



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 RŮZNÝCH VARIANT VÝPOČTŮ ZTRÁTY PŮDY A ODTOKOVÝCH CHARAKTERISTIK V DŮSLEDKU ZMĚNY KLIMATU

EVALUATION OF DIFFERENT VARIANTS OF SOIL LOSS AND RUNOFF CHARACTERISTICS
CALCULATIONS DUE TO CLIMATE CHANGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Derda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství krajiny
Student: **Ondřej Derda**
Vedoucí práce: **Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vyhodnocení různých variant výpočtů ztráty půdy a odtokových charakteristik v důsledku změny klimatu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V katastrálním území Dubenec bude provedena analýza území z hlediska erozních a odtokových poměrů a identifikace kritických profilů a bodů. Dále bude provedeno vyhodnocení různých variant výpočtů faktorů eroze a parametrů odtoku v závislosti na změně klimatu.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

V katastrálním území Dubenec bude proveden průzkum terénu, analýza území z hlediska erozních a odtokových poměrů. Na základě vyhodnocení stávajícího stavu území bude provedena identifikace kritických profilů a bodů. S využitím standardních a digitálních podkladů v zadaném území bude proveden výpočet erozního smyvu a výpočet objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku pro variantní návrhy stávajících faktorů eroze a parametrů odtoku a nových charakteristik uvedených v metodice Ochrana zemědělské půdy před erozí, 2023. Bude provedeno porovnání a vyhodnocení všech zvolených metod výpočtů.

Seznam doporučené literatury a podklady:

1. Drbal, K. a kol. Metodika mapování povodňového rizika. In Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, MŽP: Praha, 2009; str. 151–161. Dostupné online: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>
2. Drbal, K.; Dumbrovský, M. a kol. Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: MŽP, 2009, 7 str. Dostupné online: http://www.povis.cz/mzp/KB_metodicky_navod_identifikace.pdf

3. Dumbrovský, M. a kol. Dopady povodní na krajinu a životní prostředí. In Vyhodnocení povodní včervnu a červenci 2009 na území České republiky, MŽP: Praha, 2009; str. 117–125. Dostupné online: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>
4. Holý, M. a kol. Eroze a životní prostředí, Praha: ČVUT, 1998.
5. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU, 2012, ISBN 978-80-87415-42-9.
6. Podhrázká, J. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: VÚMOP, 2023.
7. Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 2005, p. 304, ISBN 1-4051-1781-8.
8. MORGAN, R.P.C. a NEARING, M.A: Handbook of Erosion Modelling, London: Wiley-Blackwell, 2011
9. Hrádek, F. Implementace hydrologického modelu DeSQ, Praha: ČZU, 1997.
10. Toy, T.J., Foster, G.R. a Renard, K.G. Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. New York: Wiley, 2002, 352 p. ISBN 0-471-38369-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2023

L. S.

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Práce porovnává rozdíly mezi dosavadní a nově vydanou metodikou o ochraně zemědělské půdy před erozí. Hlavní zkoumané rozdíly jsou v oblasti odtokových charakteristik, ve výpočtu eroze a ve stanovení souvisejících faktorů R, LS a C. Všechny rozdíly jsou porovnávány v rámci katastrálního území Dubenec v Královéhradeckém kraji.

Odtokové charakteristiky byly porovnány na 5 kritických bodech v programech DesQ-MaxQ (24hodinové deště) a HEC-HMS (6hodinové deště). Není jisté, jaká varianta se bude v praxi užívat více. Dle autora práce půjde vzhledem k jednoduchosti zpracování spíše o stávající verzi s 24hodinovými dešti.

Výsledky porovnání eroze ukázaly, že vlivem změny metodiky dojde k výraznému nárůstu stanoveného erozního smyvu, což ovlivní množství potřebných protierozních opatření navrhovaných v rámci pozemkových úprav. Z jednotlivých faktorů má největší vliv R faktor, který erozi navyšuje. Faktory LS a C mají vliv menší. Na konkrétním území působí LS faktor snížením a C faktor navýšením.

KLÍČOVÁ SLOVA

Odtokové charakteristiky, DesQ-MaxQ, HEC-HMS, 24hodinové deště, 6hodinové deště, metoda CN, vodní eroze, ArcGIS Pro, metoda USLE, regionalizovaný R faktor, LS faktor, indikativní C faktor, obec Dubenec

ABSTRACT

The paper compares the differences between the existing and the newly issued methodology on the protection of agricultural soil from erosion. The main differences examined are in the area of runoff characteristics, in the calculation of erosion and in the determination of the related factors R, LS and C. All differences are compared within the cadastral area of Dubenec in the Hradec Králové Region.

Runoff characteristics were compared at 5 critical points in the DesQ-MaxQ (24-hour rainfall) and HEC-HMS (6-hour rainfall) programs. It is not certain which variant will be used more in practice. According to the author of the thesis, the current version with 24-hour rains will be more likely due to the simplicity of the process.

The results of the erosion comparison have shown that the change in methodology will result in a significant increase in the determined erosion shear, which will affect the amount of erosion control measures needed in the proposed land development. Of the individual factors, the R factor has the greatest influence and increases erosion. The LS and C factors have less influence. In a particular area, the LS factor acts by reducing and the C factor by increasing.

KEYWORDS

Runoff characteristics, DesQ-MaxQ, HEC-HMS, 24-hour rainfall, 6-hour rainfall, CN method, water erosion, ArcGIS Pro, USLE method, regionalized R factor, LS factor, indicative C factor, Dubenec municipality

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DERDA, Ondřej. *Vyhodnocení různých variant výpočtů ztráty půdy a odtokových charakteristik v důsledku změny klimatu*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Vyhodnocení různých variant výpočtů ztráty půdy a odtokových charakteristik v důsledku změny klimatu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 19. 5. 2024

Ondřej Derda
autor

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vyhodnocení různých variant výpočtů ztráty půdy a odtokových charakteristik v důsledku změny klimatu* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 19. 5. 2024

Ondřej Derda
autor

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych zde poděkovat vedoucí mé práce paní Ing. Veronice Sobotkové, Ph.D. za pomoc s udržení správného směru práce, za odborné konzultace výpočtů a mapových výstupů v průběhu zpracovávání a za poskytnutí, v té době obtížně získatelných, dat.

OBSAH

1	Úvod	3
2	Popis zájmového území	4
2.1	Charakteristika zájmové lokality	6
2.1.1	Dopravní síť	7
2.1.2	Hospodářské využití území	8
2.1.3	Stávající protierozní a vodohospodářská opatření	8
2.2	Klimatické poměry	8
2.2.1	Klasifikace podnebí	8
2.2.2	Srážkové poměry	9
2.2.3	Teplotní poměry	9
2.3	Hydrologické poměry	10
2.3.1	Povodí IV. řádu	10
2.3.2	Vodní toky	11
2.3.3	Rybníky a vodní nádrže	13
2.3.4	Meliorované plochy	14
2.3.5	Záplavová území	15
2.3.6	Kritické body	15
2.4	Pedologické poměry	17
2.5	Hydropedologické poměry	19
2.6	Geomorfologické poměry	21
2.7	Sklonové poměry	22
2.8	Geologické poměry	23
2.9	Krajinný pokryv	23
3	Popis použitých programů a metod	25
3.1	ArcGIS Pro	25
3.2	LS Converter	25
3.3	USLE 2D	25
3.4	DesQ-MaxQ	26
3.5	HEC-HMS	26

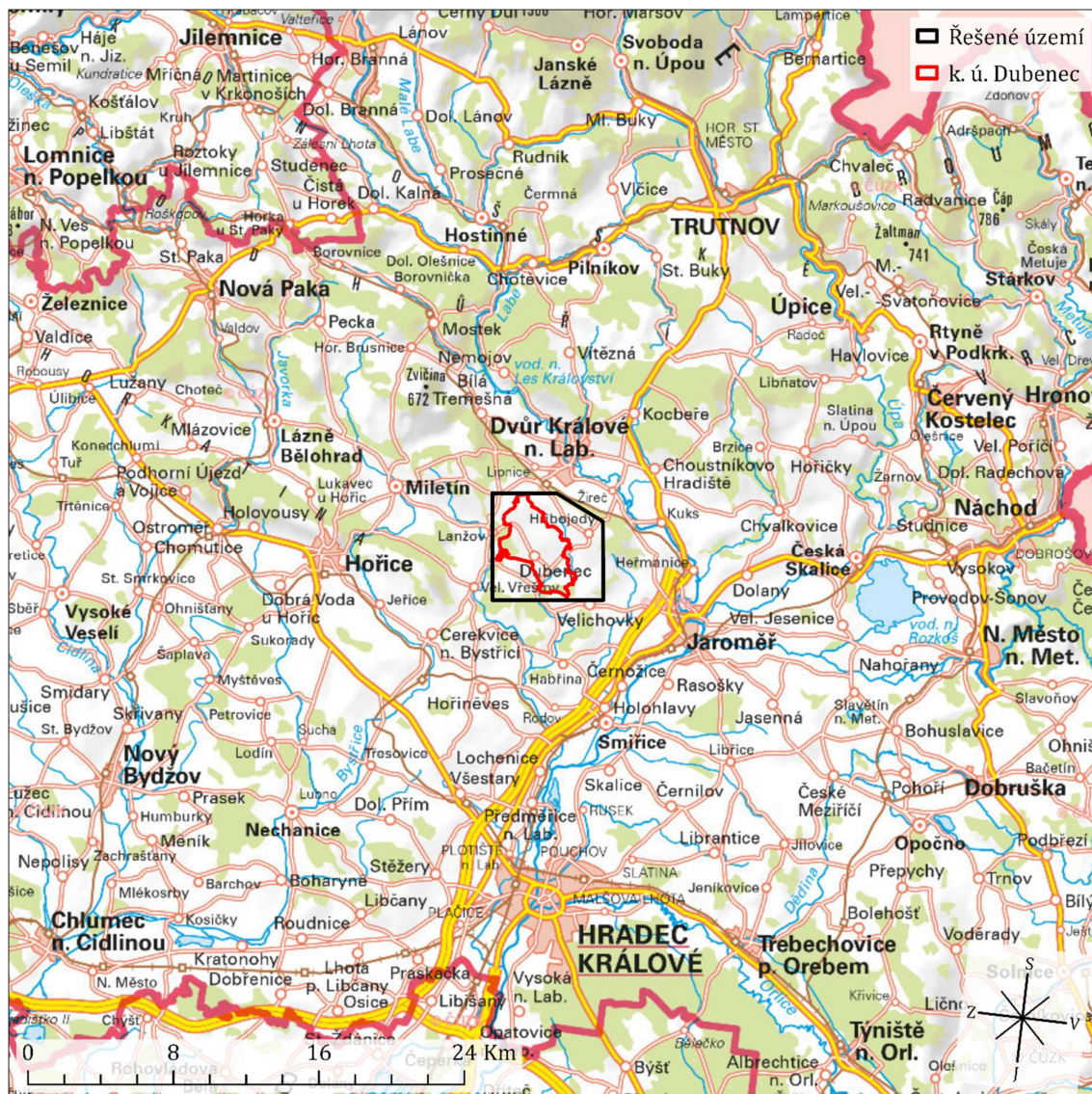
3.6	Metoda čísel odtokových křivek – CN.....	26
3.7	Výpočet erozního smyvu – USLE	27
3.7.1	R faktor.....	27
3.7.2	K faktor.....	27
3.7.3	LS faktor.....	29
3.7.4	C faktor	29
3.7.5	P faktor.....	30
4	Porovnání jednotlivých rozdílů metodik	31
4.1	Odtokové charakteristiky.....	31
4.1.1	Vstupní data odtokových charakteristik	31
4.1.2	Výpočet odtokových charakteristik.....	33
4.1.3	Porovnání výsledků odtokových charakteristik.....	34
4.2	Zhodnocení regionalizovaného R faktoru.....	35
4.3	Stanovení a porovnání LS faktorů.....	38
4.3.1	Příprava LS faktorů.....	38
4.3.2	Erozně hodnocené plochy (EHP)	39
4.3.3	Porovnání LS faktorů	40
4.4	Stanovení a porovnání C faktorů	45
4.4.1	Porovnání C faktorů	47
4.5	Stanovení a porovnání eroze.....	49
4.5.1	Výpočet eroze a porovnávané verze	50
4.5.2	Porovnání výsledných hodnot eroze.....	59
5	Závěr	61
6	Seznam obrázků	63
7	Seznam tabulek.....	64
8	Použité zdroje.....	64
8.1	Literární zdroje	64
8.2	Mapové zdroje	65
8.3	Zdroje autora práce	67

1 Úvod

V současné době vychází výrazná změna ve způsobu vyhodnocování eroze a odtokových procesů v rámci nejen pozemkových úprav. Tato změna je způsobena vydáním nové metodiky Ochrana zemědělské půdy před erozí, Podhrázská a kol. 2024 (dále označována jako nová metodika). Má sloužit jako návod při zpracování pozemkových úprav a stanovování eroze, který reaguje na vývoj klimatu. V metodice jsou zavedeny změny oproti stávajícím způsobům výpočtů stanovených původní metodikou Ochrana zemědělské půdy před erozí, Janeček a kol. 2012 (dále označována jako původní metodika). Rozdíly mezi těmito metodikami budou mít dopad na způsob zpracování pozemkových úprav v praxi. Tato práce se zaměřuje na srovnání těchto rozdílů na jednom vybraném katastrálním území. [1], [2]

Hlavními aspekty, které se měnily a jsou dále v práci porovnány, jsou odtokové charakteristiky, výpočet erozního smyvu a s tím související změny ve stanovení vstupních faktorů R, LS a C. Při stanovování těchto faktorů byly v práci použity tzv. erozně hodnocené plochy neboli EHP, jejichž definice a tvorba jsou podrobně popsány v kapitole 4.3.2. Zkráceně jde o parcely pozemků, pro které se hodnotí eroze. V následujících kapitolách jsou často užívány pro lepší přehlednost. [1], [2]

2 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ



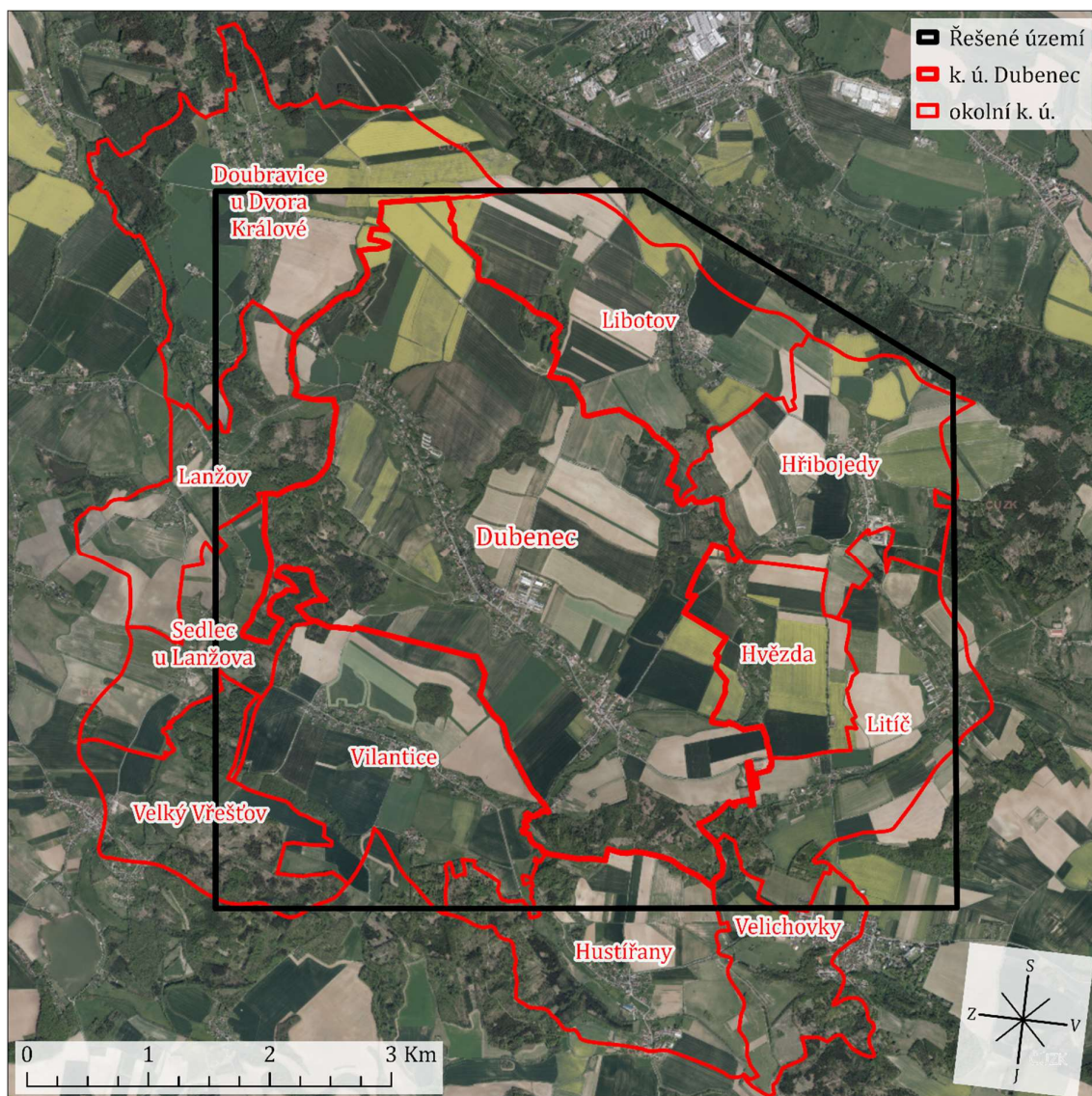
Obrázek 1 – Lokalita řešeného území [16], [17]

V rámci práce je pro potřeby získání a vyhodnocení hledaných dat zpracováno katastrální území (k. ú.) Dubenec a jeho přilehlé okolí vymezené na základě odtokových charakteristik. Dohromady je tato oblast dále v práci označována jako řešené území. Toto území se nachází v Královéhradeckém kraji, převážně v okrese Trutnov a malou částí na jihu v okrese Náchod. Samotná obec Dubenec, v centru řešeného území, leží mezi městy Dvůr Králové nad Labem (cca 7 km severně), Jaroměř (cca 8 km východně) a Hořice (cca 15 km západně). [3]

Plocha řešeného území je 3403,60 ha. Celkem ji tvoří dvanáct jednotlivých k. ú. nebo jejich částí. Konkrétně se jedná o tato k. ú.: [17]

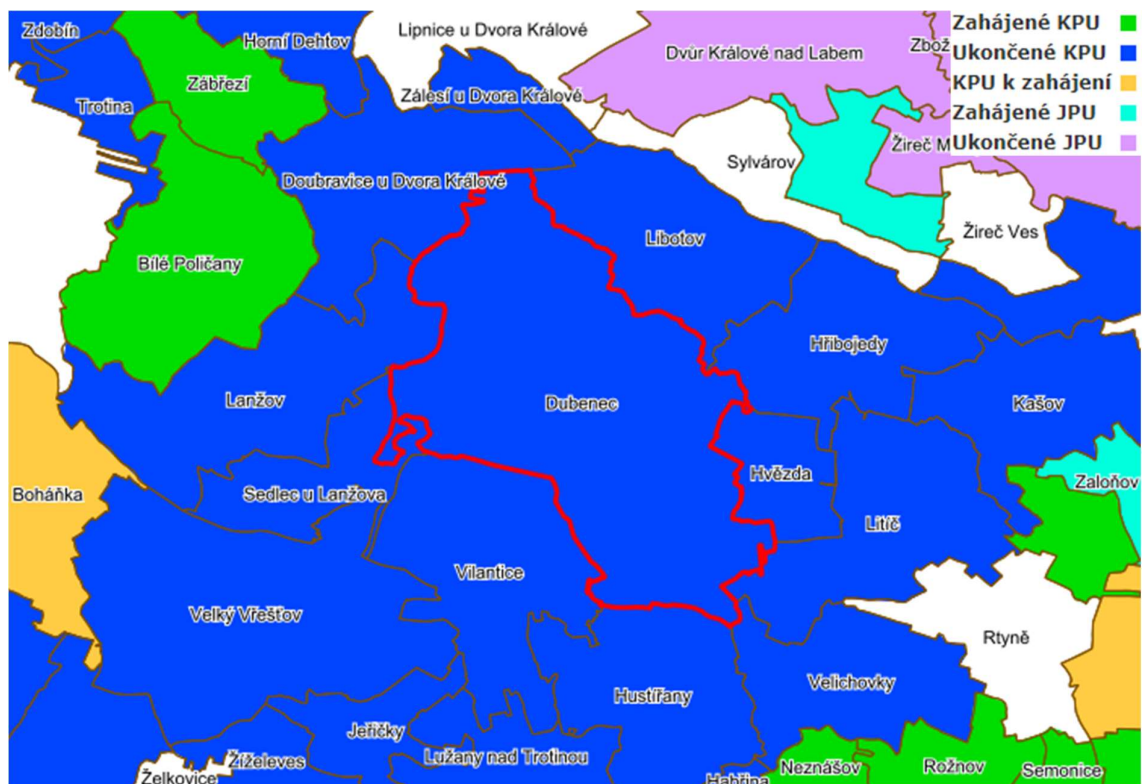
- Dubenec (rozloha v řešeném území: 1209,16 ha),

- Vilantice (rozloha v řešeném území: 389,88 ha),
- Hřibojedy (rozloha v řešeném území: 302,95 ha),
- Litíč (rozloha v řešeném území: 270,26 ha),
- Hvězda (rozloha v řešeném území: 164,22 ha),
- Doubravice u Dvora Králové (rozloha v řešeném území: 148,07 ha),
- Lanžov (rozloha v řešeném území: 109,29 ha),
- Velký Vřeštov (rozloha v řešeném území: 90,59 ha),
- Sedlec u Lanžova (rozloha v řešeném území: 75,77 ha),
- Hustřany (rozloha v řešeném území: 74,40 ha),
- Libotov (rozloha v řešeném území: 33,95 ha),
- Velichovky (rozloha v řešeném území: 24,91 ha).



