávaných pozemků. V této části rozliv od levostranného přítoku nezaplavil žádné objekty.														
46	Luha	0,12	73,4	121,96	54,82	6781,51	100	38,34	4742,44	9,95	5,91	253,99	1,19	0,3
47	Luha	0,12	78,4	97,76	45,63	5334,41	100	47,42	5542,87	7,92	16,42	13810,4	1,51	0,74
48	Luha	0,12	76,07	126,81	64,39	7958,87	100	43,06	5322,16	5,75	9,53	9539,95	1,29	0,95
49	Jičínka	0,12	75,23	72,36	22,23	2643,4	100	41,56	4941	6,23	3,88	201,91	0,976	0,05
50	Luha	0,27	79,73	136,88	81,51	22137,59	100	50,01	13581,67	6,42	11,41	26123	3,93	0,66
KB50-Levostranný přítok vodního toku Luha , Přítok vodního toku Luha ve staničení 5,466 km způsobil zaplavení přilehlého objektu. Jednalo se převážně o extravilánové vody ze zemědělsky obdělávaných pozemků.														

Tab. 5.2-d

ID_KB	Povodí	Plocha	CN	Hs	H0	Oph	Hs_model	H0_model	Oph_model	Sklon	Smyv_model	Smyv_suma_model	Qh_model	Zastoupení orné půdy
		[km ²]	[-]	[mm]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[m ³]	[%]	[t/ha.rok]	[t/rok]	[m ³ /s]	[-]
51	Jičinka	1,99	83,9	101,66	60,07	119580,77	100	58,61	116672,32	8,09	9,5	152735	20,7	0,9
KB51-Baranec, levostranný přítok vodního toku Grasmanka ,														
Vodní tok Baranec ústí do toku Grasmanka ve staničení 2,713 km. Délka posuzovaného úseku je cca 185 m. Přítokové srážky spolu s plošným odtokem z extravilánu způsobily vybřežení vodního toku Baranec v místě jeho zatrubnění a následně zaplavení přilehlých objektů. Přibližně 100 m před zaústěním potoka do toku Grasmanka totiž dochází k zatrubnění toku Baranec. Při povodni také došlo k ucpání nátoky do zatrubněné části a k zaplavení suterénů bytových domů.														
52	Luha	0,41	84,5	127,83	85,06	35103,07	100	59,89	24718,6	8,73	15,65	50274,8	8,05	0,9
53	Jičinka	0,14	80,42	46,74	12,28	1703,99	100	51,38	7130,95	6,69	4,47	4027,47	1,4	0,67
55	Luha	1,63	82,36	106,56	61	99216,46	100	55,34	90018,94	8,98	13,78	143641	17,5	0,55
58	Jičinka	0,32	78,21	59,31	17,58	5637,72	100	47,05	15083,94	10,17	0,14	33,58	3,53	0
59	Luha	0,39	79,62	127,99	73,46	28685,4	100	49,79	19444,73	7,39	14,24	42881,8	5,51	1
60	Luha	0,12	79,04	132,07	75,64	9137,31	100	48,66	5877,81	5,14	7,18	6248,52	1,84	1
61	Luha	0,4	81,69	112,23	64,45	26000,04	100	53,95	21764,53	6,11	11,37	41835,4	5,36	0,99
64	Jičinka	0,23	79,17	57,04	17,25	4049,68	100	48,9	11476,46	12,55	0,36	81,41	3,46	0
KB64-Pravostranný přítok vodního toku Grasmanka ,														
Řešená část pravostranného přítoku je délky 731 m (staničení Grasmanky je 1,820 km) a protéká intravilánem. Ve vzdálenosti 268 m od zaústění je úsek zatrubněn. Levý břeh v celé délce lemuje silniční komunikace (ulice B. Martinů), pravý břeh rodinné domy s přilehlými zahradami. Při povodni došlo k zaplavení níže položených zahrad a dále k ucpání vtoku do zatrubněného úseku. Tím došlo k vybřežení většího množství vody, která odtékala přilehlými ulicemi směrem do sportovního areálu. Od níže položeného průmyslového areálu byl proud vody oddělen a usměrňován plotem z betonových panelů.														
65	Jičinka	0,29	74,02	68,17	18,17	5362,97	100	39,41	11633,23	8,67	11,31	30947,8	3,11	0,96
KB65-Pravostranný přítok vodního toku Grasmanka ,														
Pravostranný přítok ústící do vodního toku Grasmanka ve staničení 3,627 km je délky cca 340 m. Rozliv byl způsoben zejména plošným odtokem z extravilánu ovlivněným v dolní části, v křížení u státní silnice (propustek), rozvodněním Grasmanky. V místě svodnice byla zaplavena rozptýlená zástavba (2 domy a částečně i objekt zemědělského podniku).														
66	Jičinka	0,8	75,65	67,25	19,54	15653,07	100	42,31	33899,87	11,76	8,45	48929,7	7,84	0,78
KB66-Pravostranný přítok vodního toku Grasmanka ,														
Řešená část pravostranného přítoku délky 317 m zaústí do vodního toku Grasmanka ve staničení 1,937 km, tj. 125 m nad zaústěním jejího pravostranného přítoku. Část přítoku je zatrubněná. K rozlivu došlo z důvodu plošného odtoku z extravilánu a z výše položené zástavby. Mezi zaplavenými objekty byla Vysoká škola podnikání, a.s. a část průmyslového areálu. V nejnižší položené části přítoku rozliv splynul s rozlivy způsobenými vodním tokem Grasmanka.														
68	Jičinka	0,45	72,19	55,73	9,76	4368,11	100	36,28	16243,2	15,07	11,8	27267,3	4,04	0,5
69	Luha	0,12	83,88	136,35	91,36	10799,1	100	58,56	6921,93	8,75	15,43	12853,5	2,2	0,9
KB69-Svodnice, pravostranný přítok vodního toku Luha, Polom , Jedná se o dráhu soustředěného odtoku, kterou byly zaplaveny přilehlé objekty.														
70	Luha	0,4	88,97	134,1	102,53	41105,41	100	70,13	28113,99	9,45	12,46	44408,6	9,76	0,95

