



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FAKULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

STABILIZACE DRAH SOUSTŘEDĚNÉHO POVRCHOVÉHO ODTOKU

STABILIZATION THE WAYS OF CONCENTRATION SURFACE RUNOFF

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VERONIKA VLČANOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby |
| Pracoviště | Ústav vodního hospodářství krajiny |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|---|---|
| Student | Veronika Vlčanová |
| Název | Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku |
| Vedoucí bakalářské práce | prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc. |
| Datum zadání bakalářské práce | 30. 11. 2015 |
| Datum odevzdání bakalářské práce | 27. 5. 2016 |
| V Brně dne 30. 11. 2015 | |

.....
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček M, a kol. : Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika ČZU Praha, 2012
3. Dumbrovský M , - Mezera J, Štřítecký L.: Metodický návod pro projektování pozemkových úprav, metodika ČMKPU 2005
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, VUMOP Praha 1997

Zásady pro vypracování

Na základě GIS analýz s využitím DMT, provede student v zadaném území identifikaci a stabilizaci drah soustředěného povrchového odtoku (DSO). Formou literární rešerše popíše jednotlivé způsoby stabilizace DSO. Pro jednotlivé DSO budou stanoveny návrhové průtoky a vypracovány potřebné podélné a příčné profily.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT A KLÍČOVÁ SLOVA

ABSTRAKT

Předmětem této práce je identifikace a stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku v zájmovém území Opatov na Moravě. Identifikace byla provedena na základě GIS analýz s využitím digitálního modelu terénu. Prostřednictvím hydrologického modelu DesQ byl vypočten přímý povrchový odtok jednotlivých drah soustředěného povrchového odtoku a v softwaru Dimenzov byly dimenzovány profily těchto drah. Teoreticky byly popsány možné způsoby stabilizace. Na základě všech předchozích zjištění byl zvolen vhodný způsob stabilizace jednotlivých drah v zájmovém území.

KLÍČOVÁ SLOVA

Dráhy soustředěného povrchového odtoku
ArcGIS
DesQ
Opatov na Moravě
Identifikace DSO
Stabilizace DSO

ABSTRACT

The subject matter of this thesis is the identification and stabilization the ways of concentration surface runoff in the catchment area, Opatov na Moravě. Identification was based on the GIS analysis and it was using a digital terrain model. Hydrological model DesQ was used for calculation direct surface runoff individual ways of concentration runoff and software Dimenzov was used for dimension profiles of ways. Theoretically it has been described possible ways of stabilizing. On the basis of previous findings that was chosen for stabilization of individual ways in the area of interest.

KEYWORDS

Ways of concentration surface runoff
ArcGIS
DesQ
Opatov na Moravě
Identification of the ways of concentration surface runoff
Stabilization ways of concentration surface runoff

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Veronika Vlčanová *Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku*. Brno, 2016. 65 s., 8 příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2016

.....
podpis autora
Veronika Vlčanová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, CSc. za odborné vedení této bakalářské práce, trpělivost a ochotu při konzultacích a další cenné rady a připomínky.

OBSAH

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 10 |
| 2 | DRÁHY SOUSTŘEDĚNÉHO POVRCHOVÉHO ODTOKU V ČESKÉ REPUBLICE | 11 |
| 3 | CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ | 13 |
| 3.1 | ZÁKLADNÍ INFORMACE O ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ - OPATOV NA MORAVĚ..... | 13 |
| 3.2 | IDENTIFIKACE GEOMORFOLOGICKÝCH, GEOLOGICKÝCH A PEDOLOGICKÝCH POMĚRŮ | 14 |
| 3.2.1 | <i>Geomorfologické poměry.....</i> | <i>14</i> |
| 3.2.2 | <i>Geologické poměry.....</i> | <i>14</i> |
| 3.2.3 | <i>Pedologické poměry.....</i> | <i>15</i> |
| 3.3 | PLOŠNÁ LOKALIZACE DRUHŮ POZEMKŮ | 16 |
| 3.4 | CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ Z HLEDISKA HYDROLOGICKÝCH POMĚRŮ | 18 |
| 3.4.1 | <i>Přehled povodí, vodních toků a nádrží nacházejících se v zájmovém území.....</i> | <i>20</i> |
| 3.4.2 | <i>Historické zkušenosti s povodněmi.....</i> | <i>21</i> |
| 3.4.3 | <i>Rozsah ohrožení povodněmi.....</i> | <i>22</i> |
| 3.5 | KLIMATICKÉ POMĚRY..... | 23 |
| 3.5.1 | <i>Klimatická oblast.....</i> | <i>23</i> |
| 3.6 | STANOVENÍ FAKTORŮ Z ROVNICE USLE | 24 |
| 3.6.1 | <i>Faktor erozní účinnosti přívalového deště - R.....</i> | <i>24</i> |
| 3.6.2 | <i>Faktor erodovatelnosti půdy - K.....</i> | <i>24</i> |
| 3.6.3 | <i>Topologický faktor - součin faktorů L a S.....</i> | <i>26</i> |
| 3.6.4 | <i>Faktor ochranného vlivu vegetace - C.....</i> | <i>27</i> |
| 3.6.5 | <i>Faktor účinnosti protierozního opatření - P.....</i> | <i>29</i> |
| 3.7 | PLOŠNÁ LOKALIZACE KATEGORIÍ EROZNÍHO SMYVU | 29 |
| 4 | EROZNÍ SMYVY V DRAHÁCH SOUSTŘEDĚNÉHO ODTOKU | 30 |
| 4.1 | CHARAKTERISTIKA SBĚRNÝCH PLOCH JEDNOTLIVÝCH DSO | 32 |
| 4.1.1 | <i>Zastoupení druhů pozemků</i> | <i>32</i> |
| 4.1.2 | <i>Zastoupení HPJ</i> | <i>33</i> |
| 5 | ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY PŘÍMÉHO ODTOKU JEDNOTLIVÝCH DSO..... | 37 |
| 5.1 | VSTUPNÍ HODNOTY PRO VÝPOČET PŘÍMÉHO ODTOKU JEDNOTLIVÝCH DSO | 38 |
| 5.2 | VÝSTUPNÍ HODNOTY Z DESQ..... | 40 |
| 5.2.1 | <i>Základní charakteristiky přímého odtoku v závěrových profilech DSO.....</i> | <i>40</i> |

| | |
|---|-----------|
| 5.2.2 Grafické výstupy - hydrogramy..... | 43 |
| 6 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ STABILIZACE DRAH SOUSTŘEDĚNÉHO POVRCHOVÉHO ODTOKU | 48 |
| 6.1 EROZE VZNIKAJÍCÍ V DSO..... | 48 |
| 6.2 IDENTIFIKACE DSO | 49 |
| 6.3 STABILIZACE DSO..... | 50 |
| 6.3.1 Základní charakteristiky průtočných profilů DSO v zájmovém území a návrh způsobu jejich stabilizace | 53 |
| 6.4 REALIZACE A ÚDRŽBA ZATRAVNĚNÝCH DSO | 56 |
| 7 ZÁVĚR..... | 58 |
| 8 POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE | 59 |
| SEZNAM TABULEK..... | 61 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 62 |
| MAPOVÉ PODKLADY | 63 |
| POUŽITÉ SOFTWARE..... | 63 |
| POUŽITÉ ZKRATKY | 64 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 65 |

1 ÚVOD

Vodní eroze se stává na území České republiky díky extrémním hydrologickým jevům v posledních letech výrazným problémem z hlediska degradace půdního fondu. Cenná půda, která je soustředěným povrchovým odtokem v době přívalových dešťů transportována do zastavěných území obcí, zde způsobuje škody na majetku a dostává se též do hydrografických sítí. Ve vodních tocích a nádržích půda sedimentuje a smísí se s komunálním znečištěním, čímž se z cenné půdy stává toxický odpad, který nelze použít k rekultivaci a je nutné takový odpad skládkovat [4].

Projevy eroze vznikající na zdrojových pozemcích v povodí vlivem povrchového odtoku rozdělujeme na plošnou mezirýhovou a rýhovou erozi a erozi způsobující efemérní hluboké rýhy v drahách soustředěného povrchového odtoku [13].

Tato práce se věnuje drahám soustředěného povrchového odtoku (DSO), jejichž významným degradačním faktorem jsou právě výše zmíněné efemérní rýhy v literatuře též označované termínem „ephemeral gullies“. Efemérní rýhy od klasických erozních rýh liší velikostí průřezové plochy, která je větší než 1 čtvereční stopa. Objevují se v místech, kde v povodí dochází k soustředění povrchově odtékající vody. Může se jednat buď o přirozené údolnice, tzv. dráhy soustředěného povrchového odtoku nebo o místa podél jiných liniových krajinných prvků, jako jsou hranice pozemků, rýhy vytvořené zemědělskou praxí či podél polních cest. Termín efemérní (pomíjející) vyjadřuje dočasnost těchto prvků, které jsou každoročně sanovány agrotechnikou na konci vegetačního období a dochází k jejich znovuoobjevení na stejném místě v rámci dalšího vegetačního období [13].

Protierozním opatřením proti vzniku efemérních rýh je stabilizace DSO, které je věnována část této práce. Za pomoci DMT v prostředí ArcGIS se nejprve lokalizují DSO v zájmovém území a stanoví se základní charakteristiky přímého odtoku jednotlivých DSO prostřednictvím hydraulického modelu DesQ-MAX Q. Dále budou popsány jednotlivé způsoby stabilizace a tyto poznatky se aplikují k stabilizaci DSO v zájmovém území. Využitím softwaru Dimenzov se vymodelují příčné profily DSO, které budou výchozím bodem pro určení nejvhodnější stabilizace.

V ČR nejsou v současné době do celkové bilance zahrnuty erozní odnosy z erozních rýh v drahách soustředěného povrchového odtoku (DSO). Přitom jejich kvantifikovaný podíl na celkovém objemu produktů eroze (splavenin) činí 20 až 40 %, jak bylo zjištěno v podmínkách sprašových pokryvů JMK. Započítáme-li do bilance hodnotu erozních odnosů z drah soustředěného odtoku, bude nutno na to reagovat návrhem opatření stabilizujícím dráhy soustředěného odtoku. Tato opatření u nás doposud nejsou navrhována ani realizována na rozdíl od řady států, kde jejich stabilizace představuje základní prvek systému ochranných opatření [4].

2 DRÁHY SOUSTŘEDĚNÉHO POVRCHOVÉHO ODTOKU V ČESKÉ REPUBLICE

Na území celé České republiky byla na základě požadavku Ministerstva zemědělství ČR uskutečněna v roce 2010 a 2011 identifikace nestabilizovaných drah soustředěného povrchového odtoku na pozemcích orné půdy. Vymezení sběrných ploch těchto DSO bylo použito pro potřeby Rámcové směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES. Identifikováno bylo přes 33 tisíc DSO a jejich celková délka činila 12 000 km. Výsledek šetření ukázal, že každý sedmý pozemek orné půdy je vystaven výskytu erozně ohrožené DSO, což připadá na každého pátého zemědělce [14].

Lokalizace DSO byla provedena jednak pomocí DMT a ortofotomap, na kterých byly dráhy odtoku vizuálně vyhodnoceny, a také pomocí výpočtu akumulace odtoku vody v charakteru terénu na dotčených pozemcích. Studie se zabývala pouze vymezením erozně ohrožených DSO, zjištěním jejich délky, sběrných ploch, druhu jejich zaústění a případnou historickou stabilizací. Řešení vzniku efemérních rýh a zjištění přesných průběhů nestabilizovaných DSO nebylo součástí této studie [14].

Většina identifikovaných DSO se vyskytuje na pozemcích do nadmořské výšky 600 m n. m. Konkrétně nejvíce se jich nachází ve výšce 250 m n. m., kde je velké zastoupení úrodných oblastí zvlněného charakteru a vysoký stupeň zornění, a ve výšce 450 m n. m., která zastupuje orné půdy v podhorských oblastech. Mezi erozně ohrožené DSO spadá téměř 10 % ze všech identifikovaných drah [12].

V rámci studie bylo též zjištěno, že více jak polovina dnes nestabilizovaných drah byla v minulosti alespoň částečně stabilizovaná. Zjištění vyplývá z historických map, na kterých byl patrný výrazný výskyt zatravněných údolnic [12].

Asi třetina všech identifikovaných DSO ústí do vodních útvarů. Příkopy pojmají zhruba 18 % DSO, stejně jako travní porosty. Intravilán ohrožuje 6 % všech DSO. Posouzení z hlediska vyústění je důležitým faktorem pro stanovování potenciálních škod na majetcích a zdraví obyvatel [12].

V České republice realizace těchto opatření není příliš rozšířená. Evropská unie v rámci zvýšení ekologické stability krajiny a obnovení vodního režimu krajiny vytvořila program „Posílit přirozené funkce krajiny“, který je platný v ČR od r. 2012 do r. 2020. V rámci toho programu EU poskytuje dotace i pro realizace přírodě blízkých opatření vyplývajících z komplexních studií cílených na zpomalení povrchového odtoku vody, protierozní ochranu a adaptaci na změnu klimatu. Mezi podporovaná opatření patří i stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku [15].

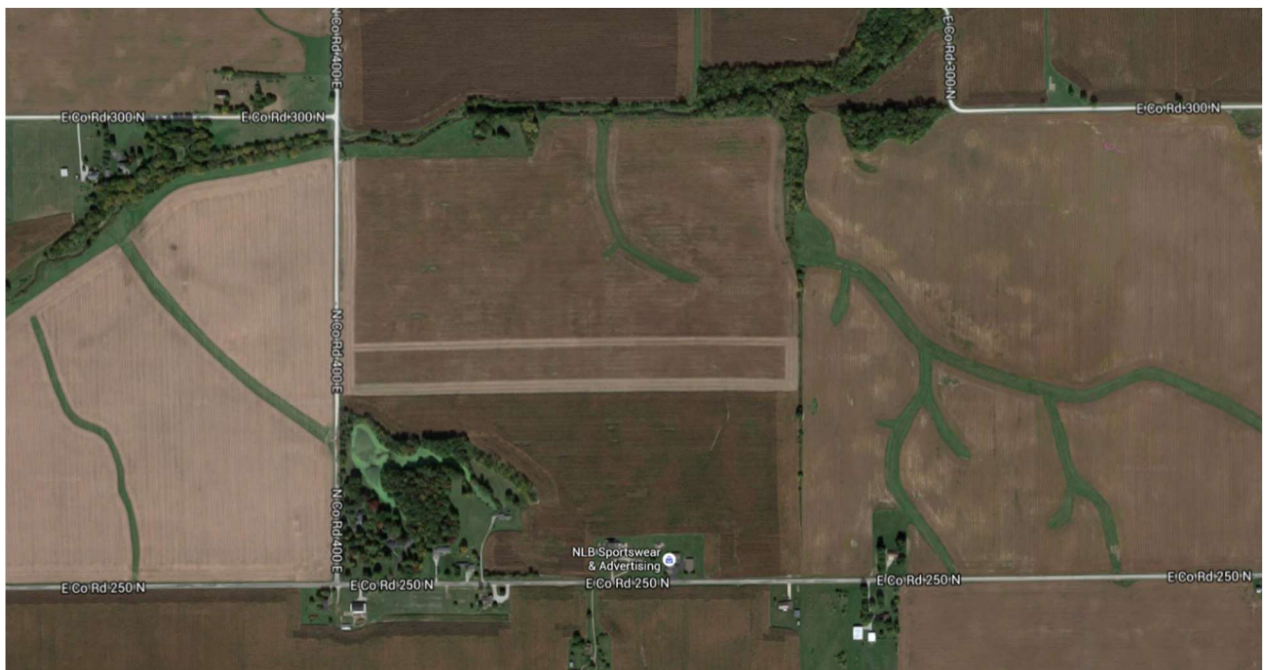
Příklad stabilizace DSO v ČR

V roce 2009 byla na katastrálním území Nenkovic v okrese Hodonín provedena opatření pro podporu zadržování vody v krajině, obnovu krajinné struktury a biodiverzity. Opatření se realizovala na zemědělsky intenzivně obhospodařované půdě a jednalo se o vybudování tůň a zatravnění DSO a v minulosti odvodněného místa. Projekt realizoval Petr Marada ve spolupráci s Ing. Svatavou Maradovou, o realizaci zemních prací a ozelenění se postaral Miroslav Marada [16].



Obrázek 1 - Zatravněná dráha soustředěného povrchového odtoku v Nenkovicích [17]

Stabilizace DSO je rozšířená hlavně v USA, kde se problematikou návrhu protierozních opatření intenzivně zabývají.



Obrázek 2 - Příklad zatravněných DSO v USA ve státě Indiana [18]

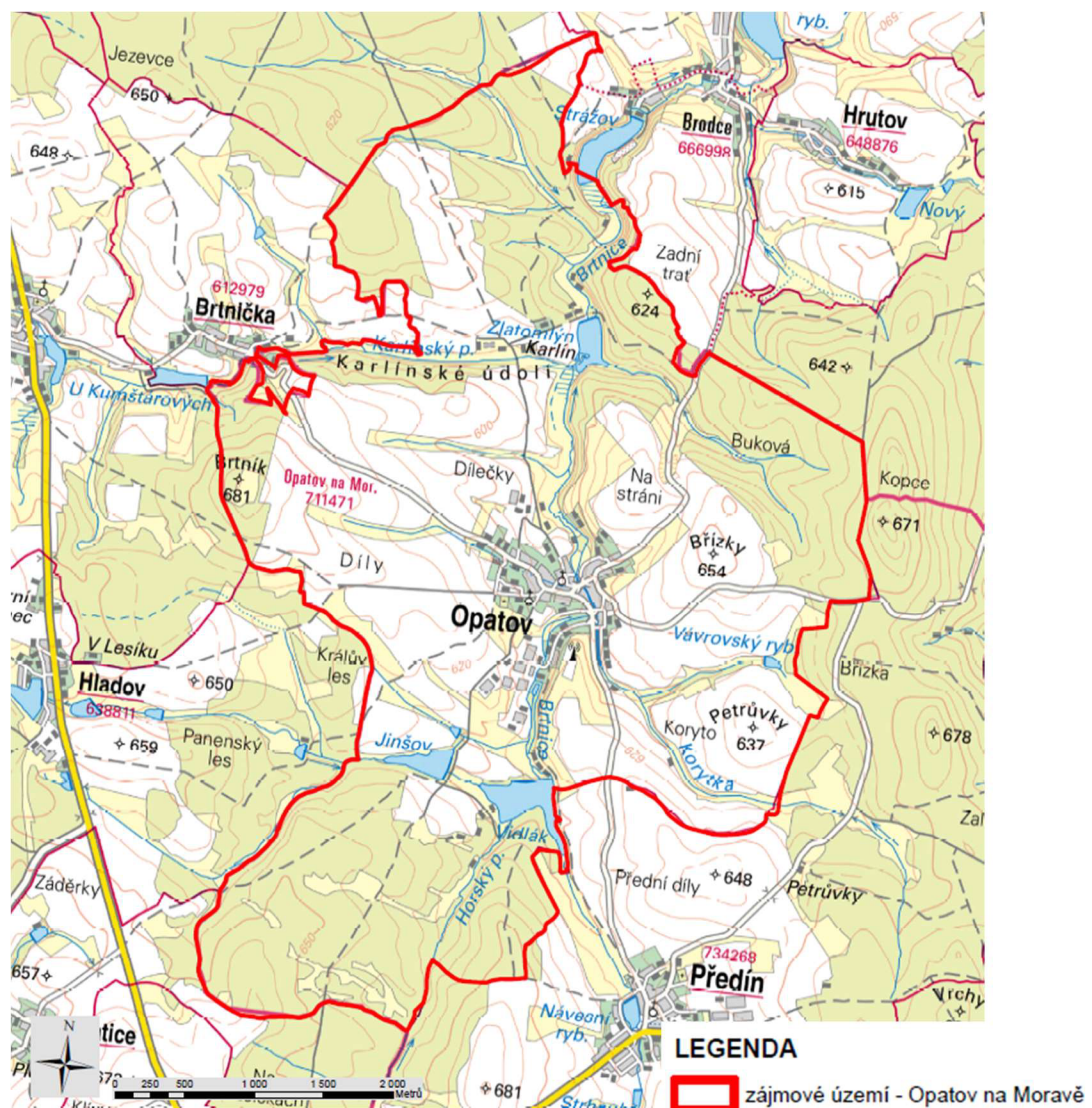
3 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

3.1 Základní informace o zájmové území - Opatov na Moravě

Městys Opatov se nachází v kraji Vysočina v okrese Třebíč. Leží cca 18 km západně od Třebíče a 21 km východně od Telče. Nadmořská výška středu obce je 581 metrů. Žije zde celkem 761 obyvatel. Katastrální území městyse má výměru 19 km² [7].

Opatov sousedí na severu s obcí Jestřebí u Brtnice a obcí Brodce, částečně také s Kněžicemi u Třebíče, s nimiž sdílí i hranici na východě. Celou jihovýchodní hranici Opatova lemuje obec Předín. Na jihu sousedí Opatov se Sedlaticemi, na západě s Hladovem a Dlouhou Brtnicí a na severozápadě s Brtničkou.

Katastrálním územím obce protéká řeka Brtnice a několik jejích přítoků. Na území se nachází také spousta vodních nádrží, mezi největší patří Zlatomlýň, Jinšov a Vidlák.