Obrázek 2 – Řešené území a okolní katastrální území [16], [17]

Řešené území je zajímavé tím, že nejen samotné mělo provedeny kompletní pozemkové úpravy (KoPÚ), ale také veškerá sousední k. ú. mají dokončené KoPÚ. V obci bylo navrženo několik protierozních opatření, z nichž více než polovina je v současné době realizována a zbývající pouze čekají na dostupnost finančních zdrojů. [33]

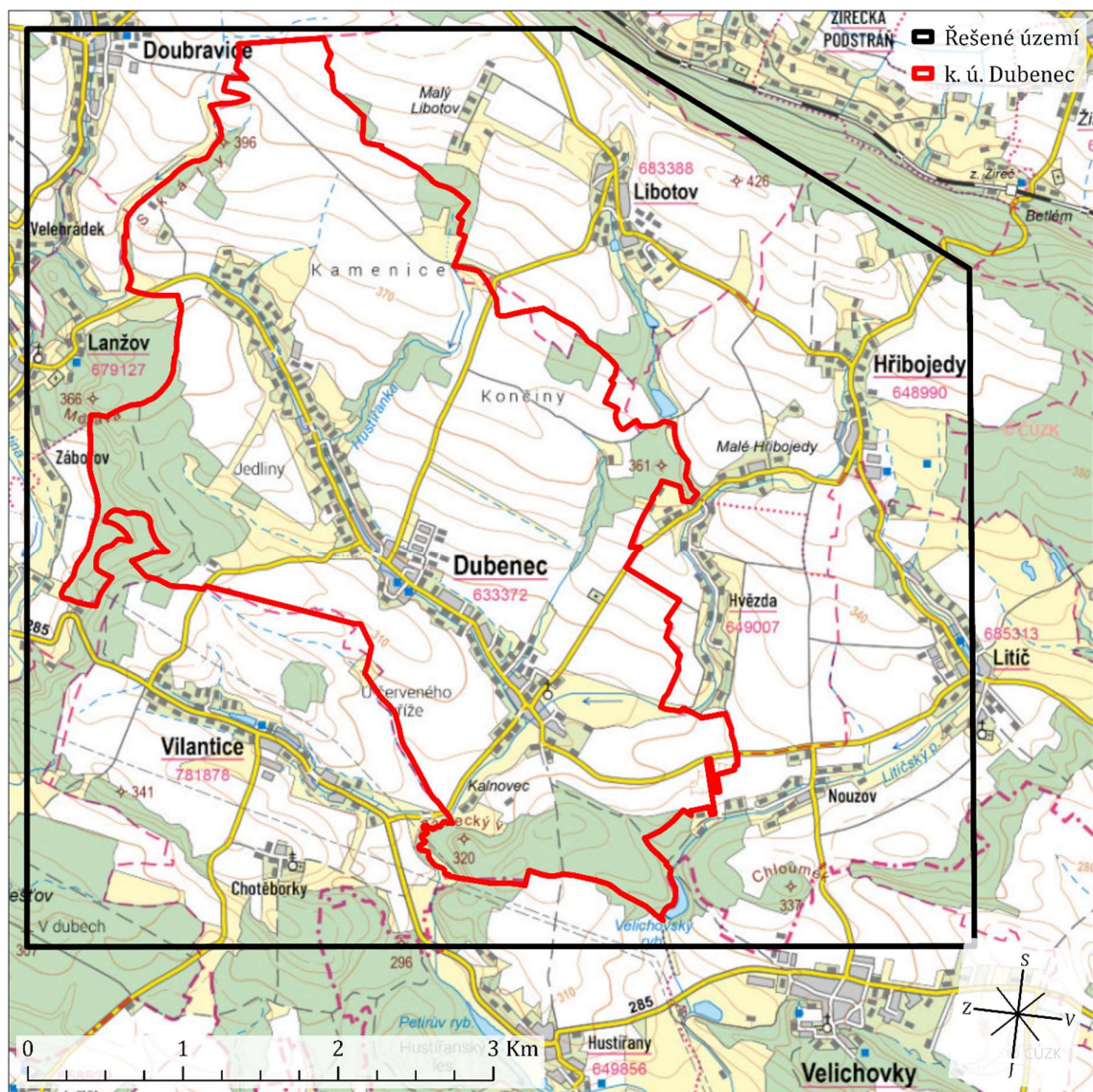


Obrázek 3 – Stav pozemkových úprav v okolí k. ú. Dubenec. [18]

2.1 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ LOKALITY

Obec Dubenec se dá považovat v rámci jejího okolí za významnější. To je způsobeno tím, že v obci je velké množství občanské vybavenosti a dalších služeb, které využívají i obyvatelé okolních obcí. Například se jedná o mateřskou a základní školu, zdravotní středisko, Dubeneckou Knedlíkárnu s.r.o., perníkárnou Dubea s.r.o., prodejnu zemědělské, lesnické a komunální techniky Magrix, s.r.o. a další.

Lokalita obce Dubence a jejího okolí je kopcovitá, obklopená velkým množstvím malých vodních toků s vyhloubenými koryty a úzkými údolími. Samotná obec se nachází v údolí vodního toku Hustřířanky a je obklopena svahy. Tvar obce tomuto údolí odpovídá. Intravilán je protáhlý s celkovou délkou přibližně 4,6 km. Severně nad obcí se táhne dlouhý mírný svah, zatímco na jihu jsou svahy kratší s větším sklonem. Na východní a jižní hranici k. ú. rostou velké lesní celky. [4]



Obrázek 4 – Základní mapa [16], [17]

2.1.1 DOPRAVNÍ SÍŤ

Obcí Dubenec prochází celkem čtyři silnice III. třídy. Průběžně celou obcí vede silnice III/32542, která začíná v obci Lanžov a odděluje se od silnice II/325. Poté silnice III/32542 pokračuje přes Dubenec do obce Litíč a následně až do města Jaroměř. Přibližně v polovině Dubence je tato silnice napojena na silnici III/32543 vedoucí do Libotova a směrem ke městu Dvůr Králové nad Labem. Silnice III/2851 propojuje Dubenec s obcí Vilantice a silnicí II/285. Poslední ze čtyř je silnice III/2854 a opět propojuje Dubenec a Vilantice, avšak pokračuje dále až do obce Hřibojedy, a poté do Dvora Králové nad Labem. [19]

2.1.2 HOSPODÁŘSKÉ VYUŽITÍ ÚZEMÍ

Okolí obce je využito převážně pro zemědělské účely jako orná půda. V jižní části se nachází louky pro pastvu dobytka. Převážnou většinu zemědělských prací vykonává zemědělský podnik Karsit Agro a.s. Zbytek obdělávaných polí patří menším jednotlivým živnostníkům. [5], [20]

2.1.3 STÁVAJÍCÍ PROTIEROZNÍ A VODOHOSPODÁŘSKÁ OPATŘENÍ

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2, v obci proběhly KoPÚ. V současnosti jsou na jejich základě dokončené protierozní průlehy ve svahu severně nad centrem obce. Celkem jde o 4 pásy na dvou polních blocích. Konstrukcí jde o průlehy odvádějící srážkovou vodu do přilehlých toků a zároveň zasakovací průlehy díky příčným hrázkám o výšce 0,6 m. [33]

Dále jsou v území 2 poldry, které slouží jako ochrana intravilánu před povodněmi. První se nachází jižně pod střední částí obce a tvoří uzávěrový profil údolí s místním názvem Jedliny. Zároveň tento poldr vytváří nové prostředí pro vodní faunu a floru díky tůni navržené v oblasti jeho zátopy. Druhý poldr je severně nad obcí pod pramenem Hustířanky a je do něho svedena voda z polí na severozápadě i na severovýchodě pomocí příkopů podél zdejších cest a silnic. V k. ú. jsou také navržené a vybudované biokoridory a plochy určené k zatravnění pro další zpomalení odtoku srážkových vod a zvýšení průchodnosti území pro zvěř. [33]

2.2 KLIMATICKÉ POMĚRY

V této kapitole je popsáno podnebí v řešeném území podle platných klasifikací, a také srážkové a teplotní podmínky dle dat z nejbližší meteorologické stanice. Touto stanicí je automatická klimatologická stanice II. typu v obci Velichovky, která se nachází cca 2 km jihovýchodně od okraje intravilánu Dubence. [21]

2.2.1 KLASIFIKACE PODNEBÍ

Území je v rámci práce řešeno hlavně skrze klimatický region stanovený podle databáze bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Region je prvním číslem v pětimístném kódu BPEJ (X.xx.xx). Celkem je vymezeno 10 regionů s čísly 0 až 9. V případě všech půdních bloků v území se jedná o klimatický region 5 – mírně teplý, mírně vlhký. Pro tento klimatický region platí průměrná roční teplota 7 °C až 8 °C, průměrný roční úhrn srážek 550 mm až 650 mm a pravděpodobnost suchých vegetačních období mezi 15 a 30 %. [6]

Podnebí může být také popsáno užitím klimatických jednotek dle Quittovy klasifikace klimatu z roku 1971. Klasifikace rozděluje Českou republiku na celkem 23 klimatických jednotek, které jsou výsledkem kombinace 14 klimatických charakteristik a 3 klimatických oblastí. Oblastmi jsou teplá (označení T), mírně teplá (označení MT) a chladná (označení CH). [7]

Zájmové území zasahuje do dvou těchto klimatických jednotek. Severní polovina spadá do jednotky MT9 a jižní polovina do jednotky MT11. V tabulce níže jsou tyto jednotky popsány. [22]

Tabulka 1 – Klimatické jednotky na řešeném území dle E. Quitta [7]

Klimatická jednotka	Popis
MT9 (MW9)	Léto dlouhé, teplé, suché až mírně suché, přechodné období krátké s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima krátká, mírná, suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky
MT11 (MW11)	Léto dlouhé, teplé a suché, přechodné období krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima krátká, teplá a velmi suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky

2.2.2 SRÁŽKOVÉ POMĚRY

Data o úhrnech srážek v řešeném území jsou převzata z meteorologické stanice Velichovky. Konkrétně byla vybrána data o měsíčních úhrnech za posledních 30 let. Průměrná roční hodnota, taktéž za 30 let, je 612,8 mm. Tato hodnota odpovídá klimatickému regionu 5 s rozpětím 550 až 650 mm za rok. [8]

Tabulka 2 – Průměrné měsíční úhrny srážek [8]

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Úhrn srážek [mm]	41,5	35,3	38,5	32,8	64,0	65,1	84,1	74,6	48,4	41,4	41,4	43,7

2.2.3 TEPLOTNÍ POMĚRY

Stejně jako v případě úhrnů srážek byla data o průměrných měsíčních teplotách za posledních 30 let převzata z meteorologické stanice Velichovky. Průměrná roční teplota v území je 9,17 °C. Tato teplota je mírně vyšší než rozmezí stanovené klimatickým regionem 5 (7 °C až 8 °C). [8]

Tabulka 3 – Průměrné měsíční teploty [8]

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Teplota [°C]	-1,21	0,33	3,81	9,36	14,11	17,67	19,31	19,02	14,19	9,15	4,30	0,05

2.3 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

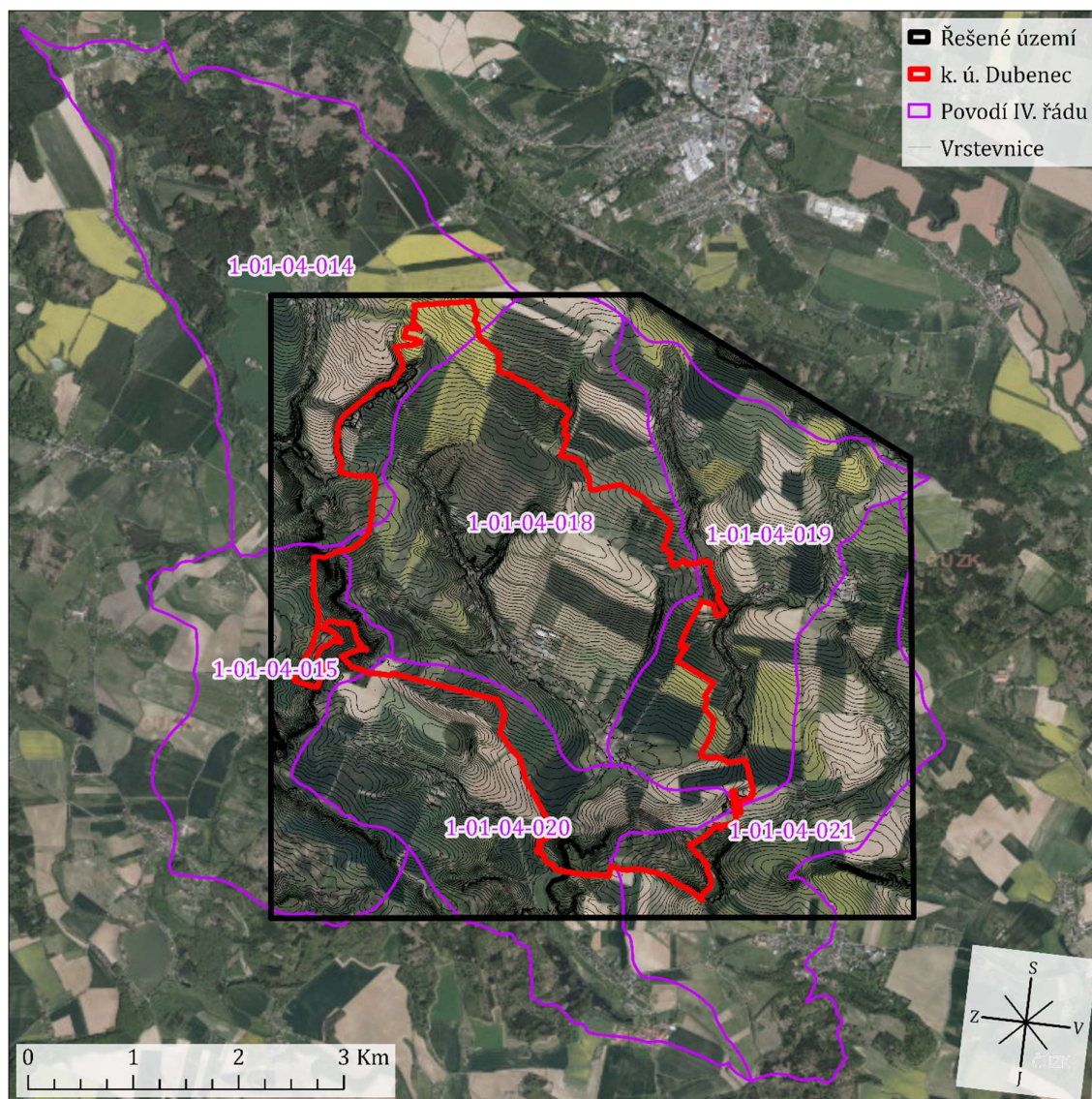
Tato kapitola popisuje hydrologické území zahrnující povodí IV. řádu, vodní toky, nádrže, meliorační stavby a záplavová území. Také jsou zde v závěru popsány kritické body (KB) vymezené v území. Celkem se jedná dle databáze POVIS o 6 KB, z nichž 5 ohrožuje intravilán obce Dubenec. Těchto 5 bodů bude v kapitole 4.1 vyhodnoceno z pohledu odtokových charakteristik. [23]

2.3.1 Povodí IV. ŘÁDU

Celkem do k. ú. Dubenec zasahuje 6 povodí IV. řádu. Těmito povodími jsou: [24]

- 1-01-04-014, o celkové ploše 10,900 km²,
- 1-01-04-015, o celkové ploše 5,668 km²,
- 1-01-04-018, o celkové ploše 9,391 km²,
- 1-01-04-019, o celkové ploše 6,431 km²,
- 1-01-04-020, o celkové ploše 7,107 km²,
- 1-01-04-021, o celkové ploše 6,798 km².

Povodí 1-01-04-018 zaujímá výrazně největší plochu k.ú., a to 7,460 km² z celkových 12,092 km². Ostatní povodí zasahují do k. ú. spíše okrajově a ve většině případů jsou jejich závěrové profily mimo hranice k. ú. S tím souvisí skutečnost, že voda ze srážek v těchto povodích spíše odtéká z k. ú. do okolí, a tedy neohrožuje intravilán Dubence. [17], [25]



Obrázek 5 – Povodí IV. řádu [16], [17], [25]

2.3.2 VODNÍ TOKY

V k. ú. Dubenec se nachází celkem 9 vodních toků. Čtyři jsou dle databáze CEVT pojmenované a jeden je označen jako hlavní meliorační zařízení (HMZ). V širším okolí řešeného území se nachází další toky, které však na vyhodnocení erozního smyvu na parcelách EHP nemají vliv. Za zmínku stojí 3 bezjmenné toky na západní hranici k. ú., které odvádí povrchový odtok z vymezených EHP v jejich okolí. Stejná situace platí i pro Litíčský potok. Tyto 4 toky jsou společně s toky nacházejícími se přímo v k. ú. popsány v následující tabulce. [24]

Tabulka 4 – Přehled vodních toků [24]

Název toku	ID toku dle CEVT	Číslo hydrologického pořadí	Délka toku [km]	Správce toku
Hustířanka	10 185 370	1-01-04-018/020	13,581	Povodí Labe, s.p.
Libotovský potok	10 168 790	1-01-04-019	5,281	Povodí Labe, s.p.
Končinský odpad	10 168 788	1-01-04-018	1,864	Povodí Labe, s.p.
Teplice	10 168 798	1-01-04-020	2,279	Povodí Labe, s.p.
Litíčský potok	10 185 371	1-01-04-021	6,818	Povodí Labe, s.p.
HMZ Dubenec II	10 168 787 14 001 514	1-01-04-018	1,502	Povodí Labe, s.p.
bezejmenný tok	10 168 777	1-01-04-018	1,424	Povodí Labe, s.p.
bezejmenný tok	10 168 779	1-01-04-018	1,155	Povodí Labe, s.p.
bezejmenný tok	10 168 786	1-01-04-018	1,436	Povodí Labe, s.p.
bezejmenný tok	10 168 716	1-01-04-014	2,273	Povodí Labe, s.p.
bezejmenný tok	10 168 717	1-01-04-014	1,592	Správce neurčen
bezejmenný tok	10 168 718	1-01-04-014	0,707	Správce neurčen

Nejvýznamnějšími místními toky jsou Hustířanka a Libotovský potok. Hustířanka pramení v lese severně nad obcí v nadmořské výšce 390 m n. m. a protéká téměř celým intravilánem. Libotovský potok je levým přítokem Hustířanky. Pramení v nadmořské výšce 410 m n. m. nad obcí Libotov. [9], [16]

Dvě z otevřených HMZ se shodují s tokem HMZ Dubenec II s ID 10 168 787 viz Tabulka 4. Právě tato dvě HMZ jsou zajímavá svým umístěním a funkcí. Vedou těsně nad intravilánem a dohromady tvoří přibližně 0,7 m hluboké koryto. V případě intenzivní srážky dokáže toto koryto zachytit povrchový odtok, ochránit intravilán a převést vodu svou zatrubněnou částí do Hustířanky. Problematická v této funkci může být právě zatrubněná část, protože průměr jejího potrubí by mohl limitovat odtok. V současnosti je tento problém řešen polyfunkčními prvky v podobě protierozních průleहů umístěných ve svahu nad těmito HMZ. Prvky snižují povrchový odtok dostávající se k těmto melioračním zařízením.