Tab. 5.2-e

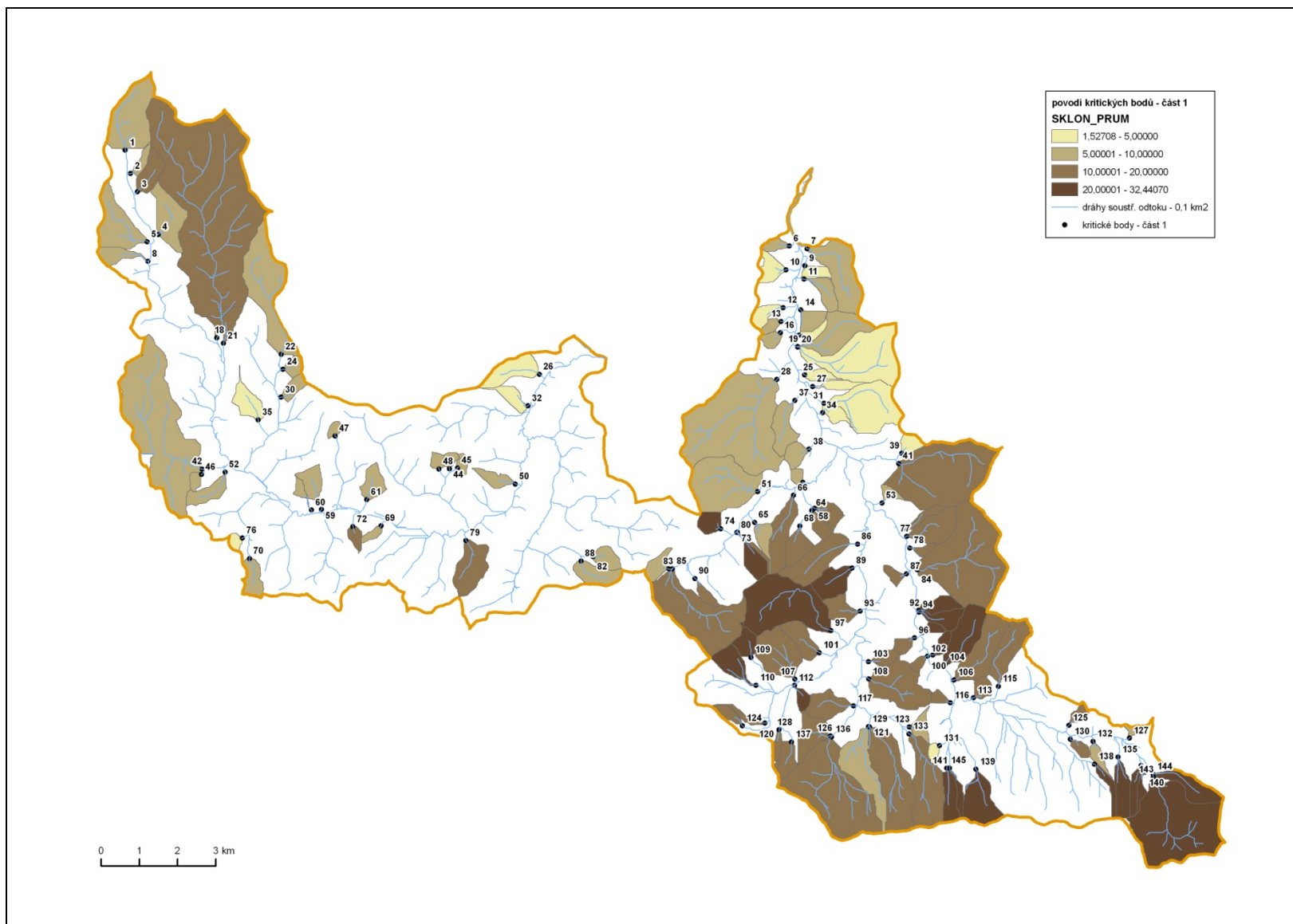
ID_KB	Povodí	Plocha	CN	Hs	H0	Oph	Hs_model	H0_model	Oph_model	Sklon	Smyv_model	Smyv_suma_model	Qh_model	Zastoupení orné půdy
		[km ²]	[-]	[mm]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[m ³]	[%]	[t/ha.rok]	[t/rok]	[m ³ /s]	[-]
71	Jičínka	0,19	72,21	38,62	3,11	592,86	100	36,32	6919,3	17,02	0,37	349,84	2,03	0
KB71-Pravostranný přítok vodního toku Jičínka ,Přítok ve staničení 11,721 km Jičínky má délku 249 m. Přítok je v místě průchodu zástavbou a pod místní komunikací zčásti zatrubněn. V průběhu povodně došlo k ucpání vtoku do zatrubněné části, k rozlivu a k zaplavení přilehlých objektů zástavby ve směru k toku Jičínky pod místem zatrubnění. Problémem bylo vytékání vody z natlakovaného potrubí jeho netěsnostmi a v důsledku místního porušení zatrubněného úseku.														
72	Luha	0,16	86,07	135,18	95,9	15698,56	100	63,38	10376,02	13,17	15,98	16997,6	3,63	0,13
73	Jičínka	0,1	76,86	74,5	25,83	2689,16	100	44,51	4633,77	14,24	12,58	9369,18	1,54	0,73
74	Jičínka	0,30	71,15	105,13	38,11	11592,62	100	34,57	10516,19	23,99	0,38	447,22	2,06	0,61
75	Jičínka	6,44	78,15	95,49	43,39	279400,08	100	46,95	302332,07	14,94	6,43	90581,8	43,2	0,44
KB75-Grasmanka, Loučka ,Jedná se o úsek vodního toku Grasmanka délky 2362 m v obce Loučka, který směrem k Novému Jičínu volně přechází v úsek č. 12. Řešený úsek má jeden pravostranný a jeden levostranný přítok – vodní tok Baranec. Vyhodnocený rozliv prochází na pravém břehu spojitě podél říčky Grasmanky, v levobřežním území se jedná o lokální rozlivy. V místě zaústění přítoků a svodnic docházelo ke spojení jejich rozlivů a také Grasmanky. Tím došlo i k místnímu rozšíření hranice rozlivu směrem od toku (viz úseky č. 14 a 15). V celé délce řešeného úseku došlo k zaplavení přilehlých objektů a zahrad při úrovních hladin nad terénem cca 0,60 m, výjimečně až do 1,0 m														
76	Luha	0,12	80,6	126,41	74,38	9170,46	100	51,74	6379,96	4,85	10,02	11501,8	1,73	0,99
77	Jičínka	0,76	69,23	39,42	2,19	1661,33	100	31,5	23938,59	19,05	0,4	1493,05	4,91	0
KB77-Pravostranný přítok vodního toku Jičínka ,Na pravém břehu přítoku Jičínky ve staničení 11,902 km se nachází nová zástavba. K rozlivu došlo až v níže položeném úseku (pod strží). Rozliv zasáhl obytné objekty na pravém břehu svodnice.														
78	Jičínka	0,12	68,18	44,11	3	359,72	100	29,87	3587,15	18,83	0,43	250,33	0,97	0
79	Luha	0,89	72,85	179,79	101,27	89936,53	100	37,4	33214,29	11,03	11,58	27245,8	5,6	0,28
80	Jičínka	0,4	74,24	78,71	25,01	9947,79	100	39,8	15832,48	21,95	14,61	21317,5	4,84	0,36
81	Luha	2,33	77,27	177,17	111,08	258793,29	100	45,29	105506	4,59	6,22	50689,2	15,6	0,7
82	Luha	0,32	77,19	164,42	99,45	32131,49	100	45,13	14582,53	6,37	9,76	24178,9	3,16	0,75
83	Jičínka	0,31	87,91	119,24	85,6	26476,49	100	67,61	20911,41	6,74	4,64	12224	5,26	1
84	Jičínka	3,88	66,46	36,04	0,78	3026,17	100	27,3	105778,62	16,84	0,49	7264,2	11,8	0
85	Jičínka	2,63	72,13	95,74	33,24	87242,27	100	36,18	94969,72	15,44	5,35	81373,5	13,6	0,43
86	Jičínka	1,1	75,13	57,66	13,35	14656,02	100	41,37	45409,29	17,37	3,94	25527,1	11,6	0,08
KB86-Palackého potok, levostranný přítok vodního toku Zrzávka ,Část tohoto toku byla vyhodnocena na základě zjištění při místním šetření. Část Palackého potoka délky 355 m ústí ve staničení 1,536 km do vodního toku Zrzávka. Přibližně 350 m od zaústění vybřežila voda z potoka na jeho pravém břehu a zaplavila přilehlé zahrady a rekreační objekty. Směrem po proudu se hranice rozlivu zvětšovala až navázala na rozliv od vodního toku Grasmanka. V místě cvičné golfové plochy vybřežil Palackého potok i na levém břehu a z 1/3 zaplavil hřiště.														
87	Jičínka	0,15	64,82	44,35	1,82	276,98	100	24,95	3795	19	0,41	309,28	0,83	0
88	Luha	0,54	79,54	165,41	106,61	57194,79	100	49,63	26625,08	5,16	9,08	40589,1	6,09	0,76
89	Jičínka	0,62	65,98	47,53	2,99	1840,22	100	26,61	16369,57	22,36	0,43	830,9	3,21	0
90	Jičínka	0,17	71,65	93,41	30,92	5346,23	100	35,39	6118,08	10,46	0,29	491,37	1,43	0,79
92	Jičínka	0,34	68,63	39,45	1,99	677,35	100	30,57	10396,31	20,46	0,57	1251,02	2,6	0