Obrázek 3 - Přehledná situace zájmového území

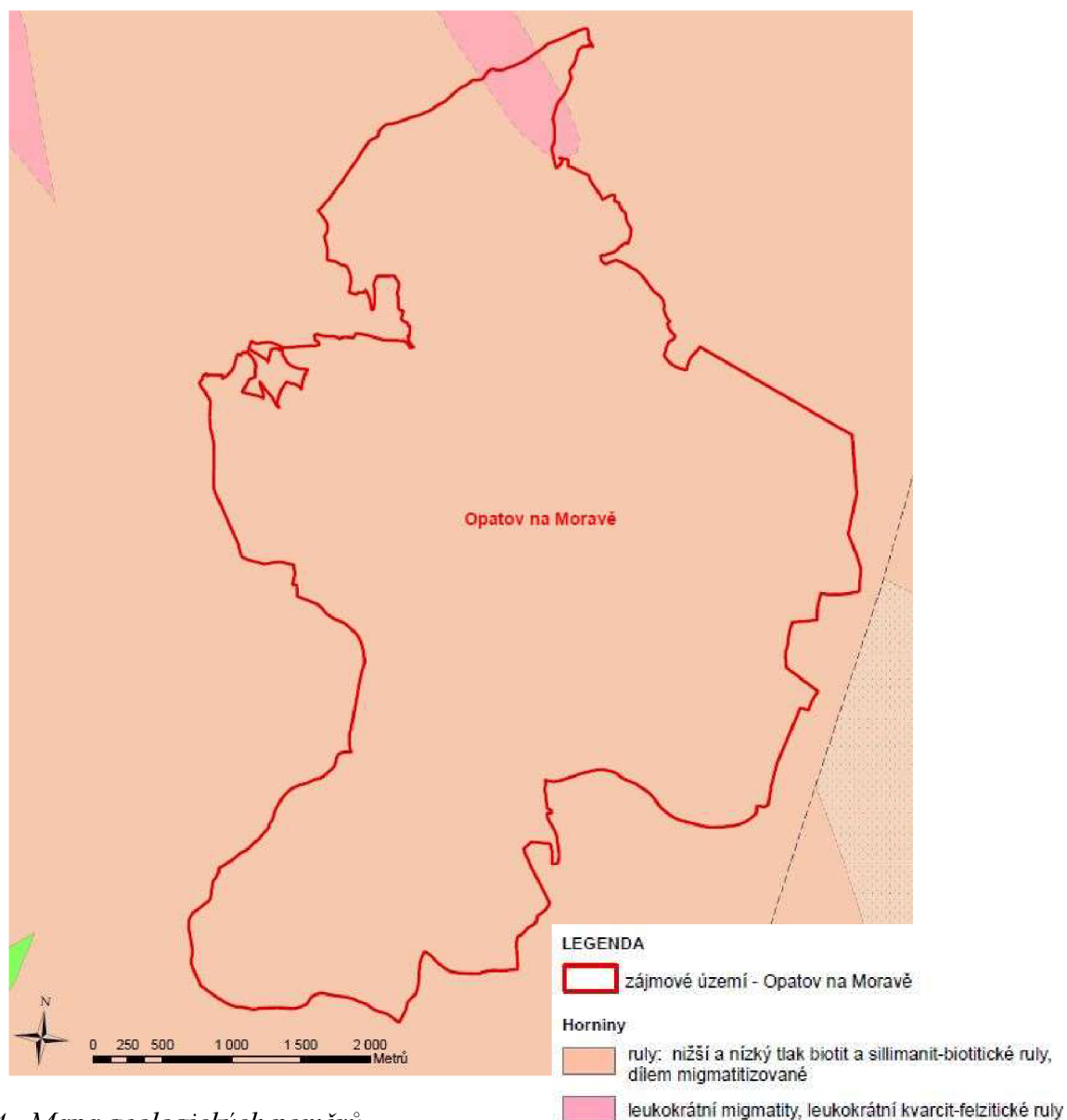
3.2 Identifikace geomorfologických, geologických a pedologických poměrů

3.2.1 Geomorfologické poměry

Zájmové území Opatov na Moravě dle geomorfologického členění leží v provincii České Vysočiny, v její dílčí části Česko-moravská subprovincie, v oblasti Česko-moravská vrchovina a celku Křižanovská vrchovina.

3.2.2 Geologické poměry

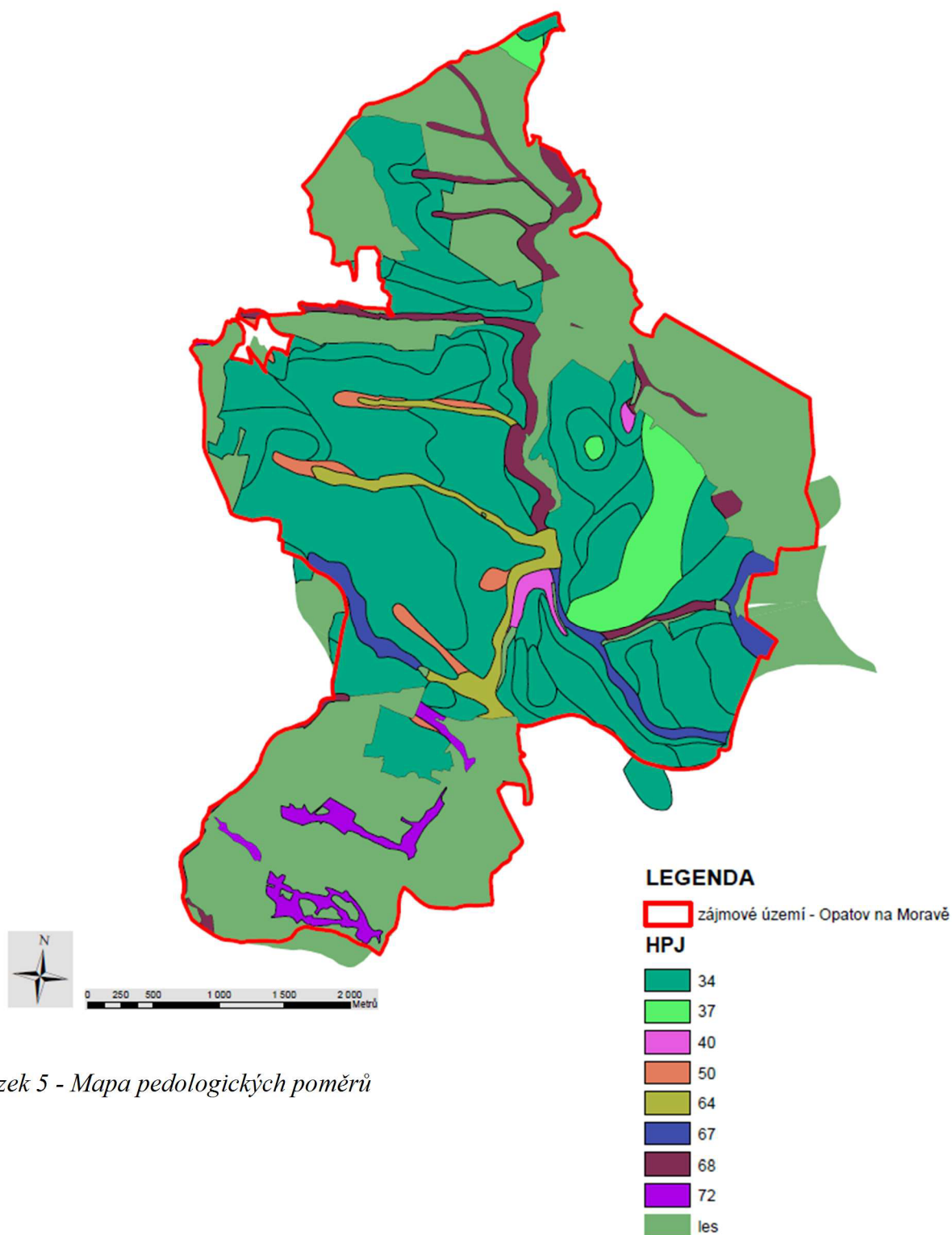
Podloží zájmové oblasti je tvořeno Jihlavským masivem, který je tvořen především biotitovými až sillimanit-biotitovými převážně migmatitickými pararulami s vložkami erlánů, ortorul, amfibolitů, grafitických rul a kvarcitů. Vyskytují se zde také apofýzy žul a granodioritů, tvořící až 150 m dlouhé čočky. Zastoupeny jsou rovněž aplitové a pegmatitové žíly [21].



Obrázek 4 - Mapa geologických poměrů

3.2.3 Pedologické poměry

Z hlediska pedologických poměrů pokryv území tvoří převážně kambizemě dystrické či modální. Místy se vyskytují gleje modální a fluvické. Bližší rozmístění typů půd je znázorněno na mapě zájmového území (Obr. 5) s popisem vyskytujících se HPJ pod mapou.



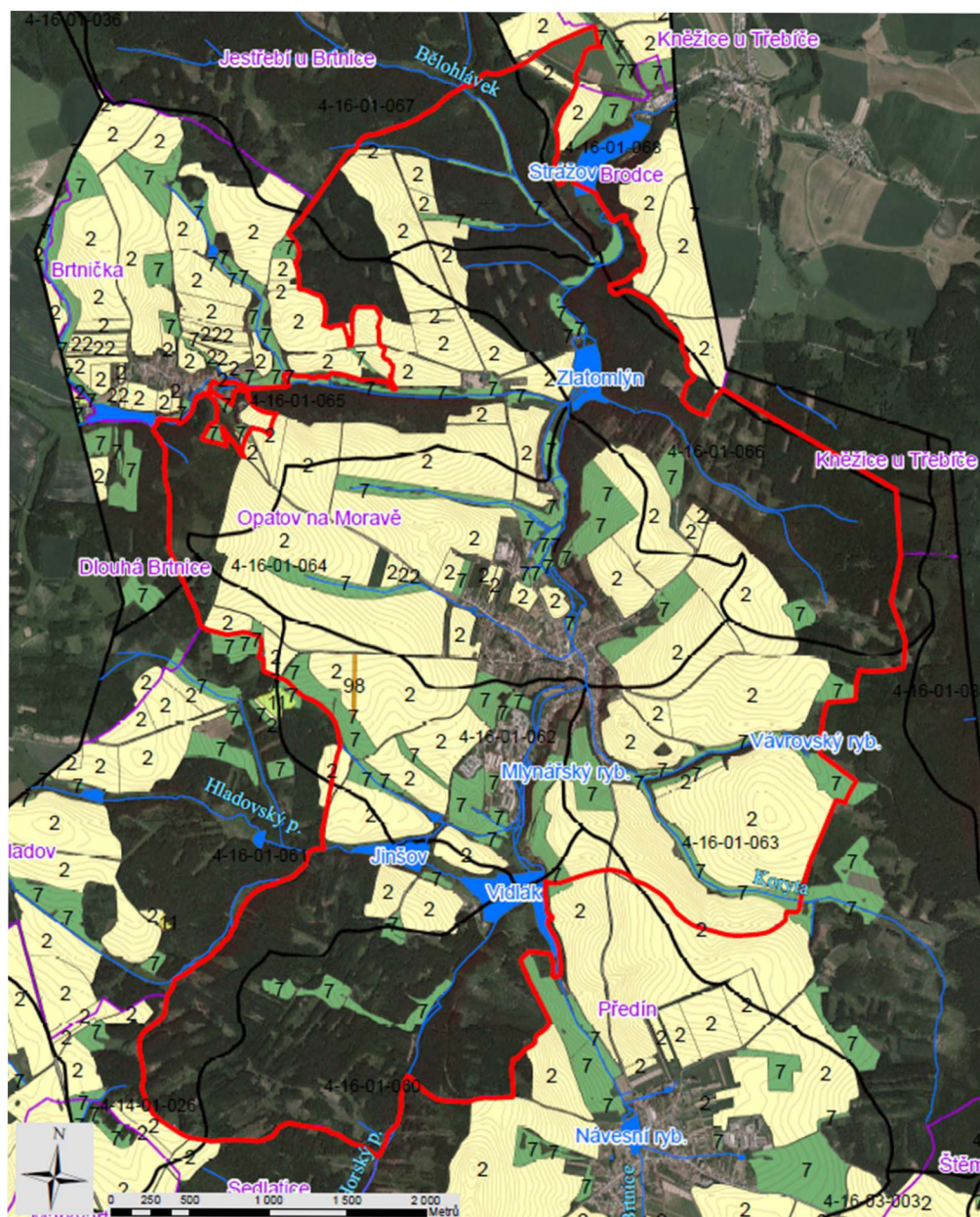
Obrázek 5 - Mapa pedologických poměrů

HPJ vyskytující se v daném území

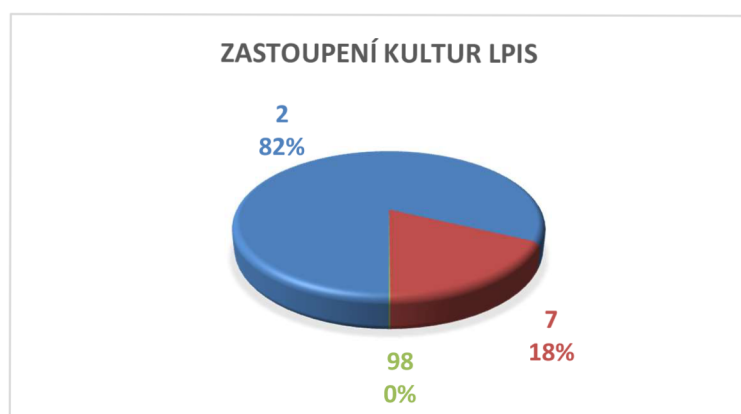
- 34 Kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu
- 37 Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorniči od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách
- 40 Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici
- 50 Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření
- 64 Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité
- 67 Gleje modální na různých substrátech často vrstevnatě uložených, v polohách širokých depresí a rovinných celků, středně těžké až těžké, při vodních tocích závislé na výšce hladiny toku, zaplavované, těžko odvodnitelné
- 68 Gleje modální i modální zrašelinělé, gleje histické, černice glejové zrašelinělé na nivních uloženinách v okolí menších vodních toků, půdy úzkých depresí včetně svahů, obtížně vymežitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim
- 72 Gleje fluvické zrašelinělé a gleje fluvické histické na nivních uloženinách, středně těžké až velmi těžké, trvale pod vlivem hladiny vody v toku [9]

3.3 Plošná lokalizace druhů pozemků

Celková rozloha katastrálního území Opatov na Moravě je 1904 ha. Kultura LPIS zaujímá 883 ha. Nejvíce zastoupenou kulturou je orná půda, která tvoří 82 % LPIS. Trvalý travní porost zabírá 18 % a na jedné parcele se nachází porost rychle rostoucích dřevin.



Obrázek 6 - Mapa plošné lokalizace druhů pozemků



Obrázek 7 - Graf zastoupení kultur LPIS v katastrálním území Opatov na Moravě

LEGENDA

zájmové území - Opatov na Moravě

katastrální území

vodní toky

vodní nádrže

povodí IV. řádu

vrstevnice

LPIS

kultura

2 - orná půda

7 - trvalý travní porost

11 - tráva na orné

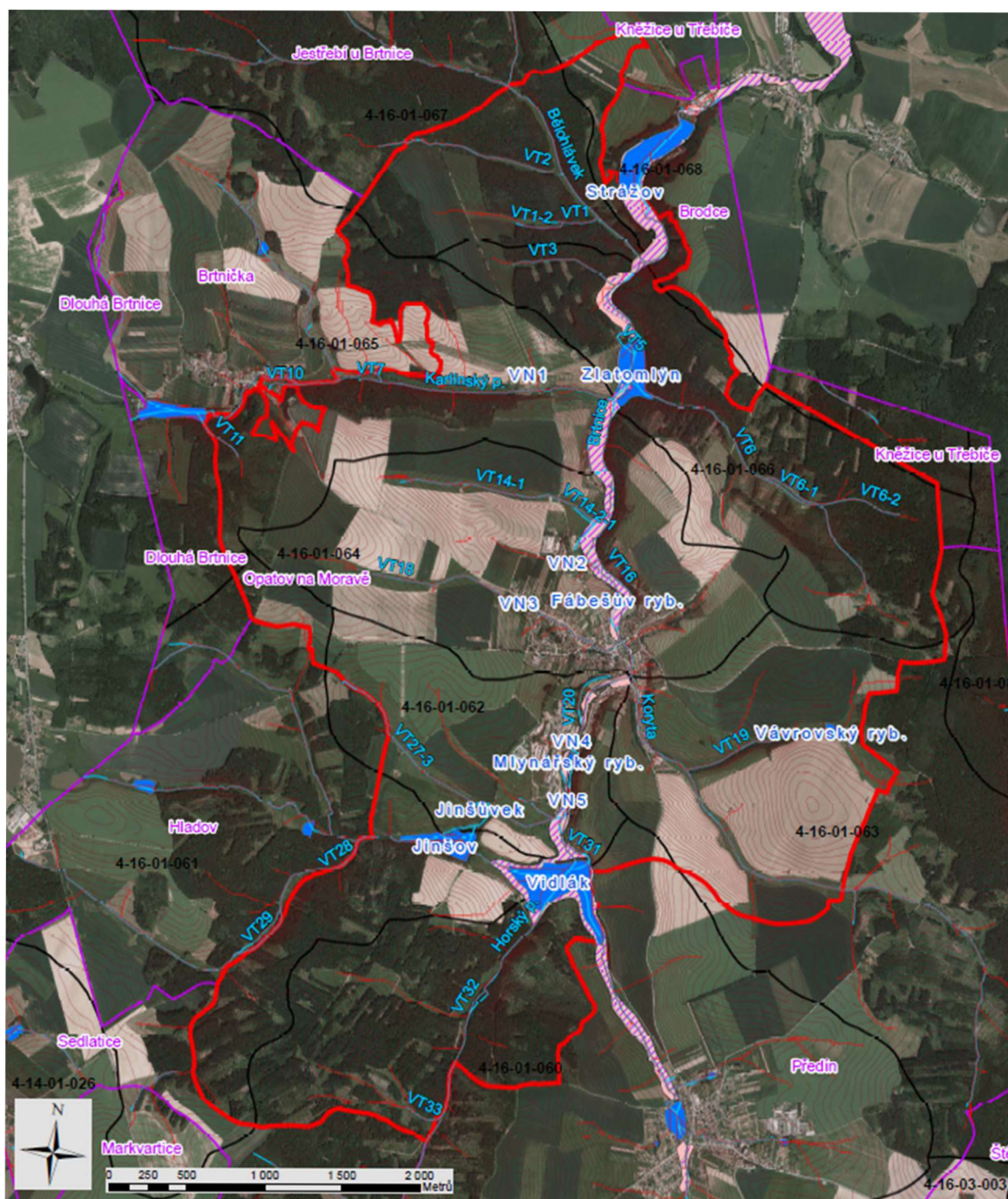
98 - porost RRD

Tabulka 1 - Parcely v katastrálním území Opatov na Moravě podle způsobu využití [6]

| Druh a způsob využití pozemku | Počet | Výměra [m ²] |
|---|-------|--------------------------|
| orná půda | 163 | 7 835 211 |
| zahrada | 239 | 157 135 |
| trvalý travní porost | 212 | 1 989 885 |
| lesní pozemek | 658 | 7 440 034 |
| lesní pozemek, lesní pozemek, na kterém je budova | 7 | 209 |
| lesní pozemek, Suma | 665 | 7 440 243 |
| vodní plocha, rybník | 7 | 301 675 |
| vodní plocha, koryto vodního toku přirozené nebo upravené | 26 | 47 834 |
| vodní plocha, koryto vodního toku umělé | 6 | 13 970 |
| vodní plocha, zamokřená plocha | 1 | 2 086 |
| vodní plocha, Suma | 40 | 365 565 |
| zastavěná plocha a nádvoří | 541 | 200 499 |
| zastavěná plocha a nádvoří, společný dvůr | 1 | 62 |
| zastavěná plocha a nádvoří, zbořeniště | 16 | 5 024 |
| zastavěná plocha a nádvoří, Suma | 558 | 205 585 |
| ostatní plocha, silnice | 5 | 63 996 |
| ostatní plocha, ostatní komunikace | 181 | 333 893 |
| ostatní plocha, zeleň | 1 | 780 |
| ostatní plocha, sportoviště a rekreační plocha | 4 | 19 605 |
| ostatní plocha, hřbitov, urnový háj | 2 | 4 023 |
| ostatní plocha, manipulační plocha | 17 | 87 986 |
| ostatní plocha, dobývací prostor | 1 | 410 |
| ostatní plocha, jiná plocha | 148 | 350 018 |
| ostatní plocha, neplodná půda | 107 | 165 489 |
| ostatní plocha, Suma | 466 | 1 026 200 |

3.4 Charakteristika zájmového území z hlediska hydrologických poměrů

Zájmovým územím protéká od jihu na západ řeka Brtnice, zvaná též říčka Brtnička. Celková délka toku činí 30,3 km a plocha povodí je 122,1 km². Řeka Brtnice pramení v blízkosti obce Lesná v nadmořské výšce cca 660 m. Dále směřuje přes Lesnou, Předín, Opatov, Kněžice a Brtnici až ke Komárovicím, kde se stáčí na východ a tvoří zde přírodní rezervaci. U Přimělkova Brtnice ústí do Jihlavy a její průtok v ústí činí 0,71 m³.s⁻¹. Na svém horním a středním toku říčka napájí řadu rybníků a nádrží [5]. Mezi největší patří Návesní rybník v Předíně, rybník Vidlák, Jinšov, Zlatomlýn a Strážov spadající do katastrálního území Opatova na Moravě, Kněžický rybník v Kněžicích a v neposlední řadě Rychlovský rybník u Brtnice.