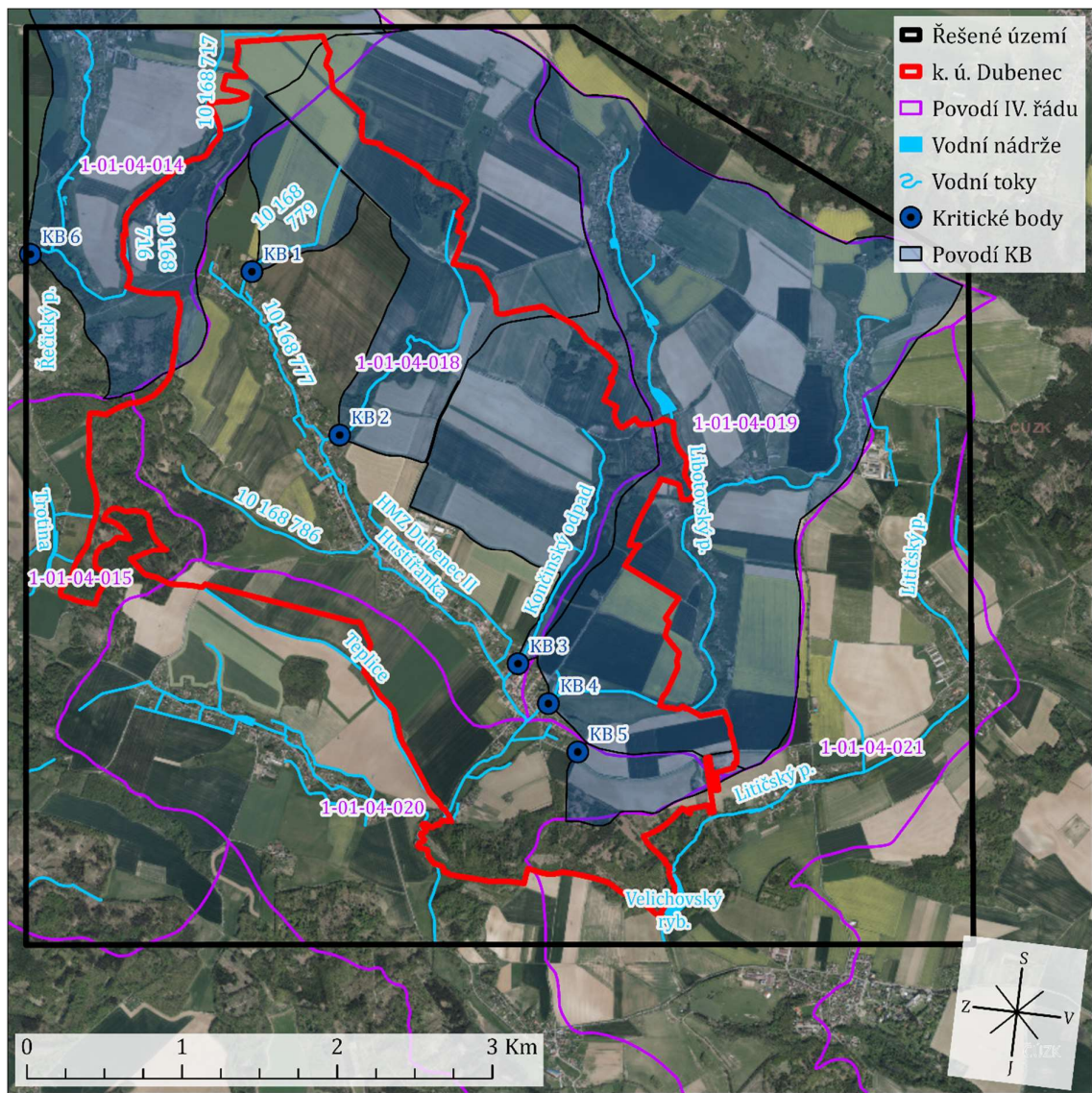
2.3.5 ZÁPLAVOVÁ ÚZEMÍ

Dle Hydroekologického informačního systému (HEIS) od VÚV TGM není v řešeném území zaevidováno žádné záplavové území. [24]

2.3.6 KRITICKÉ BODY

V řešeném území se nachází celkem 6 KB. Pět z těchto bodů přímo ohrožuje intravilán obce Dubenec, a proto budou použity v kapitole 4.1 pro vyhodnocení odtokových charakteristik. Šestý bod zasahuje do k. ú. na severozápadě pouze částí svého povodí, přičemž ohrožuje obec Doubravici a její část Velehrádek. Povodí všech KB, kromě KB 5, leží severně nebo severovýchodně od obce viz Obrázek 8. [23]

Povodí KB byla ze své původní formy polygonů se čtvercovými okraji (podle buněk předcházejícího rastru) upravena. Tato úprava spočívala v zahlazení rohů bývalých buněk a upřesnění hranice povodí podle vrstevnic. Použité vrstevnice byly vytvořeny na základě digitálního modelu reliéfu DMR 4G v programu ArcGIS Pro popsáném v kapitole 3.1. Na závěr byla provedena finální oprava hranic povodí dle zjištění z průzkumu terénu. Hlavní změny spočívaly v posunu hranic povodí KB 1 a 2 podle přerušení odtoku polní cestou severně nad obcí. Dále bylo upraveno povodí KB 3 podle protierozních průleहů nad středem obce, a nakonec proběhla drobná úprava hranic KB 4 a 5 na východě k. ú.



Obrázek 8 – Kritické body a jejich povodí [16], [17], [23], [25]

Podrobný popis řešených kritických bodů: [23]

KB 1 – Označení dle databáze POVIS: 10 102 286. Bod se nachází nad severním okrajem intravilánu. Povodí KB bylo upraveno dle průzkumu terénu. Úpravy spočívaly ve zmenšení povodí podle polní cesty s příkopem odvádějícím průtok z polí nad cestou do severního poldru. Původní plocha povodí dle databáze je 94,78 ha. Po úpravách má povodí 45,54 ha, průměrný sklon 5,492 % a je tvořeno z 69 % ornou půdou.

KB 2 – Označení dle databáze POVIS: 10 102 293. Bod se nachází v místě vtoku Hustířanky do intravilánu. Povodí KB bylo upraveno dle průzkumu terénu. Úpravy spočívaly v rozšíření povodí nad polní cestu zmíněnou u KB 1, protože povodí KB 2 do sebe zahrnuje severní poldr, který zachycuje veškerý odtok svedený příkopem této cesty. Původní plocha povodí dle databáze je 242,30 ha. Po úpravách má povodí 321,14 ha, průměrný sklon 5,590 % a je tvořeno z 67 % ornou půdou.

KB 3 – Označení dle databáze POVIS: 10 102 303. Bod se nachází v místě vtoku Končinského odpadu do intravilánu. Povodí KB bylo upraveno dle průzkumu terénu. Úpravy spočívaly v rozšíření povodí nad protierozní průlehy v polích nad centrem obce, protože tyto průlehy odvádějí povrchový odtok do původního povodí KB. Původní plocha povodí dle databáze je 137,47 ha. Po úpravách má povodí 194,71 ha, průměrný sklon 5,753 % a je tvořeno ze 78 % ornou půdou.

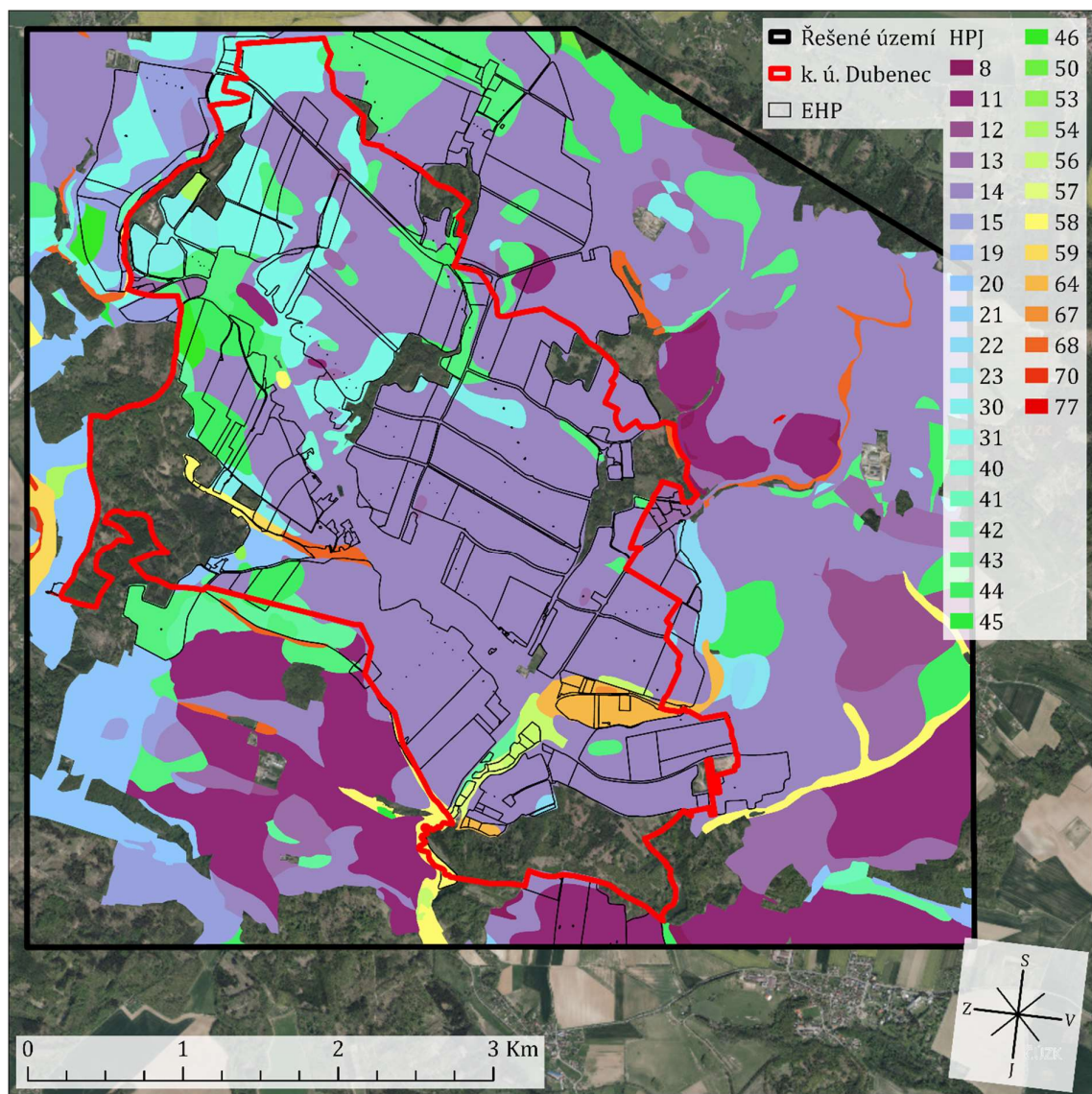
KB 4 – Označení dle databáze POVIS: 10 102 308. Bod se nachází v místě vtoku Libotovského potoka do intravilánu. Povodí KB bylo drobně upraveno dle průzkumu terénu. Úpravy spočívaly v posunutí hranic povodí v jihovýchodním cípu k.ú. ve prospěch povodí KB 5, protože do něho zdejší dlouhodobá skládka suti směřuje povrchový odtok. Původní plocha povodí dle databáze je 626,42 ha. Po úpravách má povodí 619,84 ha, průměrný sklon 6,307 % a je tvořeno ze 79 % ornou půdou.

KB 5 – Označení dle databáze POVIS: 10 102 309. Bod se nachází na jižním okraji intravilánu. Povodí KB bylo drobně upraveno dle průzkumu terénu viz popis bodu KB 4. Původní plocha povodí dle databáze je 35,86 ha. Po úpravách má povodí 38,15 ha, průměrný sklon 7,808 % a je tvořeno z 92 % ornou půdou.

2.4 PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Klasifikace půd v území byla provedena za užití BPEJ. Vrstvu s těmito daty je možné stáhnout ze stránek Státního pozemkového úřadu (SPÚ). Pro konkrétní určení půdy slouží tzv. hlavní půdní jednotka (HPJ), která je zastoupena dvoumístným číselným označením na druhém a třetím místě pětímístného kódu BPEJ (x.XX.xx). Hodnoty HPJ se pohybují v rozmezí 01 až 78 a celkem seskupují půdy do třinácti skupin s podobnými vlastnostmi. [6], [28]

Ve vyobrazení HPJ viz Obrázek 9 nejsou zařazeny lesní plochy, protože nemají určenou hodnotu HPJ a v datech jsou zastoupeny číslem 99. Pro výpočet erozního smyvu v řešeném území tato skutečnost nepředstavuje problém, protože EHP se na lesní ploše nevyskytují.



Obrázek 9 – Mapa HPJ [16], [17], [28], [31]

Nejvíce je v území zastoupena HPJ 14 s cca 51 % celkové výměry. V následující tabulce jsou uvedeny všechny HPJ, které v území zabírají přes 100 ha: [28]

Tabulka 5 – Nejrozsáhlejší HPJ v řešeném území [6], [28]

HPJ	Plocha [ha]	Zastoupení [%]	Popis
14	1419.4451	50.64	lúvizemě
11	337.8918	12.06	hnědozemě
43	164.9752	5.89	pseudegleje
13	127.4810	4.55	hnědozemě
20	126.3026	4.51	renzidy, pararenzidy
31	123.9058	4.42	kambizemě

HPJ jsou v práci dále použity pro vyjádření K faktoru viz kapitola 3.7.2.

2.5 HYDROPEDOLOGICKÉ POMĚRY

V území jsou stanoveny hydrologické skupiny půd (HSP), které se rozdělují dle rychlosti infiltrace vody. Konkrétně jde o rychlost infiltrace do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. V ideálním případě je rychlost infiltrace dostatečně vysoká, aby nedocházelo k rychlému odtoku povrchové vody, například ze srážek, a tím způsobené následné vodní erozi. Zároveň by však neměla být rychlost infiltrace ani příliš vysoká, aby nedocházelo k přílišnému vyplavování živin ze zeminy do podloží a do podzemních vod. [10]

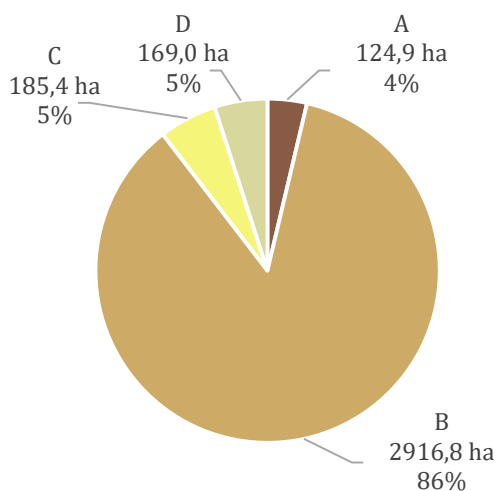
Rychlost infiltrace je ovlivněna množstvím vlivů, jimiž jsou například klimatické poměry, pedologické poměry, způsoby využití půdy a poměry území. [10]

HSP se dělí dle rychlosti infiltrace do 4 skupin: [2]

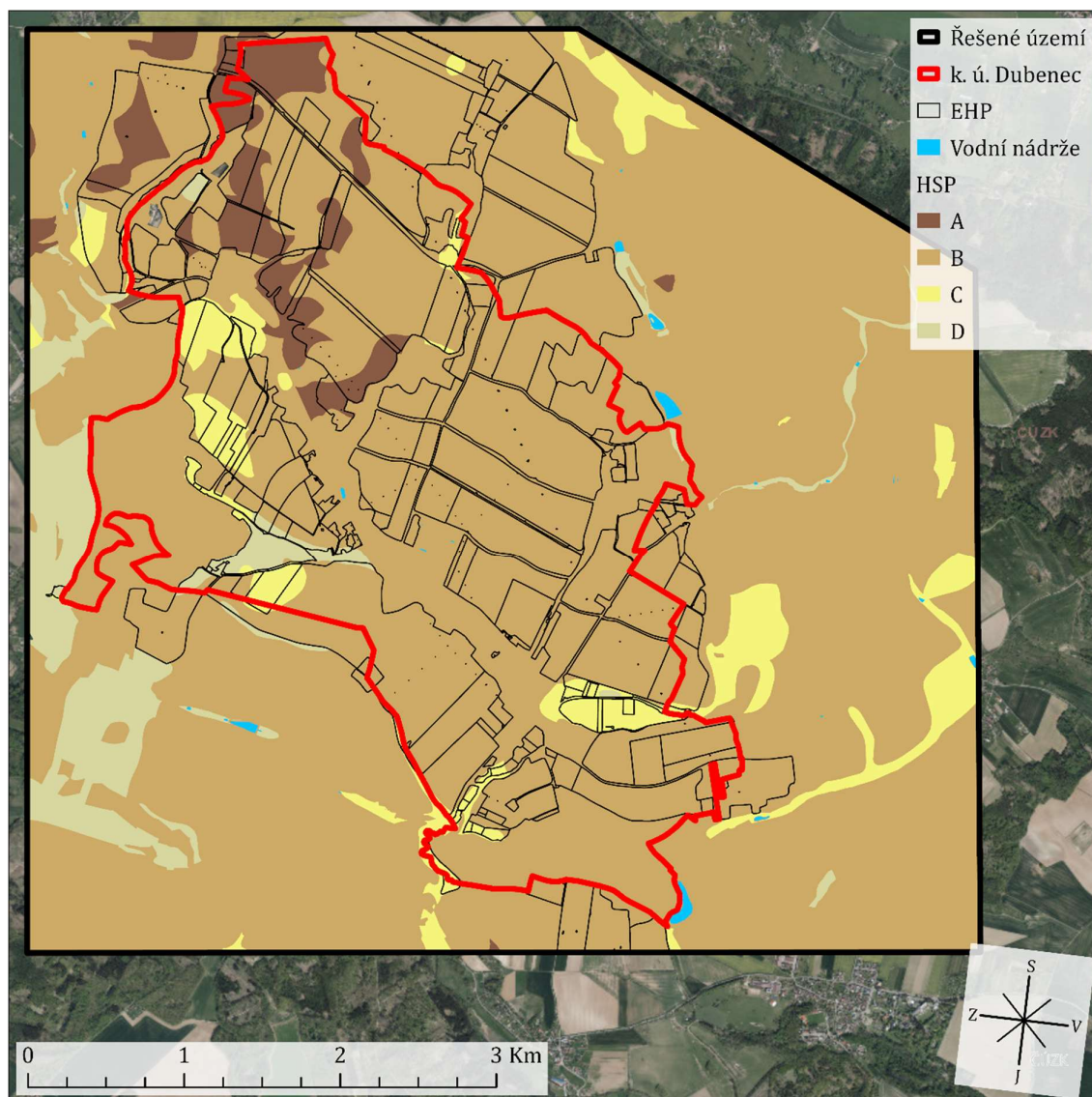
- Skupina A, vysoká rychlost infiltrace, přes $0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ při úplném nasycení,
- Skupina B, střední rychlost infiltrace, $0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ až $0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ při úplném nasycení,
- Skupina C, nízká rychlost infiltrace, $0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ až $0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ při úplném nasycení,
- Skupina D, velmi nízká rychlost infiltrace, pod $0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ při úplném nasycení.

HSP v řešeném území byly určeny na základě místních HPJ podle tabulky z původní metodiky. Hodnoty pro přiřazení se v rámci metodik nezměnily. [1], [2]

Na řešeném území převládá skupina B, tedy půdy se střední rychlostí infiltrace, viz Obrázek 10. Důležité je zmínit, že plochy lesů byly také zařazeny do skupiny B, aby bylo možné vrstvu použít pro stanovení odtokových charakteristik. Běžně lesy nemají přiřazenou reálnou hodnotu v rámci BPEJ a jsou vedeny pod číslem 99.