Tab. 5.2-f

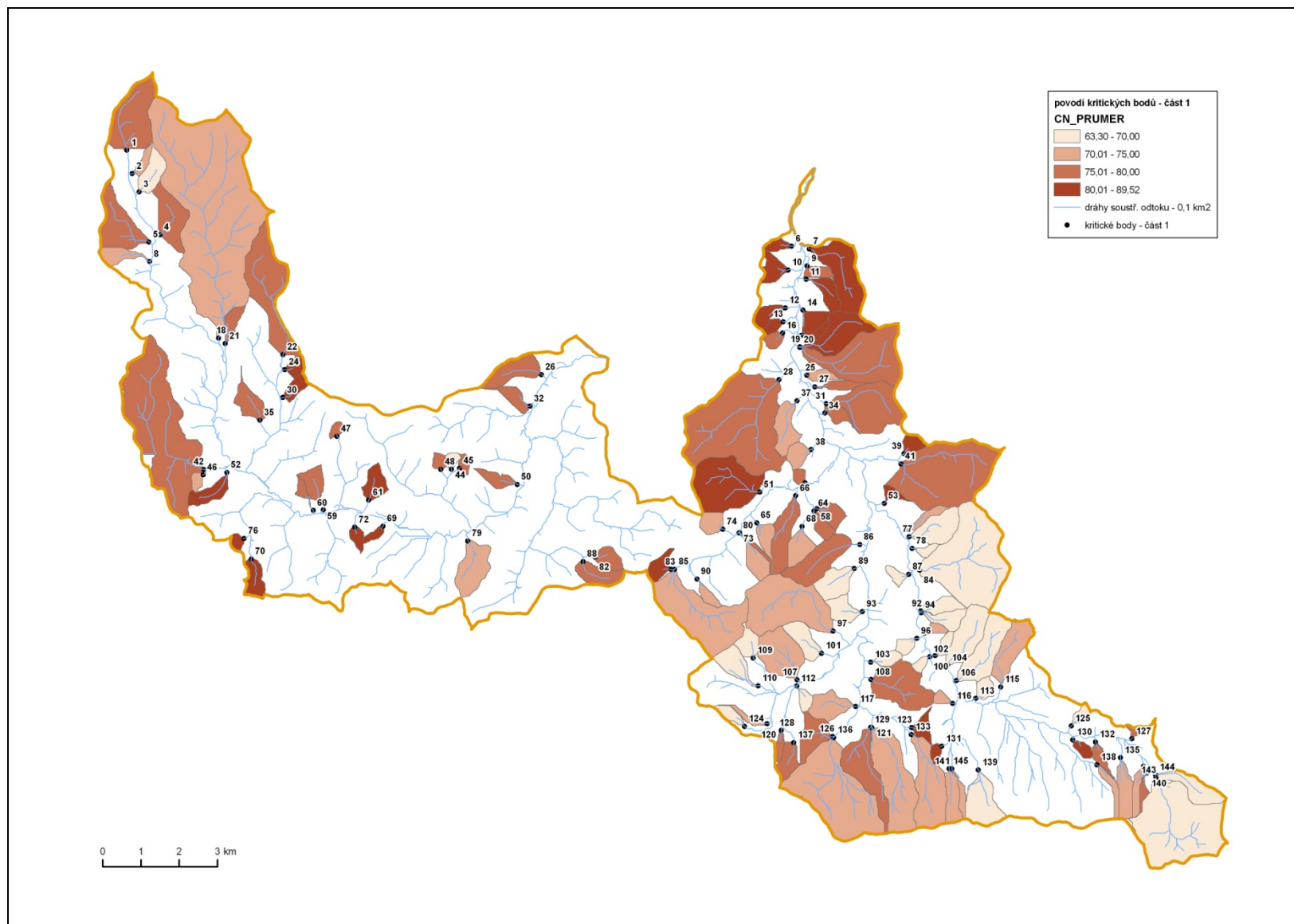
ID_KB	Povodi	Plocha	CN	Hs	H0	Oph	Hs_model	H0_model	Oph_model	Sklon	Smyv_model	Smyv_suma_model	Qh_model	Zastoupení orné půdy
		[km ²]	[-]	[mm]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[m ³]	[%]	[t/ha.rok]	[t/rok]	[m ³ /s]	[-]
93	Jičínka	0,4	69,51	55,13	7,48	2989,82	100	31,94	12765,42	17,94	0,51	1268,84	2,87	0
94	Jičínka	0,36	65,7	39,08	1,09	395,92	100	26,2	9545,01	21,35	0,38	615,45	2,17	0
95	Jičínka	0,11	70,6	39,23	2,64	299,06	100	33,68	3815,45	21,33	0,35	223,47	1,07	0
96	Jičínka	0,17	69,19	66,55	12,29	2081,15	100	31,43	5324,32	18,12	0,55	623,87	1,37	0
97	Jičínka	2,55	71,91	77,74	21,33	54342,51	100	35,81	91239,18	22,16	0,56	3123,75	18,6	0
100	Jičínka	0,16	69,08	51,19	5,69	918,03	100	31,26	5039,67	20,43	0,6	646,75	1,39	0
101	Jičínka	0,52	67,12	83,12	18,56	9561,8	100	28,27	14563,23	17,72	0,33	686,04	2,74	0
102	Jičínka	0,11	69,67	62,22	10,67	1169,4	100	32,18	3526,88	16,05	0,52	481,57	0,9	0
103	Jičínka	0,22	68,68	76,11	16,61	3629,59	100	30,65	6696,32	11,05	4,23	8142,16	1,44	0,19
104	Jičínka	0,98	65,15	44,74	2,01	1975,32	100	25,41	24960,99	24,65	0,49	1664,02	4,58	0
106	Jičínka	1,18	66,9	49,08	3,83	4524,6	100	27,94	33006,29	19,63	0,9	3230,66	6,3	0
107	Jičínka	1,15	72,77	89,44	29,97	34600,53	100	37,26	43010,98	16,25	0,36	2041,15	7,72	0
108	Jičínka	1,42	76,06	87,14	33,5	47440,4	100	43,05	60954,77	11,11	4,64	56501,4	11,9	0,52
109	Jičínka	0,34	69,64	85,36	22,97	7884,3	100	32,14	11031,3	26,15	0,41	343,58	2,79	0
110	Jičínka	0,52	64,86	85,56	17,21	8950,54	100	25	12999,24	24,24	0,28	187,95	3,21	0
111	Jičínka	4,13	69,97	102,93	34,61	142871,18	100	32,66	134806,49	18,16	0,77	10491,2	17,7	0
112	Jičínka	0,17	67,41	141,71	57,19	9578,56	100	28,7	4807,75	20,87	0,5	505,39	1,36	0
113	Jičínka	0,22	68,84	82,17	20,11	4384,95	100	30,88	6735,69	14,8	0,41	668,45	1,67	0
115	Jičínka	0,86	71,43	47,43	5,71	4926,79	100	35,03	30217,89	18,28	0,66	696,75	7,38	0,01
116	Jičínka	0,12	72,6	77,03	21,78	2532,8	100	36,97	4300,05	16,19	0,69	700,78	1,23	0
117	Jičínka	0,59	72,81	137,98	66,23	39013,41	100	37,33	21992,91	15,77	1,78	7147,71	5,55	0
118	Jičínka	6,53	84	110,77	68,37	446673,54	100	58,81	384232,11	5,21	2,91	21915,5	33,2	0,36
119	Jičínka	1,33	79,28	140,72	83,79	111534,61	100	49,12	65384,93	12,25	0,4	1921,63	16,1	0
120	Jičínka	0,12	74,14	119,75	54,61	6433,41	100	39,62	4667,29	10,36	5,01	3980,4	1,44	0
121	Jičínka	2,02	73,85	134,87	66,05	133651,08	100	39,11	79142,94	14,88	4,71	20121,8	14,7	0,25
122	Jičínka	1,94	78,91	113,6	59,59	115443,28	100	48,41	93785,03	5,98	6,1	12913,1	14,9	0,22
123	Jičínka	0,24	89,52	102,23	73,57	17539,12	100	71,46	17037,17	5,66	4,79	10781	5,11	0,88
124	Jičínka	0,2	69,37	117,31	43,49	8680,71	100	31,72	6331,31	17,51	0,53	790,25	1,59	0
125	Jičínka	0,16	67,22	77,31	15,65	2438,67	100	28,43	4429,55	18,64	0,37	183,28	1,15	0
126	Jičínka	0,63	76,61	155,04	89,69	56101,64	100	44,06	27557,86	11,27	6,76	19847,3	5,66	0,25
127	Jičínka	0,1	75,05	79,49	26,65	2721,31	100	41,23	4209,69	8,7	0,24	191,65	1,42	0

Tab. 5.2-g

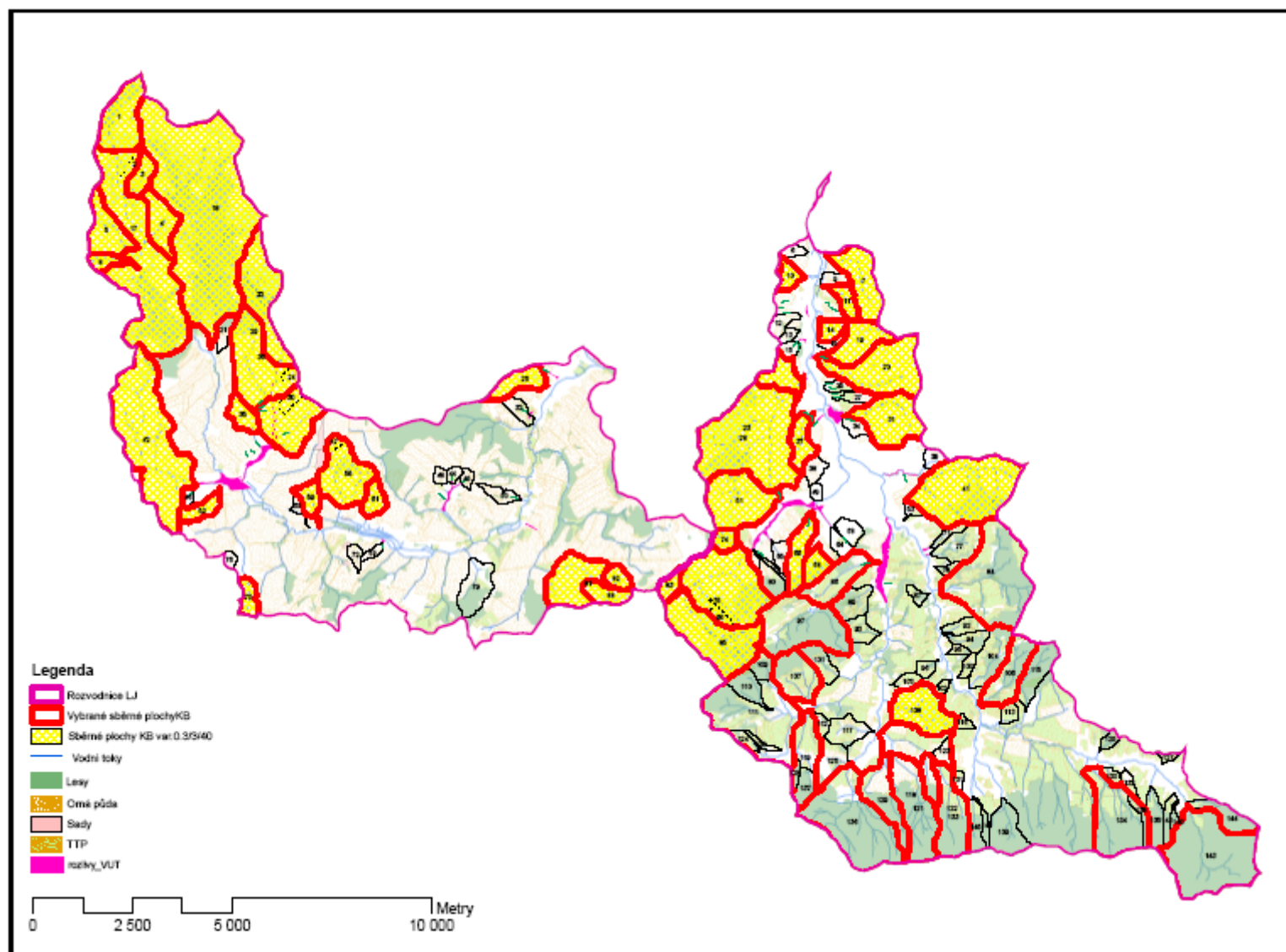
ID_KB	Povodi	Plocha	CN	Hs	H0	Oph	Hs_model	H0_model	Oph_model	Sklon	Smyv_model	Smyv_suma_model	Qh_model	Zastoupení orné půdy
		[km ²]	[-]	[mm]	[mm]	[m ³]	[mm]	[mm]	[m ³]	[%]	[t/ha.rok]	[t/rok]	[m ³ /s]	[-]
128	Jičínka	0,13	76,93	127,9	67,22	9034,64	100	44,65	6000,71	17,04	0,26	84,54	2,23	0
129	Jičínka	1,25	78,62	144,57	85,56	107173,44	100	47,84	59928,02	9,46	3,47	14974,2	12,2	0,29
130	Jičínka	0,15	80,74	88,42	42,53	6371,66	100	52,03	7793,62	11,21	0,29	315,34	2,41	0
131	Jičínka	0,13	80,4	111,87	61,33	7763,91	100	51,34	6499,63	4,8	0,09	56,56	1,83	0,27
132	Jičínka	0,18	78,19	88,07	37,72	6737,39	100	47,01	8396,8	8,15	0,32	315,49	2,71	0
133	Jičínka	1,52	72,59	123,62	54,44	82710,47	100	36,95	56144,56	18,09	1,1	5567,28	11,2	0,12
134	Jičínka	2,28	69,88	93,84	28,53	65125,47	100	32,52	74233,27	25,53	0,34	1685,86	9,71	0
135	Jičínka	0,5	72,55	88,46	29	14541,6	100	36,9	18502,98	29,38	0,43	390,54	4,61	0
136	Jičínka	3,62	74,39	142,76	73,79	266827,06	100	40,07	144884,65	15,59	0,33	738,49	21,7	0,04
137	Jičínka	0,39	76,6	142,97	79,21	31177,21	100	44,03	17329,06	13,02	0,23	50,2	4,3	0
138	Jičínka	0,23	72,3	88,81	28,86	6521,73	100	36,48	8243,6	25,04	0,45	331,05	2,49	0
139	Jičínka	0,94	69,7	113,9	41,67	39031,29	100	32,23	30184,25	31,09	0,15	2,24	5,91	0
140	Jičínka	0,11	75,24	83,22	29,46	3296,71	100	41,56	4650,91	32,44	0,39	11,44	1,5	0
141	Jičínka	0,16	74,17	111,6	48,35	7508,97	100	39,66	6159,9	26,6	0,4	103,67	1,87	0
142	Jičínka	0,25	73,57	83,05	26,9	6664,09	100	38,62	9566,76	29,08	0,52	328,83	2,91	0
143	Jičínka	3,83	63,3	76,17	11,25	43108,61	100	22,85	87531,39	28,63	0,23	177,91	12,2	0
144	Jičínka	0,69	67,93	74,75	15,1	10434,1	100	29,49	20376,5	30,09	0,16	79,26	4,25	0
145	Jičínka	0,46	71,84	111,44	43,83	20255,59	100	35,7	16496,81	27,08	0,37	356,15	4,36	0