Obrázek 8 - Mapa hydrologické sítě a záplavových území

LEGENDA

- zájmové území - Opatov na Moravě
 - katastrální území
 - povodí IV. řádu
 - vodní nádrže
 - vodní toky
 - vrstevnice
 - aktivní zóny 100-leté vody
 - záplavová území 100-leté vody
- akumulace**
- 0 - 1 200
 - > 1 200

3.4.1 Přehled povodí, vodních toků a nádrží nacházejících se v zájmovém území

Tabulka 2 - Vodní toky a vodní nádrže nacházející se v území

| ČHP | | | Vodní tok | | | Vodní nádrže | | |
|-------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|-----------|--------------|----------------|-------------|
| HLGPCHAR | Název | Plocha [ha] | ID | Název | Délka [m] | ID | Název | Plocha [ha] |
| 4-16-01-068 | Brtnice | 42,259 | 417110000100 | Brtnice | 635,33 | 416010680001 | Strážov | 0,594 |
| 4-16-01-067 | Bělohávek | 133,648 | 417180000100 | Bělohávek | 1482,70 | | | |
| | | | 417180001200 | VT1 | 234,70 | | | |
| | | | 417180001200 | VT1-1 | 141,92 | | | |
| | | | 417180001300 | VT1-2 | 324,38 | | | |
| | | | 417180001000 | VT2 | 1048,59 | | | |
| 4-16-01-066 | Brtnice | 298,610 | 417110000100 | Brtnice | 1152,55 | 416010660001 | Zlatomlýn | 5,929 |
| | | | 417170001000 | VT3 | 719,23 | | | |
| | | | 417170000800 | VT4 | 184,25 | | | |
| | | | 417170000600 | VT5 | 265,87 | | | |
| | | | 417170000200 | VT6 | 1158,01 | | | |
| | | | 417170000300 | VT6-1 | 1081,89 | | | |
| | | | 417170000200 | VT6-2 | 944,52 | | | |
| 4-16-01-065 | Karlínský potok | 219,101 | 417160000100 | Karlínský p. | 2468,84 | 416010650005 | VN1 | 0,023 |
| | | | 417160004200 | VT7 | 150,78 | | | |
| | | | 417160003600 | VT8 | 77,73 | | | |
| | | | 417160003400 | VT10 | 215,89 | | | |
| | | | 417160003000 | VT11 | 317,39 | | | |
| | | | 417160004400 | VT12 | 547,63 | | | |
| 4-16-01-064 | Brtnice | 365,273 | 417110000100 | Brtnice | 2100,7 | 416010640001 | Fábešův ryb. | 0,056 |
| | | | 417150001600 | VT13 | 78,77 | 416010640003 | VN2 | 0,018 |
| | | | 417150001000 | VT14 | 92,65 | 416010640002 | VN3 | 0,083 |
| | | | 417150001000 | VT14-1 | 1331,02 | | | |
| | | | 417150001100 | VT14-2 | 24,48 | | | |
| | | | 417150001200 | VT14-2-1 | 176,75 | | | |
| | | | 417150001100 | VT14-2-2 | 210,10 | | | |
| | | | 417150000800 | VT15 | 112,70 | | | |
| | | | 417150000600 | VT16 | 491,58 | | | |
| | | | 417150000400 | VT17 | 203,94 | | | |
| | | | 417150000200 | VT18 | 1889,46 | | | |
| 4-16-01-063 | Koryta | 254,864 | 417140000100 | Koryta | 2174,59 | 416010630001 | Vávrovský ryb. | 0,590 |
| | | | 417140000400 | VT19 | 1165,68 | | | |
| 4-16-01-062 | Brtnice | 182,857 | 417110000100 | Brtnice | 1625,87 | 416010620001 | Vidlák | 12,627 |
| | | | 417130000001 | VT20 | 443,81 | 416010620002 | Mlýnářský ryb. | 0,295 |
| | | | 417130002200 | VT21 | 11,19 | 416010620003 | Jinšůvek | 0,347 |

| ČHP | | | Vodní tok | | | Vodní nádrže | | |
|--------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|-----------|--------------|--------|-------------|
| HLGPCHAR | Název | Plocha [ha] | ID | Název | Délka [m] | ID | Název | Plocha [ha] |
| 4-16-01-062 | Brtnice | (182,857) | 417130002000 | VT22 | 478,82 | 416010620004 | VN4 | 0,014 |
| | | | 417130001800 | VT23 | 176,43 | 416010620005 | VN5 | 0,158 |
| | | | 417130001600 | VT24 | 96,70 | | | |
| | | | 417130001400 | VT25 | 34,78 | | | |
| | | | 417130000400 | VT26 | 51,22 | | | |
| | | | 417130000400 | VT27 | 7,40 | | | |
| | | | 417130001100 | VT27-1 | 262,16 | | | |
| | | | 417130000400 | VT27-2 | 424,81 | | | |
| | | | 417130000400 | VT27-2-1 | 8,81 | | | |
| | | | 417130000900 | VT27-2-2 | 125,70 | | | |
| | | | 417130000400 | VT27-2-1-1 | 89,30 | | | |
| | | | 417130000500 | VT27-2-1-2 | 138,96 | | | |
| | | | 417130000600 | VT27-2-1-2-1 | 45,72 | | | |
| | | | 417130000500 | VT27-2-1-2-2 | 218,53 | | | |
| | | | 417130000400 | VT27-3 | 1204,68 | | | |
| | | | 417130002000 | VT30 | 111,38 | | | |
| 417130000200 | VT31 | 355,41 | | | | | | |
| 4-16-01-061 | Hladovský potok | 164,339 | 417120000100 | Hladovský p. | 1598,13 | 416010610001 | Jinšov | 5,065 |
| | | | 417120001400 | VT28 | 256,09 | | | |
| | | | 417120001400 | VT29 | 293,91 | | | |
| 4-16-01-060 | Brtnice | 243,510 | 417110000100 | Brtnice | 678,09 | | | |
| | | | 417110002200 | Horský p. | 1775,22 | | | |
| | | | 417110003100 | VT32 | 198,49 | | | |
| | | | 417110002900 | VT33 | 207,36 | | | |
| Σ = | | 1904,460 | | | 34123,59 | | | 25,800 |

3.4.2 Historické zkušenosti s povodněmi

V katastrálním území Opatova i ve vedlejších katastrálních územích můžeme nalézt řadu vodních děl, díky nimž může dojít ke zvýšení rizika zvláštních povodní v dané oblasti. V Opatově se povodně objevily již několikrát, mezi největší za poslední léta patří povodně z let 2005 a 2009. Obě povodně byly specifické tím, že voda velmi rychle nastoupala a průběh povodně byl velice dynamický a svižný. Vznik povodní byl způsoben intenzivními srážkami na rozsáhlém území, srážky zapříčinily naplnění vodních toků a děl a došlo k nasycení půdy, která nebyla schopná dále vodu infiltrovat. Blesková povodeň na vodních tocích zejména v roce 2009 byla doprovázena značnými splachy a omezeným odtokem vody z centrální části obce. V obci tato povodeň způsobila velké škody [5].

3.4.3 Rozsah ohrožení povodněmi

Mezi zdroje ohrožení v Opatově patří vodní toky, vodní nádrže i rybníky. Jejich vzájemná spoluúčast na povodních je tak značná, že nelze jednotlivé prvky od sebe oddělit. Ohrožení povodněmi je nutné posuzovat komplexně s ohledem na souvislosti mezi jednotlivými vodními prvky [5].

Významný ohrožující potenciál představuje vodní dílo Vidlák, které se nachází kousek nad intravilánem jižním směrem. Dílo je zásobováno jednak říčkou Brtnice a jednak Hladovským potokem, který na trase mezi Hladovem a Opatovem prochází přes kaskádu vodních děl. Z vodního díla Vidlák odtéká dále už jen říčka Brtnice, jejíž průtok je ovlivněn právě manipulací na tomto díle. Kapacita daného díla je ohrožující a zároveň manipulace na díle je omezená, proto nesprávnou manipulací může dojít až k vytvoření povodňové vlny. Nebezpečí spočívá také v případném maximálním naplnění rybníku, čímž by mohlo dojít k protržení hráze, vzniku zvláštní povodně a bezprostřednímu ohrožení nejen Opatova, ale i dalším obcí níže po toku [5].

Z díla Vidlák vytéká říčka Brtnice severním směrem. Před vtokem do zastavěné části obce se stéká s levostranným přítokem z Jinšova a Jinšůvku a protéká přes mokřady. V obci se do Brtnice vlévá významný tok Koryta, od jejich soutoku až po konec zastavěné části obce je koryto toku stavebně regulováno. Přestože výška koryta je poměrně velká, z historických zkušeností je známo, že především v centru městyse může dojít k vybřežení toku [5].

Dalším ohrožujícím prvkem je vodní tok (VT18) pramenící na východ od obce, který do Opatova přitéká podél komunikace spojující Opatov s Brtničkou. Vyznačuje se rychlým spádem a častými svahovými splachy. Naplaveniny se mohou hromadit a ucpávat propustky, čímž se ohrožení obce při lokálních povodních ještě stupňuje. Tok ohrožuje především domy situované podél toku. Dojde-li k naplnění kapacity Brtnice, tok nemá kam odtékat, ohrožené se stává i náměstí, na kterém se začne voda s naplaveninami hromadit. Tento vodní tok způsobil značné škody na majetcích při povodních v roce 2009 [5].

Za Opatovem směrem na Brodce se nachází další vodní dílo Zlatomlým napájené Brtnicí, Karlínským potokem a bezejmenným tokem (VT6), který přitéká z východu. Jelikož se v blízkosti nachází rekreační zařízení Zlatomlým, je třeba i zde dbát na zvýšenou pozornost [5].

Ohrožující jsou pro městys také extravilánové terénní smyvy a smyvy z komunikací. Přispívají ke zhoršení povodňových situací tím, že ucpávají propustky, mosty a koryta. Odtékající voda se následně začíná hromadit, místní kanalizace ani koryta toků ji dostatečně nepohlcují. Nahromaděné smyvy mohou způsobit značné škody na majetcích a ohrozit zdraví a život obyvatel [5].

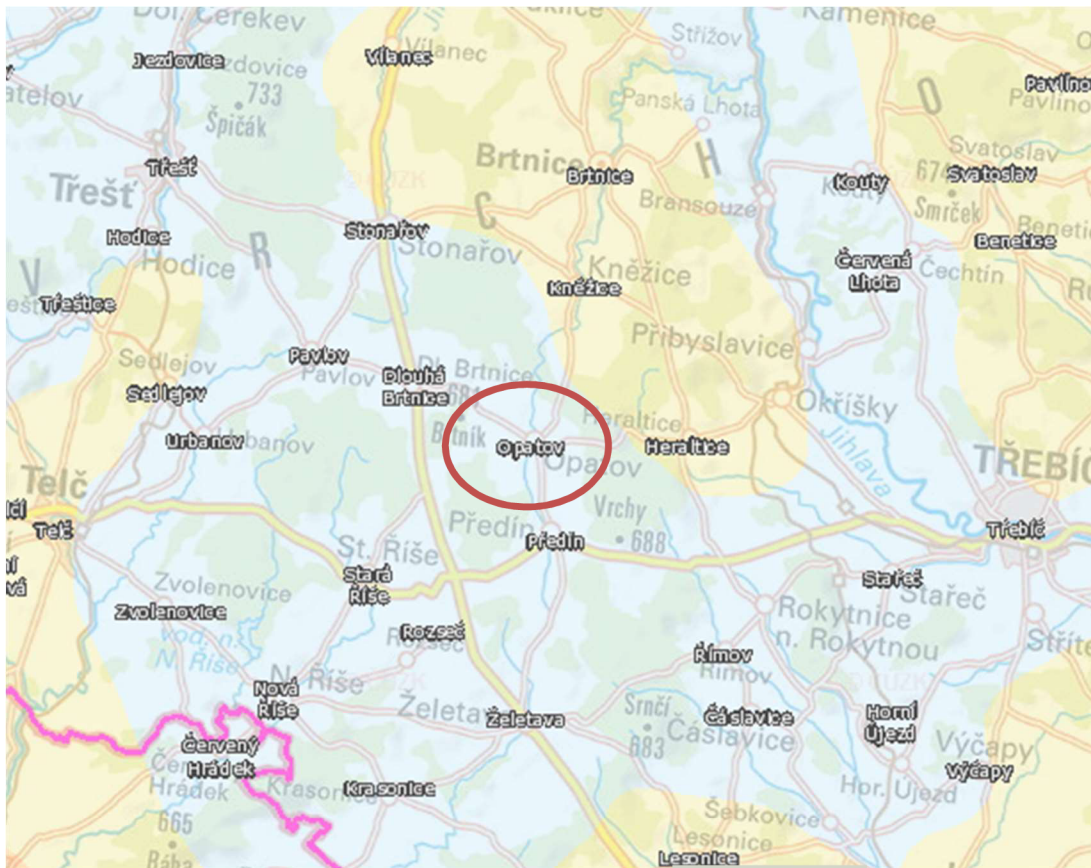
Obec musí čelit výraznému riziku výskytu bleskových povodní po příchodu intenzivních srážek [5].

3.5 Klimatické poměry

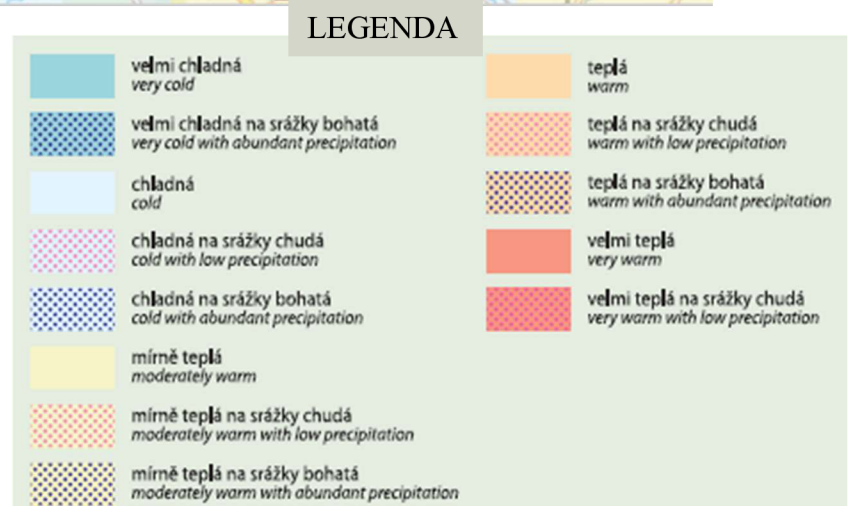
3.5.1 Klimatická oblast

Městys Opatov spadá do chladné klimatické oblasti [8]:

- **léto:** krátké s 10 - 20 letními dny, chladné s průměrnou teplotou 12 - 13 °C, vlhké se srážkami 200 - 400 mm, >140 dny se srážkami > 1 mm za den
- **přechodné období:** velmi dlouhé s > 180 mrazovými dny, velmi chladným jarem s průměrnou teplotou < 3 °C, chladným podzimem s průměrnou teplotou < 4 °C
- **zima:** velmi dlouhá s > 70 ledovými dny, velmi chladná s průměrnou teplotou < -4 °C, srážkami 200 - 400 mm, dlouhým trváním sněhové pokrývky 80 - 120 dnů



Obrázek 9 - Klimatická oblast [8]



3.6 Stanovení faktorů z rovnice USLE

3.6.1 Faktor erozní účinnosti přívalového deště - R

Faktor R definovali W. H. Wischmeier a D. D. Smith (1958) vztahem (2.1) [1]:

$$R = E \cdot i_{30} / 100 \quad (2.1)$$

kde:

- R ...faktor erozní účinnosti deště [MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹]
- E ...celková kinetická energie deště [J.m⁻²]
- i₃₀ ...max. 30-ti minutová intenzita deště [cm.h⁻¹]

Z toho vyplývá, že faktor erozní účinnosti přívalového deště závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu.

Průměrná hodnota R-faktoru pro území České republiky byla stanovena díky dlouhodobým řadám ombrografických záznamů z několika stanic ČHMÚ na hodnotu $R = 40 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$. Tato hodnota také byla použita do výpočtů [1].

3.6.2 Faktor erodovatelnosti půdy - K

Faktor K je složkou rovnice USLE, který charakterizuje náchylnost půdy k erozi. Je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v t.ha⁻¹ na jednotku erozní účinnosti deště R (MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹) [1].

Pro stanovení faktoru K je nutné znát procentuální zastoupení jemných částic, třídu struktury a třídu propustnosti ornice. K-faktor se vypočte dle vztahu [1]:

$$100 K = 2,1M^{1,14}10^{-4} (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3) \quad (2.2)$$

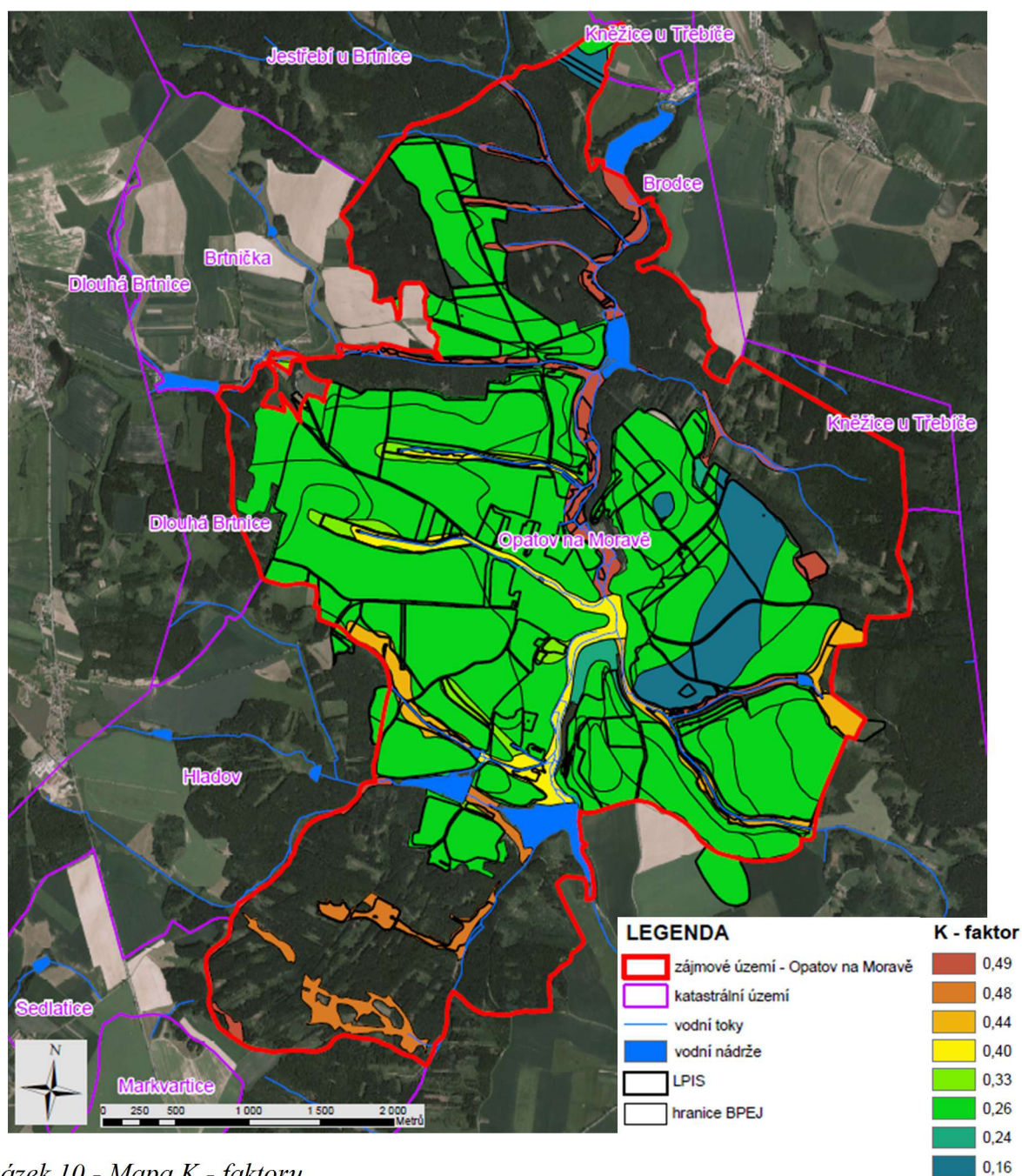
kde:

- M ...součin (% prachu + % práškového písku) x (100 - % jílu)
- a ...% organické hmoty
- b ...třída struktury ornice
- c ...třída propustnosti půdního profilu

Jelikož pro dané území nebyly známy údaje pro stanovení K-faktoru výpočtem, přibližná hodnota K-faktoru byla určena pomocí jednotek ekologicko-půdních map (Tab. 3) [1].

