



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

VYHODNOCENÍ EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ  
V POVODÍ FRYŠÁVKY

EVALUATION OF EROSION AND RUNOFF CONDITIONS IN THE FRYŠÁVKA BASIN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Špaček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VERONIKA SOBOTKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2020



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Ondřej Špaček
<b>Název</b>	Vyhodnocení erozních a odtokových poměrů v povodí Fryšávky
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2019
<b>Datum odevzdání</b>	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

---

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Holý, M. a kol. Eroze a životní prostředí, Praha: ČVUT, 1998.
2. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU, 2012, ISBN 978-80-87415-42-9
3. Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 2005, p. 304, ISBN 1-4051-1781-8.
4. Hrádek, F. Implementace hydrologického modelu DeSQ, Praha: ČZU, 1997.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Student zpracuje analýzu zájmového území z hlediska erozních a odtokových poměrů a pro vybrané profily vypočte základní charakteristiky přímého odtoku. Na základě vyhodnocení erozních a odtokových poměrů identifikuje území, která jsou ohrožena vodní erozí. Pro vyhodnocení erozních poměrů bude použita metoda USLE použitím GIS a pro stanovení odtokových poměrů použijte metodu čísel odtokových křivek CN.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

---

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na rozbor erozních a odtokových poměrů v povodí řeky Fryšávky. Cílem práce je analýza erozního smyvu, identifikace kritických bodů a profilů, určení jejich charakteristik a celkové zhodnocení ohroženosti území. Analýzy byly provedeny podle platných metodik s využitím programů ArcGIS, USLE2D a DesQ-MaxQ. V zájmovém území bylo identifikováno 6 kritických bodů a 31 kritických profilů. U 20 z nich byl proveden výpočet průtoků. Vypočtená data byla doplněna terénním průzkumem a fotodokumentací. Z vyhodnocených dat erozních a odtokových poměrů bylo sestaveno pořadí ohroženosti. V závěru práce jsou doporučena nejohroženější katastrální území k dalším analýzám a návrhům ochranných opatření, která by zmírnila negativní důsledky zjištěných nepříznivých jevů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Fryšávka, eroze, povrchový odtok, kritický bod, kritický profil, USLE, CN, ArcGIS, DesQ

## ABSTRACT

Bachelor thesis is focused on the evaluation of the erosion and runoff conditions in the basin of the Fryšávka river. The objective of the thesis is the analysis of the soil loss, identification of critical points and profiles, determination of their characteristics and overall assessment of the vulnerability of cadastral territories. Analyses were carried out according to the applicable methodologies, with the use of programs ArcGIS, USLE2D and DesQ-MaxQ. In the assessed territory has been identified 6 critical points and 31 critical profiles. In twenty of them was carried out the calculation of flow rates. The calculated data was complemented by field research and photo documentation. From the evaluated data of the erosion and runoff conditions was made a ranking of the vulnerability. At the conclusion of the thesis are recommended the most vulnerable cadastral territories for further analyses and design of soil and water conservation measures which would mitigate the negative consequences of the identified unfavourable conditions.

## KEYWORDS

Fryšávka, erosion, surface runoff, critical point, critical profile, USLE, CN, ArcGIS, DesQ

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ondřej Špaček *Vyhodnocení erozních a odtokových poměrů v povodí Fryšávky*. Brno, 2020. 59 s., 2 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vyhodnocení erozních a odtokových poměrů v povodí Fryšávky* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 31.5. 2020

---

Ondřej Špaček  
autor práce

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vyhodnocení erozních a odtokových poměrů v povodí Fryšávky* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 31.5. 2020

---

Ondřej Špaček  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Veronice Sobotkové, Ph.D. za odbornou pomoc, vstřícnost a trpělivost během zpracování této práce. Také děkuji Ing. Janě Uhrové, Ph.D. z VÚV TGM, v. v. i. za poskytnutí nezbytných podkladů.

# Obsah

Obsah .....	8
1 Úvod .....	10
1.1 Vodní eroze .....	10
1.2 Povrchový odtok .....	10
1.2.1 Dráhy soustředěného odtoku (DSO).....	11
1.2.2 Kritický bod (KB) a kritický profil (KP).....	11
1.2.3 Přispívající plocha KB a KP .....	11
1.3 Cíle práce .....	11
2 Charakteristika zájmového území .....	13
2.1 Geografický popis .....	13
2.2 Geomorfologické a geologické poměry .....	15
2.3 Výškové a sklonitostní poměry .....	16
2.4 Pedologické poměry .....	17
2.4.1 Popis hlavních půdních jednotek v zájmovém území.....	18
2.4.2 Hydrologické skupiny půd.....	20
2.5 Hydrologické poměry.....	21
2.6 Klimatické poměry.....	23
2.7 Využití území .....	24
3 Použité metody .....	26
3.1 Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy.....	26
3.1.1 Faktor erozní účinnosti deště (R).....	27
3.1.2 Faktor erodovatelnosti půdy (K).....	27
3.1.3 Faktor ochranného vlivu vegetace (C).....	28
3.1.4 Faktor délky svahu (L).....	28
3.1.5 Faktor sklonu svahu (S) .....	28
3.1.6 Faktor účinnosti protierozních opatření (P) .....	29
3.2 Použití rovnice USLE v prostředí GIS.....	29
3.2.1 Vstupní podklady pro aplikaci USLE v prostředí GIS .....	29
3.2.2 Tvorba erozně hodnocených ploch (EHP).....	30
3.2.3 Stanovení LS faktoru .....	31
3.2.4 Stanovení faktoru R .....	31
3.2.5 Stanovení faktoru K.....	32



3.2.6	Stanovení faktoru C .....	32
3.2.7	Stanovení faktoru P.....	32
3.3	Metoda čísel odtokových křivek CN.....	32
3.3.1	Tvorba CN mapy v prostředí GIS.....	34
3.4	DesQ-MaxQ .....	35
3.5	Kritické body a profily .....	36
3.6	Identifikace KB a KP v prostředí GIS.....	36
4	Výsledky.....	38
4.1	Vyhodnocení erozních poměrů .....	38
4.2	Vyhodnocení odtokových poměrů .....	40
4.2.1	Kritický bod KB1.....	42
4.2.2	Kritický bod KB2.....	43
4.2.3	Kritický bod KB3.....	44
4.2.4	Kritický bod KB4.....	44
4.2.5	Kritický bod KB5.....	45
4.2.6	Kritický bod KB6.....	46
4.2.7	Kritický profil KP3 .....	46
4.2.8	Kritický profil KP4 .....	47
4.2.9	Kritické profily KP15 a KP16 .....	48
4.2.10	Fotodokumentace dalších vybraných KP .....	49
4.3	Vyhodnocení ohroženosti katastrálních území .....	52
5	Závěr.....	53
6	Použité zdroje a literatura.....	54
7	Seznam použitých zkratk .....	56
8	Seznam tabulek.....	57
9	Seznam obrázků.....	58
10	Seznam příloh .....	59

# 1 Úvod

## 1.1 Vodní eroze

*„Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje štěrkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulární prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin; velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků atd.“ [1]*

Vodní erozi způsobuje kinetická energie dešťových kapek dopadajících na povrch půdy, která na ni působí destruktivně a zapříčiňuje transport uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Na povrchu půdy se destrukční činnost projevuje vznikem různě velkých rýžek, rýh, výmolů nebo strží při velké koncentraci povrchového odtoku. Intenzita vodní eroze závisí na charakteru dešťové srážky a povrchového odtoku, pedologických poměrech, vegetaci a způsobu využití půdy. Transportované půdní částice se buď ukládají na níže ležících plochách s menším sklonem, nebo vnikají do hydrografické sítě a tvoří tzv. splaveniny. Největší zdroj splavenin představuje erozní smyv na orné půdě. [1]

## 1.2 Povrchový odtok

*„Povrchový odtok je jev, který nastává, když při vodní srážce dojde k vyčerpání akumulární schopnosti povrchu a vsakovací rychlost (infiltrace) je nižší než intenzita srážky. Pak jestliže je povrch nakloněn, dojde k pohybu vody nashromážděné na něm ve směru jeho sklonu. Pokud je povrch rovinný, popřípadě porostlý rovnoměrně trávou nebo obilím, projevuje se odtok až po několik desítek metrů jako odtok plošný. Vlivem přírodní nerovinnosti povrchu přechází plošný odtok postupně v soustředěný odtok, který následně vytváří koryta a hydrografickou síť.“ [3]*

### **1.2.1 Dráhy soustředěného odtoku (DSO)**

DSO představují místa, kde v důsledku konfigurace terénu dochází k přirozené koncentraci plošného povrchového odtoku a vytváření výrazných odtokových drah, což zvyšuje riziko vzniku rýhové eroze. [2]

### **1.2.2 Kritický bod (KB) a kritický profil (KP)**

KB je definován jako průsečík linie dráhy soustředěného odtoku s velikostí přispívající plochy  $\geq 0,3 \text{ km}^2$  a hranice zastavěného území obce (intravilánu), který byl analýzou vyhodnocen jako kritický, tj. bylo u něj identifikováno zvýšené nebezpečí povodní z přívalové srážky. Nebezpečí charakterizuje riziko vzniku povodně z přívalové srážky a určuje potenciál ohrožení obce ze srážek, které spadnou na přispívající plochu příslušného kritického bodu. [2]

KP je podobně jako KB bod křížení dráhy soustředěného odtoku s hranicí intravilánu nebo jiným objektem mimo intravilán, který však nespĺňuje jednu nebo více podmínek podle Metodického návodu pro identifikaci KB (Drbal a kol., 2009). Přesto je jeho identifikace důležitá z hlediska komplexního posouzení potencionální ohroženosti intravilánů obcí nebo infrastruktury (dopravní stavby, vodní díla aj.) mimo zastavěné území.

### **1.2.3 Přispívající plocha KB a KP**

Přispívající plocha KB a KP je povodí, jehož hranici tvoří orografická rozvodnice, která vyúsťuje v nejnižším bodě, tj. KB nebo KP. Voda, která dopadne na území přispívající plochy, dotече do profilu KB a KP a pokračuje dále do intravilánu obce. [2]

## **1.3 Cíle práce**

Bakalářská práce je zaměřena na vyhodnocení erozních a odtokových poměrů v zájmovém území povodí řeky Fryšávky. Z hlediska vyhodnocení erozních poměrů v zájmovém území je prvním z cílů práce stanovení ohroženosti zemědělských půd vodní erozí, a to kvantifikací průměrné dlouhodobé ztráty půdy na erozně hodnocených plochách (EHP) podle metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (Janeček a kol., 2012) v programu ArcGIS. Dílčím cílem je zpracování mapy erozní ohroženosti a souhrnné tabulky EHP s průměrnými hodnotami erozního smyvu.

Z hlediska vyhodnocení odtokových poměrů je druhým cílem práce identifikace všech KB a KP v zájmovém území, vymezení jejich přispívajících ploch a vytvoření mapy vodstva a mapy KB a KP. Dílčím cílem je u vybraných KB a KP provést výpočet charakteristik povrchového odtoku metodou CN křivek v programu DesQ-MaxQ. Dalším dílčím cílem je doplnění analýzy odtokových poměrů terénním průzkumem, jehož smyslem je ověření správnosti umístění KB či KP vzhledem k DSO a získání představy o podobě uzávěrových profilů včetně pořízení fotodokumentace.

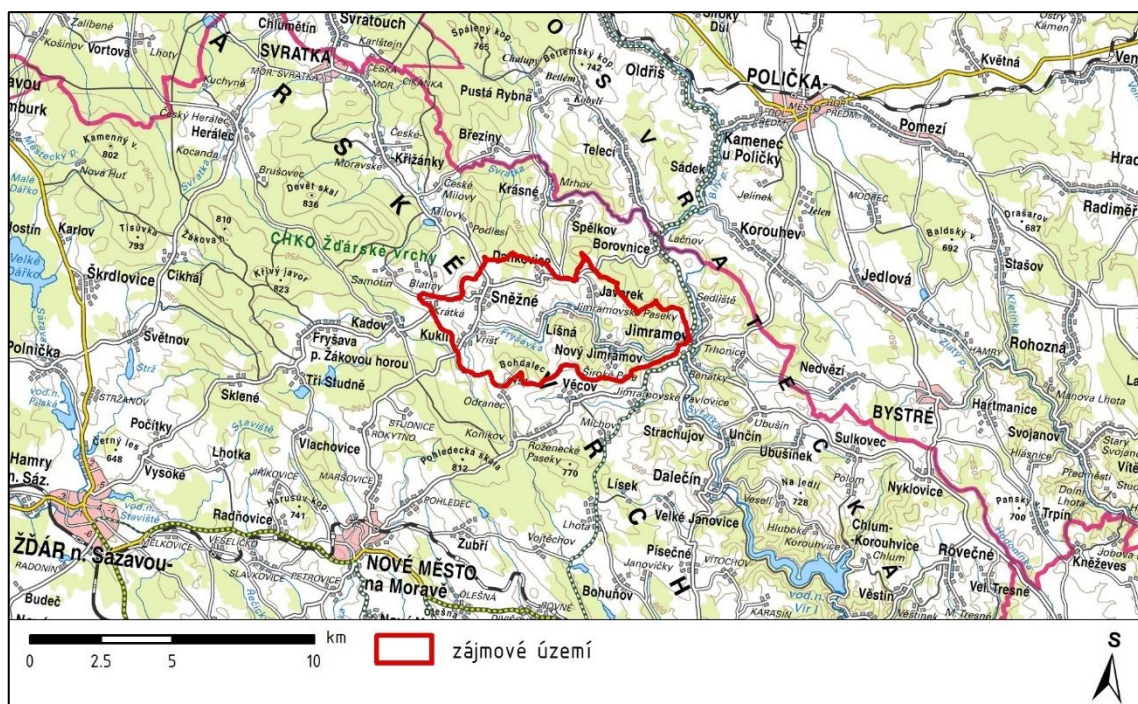
Vzhledem k rozsahu zájmového území (povodí IV. řádu), které se rozkládá na několika katastrálních území (k. ú.), je posledním, tj. třetím cílem sestavení žebříčku k. ú. podle ohroženosti území, na základě kterého by bylo možné nejohroženějším k. ú. doporučit zpracování podrobnější analýzy a návrhu ochranných opatření. Na výsledky práce by mohla navázat diplomová práce v případě pokračování mého studia.

## 2 Charakteristika zájmového území

Zájmovým územím bylo zvoleno povodí řeky Fryšávky. Celé povodí řeky Fryšávky má rozlohu 66,6 km<sup>2</sup> a skládá se z několika dílčích povodí IV. řádu. Zájmové území této práce je povodí IV. řádu s číslem hydrologického pořadí 4-15-01-0260. Jedná se o povodí dolního toku řeky Fryšávky od soutoku s Bílým potokem v k. ú. Kuklík po soutok s řekou Svratkou v obci Jimramov o rozloze 27,6 km<sup>2</sup>. Pro téma bakalářské práce bylo toto zájmové území zvoleno z důvodu malé vzdálenosti od mého bydliště.

Veškeré doprovodné mapy v této práci byly vytvořeny v programu ArcMAP 10.7. Podklad tvoří mapy z prohlížečské služby WMS dostupné na webových stránkách Geoportálu Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního (ČÚZK) [4]. Taktéž vektorová vrstva (.shp) hranic katastrálních území použitá k tvorbě většiny map je dostupná z Geoportálu ČÚZK [5]. Výškopisné vektorové a rastrové vrstvy byly vytvořeny z vrstvy vrstevnic ZABAGED poskytnutých Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v.v.i. Ostatní zdroje použitých podkladových map a vektorových datových vrstev jsou uvedeny vždy v popisu daného obrázku s adresou WMS připojení či stránky, ze které byla data stažena.