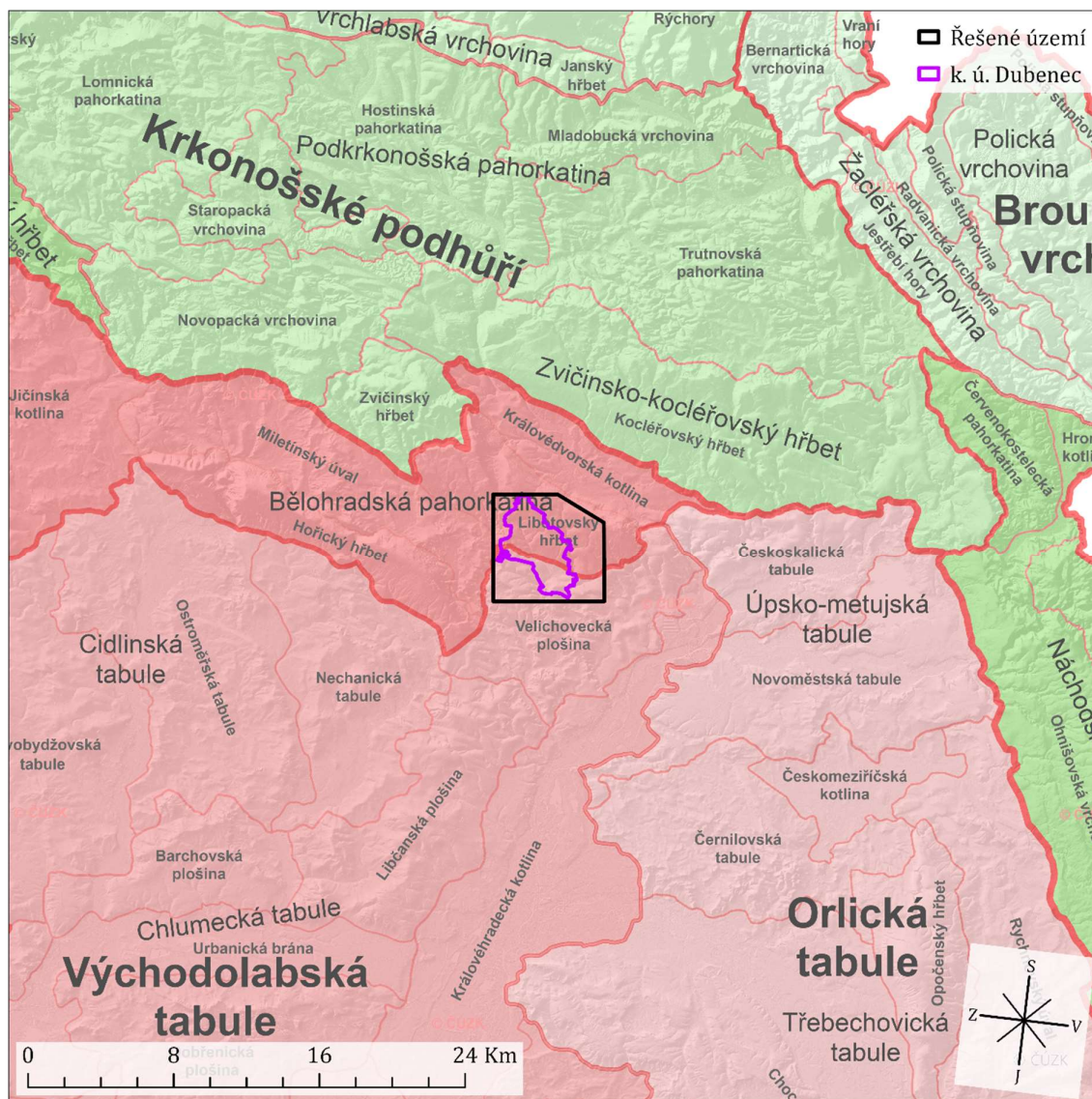
Obrázek 10 – Plocha HSP v řešeném území [28]



Obrázek 11 - Mapa HSP [16], [17], [26], [28], [31]

2.6 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY

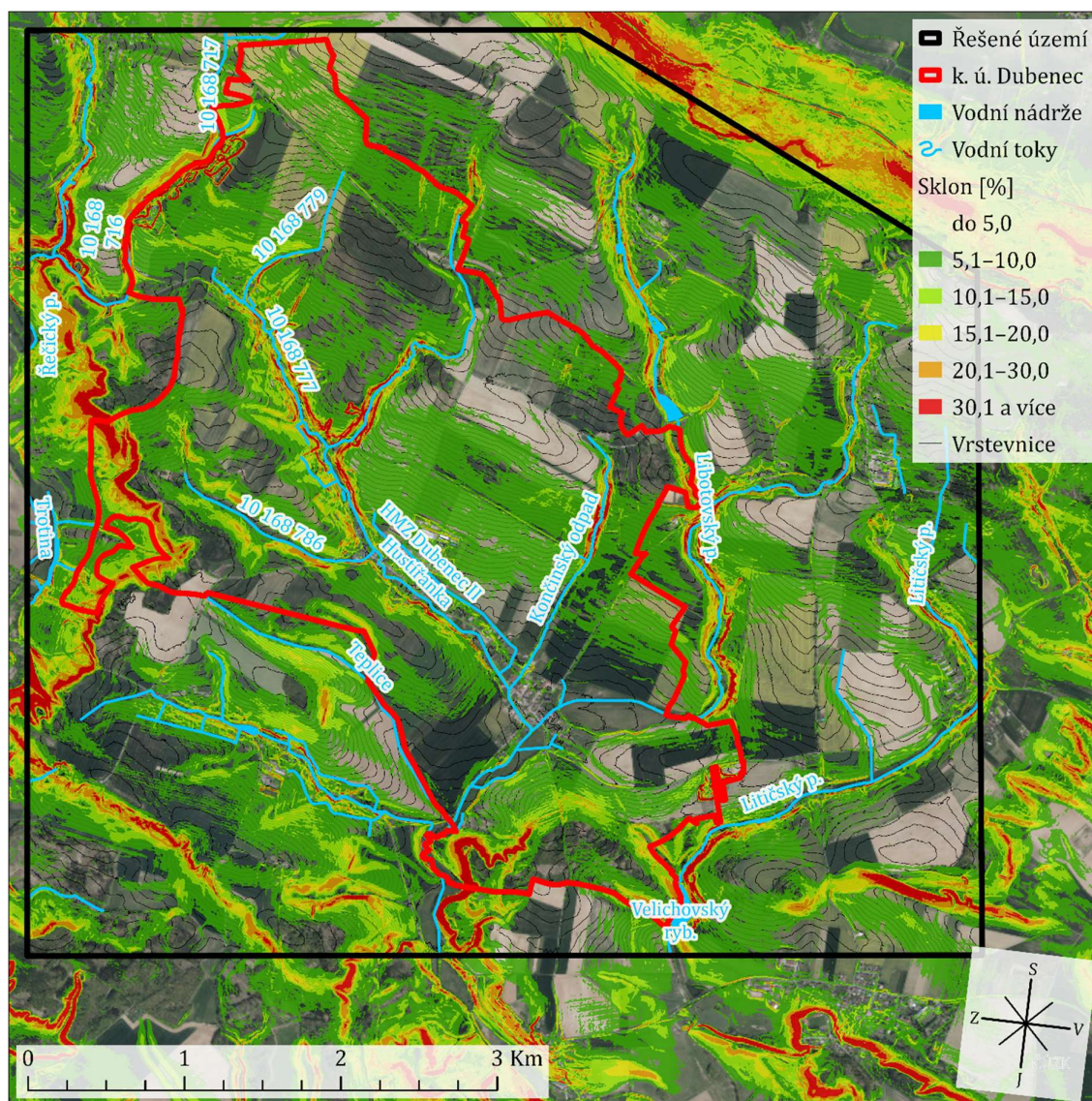
Řešené k. ú. Dubenec se nachází v Hercynském systému, v subsystému Hercynská pohoří, v provincii Česká vysočina, v subprovincii Česká tabule, větší severní částí v oblasti Severočeská tabule a menší jižní částí v oblasti Východočeská tabule. Dále vždy k. ú. spadá do dvou geomorfologických částí na stejné úrovni, které jsou v textu uvedeny ve stejném pořadí jako zmíněné geomorfologické oblasti. Území spadá do celků Jičínská pahorkatina a Východolabská tabule, podcelků Bělohradská pahorkatina a Chlumecká tabule, okrsků Libotovský hřbet a Velichovecká plošina. [11], [29]



Obrázek 12 – Geomorfologická mapa [17], [29]

2.7 SKLONOVÉ POMĚRY

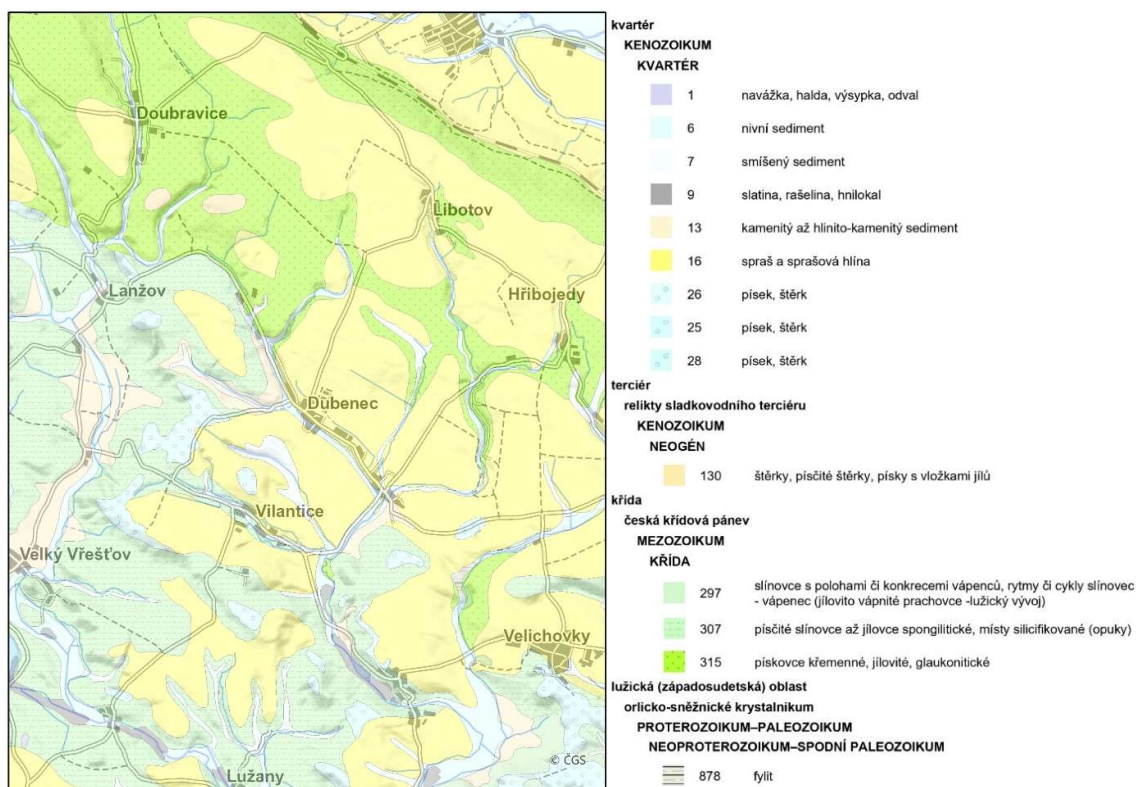
Sklony svahů v území se nejčastěji pohybují ve dvou kategoriích: do 5 % a od 5,1 % do 10,0 %. Největší plochy s těmito sklony se vyskytují severně nad intravilánem obce. Severovýchodně nad obcí je možné vidět dvě hluboká koryta místních vodních toků Hustířanky a Libotovského potoka, jejichž svahy mají sklon přes 30 %. Obec se nachází v dlouhém údolí podél pokračujícího toku Hustířanky. Svahy v blízkém okolí intravilánu rovněž místy přesahují hodnotu sklonu 30 %. Po západní hranici k. ú. se táhne největším místním lesním blokem dlouhý výrazný svah, který odděluje dvě povodí IV. řádu. Tento svah dále přechází do širokého údolí končícího poldrem jihozápadně od intravilánu. V jižním cípu k. ú. se nachází nejvyšší místní kopec, taktéž s výraznými svahy. Celkově se území nachází v kopcovitém terénu typicky rozděleném hlubokými koryty vodních toků. Podle těchto vlastností je možné odhadovat problematické působení vodní eroze. [16]



Obrázek 13 – Sklonové poměry v území [16], [17], [26]

2.8 GEOLOGICKÉ POMĚRY

V okolí Dubence převažují spraše a sprašové hlíny nacházející se zhruba od poloviny obce východně a jižně. Dalšími významnými horninami jsou pískovce křemenné, jílovité, glaukonitické, které se vyskytují severozápadně od obce, a také pískovce slínovce až jílovce sponglitické, které leží v západní části k. ú. Dále jsou místy výraznější kamenité až hlinito-kamenité sedimenty a v okolí toků Hustířanky a Libotovského potoka se vyskytují nivní sedimenty. [30]



Obrázek 14 – Geologická mapa [30]

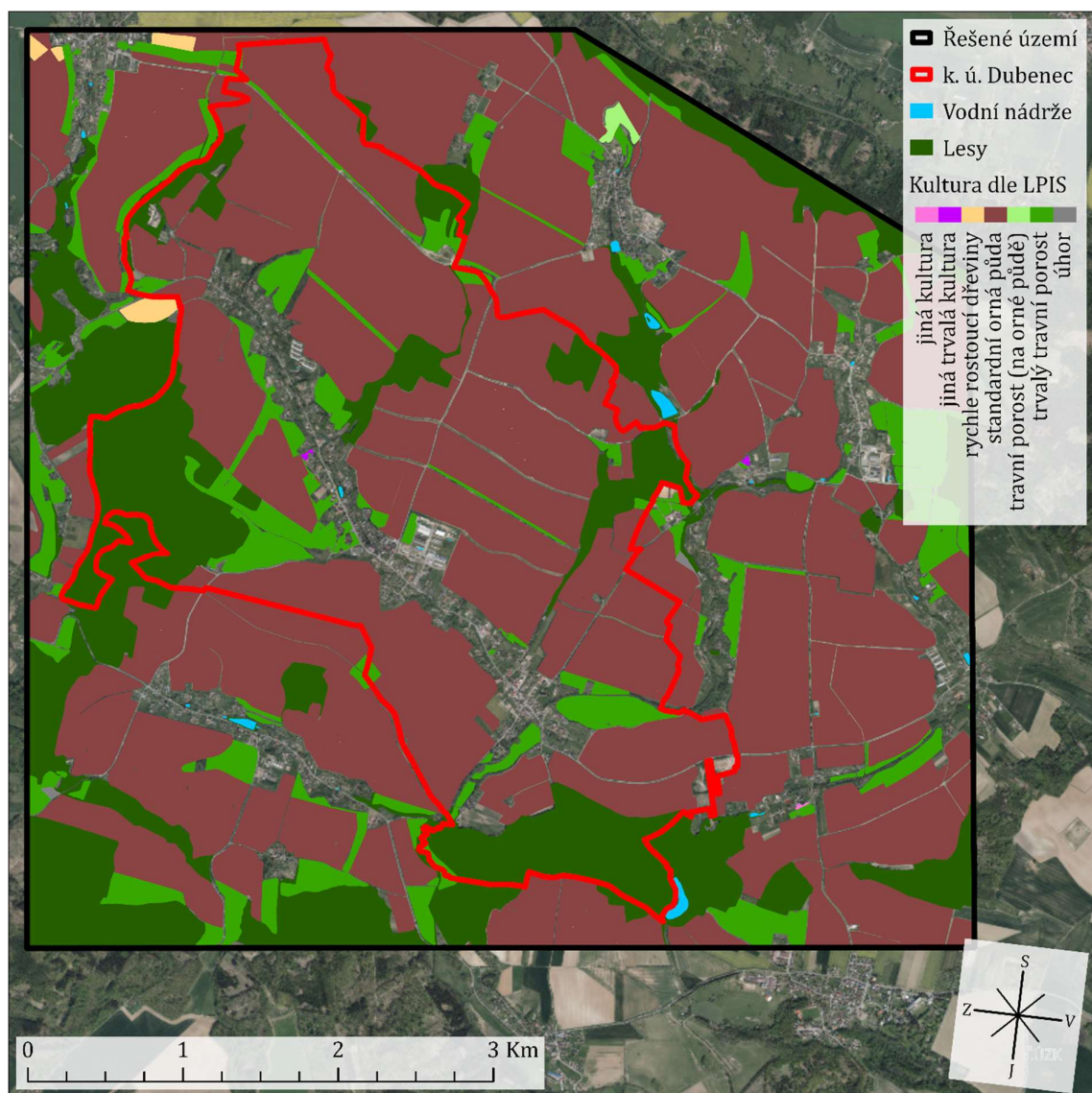
2.9 KRAJINNÝ POKRYV

Krajinný pokryv je v rámci řešeného území zpracován z vrstvy LPIS. Tato data byla dále doplněna informacemi o lesních porostech získaných vizuálním upřesněním dat z vrstvy BPEJ pomocí aktuální ortofoto mapy.

Převážnou většinu půdy zabírá standardní orná půda (68 %). Na druhém místě v rozloze jsou lesní porosty (22 %) a po nich trvalé travní porosty (10 %). Zbýlé typy kultur dle vrstvy LPIS se vyskytují pouze výjimečně. Stojí zde však za zmínku několik parcel s rychle rostoucími dřevinami v severní části území. Konkrétní plochy a procentuální zastoupení je možné vidět v tabulce na následující stránce, a také viz Obrázek 15. Do zastoupení jsou počítány pouze zmíněné plochy, a tedy intravilán a vodní plochy nenavyšují celkovou výměru. [31]

Tabulka 6 – Zastoupení krajinného pokryvu [28], [31]

Pokryv	Plocha [ha]	Zastoupení [%]
jiná kultura	0,1606	0,006
jiná trvalá kultura	0,4579	0,016
rychle rostoucí dřeviny	8,7610	0,303
standardní orná půda	1972,2212	68,169
travní porost (na orné půdě)	3,0115	0,104
trvalý travní porost	279,8869	9,674
úhor	1,2316	0,0426
lesy	627,4094	21,686



Obrázek 15 – Krajinný pokryv území [16], [17], [26], [28], [31]

3 POPIS POUŽITÝCH PROGRAMŮ A METOD

3.1 ARCGIS PRO

Program ArcGIS Pro představoval pro vypracování práce základní a stěžejní prvek. Jedná se o mapovací program od společnosti ESRI, který funguje dle formátu geografického informačního systému (GIS). V rámci programu je možné díky vkládaným vrstvám s prostorovými daty vytvářet mapy spojující různé oblasti analýzy řešeného území. Dále jde s těmito vrstvami pracovat, upravovat je, doplňovat a provádět výpočty pomocí přiložených funkcí. Příklady nejzásadnějších funkcí jsou uvedeny dále:

- příkaz Raster Calculator, který byl použit pro výpočet hodnot vodní eroze dle rovnice USLE (viz kapitola 3.7),
- příkaz Zonal Statistics as Table, který získá z rastrové vrstvy statistická data pro další vyhodnocování mimo program.

3.2 LS CONVERTER

Pomocný program pro převod rastrových formátů .asc exportovaných z hlavního mapového programu (ArcGIS Pro) na formát .rst a zpět. Tento nový formát je potřeba pro práci s programem USLE 2D (viz následující kapitola), který počítá LS faktor (viz kapitola 3.7.3). Pro použití jsou potřeba 2 rastry, které program nazývá DEM a Parcel. Rastr DEM musí obsahovat výškové souřadnice. V rámci práce byl použit digitální model terénu DMR 4G, respektive jeho výstřižek na řešené území. Rastr Parcel představuje plochy, pro které se bude v programu USLE 2D počítat LS faktor. V práci jsou tyto plochy tvořeny parcelami EHP, které byly v programu ArcGIS Pro převedeny na rastr.

3.3 USLE 2D

Pomocný program, který podle vložených dat počítá LS faktor pro řešené parcely. Do programu jsou potřeba vstupní údaje ve formátu .rst (viz předchozí kapitola). Před výpočtem je nutné v nastavení programu vybrat požadovaný způsob výpočtu, který se v rámci obou metodik liší. Celkem je třeba nastavit LS algoritmus, jeho exponent a Routing algoritmus. Dohromady program nabízí 4 způsoby pro LS algoritmus, z nichž dva používají několik vlastních variant exponentů, a 3 způsoby pro Routing algoritmus. Teoreticky je možné vypočítat 21 variant LS faktoru, avšak práce se zaměřuje na 2 varianty dle metodik a další 2 alternativní varianty. Po nastavení se do programu vloží potřebná data, a po dokončení procesu se zobrazí nabídka k uložení .rst souborů s výsledky. Na závěr je nutné tato data opět nahrát do programu LS Converter, který je převede na .asc formát čitelný mapovým programem.