Tabulka 3 - Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ [1]

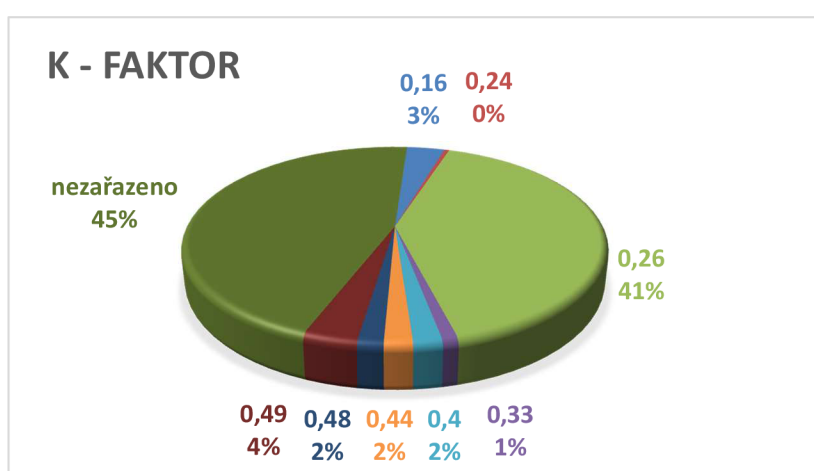
| HPJ | K - faktor |
|-----|------------|
| 34 | 0,26 |
| 37 | 0,16 |
| 40 | 0,24 |
| 50 | 0,33 |
| 64 | 0,40 |
| 67 | 0,44 |
| 68 | 0,49 |
| 72 | 0,48 |



Obrázek 10 - Mapa K - faktoru

Tabulka 4 - Zastoupení K - faktoru v zájmovém území

| K - faktor | Plocha [ha] |
|------------|-------------|
| 0,16 | 73,791 |
| 0,24 | 9,085 |
| 0,26 | 869,278 |
| 0,33 | 21,540 |
| 0,40 | 39,896 |
| 0,44 | 39,258 |
| 0,48 | 35,594 |
| 0,49 | 75,139 |
| nezařazeno | 959,331 |
| $\Sigma =$ | 2122,912 |

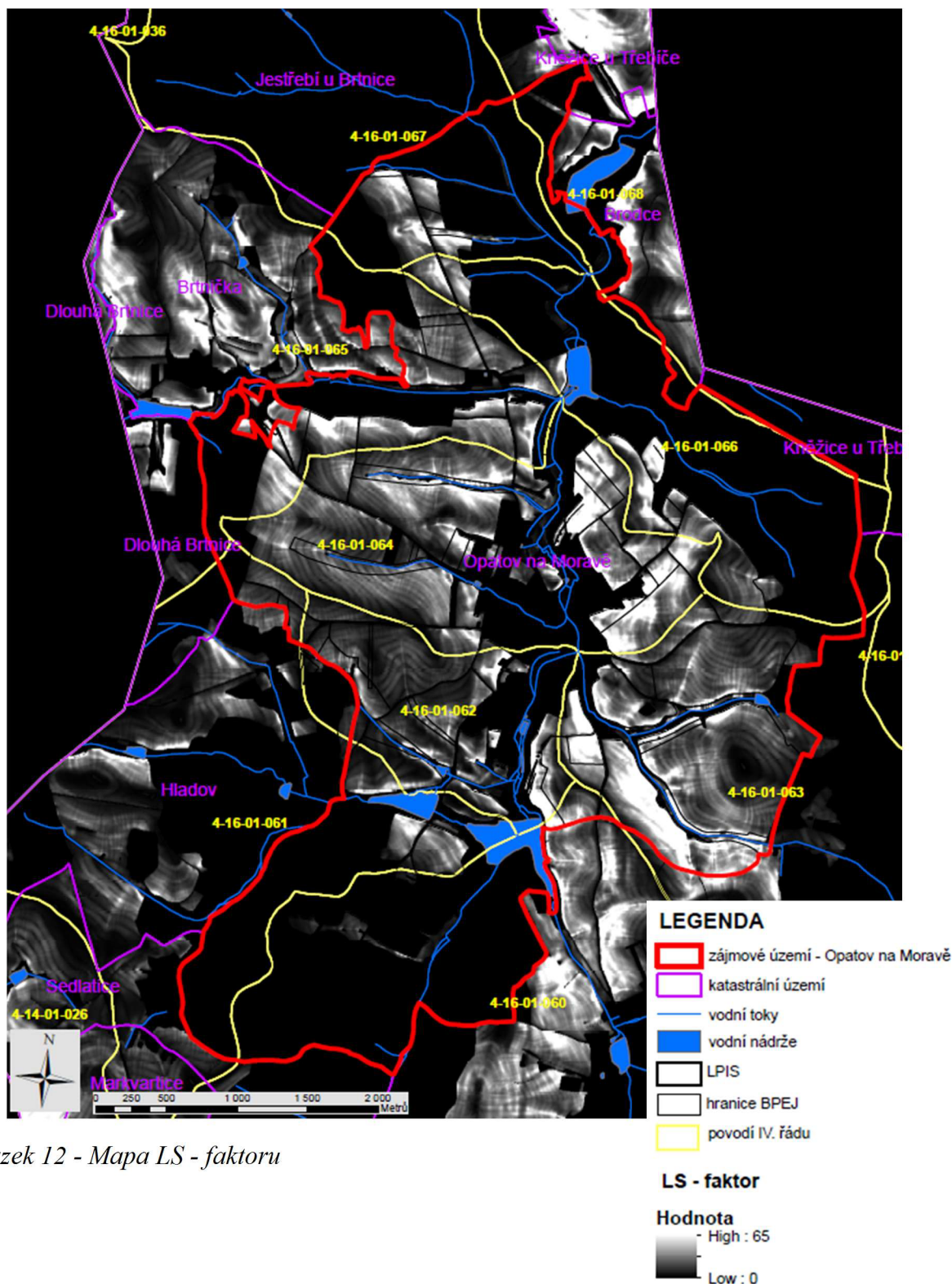


Obrázek 11 - Graf procentuálního zastoupení K - faktoru v zájmovém území

3.6.3 Topologický faktor - součin faktorů L a S

Topologický faktor vyjadřuje vliv sklonu a délky svahu na velikost půdního smyvu. Wischmeier a Smith (1965) LS-faktor definují jako poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 se sklonem 9 % [1].

Faktory L a S byly vypočteny dohromady jako LS-faktor za pomoci programu USLE2D. Program USLE2D je schopen pracovat pouze s daty, která jsou ve formátu Idrisi. Pro převod dat z ArcGIS do Idrisi a zpět byl použit program LS-converter. Vstupními daty pro výpočet LS-faktoru byl DMT (digitální model terénu) a EUC (erozně uzavřené celky), které byly získány z vrstvy LPIS.



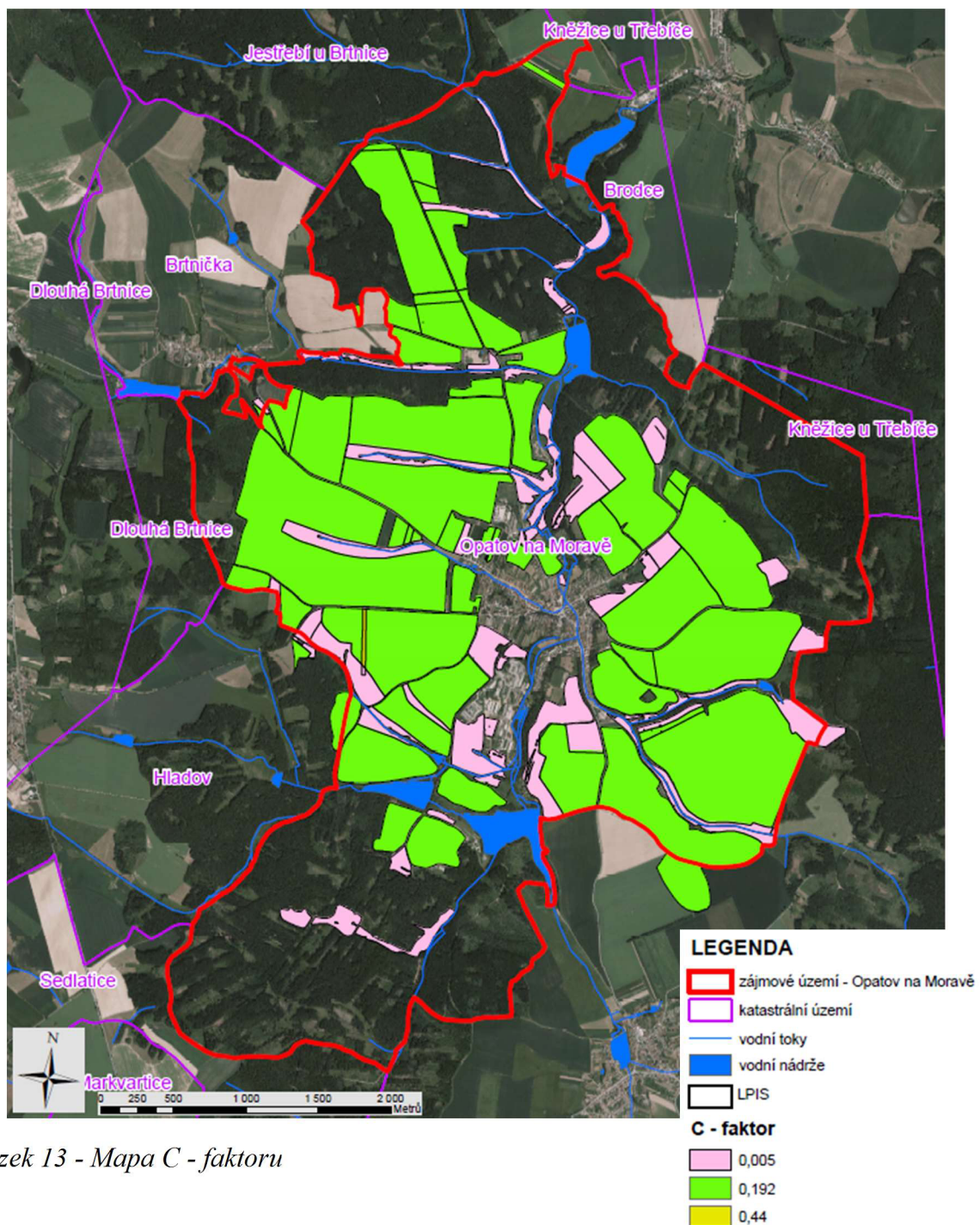
Obrázek 12 - Mapa LS - faktoru

3.6.4 Faktor ochranného vlivu vegetace - C

Jelikož se nepodařilo zjistit strukturu pozemkových ploch, faktor C byl stanoven za základě LPIS a klimatického regionu. Klimatický region na celém zájmovém území spadá do chladné klimatické oblasti, tedy klimatický region 8.

Tabulka 5 - Zastoupení C - faktoru v zájmovém území

| LPIS | C - faktor | Plocha [ha] |
|--------------------|------------|-------------|
| 2 – orná půda | 0,192 | 736,809 |
| 7 – travní porost | 0,005 | 161,728 |
| 11 – tráva na orné | 0,192 | 1,159 |
| 98 – porost RRD | 0,44 | 0,960 |



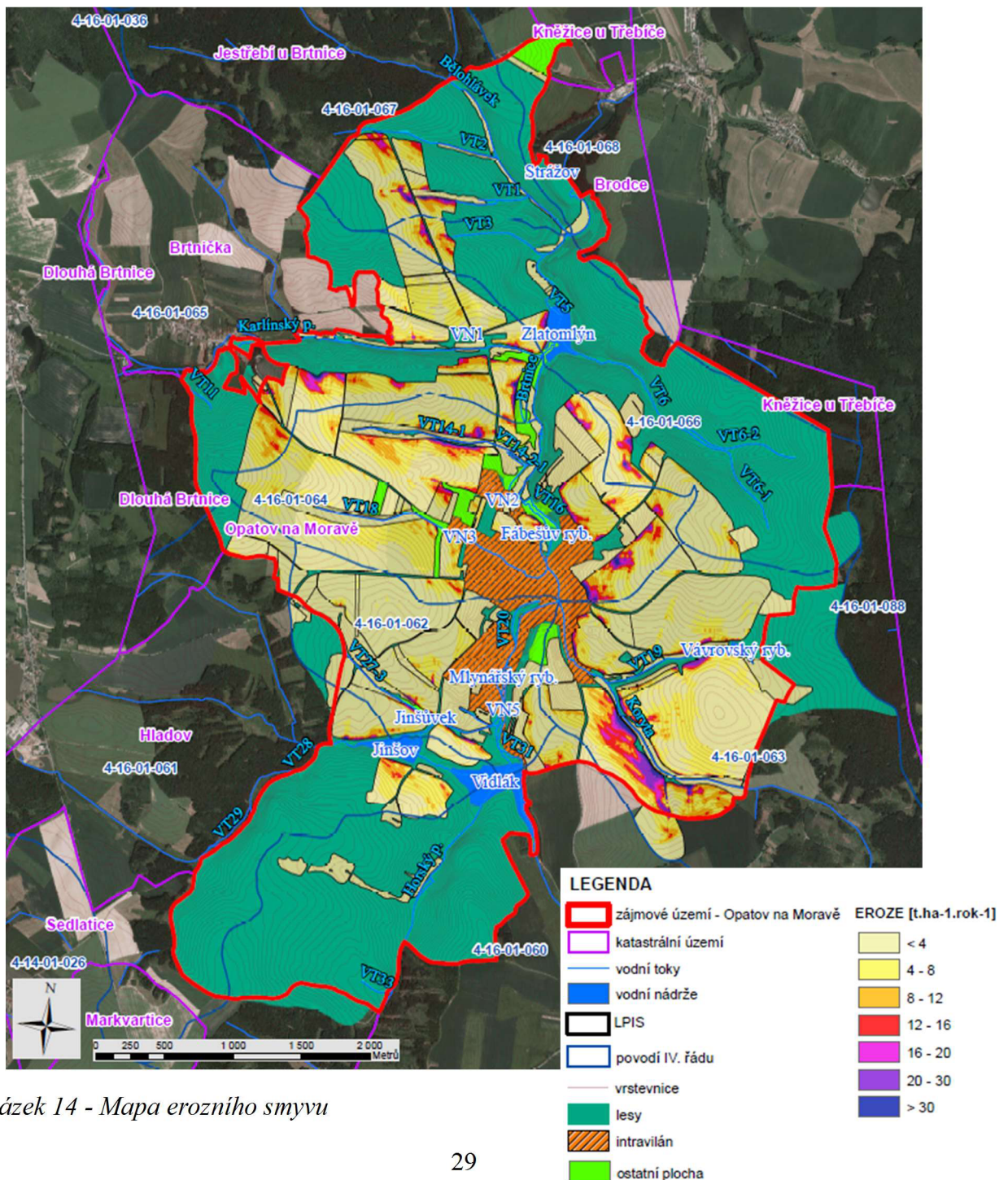
Obrázek 13 - Mapa C - faktoru

3.6.5 Faktor účinnosti protierozního opatření - P

V případě, že na pozemku nejsou žádná protierozní opatření, hodnotu faktoru P uvažujeme $P = 1$.

3.7 Plošná lokalizace kategorií erozního smyvu

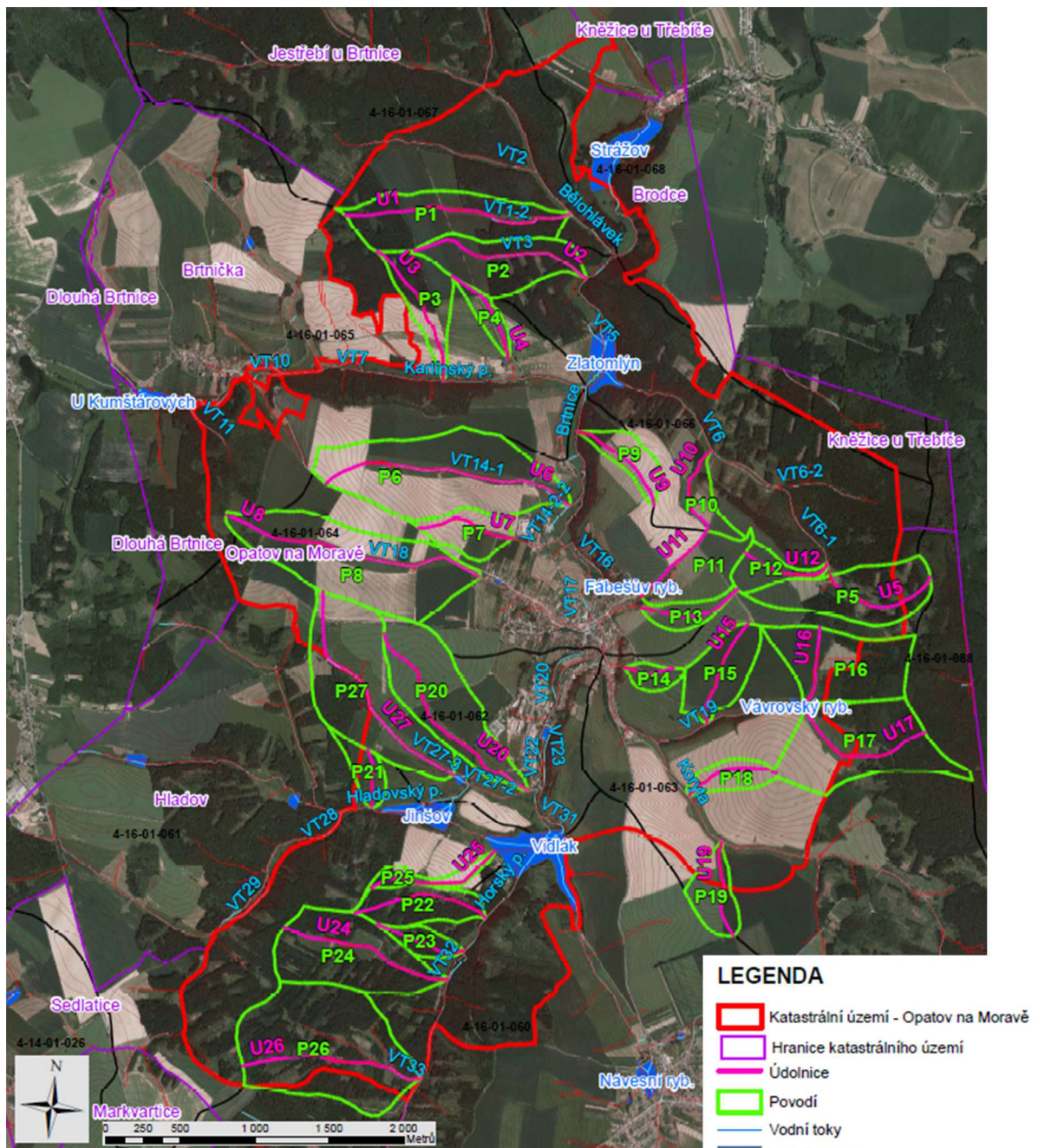
Dlouhodobá průměrná ztráta půdy vypočítaná pomocí rovnice USLE, je graficky znázorněna na Obr. 14.



Obrázek 14 - Mapa erozního smyvu

4 EROZNÍ SMYVY V DRAHÁCH SOUSTŘEDĚNÉHO ODTOKU

Lokalizace DSO byla provedena na základě DMT s využitím nástroje Flow accumulation. Na pozemcích zájmového území byl modelován výskyt DSO s velikostí přispívající ploch nad 3 ha. Z identifikovaných drah soustředěného povrchového odtoku bylo vybráno 27 drah, na kterých byly blíže zkoumány odtokové poměry.



Obrázek 15 - Mapa identifikace DSO a stanovení sběrných ploch

Tabulka 6 - Kategorizace sběrných ploch DSO dle velikosti a dle místa ústí

| Vymezení plochy [ha] | Plocha [ha] | Sběrná plocha DSO | Místo ústí | Sběrná plocha DSO |
|----------------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| < 10 | 5,2 | P14 | Vodní tok | P1 |
| | 6,2 | P4 | | P2 |
| | 6,7 | P25 | | P3 |
| | 6,9 | P23 | | P5 |
| | 7,4 | P10 | | P6 |
| | 7,9 | P21 | | P9 |
| | 8,1 | P13 | | P10 |
| | 9,4 | P18 | | P12 |
| 9,9 | P12 | P15 | | |
| 10 - 20 | 10,7 | P9 | | P18 |
| | 13,4 | P19 | | P19 |
| | 13,9 | P7 | | P20 |
| | 18,5 | P22 | | P21 |
| | 19,4 | P3 | | P22 |
| | 20 | P11 | | P23 |
| 20 - 30 | 20,8 | P15 | | P24 |
| | 29,5 | P2 | | P26 |
| 30 - 40 | 33,4 | P5 | | Vodní nádrž |
| | 37,2 | P16 | P17 | |
| > 40 | 41,6 | P1 | P25 | |
| | 43,6 | P20 | P27 | |
| | 43,9 | P24 | Intravilán | P7 |
| | 49,3 | P17 | | P8 |
| | 61,1 | P27 | | P11 |
| | 66,4 | P8 | | P13 |
| | 70,5 | P6 | | P14 |
| | 75,2 | P26 | Ostatní plocha/ zastavěné území | P4 |

4.1 Charakteristika sběrných ploch jednotlivých DSO

4.1.1 Zastoupení druhů pozemků

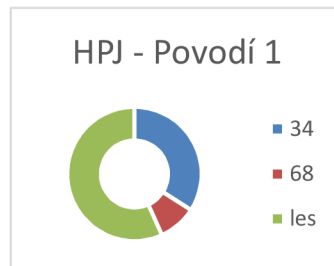
Tabulka 7 - Zastoupení druhů pozemků v jednotlivých sběrných plochách DSO

| Sběrná plocha DSO | Louky | Pastviny | Orná půda | Lesy |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | [km ²] | [km ²] | [km ²] | [km ²] |
| P1 | 0,013 | 0,009 | 0,140 | 0,254 |
| P2 | 0,001 | 0 | 0,113 | 0,182 |
| P3 | 0 | 0 | 0,108 | 0,085 |
| P4 | 0 | 0 | 0,063 | 0 |
| P5 | 0 | 0,021 | 0,045 | 0,268 |
| P6 | 0,123 | 0,012 | 0,570 | 0 |
| P7 | 0 | 0,022 | 0,117 | 0 |
| P8 | 0,101 | 0,011 | 0,518 | 0,034 |
| P9 | 0 | 0,025 | 0,065 | 0,017 |
| P10 | 0 | 0 | 0,050 | 0,024 |
| P11 | 0 | 0,050 | 0,125 | 0,025 |
| P12 | 0 | 0,003 | 0,086 | 0,01 |
| P13 | 0 | 0,007 | 0,074 | 0 |
| P14 | 0 | 0 | 0,052 | 0 |
| P15 | 0,004 | 0 | 0,204 | 0 |
| P16 | 0,005 | 0,029 | 0,116 | 0,222 |
| P17 | 0 | 0,074 | 0,120 | 0,299 |
| P18 | 0,002 | 0 | 0,092 | 0 |
| P19 | 0 | 0 | 0,133 | 0 |
| P20 | 0,091 | 0 | 0,345 | 0 |
| P21 | 0 | 0 | 0,065 | 0,014 |
| P22 | 0 | 0,014 | 0,002 | 0,169 |
| P23 | 0,006 | 0 | 0 | 0,063 |
| P24 | 0 | 0,073 | 0 | 0,366 |
| P25 | 0 | 0,005 | 0,028 | 0,034 |
| P26 | 0 | 0 | 0 | 0,752 |
| P27 | 0,168 | 0 | 0,316 | 0,127 |

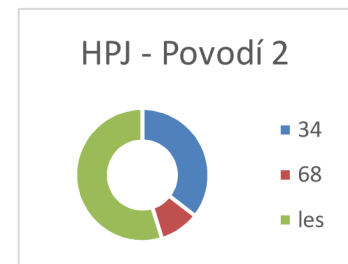
4.1.2 Zastoupení HPJ

Tabulka 8 - Soubor tabulek a grafů zastoupení HPJ v jednotlivých sběrných plochách DSO

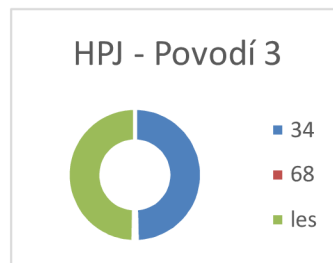
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|-----|-------------|
| P1 | 34 | 14,144 |
| | 68 | 3,857 |
| | les | 23,578 |
| | Σ = | 41,579 |