Obr. 5.8 Sklonitostní poměry zdrojových ploch kritických bodů

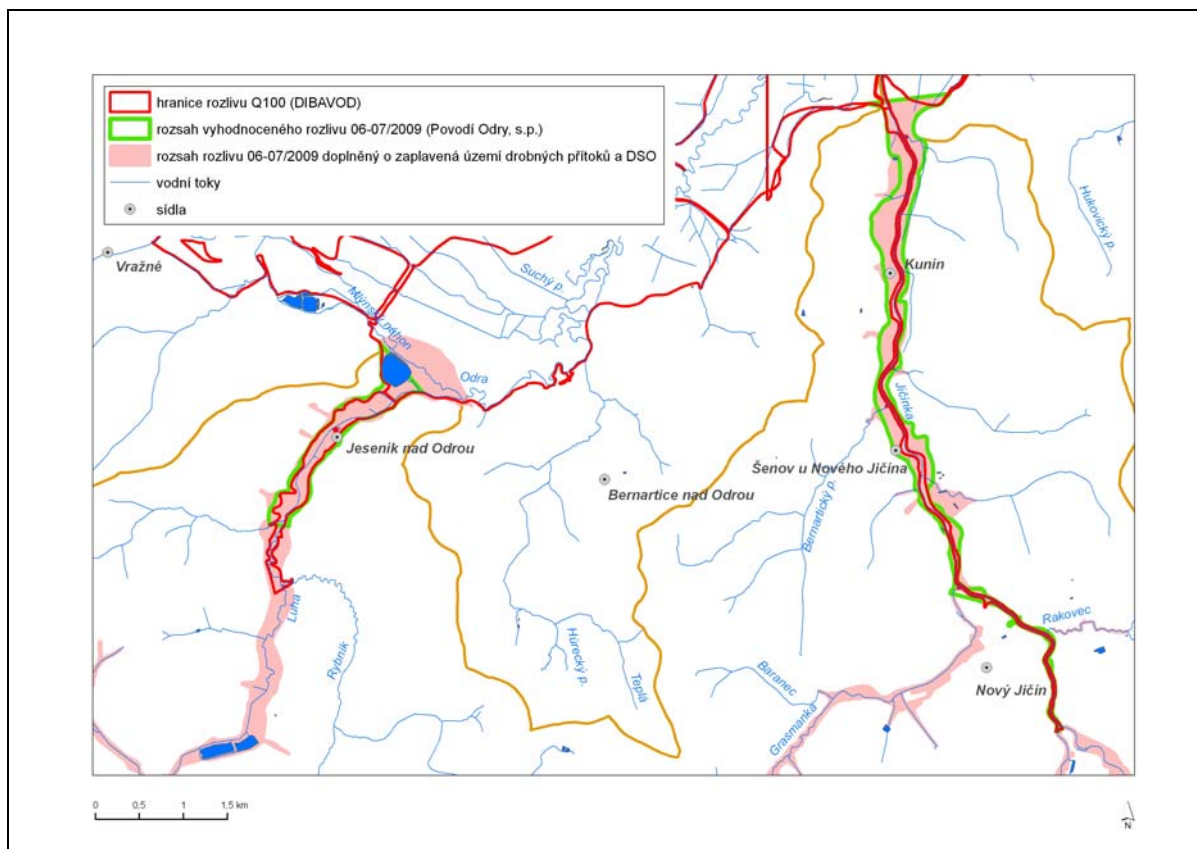


Obr. 5.9 Hodnoty CN příslušných zdrojových ploch kritických bodů



Obr. 5.10 Výběr rozhodujících přispívajících ploch identifikovaných KB (kritéria: K1, K2, K3, K4 a K1A, K2A)

Vyhodnocení rozsahu rozlivů na drobných přítocích Luhy a Jičínky a v drahách soustředěného odtoku navázalo na údaje pořizované pracovníky Povodí Odry, s.p. a ORP Nový Jičín (viz kap. 5.1). Na obr. 5.11 jsou přehledně uvedeny maximální rozsahy rozlivů z června 2009 v porovnání s dostupnými údaji hranic záplavových území (ZÚ) pro scénář Q_{100} .



Obr. 5.11 Porovnání rozsahu rozlivu 2009 s dostupnými údaji

Z porovnání ploch tzv. doplněného rozlivu 2009 s plochou vymezenou hranicemi ZÚ Q_{100} samozřejmě ve srovnatelném úseku toku vyplývá, že v případě povodí Luhy byl rozsah Q_{100} překročen o 27 %. V povodí Jičínky byla situace výrazně jiná, zde rozliv 2009 zasáhl území o 366 % většího rozsahu než odpovídá ZÚ. Dále je možné doplnit i teoretické údaje o dopadech povodně v sledovaných úsecích toků. Pokud použijeme metriku trvale bydlících osob a zastavěných ploch dotčených rozlivem 2009, pak pro úsek dolního toku Luhy se jedná o 430 osob a 8,7 ha zastavěných ploch a pro úsek Jičínky platí údaje: 1403 osob a 31,2 ha.

V tabulce 5.3 jsou uvedeny vazby vybraných kritických bodů (zvýrazněno žlutou barvou) rozhodujících ploch k jednotlivým obcím v pilotních povodích obou toků.

Celkové údaje o počtech trvale bydlících osob a hodnotě majetku vyjádřené výší fixních aktiv za rok 2006 v jednotlivých obcích obsahuje tabulka 5.4. Současně tyto údaje slouží jako příklad pro doplnění atributové tabulky výsledné *.shp vrstvy vybraných kritických bodů.