3.4 DESQ-MAXQ

Program sloužící pro výpočet odtoku srážek z malých povodí. V práci je použit pro stanovení odtokových charakteristik v povodí pěti KB ohrožujících intravilán obce. Pro výpočet je využívána metoda CN popsaná v kapitole 3.6, a také 24hodinové deště podle původní metodiky. Výsledky odtokových charakteristik jsou v kapitole **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** porovnány s jedním z možných postupů zmíněných v nové metodice, který používá 6hodinové deště. Hydrologický model DesQ-MaxQ byl vyvinut prof. Ing. Františkem Hrádkem, DrSc. [12]

3.5 HEC-HMS

Jedná se o robustní hydrologický modelovací systém sloužící pro tvorbu simulací kompletních hydrologických procesů probíhajících v řešeném systému povodí. Program umožňuje více způsobů výpočtů a je v něm možné nejen vyhodnocovat odtok z povodí, ale také například vytvářet průběžnou simulaci evapotranspirace, tání sněhu nebo předpovídat transport sedimentů a kvalitu vody. Software je vyvíjen Inženýrským sborem armády USA (U.S. Army Corps of Engineers) a je volně dostupný ze stránek <https://www.hec.usace.army.mil>. V rámci práce je program použit pro výpočet odtokových charakteristik s užitím 6 h dešťů. [13]

3.6 METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK – CN

V rámci České republiky patří metoda CN (Curve number) mezi nejvyužívanější způsoby, jak získat informace o kulminačním průtoku a objemu povodňové vlny v řešených povodích. Samotná odtoková křivka popisuje, jak velká část srážky bude z území odvedena v podobě přímého odtoku. Hodnoty CN je možné určit podle kombinace HSP a způsobu využití půdy. V obou metodikách jsou přiložené tabulky popisující, jakou hodnotu CN tyto kombinace mají. Například nepropustné povrchy mají na půdách skupiny D hodnotu CN 95, což znamená, že 95 % výšky srážky bude převedeno na výšku odtoku. [1], [2]

Existují celkem 3 verze hodnot CN podle tří počátečních stavů nasycenosti území. Těmito verzemi jsou: CN1 pro suchý stav, CN2 pro běžné nasycení a CN3 pro zvýšené nasycení. Verze CN1 se na území ČR téměř nevyskytuje, a tak není pro výpočet doporučována. Program DesQ-MaxQ pracuje pouze s verzí CN2, zatímco nová metodika využívající programu HEC-HMS využívá CN2 i CN3. CN2 je možné určit ze zmíněných tabulek a CN3 se dá získat výpočtem z CN2 viz kapitola 4.1.1. [1]

3.7 VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU – USLE

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE, Universal soil loss equation) z roku 1978 je světově nejčastěji používanou metodou hodnocení ohroženosti půdy vodní erozí. Stanovili ji Walt H. Wischmeier a Dwight D. Smith. Rovnici vytvořili na základě dat ze 20 let pokusů na polích v USA. Její základní tvar je tento: [14], [32] **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

$$G = R * K * L * S * C * P [t*ha^{-1}*rok^{-1}]$$

Rovnice se skládá ze 6 faktorů, které každý popisují jeden aspekt řešeného území. Všechny faktory jsou použity v programu ArcGIS Pro ve formě rastrových vrstev. Pro získání výsledné hodnoty G byl použit dříve popsáný příkaz Raster Calculator viz kapitola 3.1.

Faktory R, LS a C jsou dle nové metodiky řešeny odlišně od původní metodiky. Změny v těchto faktorech jsou hlavním zaměřením práce. Teoreticky jsou rozdíly popsány v následujících kapitolách u každého faktoru. Praktická porovnání jsou popsána v kapitolách 4.2, 4.3 a 4.4.

3.7.1 R FAKTOR

První faktor rovnice USLE popisuje erozní účinnost deště. Ta závisí dle provedených pokusů Wischmeiera a Smithe na kinetické energii a maximální 30minutové intenzitě srážky. [2]

Zároveň se jedná o první z faktorů, který je v metodikách řešen odlišně. V původní metodice podle Janečka je stanovena průměrná hodnota pro celou Českou republiku $R = 40 MJ*ha^{-1}*cm*h^{-1}$. V nové metodice je využit tzv. regionalizovaný R faktor, který je možné volně stáhnout na portálu Protierozní kalkulačka (<https://kalkulacka.vumop.cz>). Také je připraven plán aktualizace těchto hodnot ve 4letých intervalech. [1], [2]

V kapitole 4.2 je srovnán regionalizovaný R faktor s průměrnými hodnotami regionalizovaného R faktoru na k. ú. a je zde vyhodnocena možnost použití těchto průměrných hodnot v praxi.

3.7.2 K FAKTOR

Jedná se o faktor erodovatelnosti půdy neboli náchylnosti půdy k erozi. Tato náchylnost půdy vychází z jejích vlastností, které ovlivňují infiltrační schopnosti půdy a odolnost půdních agregátů proti rozrušení deštěm a následnému transportu povrchovým odtokem. Konkrétně hodnota K faktoru vyjadřuje ztrátu půdy v $t*ha^{-1}$ standartního pozemku (standartní pozemek je popsán v kapitole 3.7.3) na jednotku R faktoru, tedy na $1 MJ*ha^{-1}*cm*h^{-1}$. K faktor je možné získat celkem čtyřmi způsoby: [1], [2]

1. Přiřazením hodnoty podle BPEJ, konkrétně dle HPJ z tabulky uvedené v původní i nové metodice. Pro stanovení K faktoru v zájmovém území Dubenec byl použit tento způsob.

Tabulka 7 – Hodnoty K faktoru pro jednotlivé HPJ [1]

HPJ	K faktor	HPJ	K faktor
01	0,41	40	0,24
02	0,46	41	0,33
03	0,35	42	0,56
04	0,16	43	0,58
05	0,28	44	0,56
06	0,32	45	0,54
07	0,26	46	0,47
08	0,49	47	0,43
09	0,60	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,50	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,40
16	0,51	55	0,25
17	0,40	56	0,40
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,40
26	0,41	65	Nedostatek dat
27	0,34	66	Nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	Nedostatek dat
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	Nedostatek dat
36	0,26	75	Nedostatek dat
37	0,16	76	Nedostatek dat
38	0,31	77	Nedostatek dat
39	Nedostatek dat	78	Nedostatek dat

2. Stažením rastrové vrstvy K faktoru z portálu Protierozní kalkulačky. Jedná se o nový způsob, který je tudíž uveden pouze v nové metodice.

3. Výpočtem podle rovnice uvedené v obou metodikách. Tato varianta je vhodná pro zpřesnění K faktoru obzvláště v případě degradace půdy hutněním. Pro její použití je nutný odběr vzorků z území.
4. Určením hodnoty z nomogramu podle původní metodiky. Nová metodika již tento způsob neuvádí. Stejně jako v předchozím případě jsou potřeba výsledky rozborů z odběru vzorků.

V území se vyskytují HPJ vypsané společně s přiřazenými hodnotami K faktoru v následující tabulce:

Tabulka 8 – Použité hodnoty K faktoru [1], [28]

HPJ	K faktor	HPJ	K faktor	HPJ	K faktor	HPJ	K faktor
8	0,49	22	0,24	44	0,56	58	0,42
11	0,52	23	0,25	45	0,54	59	0,35
13	0,5	30	0,23	46	0,47	64	0,4
14	0,59	31	0,16	50	0,33	67	0,44
15	0,51	40	0,24	53	0,38	68	0,49
19	0,33	41	0,33	54	0,4	70	0,41
20	0,28	42	0,56	56	0,4	77	0,48
21	0,15	43	0,58	57	0,45		

3.7.3 LS FAKTOR

Tento faktor je kombinací dvou faktorů z metody USLE, a to L faktoru vyjadřujícího nepřerušenu délku svahu a S faktoru vyjadřujícího sklon svahu. Dohromady LS faktor popisuje vliv těchto dvou vlastností území na velikost ztráty půdy erozí. Hodnota LS faktoru je bezrozměrná, protože porovnává vlastnosti řešeného pozemku s pozemkem standartním, který má stanovenou délku 22,13 m a sklon 9 %. [1]

LS faktor je druhým faktorem, jehož výpočet se mezi metodikami liší. V kapitole 4.3 je podrobně popsán způsob stanovení a výpočtu různých variant LS faktoru, a také jejich následné srovnání v rámci řešeného území. Varianty zahrnují způsoby výpočtů uvedené v obou metodikách a dvě další alternativní verze.

3.7.4 C FAKTOR

Ukazuje míru ochrany před účinky vodní eroze, kterou poskytuje vegetace půdě, ve které roste. Hodnoty C faktoru se pohybují v intervalu 0 až 1 a jsou bezrozměrné. Nižší hodnoty vypovídají o vyšší ochraně půdy. Samotná hodnota je vyjádřením poměru ztráty půdy na řešeném pozemku ke ztrátě půdy z trvalého kypřeného úhoru. Takovýto úhor by tedy měl hodnotu C faktoru = 1. Na velikost C faktoru má vliv osevňovací postup a agrotechnika. [1]

Typicky nízké hodnoty C faktoru poskytuje např.: trvalý travní porost (0,005) nebo víceleté pícniny (0,020). Naopak vysoké hodnoty mají např.: sady s úhorem (0,450) nebo vinice s úhorem (0,752). V těchto případech je možné hodnotu C faktoru snížit zatravněním. [1]

C faktor je třetím faktorem, jehož stanovení se mezi metodikami liší. V původní metodice byla používána tabulka s konkrétními hodnotami pro plodiny, nebo získaný osevní postup od zemědělce. Takovýto postup umožnil výpočet přesnější hodnoty C faktoru. Pro pozemkové úpravy je současný stav C faktoru stanoven na základě klimatických regionů dle Kadlece a Tomana. V nové metodice došlo k doplnění některých hodnot C faktoru pro trvalé porosty a kultury, a také ke vzniku možnosti použít tzv. indikativní C faktor. [1], [2]

Indikativní C faktor je rastrovou vrstvou zpracovanou pro území celé ČR v rámci prostředí Protierozní kalkulačky, odkud je možné faktor stáhnout. Vrstva využívá osevních postupů poskytnutých zemědělci v jednotné žádosti o dotace a ukazuje průměrnou hodnotu C faktoru dle osevního sledu plodin v posledních třech letech. Do budoucna je plánováno s používáním průměrné hodnoty za posledních 5 let. [1]

Rozdíly mezi původně určenou vrstvou C faktoru a použitím aktuálního indikativního C faktoru jsou popsány a zhodnoceny v kapitole 4.4.

3.7.5 P FAKTOR

Udává účinnost protierozních opatření v území. Hodnoty P faktoru se pohybují v intervalu 0 až 1 a jsou bezrozměrné. Nižší čísla představují vyšší účinnost opatření a číslo 1 se používá u území bez opatření. Do těchto opatření spadá například obdělávání po vrstevnicích a pásové střídání plodin. Hodnoty P faktoru pro uvedená opatření jsou popsány v tabulkách obou metodik. [1], [2]

Hodnoty P faktoru jednotlivých protierozních opatření byly v rámci metodik stanoveny odlišným způsobem. V původní metodice jsou uvedeny hodnoty dle Wischmeiera a Smithe z roku 1978. V nové metodice jsou pro vybraná opatření uvedené průměrné hodnoty vycházející z více autorů (Wischmeier a Smith, 1978; Renard et al., 1997; Foster et al., 2002 a další). [1], [2]

Pro snazší porovnání erozních smyvů na řešeném území byla hodnota P faktoru uvažována rovná 1. Tento krok zároveň odpovídá skutečnému stavu území, jelikož v něm nejsou zmíněná protierozní opatření používána.

4 POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ROZDÍLŮ METODIK

V této kapitole jsou uvedeny podrobné popisy, stanovení a porovnání řešených rozdílů mezi metodikami. Jedná se o nejdůležitější část práce.

4.1 ODTOKOVÉ CHARAKTERISTIKY

V rámci metodik se způsob stanovení odtokových charakteristik liší novými možnostmi uvedenými v nové metodice. Původně bylo možné odtokové charakteristiky získat přímým výpočtem nebo použitím programu DesQ-MaxQ. Tyto výpočty stojí v obou případech na metodě CN a 24hodinových deštích pro nejbližší stanici ČHMÚ. Nová metodika přidává možnost použití 6hodinových návrhových deštů. Tato data poskytuje ČVUT na stránkách rain.fsv.cvut.cz v rámci modulu HYDRORAIN-6H. Pro výpočet odtokových charakteristik využívajících těchto nových dat je možné dle nové metodiky použít programy HEC-HMS, Atlas s modulem HYDROLOGIE a online nástroj HydroRAIN. Původní způsob výpočtu za užití 24hodinových deštů je stále také možný. [1], [2]

V práci jsou porovnány dva způsoby výpočtu, a to varianta s DesQ-MaxQ (24 h deště) a varianta s HEC-HMS (6 h deště). DesQ-MaxQ zde zastupuje přístup podle původní metodiky. Program HEC-HMS byl vybrán jako zástupce nové metodiky, protože nástroj HydroRAIN podporuje pouze výpočet v povodích do 100 ha a Atlas neměl v době zpracování dat aktualizovaný modul EROZE.

4.1.1 VSTUPNÍ DATA ODTOKOVÝCH CHARAKTERISTIK

Obě porovnávané verze potřebují pro svůj výpočet stanovení hodnot CN na řešená povodí. Toto stanovení je popsáno v kapitole 3.6. Dále je nutné zjistit plochu a průměrný sklon každého z pěti řešených povodí KB. V případě programu DesQ-MaxQ je nutné tyto hodnoty zjistit samostatně pro levou a pravou stranu povodí. Dále oba programy potřebují délku údolnice od KB po horní okraj povodí. Tato údolnice zároveň povodí dělí na zmíněnou levou a pravou stranu.

DesQ-MaxQ navíc vyžaduje hodnotu drsnosti volenou podle pokryvu území. Pro každý typ pokryvu program v tabulce nabízí volitelné rozmezí drsnosti. Drsnost byla zvolena pro typy pokryvu jednotně. Poté byla spočtena hodnota drsnosti pro jednotlivá povodí KB jako vážený průměr podle výměry typu pokryvu. Vstupní data deštů byla volena podle nejbližší meteorologické stanice z nabídky přímo v rámci programu. Šlo o stanici Hoříněves. Problémem těchto dat je jejich zastarání. Aktuálně probíhá projekt Perun, který 24hodinové deště aktualizuje, avšak data z projektu nejsou zatím hotová a dostupná. [15]

Program HEC-HMS vyžaduje navíc tři vstupní hodnoty. První je procentuální zastoupení nepropustného povrchu, například silnic nebo budov, v povodí. Druhou hodnotou jsou CN3, které je možné spočítat ze stanovených CN2 (viz kapitola 3.6) pomocí tohoto vzorce: [1]

$$CN_3 = 23 CN_2 / (10 + 0,13 CN_2)$$

Třetí vstupní hodnotou je doba zpoždění v hodinách, která se vypočítá pomocí tohoto vzorce: [1]

$$T_{lag} = \frac{(3,281 \cdot L)^{0,8} (0,0394 \cdot A + 1)^{0,7}}{1900 \cdot \sqrt{Y}}$$

- L ... délka údolnice [m]
- A ... maximální retence povodí [mm]
- Y ... průměrný sklon povodí [%]

Maximální retence se vypočítá dle tohoto vzorce: [1]

$$A = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Použitá data 6 h dešťů byla získána z již popsaného modulu HYDRORAIN-6H, dostupného ze stránky <https://rain1.fsv.cvut.cz/>, kde je možné stáhnout průběh návrhových srážek pro povodí IV. řádu jako excelový dokument.

Všechny použité vstupní úhrny dešťů jsou uvedeny v následující tabulce. Program DesQ-MaxQ používal jednu skupinu dat pro nejbližší klimatickou stanici. Program HEC-HMS používal tři skupiny dat, protože jednotlivé KB leží ve třech rozdílných povodích IV. řádu.

Tabulka 9 – Úhrny dešťů použité pro porovnání odtokových charakteristik

Deště	Data pro území:	Q ₅ [mm]	Q ₂₀ [mm]	Q ₁₀₀ [mm]
24 h	meteorologická stanice Pohořelice	43,30	56,50	71,10
6 h	povodí IV. řádu 1-01-04-018 pro KB 1, KB 2, KB 3	39,0	53,1	71,3
	povodí IV. řádu 1-01-04-019 pro KB 4	39,5	53,9	72,6
	povodí IV. řádu 1-01-04-020 pro KB 5	38,8	53,5	72,8

4.1.2 VÝPOČET ODTOKOVÝCH CHARAKTERISTIK

U programu DesQ-MaxQ stačí zadat připravená data do jejich odpovídajících řádků viz obrázek dole. Program provede po stisknutí odpovídajícího tlačítka výpočet a výsledky je možné si uložit jako excelový soubor.

The screenshot shows the DesQ-MAX Q software interface. The window title is "DesQ-MAX Q". The menu bar includes "Soubor", "Edituj", "Výstupy", "Okna", "Volby", and "Nápověda". The main window displays the following sections:

- Parametry výpočtu:**
 - Typ povodí: Dva svahy
 - Varianta: Varianta I
 - Vypočítej button
- Popis projektu:** Hořinives
- Povodí:**

Délka údolnice [km]	0.999
Sklon údolnice [%]	5.13
1-denní maximální srážkový úhyn pro N = 5 [mm]	43.3
1-denní maximální srážkový úhyn pro N = 10 [mm]	49.8
1-denní maximální srážkový úhyn pro N = 20 [mm]	56.5
1-denní maximální srážkový úhyn pro N = 50 [mm]	64.7
1-denní maximální srážkový úhyn pro N = 100 [mm]	71.1
- Dva svahy:**

	Levý	Pravý
Plocha svahu [km ²]	0.111	0.344
Sklon svahu [%]	5.62	5.45
Drsnost γ [s]	7.036	6.959
Typ CN koefiky [1,2,3]	2	2
Číslo CN koefiky [40-100]	73.61	78.90

Obrázek 16 – prostředí DesQ-MaxQ

Program HEC-HMS je uživatelsky složitější než DesQ-MaxQ, a proto byla autory 6hodinových dešťů vytvořena šablona, do které je možné vepsat vlastní vstupní data odpovídající řešeným povodím, a také data o průbězích dešťů. Komplikací je, že návrhové 6 h deště jsou poskytovány jako set oddělených průběhů dešťů podle typu (A až F), což znamená, že je nutné je do programu vkládat samostatně. Dále je třeba výsledky z programu vložit do excelové tabulky (viz Tabulka 10) a vyjádřit z nich celkový výsledek v podobě váženého průměru. Toto je nutné provést zvlášť pro každé povodí a každou hodnotu N-letosti srážek.

Tabulka 10 – Příklad úpravy výstupu z HEC-HMS (KB4, Q₅)

Tvar hyetogramu	P [mm]	zast, P [%]	CN2	CN3	zast, CN2 [%]	zast, CN3 [%]	V CN2 [m ³]	V CN3 [m ³]	váž, V CN2 [m ³]	váž, V CN3 [m ³]
A	39,55	18,65	78,20	89,19	100	0	45 261	110 818	8 441,18	0,00
B	39,55	38,20	78,20	89,19	100	0	45 133	110 720	17 239,90	0,00
C	39,55	10,58	78,20	89,19	75	25	44 449	110 455	3 526,36	2 920,98
D	39,55	19,06	78,20	89,19	100	0	42 593	109 501	8 119,08	0,00
E	39,55	6,35	78,20	89,19	100	0	44 476	110 409	2 824,23	0,00
F	39,55	7,16	78,20	89,19	100	0	43 111	109 668	3 087,61	0,00
									váž, V [m³]	46 159,34

4.1.3 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ODTOKOVÝCH CHARAKTERISTIK

Výsledky dohromady srovnávají kulminační průtok a objem povodňové vlny pro celkem 5 povodí KB a 3 varianty N-letosti srážek (5, 20 a 100 let). Všechny hodnoty jsou vypsané v následující tabulce. Rozdíly popisují procentuální nárůst hodnot 6 h dešťů oproti 24 h dešťům.