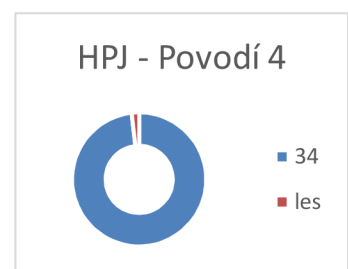
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|-----|-------------|
| P2 | 34 | 10,484 |
| | 68 | 2,870 |
| | les | 16,170 |
| | Σ = | 29,524 |



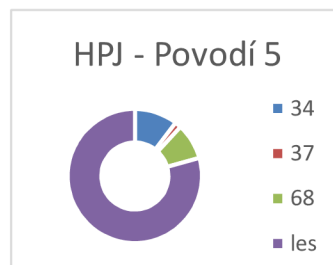
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|-----|-------------|
| P3 | 34 | 9,671 |
| | 68 | 0,162 |
| | les | 9,691 |
| | Σ = | 19,524 |



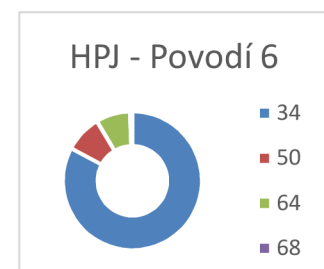
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|-----|-------------|
| P4 | 34 | 6,128 |
| | les | 0,112 |
| | Σ = | 6,240 |



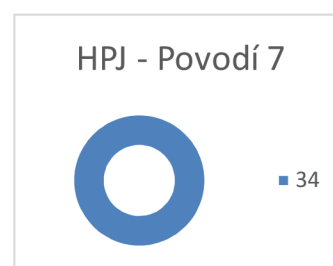
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|-----|-------------|
| P5 | 34 | 3,485 |
| | 37 | 0,515 |
| | 68 | 2,905 |
| | les | 26,570 |
| | Σ = | 33,475 |



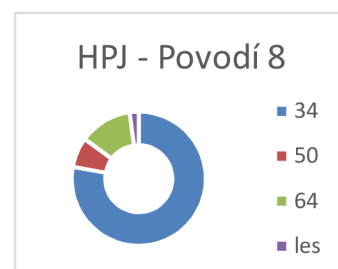
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|-----|-------------|
| P6 | 34 | 58,351 |
| | 50 | 6,133 |
| | 64 | 5,628 |
| | 68 | 0,409 |
| | Σ = | 70,521 |



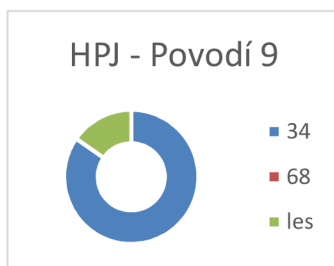
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|-----|-------------|
| P7 | 34 | 13,937 |
| | Σ = | 13,937 |



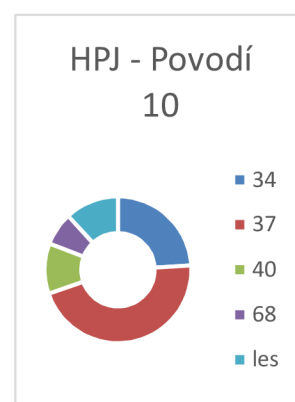
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P8 | 34 | 51,657 |
| | 50 | 4,802 |
| | 64 | 8,441 |
| | les | 1,454 |
| | $\Sigma =$ | 66,354 |



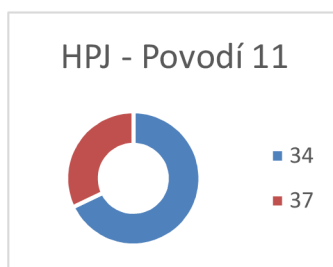
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P9 | 34 | 9,057 |
| | 68 | 0,002 |
| | les | 1,637 |
| | $\Sigma =$ | 10,696 |



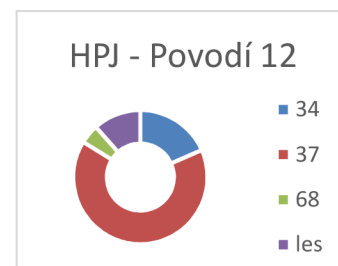
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P10 | 34 | 1,783 |
| | 37 | 3,394 |
| | 40 | 0,823 |
| | 68 | 0,543 |
| | les | 0,882 |
| | $\Sigma =$ | 7,425 |



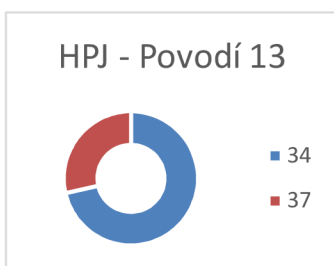
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P11 | 34 | 13,598 |
| | 37 | 6,413 |
| | $\Sigma =$ | 20,011 |



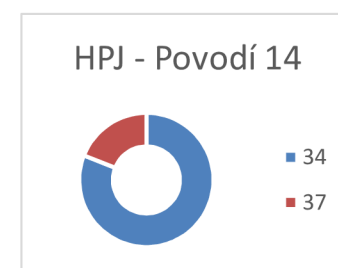
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P12 | 34 | 1,827 |
| | 37 | 6,488 |
| | 68 | 0,459 |
| | les | 1,148 |
| | $\Sigma =$ | 9,922 |



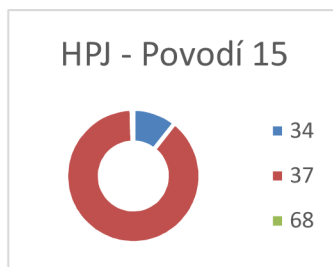
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P13 | 34 | 5,770 |
| | 37 | 2,305 |
| | $\Sigma =$ | 8,075 |



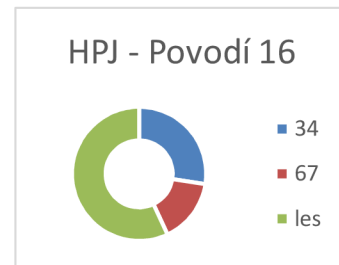
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P14 | 34 | 4,217 |
| | 37 | 0,994 |
| | $\Sigma =$ | 5,211 |



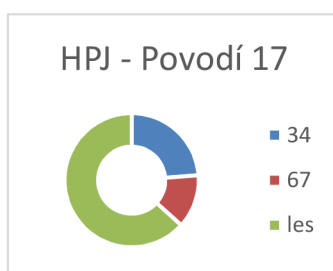
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P15 | 34 | 2,198 |
| | 37 | 18,503 |
| | 68 | 0,092 |
| | $\Sigma =$ | 20,793 |



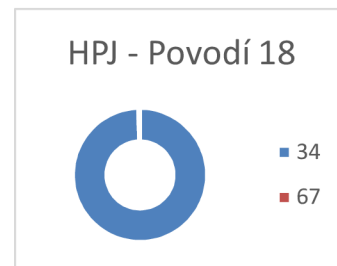
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P16 | 34 | 10,224 |
| | 67 | 5,801 |
| | les | 21,225 |
| | $\Sigma =$ | 37,250 |



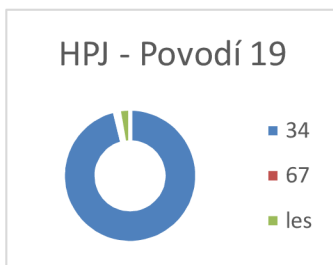
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P17 | 34 | 11,727 |
| | 67 | 6,381 |
| | les | 31,162 |
| | $\Sigma =$ | 49,270 |



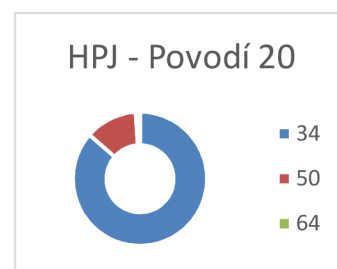
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P18 | 34 | 9,406 |
| | 67 | 0,041 |
| | $\Sigma =$ | 9,447 |



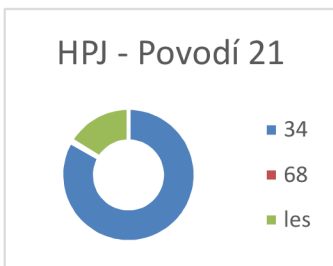
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P19 | 34 | 13,065 |
| | 67 | 0,137 |
| | les | 0,366 |
| | $\Sigma =$ | 13,568 |



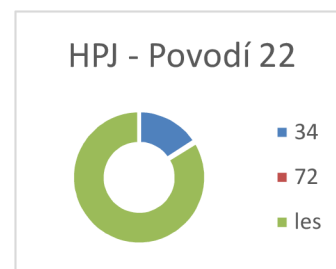
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P20 | 34 | 37,681 |
| | 50 | 5,493 |
| | 64 | 0,445 |
| | $\Sigma =$ | 43,619 |



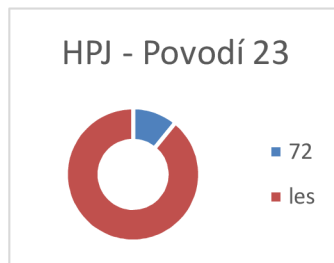
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P21 | 34 | 6,720 |
| | 68 | 0,041 |
| | les | 1,313 |
| | $\Sigma =$ | 8,074 |



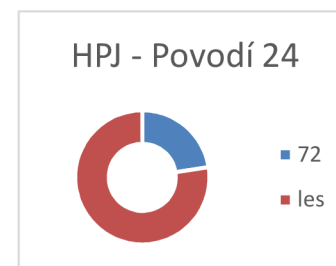
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P22 | 34 | 2,933 |
| | 72 | 0,058 |
| | les | 15,511 |
| | $\Sigma =$ | 18,502 |



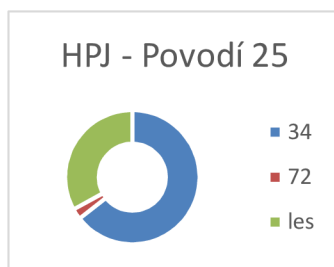
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P23 | 72 | 0,757 |
| | les | 6,156 |
| | $\Sigma =$ | 6,913 |



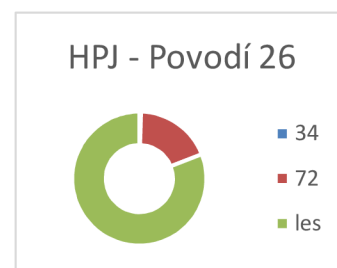
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P24 | 72 | 9,914 |
| | les | 33,986 |
| | $\Sigma =$ | 43,900 |



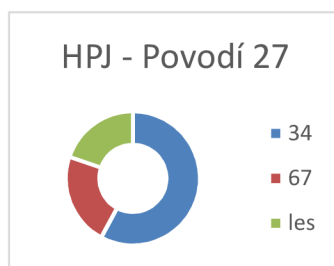
| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P25 | 34 | 4,333 |
| | 72 | 0,175 |
| | les | 2,218 |
| | $\Sigma =$ | 6,726 |



| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P26 | 34 | 0,311 |
| | 72 | 14,005 |
| | les | 60,862 |
| | $\Sigma =$ | 75,178 |



| Povodí | HPJ | Plocha [ha] |
|--------|------------|-------------|
| P27 | 34 | 35,277 |
| | 67 | 13,666 |
| | les | 12,069 |
| | $\Sigma =$ | 61,012 |



5 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY PŘÍMÉHO ODTOKU JEDNOTLIVÝCH DSO

Základní charakteristiky přímého odtoku byly určeny pomocí hydrologického modelu DesQ-MAX Q, který vyvinul prof. František Hrádek, DrSc. Pomocí tohoto modelu lze stanovit návrhové charakteristiky povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti v nepozorovaných profilech malých povodí do velikosti 10 km² [10].

Lze zvolit 3 varianty výpočtu:

- Varianta I – stačí znát maximální 1-denní srážkové úhrny pro N
- Varianta II – nutno znát dobu trvání deště
- Varianta III – nutno znát dobu trvání deště a intenzitu deště

Pro tuto práci byla zvolena varianta I a potřebné údaje o srážkových úhrnech byly použity z nejbližší srážkoměrné stanice v Třebíči.

Model DesQ-MAX Q pracuje s modifikací metody čísel odtokových křivek CN, která převádí objem srážek na objem odtoku. Uvažuje přitom rovnoměrné rozložení srážkového úhrnu po ploše povodí a určité časové rozdělení srážkového úhrnu [2]. Dle metodiky Janečka 2014 lze hodnoty CN určit pomocí hydrologických skupin půd, způsobu využití půdy, způsobu obdělávání a hydrologických podmínek. Hydrologické skupiny půd jsou 4 (A, B, C, D), jejich rozdělení je závislé na rychlosti infiltrace vody do půdy. Přibližné určení HPS bylo v rámci této práce provedeno podle tabulky z metodiky Janečka 2014, která určuje HPS zemědělských půd podle BPEJ, resp. HPJ. Jelikož se nepodařilo zjistit osevní postupy na kulturách orných půd v zájmovém území, stanovení CN bylo provedeno pro nejhorší možné podmínky [1]:

- Využití půdy – širokořádkové plodiny
- Způsob obdělávání – přímé řádky vedené bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnicí
- Hydrologické podmínky – špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok

Sběrné plochy DSO byly pro účel výpočtu rozděleny na levý a pravý svah. Z hlediska velkého množství dat byly pro tuto práci uvedeny průměrné hodnoty vstupů a výstupů, které charakterizují celá povodí.

5.1 Vstupní hodnoty pro výpočet přímého odtoku jednotlivých DSO

Tabulka 9 - Hodnoty srážkových úhrnů pro N ze srážkoměrné stanice v Třebíči

| Vstupní veličiny | | P1 | Jednotka |
|--------------------|---|------|----------|
| H _{1d5} | 1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5 | 51,1 | [mm] |
| H _{1d10} | 1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10 | 61,2 | [mm] |
| H _{1d20} | 1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20 | 71,7 | [mm] |
| H _{1d50} | 1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50 | 84,6 | [mm] |
| H _{1d100} | 1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100 | 94,8 | [mm] |

Tabulka 10 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P1 - P7

| Vstupní veličiny | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | Jednotka |
|-------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| F | plocha povodí | 0,42 | 0,3 | 0,19 | 0,06 | 0,33 | 0,71 | 0,14 | [km ²] |
| I _s | průměrný sklon svahu | 7,23 | 8,69 | 6,92 | 5,92 | 5,76 | 6,69 | 7,06 | [%] |
| γ | drsnotní charakteristika | 8,38 | 8,63 | 8,44 | 8 | 8,61 | 7,24 | 7,41 | [sec] |
| L _u | délka údolnice | 1,56 | 1,25 | 1,02 | 0,7 | 0,83 | 1,73 | 0,67 | [km] |
| I _u | průměrný sklon údolnice | 4,59 | 5,08 | 5,55 | 5,22 | 5,21 | 4,3 | 5,37 | [%] |
| CN _{typ} | typ odtokové křivky (1,2,3) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | [...] |
| CN | číslo odtokové křivky | 68,8 | 68,3 | 71,7 | 79,7 | 64,1 | 80,2 | 79,6 | [...] |
| N | doba opakování | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | [roky] |

Tabulka 11 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P8 - P144

| Vstupní veličiny | | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | Jednotka |
|-------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| F | plocha povodí | 0,66 | 0,11 | 0,07 | 0,2 | 0,1 | 0,08 | 0,05 | [km ²] |
| I _s | průměrný sklon svahu | 4,82 | 9,71 | 9,83 | 9,69 | 3,70 | 7,97 | 7,93 | [%] |
| γ | drsnotní charakteristika | 7,36 | 6,72 | 8,32 | 7,13 | 8,03 | 7,65 | 8 | [sec] |
| L _u | délka údolnice | 1,8 | 0,76 | 0,65 | 0,63 | 0,63 | 0,72 | 0,34 | [km] |
| I _u | průměrný sklon údolnice | 4,1 | 9,93 | 6,83 | 5,3 | 3,76 | 7,5 | 8,02 | [%] |
| CN _{typ} | typ odtokové křivky (1,2,3) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | [...] |
| CN | číslo odtokové křivky | 80 | 73,3 | 75,8 | 75,2 | 78,7 | 79,8 | 79,4 | [...] |
| N | doba opakování | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | [roky] |

Tabulka 12 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P15 - P21

| Vstupní veličiny | | P15 | P16 | P17 | P18 | P19 | P20 | P21 | Jednotka |
|-------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| F | plocha povodí | 0,21 | 0,37 | 0,49 | 0,09 | 0,13 | 0,44 | 0,08 | [km ²] |
| I _s | průměrný sklon svahu | 5,26 | 3,95 | 4,41 | 5,90 | 6,20 | 4,37 | 4,03 | [%] |
| γ | drsnotní charakteristika | 7,92 | 8,1 | 8 | 7,91 | 8 | 7,22 | 8,13 | [sec] |
| L _u | délka údolnice | 0,75 | 0,54 | 1 | 0,66 | 0,66 | 1,52 | 0,4 | [km] |
| I _u | průměrný sklon údolnice | 5,48 | 2,23 | 2,61 | 5,61 | 6,06 | 3,16 | 4,05 | [%] |
| CN _{typ} | typ odtokové křivky (1,2,3) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | [...] |
| CN | číslo odtokové křivky | 80,6 | 73,3 | 68,1 | 80,8 | 80,8 | 79,5 | 77,8 | [...] |
| N | doba opakování | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | [roky] |

Tabulka 13 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P22 - P27

| Vstupní veličiny | | P22 | P23 | P24 | P25 | P26 | P27 | Jednotka |
|-------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| F | plocha povodí | 0,18 | 0,07 | 0,44 | 0,07 | 0,75 | 0,61 | [km ²] |
| I _s | průměrný sklon svahu | 5,26 | 6,66 | 4,18 | 4,66 | 4,69 | 4,38 | [%] |
| γ | drsnotní charakteristika | 8,55 | 8,55 | 8,15 | 8,26 | 9 | 7,18 | [sec] |
| L _u | délka údolnice | 0,93 | 0,63 | 1,19 | 0,93 | 1,24 | 1,64 | [km] |
| I _u | průměrný sklon údolnice | 4,34 | 5,25 | 3,35 | 4,28 | 3,59 | 2,87 | [%] |
| CN _{typ} | typ odtokové křivky(1,2,3) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | [...] |
| CN | číslo odtokové křivky | 60,9 | 62,4 | 65,3 | 71,1 | 63,2 | 75,6 | [...] |
| N | doba opakování | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | 5,10,20, 50,100 | [roky] |

5.2 Výstupní hodnoty z DesQ

5.2.1 Základní charakteristiky přímého odtoku v závěrových profilech DSO

Tabulka 14 - Soubor tabulek s charakteristikami přímého odtoku pro závěrové profily sběrných ploch P1 - P27

P1

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,408 | 0,696 | 1,040 | 1,490 | 1,870 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 3,43 | 4,48 | 5,46 | 6,52 | 7,31 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 6,43 | 8,22 | 9,56 | 10,60 | 11,50 | [10 ³ .m ³] |

P2

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,334 | 0,560 | 0,844 | 1,220 | 1,540 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 2,38 | 3,07 | 3,73 | 4,42 | 4,90 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 4,66 | 5,96 | 6,94 | 7,72 | 8,40 | [10 ³ .m ³] |

P3

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,245 | 0,410 | 0,624 | 0,911 | 1,160 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 1,68 | 2,18 | 2,69 | 3,25 | 3,65 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 3,30 | 4,23 | 4,98 | 5,64 | 6,21 | [10 ³ .m ³] |

P4

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,179 | 0,303 | 0,462 | 0,659 | 0,846 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 0,57 | 0,75 | 0,93 | 1,11 | 1,26 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 1,39 | 1,79 | 2,15 | 2,53 | 2,85 | [10 ³ .m ³] |

P5

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,200 | 0,332 | 0,492 | 0,655 | 0,794 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 2,74 | 3,50 | 4,17 | 4,82 | 5,30 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 4,53 | 5,75 | 6,56 | 6,99 | 7,39 | [10 ³ .m ³] |

P6

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 1,280 | 2,160 | 3,410 | 5,260 | 6,940 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 8,18 | 10,70 | 13,40 | 16,80 | 19,20 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 16,00 | 20,60 | 24,70 | 29,20 | 32,90 | [10 ³ .m ³] |

P7

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,321 | 0,542 | 0,845 | 1,300 | 1,710 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 1,41 | 1,84 | 2,30 | 2,85 | 3,29 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 3,09 | 3,96 | 4,75 | 5,60 | 6,31 | [10 ³ .m ³] |

P8

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,945 | 1,640 | 2,580 | 4,000 | 5,290 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 8,46 | 11,20 | 14,00 | 17,50 | 20,10 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,Id} | 14,90 | 19,10 | 22,90 | 27,00 | 30,40 | [10 ³ .m ³] |

P9

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,223 | 0,378 | 0,583 | 0,873 | 1,110 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 0,89 | 1,15 | 1,42 | 1,70 | 1,90 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 2,06 | 2,65 | 3,15 | 3,64 | 4,05 | [10 ³ .m ³] |

P10

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,143 | 0,240 | 0,372 | 0,547 | 0,715 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 0,65 | 0,85 | 1,05 | 1,28 | 1,46 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 1,44 | 1,85 | 2,21 | 2,56 | 2,86 | [10 ³ .m ³] |

P11

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,242 | 0,417 | 0,643 | 0,975 | 1,270 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 2,12 | 2,78 | 3,47 | 4,27 | 4,86 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 3,82 | 4,91 | 5,84 | 6,76 | 7,53 | [10 ³ .m ³] |

P12

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,199 | 0,338 | 0,531 | 0,819 | 1,070 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 1,06 | 1,37 | 1,72 | 2,12 | 2,42 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 2,17 | 2,79 | 3,34 | 3,94 | 4,43 | [10 ³ .m ³] |