### 2.1 Geografický popis

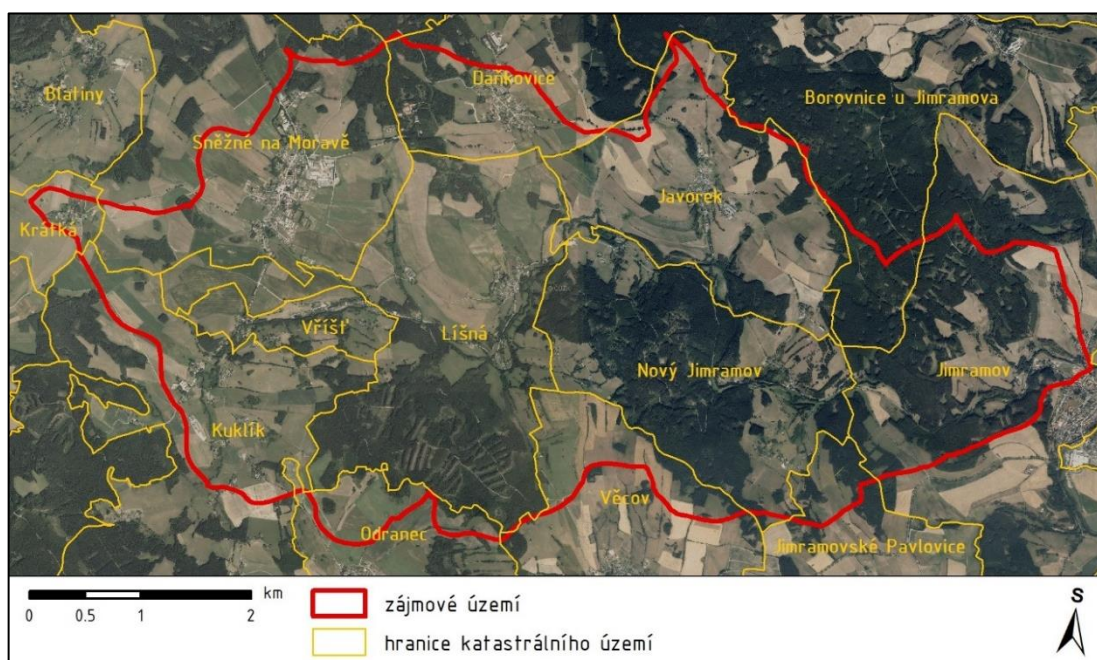


Obr. 1. Přehledná situace zájmového území

Zájmové území o rozloze 27,6 km<sup>2</sup> leží v severovýchodní části kraje Vysočina v bývalém okrese Žďár nad Sázavou. Zasahuje do něj v různé míře celkem 13 katastrálních území. V zájmovém území se nachází 8 intravilánů obcí (řazeno dle počtu obyvatel podle Českého statistického úřadu k 1.1.2020) [6] – městys Sněžné na Moravě (720 obyv.), Kuklík (201), Daňkovice (150), Javorek (105), Nový Jimramov (60), Líšná (55), Vříšť (část Sněžného na Moravě) a Krátká (část Sněžného na Moravě). Dále se zde nachází i malá část intravilánu městyse Jimramov (1147 obyv.). Zájmové území spadá do CHKO Žďárské Vrchy.

Tab. 1. Plochy katastrálních území v zájmovém území [5]

Katastrální území	Celková plocha	Plocha k. ú. v z. ú.		Plocha k. ú. vzhledem k z. ú. [%]
	[ha]	[ha]	[%]	
Líšná	577.4	577.2	99.95	21.0
Nový Jimramov	424.6	421.7	99.3	15.3
Javorek	389.7	361.3	92.7	13.1
Sněžné na Moravě	1207.0	336.2	27.9	12.2
Jimramov	778.6	320.9	41.2	11.7
Kuklík	785.6	225.7	28.7	8.2
Daňkovice	300.3	131.2	43.7	4.8
Věcov	414.4	103.7	25.0	3.8
Vříšť	81.3	81.3	100.0	3.0
Borovnice u Jimramova	911.0	65.4	7.2	2.4
Odranec	256.0	63.4	24.8	2.3
Jimramovské Pavlovice	349.1	39.9	11.4	1.5
Krátká	87.0	21.1	24.3	0.8
Krásné nad Svatkou	856.5	0.3	0.03	0.01



Obr. 2. Ortofoto zájmového území s hranicemi k. ú.

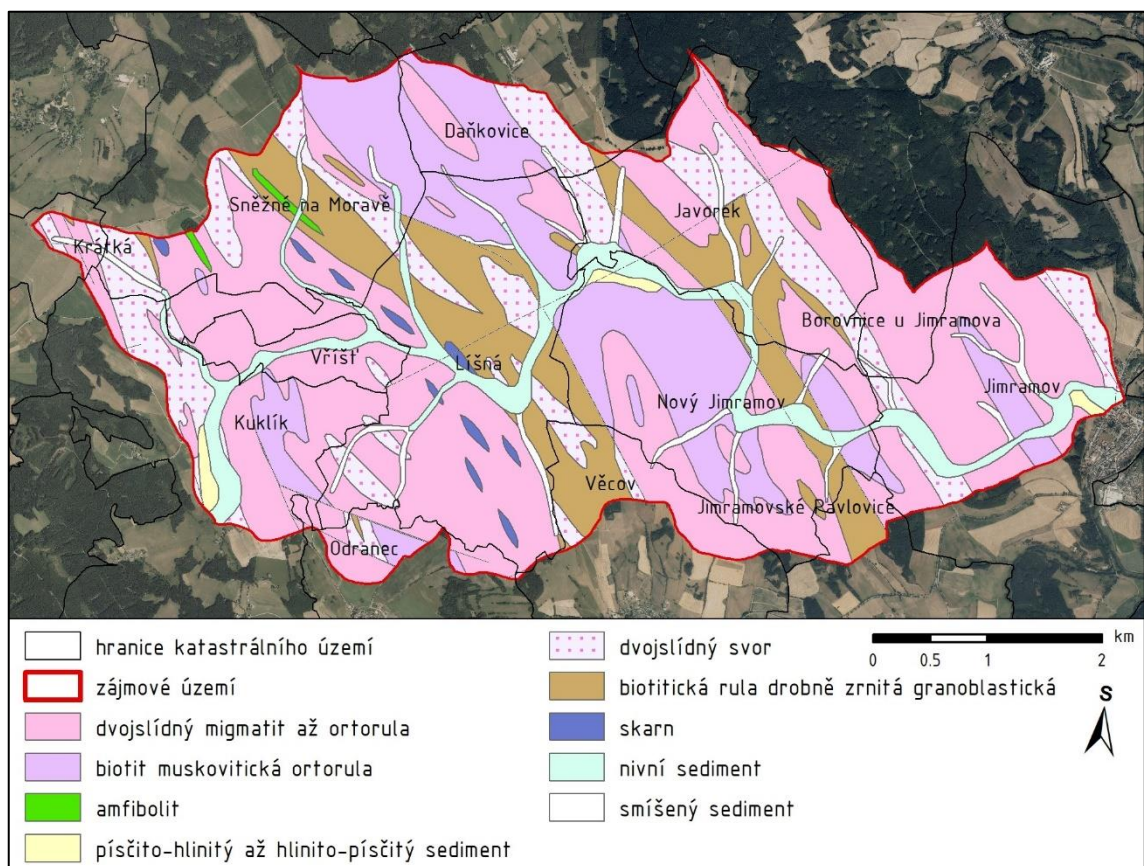


## 2.2 Geomorfologické a geologické poměry

Geomorfologické zařídění zájmového území v rámci Hercynského systému je uvedeno v tab. 3. Ve Žďárských vrších převažuje erozně denundační reliéf ploché vrchoviny. Vrásová tektonika odolnějších granitizovaných rul a migmatitů podmiňuje průběh hlavních rozvodních hřbetů, jež jsou odděleny široce rozevřenými postupně se zahlubujícími údolními s plochými úvalovitými uzávěry. Na hřbetech jsou typickými krajinnými prvky skalní útvary. Okrsek Pohledeckoskalské vrchoviny je charakteristický výrazně členitějším georeliéfem a hluboce zaříznutými údolními s největším relativním převýšením 250 m. [7]

Tab. 2. Geomorfologické zařídění zájmového území [8]

provincie	Česká vysočina	celek	Hornosvratecká vrchovina
subprovincie	Česko-moravská subprovincie	podcelek	Žďárské vrchy
oblast	Českomoravská vrchovina	okrsek	Pohledeckoskalská vrchovina



Obr. 3. Geologická mapa zájmového území [9]

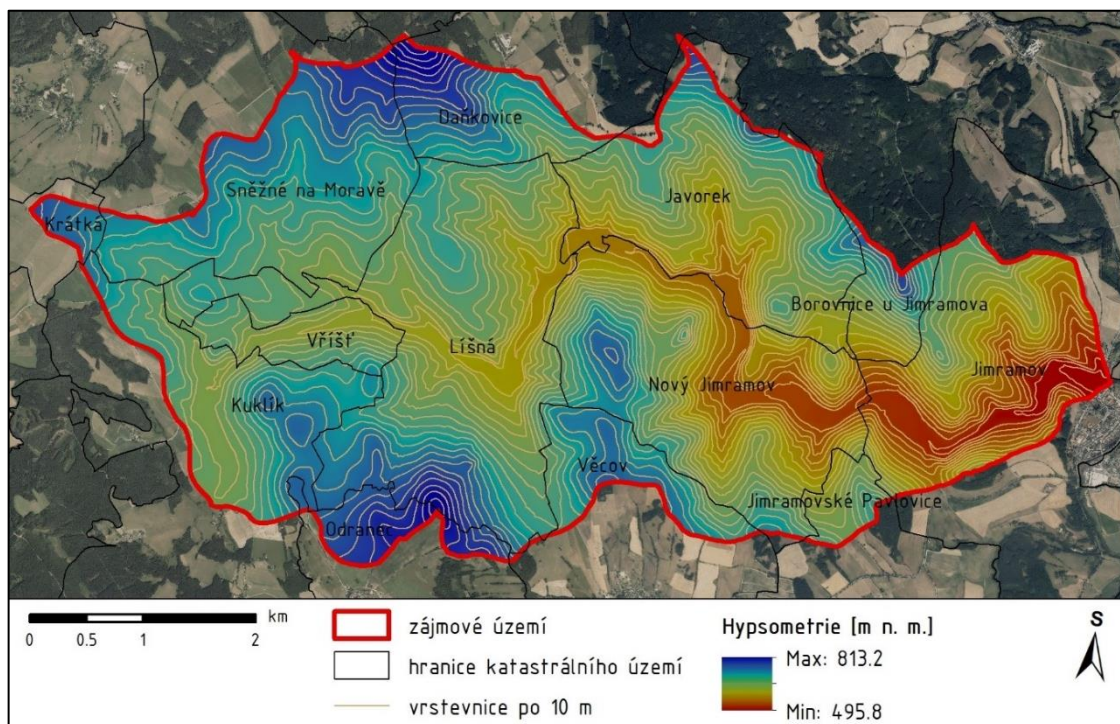
Z geologického hlediska spadá zájmové území do soustavy Českého masivu, oblasti kutnohorsko-svratecké a regionu kutnohorského a svrateckého krystalinika. Nejhojněji vyskytujícími se horninami jsou biotitické a muskovitické migmatity a ortoruly,

v blízkosti vodních toků nivní a smíšené sedimenty. Méně častější jsou ruly a svory, ojediněle pak skarny a amfibolity. [9]

Podle databáze významných geologických lokalit České geologické služby se v zájmovém území nachází dvě chráněné geologické lokality. První z nich je Prosička (k. ú. Borovnice u Jimramova), jejíž skalní stěna z migmatitu s přilehlým kamenným mořem je krajinnou dominantou. Druhá lokalita je Štarkov (k. ú. Nový Jimramov), rulový skalní srub s puklinovými jeskyněmi a balvanitými sutěmi, se zbytky středověkého hradu na skalních věžích. [10]

### 2.3 Výškové a sklonitostní poměry

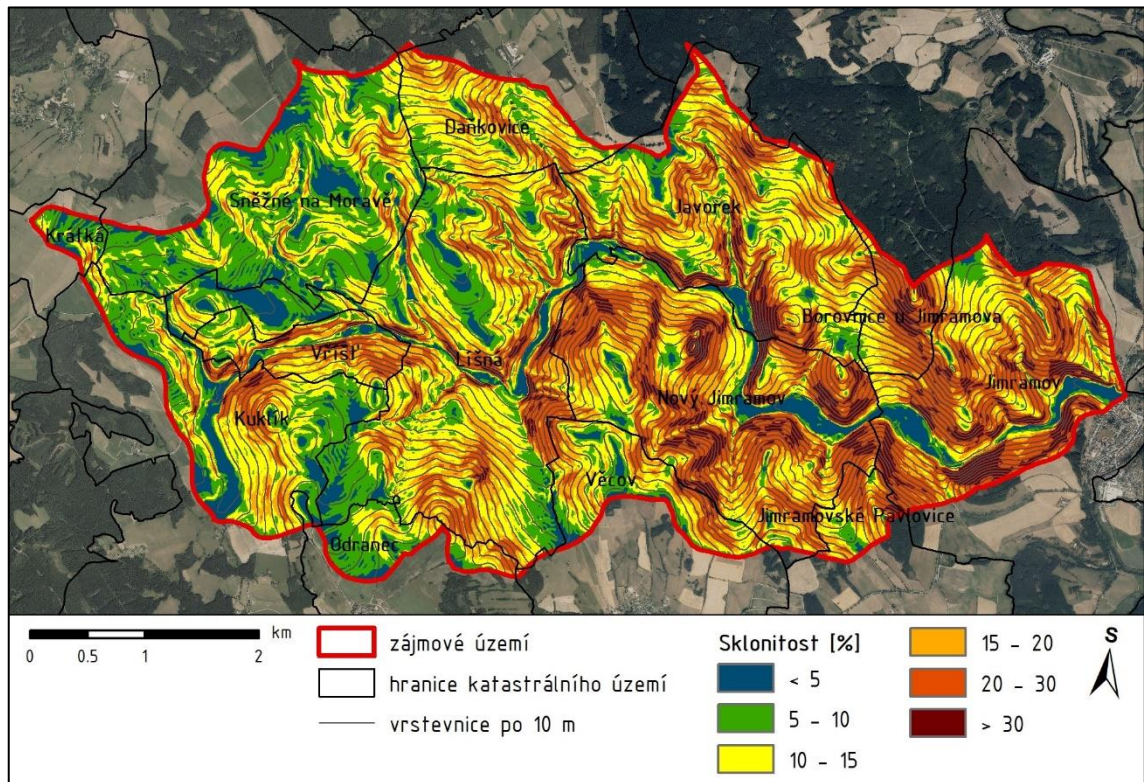
Podle morfometrického členění georeliéfů lze zájmové území zařadit mezi členité pahorkatiny. Nejnižším místem zájmového území je soutok řek Fryšávky a Svatky v městysu Jimramov (cca 490 m n. m.), nejvyšším pak Buchtův kopec v k. ú. Daňkovice (813 m n. m.). Dalšími výraznými vrcholy jsou například Bohdalec (801 m n. m., k. ú. Odranec), Prosička (739 m n. n., k. ú. Borovnice), Zítkův kopec (723 m n. m., k. ú. Věcov), Žákův kopec (721 m n. m., k. ú. Javorek) nebo Štarkov (679 m n. m., k. ú. Nový Jimramov).



Obr. 4. Hypsometrická mapa zájmového území



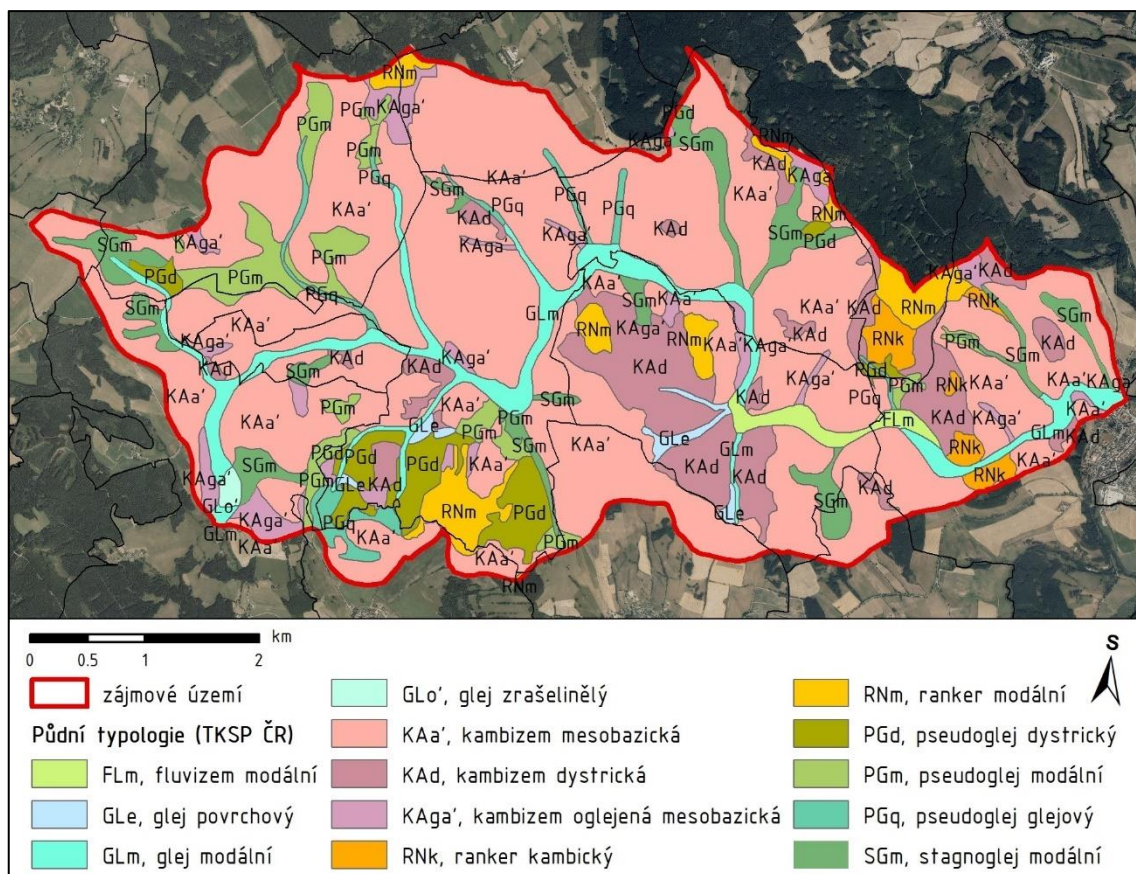
Západní část zájmového území se vyznačuje nižší sklonitostí terénu než východní část, kde se údolí dolního toku řeky Fryšávky více zahlubuje. Výraznou sklonitost (zhruba 30 až 60 %) vykazují především zalesněné svahy v těsné blízkosti údolní nivy Fryšávky.