Tabulka 11 – Porovnání výsledků odtokových charakteristik

Výsledky		Kulminační průtok [m ³ *s ⁻¹]			Objem povodňové vlny [m ³]		
Povodí	N-letost	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀	Q ₅	Q ₂₀	Q ₁₀₀
KB1	24 h	0,32	0,66	1,23	7 150	9 460	11 200
	6 h	0,52	1,26	2,46	2 393	5 425	10 401
	Rozdíl [%]	62	91	100	-67	-43	-7
KB2	24 h	1,95	3,95	7,00	50 000	66 100	78 300
	6 h	2,45	5,42	10,18	19 411	41 995	78 353
	Rozdíl [%]	26	37	45	-61	-36	0
KB3	24 h	1,28	2,59	4,68	30 300	40 000	47 400
	6 h	1,72	3,90	7,42	11 470	25 036	46 985
	Rozdíl [%]	34	50	59	-62	-37	-1
KB4	24 h	3,22	6,72	12,70	101 000	135 000	162 000
	6 h	5,11	10,50	18,93	46 159	93 014	166 971
	Rozdíl [%]	59	56	49	-54	-31	3
KB5	24 h	0,39	0,82	1,40	5 810	7 650	8 990
	6 h	0,54	1,22	2,30	2 604	5 563	10 340
	Rozdíl [%]	37	49	64	-55	-27	15
Průměrný rozdíl [%]		43	57	63	-60	-35	2

Z průměrných rozdílů je možné vidět, že kulminační průtok vychází vyšší u 6 h dešťů, naopak objem povodňové vlny u nich vychází výrazně nižší než v případě 24 h dešťů. Zvláštní je pak podobnost objemů při srážce Q₁₀₀. Tato výjimka se dá blíže popsat porovnáním úhrnů vstupních dešťů, které je provedené v následující tabulce.

Jak již bylo zmíněno (viz Tabulka 9), jednotlivé KB leží v odlišných povodích IV. řádu, a proto mají odlišná vstupní data.

Tabulka 12 – Porovnání vstupních dešťů

Typy dešťů	24 h	6 h						Prům. rozdíl [%]
		KB1, 2, 3	Rozdíl [%]	KB4	Rozdíl [%]	KB5	Rozdíl [%]	
Q ₅ [mm]	43,3	39	-9,93	39,5	-8,78	38,8	-10,39	-9,70
Q ₂₀ [mm]	56,5	53,1	-6,02	53,9	-4,60	53,5	-5,31	-5,31
Q ₁₀₀ [mm]	71,1	71,3	0,28	72,6	2,11	72,8	2,39	1,59

Hodnoty průměrného rozdílu vstupních dešťů se chovají podobně jako hodnoty průměrných rozdílů objemů povodňové vlny. Z tohoto podobného chování se dá usoudit, že mají hodnoty vstupních dešťů výrazný vliv na rozdíl ve výpočtech. Konkrétně v případě řešených povodí vychází, že čím jsou si vstupní úhrny bližší, tím bližší jsou si i výsledné objemy. Tato vlastnost nelze uplatnit plošně, a nabízí se tak možnost dalšího výzkumu tohoto fenoménu i na jiných územích.

Na závěr je ještě vhodné srovnání postupů obou výpočtů. Z pohledu použití projektantem je program DesQ-MaxQ přímočařejší, a také získání výsledků zabere výrazně méně času, protože není nutné výstupy z programu dále upravovat. Aktuální nevýhodou jsou již zmíněné zastaralé hodnoty návrhových dešťů. Naopak program HEC-HMS používá nově stanovené deště, které ale mohou být často přepočítávány, a tak projektant při návrhu může řešit problém se změnou jeho podkladových dat v průběhu práce.

4.2 ZHODNOCENÍ REGIONALIZOVANÉHO R FAKTORU

Nový způsob řešení R faktoru přes regionalizovaný rastr výrazně mění práci s tímto faktorem. V původní metodice byla fixně stanovena hodnota $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ pro všechna území v ČR, tudíž stačilo do výpočtu zadat tuto číselnou hodnotu. Nově byly vyjádřeny hodnoty R faktoru z meteorologických stanic s daty za posledních 30 let. Tato data byla pomocí interpolačních metod převedena na set celokrajských rastrů z buněk o velikosti 5x5 m. [1]

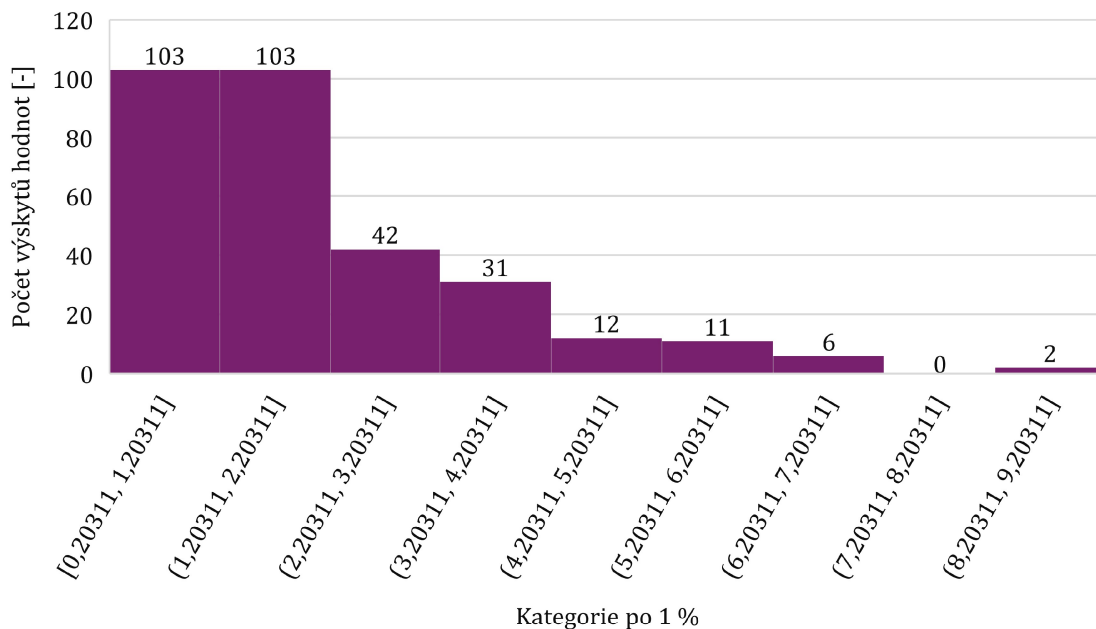
V rámci práce byl rastr po stažení a vložení do aplikace ArcGIS Pro použit na výpočet erozního smyvu dle nové metodiky. Pro zakomponování rastru do výpočtu byl použit příkaz Raster Calculator, ve kterém je možné vynásobit vstupní rastry a získat výsledný rastr. Alternativou by mohlo být použití průměrné hodnoty regionalizovaného R faktoru na jedno k. ú. Aby bylo možné tyto dvě varianty porovnat, tak byly vypočteny statistické údaje pro celkem 310 k. ú. nacházejících se v Královéhradeckém kraji. Konkrétně jde o území v okruhu cca 20 km kolem obce Dubenec viz Obrázek 17.



Obrázek 17 – K. ú. v okolí obce Dubenec [17]

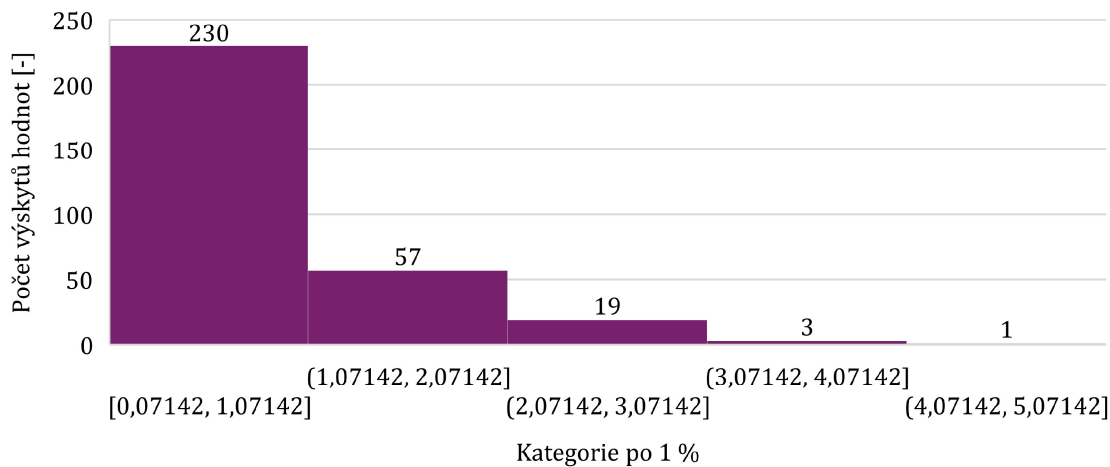
Ze statistických dat byly vypočteny maximální a směrodatné odchylky od průměrné hodnoty pro každé k. ú. Tyto hodnoty byly dále pro snazší ohodnocení převedeny do procentuální části z průměru na příslušné k. ú. Následně byly z upravených hodnot vytvořeny histogramy viz další stránka. Oba histogramy mají kategorie po 1 % z průměrné hodnoty regionalizovaného R faktoru na k. ú.

Procentuální vyjádření maximálních odchylek od průměrné hodnoty R faktoru na k. ú.



Obrázek 18 – Histogram maximálních odchylek R faktoru

Procentuální vyjádření směrodatných odchylek od průměrné hodnoty R faktoru na k. ú.



Obrázek 19 – Histogram směrodatných odchylek R faktoru

Z histogramů je vidět, že převážná většina odchylek (66 % pro maximální, 92 % pro směrodatné) vychází cca do 2 % z průměrné hodnoty R faktoru. Tato skutečnost může podpořit variantu, že průměrné hodnoty na k. ú. jsou pro výpočet dostačující. V datech je však zároveň možné si všimnout několika extrémů, které se, obzvláště v případě maximálních odchylek, liší od průměrů až o 9 %. Tyto extrémy by v jejich příslušných územích mohli znamenat výrazné podhodnocení nebo nadhodnocení míry erozního smyvu na konkrétních parcelách.

Z důvodu výskytu zmíněných vysokých hodnot v hodnoceném vzorku 310 k. ú. autor práce nedoporučuje použití průměrných hodnot regionalizovaného R faktoru na jednotlivá k. ú. Zároveň toto případné použití průměrů nepřináší pozitiva v podobě rychlejšího výpočtu eroze, protože přímé použití poskytovaného rastru je méně časově náročné než použití průměrné číselné hodnoty. To je tím, že při použití rastru není nutné průměrnou hodnotu stanovovat.

4.3 STANOVENÍ A POROVNÁNÍ LS FAKTORŮ

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.7.3, tak LS faktor se v rámci obou metodik počítá jiným způsobem. Již v původní metodice byl pro stanovení hodnoty LS faktoru doporučen volně přístupný program USLE 2D popsany v kapitole 3.3. Tento program je uveden i v nové metodice, avšak jeho nastavení se liší. V rámci práce bylo jedním z cílů porovnat, jak se na řešeném území projeví tyto rozdíly v nastavení programu a co budou znamenat pro celkový výpočet erozního smyvu. K příležitosti porovnání dvou nastavení dle metodik byly vybrány ještě další dvě varianty nastavení programu. Všechny 4 varianty jsou zobrazeny v následující tabulce:

Tabulka 13 – Varianty LS faktoru [1], [2]

Metodika	Označení varianty	LS algoritmus	Exponent LS algoritmu	Routing algoritmus
Janeček, 2012	LS1	McCool	Moderate	Flux Decomposition
Alternativa 1	LS2	McCool	Moderate	Multiple Flow
Podhrázká, 2024	LS3	Nearing	McCool	Multiple Flow
Alternativa 2	LS4	Nearing	Wischmeier, Smith	Multiple Flow

4.3.1 PŘÍPRAVA LS FAKTORŮ

Pro vytvoření výsledných rastrů s hodnotami LS faktoru je nejdříve nutné vymezit erozně hodnocené plochy (EHP, definované v následující kapitole), na kterých se budou hodnoty stanovovat. V práci bylo tohoto vymezení dosaženo za použití vektorové vrstvy LPIS. Tato vrstva byla zúžena na rozsah zasahující do řešeného území, a poté rozšířena o parcely, které na ni svým svahem navazují, a ovlivňují tak skutečnou délku svahu. Po těchto úpravách bylo nutné z výsledné vektorové vrstvy EHP, pracovně nazvané EHP_1, vytvořit rastr zvaný Parcel, který je prvním podkladem pro následný výpočet v programu USLE 2D. V programu ArcGIS Pro bylo tohoto převodu dosaženo příkazem Feature to Raster. Druhým potřebným podkladem je volně dostupný digitální model terénu DMR 4G.

Oba rastry byly dále převedeny do formátu .asc (příkaz Raster to ASCII), který je nutný pro další zpracování v programu LS Converter popsáném v kapitole 3.2. Program převede oba .asc soubory do formátu .rst, který už je čitelný pro samotný program USLE 2D.

V programu USLE 2D byly provedeny celkem 4 výpočty, tedy jeden pro každou variantu LS faktoru. Pokaždé bylo nastavení programu upraveno tak, aby odpovídalo příslušné variantě. Výsledné soubory je nutné zpětně převést v programu LS Converter na formát asc. Díky použití programu ArcGIS Pro jsou tyto soubory rovnou čitelné jako finální rastry. V případě zpracování ve starším programu ArcMap by bylo nutné formát asc. převést na některý z typických rastrových formátů (například .tif) příkazem ASCII to Raster.

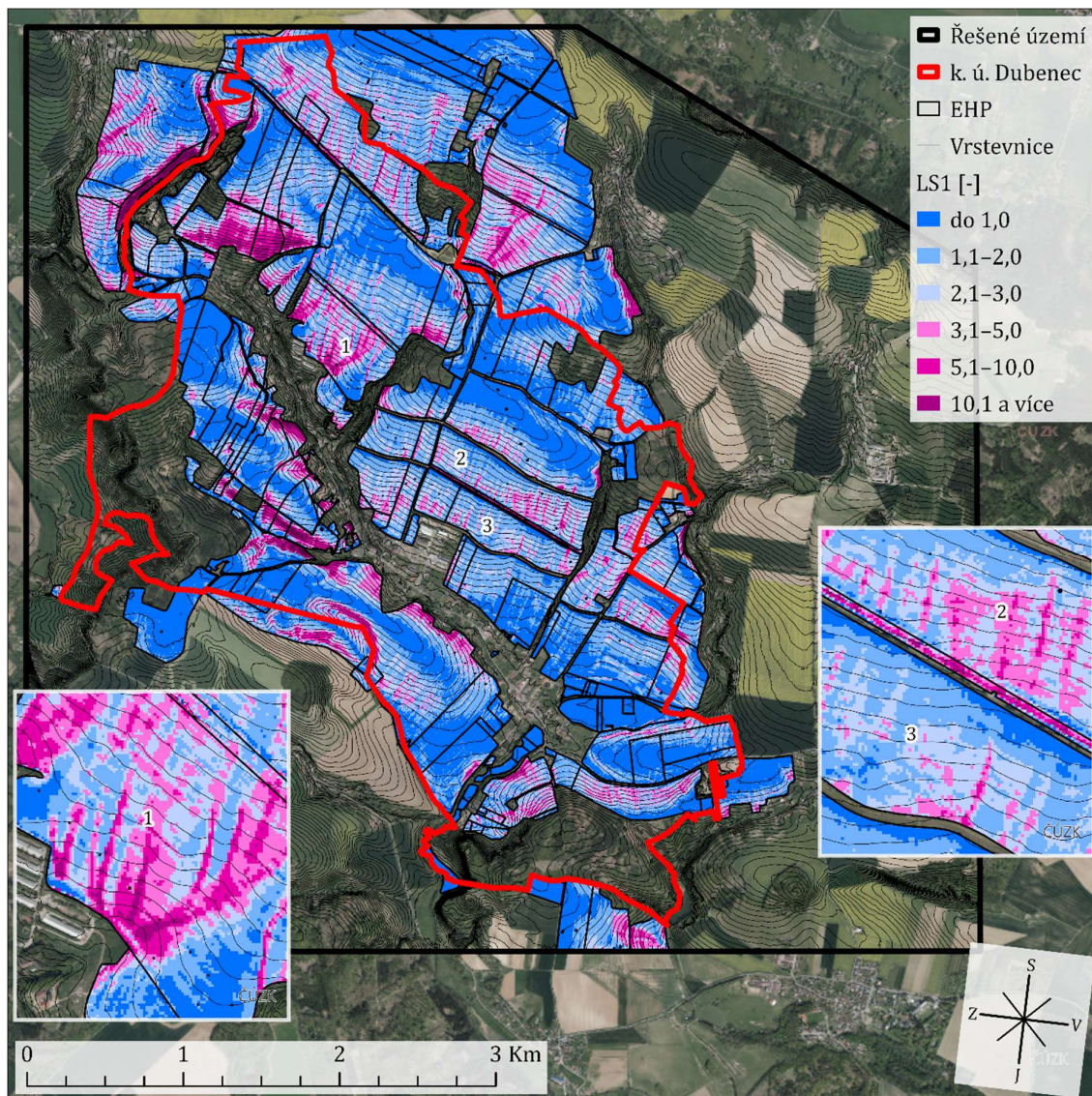
4.3.2 EROZNĚ HODNOCENÉ PLOCHY (EHP)

Podle nové metodiky jsou EHP definovány jako: „*plocha (území), ve kterém erozi pomocí GIS nástrojů vyhodnocuji/kvantifikuji*“ [1]. EHP je možné získat z bloků LPIS, z ploch dle zaměření skutečného stavu, z parcel Katastru nemovitostí (KN), případně z jiné definované plochy. Pro správnost výpočtu eroze může být nutné zahrnout do EHP i plochy mimo zmíněné vrstvy. Takovéto plochy se doplňují na místech, kde může probíhat eroze nebo která ovlivňují svou délkou svahu hodnoty eroze na již stanovených EHP. V praxi je následně nutné takovéto doplněné plochy upravit podle zaměření skutečného stavu. Nakonec jsou z vytvořené vrstvy EHP vyjmuty plochy s prvky přerušujícími plošný odtok. Takovými prvky mohou být například lesy a komunikace s podélným příkopem nebo průlehem. [1]

4.3.3 POROVNÁNÍ LS FAKTORŮ

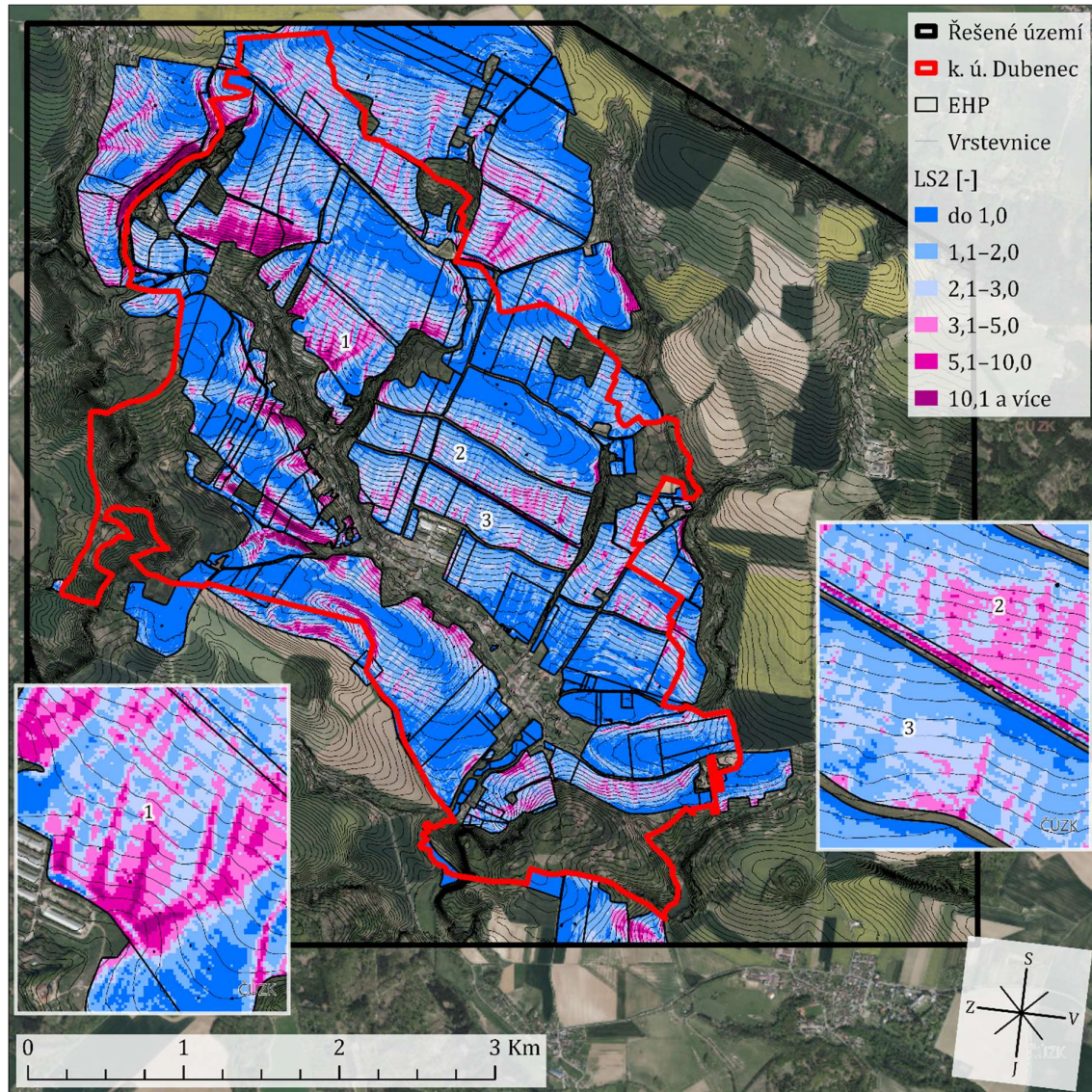
Porovnání výsledků bylo provedeno dvěma odlišnými způsoby. Prvním bylo srovnání hodnot v konkrétních místech území na vygenerovaných mapách. Druhým bylo srovnání statistických hodnot pro každou variantu LS faktoru vygenerovaných na jednotlivá EHP. Výsledky obou těchto srovnání jsou popsány na konci této kapitoly. V následující části jsou samostatně zobrazeny a popsány všechny řešené varianty LS faktoru:

LS1 – První varianta LS faktoru odpovídá svým nastavením původní metodice. Od všech ostatních variant se liší použitým Routing algoritmem. Tím je Flux Decomposition, ostatní varianty používají Multiple Flow. Zbylá nastavení jsou stejná jako ve variantě LS2.