Tab. 5.3 Vybrané kritické body

Povodí	Kód obce	Obec	Kritické body / vybrané kritické body											
Luha	512231	Bělotín	17	18	21	22	24	29	30	35	36	42	46	
			47	52	70	76								
Jičínka	599409	Hodslavice	103	108	112	117	118	119	121	126	129	136		
Jičínka	568511	Hostašovice	120	124	128	137								
Luha	599468	Jeseník nad Odrou	26	32	44	45	48	50						
Luha	513873	Jindřichov	1	2	3	4	5	8						
Jičínka	568546	Kunín	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	19	
			20											
Jičínka	599689	Mořkov	116	122	123	131	133	139	141	145				
Jičínka	599191	Nový Jičín	39	41	49	51	53	58	64	65	66	68	71	
			73	77	78	80	84	86	87	89	93	97	101	
			107	109	110	111								
Luha	516911	Polom	55	59	60	61	69	72						
Jičínka	599905	Starý Jičín	74	75	79	81	82	83	85	88	90			
Jičínka	554171	Šenov u Nového Jičína	23	25	27	28	31	34	37	38				
Jičínka	500259	Veřovice	125	127	130	132	134	135	138	140	142	143	144	
Jičínka	547000	Životice u Nového Jičína	92	94	95	96	100	102	104	106	113	115		

Tab. 5.4 Počty trvale bydlících osob a hodnoty majetku v obcích pilotních povodí celkem

kod_obce	Obec	Okres	Počet obyvatel	Hodnota majetku [mil.Kč]
512231	Bělotín	Přerov	1 642	2 032,5
599409	Hodslavice	Nový Jičín	1 692	939,5
568511	Hostašovice	Nový Jičín	688	644,4
599468	Jeseník nad Odrou	Nový Jičín	1 861	2 176,8
513873	Jindřichov	Přerov	468	1 044,9
568546	Kunín	Nový Jičín	1 858	2 622,0
599689	Mořkov	Nový Jičín	2 372	1 157,7
599191	Nový Jičín	Nový Jičín	26 738	11 951,0
516911	Polom	Přerov	292	460,4
599905	Starý Jičín	Nový Jičín	2 400	2 622,9
554171	Šenov u Nového Jičína	Nový Jičín	1 953	4 519,3
500259	Veřovice	Nový Jičín	1 942	1 308,3
547000	Životice u Nového Jičína	Nový Jičín	561	775,5

6. Úloha hromadného zpracování dat za ČR

Problematika hromadného zpracování dat (resp. zajištění dílčích výsledků za ČR) byla řešena paralelně s vývojem metodiky právě proto, že kvantifikace klíčových charakteristik a jejich prostorové rozložení výrazně podmiňují nastavení metodického postupu.

Nástroje pro identifikaci a vymezení oblastí ohrožených povodněmi z přívalových srážek na území celé ČR byly připravovány v prostředí ArcGIS s využitím nadstaveb Spatial Analyst a ArcHydro. Vzhledem k tomu, že použití funkcí těchto nadstaveb je při zpracování dané úlohy velice náročné na čas výpočtu, datové kapacity a vlastní funkce mají i určité limity, bylo nutné v prvním kroku rozdělit území ČR na několik menších datových celků, zpravidla na povodí II. řádu. Výpočty podle uvedeného postupu byly prováděny pro jednotlivé datové celky samostatně.

Základní vstupní data:

- digitální model terénu TOPOGRID (rozlišení gridu 10 x 10 m), který byl vytvořen ve VÚV T.G.M., v.v.i., na podkladu výškopisu ZABAGED (stav k roku 2006);
- intravilán obcí reprezentovaný upravenou polygonovou vrstvou „Bloky budov“, která je součástí geografické databáze DMÚ25 (Digitální model území 1:25 000, v gesci Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce, stav k roku 2005).

Z hydrologicky korektního digitálního modelu terénu byla nejdříve vygenerována vrstva směrů odtoku, tj. směru největšího spádu každé buňky (gridu) k sousední níže položené buňce. Následně vytvořená vrstva drah soustředěného odtoku spolu s definováním velikosti příslušné přispívající plochy, při které dochází k vytváření soustředěného odtoku (zvolena byla plocha nad 0,1 km²), byla podkladem pro definování linií drah soustředěného odtoku.

Místa, kde došlo k prvnímu protnutí těchto linií s hranicemi jednotlivých intravilánů, pak byla označena jako tzv. kritické body (KB), tj. průsečíky obou linií. Po stanovení velikostí přispívajících (sběrných) ploch jejich povodí byly vyloučeny kritické body s plochou povodí větší než 10 km². Uvedené kritérium charakterizuje lokálnost sledovaných příčinných jevů.

V dalším kroku byly vyhodnoceny sklonitostní poměry povodí vybraných kritických bodů, a to na základě funkcí zonální statistiky.

V rámci České republiky vzhledem k použitým podkladům do dalších výpočtů vstoupilo 37 952 ploch, které vyjadřují intravilán jednotlivých obcí (celkem: 6 248 obcí v ČR). Uvedeným postupem bylo následně definováno 35 437 kritických bodů s přispívající plochou ≤ 10 km².

V dalším řešení byly uplatněny výběry KB podle kritérií:

K 1.	velikost přispívající plochy	0,3 – 10,0 km ² ,
K 2.	průměrný sklon přispívající plochy	≥ 3,5 %,
K 3.	podíl plochy orné půdy v povodí	≥ 40 %.
K 4.	ukazatel kritických podmínek	≥ 2,8;

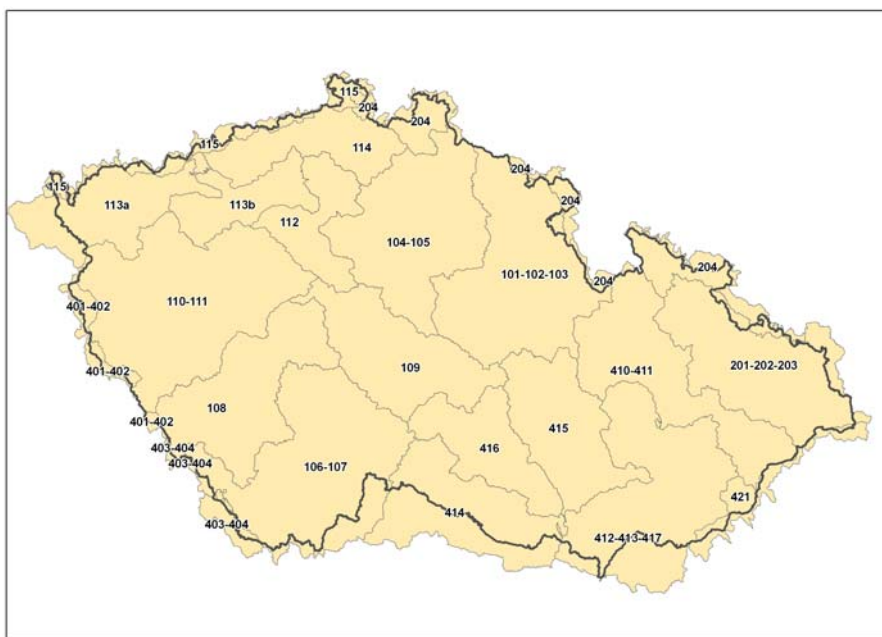
resp.

K1A.	velikost přispívající plochy	1,0 – 10,0 km ² ,
K2A.	průměrný sklon přispívající plochy	≥ 5%.

Výsledky výpočtů popsané úlohy jsou uvedeny v tab. 6.1. Skupiny povodí, pro které byly připraveny jednotlivé úlohy hromadného zpracování dat jsou znázorněny na obr. 6.1.

Tab. 6.1 Výsledky aplikace postupu identifikace KB

Povodí (skupiny povodí)	Plocha povodí (skupiny)	Počet KB celkem (sběrná plocha ≤ 10 km ²)	Výběr podle kombinovaného kritéria - počet KB	Podíl vybraných KB	Rozloha sběrných ploch vybraných KB celkem	Podíl rozlohy vybraných sběrných ploch k celkové ploše povodí	Maximální hodnota ukazatele kritických podmínek
	[km ²]	[-]	[-]	[%]	[km ²]	[%]	[-]
101-102-103	7 254.002	3 895	1 046	26,9	1 827,036	25,2	83,6
104-105	6 459.578	3 332	672	20,2	1 157,396	17,9	87,5
106-107	8 098.831	1 964	492	25,1	1 015,297	12,5	79,9
108	5 164.765	2 053	602	29,3	1 162,898	22,5	63,1
109	4 521.317	2 042	675	33,1	1 141,299	25,2	80,7
110-111	8 854.220	3 545	955	26,9	1 751,520	19,8	81,6
112	2 290.779	1 566	311	19,9	609,679	26,6	93,7
113a	3 618.096	892	200	22,4	548,418	15,2	40,4
113b	2 240.885	1 013	249	24,6	491,543	21,9	99,5
114	2 849.422	1 732	405	23,4	888,440	31,2	61,8
115	1 481.821	222	54	24,3	144,399	9,7	18,5
201-202-203	5 833.159	2 777	717	25,8	1 352,605	23,2	92,1
204	3 464.952	1 030	323	31,4	697,257	20,1	59,6
401-402	785.050	50	9	18,0	48,438	6,2	23,6
403-404	618.124					0,0	
410-411	5 196.280	2 482	751	30,3	1 492,283	28,7	66,8
412-413-417	7 183.986	2 733	750	27,4	1 360,110	18,9	91,9
414	4 602.328	768	226	29,4	417,311	9,1	80,8
415	4 117.911	2 059	667	32,4	1 284,354	31,2	92,1
416	2 997.686	1 070	386	36,1	735,809	24,5	67,2
421	1 175.717	212	59	27,8	151,380	12,9	25,6
Celkem	88 808.909				18 277,472		
Celkem za ČR	78 867.810	35 437	9 549	26,9	18 277,472	23,2	99,5



Obr. 6.1 Přehled skupin povodí

7. Shrnutí a závěrečná doporučení

Úloha hledání vhodného postupu, který by přispěl k účinné prevenci zmírnění negativních dopadů povodní z přívalových srážek, nebyla iniciována tragickými důsledky povodňové situace z června a července 2009. Výzkumné práce, které se zabývají obecně fenoménem povodní z přívalových srážek, probíhají na řadě pracovišť v ČR již delší dobu. Hlavním důvodem je skutečnost, že přívalové povodně způsobené intenzivními lokálními srážkami se na našem území vyskytují v letním období poměrně často a v podmínkách území našeho státu se srážky tohoto typu mohou objevit prakticky kdekoli.