Obr. 5. Mapa sklonitosti zájmového území

## 2.4 Pedologické poměry

Z hlediska typů půd na zájmovém území převažuje výskyt kambizemí, nižší je podíl pseudoglejů, stagnoglejů a místy ve vyšších polohách rankerů, podél vodních toků se pak vyskytují gleje a fluvizemě. Pro podrobnější pedologický rozbor byla zpracována mapa hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy. HPJ lze stanovit z vrstvy bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) podle 2. a 3. čísla pětimístného kódu BPEJ.



Obr. 6. Mapa půdních typů v zájmovém území [11]

#### 2.4.1 Popis hlavních půdních jednotek v zájmovém území

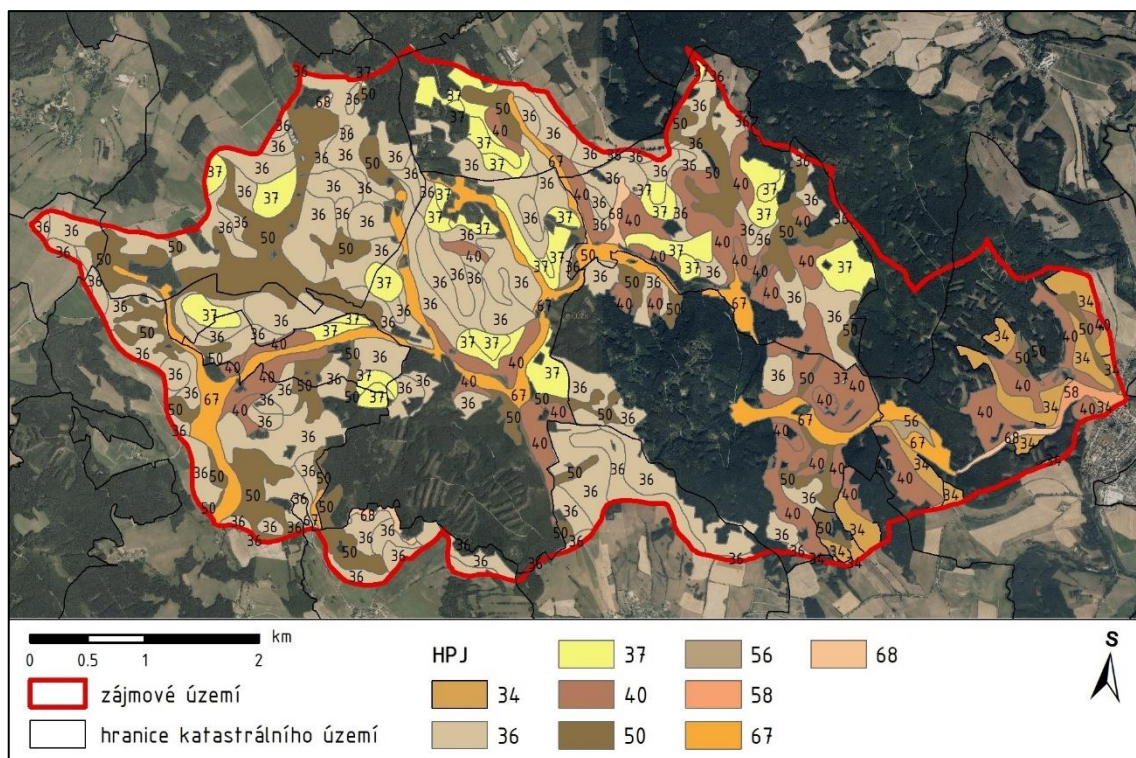
„Hlavní půdní jednotka je definována jako syntetická agronomizovaná jednotka charakterizovaná účelovým (agronomickým) seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitosti, hloubky půdy, typem a stupněm hydromorfizmu a reliéfem území. Klasifikační soustava bonitace představuje 78 HPJ, které z geneticko agronomického hlediska tvoří 13 základních skupin.“ [12]

V zájmovém území se vyskytují následující hlavní půdní jednotky:

- **HPJ 34:** Kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech, fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu.
- **HPJ 36:** Kryptopodzoly modální, podzoly modální, kambizemě dystrické, případně i kambizem modální mezobazická, bez rozlišení matečných hornin, převážně středně těžké lehčí, s různou skeletovitostí, půdy až mírně převlhčované, vždy však v chladném klimatickém regionu.

- **HPJ 37:** Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorníci 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.
- **HPJ 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.
- **HPJ 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.
- **HPJ 56:** Fluvizemě modální eubazické až mezobazické, fluvizemě kambické, koluvizemě modální na nivních uloženinách, často s podloží teras, středně těžké lehčí až středně těžké, zpravidla bez skeletu, vláhově příznivé.
- **HPJ 58:** Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podloží teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vláhové poměry pro odvodnění příznivé.
- **HPJ 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.
- **HPJ 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 vymezitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim. [13]





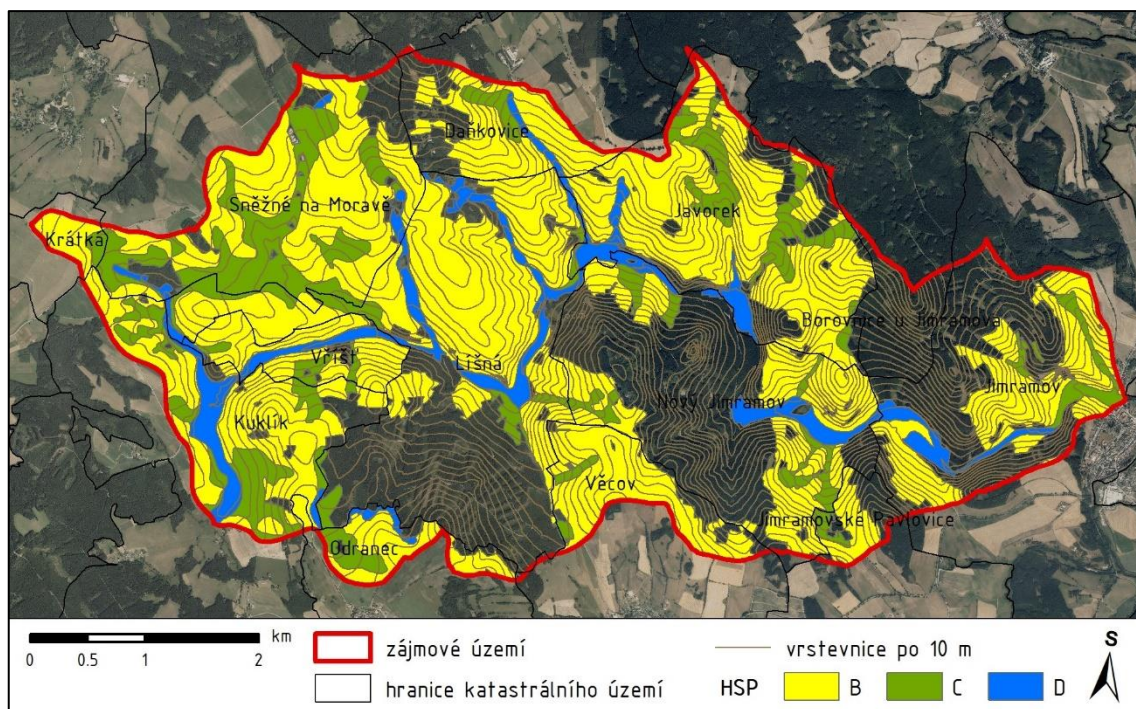
Obr. 7. Mapa HPJ v zájmovém území [14]

## 2.4.2 Hydrologické skupiny půd

Pro výpočet přímého odtoku metodou čísel odtokových křivek CN je nezbytné stanovit hydrologické vlastnosti půd. Na základě minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení se půdy dělí do 4 hydrologických skupin A, B, C a D. [1] V zájmovém území jsou nejhojněji zastoupeny půdy hydrologické skupiny B, v menší míře C a D. Skupina A se v z. ú. nevyskytuje.

Tab. 3. Hydrologické skupiny půd [1]

HSP	Charakteristiky hydrologických vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo šterky
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06\text{--}0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02\text{--}0,06 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v původním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,02 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím



Obr. 8. Mapa HSP v zájmovém území

## 2.5 Hydrologické poměry

Zájmové území tvoří povodí IV. řádu řeky Fryšávky s číslem hydrologického pořadí 4-15-01-0260. Jedná se o povodí dolního toku řeky Fryšávky (ID toku 10100246) od soutoku s Bílým potokem (staničení km 13,6) v k. ú. Kuklík po soutok s řekou Svratkou v obci Jimramov o rozloze 27,5 km<sup>2</sup>. Zájmové území tak patří do úmoří Černého moře a povodí Moravy. [15]

Řeka Fryšávka o celkové délce 23,8 km a celkové ploše povodí 66,8 km<sup>2</sup> pramenní v k. ú. Tři studně, severozápadně od obce Fryšava pod Žakovou horou. Délka Fryšávky v zájmovém území činí 13,6 km. Významnými přítoky jsou v zájmovém území Sněženský potok (km 10,3, levostranný) a potok Krátký (km 12,0, levostranný). Téměř po celé délce Fryšávky v zájmovém území se nachází záplavová území. Rozlívem z pětileté povodně a větších jsou přímo ohroženy části intravilánů obcí Kuklík, Vříšť, Nový Jimramov a Jimramov. Na řece Fryšávce se v místě staničení km 0,59 nachází hlásný profil kategorie B č. 370 Českého hydrometeorologického ústavu. [15,17]

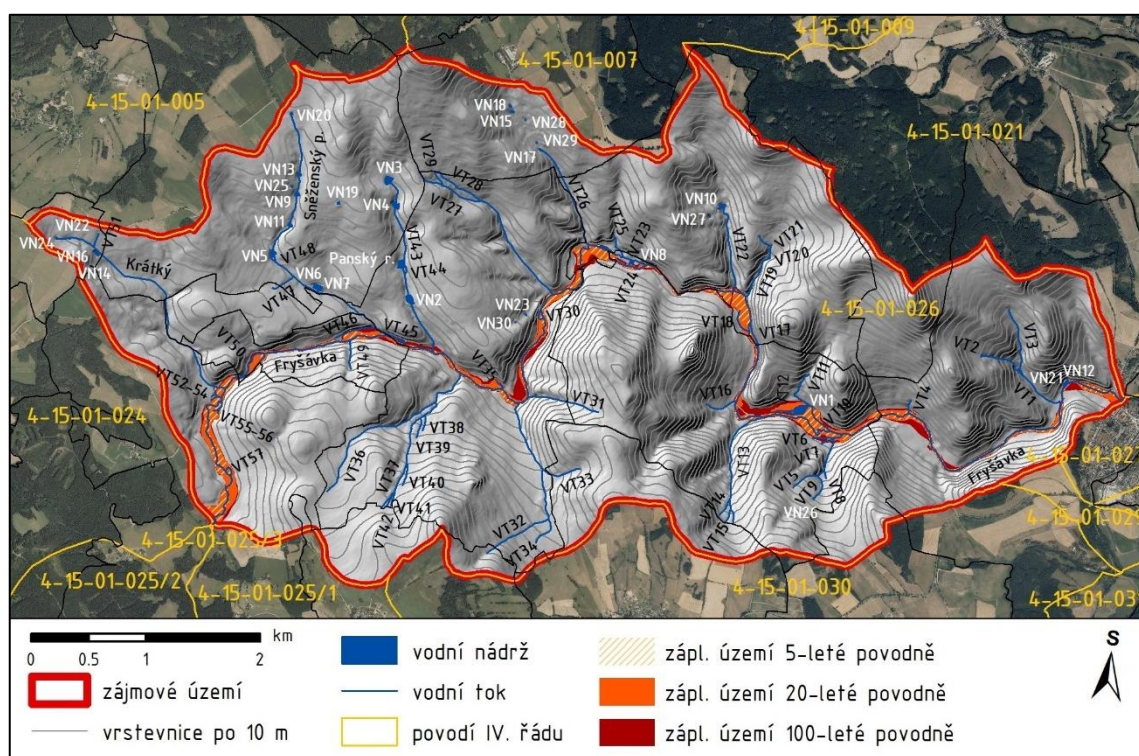
Tab. 4. Tabulka průtoků v řece Fryšávce [17]

Průměrný roční stav [cm]	Průměrný roční průtok	N-leté průtoky				
	Q <sub>a</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>1</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>5</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>10</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>50</sub> [m <sup>3</sup> /s]	Q <sub>100</sub> [m <sup>3</sup> /s]
45	0.733	6.7	16	23	47	62



V zájmovém území se podle struktury DIBAVOD nachází celkem 57 vodních toků, z nichž 17 s délkou větší než 500 metrů. Kromě Fryšávky, Sněženského a Krátkého potoka se jedná o bezejmenné toky, pro účely práce tak bylo zavedeno náhradní značení VTx vzestupně od soutoku Fryšávky a Svatky. Správcem většiny toků je státní podnik Povodí Moravy. Hydrografická síť je stromovitá až pérovitá, relativně symetrická. [15]

Dále se v zájmovém území nachází 30 malých vodních nádrží. Především se jedná o malé rybníky a požární nádrže v obcích. Kromě Panského rybníka v k. ú. Líšná jsou nádrže bezejmenné, i zde bylo pro účely práce zavedeno náhradní značení VNx vzestupně podle velikosti plochy nádrže. [15]



Obr. 9. Hydrografická síť a záplavová území v zájmovém území [15]

Tab. 5. Seznam vodních toků v zájmovém území [15,16]

OZN	ID toku	Délka [m]	Správce toku	OZN	ID toku	Délka [m]	Správce toku
Fryšávka	413000000100	13594.4	Povodí Moravy	VT28	413040006500	471.4	Povodí Moravy
Krátký	413040001400	2245.1	Povodí Moravy	VT29	413040006300	142.6	Povodí Moravy
Sněženský p.	413040002200	2763.7	vlastník pozemku	VT30	413040006000	88.3	Povodí Moravy
VT1	413040011400	891.3	Povodí Moravy	VT31	413040005800	643.1	Povodí Moravy
VT2	413040011500	29.6	Povodí Moravy	VT32	413040005200	1718.7	Lesy ČR
VT3	413040011700	634.7	Povodí Moravy	VT33	413040005500	352.3	Lesy ČR
VT4	413040011200	123.7	Povodí Moravy	VT34	413040005300	278.6	Lesy ČR
VT5	413040010200	726.7	Povodí Moravy	VT35	413040005000	83.3	Povodí Moravy