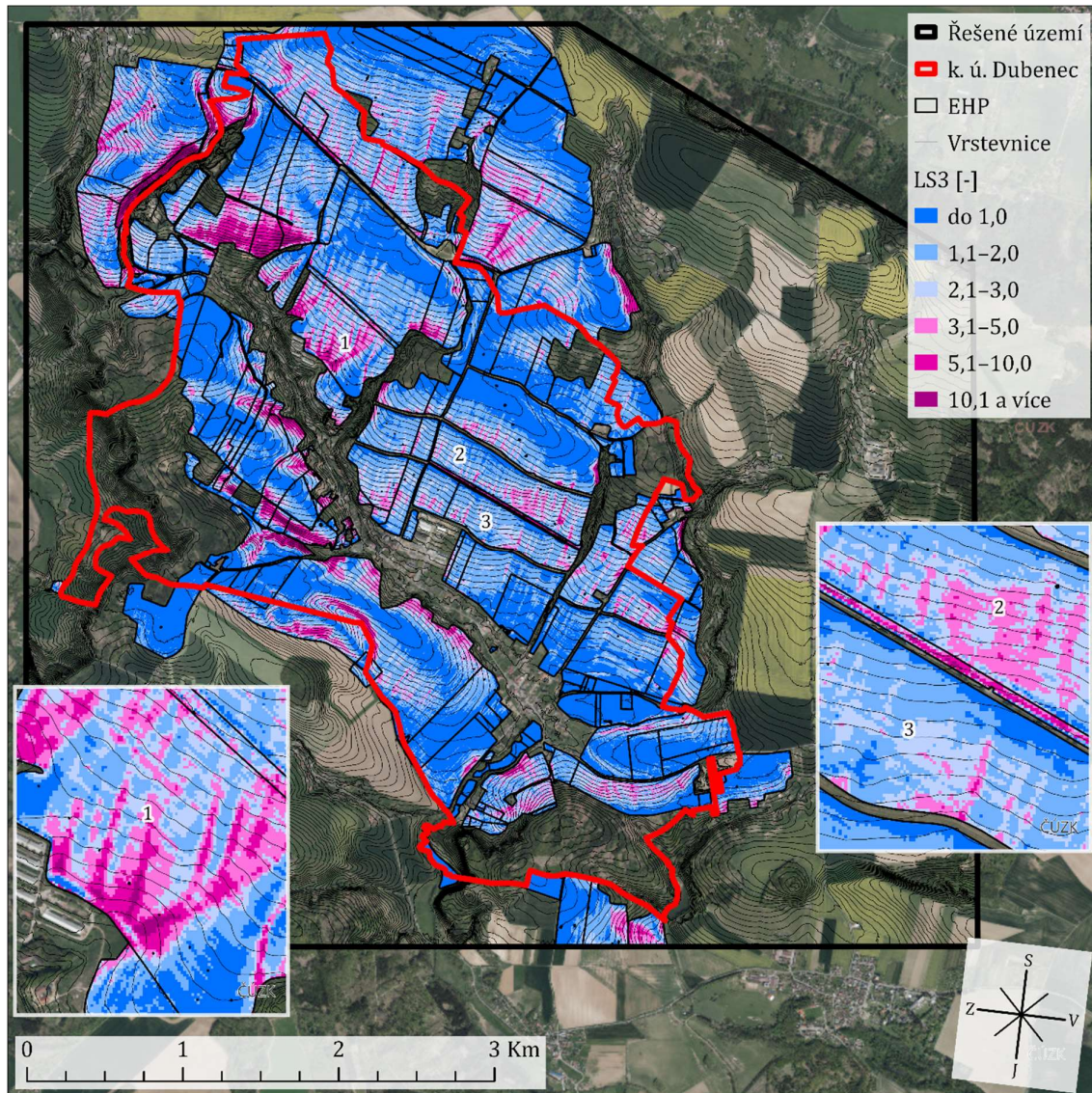
Obrázek 20 – LS1 [16], [17]

LS2 – Druhá varianta LS faktoru je první alternativní možností, která se neshoduje ani s jednou z řešených metodik. Nastavení LS algoritmu odpovídá původní metodice (McCool, exponent Moderate), ale nastavení Routing algoritmu odpovídá metodice nové (Multiple Flow).



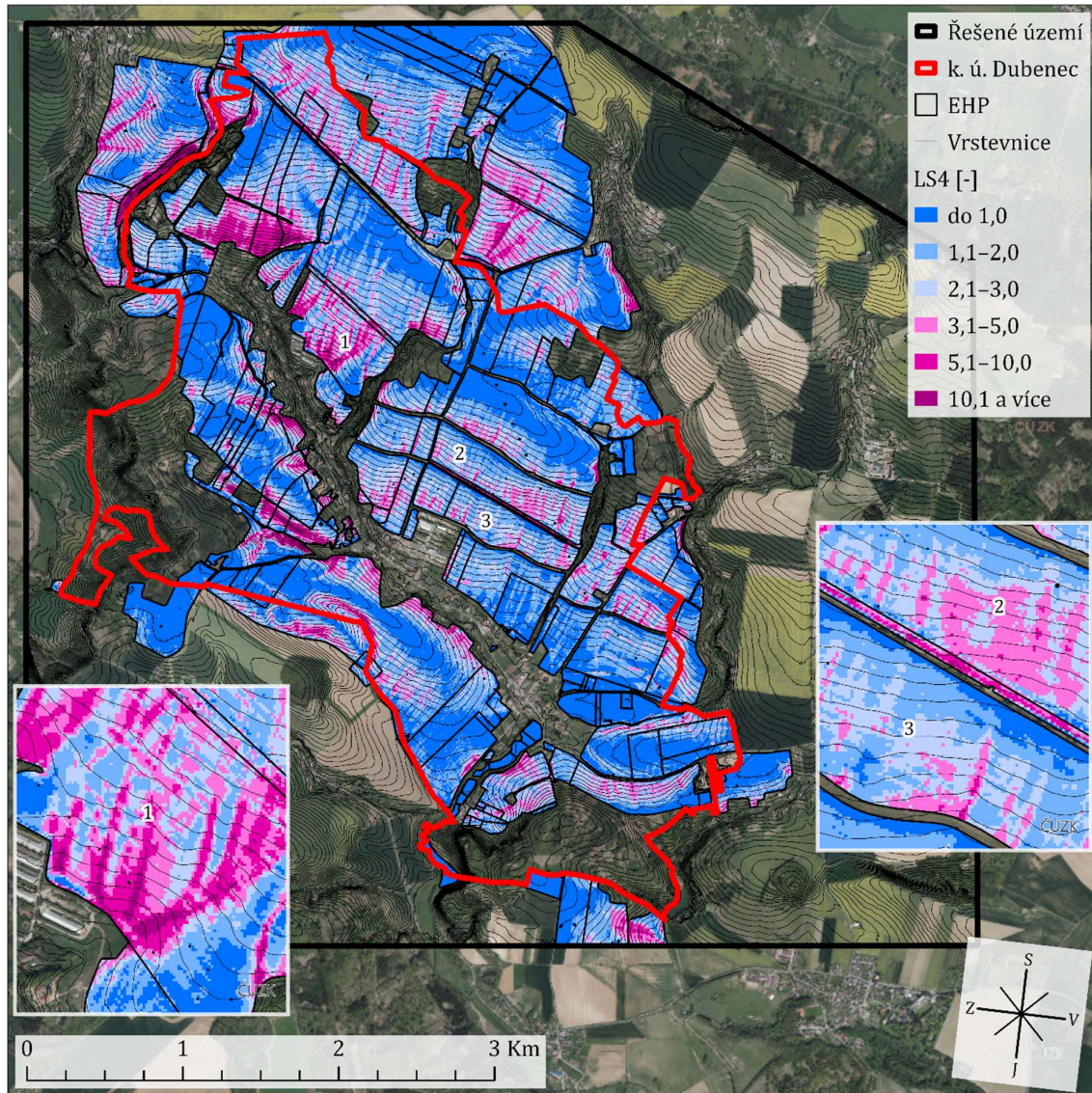
Obrázek 21 – LS2 [16], [17]

LS3 – Třetí varianta LS faktoru reprezentuje nastavení podle nové metodiky. Tedy LS algoritmus dle Nearinga, exponent dle McCoola a Routing algoritmus Multiple FLOW. Veškeré použité algoritmy se od liší od nastavení podle původní metodiky.



Obrázek 22 – LS3 [16], [17]

LS4 – Čtvrtá varianta LS faktoru je druhou alternativou a představuje upravenou variantu LS3. Od té se liší pouze exponentem LS algoritmu, zatímco zbylá nastavení jsou totožná. Varianta LS 4 používá exponent dle Wischmeiera a Smithe, zatímco LS3 používá exponent dle McCoola.



Obrázek 23 – LS4 [16], [17]

Z porovnání map a hodnot jednotlivých LS faktorů bylo zjištěno, že největší rozdíly jsou pozorovatelné na plochách se sklonem nad 10,1 %. Nejčastěji pak na takových plochách vychází LS1 jako nejvyšší, LS2 a LS3 mají střední hodnoty a jsou si vzájemně blízké a LS4 se chová proměnlivě. Většinou je LS4 na takovýchto plochách znatelně nižší než ostatní varianty, ale byly nalezeny situace, kdy naopak tato varianta převyšuje svou hodnotou všechny ostatní. Z pozorovaného území se zdá, že vliv na chování LS4 by mohla mít výraznost údolnice. V případě dlouhého svahu bez výrazné údolnice je LS4 nižší než ostatní, avšak u velmi výrazných údolnic její hodnota roste. Toto chování

nebylo pozorováno ve všech případech v rámci řešeného území, a proto se nedá považovat za pravidlo.

Číselné porovnání bylo provedeno ze statistických hodnot vypočtených v programu ArcGIS Pro pomocí funkce Zonal Statistics as Table. Vytvořená tabulka byla dále převedena do programu Excel. Data byla zpracovávána pro celkem 163 bloků EHP z původní vrstvy LPIS. Pro možnost porovnání variant byl z každého sloupce dat vypočten medián. Důvod pro použití mediánu spočívá v jeho vyšší robustnosti oproti aritmetickému průměru. V následující tabulce jsou vidět výsledná data.

Tabulka 14 – Porovnání variant LS faktoru mediány statistických charakteristik na EHP

Varianty LS faktoru	Mediány hodnot statistických charakteristik počítaných na jednotlivá EHP						
	MIN	MAX	Rozdíl	Průměr	Směrodatná odchylka	Medián	Procenta z mediánu LS1 [%]
LS1	0.09950	9.99847	9.76733	1.62272	1.05010	1.36020	100.00
LS2	0.09272	8.28890	8.08516	1.55964	0.94459	1.24066	91.21
LS3	0.09028	8.10440	7.89546	1.49684	0.91489	1.19912	88.16
LS4	0.09975	7.90628	7.85140	1.60413	0.96100	1.27791	93.95

Varianty LS2 a LS3 se oproti zbývajícím dvěma variantám liší v nižších minimálních a mediánových hodnotách. Naopak LS1 a LS4 mají minimální hodnoty velmi podobné. Tato skutečnost je zvláštní, protože zrovna tyto vypsané dvojice se mezi sebou výrazně liší z pohledu zvolených výpočetních algoritmů. Maximální hodnoty naopak mohou být vysvětleny Routing algoritmem, který se u LS1 liší od zbývajících variant. Celkově se tedy zdá, že změna tohoto algoritmu má na výsledek nejvýraznější vliv. Při srovnání variant pomocí procent z mediánu varianty LS1, která reprezentuje původní metodiku, je možné vidět, že varianta LS3, reprezentující novou metodiku, vychází nejnižší. Z těchto dat je možné říci, že pro konkrétní řešené území má změna výpočtu LS faktoru vliv na snížení výsledných hodnot o cca 12 %.

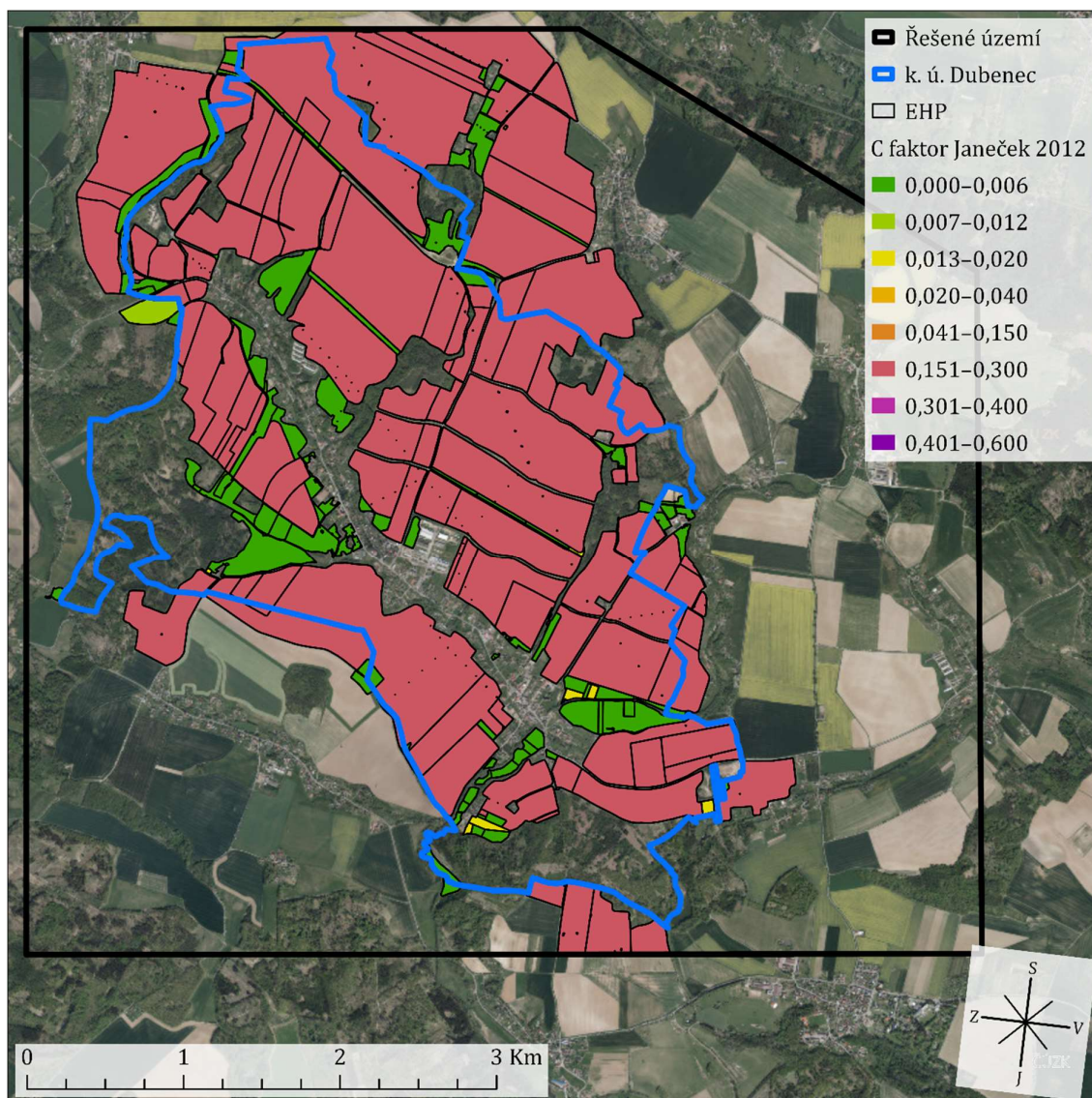
Závěrem při kombinaci výsledných zjištění z obou použitých srovnání je možné zhodnotit použití varianty LS3 v nové metodice. Tato varianta vychází pravidelně nižší než zbývajících 3 a zároveň se zdá být konzistentnější bez relativně výrazných extrémů. Je možné, že obě tyto vlastnosti byly motivací pro její použití. Tedy aby vrstva LS faktoru snižovala výslednou hodnotu eroze, a působila tak proti výraznému navýšení R faktoru. Toto chování varianty LS3 však nemusí platit pro všechna k. ú., a je možné, že na územích s nízkými sklony nebude mít vrstva LS faktoru popsany snižující vliv.

4.4 STANOVENÍ A POROVNÁNÍ C FAKTORŮ

V této kapitole jsou porovnány dvě varianty stanovení C faktoru. První z nich, dle původní metodiky, spočívá v použití tabulkových hodnot popsaných právě v původní metodice (viz kapitola 3.7.4). Pro použití těchto hodnot je bylo třeba v rámci práce ručně doplnit v programu ArcGIS Pro do vektorové vrstvy, pracovně nazvané EHP_1, která vymezuje veškeré EHP v řešeném území. Podle pokryvu jednotlivých EHP jim byla přiřazena tabulková hodnota. Orná půda získala hodnotu 0,229 podle klimatického regionu 5 z BPEJ dle Kadlece a Tomana. V případě několika EHP došlo k situaci, kdy původní metodika nezmiňovala adekvátní hodnotu C faktoru. Takovýmto parcelám byla přiřazena hodnota zmíněná v aktualizované tabulce nové metodiky nebo hodnota odhadnutá na základě odborných zkušeností vedoucí práce. Konkrétně šlo o parcely: [1]

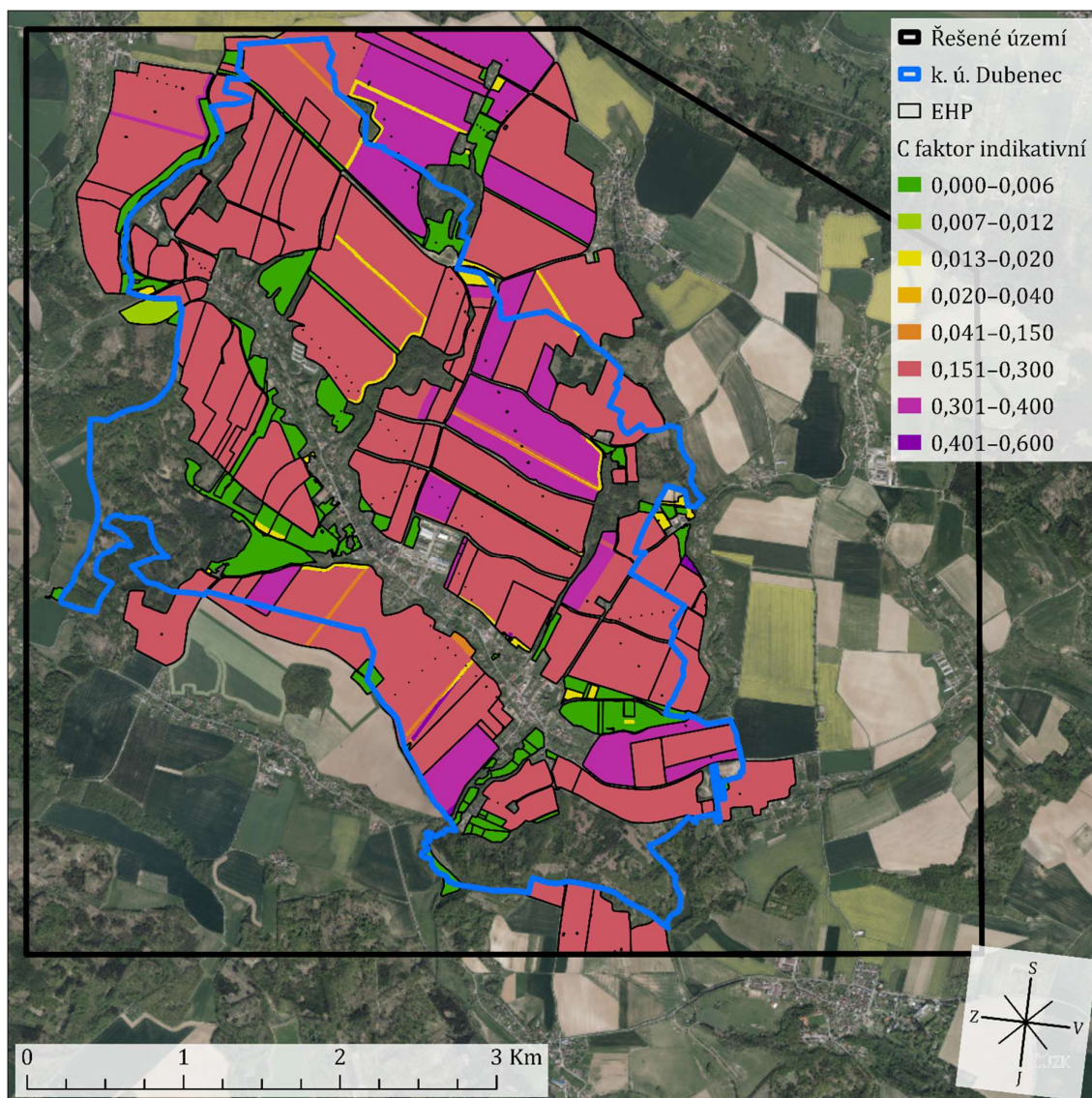
- Úhor – 0,15 – Podle nové metodiky.
- Travní porost ve špatném stavu – 0,02 – Podle nové metodiky.
- Sad s travním porostem – 0,005 – Podle podobnosti s trvalým travním porostem.
- Rychle rostoucí dřeviny – 0,01 – Podle podobnosti pokryvu s víceletými píceňkami. Pokryv nedosahuje kvalit jako u trvalého travního porostu, avšak půda není holá a mezi samotnými dřevinami je porostlá travními trsy.