P13

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,267 | 0,441 | 0,640 | 0,897 | 1,160 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 0,70 | 0,89 | 1,08 | 1,27 | 1,46 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 1,81 | 2,33 | 2,79 | 3,30 | 3,71 | [10 ³ .m ³] |

P14

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,112 | 0,189 | 0,298 | 0,458 | 0,605 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 0,56 | 0,73 | 0,92 | 1,13 | 1,30 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 1,17 | 1,50 | 1,80 | 2,12 | 2,39 | [10 ³ .m ³] |

P15

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,405 | 0,688 | 1,080 | 1,670 | 2,210 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 2,40 | 3,12 | 4,02 | 4,90 | 5,63 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 4,80 | 6,15 | 7,40 | 8,75 | 9,87 | [10 ³ .m ³] |

P16

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,225 | 0,376 | 0,574 | 0,848 | 1,090 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 3,21 | 4,12 | 4,91 | 5,63 | 6,15 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 6,11 | 7,79 | 9,08 | 10,10 | 11,10 | [10 ³ .m ³] |

P17

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,329 | 0,552 | 0,841 | 1,220 | 1,540 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 4,68 | 5,92 | 7,25 | 8,75 | 9,85 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 7,58 | 9,68 | 11,20 | 12,40 | 13,50 | [10 ³ .m ³] |

P18

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,248 | 0,420 | 0,658 | 0,976 | 1,250 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 0,97 | 1,27 | 1,58 | 1,93 | 2,18 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,ld} | 2,18 | 2,80 | 3,37 | 3,98 | 4,49 | [10 ³ .m ³] |

P19

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,275 | 0,467 | 0,735 | 1,140 | 1,510 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 1,55 | 2,02 | 2,53 | 3,15 | 3,62 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,1d} | 3,09 | 3,96 | 4,77 | 5,65 | 6,37 | [10 ³ .m ³] |

P20

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,683 | 1,170 | 1,840 | 2,840 | 3,740 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 5,23 | 6,85 | 8,60 | 10,70 | 12,30 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,1d} | 9,60 | 12,30 | 14,80 | 17,40 | 19,60 | [10 ³ .m ³] |

P21

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,115 | 0,195 | 0,304 | 0,455 | 0,594 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 0,87 | 1,13 | 1,42 | 1,76 | 2,02 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,1d} | 1,61 | 2,07 | 2,47 | 2,88 | 3,22 | [10 ³ .m ³] |

P22

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,126 | 0,205 | 0,286 | 0,361 | 0,419 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 1,08 | 1,47 | 1,76 | 1,95 | 2,08 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,1d} | 2,19 | 2,76 | 3,06 | 3,10 | 3,16 | [10 ³ .m ³] |

P23

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,075 | 0,121 | 0,167 | 0,212 | 0,250 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 381 | 485 | 568 | 639 | 696 | [m ³] |
| W _{PVT,1d} | 863,00 | 1,09 | 1,23 | 1,27 | 1,31 | [10 ³ .m ³] |

P24

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,254 | 0,424 | 0,624 | 0,866 | 1,060 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 3,31 | 4,27 | 5,18 | 6,10 | 6,74 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,1d} | 5,99 | 7,61 | 8,69 | 9,29 | 9,84 | [10 ³ .m ³] |

P25

| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,129 | 0,215 | 0,322 | 0,462 | 0,570 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 461 | 592 | 721 | 855 | 941 | [m ³] |
| W _{PVT,1d} | 1,13 | 1,45 | 1,71 | 1,94 | 2,13 | [10 ³ .m ³] |

P26

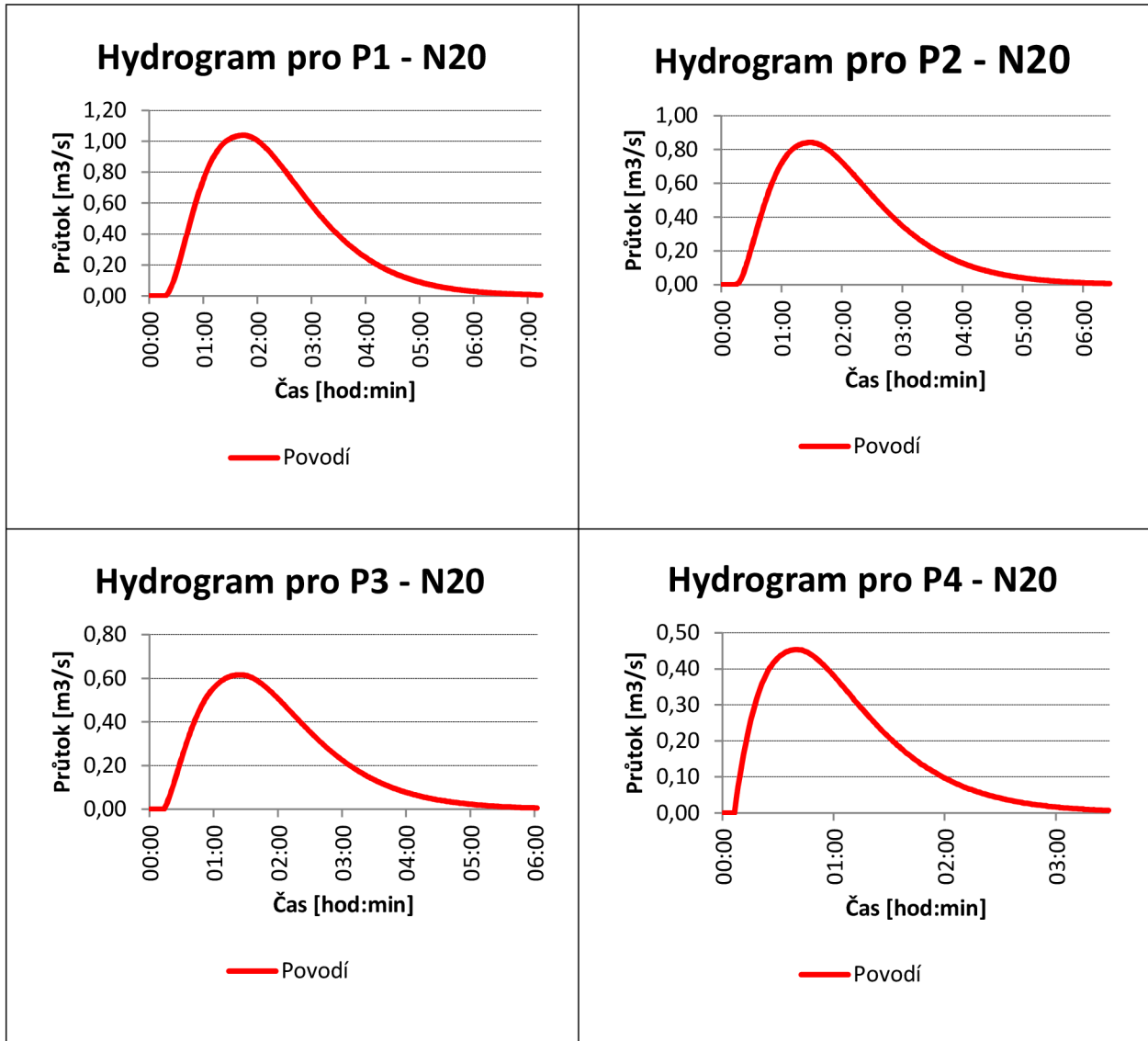
| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,266 | 0,434 | 0,615 | 0,802 | 0,950 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 5,94 | 7,57 | 9,05 | 10,40 | 11,30 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,1d} | 9,75 | 12,30 | 14,00 | 14,70 | 15,30 | [10 ³ .m ³] |

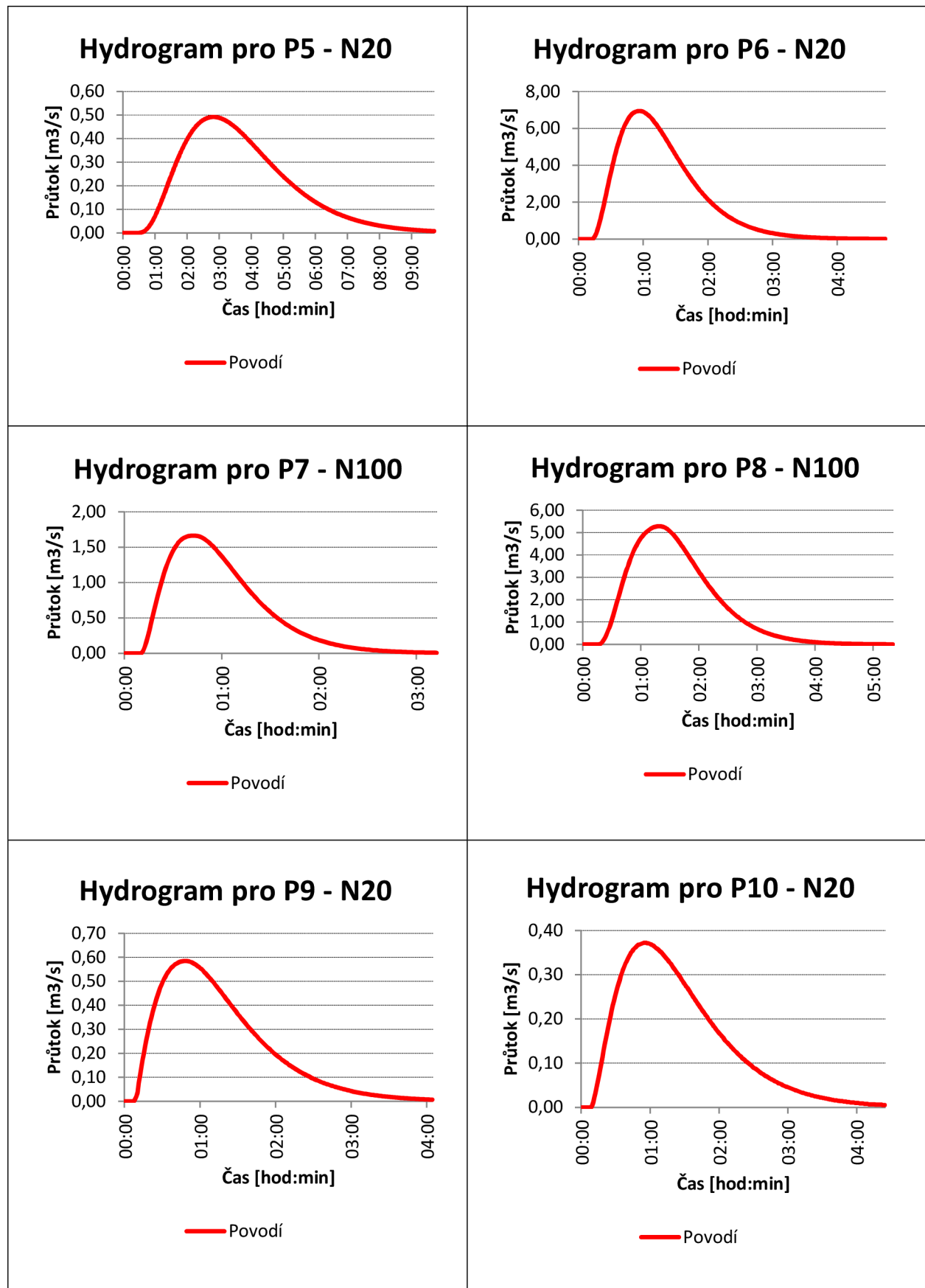
P27

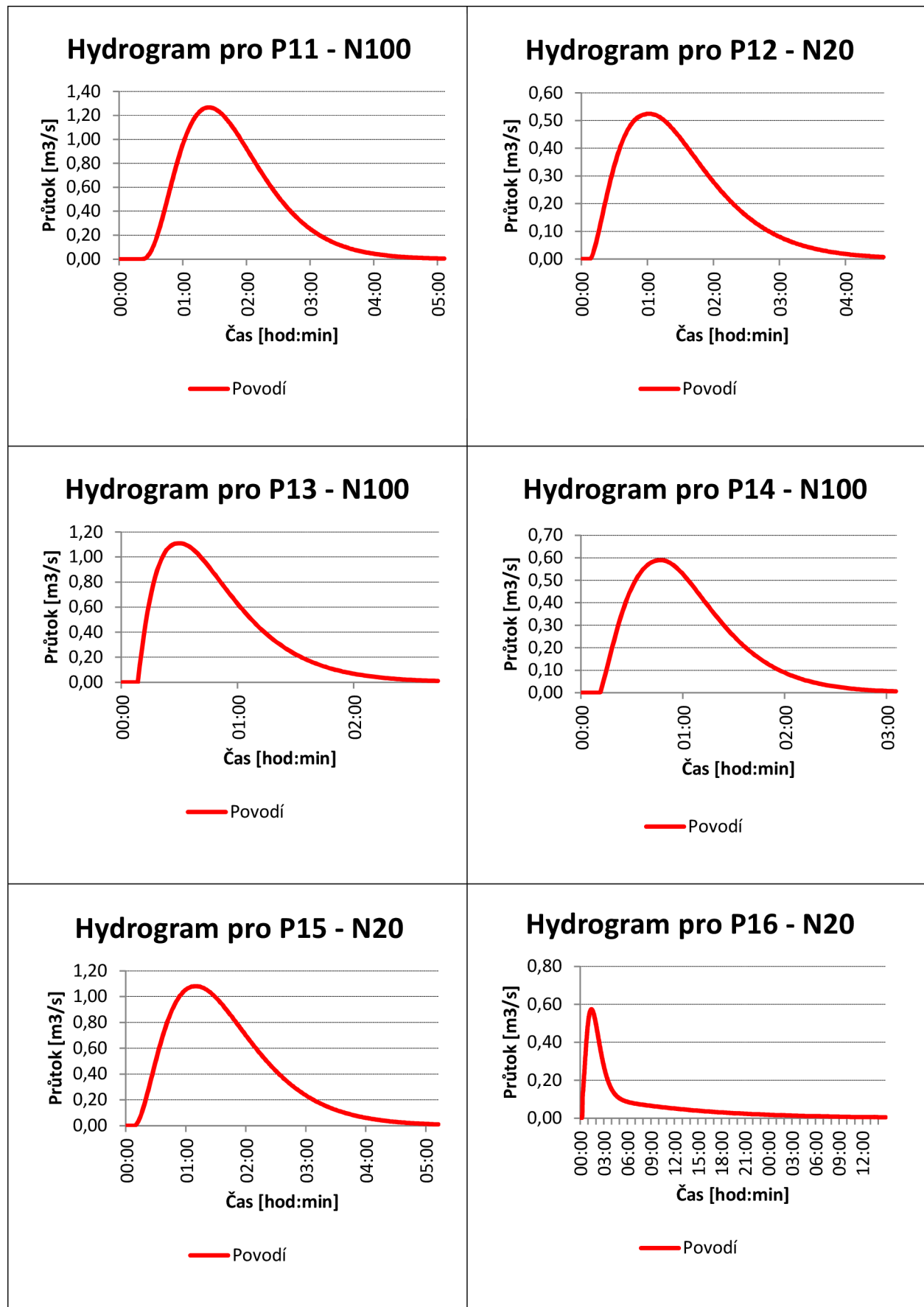
| N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln | | | | | | Jednotka |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|
| N | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | [roky] |
| Q _N | 0,815 | 1,370 | 2,110 | 3,140 | 4,060 | [m ³ .s ⁻¹] |
| W _{PVT} | 6,23 | 8,07 | 9,96 | 12,10 | 13,70 | [10 ³ .m ³] |
| W _{PVT,1d} | 12,20 | 15,60 | 18,60 | 21,60 | 24,10 | [10 ³ .m ³] |

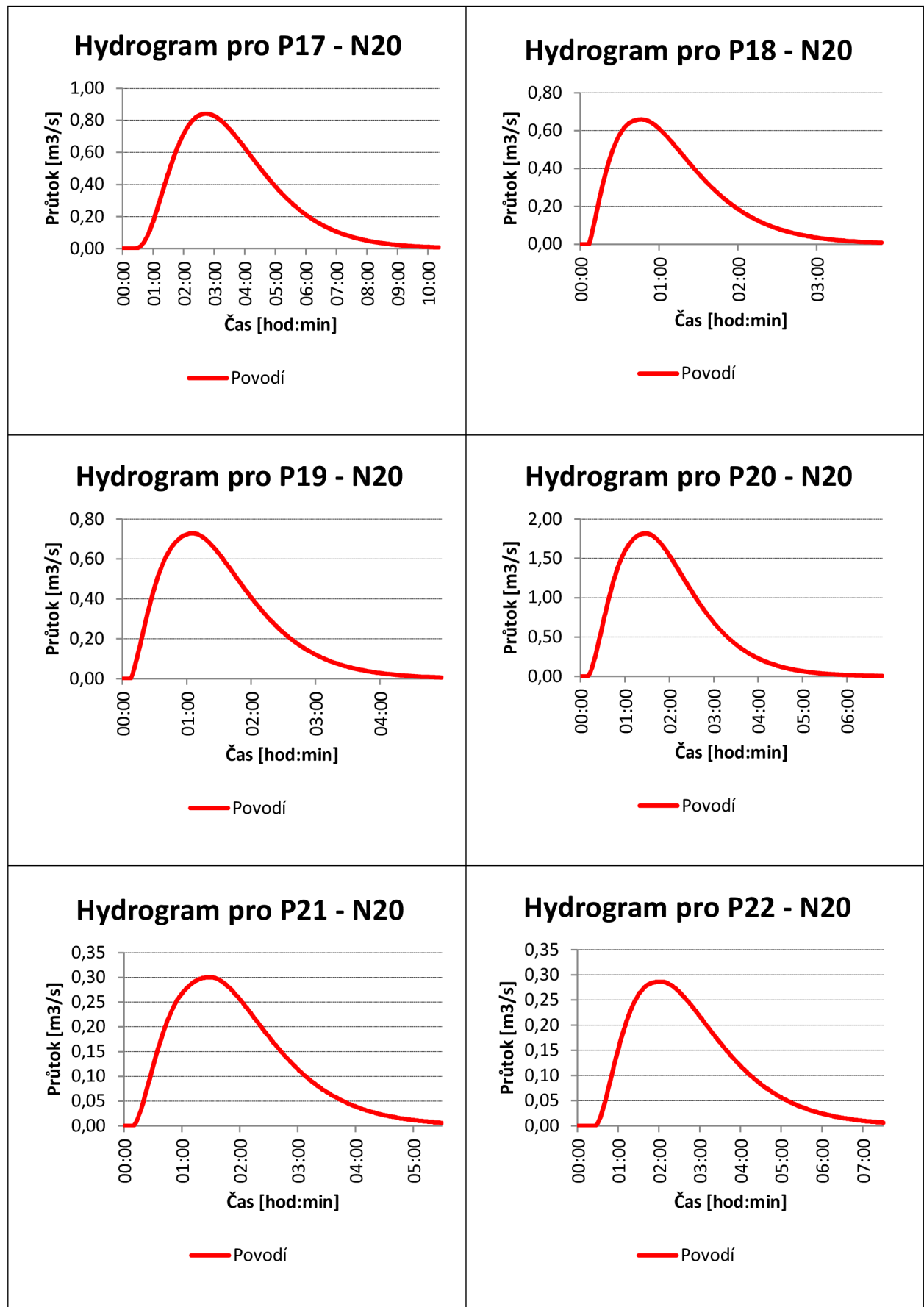
5.2.2 Grafické výstupy - hydrogramy

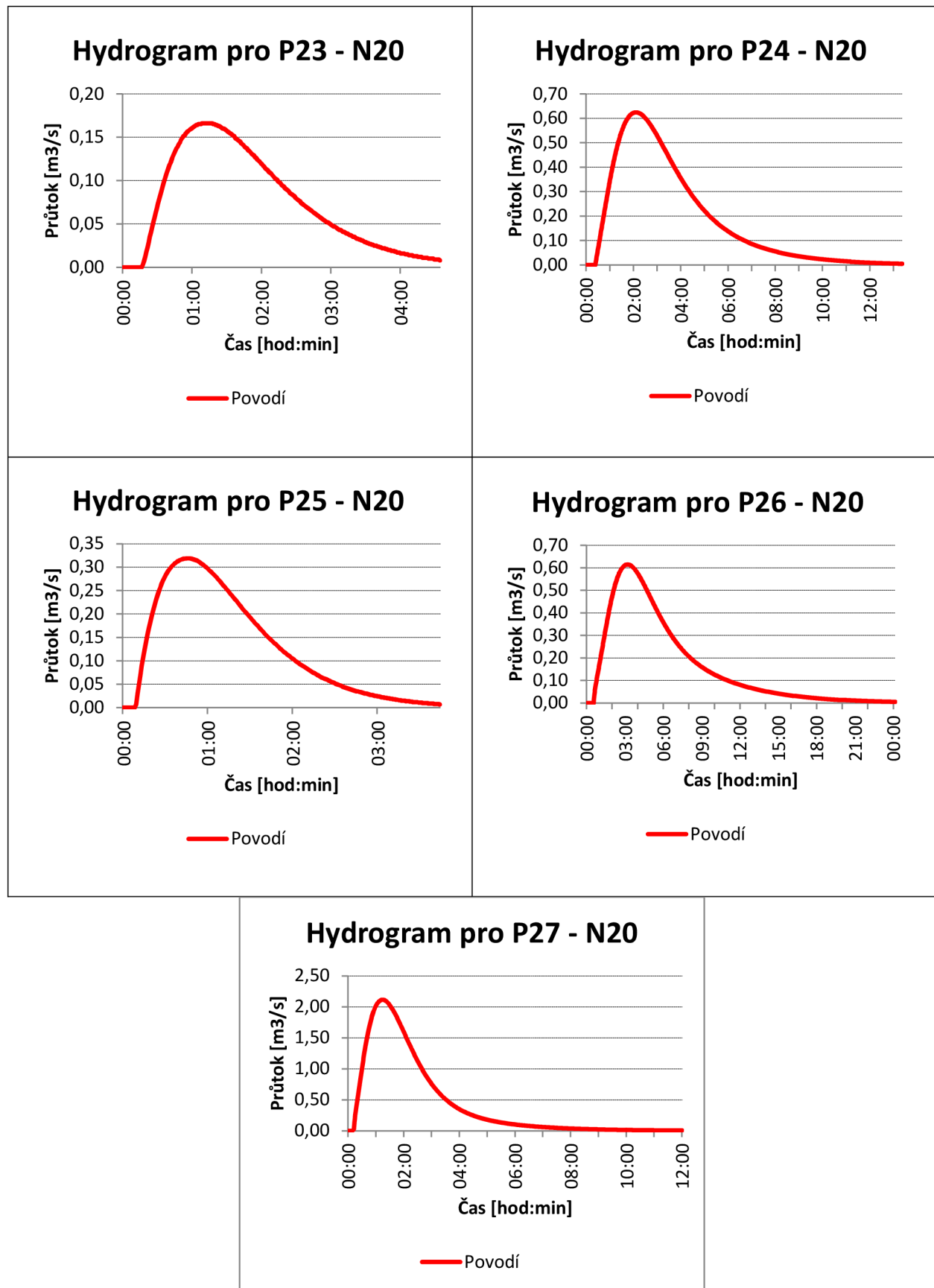
Soustředěný povrchový odtok z DSO, který ústí do intravilánu, může zapříčinit škody na majetku a ohrožení na životech. Proto jsou tyto DSO posuzovány z hlediska maximálního kulminačního průtoku pro $N = 100$. Konkrétně se jedná o závěrové profily sběrných ploch P7, P8, P11, P13 a P14. Zbylé dráhy jsou posuzovány na $N = 20$.