OZN	ID toku	Délka [m]	Správce toku	OZN	ID toku	Délka [m]	Správce toku
VT6	413040010900	197.9	Povodí Moravy	VT36	413040003600	1725.6	Lesy ČR
VT7	413040010700	115.3	Povodí Moravy	VT37	413040003700	1103.5	Lesy ČR
VT8	413040010500	76.0	Povodí Moravy	VT38	413040004600	138.2	Lesy ČR
VT9	413040010300	230.7	Povodí Moravy	VT39	413040004400	181.0	Lesy ČR
VT10	413040009600	676.3	jiný správce	VT40	413040004200	197.9	Lesy ČR
VT11	413040009900	395.8	Povodí Moravy	VT41	413040004000	122.7	Lesy ČR
VT12	413040009700	122.1	jiný správce	VT42	413040003800	91.4	Lesy ČR
VT13	413040009000	1080.1	Lesy ČR	VT43	413040003200	1603.9	Povodí Moravy
VT14	413040009300	182.2	Lesy ČR	VT44	413040003300	128.7	jiný správce
VT15	413040009100	131.2	Lesy ČR	VT45	413040003000	71.3	jiný správce
VT16	413040008800	283.7	Lesy ČR	VT46	413040002700	376.1	vlastník pozemku
VT17	413040008600	229.5	jiný správce	VT47	413040002500	223.8	vlastník pozemku
VT18	413040008400	238.4	Povodí Moravy	VT48	413040002300	77.2	jiný správce
VT19	413040007800	658.2	Lesy ČR	VT49	413040002000	269.2	Povodí Moravy
VT20	413040008100	22.5	Lesy ČR	VT50	413040001800	405.3	jiný správce
VT21	413040007900	14.6	Lesy ČR	VT51	413040001500	121.9	Povodí Moravy
VT22	413040007600	833.7	Povodí Moravy	VT52	413040000800	100.0	Povodí Moravy
VT23	413040007200	462.0	jiný správce	VT53	413040001100	69.4	Povodí Moravy
VT24	413040007000	58.4	jiný správce	VT54	413040000900	31.8	Povodí Moravy
VT25	413040007300	235.9	Povodí Moravy	VT55	413040000400	118.6	Povodí Moravy
VT26	413040006800	951.2	Povodí Moravy	VT56	413040000500	50.3	Povodí Moravy
VT27	413040006200	1694.0	Povodí Moravy	VT57	413040000200	129.4	Povodí Moravy

Tab. 6. Seznam vodních nádrží v zájmovém území [15]

Označení	ID nádrže	Plocha [ha]	Označení	ID nádrže	Plocha [ha]
VN1	415010260031	0.69	VN16	415010260010	0.05
Panský ryb.	415010260001	0.4	VN17	415010260019	0.04
VN2	415010260018	0.38	VN18	415010260016	0.04
VN3	415010260024	0.34	VN19	415010260015	0.04
VN4	415010260029	0.24	VN20	415010260028	0.03
VN5	415010260022	0.19	VN21	415010260017	0.03
VN6	415010260007	0.14	VN22	415010260023	0.03
VN7	415010260002	0.13	VN23	415010260011	0.02
VN8	415010260030	0.12	VN24	415010260026	0.02
VN9	415010260020	0.12	VN25	415010260014	0.02
VN10	415010260012	0.1	VN26	415010260025	0.02
VN11	415010260027	0.1	VN27	415010260013	0.01
VN12	415010260005	0.08	VN28	415010260004	0.01
VN13	415010260021	0.07	VN29	415010260008	0.01
VN14	415010260003	0.05	VN30	415010260009	0.01
VN15	415010260006	0.05			

## 2.6 Klimatické poměry

„Klimaticky patří Žďárské vrchy k chladnějším, vlhčím a značně větrným územím. Průměrná roční teplota vzduchu se pohybuje mezi 6,8 °C v nejnižších a 5 °C v nejvyšších

polohách. Vegetační období trvá cca 200 dnů. Průměrný roční úhrn srážek se obvykle pohybuje v intervalu 650-875 mm, přičemž v polohách nad 800 m n. n. dosahuje 1100 mm. Ve vyšších polohách stoupá podíl horizontálních srážek a v inverzních situacích v zimním období se tvoří námraza poškozující lesní porosty. Sněhová pokrývka leží v CHKO v průměru od začátku listopadu do začátku dubna. Dosahuje obvykle do 35 cm, ve vrcholových partiích Žďárských vrchů může výjimečně přesáhnout i 100 cm.“ [7]

Podle Quittovi klimatické klasifikace (1971) spadá zájmové území v celém rozsahu do chladné klimatické oblasti CH7. Ta se dle Quitta vyznačuje dlouhým a mírně chladným jarem, létem velmi krátkým až krátkým, mírně chladným a vlhkým, podzimem dlouhým a mírným a zimou dlouhou, mírně vlhkou s dlouhým trváním sněhové pokrývky. [18]

Tab. 7. Charakteristika klimatické oblasti CH7 [18]

Počet letních dnů	10-30	Prům. teplota v říjnu (°C)	6-7
Počet dnů s průměr. teplotou > 10 °C	120-140	Prům. poč. dnů se srážkami > 1mm	120-130
Počet mrazových dnů	140-160	Srážkový úhrn ve veget. období v mm	500-600
Počet ledových dnů	50-60	Srážkový úhrn v zimním období v mm	350-400
Prům. teplota v lednu (°C)	-3 až -4	Počet dnů se sněhovou pokrývkou	100-120
Prům. teplota v červenci (°C)	15-16	Počet dnů zamračených	150-160
Prům. teplota v dubnu (°C)	4-6	Počet dnů jasných	40-50

## 2.7 Využití území

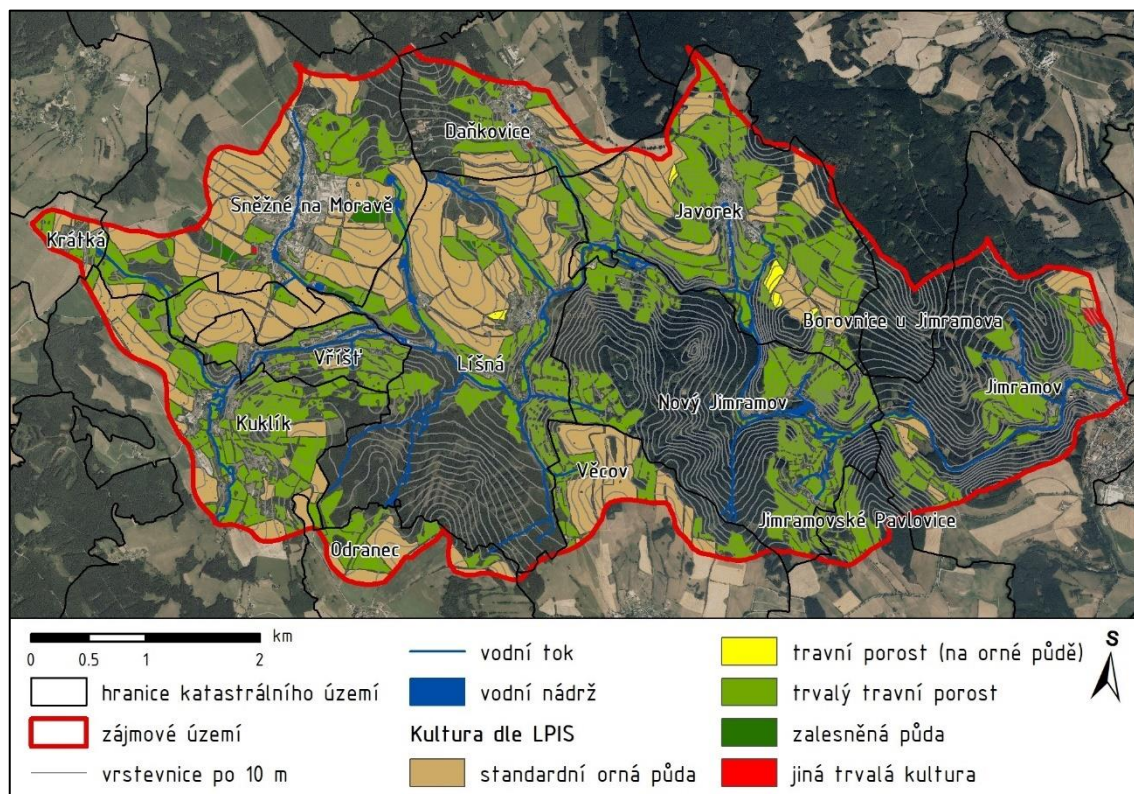
Podoba krajiny v zájmovém území je ovlivněna způsobem zemědělství, kdy je zde od druhé poloviny 20. století zaváděna těžká mechanizace a nadměrná chemizace. V trvalých travních porostech převládají kulturní až polokulturní louky, které jsou často odvodněny plošnými drenážními systémy. Podle přírodních podmínek spadá území do bramborářské až horské výrobní oblasti. Vzhledem k nízké ekonomické efektivnosti způsobu zemědělství typického pro danou výrobní oblast je však rostlinná výroba z více než poloviny zaměřena na pěstování obilnin, okopanin, olejnin a píce. Základem živočišné výroby je chov skotu. [7]

Téměř polovinu rozlohy zájmového území tvoří zemědělská půda, zhruba třetinu lesy. Co se týče zemědělské půdy, největší zastoupení mají trvalé travní porosty (56 %), o něco menší orná půda (42 %). Dle dat Ministerstva zemědělství ČR (MZe) se na cca 20 % zemědělské půdy v zájmovém území nachází odvodňovací systémy. [19,20]



Tab. 8. Využití zájmového území a rozdělení zemědělské půdy [20]

VYUŽITÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ			ZEMĚDĚLSKÁ PŮDA			
Kultura	Plocha		Kultura dle LPIS		Plocha	
	[ha]	[%]	Název	Kód	[ha]	[%]
zemědělská půda	1327	48.3	trvalý travní porost	7	741.4	55.9
souvislé lesní porosty	885	32.2	standardní orná půda	2	559.8	42.2
intravilány obcí	113	4.1	zalesněná půda	99	14.6	1.1
ostatní	424	15.4	travní porost (na orné půdě)	11	8.1	0.6
$\Sigma =$	2749		jiná trvalá kultura	5	2.3	0.2



Obr. 10. Mapa využití zemědělské půdy dle registru LPIS [20]

V rekonstruované dřevinné skladbě potencionální přirozené vegetace převládaly buk lesní, jedle bělokorá a smrk. Původní převážně jedlobukové porosty byly v minulosti vytěženy a v holosečovém hospodářství byly obnovovány především smrkem. V současné skladbě jehličnatých porostů je zastoupení smrku zhruba 86 %, borovice 5 %, jedle jen 1 %. Zastoupení buku kleslo na pouhých 2 %. [7]

### 3 Použité metody

#### 3.1 Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy

Stanovení erozních poměrů bylo provedeno pomocí tzv. “univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE” dle WISCHMEIERA a SMITHE (1978) [21] upravené M. Janečkem (2012) [1] ve tvaru:

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

kde: G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy [ $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ],

R faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů [ $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1} \cdot rok^{-1}$ ],

K faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a propustnosti půdního profilu [ $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ],

L faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí,

S faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí,

C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice,

P faktor účinnosti protierozních opatření. [1]

*„Vypočtená hodnota představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy a udává množství půdy, které se uvolňuje vodní erozí, nezahrnuje však ukládání na níže ležících plochách. Rovnici nelze používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu.“ [1]*

*„Pokud vypočtená ztráta půdy překročí hodnotu přípustné ztráty půdy, je zřejmé, že způsob využívání pozemku nezabezpečuje dostatečnou protierozní ochranu. Proto je nutné uplatnit účinnější protierozní opatření, jejichž vliv se vyjádří změnou faktorů univerzální rovnice a opětovným výpočtem se lze přesvědčit, zda navržená opatření jsou dostatečná a zajišťují snížení ztráty půdy pro hodnotu přípustné ztráty půdy. Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí jsou stanoveny především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti. U půd středně hlubokých (30–60 cm), ale i hlubokých*

(nad 60 cm) je doporučeno použít jednotnou hodnotu přípustné ztráty půdy ve výši  $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ .“ [1]

### 3.1.1 Faktor erozní účinnosti deště (R)

Faktor R vyjadřující erozní účinnost je definován vztahem:

$$R = E \cdot i_{30} / 100$$

kde: R – faktor erozní účinnosti deště [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ ],

E – celková kinetická energie deště [ $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ],

$i_{30}$  – maximální 30minutová intenzita deště [ $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ ]. [1]

*„Roční hodnota faktoru R se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přivalových deštů, které se v daném roce vyskytly, přičemž se neuvažují deště s úhrnem menším než 12,5 mm a pokud v průběhu 15 min nespadlo alespoň 6,25 mm. Tyto deště musí být oddělené od ostatních dobou delší než 6 hodin.“ [1]*

### 3.1.2 Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Faktor erodovatelnosti půdy K vyjadřuje náchylnost půdy k vodní erozi na základě půdních vlastností (např. textura, struktura ornice, obsah organické hmoty, propustnost půdního profilu), které ovlivňují její infiltrační schopnost, odolnost půdních agregátů vůči rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště a transportu povrchově odtékající vodou. V rovnici USLE je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku [ $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] vyjádřená na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ ]. Faktor erodovatelnosti půdy lze stanovit:

1. podle vztahu odvozeného pro faktor K,
2. podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu,
3. přibližně podle HPJ bonitační soustavy půd nebo podle půdních typů, subtypů a variet Taxonometrického klasifikačního systému půd ČR. [1]

### 3.1.3 Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

Vegetace kromě přímé ochrany půdy před destruktivním působením deště a zpomalení povrchového odtoku také nepřímo ovlivňuje půdní vlastnosti (zejména pórovitost a propustnost). Kořenový systém vegetace mechanicky zpevňuje půdu. Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době příválového deště, které se nejčastěji vyskytují v měsících duben až září. Dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) chrání půdu nedostatečně. [1]

### 3.1.4 Faktor délky svahu (L)

*„Intenzita eroze se zvyšuje s rostoucí délkou svahu, která je definována jako horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k bodu, kde se sklon svahu snižuje natolik, že dochází k ukládání erodovaného materiálu nebo se plošný odtok soustředí do odtokové dráhy.“ [1]*

Hodnota faktoru délky svahu L se stanoví ze vztahu WISCHMEIERA a SMITHE (1978) se zahrnutím přístupu použitého v tzv. RUSLE (Revidované universální rovnice ztráty půdy), (RENARD et al., 1997) ze vztahu:

$$L = (l / 22,13)^m$$

kde: 22,13 je délka standardního pozemku [m],

l horizontální projekce nepřerušené délky svahu; není to vzdálenost rovnoběžná s povrchem půdy [m],

m exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze. [1]

### 3.1.5 Faktor sklonu svahu (S)

Ztráta půdy se zvyšuje se vzrůstajícím sklonem svahu, a to rychleji než je tomu u délky svahu. Hodnota faktoru sklonu svahu S se určuje pomocí vztahů (RENARD et al., 1997):

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad \text{pro sklon} < 9 \%,$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50 \quad \text{pro sklon} \geq 9 \%,$$

kde  $\theta$  je úhel sklonu svahu (rad nebo m/m) a výpočet goniometrické funkce musí být proveden v systému rad. [1]

### 3.1.6 Faktor účinnosti protierozních opatření (P)

Faktor protierozních opatření P je závislý na sklonu svahu a na druhu a parametrech jednotlivých protierozních opatření. WISCHMEIER a SMITH (1978) [21] stanovili hodnoty P faktoru pro obdělávání po vrstevnicích, pásové střídání plodin a hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic. Jestliže na pozemku nejsou tato opatření uplatněna nebo nelze předpokládat, že by byly dodrženy uvedené podmínky, vstupuje do výpočtu hodnota faktoru  $P = 1$ .

## 3.2 Použití rovnice USLE v prostředí GIS

Výpočet dlouhodobé ztráty půdy podle rovnice USLE byl vzhledem k plošnému rozsahu analyzovaného území proveden v prostředí programu ArcGIS (ArcMap 10.7). Tato varianta výpočtu využívá nástroj Raster Calculator z nadstavby Spatial Analyst, který provádí zadané početní operace mezi vstupními datovými vrstvami v rastrovém zobrazení. Pro použití této metody je klíčové obstarání vhodných podkladů pro tvorbu vrstev faktorů rovnice USLE.

### 3.2.1 Vstupní podklady pro aplikaci USLE v prostředí GIS

- vrstva zájmového území (povodí IV. řádu) – export ze struktury DIBAVOD [15]
- vrstvy vodních toků a nádrží – DIBAVOD ze stránek VÚV TGM, v.v.i. [15]
- vrstevnice ZABAGED – poskytnul VÚV TGM, v. v. i.
- vrstva BPEJ – staženo z Celostátní databáze BPEJ z webu SPÚ [14]
- vrstva LPIS – staženo z portálu eAGRI MZe [19]

### 3.2.2 Tvorba erozně hodnocených ploch (EHP)

Pro výpočet potřebných faktorů vstupujících do rovnice USLE v modifikaci GIS analýz bylo potřeba stanovit v zájmovém území erozně hodnocené plochy EHP. Jako výchozí podklad pro tvorbu EHP byl použit veřejný registr zemědělské půdy LPIS (Land Parcel Identification Systém). LPIS je geografický informační systém (GIS) MZe tvořený evidencí využití zemědělské půdy. Jelikož zájmové území tvoří povodí IV. řádu, nebylo nutné pro zhodnocení erozních poměrů zahrnout pozemky mimo hranice z. ú.