Obecně platí, že potenciálně nebezpečné srážky jsou obvykle svázány s přechodem frontálních poruch nebo přílivem teplého vlhkého vzduchu, který podporuje vývoj konvektivní oblačnosti. Pravděpodobnost výskytu přívalových srážek zvyšují horská pásma, která vytvářejí zmíněné návětrné efekty ve směru proudění vzduchu. Výsledné povodňové průtoky jsou vedle intenzity, trvání příčinného deště a velikosti zasažené plochy také závislé na fyzicko-geografických charakteristikách zasaženého území. Hlavní faktory zde představují velikost a tvar povodí, sklonitostní poměry terénu a propustnost půd. Významný vliv má také nasycenost povodí předcházejícími srážkami, i když za podmínek, kdy intenzity extrémních srážek výrazně přesahují maximálně možné rychlosti vsaku do půdy, dochází k nebezpečnému povrchovému odtoku a následným povodňovým projevům i v podmínkách nenasyčeného půdního profilu. Lokální rozsah negativních důsledků povodní tohoto typu je zesilován nesprávnými způsoby užívání území. Po soustředění odtoku do říční sítě, působí povodňová vlna svojí dynamickou silou, která je ještě umocněna neseným materiálem, působí značné škody na majetku a ohrožuje životy osob v postiženém území. Poměrně často situaci zhoršuje vytváření bariér nebo ucpání propustků či mostních profilů.

V pilotních povodích Luhy a Jičínky byly v rámci řešení projektu provedeny terénní průzkumy s cílem doplnit a zpřesnit relevantní charakteristiky srážko-odtokového procesu ve vazbě na důsledky povodní.

Vedle extrémních přívalových srážek se jako významný příčinný faktor v povodí Luhy ukázal vysoký podíl orné půdy, zejména na plošně rozsáhlých svažitých pozemcích a ve většině případů bez jakýchkoli protierozních opatření. Druhým významným nepříznivým faktorem, který velmi ovlivnil charakteristiky přímého povrchového odtoku, byl vysoký podíl půd s nízkou intenzitou vsaku, neboť pro vznik odtoku je dále základní charakteristikou rychlost infiltrace, která je vyjádřena plošným zastoupením a rozložením hydrologických skupin půd (HSP) v povodí.

V povodí Jičínky se přes nižší procento plošného zastoupení orné půdy a vyššího zastoupení travních porostů, výrazně nepříznivě projevila zejména morfologie území daná vyšší sklonitostí pozemků v kombinaci s výše uvedeným faktorem výraznějšího plošného zastoupení půd s nízkou schopností infiltrace a to zejména také u lesních pozemků v horní části povodí.

Na základě šetření byly do kategorie neohrožené až velmi slabě erodované (v povodí Luhy 24 % a Jičínky 66 %) řazeny pozemky s travními porosty a víceletými pícninami, do kategorie slabě erodovaných (44 % a 14 %) byly zařazeny plochy oseté obilovinami a řepkou na sklonech do 7 %, jako středně erodované (28 % a 16 %) se projeví plochy obilovin a řepky ve sklonech nad 7 % a jako silně erodované (4 % a 4 %) se ukázaly pozemky s osevem kukuřice, kde byly volumetrickou kvantifikací naměřeny hodnoty přesahující $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a dosahujících až extrémních $506 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na těchto plochách byly zaznamenány silně erodované dráhy soustředěného odtoku, na kterých byly také kvantifikovány objemy erodované zeminy místy dosahující až extrémních 422 t, resp. při přepočtu dle objemové hmotnosti 264 m^3 .

Na pozemcích s erozně nebezpečnou plodinou (kukuřicí) v povodí Luhy se nacházelo 17 výrazných drah soustředěného odtoku a v povodí Jičínky bylo zaznamenáno 20 výrazných drah soustředěného odtoku. Terénním průzkumem a následným vyhodnocením na základě DMT byla jako kritická ve vztahu k tvorbě výrazných erozních rýh a efemérních strží zjištěna v případě osevu kukuřice velikost sběrné plochy dráhy soustředěného odtoku o výměře 5 ha. Na pozemcích s úzkořádkovou plodinou naopak nebylo v drahách soustředěného odtoku zjištěno výrazné poškození půdy vodní erozí.

Dobrou zprávou je, že výsledky terénního šetření ve vybraných pilotních povodích neprokázaly vyšší plošné zastoupení erozně nebezpečných plodin, v povodí Luhy jen 5 % a v povodí Jičínky 4 %. Nicméně tento stav je možné chápat spíše jako „šťastnou“ náhodu. Pokud by na ploše libovolného subpovodí byla pěstována např. kukuřice, škody v ploše povodí způsobené vyšším kulminačním průtokem, erozí a také škody na zasažených stavebních objektech transportovanými splaveninami by byly daleko vyšší. Uvedené konstatování je možno doložit příkladem z terénního šetření v povodí Bělotínského potoka, kdy ze sběrné plochy 0,30 km², oseté ze dvou třetin kukuřicí, vznikly výrazné erozní odnosy jak v ploše tak zejména v dráze soustředěného odtoku. V důsledku toho došlo dokonce k obnažení flexibilních sběrných i klasických svodných drénů odvodňovací soustavy (viz obr. 7.1).

Dále bylo při terénním šetření zjištěno, resp. špatnou zprávou je, že odtokové poměry v povodí zhoršovala nekoncepční zatrubnění linií ve směru drah soustředěného odtoku na vstupu do intravilánu spolu s nedostatečně nadimenzovanými vtokovými objekty, které byly navíc někde opatřeny nevhodně situovanými česly. Takto navržené objekty se vždy naplnily transportovanou směsí sedimentu a plávi a následně došlo k plošnému rozlivu do níže položeného území. Další příčinou zhoršení odtokové situace a ohrožení stavebních objektů v obcích byly nedostatečné kapacity propustků.



Obr. 7.1 Výrazné projevy eroze v dráze soustředěného odtoku

Nicméně na základě terénního průzkumu nebyly zjištěny v posuzovaných kritických bodech vážnější škody na majetku v zastavěné části obcí. Většina škod byla způsobena rozlivy až po soustředění odtoku do říční sítě a to v dolních částech pilotních povodí.

Potřeba zabývat se hledáním vhodného postupu jak identifikovat rozhodující plochy z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku a stanovit v zastavěném území obcí tzv. kritické body jako pomocnou metriku ohrožení soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin z přívalových srážek vyplynula také z požadavků Směrnice 2007/60/ES. Ta ukládá členským státům EU prověřit ve fázi tzv. předběžného vymezení významných povodňových rizik všechny relevantní typy povodňového nebezpečí. Navržený postup byl ověřován právě v podmínkách a na datech pilotních povodí.

Výsledkem řešení je obecný postup, který umožní vizualizaci stupně potenciálních dopadů povodňového nebezpečí z přívalových srážek a umožní tak semikvantitativní vyjádření míry rizik pro zastavěná území obcí. Podstatou návrhu postupu je identifikace tzv. kritických bodů (KB) a ploch rozhodujících z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku z přívalových srážek a s nepříznivými účinky pro zastavěné části obcí. Jedná se o přístup, který směřuje jednak k vymezení kritických míst v rámci celé ČR jako výchozího materiálu pro hledání vhodné „národní“ strategie vedoucí ke zmírnění ohrožení, současně je možné výstup využít v prognózní praxi a zejména při tvorbě povodňových a krizových plánů a při návrzích dalších opatření.

Z aplikace navrženého postupu (viz příloha) vyplynulo, že pro 6 248 obcí v ČR bylo přes sledované fyzicko–geografické charakteristiky a nastavená kritéria celkem identifikováno 35 437 kritických bodů. Jako kritické body z hlediska vyšší (neznámé) pravděpodobnosti vzniku negativních důsledků povodní z přívalových srážek bylo vybráno celkem 9 549 bodů, tj. 26,9 %.

Celková rozloha přispívajících ploch vybraných kritických bodů je 18 277,5 km², což odpovídá 23,2 % rozlohy území státu (78 867,81 km² –ZABAGED).

Uvedené výsledky jsou předběžné, neboť s ohledem na možné neurčitosti ve vstupních datech za celou ČR je třeba výstupy získané postupem podrobit kontrole korektnosti zejména z hlediska vztahu ploch intravilánů obcí s drahami soustředěného odtoku.

Nicméně výběrem KB pro území celé ČR je možné doplnit znalost o možných projevech různých typů povodňového nebezpečí a zpřesnit tak podklad stanovení oblastí s významným povodňovým rizikem. Výstupy pořízené podle navrženého postupu poskytnou důležité informace zpracovatelům územně plánovacích dokumentací, pozemkových úprav a plánů povodí.