Obrázek 16 - Soubor grafů s hydrogramy pro P1 - P27

6 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ STABILIZACE DRAH SOUSTŘEDĚNÉHO POVRCHOVÉHO ODTOKU

6.1 Eroze vznikající v DSO

Dráhy soustředěného povrchového odtoku jsou ohroženy především lineární erozí. Na rozdíl od plošné eroze nehraje hlavní roli vliv dopadu dešťových kapek na půdu. Rozrušování půdy je způsobováno především soustředěným povrchovým odtokem, který je vyvolán intenzivním srážkovým úhrnem [12].

Lineární erozi lze rozdělit na různé podtypy. Laflen a kol. (1985) dělí lineární erozi na [13]:

- rýhovou erozi,
- erozi v hlubokých efemérních rýhách,
- stržovou erozi.

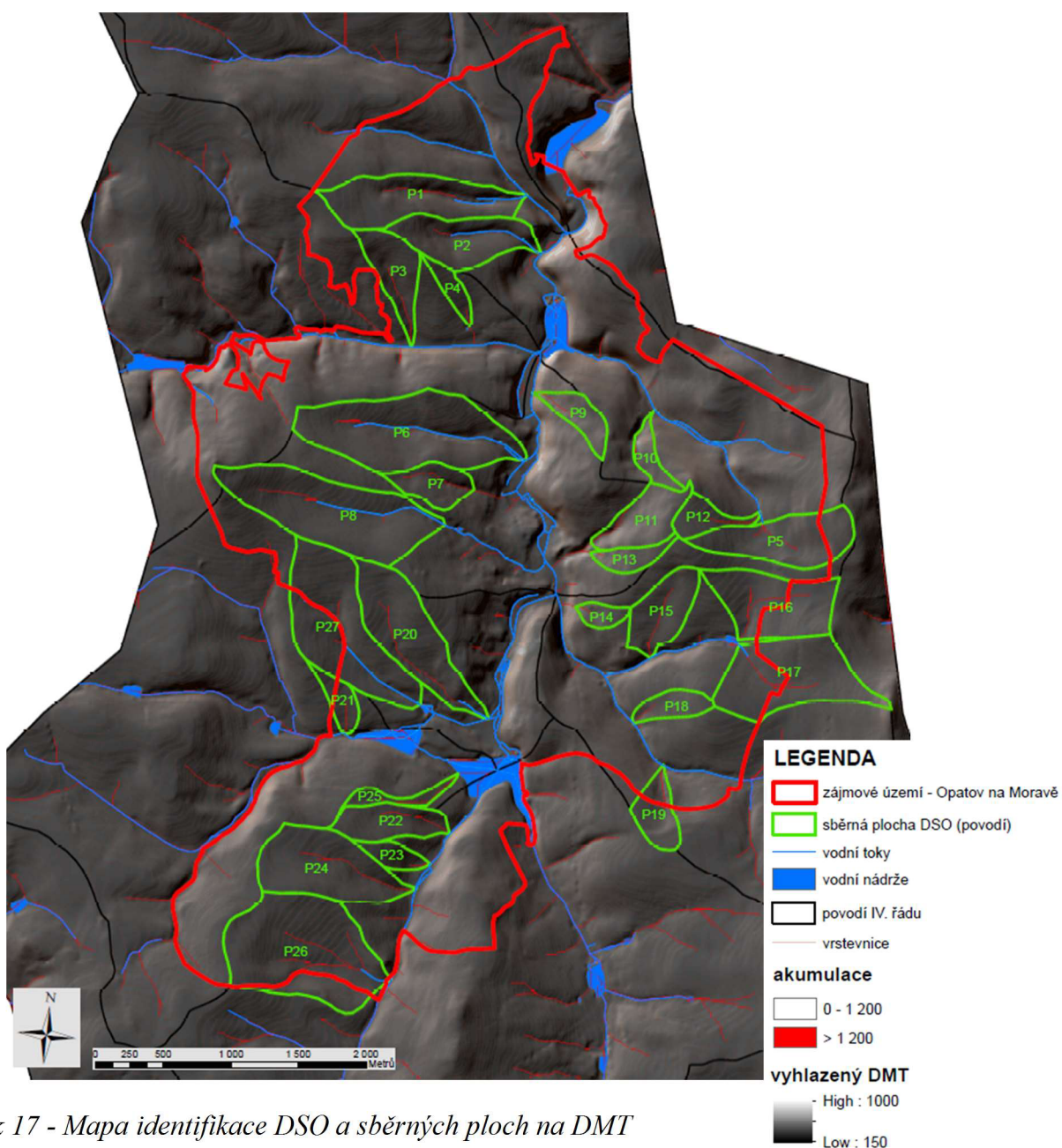
S rýhovou erozí se setkáme spíše na svazích v místech, kde přechází plošný povrchový odtok v koncentrovaný. Její erozní projevy jsou mnohem menší než u efemérních a stržových rýh. Tvoří mnoho malých rýh, které ústí do DSO. Rozrušení a transport zeminy způsobuje dopad dešťových kapek a voda tekoucí po povrchu [13].

Eroze v hlubokých efemérních rýhách se zpravidla nachází v údolnicích s mírnými sklony svahů okolních pozemků. Hloubka příčného profilu je vzhledem k šířce profilu malá [13]. Efemérní rýhy jsou charakteristické tím, že jejich průřezová plocha je větší než 1 čtvereční stopa ($0,093 \text{ m}^2$) [19]. Termín „efemérní“ znamená dočasný, to značí, že hlubkové efemérní rýhy zahlazené pomocí agrotechnologií se během dalšího vegetačního období objeví na stejných místech [13]. Půda, která je nejvíce ohrožena vznikem efemérních rýh, je buď půda čerstvě zoraná, nebo naopak půda s vytvořenou půdní krustou na povrchu [20]. Eroze probíhá v úzkých pásech, většinou do hloubky orby [13]. V minulosti se mělo za to, že efemérní rýhy vznikají postupným rozšiřováním se erozních rýh. Ovšem výzkumy prováděné na jihovýchodě USA ukázaly, že dynamika tvorby efemérních rýh je ovlivněna různými faktory. Mezi tyto faktory patří například morfologie terénu, vlastnosti srážek, vlastnosti půdy a vlastnosti půdního pokryvu (vegetace). Formace efemérních rýh nastává od okamžiku, kdy tažné síly vyvolané povrchově odtékající vodou překročí odolnost dané půdy vůči rozrušení. Jakmile je jednou efemérní rýha formována, tažné síly už v dalším vývoji rýhy nehrají tak významnou roli. Hlavním mechanismem se stává rozvoj nerovností ve dně efemérní rýhy. Vznikají jakési skoky či sníženiny viditelné v podélném řezu rozvíjející se rýhy, které jsou po překročení resistance dané zeminy zborceny a materiál je oderodován [20].

Stržová eroze se objevuje zpravidla v dobře identifikovatelných údolnicích. K jejímu vzniku dochází vlivem intenzivní výmolové činnosti soustředěného povrchového odtoku, kdy se soustředěná srážková voda postupně zařezává do svahů strží a způsobuje jejich zvětšování [3]. Příčný profil dosahuje zpravidla větších rozměrů než rýhy a není zde výrazný rozdíl mezi hloubkou a šířkou profilu. Břehy bývají strmé a na dnech strží dochází k náhlým změnám hloubek. Půda může erodovat až na skalní podloží [13].

6.2 Identifikace DSO

Dráhy soustředěného povrchového odtoku se tvoří v důsledku morfolocké rozmanitosti krajiny zejména v údolnicích, úžlabinách či na příčně zvlněných pozemcích. Jsou to místa, kde plošný povrchový odtok přechází v odtok soustředěný. Identifikaci drah lze provést pomocí programu ArcGIS s využitím nástroje Flow accumulation. Na pozemcích orné půdy se vymodeluje výskyt DSO s velikostí přispívajících ploch nad 3 ha (Obr. 17). Získaná data je třeba upřesnit terénním průzkumem. Průzkum by se měl provádět nejlépe po výskytu přívalové srážky nebo po náhlém jarním tání ledu.



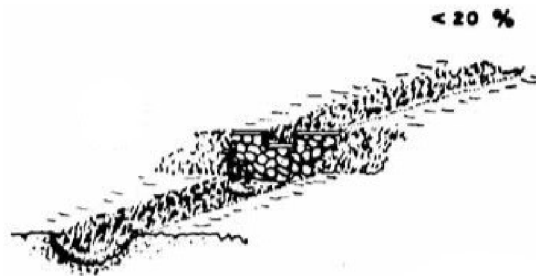
Obrázek 17 - Mapa identifikace DSO a sběrných ploch na DMT

6.3 Stabilizace DSO

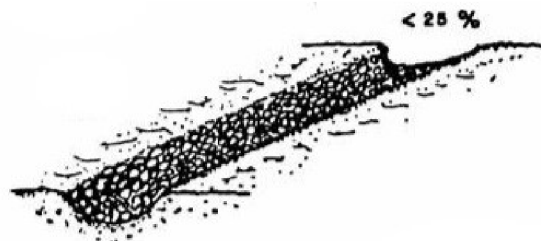
Jelikož drahami soustředěného povrchového odtoku protéká v průběhu přívalových srážek či jarního tání značné množství vody, je třeba dráhy stabilizovat a zajistit tak bezpečné převedení povrchového odtoku bez projevů rýhové eroze a zamezit odnosu zeminy. Nejčastějším opatřením používaným pro stabilizaci drah je vegetační kryt, tedy zatravnění (Obr. 18) [1]. Předpokládaná životnost tohoto opatření je 10 let. Okraje zatravnění lze doplnit o výsadbu křovin nebo dřevin, které budou plnit ochrannou funkci před přioráváním při obdělávání sousedních pozemků. Dalším možným způsobem stabilizace je zatravnění v kombinaci s přehrázkami (Obr. 19). Přehrážky jsou příčné prvky v DSO, které zvětšují retenční objem a zároveň zachytávají splaveniny a snižují podélný sklon. Do podélného sklonu 25 % lze použít také stabilizaci kamenným záhozem (Obr. 20). Mezi razantnější zásahy do krajiny patří stabilizace melioračními tvárniciemi (Obr. 21). Tvárnice mohou rušit přirozený vzhled krajiny. Navrhují se v kombinaci se zatravněním, protože nezaujímají celou šířku údolnice. Tvárnice V – profilu lze použít i při sklonu větším jak 36 % [11].



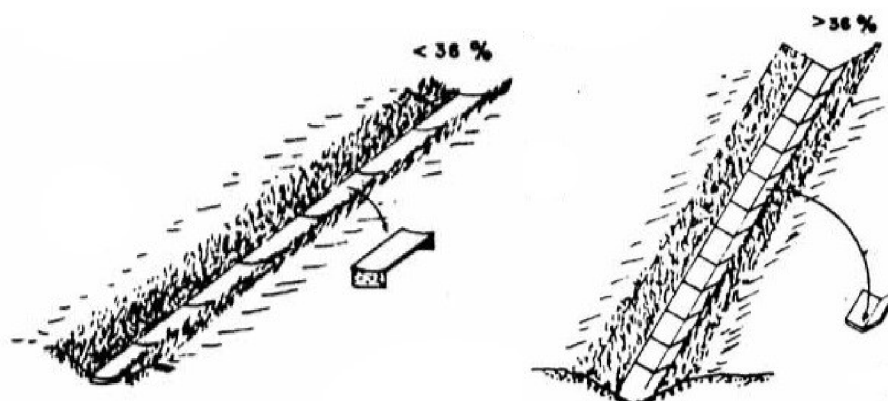
Obrázek 18 - Zatravněná DSO [11]



Obrázek 19 - Zatravněná DSO s přehrázkami [11]



Obrázek 20 - Stabilizace DSO kamenným záhozem [11]



Obrázek 21 - Stabilizace DSO melioračními tvárniciemi U – profilu nebo V – profilu [11]

Ve většině případech mají přirozené dráhy soustředěného povrchového odtoku vyhovující kapacitu a je třeba navrhnout pouze rozsah jejich zatravnění. V případech, kdy je přirozený příčný profil nedostatečný, se navrhuje jeho úprava. Dbát se musí především na funkčnost navrženého profilu [1].

Pro stanovení šířky zatravnění údolnice B [m] je třeba znát [1]:

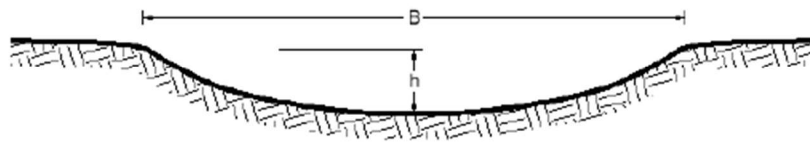
- střední profilová rychlost vody v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- návrhový kulminační průtok Q_m [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
- podélný sklon údolnice I [%]
- hloubka vody ve středu údolnice h_m [m]

Nejvhodnějším tvarem příčného profilu je parabola s malou hloubkou (Obr. 22), tento tvar nejlépe odpovídá přirozeně vytvořeným vodním cestám. Alternativním tvarem příčného profilu stabilizované dráhy soustředěného odtoku je lichoběžník (Obr. 24) nebo trojúhelník [1]. Ovšem v případě lichoběžníkového profilu můžeme při nižších rychlostech proudění vody očekávat usazování sedimentů na dně a naopak při větších rychlostech může docházet k vývoji turbulence a meandrování. Ani trojúhelníkový profil není zcela ideální. Přestože může redukovat sedimentaci, při větší průtočné rychlosti je dno údolnice náchylné k poškození. Oba profily, lichoběžníkový i trojúhelníkový, mají přirozenou tendenci stát se vlivem sedimentace a eroze parabolickými [2].

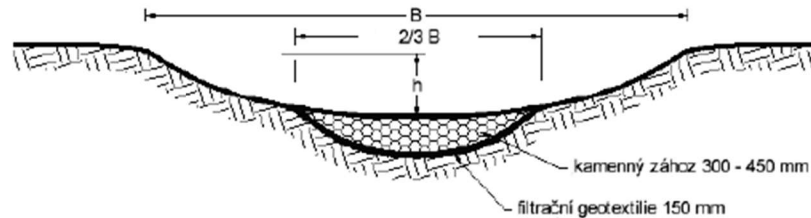
Parametry příčného profilu [1]:

- S ...průtočná plocha parabolického profilu zatravněné údolnice
- B ...šířka profilu zatravněné údolnice při hloubce h
- b ...šířka profilu zatravněné údolnice ve dně při hloubce $h = 0$
- h ...hloubka profilu zatravněné údolnice
- s ...sklon svahu zatravněné údolnice

$$S = 2/3 \cdot B \cdot h, \quad B = 1,5 \cdot S/h$$

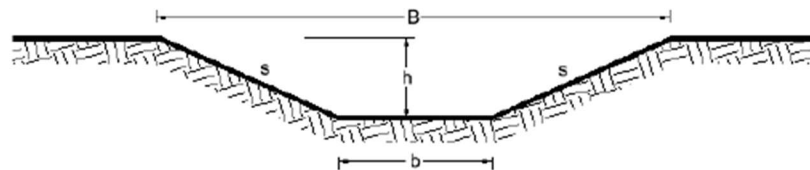


Obrázek 22 - Parabolický profil zatravněné údolnice [1]



Obrázek 23 - Parabolický profil zatravněné údolnice se zpevněným dnem kamenným záhozem [1]

$$S = b \cdot h + s \cdot h^2, \quad B = b + 2 \cdot h \cdot s$$



Obrázek 24 - Lichoběžníkový profil zatravněné údolnice [1]

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku vegetačním krytem má za následek snížení rychlosti proudění vody v údolnici, zejména dochází ke snížení kinetické energie. Svým kořenovým systémem travní směs zpevňuje půdu a zároveň snižuje vymílací a transportní schopnosti [1]. Největší protierozní funkci zastávají výběžkaté trávy tvořící pevný drn, mezi které patří například lipnice luční nebo kostřava červená. Jelikož se tyto trávy vyznačují pomalým počátečním vývojem, jsou doplňovány druhy s rychlejším růstem, to je např. jílek vytrvalý [2]. Příklady travních směsí, které lze k zatravnění údolnic použít, jsou uvedeny v následujících tabulkách [1]:

Tabulka 15 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště s dostatkem vláhy, dobře zásobené živinami [1]

| Druh | % | Kg osiva na 100 m ² |
|----------------------------|----|--------------------------------|
| Lipnice luční | 40 | 0,40 |
| Kostřava červená výběžkatá | 25 | 0,40 |
| Kostřava červená trsnatá | 15 | 0,23 – 0,30 |
| Jílek vytrvalý | 20 | 0,30 |

Tabulka 16 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště sušší s nižší zásobou živin [1]

| Druh | % | Kg osiva na 100 m ² |
|----------------------------|----|--------------------------------|
| Kostřava luční | 20 | 0,24 – 0,40 |
| Kostřava červená výběžkatá | 35 | 0,53 |
| Kostřava červená trsnatá | 15 | 0,23 – 0,30 |
| Jílek vytrvalý | 15 | 0,23 |
| Lipnice luční | 15 | 0,15 |

Tabulka 17 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště ve vyšších polohách s drsnějšími klimatickými podmínkami [1]

| Druh | % | Kg osiva na 100 m ² |
|----------------------------|----|--------------------------------|
| Kostřava červená výběžkatá | 40 | 0,60 |
| Kostřava červená trsnatá | 35 | 0,53 – 0,70 |
| Jílek vytrvalý | 10 | 0,15 |
| Lipnice luční | 15 | 0,15 |

Tabulka 18 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště ve vysokých polohách s drsnějšími klimatickými podmínkami [1]

| Druh | % | Kg osiva na 100 m ² |
|----------------------------|----|--------------------------------|
| Kostřava červená výběžkatá | 30 | 0,45 |
| Kostřava červená trsnatá | 30 | 0,45 – 0,60 |
| Jílek vytrvalý | 10 | 0,15 |
| Lipnice luční | 10 | 0,10 |
| Psineček tenký | 20 | 0,12 |

6.3.1 Základní charakteristiky průtočných profilů DSO v zájmovém území a návrh způsobu jejich stabilizace

Průtočné profily DSO (kromě DSO v P10 a P11) byly navrženy do tvaru paraboly, který je přírodě nejpřirozenější. DSO v P10 a P11 jsou navrženy jako příkopy trojúhelníkového tvaru se sklonem vnitřního svahu (od koruny cesty) 1 : 3 a sklonem protilehlého svahu 1 : 1,25. Dimenzování profilů bylo provedeno v softwaru Dimenzov. Autorem toho programu je prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc. a programátorem je Ing. Pavel Menšík, Ph.D. Software slouží k provedení výpočtu základních parametrů průtočného profilu liniových záchytných a svodných prvků přírodě blízkých protierozních a protipovodňových opatření. Návrh profilů byl stanoven pro hodnoty kulminačního průtoku $N = 20$, které byly vypočteny v hydrologickém modelu DesQ.

Nejjednodušší způsobem stabilizace je zatravnění. Limitní hodnota střední profilové rychlosti pro návrh stabilizace zatravněním je $v = 1,8 \text{ m.s}^{-1}$, zároveň sklon svahů nesmí přesahovat 20 % [11]. Při překročení této hodnoty se přistoupí k radikálnější technické stabilizaci, např. záhozovým kamenem nebo přehrázkami.