Erozně hodnocená plocha EHP je blok zemědělsky využívané půdy stejné kultury (dle LPIS orná půda, trvalý travní porost, vinice, ovocný sad aj.), na kterých je možné předpokládat nepřerušenu délku svahu. Nepřerušená délka svahu je měřena od rozvodnice nebo od horní hrany pozemku (pokud se nepředpokládá povrchový odtok z vyšších partií), vždy však od prvku přerušujícího povrchový odtok (cesta s příkopem, příkop, průleh, hrázka, apod.). Změna plodiny nebo změna technologie na pozemku bez přerušujícího prvku není důvodem pro přerušování výpočtové délky. [1]

U bloků orné půdy, travního porostu na orné půdě a ostatních ploch byla provedena analýza hranic bloků pomocí podkladové ortofoto mapy, výškopisu a funkce „panorama“ mapového portálu Mapy.cz [22]. Tam, kde bylo zjištěno či odhadnuto, že hranice bloku LPIS nepředstavuje bariéru povrchového odtoku, bylo provedeno sloučení dotčených bloků stejné kultury do jedné EHP. Tento postup zvyšuje výslednou hodnotu erozního smyvu z důvodu vyšší hodnoty LS faktoru. U bloků trvalého travního porostu byla tato analýza hranic bloků zanedbána z důvodu nízkého vlivu LS faktoru na výslednou hodnotu erozního smyvu, hranice jednoho bloku LPIS zde tedy odpovídá hranici jedné EHP. Zásadním faktorem u této kultury je faktor ochranného vlivu vegetace C, který celoročně nabývá velmi nízkých hodnot. U EHP s trvalým travním porostem z tohoto důvodu také nebyl předpokládán výskyt erozního ohrožení (což následný výpočet potvrdil), proto byly pro prezentaci výsledků analýzy erozního smyvu očíslovány pouze EHP na orné půdě, travním porostu na orné půdě a ostatní plochy (jiné kultury LPIS se v z. ú. nevyskytují). Do tvorby vrstvy EHP vstoupilo 541 bloků LPIS, ze kterých bylo vytvořeno 467 EHP, z nichž 56 bylo dle výše uvedeného postupu přiděleno číslo.

### 3.2.3 Stanovení LS faktoru

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze je vyjádřen kombinací faktoru sklonu svahu  $S$  a faktoru délky svahu  $L$ , tzv. topografickým faktorem  $LS$  v charakteristických (reprezentativních) odtokových drahách na vyšetřovaném pozemku, který představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22,13 m se sklonem 9 %. [1]

$LS$  faktor byl vyhodnocen metodou USLE2D. Vstupními daty pro výpočet  $LS$  faktoru v programu USLE2D jsou digitální model terénu (DMT) a vrstva pozemků „parcel“ (= EHP), jejichž příprava probíhá v programu ArcGIS. Při tvorbě DMT je nutné zohlednit i vnější vodu přitékající do zájmového území, avšak v tomto případě, kdy je zájmové území tvořeno povodím IV řádu, tato potřeba odpadá. DMT byl vytvořen pomocí nástroje Topo to Raster z vrstev zájmového území, vrstevnic, vodních toků a nádrží. Jako rozlišení rastru byla zvolena velikost buňky 5 x 5 m a pro získání hydrologicky korektního modelu byl dále použit vyhlazující nástroj Fill. Tvorba vrstvy EHP byla popsána v předchozí podkapitole.

Pro výpočet  $LS$  faktoru byly vrstva EHP převedena do rastrového formátu funkcí Features to Raster a reklasifikována funkcí Reclassify. Připravené rastrové vrstvy EHP a DMT je dále nutné převést do textového formátu ASCII (.asc) a dále Idrisi (.rst), se kterým program USLE2D pracuje. První převod byl proveden v programu ArcGIS nástrojem Raster to ASCII, druhý převod v pomocném programu LS converter. Samotný výpočet  $LS$  faktoru v programu USLE2D byl poté proveden s využitím routingu „Flux Decomposition“ a  $LS$  algoritmu „MC COOL, Moderate (rill = interill). Poté bylo nutné převést výstupní textový soubor  $LS$  faktoru zpět na rastrový formát.

### 3.2.4 Stanovení faktoru R

$R$  faktor vstupuje do výpočtu jako konstanta  $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ , což je průměrná hodnota  $R$  faktoru doporučovaná metodikou JANEČEK, M. a kol. (2012) [1] pro naprostou většinu plochy zemědělské půdy v ČR.

### **3.2.5 Stanovení faktoru K**

Vrstva K faktoru vychází z vrstvy bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ. Pomocí nástroje BPEJ přidaného do skupiny nástrojů ArcToolbox byla vygenerována nová vrstva BPEJ s číslicemi pětimístného kódu rozdělenými do samostatných sloupců atributové tabulky. Sloučením sloupců druhé a třetí číslice byl vytvořen sloupec HPJ. Dále byl vytvořen sloupec K faktoru, do kterého byly ručně vyplněny hodnoty podle převodní tabulky „Tab. 1.5 Hodnoty faktoru K pro jednotlivé HPJ“ z metodiky JANEČEK, M. a kol. (2012) [1]. Poté byla vektorová vrstva převedena na rastr, kde každé buňce 5 x 5 m je přidělena příslušná hodnota K faktoru.

### **3.2.6 Stanovení faktoru C**

Vrstva C faktoru byla vytvořena z vrstvy EHP. C faktor pro ornou půdu (kód LPIS 2 a 11) byl pro zjednodušení přidělen na základě převodní tabulky průměrných ročních hodnot C faktoru pro jednotlivé klimatické regiony z publikace KADLEC a TOMAN (2002) [23]. Kód klimatického regionu představuje první číslo z pětimístného kódu BPEJ. Naprostá většina EHP na orné půdě v zájmovém území spadá do klimatického regionu 9, tudíž jim byla přidělena hodnota C faktoru 0,179. Hodnoty C faktoru pro ostatní kultury byly stanoveny dle metodiky JANEČEK, M. a kol. (2012) [1]. Trvalým travním porostům (kód 7) tak byla přidělena hodnota 0,005, zalesněným půdám (kód 99) 0,001 a jiným trvalým kulturám (kód 5) 0,44. Poté byla vektorová vrstva opět převedena na rastr s hodnotou C faktoru.

### **3.2.7 Stanovení faktoru P**

Jelikož v zájmovém území nejsou žádná stávající protierozní opatření, hodnota P faktoru byla uvažována jako konstanta 1.

## **3.3 Metoda čísel odtokových křivek CN**

Metoda čísel odtokových křivek CN představuje jednoduchý srážkoodtokový model. Vstupy modelu se dají relativně snadno zjistit a model jako takový je dostatečně přesný a použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu. [1]



Čísla odtokových křivek CN vyjadřují podíly odtoku povrchového a hypodermického. S hodnotou CN roste pravděpodobnost výskytu povrchového odtoku. Základní vstup metody CN je návrhový srážkový úhrn zvolené doby opakování. Metoda CN transformuje objem (výšku) srážek na objem (výšku) odtoku pomocí čísel CN, jejichž hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepce a povrchové retence. [1]

Stanovení objemu přímého odtoku metodou CN probíhá na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu zadržitelnému objemu. Odtok začíná po počáteční ztrátě, (suma intercepce, infiltrace a povrchové retence), která byla stanovena na základě experimentálních měření na 20 % potenciální retence ( $I_a = 0,2A$ ). Výška přímého odtoku je pro  $H_s \geq 0,2A$  dána vztahem: [1]

$$H_0 = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A)$$

kde:  $H_0$  je přímý odtok (mm),

$H_s$  úhrn návrhového deště [mm],

A potenciální retence [mm], vyjádřená pomocí CN:

$$A = 25,4 (1000 / CN - 10) [1]$$

Objem přímého odtoku  $O_{pH}$  [m<sup>3</sup>] je pak dán vztahem:

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_0$$

kde:  $P_p$  je plocha povodí [km<sup>2</sup>].

Kulminační průtok se stanoví podle vztahu:

$$Q = 0,00043 \cdot q_{pH} \cdot P_p \cdot H_0 \cdot f$$

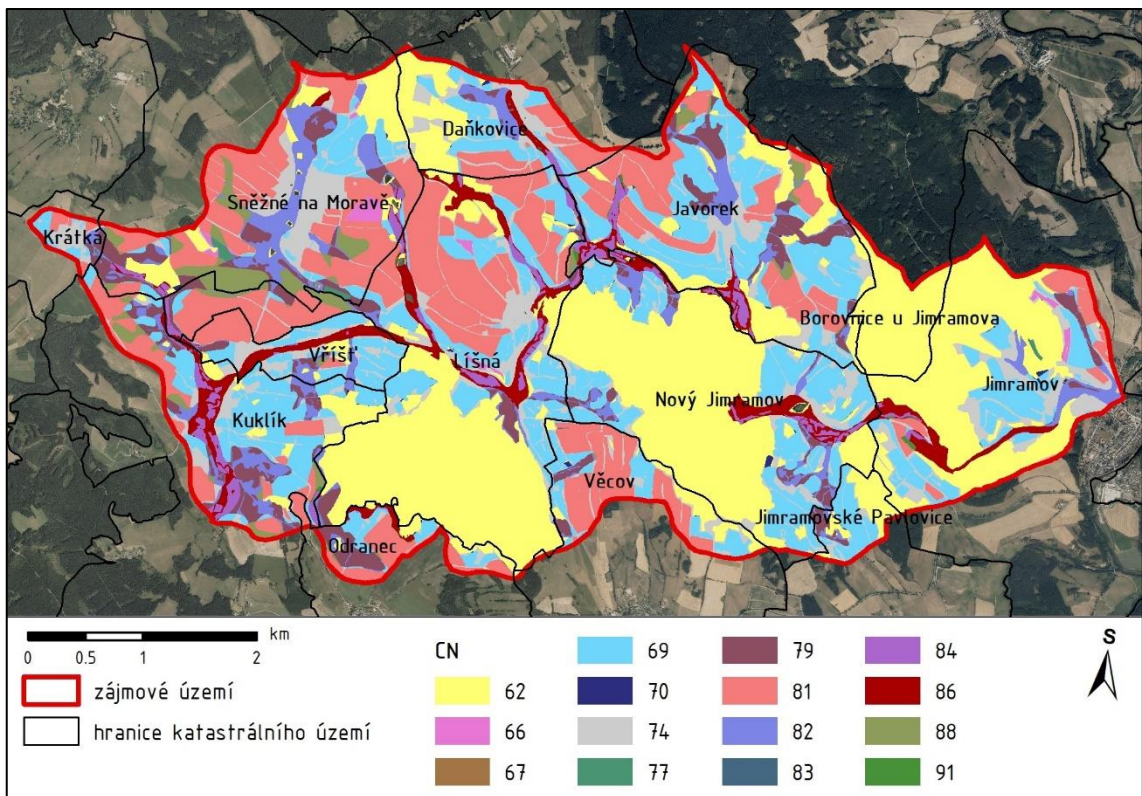
kde:  $q_{pH}$  je jednotkový kulminační průtok,

$H_0$  výška přímého odtoku [mm],

f opravný součinitel pro rybníky a mokřady [-]. [1]

### 3.3.1 Tvorba CN mapy v prostředí GIS

Čísla odtokových křivek CN jsou určena podle hydrologických vlastností půd, vlhkosti půdy a využití půdy. Půdy se podle hydrologických vlastností dělí do čtyř tzv. hydrologických skupin (HSP). Tvorba vrstvy HSP vychází z vrstvy BPEJ, resp. HPJ, na základě převodní tabulky z metodiky JANEČEK, M. a kol. (2012) [1]. Výskyt a popis HSP v zájmovém území je uveden v kap. 2.4.2. Druhou potřebnou vrstvou je vrstva pokryvu, která se vytvoří sloučením vrstev ploch lesů, intravilánů, bloků zemědělské půdy LPIS a ostatních ploch. Výsledná vrstva CN se vytvoří sloučením vrstvy HSP a pokryvu (funkce Union), u které je dále zapotřebí ručně přidělit hodnotu CN všem polygonům na základě tabulky CN pro IPS II (indexu předchozí nasycenosti pro střední nasycení půdy vodou) z metodiky JANEČEK, M. a kol. (2012) [1]. Určení průměrného CN pro povodí KB a KP se provede pomocí tabulkové zonální statistiky.



Obr. 11. Mapa CN v zájmovém území

### 3.4 DesQ-MaxQ

Hydrologický model DesQ-MaxQ byl vytvořen prof. Hrádkem v roce 1997 a aktualizován v roce 2000 na základě připomínek uživatelů a nového výzkumu autorů. Tento model, který je založen na metodě CN, je určen pro výpočet maximálního průtoku z povodí do velikosti 10 km<sup>2</sup>, které lze schematizovat buď jednou nebo dvěma odtokovými plochami (povodí typu „otevřené knihy“). K jeho aplikaci nejsou zapotřebí údaje o průtocích a vodních stavech na malých vodních tocích. Model lze využít pro: [24]

- výpočet maximálních N-letých průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání;
- výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a intenzity;
- odvození tvaru povodňových vln (časové řady);
- hodnocení dopadů hospodářské činnosti v povodí (land-use) na srážko-odtokové procesy. [24]

Tab. 9. Vstupní veličiny v modelu DesQ-MaxQ [24]

ozn.	charakteristika	jednotka	ozn.	charakteristika	jednotka
F	plocha povodí	km <sup>2</sup>	CN	číslo odtokové křivky	-
F <sub>s</sub>	plocha svahu	km <sup>2</sup>	N	doba opakování	rok
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu	%	H <sub>1dN</sub>	1-denní max. srážkový úhrn pro N	mm
γ	drsnostní charakteristika	s	L <sub>u</sub>	délka údolnice	km
CN <sub>typ</sub>	typ odtokové křivky (1,2,3)	-	I <sub>n</sub>	průměrný sklon údolnice	%

Tab. 10. Výstupní veličiny v modelu DesQ-MaxQ [24]

ozn.	charakteristika	jednotka	ozn.	charakteristika	jednotka
CN <sub>pr</sub>	přepočtené číslo CN - typ	-	<b>Kritický dešť</b>		
R <sub>p</sub>	potenciální retence povodí	mm	t <sub>dk</sub>	doba trvání deště	min
L <sub>s</sub>	průměrná délka svahu	km	i <sub>dk</sub>	intenzita deště	mm.min <sup>-1</sup>
L <sub>so</sub>	průměrná délka dráhy svahového odtoku	km	H <sub>dk</sub>	výška deště	mm
<b>Výpočtový dešť</b>			t <sub>1dk</sub>	doba bezodtokové fáze	min
t <sub>d</sub>	doba trvání deště	min	t <sub>spk</sub>	doba trvání přítoku	min
i <sub>d</sub>	intenzita deště	mm.min <sup>-1</sup>	i <sub>spk</sub>	intenzita přítoku	mm.min <sup>-1</sup>
H <sub>d</sub>	výška deště	mm	H <sub>spk</sub>	výška odtoku	mm
t <sub>1</sub>	doba trvání bezodtokové fáze	min	<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm nebo H<sub>1d100</sub></b>		
t <sub>sp</sub>	doba trvání přítoku	min	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny	10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup>
i <sub>sp</sub>	intenzita přítoku	mm.min <sup>-1</sup>			

ozn.	charakteristika	jednotka	ozn.	charakteristika	jednotka
H <sub>sp</sub>	výška přítoku	mm	t <sub>vh</sub>	doba vzestupu hydrogramu	min
t <sub>sk</sub>	doba koncentrace	min	r <sub>ph</sub>	doba poklesu hydrogramu	min
i <sub>sk</sub>	intenzita odtoku v době t <sub>sk</sub>	mm.min <sup>-1</sup>	t <sub>kh</sub>	doba trvání kulminace hydrogramu	min
H <sub>so</sub>	výška odtoku	mm			
max i <sub>so</sub>	max. intenzita odtoku ze svahu	mm.min <sup>-1</sup>	t <sub>ch</sub>	celková doba trvání odtoku	min
Q <sub>max</sub>	maximální průtok	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>			

### 3.5 Kritické body a profily

KB je definován jako průsečík hranice zastavěného území obce (intravilánu) s vygenerovanou linií DSO s velikostí přispívající plochy  $\geq 0,3 \text{ km}^2$  a zároveň  $< 10 \text{ km}^2$ . Rozhodující pro identifikaci KB ve vztahu k přívalovým srážkám problematických lokalit jsou následující kritéria:

- K 1. velikost přispívající plochy  $0,3\text{--}10,0 \text{ km}^2$ ,
- K 2. průměrný sklon přispívající plochy  $\geq 3,5 \%$ ,
- K 3. podíl plochy orné půdy v povodí  $\geq 40 \%$ . [25]

Pro doplnění analýzy odtokových poměrů byly kromě KB stanoveny i tzv. kritické profily (KP) s jediným kritériem, a to velikostí přispívající plochy  $\geq 0,03 \text{ km}^2$  a zároveň  $< 10 \text{ km}^2$ . Jsou to místa splňující výše zmíněnou definici kritického bodu doplněnou o místa, kde DSO kříží infrastrukturu nebo na ni navazuje (soutok s vodním tokem, propustek pod komunikací apod.) z důvodu ověření kapacity uzávěrového profilu. KP nemusí splňovat výše uvedená kritéria K1–K3.