Literatura a podklady

- [1] Souhrnná hodnotící zpráva o povodni z 24.6. - 25.6. 2009 za ORP Nový Jičín, MÚ Nový Jičín, 25.8.2009.
- [2] Nový Jičín. Zpráva o povodni 24.6. - 25.6. 2009, MÚ Nový Jičín, 24.7.2009.
- [3] Sdělení o poškozených objektech v obci Běloutín, Ing. Svoboda, 25.8.2009.
- [4] Sdělení o průběhu povodně v ORP Jeseník nad Odrou, p. Sládeček, 25.8.2009.
- [5] Mapové podklady 1 : 10 000, RZM, ortofotomapy.
- [6] Vodohospodářské mapy 1:50 000.
- [7] Hranice rozlivu, Povodí Odry s. p.
- [8] Hranice rozlivu v ORP Nový Jičín, Ing. Balaryn, Nový Jičín, srpen 2009.
- [9] Pracovní materiál – rozliv z polí, Ing. Bártková, Nový Jičín, srpen 2009.
- [10] Pracovní materiál – monitoring – výstup, Ing. Balaryn, Nový Jičín, září 2009.
- [11] JANEČEK, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. VÚMOP Praha, 2007. ISBN 978-80-254-0973-2. 76 s.
- [12] MACKŮ, J. 2000. Systém komplexního hodnocení lesních půd, In: Systém komplexního hodnocení půd, projekt VaV 640/3/99, AOPAK ČR.
- [13] PAPÁNEK, F. 1978. Teória a prax funkčne integrovaného lesného hospodárstva, Lesnícké štúdie, VÚLH Zvolen, 29, s. 218.

Seznam obrázků

Obr. 2.1 Pilotní povodí toků Luhy a Jičínky

Obr. 3.1 Druhá skladba lesních porostů

Obr. 3.2 Věková skladba lesních porostů v povodí Jičínky

Obr. 3.3 Zastoupení lesních vegetačních stupňů a ekologických řad v povodí Jičínky

Obr. 3.4 Zastoupení cílových hospodářských souborů v povodí Jičínky

Obr. 3.5 Hodnoty CN – povodí Jičínky

Obr. 3.6 Potenciál hydrické funkce lesní půdy – stupeň vodního režimu

Obr. 3.7 Potenciál těžebně dopravní eroze

Obr. 3.8 Druhá skladba lesních porostů

Obr. 3.9 Zastoupení věkových stupňů na ploše lesní půdy

Obr. 3.10 Zastoupení lesních vegetačních stupňů a ekologických řad v povodí Luhy

Obr. 3.11 Podíly cílových hospodářských souborů v povodí Luhy

Obr. 3.12 Hodnoty CN – povodí Luhy

Obr. 3.13 Potenciál hydrické funkce lesní půdy – stupeň vodního režimu

Obr. 3.14 Potenciál těžebně dopravní eroze

Obr. 4.1 Určení kritického bodu a jeho přispívající plochy

Obr. 4.2 Intravilán - detailní situace v obci Polom (Luha)

Obr. 4.3 Sklonitostní poměry modelové přispívající plochy

Obr. 4.4 Plošné vymezení hydrologických skupin půd

Obr. 4.5 Plošné vymezení druhů pozemků dle LPIS

Obr. 4.6 Erozní ohroženost modelového území

Obr. 5.1 Vygenerované dráhy soustředěného odtoku a identifikované kritické body v pilotních povodích Luhy a Jičínky

Obr. 5.2 Úseky pro vymezení rozlivů na přítocích Luhy a Jičínky

Obr. 5.3 Terénním šetřením žlutě vyznačený zjištěný rozliv (úsek č. 23, KB 26)

Obr. 5.4 Dráhy akumulace odtoku a vymezení rozlivů ke kritickým bodům v povodí Luhy

Obr. 5.5 Dráhy akumulace odtoku a vymezení rozlivů ke kritickým bodům v povodí Jičínky

Obr. 5.6 Vygenerované dráhy soustředěného odtoku, identifikované kritické body včetně zdrojových ploch v pilotních povodích Luhy a Jičínky

Obr. 5.7 Identifikace kritických bodů včetně zdrojových ploch do 10 km² v pilotních povodích Luhy a Jičínky

Obr. 5.8 Sklonitostní poměry zdrojových ploch kritických bodů

Obr. 5.9 Hodnoty CN příslušných zdrojových ploch kritických bodů

Obr. 5.10 Výběr rozhodujících přispívajících ploch identifikovaných KB (kritéria: K1, K2, K3, K4 a K1A, K2A)

Obr. 5.11 Porovnání rozsahu rozliv 2009 s dostupnými údaji

Obr. 6.1 Přehled skupin povodí

Obr. 7.1 Výrazné projevy eroze v dráze soustředěného odtoku

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Pilotní povodí – seznam vodních toků

Tab. 3.1 Plošné zastoupení plodin v povodí Luhy

Tab. 3.2 Plošné zastoupení plodin v povodí Jičínky

Tab. 3.3 Plošné zastoupení druhů pozemků v povodí Luhy

Tab. 3.4 Plošné zastoupení druhů pozemků v povodí Jičínky

Tab. 3.5 Typ vodního režimu půdy

Tab. 3.6 Potenciál hydrické funkce lesní půdy

Tab. 3.7 Fragmentace lesů v povodí Jičínky

Tab. 3.8 Zastoupení vlastníků lesní půdy v povodí Jičínky

Tab. 3.9 Potenciál těžebně dopravní eroze - podklady

Tab. 3.10 Fragmentace lesů v povodí Luhy

Tab. 3.11 Zastoupení vlastníků lesní půdy v povodí Luhy

Tab. 3.12 Potenciál těžebně dopravní eroze - podklady

Tab. 5.1 Hodnocené úseky vodních toků a svodnic

Tab. 5.2-a Charakteristiky přispívajících ploch kritických bodů v povodích Luhy a Jičínky

Tab. 5.3 Vybrané kritické body

Tab. 5.4 Počty trvale bydlících osob a hodnoty majetku v obcích pilotních povodí celkem

Tab. 6.1 Výsledky aplikace postupu identifikace KB

Metodický návod pro identifikaci KB

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Datové podklady.....	3
3. Nástroje	4
4. Pracovní postup	4
4.1 Tvorba digitálního modelu terénu a vygenerování drah soustředěného odtoku.....	4
4.2 Vymezení kritických bodů a jejich první výběr	4
4.3 Stanovení rozvodnic a sběrných ploch kritických bodů	4
4.4 Stanovení fyzicko-geografických charakteristik sběrných ploch kritických bodů.....	5
4. 5 Finální výběr kritických bodů	5
5. Popis výstupů a jejich interpretace	6
5.1 Grafické zobrazení plošné lokalizace vybraných KB.....	6
5.2 Lokalizace vybraných KB v relaci k obcím a KÚ.....	6
6. Závěr.....	7

1. Úvod

Vyjádření míry povodňových rizik není novým požadavkem. Postupy jak vizualizovat stupeň potenciálních dopadů povodňového nebezpečí jsou vyvíjeny a testovány i v podmínkách území České republiky delší dobu. Základním procesním schématem je *vyjádření povodňového nebezpečí* pomocí vhodně zvolených parametrů; *stanovení zranitelnosti* území a aktivit provozovaných v oblastech ohrožených projevem povodňového nebezpečí; *vyjádření rizik* pomocí kvalitativních, semikvantitativních a kvantitativních postupů.

Problematickou a zřejmě i nejnáročnější z hlediska nejistot či potřebného času a finančních nákladů je příprava podkladů vhodných k vyjádření povodňového nebezpečí, resp. jeho projevů. Dlouhodobě jsou v ČR pořizovány údaje ke stanovení záplavových území. V současnosti se jedná o vymezení rozlivů povodní s dobami opakování 5, 20, 100 let na úsecích tzv. významných vodních toků. Nicméně se jedná o vstupní informace pouze jedné z reálných forem povodňového nebezpečí v ČR. Problémem a současně charakteristikou jiného typu povodní, pro které jsou příčinnými srážkami krátkodobé přívalové deště, je jejich nahodilost a tedy vysoká extremita z pohledu pravděpodobnostního vyjádření výskytu a intenzity. Dalšími charakteristikami povodní z přívalových srážek jsou zejména: možnost výskytu teoreticky na celém území státu, prakticky velmi omezená nebo málo přesná časoprostorová předpověď vypadnutí příčinných srážek, lokální rozsah důsledků zesilovaný nesprávnými způsoby užívání území.

Obsahem metodického návodu je návrh postupu identifikace kritických bodů (KB) a ploch rozhodujících z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku z přívalových srážek s nepříznivými účinky pro zastavěné části obcí. Jedná se o přístup, který směřuje jednak k vymezení kritických míst v rámci celé ČR jako výchozího materiálu pro hledání vhodné „národní“ strategie vedoucí ke zmírnění ohrožení, současně je možné výstup využít v prognózní praxi a zejména při tvorbě povodňových a krizových plánů a při návrzích dalších opatření.

2. Datové podklady

Tvorba a následné ověřování postupu identifikace rozhodujících ploch z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku a stanovení v zastavěném území obcí tzv. kritických bodů ohrožených soustředěným povrchovým odtokem a transportem splavenin z přívalových srážek v ČR vyžadují přípravu řady datových podkladů odpovídajícího rozsahu.

Základním celorepublikově dostupným podkladem pro tvorbu věrohodného digitálního modelu terénu je výškopis a polohopis základní báze geografických dat (ZABAGED), tj. digitální topografický model integrující prostorovou složku vektorové grafiky s topografickými relacemi objektů a složku atributovou obsahující popisy a další informace o objektech. Výškopisná složka vybavená vektorovým souborem vrstevnic umožňuje vytvářet účelově digitální model terénu. Analýzy základních hydrologických poměrů využívají údaje digitální databáze vod (DIBAVOD). Jedná se zejména o informace o hydrografické síti

vodních toků a orografických rozvodnicích jejich povodí, lokalizaci vodních nádrží a dále databáze obsahuje grafické zobrazení rozlivů povodní s dobami opakování 5, 20, 100 let na úsecích tzv. významných vodních toků.