Legenda charakteristik:

| | |
|-------|-------------------------------|
| Q_N | ...N-letý maximální průtok |
| n | ...drsnost |
| i | ...spád dna |
| d | ...hloubka profilu |
| S | ...plocha průtočného profilu |
| O | ...omocžený obvod |
| R | ...hydraulický poloměr |
| Q_k | ...kapacitní průtok |
| t | ...šířka koryta v hladině |
| v | ...střední profilová rychlost |

Tabulka 19 - Základní charakteristiky průtočných profilů DSO P1 - P9

| Charakteristiky | DSO | | | | | | | | | Jednotka |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | |
| Q_N | 1,040 | 0,844 | 0,624 | 0,462 | 0,492 | 3,410 | 0,845 | 2,580 | 0,583 | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ |
| n | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | [-] |
| i | 0,046 | 0,051 | 0,056 | 0,052 | 0,052 | 0,043 | 0,054 | 0,041 | 0,099 | [-] |
| d | 0,220 | 0,210 | 0,200 | 0,180 | 0,180 | 0,280 | 0,200 | 0,280 | 0,130 | [m] |
| S | 0,770 | 0,570 | 0,440 | 0,370 | 0,400 | 1,800 | 0,580 | 1,550 | 0,420 | $[\text{m}^2]$ |
| O | 5,270 | 4,130 | 3,300 | 3,130 | 3,350 | 9,680 | 4,410 | 8,310 | 4,850 | [m] |
| R | 0,150 | 0,140 | 0,130 | 0,120 | 0,120 | 0,190 | 0,130 | 0,190 | 0,090 | [m] |
| Q_k | 1,130 | 0,860 | 0,650 | 0,500 | 0,530 | 3,470 | 0,860 | 2,590 | 0,600 | $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ |
| t | 5,240 | 4,100 | 3,270 | 3,100 | 3,320 | 9,660 | 4,380 | 8,280 | 4,840 | [m] |
| v | 1,468 | 1,509 | 1,477 | 1,351 | 1,325 | 1,928 | 1,483 | 1,671 | 1,429 | $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ |
| Způsob stabilizace | čas- tečné zatrav- nění | čas- tečné zatrav- nění | čas- tečné zatrav- nění | zatrav- nění | les | tech- nické zpev- nění | zatrav- nění | zatrav- nění | zatrav- nění | |

Tabulka 20 - Základní charakteristiky průtočných profilů DSO P10 - P18

| Charakteristiky | DSO | | | | | | | | | Jednotka |
|--------------------|------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------|
| | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | |
| Q _N | 0,372 | 0,643 | 0,531 | 0,640 | 0,298 | 1,080 | 0,574 | 0,841 | 0,658 | [m ³ .s ⁻¹] |
| n | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | [-] |
| i | 0,068 | 0,053 | 0,038 | 0,075 | 0,080 | 0,055 | 0,022 | 0,026 | 0,056 | [-] |
| d | 0,320 | 0,420 | 0,190 | 0,160 | 0,140 | 0,200 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | [m] |
| S | 0,220 | 0,380 | 0,490 | 0,480 | 0,230 | 0,750 | 0,700 | 0,880 | 0,490 | [m ²] |
| O | 1,530 | 2,010 | 3,920 | 4,490 | 2,530 | 5,680 | 5,530 | 6,990 | 3,880 | [m] |
| R | 0,140 | 0,190 | 0,130 | 0,110 | 0,090 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | [m] |
| Q _k | 0,390 | 0,730 | 0,590 | 0,700 | 0,320 | 1,130 | 0,630 | 0,870 | 0,710 | [m ³ .s ⁻¹] |
| t | 1,370 | 1,800 | 3,900 | 4,470 | 2,510 | 5,660 | 5,510 | 6,970 | 3,860 | [m] |
| v | 1,773 | 1,921 | 1,204 | 1,458 | 1,391 | 1,507 | 0,900 | 0,989 | 1,449 | [m.s ⁻¹] |
| Způsob stabilizace | zatravnění | meliorační tvárnice | zatravnění | zatravnění | zatravnění | zatravnění | čas- tečné zatravnění | organi- zace pastvy | zatravnění | |

Tabulka 21 - Základní charakteristiky průtočných profilů DSO P19 - P27

| Charakteristiky | DSO | | | | | | | | | Jednotka |
|--------------------|------------|-----------------------------|------------|-------|-------|---------------------------|------------|-------|-------|------------------------------------|
| | P19 | P20 | P21 | P22 | P23 | P24 | P25 | P26 | P27 | |
| Q _N | 0,735 | 1,840 | 0,304 | 0,286 | 0,167 | 0,624 | 0,322 | 0,615 | 2,110 | [m ³ .s ⁻¹] |
| n | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | 0,033 | [-] |
| i | 0,061 | 0,032 | 0,041 | 0,043 | 0,053 | 0,034 | 0,043 | 0,036 | 0,029 | [-] |
| d | 0,170 | 0,280 | 0,160 | 0,160 | 0,120 | 0,200 | 0,150 | 0,200 | 0,300 | [m] |
| S | 0,600 | 1,330 | 0,300 | 0,290 | 0,200 | 0,530 | 0,340 | 0,530 | 1,470 | [m ²] |
| O | 5,280 | 7,140 | 2,850 | 2,710 | 2,550 | 4,030 | 3,370 | 4,030 | 7,380 | [m] |
| R | 0,110 | 0,190 | 0,110 | 0,110 | 0,080 | 0,130 | 0,100 | 0,130 | 0,200 | [m] |
| Q _k | 0,830 | 1,960 | 0,330 | 0,320 | 0,200 | 0,630 | 0,350 | 0,640 | 2,180 | [m ³ .s ⁻¹] |
| t | 5,270 | 7,110 | 2,830 | 2,680 | 2,530 | 4,000 | 3,350 | 4,000 | 7,350 | [m] |
| v | 1,383 | 1,474 | 1,100 | 1,103 | 1,000 | 1,189 | 1,029 | 1,208 | 1,483 | [m.s ⁻¹] |
| Způsob stabilizace | zatravnění | čas- tečné zatravnění | zatravnění | les | les | organi- zace pastvy | zatravnění | les | louka | |

Grafy konzumpčních křivek ($Q = f(d)$) a rychlostí proudící vody ($v = f(d)$) pro jednotlivé profily jsou přiloženy v příloze B.1.

Zhodnocení výsledků

V rámci této bakalářské práce nebyla řešena stabilizace v lesních pozemcích. Předpokladem bylo, že efemérní rýhy v lesích nehrozí, nedojde-li ke špatným těžebním postupům či nesprávné dopravě. Konkrétně se jedná o DSO v P5, P22, P23 a P26.

Také DSO, které se nacházejí na pastvinách (P17, P24), nebudou upravovány stabilizací, jelikož současný travní porost je dostačující ochranou před erozí. Snížení ochrany by mohla

způsobit pastva nadměrného množství dobytka vzhledem k ploše území. Za tímto účelem je vhodné vyšetření organizace pastvy na daném pozemku, to ovšem není předmětem této práce.

DSO v P6, P8 a P27 se nacházejí na loukách. V P27 zvláštní stabilizace není nutná. U P6 je však překročena limitní rychlost a tudíž je nutné navržení technické stabilizace, např. v podobě přehrážek. DSO v P8 je jedním z hlavních zdrojů ohrožení při povodních, proto i zde dojde ke stabilizace v podobě obnovení stávajícího profilu a stávajícího travního porostu.

V povodí P10 a P11 se voda soustřeďovala do příkopů kolem polní cesty. Byly navrženy nové průtočné profily příkopů za účelem zkapacitnění a zajištění převedení kulminačního průtoku. Příkop v P11 překračuje limitní rychlost, z toho důvodu bude stabilizován melioračními tvárnici.

Zbylé DSO leží celé nebo z převážné části na orné půdě, části ležící na kultuře orné půdy budou všechny stabilizovány zatravněním. Aby stabilizované dráhy plnily nejen funkci protierozní, ale i ekosystémovou a sedimentační, šířka celkového zatravnění bude od šířky průtočných profilů navýšena o 5 – 8 m.

6.4 Realizace a údržba zatravněných DSO

Před osetím bývá příčný profil DSO dle potřeby upraven. Stavební stroje zpravidla odstraní ornici, čímž naruší přirozenou půdní strukturu a biologickou aktivitu půdy. Dojde ke snížení dostatku živin v půdě. Vzniklý nepříznivý stav lze kompenzovat předseťovou přípravou půdy. Předseťová příprava spočívá ve fyzikální úpravě vlastností vrchní vrstvy půdy tak, aby byly zajištěny příznivé podmínky pro výsev, klíčení, vzcházení a růst vegetačního pokryvu. Úprava vrstvy by měla být taková, aby umožňovala vysetí obilek do hloubky 15 mm, tím se zvýší procento vzešlých trav. V případě pouze volného rozhození osiva na povrch půdy se vzcházení trav snižuje o 30 – 50 % podle druhu [2].

Dalším možným způsobem ochrany DSO je použití geotextilních tkanin. Tento způsob je náročnější na realizaci. Musí být zabezpečený styk tkaniny s půdou po celé ploše, což vyžaduje ideální urovnání povrchu [2].

Nejvhodnější doba výsevu je koncem září, kdy je travní osev méně ohrožen příchodem přivalové srážky a povrchovým odtokem. V případě, že je teplý podzim, lze oset travní porost i v říjnu. Naopak naprosto nevhodné je zakládání travního porostu v období od května do září [2].

Travní porost začíná plnit protierozní funkci v okamžiku vytvoření kompaktní kořenové soustavy. Zpravidla přibližně 2 – 3 měsíce po výsevu je účinnost poměrně dobrá, ale záleží především na použitých druzích trav. Růst trav je mimo jiné závislý na dostatku živin a vláh. V období mezi osetím a dostatečným plněním protierozní funkce je zasetá plocha nejnáchylnější k poškození dešťovou vodou. V tuto dobu může docházet ke vzniku erozních rýh, které je třeba co nejrychleji opravit [2].

Realizace zatravnění při stabilizaci DSO se doporučuje provádět postupně dle jednotlivých kroků. Nejprve se 2/3 navržené šířky zatravnění osejí podél vnějších stran v podélném směru. Poté se zbývající třetina šířky oseje napříč. Zvláštní pozornost se musí věnovat také tomu, aby bylo zajištěno hladké napojení DSO na navazující pozemky. Podél zatravněné údolnice nesmí vzniknout brázdy či vyjeté koleje [12].

Aby zatravněná stabilizovaná dráha soustředěného povrchového odtoku plnila funkci

protierozní ochrany, je nutné vykonávat pravidelnou údržbu. Mezi údržbu patří [2]:

- Pravidelné sečení dva až třikrát ročně tak, aby výška porostu v době po sečení byla 8 – 10 cm
- Pravidelné kosení za účelem zajištění bohatého, pevného, odolného a stabilního porostu
- Přihnojování porostu (zejména po zasetí travního porostu)
- Odstranění akumulovaného sedimentu
- Bezprostřední odstranění škod vzniklých při provádění agrotechnických operací, zejména se odstraní paralelní rýhy

Dojde-li ke vzniku erozních rýh, rýhy se vyplní zeminou, utuží se a osejí. Oprava může být uskutečněna také pomocí geotextilie, která se uloží na vyrovnané poškozené místo. Horní část textilie se přehodí zeminou, aby bylo zabráněno stékání vody po textilií. Textilie pak chrání půdu do doby vzejití porostu [2].

7 ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala stabilizací drah soustředěného povrchového odtoku. Způsob identifikace a stabilizace jsem teoreticky popsala a v zájmovém území Opatově na Moravě vybrala 27 DSO. Vymezila jsem jejich sběrnou plochu a pomocí hydrologického modelu DesQ vypočetla jednotlivé povrchové odtoky. Povrchové odtoky mi dále sloužily, jako vstupní hodnoty pro dimenzování průtočných profilů. U většiny DSO byly navrženy parabolické průtočné profily, výjimku tvořily DSO v P10 a P11, které jsem navrhla jako trojúhelníkové příkopy. Posoudila jsem z hlediska rychlostí kulminačního průtoku a kultury, zda je stabilizace v daném místě nutná. Limitní rychlost $1,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ byla překročena pouze ve dvou případech, kde byl navržen technický způsob stabilizace. U ostatních DSO jsem navrhla stabilizaci zatravněním. Navržené stabilizace by měly ochránit půdu před tvorbou efemérních rýh a plnit též ekosystémovou a sedimentační funkci.

Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku patří mezi biotechnická protierozní opatření, která nelze navrhovat izolovaně. Protierozní opatření musíme řešit komplexně, samotná stabilizace DSO k ochraně půdy nestačí. Pozemky je třeba posoudit z více hledisek a navrhnout agrotechnická, organizační, popř. stavebně technická opatření, která pomohou snížit smyvy půdy z pozemků a zároveň pomohou zachytit co nejvíce vody v krajině.

8 POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] JANEČEK M. a kol. : *Ochrana zemědělské půdy před erozí*, metodika ČZU Praha, 2012.
- [2] DUMBROVSKÝ, Miroslav A Rudolf MILERSKI. *Vodní hospodářství krajiny II, Modul M01-BS05*, [BS05-M01] /Brno :Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005. 233 s.
- [3] HOLÝ, M. *Protierozní ochrana*. Praha : SNTL, 1978. str. 288.
- [4] DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a jejich eliminace v procesu pozemkových úprav*. Brno: VUTIUM, 2013. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. Habilitační a inaugurační spisy. ISBN 978-80-214-4699-1.
- [5] Povodňový plán. *www.povodnovyportal.cz* [online]. © Enviom servis s.r.o. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <https://www.povodnovyportal.cz/povodnovy-plan/opatov-146>
- [6] Opatov na Moravě, katastrální území 711471 - katastr nemovitostí: Parcely v katastrálním území Opatov na Moravě podle způsobu využití. In: *Kurzy.cz* [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://regiony.kurzy.cz/kn/ku/711471/?sf=plocha>
- [7] Městys Opatov na Moravě: Městys v číslech. *www.opatov.cz* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.opatov.cz/mestys-v-cislech/>
- [8] zdrojová služba: © CENIA, česká informační agentura životního prostředí, zdrojová data: © Agentura ochrany přírody a krajiny, dostupné on-line: Národní geoportál INSPIRE <http://geoportal.gov.cz>
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup při jejich vedení a aktualizaci: Příloha 2: Charakteristika hlavních půdních jednotek. In: *Sbírka zákonů*. Ministerstvo zemědělství, 1998, ročník 1998, číslo 327.
- [10] *Program DesQ - MaxQ: Výpočet maximálních průtoků na malých povodích* [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.desq-maxq.cz/index.html>
- [11] Waterways. *Watershed management field manual: Slope treatment measures and practices* [online]. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1989, s. 153 [cit. 2016-05-20]. ISBN 978-9251026700. Dostupné také z: <http://www.fao.org/docrep/006/ad083e/AD083e00.htm#cont>
- [12] DRONGOVÁ, Katarzyna. *Problematika erozních a odtokových procesů v drahách soustředěného povrchového odtoku: disertační práce*. Brno, 2014, 130 str. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

- [13] LARFEN, J. M. a kol. 1985. Effect of tillage systems on concentrated flow erosion. *Soil Conservation and Productivity*. 1985, str. 3-8.
- [14] Ekotoxa. 2011. Vymezení přispívajících ploch nad uzávěrovými profily erozně ohrožených drah odtoku na orné půdě pro potřeby Rámcové směrnice pro vodní politiku 2000/60/ES. 2011.
- [15] Posílit přirozené funkce krajiny: Typy podporovaných projektů a aktivit. In: *Operační program Životní prostředí: Evropské strukturální a investiční fondy* [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.opzp.cz/podporovane-oblasti/4-3-posilit-prirozene-funkce-krajiny?id=30>
- [16] Ekoagropodnikání zaměřené na podporu mimoprodukčních funkcí agrární krajiny - opatření zaměřené na retenci vody v krajině. In: *Adaptace na změnu klimatu* [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: <http://www.regio-adaptace.cz/cs/priklady-dobre-praxe/30/>
- [17] <https://maps.google.cz/>
- [18] http://www.laplant.org/wp-content/uploads/2015/04/05Marada_Best-practice-Zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A9-hospoda%C5%99en%C3%AD-a-mimoproduk%C4%8Dn%C3%AD-funkce-agr%C3%A1rn%C3%AD-krajinyremoved.pdf
- [19] VANDAELE, K., a kol. *Geomorphic threshold condition for ephemeral gully incision. Geomorphology*. 1996, Sv. 16, stránky 161-173.
- [20] MORGAN, R. P. C. *Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Malden : Blakwell Publishing*, 2005. 1-4051-1781-8.
- [21] Jihlavský masiv. In: *Mineralogicko-petrografický exkurzní průvodce po území Moravy a Slezska* [online]. [cit. 2016-05-21]. Dostupné z: http://pruvodce.geol.morava.sci.muni.cz/Kosov/jihlavsky_masiv.htm

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 - Parcely v katastrálním území Opatov na Moravě podle způsobu využití [6] | 18 |
| Tabulka 2 - Vodní toky a vodní nádrže nacházející se v území..... | 20 |
| Tabulka 3 - Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ [1]..... | 25 |
| Tabulka 4 - Zastoupení K - faktoru v zájmovém území | 26 |
| Tabulka 5 - Zastoupení C - faktoru v zájmovém území | 28 |
| Tabulka 6 - Kategorizace sběrných ploch DSO dle velikosti a dle místa ústí..... | 31 |
| Tabulka 7 - Zastoupení druhů pozemků v jednotlivých sběrných plochách DSO | 32 |
| Tabulka 8 - Soubor tabulek a grafů zastoupení HPJ v jednotlivých sběrných plochách DSO..... | 33 |
| Tabulka 9 - Hodnoty srážkových úhrnů pro N ze srážkoměrné stanice v Třebíči | 38 |
| Tabulka 10 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P1 - P7 | 38 |
| Tabulka 11 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P8 - P144..... | 38 |
| Tabulka 12 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P15 - P21 | 39 |
| Tabulka 13 - Vstupní hodnoty do DesQ pro sběrné plochy DSO P22 - P27 | 39 |
| Tabulka 14 - Soubor tabulek s charakteristikami přímého odtoku pro závěrové profily sběrných ploch P1 - P27 | 40 |
| Tabulka 15 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště s dostatkem vláhy, dobře zásobené živinami [1] | 52 |
| Tabulka 16 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště sušší s nižší zásobou živin [1] | 53 |
| Tabulka 17 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště ve vyšších polohách s drsnějšími klimatickými podmínkami [1]..... | 53 |
| Tabulka 18 - Směs s vysokým protierozním účinkem, vhodná na stanoviště ve vysokých polohách s drsnějšími klimatickými podmínkami [1] | 53 |
| Tabulka 19 - Základní charakteristiky průtočných profilů DSO P1 - P9 | 54 |
| Tabulka 20 - Základní charakteristiky průtočných profilů DSO P10 - P18 | 55 |
| Tabulka 21 - Základní charakteristiky průtočných profilů DSO P19 - P27 | 55 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 - Zatravněná dráha soustředěného povrchového odtoku v Nenkovicích [17] | 12 |
| Obrázek 2 - Příklad zatravněných DSO v USA ve státě Indiana [18]..... | 12 |
| Obrázek 3 - Přehledná situace zájmového území..... | 13 |
| Obrázek 4 - Mapa geologických poměrů | 14 |
| Obrázek 5 - Mapa pedologických poměrů | 15 |
| Obrázek 6 - Mapa plošné lokalizace druhů pozemků | 17 |
| Obrázek 7 - Graf zastoupení kultur LPIS v katastrálním území Opatov na Moravě | 17 |
| Obrázek 8 - Mapa hydrologické sítě a záplavových území | 19 |
| Obrázek 9 - Klimatická oblast [8]..... | 23 |
| Obrázek 10 - Mapa K - faktoru | 25 |
| Obrázek 11 - Graf procentuálního zastoupení K - faktoru v zájmovém území | 26 |
| Obrázek 12 - Mapa LS - faktoru | 27 |
| Obrázek 13 - Mapa C - faktoru | 28 |
| Obrázek 14 - Mapa erozního smyvu | 29 |
| Obrázek 15 - Mapa identifikace DSO a stanovení sběrných ploch..... | 30 |
| Obrázek 16 - Soubor grafů s hydrogramy pro P1 - P27..... | 47 |
| Obrázek 17 - Mapa identifikace DSO a sběrných ploch na DMT | 49 |
| Obrázek 18 - Zatravněná DSO [11] | 50 |
| Obrázek 19 - Zatravněná DSO s přehrážkami [11]..... | 50 |
| Obrázek 20 - Stabilizace DSO kamenným záhozem [11]..... | 50 |
| Obrázek 21 - Stabilizace DSO melioračními tvárnici U – profilu nebo V – profilu [11] | 51 |
| Obrázek 22 - Parabolický profil zatravněné údolnice [1] | 52 |
| Obrázek 23 - Parabolický profil zatravněné údolnice se zpevněným dnem kamenným záhozem [1] | 52 |
| Obrázek 24 - Lichoběžníkový profil zatravněné údolnice [1] | 52 |

MAPOVÉ PODKLADY

Ortofotomapa (wms server http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx?)

Přehledná mapa ZM50 (wms server http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM50_PUB/WMSservice.aspx)

Povrchové vody a záplavová území (získané z: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>)

Půdní bloky LPIS (získané z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>)

Mapa BPEJ (poskytnuto Státním pozemkovým úřadem)

Výškopis (získané ze Základní báze geografických dat České republiky - ZABAGED[®])

POUŽITÉ SOFTWARE

Microsoft Office aplikace EXCEL 2013

USLE2D

LS-converter

ArcGIS 10.2

DesQ-MAX Q 6.0

Dimenzov

POUŽITÉ ZKRATKY

| | |
|--------------|--|
| BPEJ | Bonitovaná půdně ekologická jednotka |
| ČHMÚ | Český hydrometeorologický ústav |
| ČHP | Číslo hydrologického pořadí |
| DMT | Digitální model terénu |
| DSO | Dráhy soustředěného odtoku |
| H_{1dN} | 1-denní maximální srážkový úhrn pro N let |
| HLGPCHAR | Číslo hydrologického pořadí (ČHP) dílčího povodí |
| HPJ | Hlavní půdní jednotka |
| HPS | Hydrologická půdní skupina |
| ID | Identifikační číslo |
| LPIS | Land Parcel Identification System (Evidence půdy podle uživatelských vztahů) |
| N | Doba opakování |
| P | povodí (sběrná plocha DSO) |
| Q_N | N-letý maximální průtok |
| USLE | Univerzální rovnice ztráty půdy |
| VN | Vodní nádrž |
| VT | Vodní tok |
| W_{PVT} | Objem povodňové vlny |
| $W_{PVT,1d}$ | Objem povodňové vlny vyvolaný H_{1dN} |

SEZNAM PŘÍLOH

A - Mapové výstupy (viz příložené DVD)

- A.1 Mapa ortofoto
- A.2 Mapa hydrologických poměrů
- A.3 Mapa CN
- A.4 Mapa erozního smyvu
- A.5 Mapa identifikace DSO a sběrných ploch
- A.6 Mapa plošné lokalizace druhů pozemků

B - Grafické a tabelární výstupy (viz příložené DVD)

- B.1 Grafy průtoků a rychlostí v průtočných profilech stabilizovaných DSO v P1 - P27 ze softwaru Dimenzov
- B.2 Kompletní tabelární a grafické výstupy z DesQ pro P1 - P27