### 3.6 Identifikace KB a KP v prostředí GIS

Základním podkladem pro identifikaci kritických bodů je digitální model terénu, který byl převzat z analýzy odtokových poměrů (viz kap. 3.2.3). Z vyhlazeného DMT byly dále vytvořeny rastry plastického modelu (nástroj Hillshade), sklonitosti (Slope, viz kap. 2.3), směrů odtoků (Flow direction), akumulací odtoků (Flow Accumulation) a odtokových linií (Flow Length).

Z definice kritického bodu vyplývá nutnost vygenerování DSO. K tomu byl použit rastr akumulací odtoku, který je založen na sčítání počtu buněk, ze kterých voda stéká do právě počítané buňky. V buňkách s nejvyššími hodnotami dochází ke koncentraci

povrchového odtoku, naopak buňky s nulovou hodnotou představují rozvodnice. Vstupní DMT má velikost buňky rozlišení 5 x 5 m. Vrstva rastru akumulace byla kategorizována pro identifikaci jak KB, tak i KP, tedy na hodnoty, které představují sběrnou plochu 0–0,03 km<sup>2</sup>, 0,03–0,3 km<sup>2</sup> a větší než 0,3 km<sup>2</sup>.

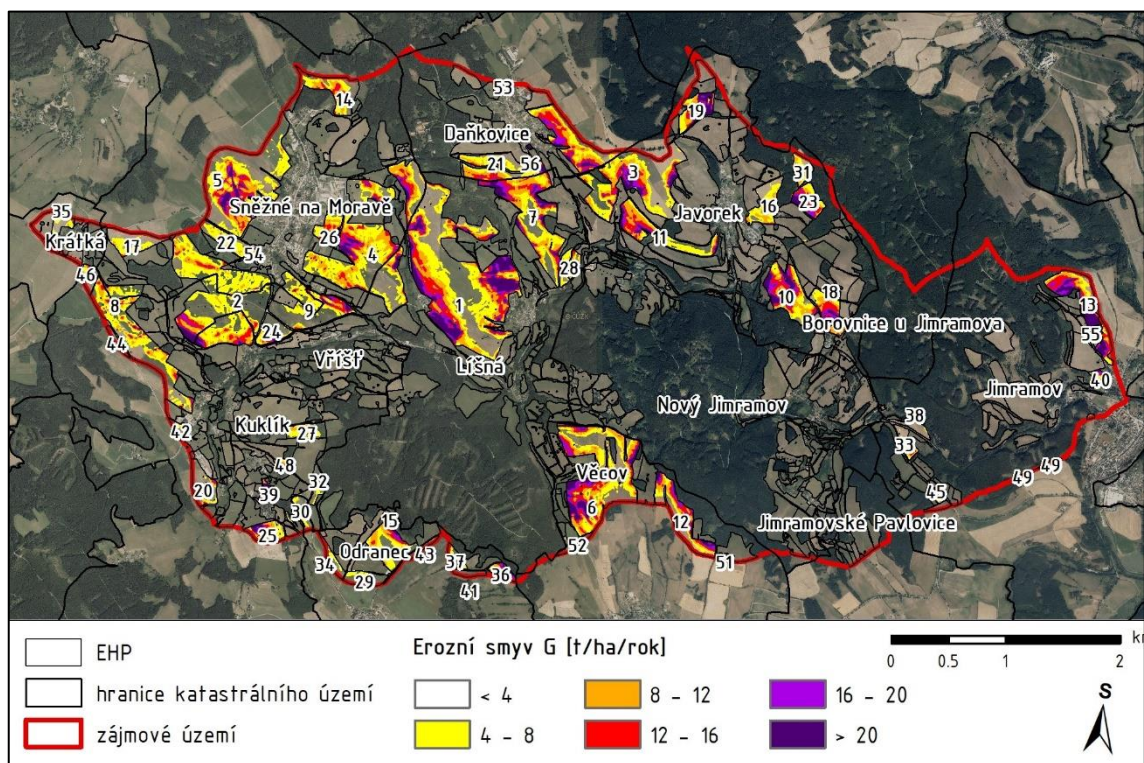
S takto připraveným rastrem DSO lze s pomocí vrstvy intravilánu či podkladové ortofotomapy identifikovat potencionální KB s tím, že je dále nutné ověřit podmínky K2 (průměrný sklon povodí) a K3 (podíl orné půdy v povodí). U KP je výše uvedený postup obdobný s tím rozdílem, že podmínky K2 a K3 nemusí být splněny. Mnou identifikované KB se shodují s KB vedenými v databázi Povodňového informačního systému (POVIS), jejichž vrstvu mi poskytl VÚV TGM, v. v. i.

Pro výpočet metodou DesQ-MaxQ je nutné zjistit parametry sběrné plochy a údolnice. Hranice povodí KB a KP i údolnice byly vyneseny ručně na podkladu vrstevnic, modelu hillshade a vrstvy odtokových linií. Plochy povodí a délky údolnic pak byly zjištěny pomocí atributové tabulky, sklonitostní poměry a hodnoty průměrných CN pomocí tabulkové zonální statistiky.

## 4 Výsledky

### 4.1 Vyhodnocení erozních poměrů

Jak bylo popsáno v kapitole 3.2.2, do výpočtu průměrného erozního smyvu dle metody USLE vstoupilo 467 EHP, z nichž 56 z nich bylo označeno číslem. V tab. 11 je uveden přehled označených EHP na orné půdě o velikosti nad 2 ha. Pomocí zonálních statistik a histogramů byla vypočtena průměrná ztráta půdy plošnou erozí G a také plochy ohrožené a neohrožené vodní erozí na základě porovnání s přípustnou hodnotou ztráty půdy 4 t/ha/rok. V zájmovém území tak bylo identifikováno 31 EHP s rozlohou nad 2 ha, u nichž průměrná hodnota erozního smyvu překračuje 4 t/ha/rok. Tento výsledek se může zdát být příznivým, avšak nepovažuji ho za směrodatný, a to zprv z důvodu velkého zastoupení trvalých travních porostů v zájmovém území, které jsou navíc distribuovány ve velkém množství bloků LPIS, a zadruhé z důvodu zvoleného postupu tvorby EHP, kdy byly slučovány pouze bloky orné půdy. Za zásadní však považuji výsledek **375,1 ha erozně ohrožené orné půdy**, tedy podíl 68,5 % z její celkové plochy. Za příznivou považuji okolnost, že plochy s vyššími hodnotami erozního smyvu se vyskytují koncentrovaně pouze na několika místech.



Obr. 12. Mapa erozní ohroženosti zájmového území

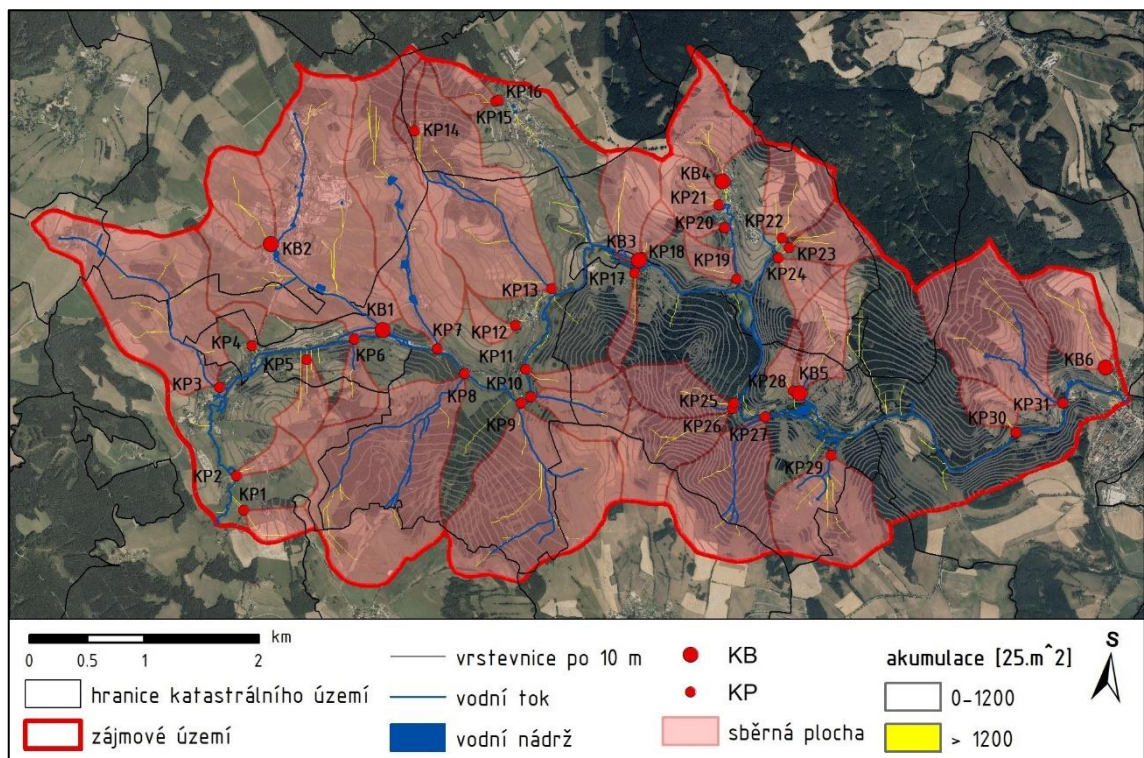


Tab. 11. Přehled ohroženosti vybraných EHP vodní erozí

EHP	Kód uživatele pozemku	Kód LPIS	Plocha [ha]	Průměrná ztráta půdy plošnou erozí G [t/ha/rok]	Plocha [ha]	
					G<4t/ha/rok	G>4t/ha/rok
1	5701; 5802/1; 6701/7; 6704; 6705; 6712/3; 6712/4; 6712/8; 6712/9; 6807/2	2	85.13	<b>9.99</b>	26.69	<b>58.35</b>
2	8701/6; 8701/15; 8701/16; 8701/26	2	52.16	<b>6.41</b>	18.15	<b>33.98</b>
3	4602/15; 4602/17; 4602/18; 4604/4; 5511/1; 5511/4; 5601/18; 5601/6; 5601/9; 5603/2; 5604	2; 11	46.30	<b>8.79</b>	14.65	<b>31.62</b>
4	6707/6; 6707/10; 6707/13; 7703/5; 7703/6	2	44.79	<b>7.27</b>	13.71	<b>31.08</b>
5	8601/8; 8601/12; 8601/13; 8601/14; 8601/19; 8601/20; 8603; 8605/2; 8605/7	2	40.71	<b>6.95</b>	19.01	<b>21.74</b>
6	4904/1; 4904/14; 4904/5; 5903/1; 5903/4	2	38.70	<b>9.85</b>	9.60	<b>29.02</b>
7	5601/16; 5601/17; 5605/1; 5607/3; 5709/8	2	31.32	<b>10.12</b>	5.82	<b>25.45</b>
8	9802/6; 9802/12; 9802/21	2	27.33	<b>5.64</b>	11.70	<b>15.59</b>
9	7707/5; 7707/7	2; 11	18.05	<b>5.59</b>	9.07	<b>8.98</b>
10	3701/2; 3701/3; 3705/10; 3705/12; 3705/4; 3705/8	2; 11	13.77	<b>13.94</b>	0.78	<b>13.00</b>
11	4712; 5601/12; 5601/13	2	11.91	<b>9.98</b>	1.84	<b>10.07</b>
12	4904/32; 4904/33; 4904/40	2	11.75	<b>8.83</b>	4.28	<b>7.43</b>
13	0805/16; 0805/17; 0805/19; 0805/24; 0805/30; 0805/31	2	11.31	<b>12.84</b>	1.63	<b>9.67</b>
14	7502/1; 7505/1	2	10.23	<b>6.74</b>	4.07	<b>6.17</b>
15	6004/1	2	10.02	<b>7.54</b>	3.05	<b>6.97</b>
16	2703/3; 3603/7	2	7.20	<b>5.82</b>	2.57	<b>4.64</b>
17	9704/8	2	7.12	<b>3.50</b>	4.66	<b>2.46</b>
18	2702/4; 2702/6; 2702/7	2	6.76	<b>11.38</b>	0.49	<b>6.26</b>
19	4501/3	2	6.48	<b>18.18</b>	0.16	<b>6.22</b>
20	8903/6	2	5.56	<b>2.90</b>	4.66	<b>0.92</b>
21	5608/1; 5608/5	2	5.62	<b>5.18</b>	1.88	<b>3.75</b>
22	8701/12; 8701/14	2	5.47	<b>5.39</b>	1.58	<b>3.90</b>
23	2703/10	2	5.12	<b>14.98</b>	0.23	<b>4.85</b>
24	7803	2	4.94	<b>5.67</b>	2.61	<b>2.34</b>
25	8913/5	2	4.83	<b>9.89</b>	0.87	<b>3.97</b>
26	7702/5; 7705/3; 7705/4	2	4.39	<b>8.57</b>	0.77	<b>3.62</b>
27	7903/14	2	4.25	<b>5.31</b>	1.43	<b>2.84</b>
28	5709/1; 5709/5	2	4.00	<b>6.25</b>	0.97	<b>3.02</b>
29	6004/4	2	3.91	<b>3.02</b>	2.89	<b>1.03</b>
30	7904/1	2	3.71	<b>3.66</b>	2.51	<b>1.21</b>
31	3602	2	3.29	<b>8.13</b>	0.70	<b>2.59</b>
32	7903/2; 7903/11	2	3.10	<b>2.20</b>	2.77	<b>0.33</b>
33	2907/1	2	2.76	<b>6.07</b>	1.26	<b>1.49</b>
34	7908/2	2	2.47	<b>5.16</b>	1.68	<b>0.78</b>
35	9607/5; 9701/1	2	2.39	<b>4.11</b>	1.70	<b>0.69</b>
36	5011/2	2	2.40	<b>11.77</b>	0.23	<b>2.13</b>
37	6003/1	2	2.29	<b>3.61</b>	1.76	<b>0.52</b>
38	2803/3	2	2.08	<b>1.62</b>	1.99	<b>0.09</b>

## 4.2 Vyhodnocení odtokových poměrů

Odtokové poměry byly vyhodnoceny na základě identifikace KB a KP. V celém zájmovém území bylo identifikováno **6 KB a 31 KP**. Pro výpočet metodou DesQ-MaxQ byly vybráno kromě všech 6 KB i 14 KP, u kterých bylo předpokládáno větší potenciální ohrožení intravilánu nebo infrastruktury mimo zastavěnou plochu. Výpočet byl proveden ve variantě I, tedy pro maximální N-letý průtok vyvolaný deštěm kritické doby trvání. Hodnoty maximálních jednodenních úhrnů byly převzaty z nejbližší srážkoměrné stanice Polička. Výpočtem byly získány veškeré odtokové charakteristiky uvedené v tab. 10 (kap. 3.4), avšak pro velký objem dat uvádím v přehledné tabulce KB a KP (tab. 12) pouze hodnoty stoletého kulminačního průtoku a objemu stoleté povodňové vlny. V této tabulce jsou uvedeny i vstupní hodnoty pro výpočet metodou DesQ-MaxQ. Z mapy KB a KP v zájmovém území (obr. 13) lze konstatovat velký rozptyl ve velikosti jednotlivých sběrných ploch (0,032–2,47 km<sup>2</sup>). Příznivou okolností je minimální výskyt drah soustředěného odtoku na orné půdě. U KB1 a řady KP, které se nachází na vodních tocích, je třeba poznamenat, že výpočet kulminačních průtoků metodou DesQ-MaxQ je pouze orientační a pro případný návrh opatření by bylo zapotřebí získat průtokové řady a data o vodních stavech na těchto tocích z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).