Přehled dalších vstupních podkladů pro hodnocení povodí:

- hranice intravilánů obcí, hranice katastrálních území (KÚ) – formát *.shp ,
- ortofotomapy – (zdroj CENIA),
- CORINE land cover (2006) – databáze krajinného pokryvu

Poznámka: Technologie hromadného zpracování dat nástroji GIS byly ověřovány na datech pilotních povodí postižených povodní v červnu a červenci 2009.

3. Nástroje

Příprava podkladů, analýzy, datové konverze jsou připravovány v prostředí GIS na základě digitálního modelu terénu s využitím hydrologických nástrojů GIS a nadstavby ArcHydro při doporučené velikosti buňky 10x10 m.

4. Pracovní postup

4.1 Tvorba digitálního modelu terénu a vygenerování drah soustředěného odtoku

Z hydrologicky korektního digitálního modelu terénu (DMT) vytvořeného interpolační metodou na základě vrstevnic ZABAGED je odvozena mapa směrů odtoku (*funkce flow direction*), tj. mapa směru největšího spádu každé buňky gridu k sousední níže položené buňce. Na základě analýzy směrů odtoku se následně provede pomocí hydrologické nadstavby GIS (*funkce flow accumulation*) generování akumulace odtoku a následné odvození hydrografické mikrosítě drah soustředěného povrchového odtoku (DSO) v závislosti na velikosti přispívající plochy 0,3 km².

4.2 Vymezení kritických bodů a jejich první výběr

V místech, kde vygenerované linie drah soustředěného odtoku vnikají do zastavěné části obcí, se stanoví tzv. kritické body (KB). Kritický bod je určen průsečíkem dané hranice zastavěného území obce (intravilánu) s linií dráhy soustředěného odtoku s velikostí přispívající plochy $\geq 0,3 \text{ km}^2$. Z hlediska plošného rozsahu příčinného jevu přívalových srážek a primárně lokálních důsledků následných povodní se dále uvažují ty kritické body, jejichž přispívající plocha nepřesáhne velikost rozlohy 10 km².

4.3 Stanovení rozvodnic a sběrných ploch kritických bodů

K identifikovaným KB jsou v prostředí GIS na základě DMT s využitím hydrologických nástrojů GIS (nadstavba ArcHydro) generovány orografické rozvodnice a polygony sběrných ploch.

4.4 Stanovení fyzicko-geografických charakteristik sběrných ploch kritických bodů

Charakteristikami KB jsou klíčové atributy. Zvoleny byly základní fyzicko-geografické charakteristiky sběrných ploch KB: velikost sběrné (přispívající) plochy, její průměrný sklon, druhy pozemku a procentické zastoupení orné půdy.

Ke stanovením sběrným plochám kritických bodů se na základě nástroje *Spatial Analyst (SA)* - *calculate geometry* stanoví jejich rozloha. Následně s využitím zonální statistiky nástroje *SA* – *slope* jsou posuzovány sklonitostní poměry, kdy pro jednotlivé sběrné plochy KB je stanoven průměrný sklon. Faktorem s významným vlivem na možné dopady povodní z přívalových srážek je způsob využití území. K jeho určení lze s dostatečnou přesností použít databázi krajinného pokryvu *CORINE land cover* (2006), na základě které se pomocí zonální statistiky určí pro každou přispívající (sběrnou) plochu procentické zastoupení pouze orné půdy.

4.5 Finální výběr kritických bodů

Z podrobných analýz vyplývá, že rozhodující pro identifikaci ve vztahu k přívalovým srážkám problematických lokalit jsou následující charakteristiky. K výběru pak kritických lokalit (kritické body) jsou doporučena kombinovaná kritéria:

- | | | |
|------|------------------------------------|------------------------------|
| K 1. | velikost přispívající plochy | 0,3 – 10,0 km ² , |
| K 2. | průměrný sklon přispívající plochy | ≥ 3,5 %, |
| K 3. | podíl plochy orné půdy v povodí | ≥ 40 %. |

Kombinace fyzicko-geografických podmínek, způsobů využití území, regionálních rozdílů krajinného pokryvu a potenciálního výskytu srážek extrémních hodnot (ve vazbě na synoptické podmínky) pro konkrétní přispívající plochy vyjadřuje ukazatel kritických podmínek vzniku negativních projevů povodní z přívalových srážek F [-]. Navržen je ve tvaru doplněný vahami relevantních veličin, neboť např. zesilující účinek podílu orné půdy v povodí se očekává obecně vyšší než v případě průměrného sklonu přispívající plochy.

$$F = P_{p,r} \cdot H_{m,r} \cdot (a_1 \cdot I_p + a_2 \cdot ORP + a_3 \cdot CNII),$$

- kde F – ukazatel kritických podmínek [-],
 a – vektor vah [1,48876; 3,09204; 0,467171],
 $P_{p,r}$ – relativní hodnota velikosti přispívající plochy (vzhledem k max. 10 km²) [-],
 I_p – hodnota průměrného sklonu přispívající plochy [%],
 ORP – podíl plochy orné půdy [%],
 $CNII$ – hodnoty CNII pro území ČR,
 $H_{m,r}$ – relativní hodnota úhrnu jednodenních srážek s dobou opakování 100 let pro území ČR (vzhledem k max. 285,7 mm) [-].

Poskytovatelem dat pro stanovení CNII a $H_{m,r}$ ve formátu ESRI GRID pro území ČR je Český hydrometeorologický ústav.

Mezní hodnota ukazatele F tvoří čtvrtou podmínku kritéria:

K 4. ukazatel kritických podmínek $\geq 1,85$.

Na základě šetření na modelových povodích, kde byly zjištěny škody i z ploch povodí se zastoupením orné půdy nižším než 40%, případně ploch zcela zalesněných, byl výběr provedený podle podmínek kritérií K1 až K4 rozšířen o kritické body s velikostí přispívající plochy od 1 km² výše a současně s průměrným sklonem od 5 % výše:

K1A. velikost přispívající plochy 1,0 – 10,0 km²,
K2A. průměrný sklon přispívající plochy ≥ 5 %.

5. Popis výstupů a jejich interpretace

5.1 Grafické zobrazení plošné lokalizace vybraných KB

Hlavním výstupem procesu identifikace KB je grafické zobrazení plošné lokalizace vybraných KB ve formátu *.shp s popisem výběrových charakteristik v atributové tabulce. Vedle textových popisů v atributové tabulce jsou tyto pro potřeby dokumentace v analogovém tvaru exportovány také do formátu *.xls.

Pole atributové tabulky:

*ID_KB název obce; kód obce; název okresu; kód okresu; plocha [ha];
 průměrný sklon [%]; orná půda [%]; příp. počet trvale bydlících osob v obci*

5.2 Lokalizace vybraných KB v relaci k obcím a KÚ

Grafické výstupy plošné lokalizace KB se specifikací na jednotku obce a KÚ jsou připravovány k využití generovaných výsledků pro potřeby obecních úřadů potenciálně dotčených obcí. Protože se očekává využití výsledků přímo pro účely návrhů úprav systémů protipovodňové ochrany ve vazbě na zpracování územně plánovacích dokumentací, je třeba výstupy získané postupem (viz kap. 4) podrobit kontrole korektnosti zejména z hlediska vztahu ploch intravilánů obcí s drahami soustředěného odtoku (DSO).

Připravené údaje a agregované po správních celcích velikosti okresů mohou být využity jako prvotní informace pro potřeby pozemkových úřadů. Vhodným formátem výstupů je *.shp s uvedenými atributy, který jsou schopni uživatelé na úrovni příslušných úřadů samosprávy či státní správy číst volně dostupným programovým vybavením *ArcReader*, *ArcExplorer*.

Při přípravě detailnějších opatření v území menšího rozsahu se doporučuje postup identifikace a vyhodnocení KB zopakovat s využitím podrobnějších vstupních dat a výsledků terénních šetření.

6. Závěr

Cílem metodiky je poskytnout postupy pro vizualizaci stupně potenciálních dopadů povodňového nebezpečí z přívalových srážek a umožnit tak semikvantitativní vyjádření míry rizik pro zastavěná území obcí. Obsahem metodického návodu je návrh postupu identifikace tzv. kritických bodů (KB) a ploch rozhodujících z hlediska tvorby soustředěného povrchového odtoku z přívalových srážek a s nepříznivými účinky pro zastavěné části obcí. Jedná se o přístup, který směřuje jednak k vymezení kritických míst v rámci celé ČR jako výchozího materiálu pro hledání vhodné „národní“ strategie vedoucí ke zmírnění ohrožení, současně je možné výstup využít v prognózní praxi a zejména při tvorbě povodňových a krizových plánů a při návrzích dalších opatření. Výstupy pořízené podle navrženého postupu poskytnou důležité informace zpracovatelům územně plánovacích dokumentací, pozemkových úprav a plánů povodí.

Výběrem KB pro území celé ČR je možné doplnit znalost o možných projevech různých typů povodňového nebezpečí a zpřesnit tak podklad stanovení oblastí s významným povodňovým rizikem.