Obr. 13. Mapa KB a KP v zájmovém území



Tab. 12. Charakteristiky KB a KP v zájmovém území

OZN	Katastrální území	Plocha	Délka	Sklon	θ sklon	θ CN	Q <sub>100</sub>	WP <sub>VI,100</sub>
		povodí	údolnice	údolnice	povodí	[-]	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	[10 <sup>3</sup> ·m <sup>3</sup> ]
		[km <sup>2</sup> ]	[km]	[%]	[%]			
KB1	Líšná	2.470	2.948	4.6	8.54	79.25	22.00	94.20
KB2	Sněžné na Moravě	0.368	0.989	6.4	9.68	81.33	5.80	12.00
KB3	Nový Jimramov	0.367	1.090	8.1	13.31	79.72	5.47	11.20
KB4	Javorek	0.425	1.154	12.2	15.05	73.98	4.45	10.20
KB5	Nový Jimramov	0.331	1.021	9.2	17.62	73.72	3.67	7.48
KB6	Jimramov	0.433	1.085	10.2	18.61	72.56	3.99	8.98
KP1	Kuklík	0.143	0.686	10.2	12.56	79.83	-	-
KP2	Kuklík	0.108	0.635	10.9	13.51	73.88	-	-
KP3	Kuklík	1.403	2.465	4.4	9.20	77.57	14.20	44.90
KP4	Vříšť	0.092	0.609	7.6	7.96	80.81	1.64	2.45
KP5	Vříšť	0.183	0.779	10.4	10.70	75.94	2.33	4.52
KP6	Vříšť	0.177	0.715	10.2	10.49	69.67	-	-
KP7	Líšná	1.266	2.568	5.7	11.45	75.57	-	-
KP8	Líšná	1.697	2.867	5.9	10.77	68.32	-	-
KP9	Líšná	1.488	1.420	5.6	14.13	68.81	6.39	31.80
KP10	Líšná	0.312	0.873	12.2	14.87	73.83	-	-
KP11	Líšná	0.127	0.837	15.5	17.05	68.27	-	-
KP12	Líšná	0.092	0.674	7.3	8.52	79.45	1.59	2.16
KP13	Líšná	1.415	2.669	8.3	13.58	72.54	-	-
KP14	Daňkovice	0.075	0.672	13.2	12.93	62.01	-	-
KP15	Daňkovice	0.035	0.420	12.9	14.60	72.10	0.44	0.59
KP16	Daňkovice	0.116	0.799	13.2	15.88	69.89	1.17	1.93
KP17	Nový Jimramov	0.085	0.894	16	17.48	64.36	-	-
KP18	Nový Jimramov	0.088	0.475	18.1	18.31	74.69	1.17	1.70
KP19	Javorek	0.112	0.726	11.5	15.32	72.40	-	-
KP20	Javorek	0.032	0.437	16	17.22	69.62	0.35	0.36
KP21	Javorek	0.209	0.622	12.2	15.90	74.96	2.22	5.41
KP22	Javorek	0.380	0.756	10.2	14.29	73.16	-	-
KP23	Javorek	0.232	0.626	11.5	15.04	69.42	-	-
KP24	Javorek	0.145	0.463	10.3	15.86	76.06	-	-
KP25	Nový Jimramov	0.306	0.949	18.2	20.90	62.01	1.33	4.47
KP26	Nový Jimramov	0.503	1.264	13.3	18.51	67.89	-	-
KP27	Nový Jimramov	0.838	1.435	9.2	19.94	65.78	-	-
KP28	Nový Jimramov	0.084	0.641	18.5	18.53	69.27	0.85	1.12
KP29	Nový Jimramov	0.704	1.007	9.8	17.59	70.30	4.34	17.60
KP30	Jimramov	0.158	0.711	20.4	23.19	68.47	-	-
KP31	Jimramov	1.049	1.604	9.4	18.01	64.73	4.07	21.50

Na základě identifikace KB a KP bylo možné uskutečnit terénní průzkum. Ten byl proveden v rozsahu všech KB a KP, u kterých byl proveden výpočet odtokových

charakteristik. Během průzkumu byla ověřena správnost umístění KB a KP vzhledem k DSO a pořízena fotodokumentace uzávěrových profilů. V následujících podkapitolách jsou uvedeny podrobné popisy všech šesti KB a dále čtyř vybraných KP, které ukazují různé přístupy k řešení nepříznivých vlivů povrchového odtoku v zájmovém území. V některých případech lze i bez dalších výpočtů konstatovat relativně vhodná opatření ve sběrných plochách a dostatečnou kapacitu uzávěrových profilů (např. KP15 a KP16). Naopak v jiných případech je možné pochybovat o vhodnosti řešení a dostatečné kapacitě objektu představujícího uzávěrový profil (KB1, KB4, KB5). V těchto případech byl popis doplněn stručným návrhem variant opatření, která by vedla ke snížení a zpomalení odtoku a eliminaci negativních důsledků včetně opatření ve sběrné ploše vedoucí ke snížení erozního ohrožení dotčených EHP. V podkapitole 4.2.11 uvádím fotodokumentaci ostatních KP, které nebyly vybrány k podrobnému popisu.

#### **4.2.1 Kritický bod KB1**

Kritický bod KB1 má ze všech identifikovaných kritických bodů a profilů největší sběrnou plochu (necelých 2,5 km<sup>2</sup>) a největší kulminační průtoky ( $Q_{100} = 22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Průtoky vypočtené metodou DesQ považují z důvodu DSO na vodním toku za velmi orientační. DSO odpovídá v celé délce korytu Sněženského potoka. Většina plochy povodí KB1 leží v k. ú. Sněžné na Moravě, bod sám leží v k. ú. Líšná, avšak ohrožuje intravilán obce Vříšť. Povodí KB1 tvoří z většiny zemědělská půda (odhad 60 %), ze které převažuje orná půda. Největší riziko z hlediska vniku splavenin do vodního toku představuje EHP9 s průměrným erozním smyvem  $G = 5,59 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  ležící v bezprostřední blízkosti toku na jeho pravém břehu, kde je na místě návrh plošných protierozních opatření. Sběrná plocha zahrnuje také celý intravilán obce Sněžné, který je odvodňován jednotnou sítí. Ta je napojena na mechanicko biologickou čistírnu odpadních vod (ČOV) pro 1670 ekvivalentních obyvatel [26]. Ochranu intravilánu obce Vříšť od relativně velkého kulminačního průtoku bych řešil v první řadě úpravou vodního toku v kombinaci s návrhem ochranné malé vodní nádrže v úseku mezi čistírnou (km 0,26 – km 0,63) v případě výskytu vhodného údolního profilu.



Obr. 14. KB1 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)

#### 4.2.2 Kritický bod KB2

Sběrná plocha KB2 se nachází západně od Sněžného na Moravě. Údolnice od rozvodnice prochází nejprve přes ornou půdu v délce cca 730 m. Jedná se o erozně hodnocenou plochu EHP5 s průměrným erozním smyvem  $G = 6,95 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Většina plochy EHP5 (odhadnuto 85 %) v povodí KB2 byla vyhodnocena jako erozně ohrožená, je tedy na místě doporučit návrh plošných i liniových (zatravnění DSO) opatření. Údolnice dále protíná silnici II/353 propustkem vhodně umístěným přímo v dráze soustředěného odtoku. Propustek lze označit za kritický profil, avšak z důvodu existence KB2 nebyl zahrnut do analýzy. Údolnice dále pokračuje v délce zbylých 260 m přes pozemek s trvalým travním porostem s menší sklonitostí, tedy je možné zde předpokládat ukládání erodovaných půdních částic z EHP5. DSO vniká do zahrady rodinného domu, fotografie nebyla pořízena z důvodu nesouhlasu majitele. Stoletý kulminační průtok pro KB2 byl stanoven na  $5,8 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Reálná hodnota může být ovlivněna existencí plošných odvodňovacích systémů v povodí kritického bodu (na orné půdě i TTP) [19].



Obr. 15. KB2 – pohled na sběrnou plochu

### 4.2.3 Kritický bod KB3

Sběrná plocha KB3 se nachází především v k. ú. Javorek, avšak potenciálně ohrožena je obec Nový Jimramov, konkrétně část Jimramovské Paseky. Většinu rozlohy zabírají pozemky s ornou půdou (odhad 60 %), zbytek především TTP. Kritický bod se nachází na vtoku do zrekonstruovaného objektu mlýna, ve kterém se nachází funkční vodní kolo a malá vodní elektrárna. Ta je poháněna vodou uměle odvedenou náhonem z řeky Fryšávky, který je regulovatelný stavidlovým uzávěrem. DSO kritického bodu KB3, která v horní části povodí prochází po zatravněných pozemcích, navazuje v dolní části na vodní tok VT25, který se napojuje na mlýnský náhon až za objektem stavidla. Z důvodu existence náhonu považuji vypočtené hodnoty kulminačních průtoků v KB3 metodou DesQ ( $Q_{100} = 5,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) za velmi orientační. V případě posunu KB3 na místo soutoku DSO s náhonem by výpočet více odpovídal realitě, přičemž potenciální ohrožení objektu mlýna a elektrárny by v případě potřeby mělo být ověřeno samostatnou hydraulickou analýzou uvažující veškeré okolnosti za použití odpovídajících podkladů (průtoková data z ČHMÚ, dokumentace MVE apod.). Z hlediska eroze v povodí KB jsou významné především části EHP3 ( $G = 8,79 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) a EHP11 ( $G = 9,98 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ), u kterých je vhodné snížit erozní ohroženost návrhem plošných opatření.



Obr. 16. KB3 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)

### 4.2.4 Kritický bod KB4

Kritický bod KB4 i jeho sběrná plocha se nachází v k. ú. Javorek. Většinu plochy v povodí tvoří pozemky s trvalým travním porostem (odhad 60 %), zbytek lesy (20 %) a orná půda (20 %). Zhruba polovina zemědělské půdy je odvodněna plošnými



drenážními systémy. Jediný pozemek s ornou půdou (EHP19) s průměrným erozním smyvem  $G = 18,18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  je z hlediska plošné eroze nejvíce ohroženým pozemkem v zájmovém území. Pro snížení erozní ohroženosti se nabízí návrh plošných opatření v kombinaci se svodným průlehem (snížení délky svahu). Pro ochranu zástavby před negativními důsledky soustředěného odtoku ze sběrné plochy KB4 se mi jeví jako nejvhodnější řešení návrh dostatečně kapacitního systému odvodňovacích příkopů a propustků podél silnice II/353 a místní komunikace (směrem na Javorek), který by vodu bezpečně převedl intravilánem. Pro zachycení vod z pravého svahu sběrné plochy pod silnicí II/353 by bylo vhodné navrhnout doplňkový svodný průleh nebo příkop těsně nad intravilánem navazující na odvodňovací příkop podél komunikace.



Obr. 17. KB4 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)

#### 4.2.5 Kritický bod KB5

Povodí KB5 leží z větší části v k. ú. Javorek, potenciálně ohrožen je intravilán Nového Jimramova. V první polovině vede DSO příkopem místní komunikace (Javorecká cesta), poté v lokalitě Na Louži prochází suchou ochrannou nádrží. Pod suchou nádrží vede DSO po trvale zatravněných pozemcích, 200 m nad kritickým bodem přechází v koryto bezejmenného vodního toku VT12. Většinu rozlohy sběrné plochy zabírají pozemky s TTP (odhad 60 %), zbytek orná půda a lesy. V horní části povodí se nachází plošně odvodněná EHP18 na orné půdě s průměrným erozním smyvem  $G = 11,38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . K sedimentaci splavenin z této plochy pravděpodobně dochází ve zmíněné suché nádrži, erozní ohroženost by proto měla být snížena plošnými opatřeními. I přes okolnost, že vypočtené kulminační průtoky ( $Q_{100} = 3,67 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ) budou

ve skutečnosti nižší z důvodu transformace povodňové vlny suchou nádrží, je vhodné ověřit kapacitu koryta toku VT12 a navazujícího propustku, který představuje uzávěrový profil sběrné plochy KB5.



*Obr. 18. KB5 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)*

#### **4.2.6 Kritický bod KB6**

Rozlohu povodí KB6 zabírají lesy (odhad 40 %), orná půda (30 %) a pozemky s TTP (30 %). DSO prochází po plošně odvodněných kulturních loukách a v místě kritického bodu vniká do zahrad rodinných domů. EHP13 na orné půdě s průměrným erozním smyvem  $G = 12,84 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  by měla být částečně zatravněna v místech se sklonitostí nad 20 %, u zbylých ploch by měla být navržena jiná plošná opatření snižující erozní ohroženost. Jako řešení ochrany nemovitostí se díky konfiguraci terénu a dostatku prostoru nabízí návrh svodného průlehu nebo příkopu, který by odklonil soustředěný odtok od nemovitostí a za hranicemi zahrad jej svedl přímo do toku řeky Fryšávky. Metodou DesQ byla hodnota  $Q_{100}$  stanovena na  $3,99 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Fotodokumentace nebyla pořízena z důvodu silniční uzavírky v době provádění terénního průzkumu.

#### **4.2.7 Kritický profil KP3**

Rozložení kultur v povodí KP3 bylo odhadnuto následovně – TTP 40 %, orná 40 %, lesy 10 %, intravilán 10 % (obec Krátká). DSO je totožná s vodním tokem Krátký. KP3 byl identifikován pro potřeby ověření kapacity uzávěrového profilu, kterým je propustek z Benešových ráků pod silnicí II/354. Erozní ohroženost na dotčených EHP se především z důvodu nízké sklonitosti povodí vyskytuje v relativně malé míře. Výjimku



představuje část EHP2 na obdělávaném jihozápadním svahu kopce Klobouk. Stoletý kulminační průtok  $14,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  stanovený metodou DesQ je po průtoku v KB1 druhým největším ze všech průtoků v KB a KP v zájmovém území. Snížení a oddálení kulminace by mohlo být vhodné provést návrhem a realizací opatření na toku Krátký, např. ochrannou nádrží či soustavou, přehrážkami, úpravou trasy vodního toku (prodloužení délky toku) či kombinací zmíněných variant.



Obr. 19. KP3 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)

#### 4.2.8 Kritický profil KP4

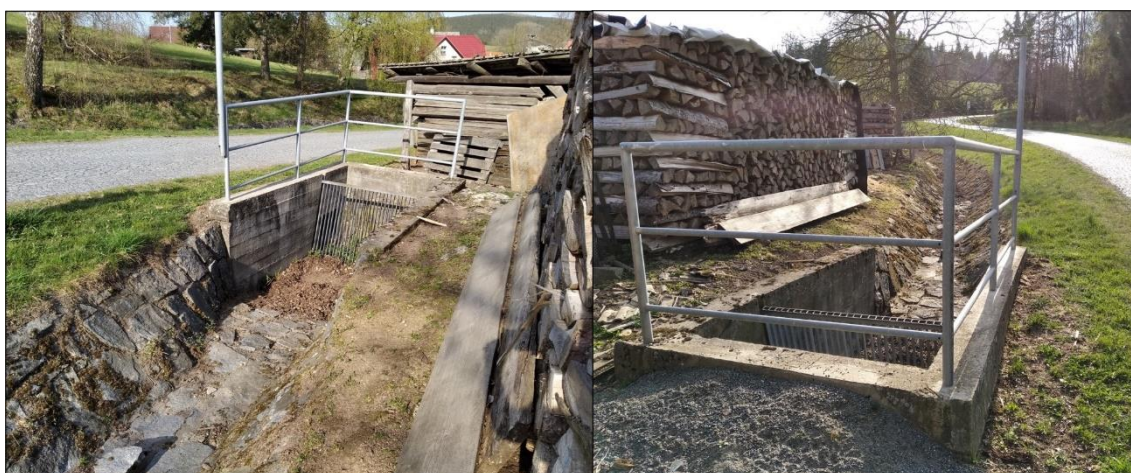
Kritický profil KP4 byl vybrán k výpočtu ze dvou důvodů. Prvním je ověření kapacity propustku pod silnicí II/354 představujícího uzávěrový profil, druhým je 100 % zastoupení orné půdy ve sběrné ploše kritického profilu. DSO se tvoří v dolní polovině délky údolnice, v délce 180 m prochází po orné půdě a v posledních 70 m vede odvodňovacím příkopem silniční komunikace. Sběrná plocha je tvořena částí jednoho bloku LPIS, který spadá do EHP2. Kulminační průtok  $Q_{100}$  byl stanoven na  $1,64 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Na místě je návrh liniového opatření v podobě zatravnění DSO pro vyloučení rizika vzniku rýhové eroze v kombinaci s plošnými opatřeními snižujícími plošný erozní smyv.



*Obr. 20. KP4 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)*

#### **4.2.9 Kritické profily KP15 a KP16**

Povodí kritických profilů KP15 a KP16 na úpatí Buchtova kopce v k. ú. Daňkovice tvoří lesní porosty (odhadem v souhrnu 60 %) a kulturní louky (40 %). Kritické profily byly identifikovány samostatně, neboť subpovodí jsou zřetelně vymezena místní komunikací z Daňkovic na vrchol Buchtova kopce. Po obou stranách se nachází odvodňovací příkopy opevněné kamenem a betonem s několika přehrážkami pro zpomalení odtoku. Pravý příkop (po směru proudění) sbírající a odvádějící odtok z menšího subpovodí náleží ke KP15, levý ke KP16. Uzávěrové profily obou KP tvoří vtokové objekty osazené česlemi. Vypočtené hodnoty stoletých kulminačních průtoků činí pro KP15  $0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a pro KP16  $1,17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Tyto průtoky lze vztáhnout po česle, neboť KP15 je za česlemi převeden propustkem pod komunikací za česle KP16, kde se nachází usazovací jímka dále ústící do dešťové kanalizace (bývalé jednotné kanalizace).



*Obr. 21. KP15 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)*





*Obr. 22. KP16 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)*

#### **4.2.10 Fotodokumentace dalších vybraných KP**

V této podkapitole jsou uvedeny fotografie ostatních KP pořízených během terénního průzkumu. Jedná se o KP9 (soutok VT32 a Fryšávky), KP12 (propustek na DSO na hranici intravilánu), KP18 (propustek na odvodňovacím příkopu místní komunikace), KP21 (vnik DSO do intravilánu), KP25 (propustek na VT16 pod silnicí III/35726), KP29 (průtok VT5 zahradou) a KP31 (propustek na VT1 pod silnicí III/35726). Jedná se o povodí s přispívající plochou v rozsahu 0,08–1,05 km<sup>2</sup>, průměrným sklonem povodí 8,5–20,9 % a stoletým kulminačním průtokem 1,17–6,39 m<sup>3</sup>/s (viz tab. 12).



*Obr. 23. KP9 – uzávěrový profil (vlevo), dílčí KP (vpravo)*

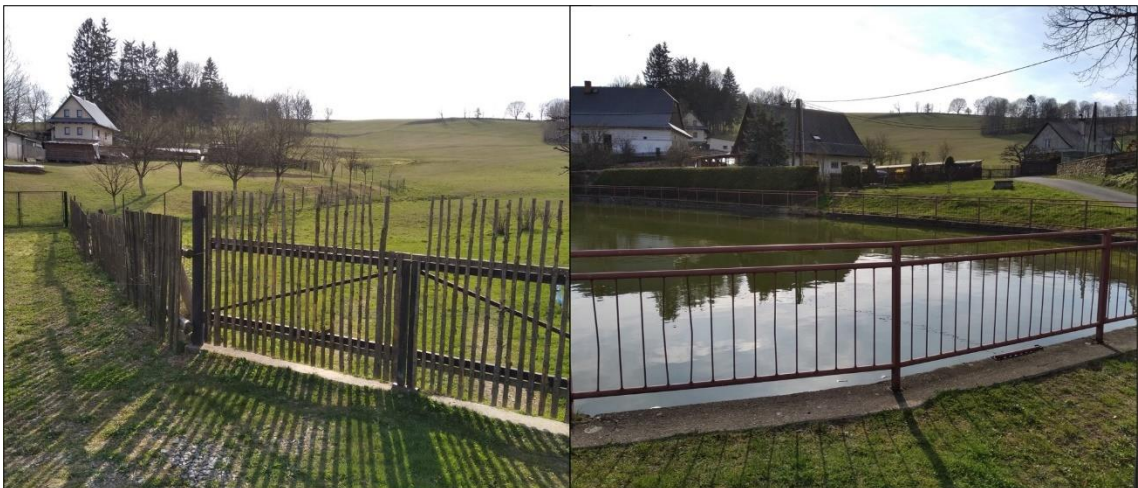




*Obr. 24. KP12 – pohled směrem do povodí (vlevo), na uzávěrový profil (vpravo)*



*Obr. 25. KP18 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)*



*Obr. 26. KP21 – uzávěrový profil a pohled do povodí (vlevo), přilehlá vodní nádrž (vpravo)*





*Obr. 27. KP25 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)*



*Obr. 28. KP29 – uzávěrový profil*



*Obr. 29. KP31 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo)*

### 4.3 Vyhodnocení ohroženosti katastrálních území

Po vyhodnocení erozních a odtokových poměrů bylo možné porovnat ohroženost jednotlivých k. ú. v zájmovém území. Z tohoto hodnocení byla vyjmuta k. ú. Borovnice a Krásné nad Svratkou z důvodu minimálního zastoupení v zájmovém území. Pro závěrečné hodnocení byly zvoleny následující parametry katastrálních území – plocha katastrálního území v zájmovém území, plocha EHP vstupujících do rozboru erozních poměrů, průměrný erozní smyv G, plocha ohrožená vodní erozí ( $G > 4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ), počet KB a KP a průměrná hodnota CN. Územím byla přidělena pořadí ke všem hodnoceným parametrům vzestupně od nejméně příznivé hodnoty. Na základě součtu dílčích pořadí bylo vyhodnoceno pořadí výsledné, kdy nejmenší součet dílčích pořadí představuje nejnižší výsledné pořadí ohroženosti. Z takto sestavené tabulky ohroženosti vyplynulo, že nejvíce ohroženým v zájmovém území je k. ú. **Líšná**, poté těsně následuje k. ú. **Sněžné na Moravě** a **Javorek**. Závěrem zhodnocení doporučuji v případě návrhu opatření pro zmírnění negativních důsledků erozních a odtokových poměrů v povodí řešit primárně tato tři katastrální území.

Tab. 13. Vyhodnocení ohroženosti katastrálních území

Katastrální území	Plocha k. ú. v z. ú.		Plocha EHP		ø erozní smyv G		Plocha, kde $G > 4 \text{ t/ha/rok}$		Počet KB/KP		ø CN		Σp	Pořadí ohroženosti
	[ha]	p	[ha]	p	[t/ha/rok]	p	[ha]	p	[-]	p	[-]	p		
<b>Líšná</b>	577.2	1	259.2	1	5.18	2	96.8	1	3	4	71.6	9	18	<b>1</b>
<b>Sněžné na Moravě</b>	336.2	4	204.0	3	4.66	3	91.7	2	0	7	77.4	1	20	<b>2</b>
<b>Javorek</b>	361.3	3	234.6	2	4.09	5	68.2	3	9	1	73.9	7	21	<b>3</b>
<b>Kuklík</b>	225.7	6	142.9	4	1.98	9	24.7	5	3	4	75.8	3	31	<b>4</b>
<b>Věcov</b>	103.7	8	75.4	7	6.50	1	36.5	4	0	7	75.0	6	33	<b>5</b>
<b>Daňkovice</b>	131.2	7	55.7	8	4.47	4	21.3	6	8	2	72.0	8	35	<b>6</b>
<b>Jimramov</b>	320.9	5	82.4	6	3.70	6	15.7	7	7	3	68.5	10	37	<b>7</b>
<b>Odranec</b>	63.4	10	46.4	9	3.32	7	12.9	8	3	4	76.2	2	40	<b>8</b>
<b>Vříšť</b>	81.3	9	41.4	10	2.30	8	8.5	9	0	7	75.3	4	47	<b>9</b>
<b>Nový Jimramov</b>	421.7	2	104.7	5	0.37	11	0	11	0	7	67.1	12	48	<b>10</b>
<b>Krátká</b>	21.1	12	9.7	12	1.47	10	1.2	10	2	5	75.0	5	54	<b>11</b>
<b>Jimramovské Pavlovice</b>	39.9	11	19.0	11	0.30	12	0	11	1	6	67.9	11	62	<b>12</b>



## 5 Závěr

V bakalářské práci bylo provedeno vyhodnocení erozních a odtokových poměrů v zájmovém území povodí řeky Fryšávky. Prvním krokem byla komplexní analýza zájmového území. Pro účely rozboru erozních poměrů byly vytvořeny erozně hodnocené plochy, u kterých byl metodou USLE v prostředí GIS vypočten dlouhodobý průměrný erozní smyv  $G$ . Na základě porovnání s hodnotou přípustného erozního smyvu byla kvantifikována plocha erozně ohrožené zemědělské půdy. Jako výstup rozboru erozních poměrů byla vytvořena mapa erozní ohroženosti a přehledná tabulka erozně hodnocených ploch s vypočtenými hodnotami.

Analýzou odtokových poměrů bylo identifikováno 6 kritických bodů a 31 kritických profilů. U všech 6 kritických bodů a 14 kritických profilů byl proveden výpočet odtokových charakteristik v programu DesQ-MaxQ, založeném na metodě čísel odtokových křivek CN. V tomto rozsahu byl proveden také terénní průzkum, během kterého byla pořízena fotodokumentace uzávěrových profilů.

Po vyhodnocení erozních a odtokových poměrů bylo za použití vybraných parametrů sestaveno pořadí ohroženosti katastrálních území v zájmovém území. Na základě výsledků bylo doporučeno během případného návrhu opatření prioritně řešit tři konkrétní katastrální území, která byla vyhodnocena jako nejvíce ohrožená. Jedná se o k. ú. Líšná, Sněžné na Moravě a Javorek.

Hlavní i dílčí cíle bakalářské práce, které byly vymezeny v úvodu této práce, považuji za splněné.

## 6 Použité zdroje a literatura

- [1] JANEČEK, Miloslav. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [2] NOVÁK, Pavel RNDr a Martin TOMEK. Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí: Certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i, 2015. ISBN 978-80-87361-44-3.
- [3] DUMBROVSKÝ, Miroslav a Rudolf MILERSKI. Vodní hospodářství krajiny II. FAST VUT Brno, 2005. 233 s.
- [4] Prohlížeč služby - WMS. Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(gncw1b1hkn1npe2xrkwcnqdq\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head\\_tab=sekce-03-gp&menu=311](https://geoportal.cuzk.cz/(S(gncw1b1hkn1npe2xrkwcnqdq))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekce-03-gp&menu=311)
- [5] Soubor správních hranic a hranic katastrálních území ČR. Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(wzup04xcn42nrjxeueczqqfn\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=dSady\\_hranice10&metadataID=CZ-CUZK-SH-V&mapid=5&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=2521](https://geoportal.cuzk.cz/(S(wzup04xcn42nrjxeueczqqfn))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=dSady_hranice10&metadataID=CZ-CUZK-SH-V&mapid=5&head_tab=sekce-02-gp&menu=2521)
- [6] Počet obyvatel v obcích k 1.1.2020. Český statistický úřad [online]. [cit. 2020-05-02]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112019>
- [7] Čech L., Šumpich J., Zabloudil V. a kol., 2002: Jihlavsko. In: Mackovčín P., Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 528 pp.
- [8] BRANDOS, Otakar. Geomorfologické jednotky ČR. *Treking.cz* [online]. 14.12.2009 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.treking.cz/regiony/geomorfologicke-cleneni-ceske-republiky.htm>
- [9] Geologická mapa ČR 1:50 000. Česká geologická služba [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/arcgis/services/Geologie/geocr50/MapServer/WMServer>
- [10] Databáze významných geologických lokalit [online]. Praha: Česká geologická služba, 1998 [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://lokality.geology.cz>
- [11] Půdní mapa ČR 1:50 000. Česká geologická služba [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: [https://mapy.geology.cz/arcgis/services/Pudy/pudni\\_typy50/MapServer/WmsServer](https://mapy.geology.cz/arcgis/services/Pudy/pudni_typy50/MapServer/WmsServer)
- [12] VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, v.v.i.: eKatalog BPEJ [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://bpej.vumop.cz/>
- [13] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR: Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., příloha 2. In: . Dostupné také z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100163547.html>



- [14] Celostátní databáze BPEJ. Státní pozemkový úřad [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej>
- [15] Struktura DIBAVOD. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html>
- [16] Centrální evidence vodních toků. Ministerstvo zemědělství - eAGRI [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>
- [17] Evidenční list hlásného profilu č. 370. Český hydrometeorologický ústav - Hlásná a předpovědní povodňová služba [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_prfbk\\_detail.php?seq=306980](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=306980)
- [18] QUITT, Evžen. Klimatické oblasti Československa: Climatic regions of Czechoslovakia. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971. Studia geographica.
- [19] Data meliorací. Ministerstvo zemědělství ČR - eAGRI [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/data-melioraci/>
- [20] Veřejný export dat LPIS. Ministerstvo zemědělství ČR - eAGRI [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/lpisdata/>
- [21] WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. Agr. Handbook No.537, US. Dept. of Agriculture, Washington
- [22] Mapy.cz. Mapy.cz [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [23] Kadlec, M., Toman, F. (2002): Závislost faktoru protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu, In: Bioklima - Prostředí - Hospodářství, s. 544 – 550, ISBN 80-85813-99-8
- [24] HRÁDEK, František a KURŮK, Petr. Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q. Vyd. 1. Praha: Credit, 2001. 37 s. ISBN 80-213-0782-X.
- [25] Drbal, K., a kol. (2009): Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR, 7 s.
- [26] Karta obce Sněžné. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Kraje Vysočina [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <http://prvk.kr-vysocina.cz/karty-obci/596787-snezne>

## 7 Seznam použitých zkratek

BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN	Curve Number (číslo křivky)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DIBAVOD	Digitální báze vodohospodářských dat
DMT	digitální model terénu
DSO	dráha soustředěného odtoku
EHP	erozně hodnocená plocha
GIS	geografický informační systém
HPJ	hlavní půdní jednotka
HSP	hydrologická skupina půd
CHKO	Chráněná krajinná oblast
KB	kritický bod
KP	kritický profil
k. ú.	katastrální území
LPIS	Land Parcel Identification System (Registr využití zemědělské půdy)
MZe	Ministerstvo zemědělství
SPÚ	Státní pozemkový úřad
TTP	trvalý travní porost
USLE	Universal Soil Loss Equation (Univerzální rovnice ztráty půdy)
VÚV TGM, v.v.i.	Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce
WMS	Web Map Service (webová mapová služba)
ZABAGED	Základní báze geografických dat
z. ú.	zájmové území

## 8 Seznam tabulek

Tab. 1.	Plochy katastrálních území v zájmovém území .....	14
Tab. 2.	Geomorfologické zařídění zájmového území .....	15
Tab. 3.	Hydrologické skupiny půd .....	20
Tab. 4.	Tabulka průtoků v řece Fryšávce .....	21
Tab. 5.	Seznam vodních toků v zájmovém území .....	22
Tab. 6.	Seznam vodních nádrží v zájmovém území .....	23
Tab. 7.	Charakteristika klimatické oblasti CH7 .....	24
Tab. 8.	Využití zájmového území a rozdělení zemědělské půdy .....	25
Tab. 9.	Vstupní veličiny v modelu DesQ-MaxQ.....	35
Tab. 10.	Výstupní veličiny v modelu DesQ-MaxQ.....	35
Tab. 11.	Přehled ohroženosti vybraných EHP vodní erozí .....	39
Tab. 12.	Charakteristiky KB a KP v zájmovém území .....	41
Tab. 13.	Vyhodnocení ohroženosti katastrálních území .....	52

## 9 Seznam obrázků

Obr. 1.	Přehledná situace zájmového území .....	13
Obr. 2.	Ortofoto zájmového území s hranicemi k. ú. ....	14
Obr. 3.	Geologická mapa zájmového území .....	15
Obr. 4.	Hypsometrická mapa zájmového území .....	16
Obr. 5.	Mapa sklonitosti zájmového území .....	17
Obr. 6.	Mapa půdních typů v zájmovém území .....	18
Obr. 7.	Mapa HPJ v zájmovém území .....	20
Obr. 8.	Mapa HSP v zájmovém území.....	21
Obr. 9.	Hydrografická síť a záplavová území v zájmovém území.....	22
Obr. 10.	Mapa využití zemědělské půdy dle registru LPIS .....	25
Obr. 11.	Mapa CN v zájmovém území .....	34
Obr. 12.	Mapa erozní ohroženosti zájmového území .....	38
Obr. 13.	Mapa KB a KP v zájmovém území .....	40
Obr. 14.	KB1 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	43
Obr. 15.	KB2 – pohled na sběrnou plochu .....	43
Obr. 16.	KB3 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	44
Obr. 17.	KB4 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	45
Obr. 18.	KB5 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	46
Obr. 19.	KP3 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	47
Obr. 20.	KP4 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	48
Obr. 21.	KP15 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	48
Obr. 22.	KP16 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	49
Obr. 23.	KP9 – uzávěrový profil (vlevo), dílčí KP (vpravo) .....	49
Obr. 24.	KP12 – pohled směrem do povodí (vlevo), na uzávěrový profil (vpravo)...	50
Obr. 25.	KP18 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	50
Obr. 26.	KP21 – uzávěrový profil a pohled do povodí (vlevo), přilehlá vodní nádrž (vpravo) .....	50
Obr. 27.	KP25 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	51
Obr. 28.	KP29 – uzávěrový profil .....	51
Obr. 29.	KP31 – uzávěrový profil (vlevo), pohled směrem do povodí (vpravo) .....	51

## **10 Seznam příloh**

Příloha 1 Mapa erozní ohroženosti zájmového území

Příloha 2 Mapa KB a KP v zájmovém území