Výsledná vektorová vrstva byla na závěr převedena příkazem Feature to Raster na rastr. Výsledek, klasifikovaný pro hodnoty vyskytující se na řešeném území, je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 24 – Původní C faktor [1], [2], [16], [17], [28], [31]

Druhou řešenou variantou získání C faktoru je použití volně dostupné rastrové vrstvy zvané indikativní C faktor. Tato vrstva je blíže popsána v kapitole 3.7.4. Pro použití rastru na výpočet eroze je nutné předem zkontrolovat, zda rastr pokrývá všechny vymezené EHP. V případě řešeného území dohromady chyběla data pro 6 relativně malých bloků EHP, které nevycházely z vrstvy LPIS, ale byly doplněny ručně. Zajímavostí je, že ručně doplněných bloků bylo v území celkem 58, avšak rastr měl na zbylých 52 z nich definovanou hodnotu. Pro doplnění chybějících hodnot byla použita rastrová vrstva původního C faktoru, která se zkombovala s rastrem indikativního C faktoru užitím příkazu Mosaic. Tento příkaz umí spojit rastry do jedné nové rastrové vrstvy, a zároveň je možné si vybrat, jaký z rastrů bude v případě překryvu upřednostněn. Výsledek, opět klasifikovaný dle hodnot vyskytujících se na území, je uveden na následující straně.



Obrázek 25 – Indikativní C faktor [16], [17], [28], [32]

4.4.1 POROVNÁNÍ C FAKTORŮ

C faktory je možné porovnat nejdříve vizuálně s pomocí použité klasifikace, která odhaluje zásadní odlišnosti indikativního C faktoru. Indikativní C faktor není jednou hodnotou určenou na celou plochu konkrétního EHP, ale odpovídá plochám pokryvu, které se v rámci jednotlivých EHP mohou lišit. Například jsou v mapě na různých místech vidět žlutě značené pásy zatravněných biokoridorů. Také je možné najít několik bloků EHP, na jejichž částech se pěstují různé plodiny. V původním C faktoru takovéto skutečnosti zcela zaniknou. Nový přístup je tak blíže skutečnému stavu.

Další výraznou změnou je několik parcel, kterým se hodnota zhoršila, a jsou tak vyobrazeny fialovou barvou. I v tomto případě by měla být nová hodnota blíže skutečnosti, protože vychází z osevního postupu pro danou parcelu, zatímco původně by vycházela pouze z klimatického regionu BPEJ.

Číselné srovnání C faktorů bylo provedeno porovnáním průměrů a mediánů indikativního C faktoru (na jednotlivá EHP) s hodnotami původního C faktoru. Hlavní sledovanou změnou byl procentuální nárůst nebo pokles hodnoty pro každé EHP zvlášť. Všechny tyto vypočtené změny byly následně shrnuty do celkového průměru (průměrný nárůst), a také, kvůli jeho vyšší statistické robustnosti, do celkového mediánu (mediánový nárůst). Výsledky jsou vypsány v následující tabulce.

Tabulka 15 – Procentuální nárůst hodnot indikativního C faktoru oproti původnímu C faktoru

Vypočtené změny	Změna z původního C faktoru	
	Průměr na EHP	Medián na EHP
Průměrný nárůst [%]	29,73	25,96
Mediánový nárůst [%]	6,14	4,37

V tabulce jsou vidět průměrné a mediánové nárůsty v procentech mezi původním C faktorem a dvěma způsoby stanovení indikativního C faktoru na EHP. Varianta Průměr na EHP vychází vyšší. Pravděpodobně je to způsobeno drobnými chybovými hodnotami v rastru indikativního C faktoru. Tyto chyby vznikají v místech, kde algoritmus určující hodnotu C faktoru neměl dostatečné podklady, a tak přiřadil hodnotu, která je průměrná pro širší oblast. Tato průměrná hodnota pak může v některých případech působit jako nechtěná anomálie. Například je možné v mapě najít osamocené buňky rastru s hodnotou 0,494 obklopené z jedné strany buňkami s hodnotami 0,02 a ze strany druhé buňkami s hodnotami 0,223 (viz Obrázek 26). Hodnota 0,494 v takovém případě neodpovídá realitě a je možné, že v některých případech negativně ovlivňuje výslednou statistiku. Z tohoto důvodu autor práce považuje variantu Medián na EHP za bližší skutečnosti.



Obrázek 26 – Příklad anomálie v rastru indikativního C faktoru

Rozdíl mezi průměrným nárůstem mediánových hodnot a mediánovým nárůstem mediánových hodnot, tedy mezi hodnotami 25,96 % a 4,37 % je nejspíše způsoben výrazně vysokou hodnotou mediánového indikativního C faktoru na několika řešených parcelách. Například by mohlo jít o dříve zmíněné fialově vyobrazené parcely viz Obrázek 25. Celkový průměr indikativního C faktoru na EHP bude těmito fialovými parcelami navýšen až na hodnotu 25,96 %, avšak celkový medián zůstane nižší (4,37 %), protože parcel s takto vysokým C faktorem je relativně málo. V závěru je tak možné říci, že u většiny EHP v řešeném území dojde spíše k nárůstu C faktoru přibližně o 4,37 %, protože tato hodnota je nejbližší skutečnosti.

Změny provedené ve způsobu stanovení hodnoty C faktoru ve výsledku přibližují použité hodnoty skutečnosti, což alespoň v případě řešeného území vede ke zvýšení hodnot, a tedy i ke zvýšení vypočtené eroze. Nevýhodou nového postupu je nutnost kontroly, zda rastrová vrstva pokrývá všechny EHP. Druhou možnou nevýhodou mohou být popsání chybové hodnoty, které by teoreticky mohly v extrémních případech vést k výrazně zavádějícím výsledkům. Tento problém by mohl být řešitelný převedením stažené rastrové vrstvy indikativního C faktoru na vektorovou vrstvu vyobrazující mediánovou hodnotu na EHP. Až tato upravená vrstva bez chybových hodnot by se použila do výpočtu eroze. Tato teorie vychází pouze z hodnot figurujících na řešeném území, a není tak jisté, že je správná nebo pro realistický výsledek nutná. Nabízí se tak možnost dalšího ověření tohoto problému v rámci jiných výzkumných prací.

4.5 STANOVENÍ A POROVNÁNÍ EROZE

Hlavním cílem práce bylo srovnání erozního smyvu na řešeném území při postupování podle původní metodiky a podle metodiky nové. Obě metodiky využívají pro stanovení eroze rovnici USLE, avšak liší se ve způsobech získání hodnot jednotlivých faktorů. Rozdíly mezi metodikami spočívají ve faktorech R, LS a C. R faktor je v nové metodice regionalizovaný, zatímco původní metodika určovala pro celou ČR fixní hodnotu $40 \text{ MJ*ha}^{-1}\text{*cm*h}^{-1}$. Výsledné hodnoty regionalizovaného R faktoru vychází pro velké množství území v ČR vyšší. Toto platí i pro k. ú. Dubenec, ve kterém se hodnota R faktoru pohybuje okolo $64 \text{ MJ*ha}^{-1}\text{*cm*h}^{-1}$. Podobné a vyšší hodnoty jsou typické hlavně pro horské oblasti. Takové navýšení, v tomto případě o 60 %, má výrazný vliv na výslednou hodnotu erozního smyvu. V rámci změn jde o největší rozdíl. LS faktor je počítán jiným způsobem popsaným v kapitole 4.3 a jeho výsledné hodnoty mají také vliv na erozi. Celkem byly v práci porovnávány 4 varianty LS faktoru, které jsou v této části všechny využity. To vytváří celkem 8 verzí erozního smyvu, z nichž 4 mají zbývající vstupní hodnoty dle původní metodiky a 4 mají vstupy dle nové metodiky. Poslední změnou je C faktor, který výsledek ovlivní také a je podrobně porovnán v kapitole 4.4.

4.5.1 VÝPOČET EROZE A POROVNÁVANÉ VERZE

Pro výpočet eroze byl použit program ArcGIS Pro, do kterého byly vloženy všechny vstupní vrstvy faktorů USLE ve formě rastrů. Tvorba těchto vrstev je v práci popsána v předchozích kapitolách. Pro kombinaci rastrů byl použit příkaz Raster Calculator, který umožňuje matematické kombinování rastrů. Pro rovnici USLE bylo třeba všechny vstupní vrstvy vynásobit. Takto vznikla výsledná rastrová vrstva samotného erozního smyvu viz obrázky níže. Pro přehlednost byly hodnoty vyobrazené rastrem klasifikovány podle nové metodiky na 7 tříd dle míry eroze v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Tato klasifikace byla v původní metodice odlišná, avšak pro srovnání je použita u všech verzí klasifikace nová. V následující části jsou krátce popsány všechny jednotlivé verze eroze:

Verze 1 – dále popisována jako Janeček LS1, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle původní metodiky za použití varianty LS faktoru 1. Tato varianta je přímou reprezentací postupu dle původní metodiky.

LS algoritmus: McCool, LS exponent: Moderate

Routing algoritmus: Flux Decomposition



Obrázek 27 – Verze eroze 1, Janeček LS1 [16], [17], [28], [31], [32]

Verze 2 – dále popisována jako Janeček LS2, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle původní metodiky za použití varianty LS faktoru 2, který je alternativou LS faktoru z původní metodiky.

LS algoritmus: McCool, LS exponent: Moderate

Routing algoritmus: Multiple Flow



Obrázek 28 – Verze eroze 2, Janeček LS2 [16], [17], [28], [31], [32]

Verze 3 – dále popisována jako Janeček LS3, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle původní metodiky za použití varianty LS faktoru 3. Tato verze je kombinací původní metodiky a LS faktoru podle nové metodiky.

LS algoritmus: Nearing, LS exponent: McCool

Routing algoritmus: Multiple Flow

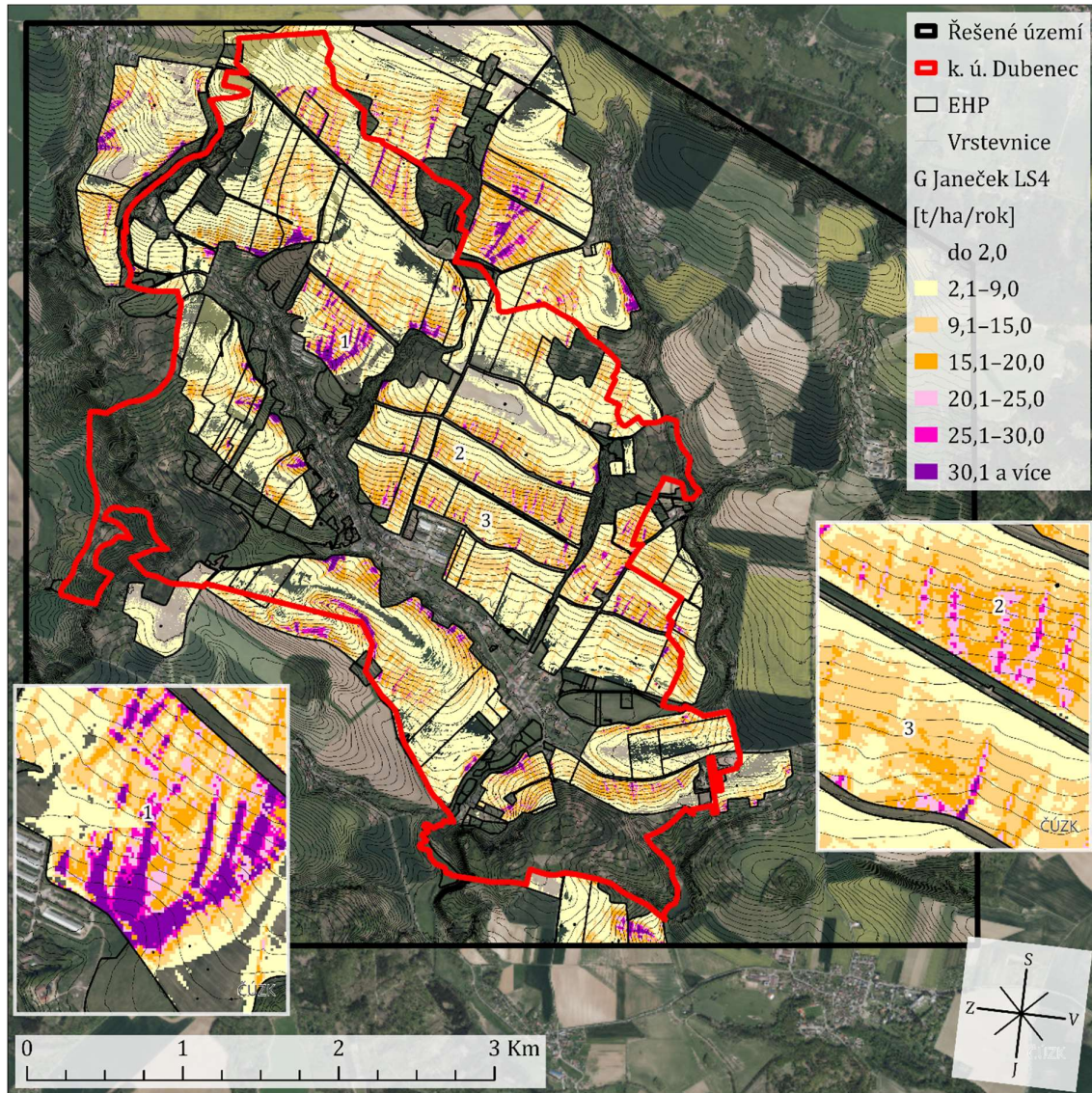


Obrázek 29 – Verze eroze 3, Janeček LS3 [16], [17], [28], [31], [32]

Verze 4 – dále popisována jako Janeček LS4, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle původní metodiky za použití varianty LS faktoru 4. Tento LS faktor je alternativou k LS faktoru dle nové metodiky. Liší se mezi sebou pouze ve zvoleném exponentu LS algoritmu.

LS algoritmus: Nearing, LS exponent: Wischmeier a Smith

Routing algoritmus: Multiple Flow

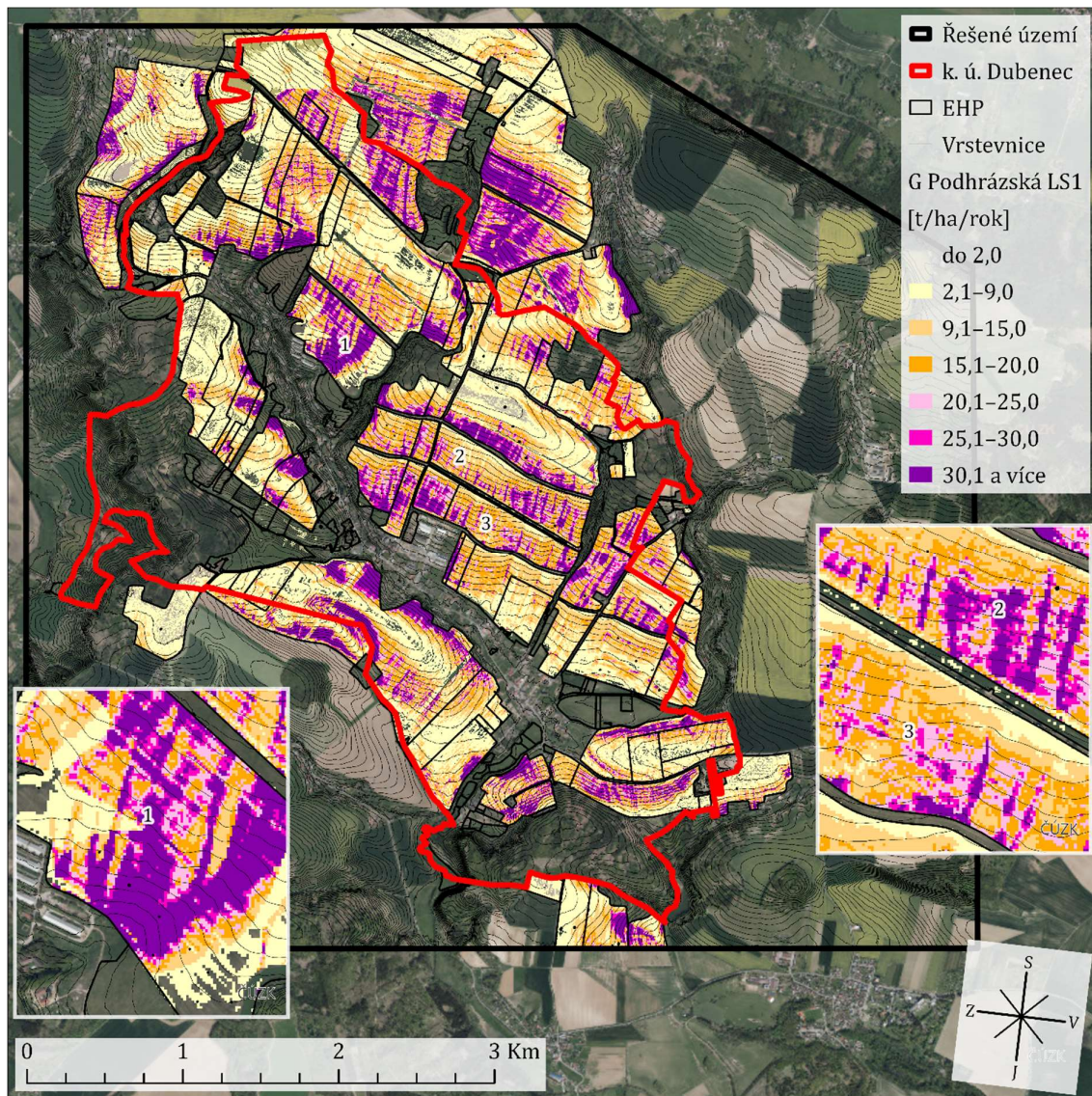


Obrázek 30 – Verze eroze 4, Janeček LS4 [16], [17], [28], [31], [32]

Verze 5 – dále popisována jako Podhrázská LS1, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle nové metodiky za použití varianty LS faktoru 1. Tato verze je kombinací nové metodiky a LS faktoru podle původní metodiky.

LS algoritmus: McCool, LS exponent: Moderate

Routing algoritmus: Flux Decomposition

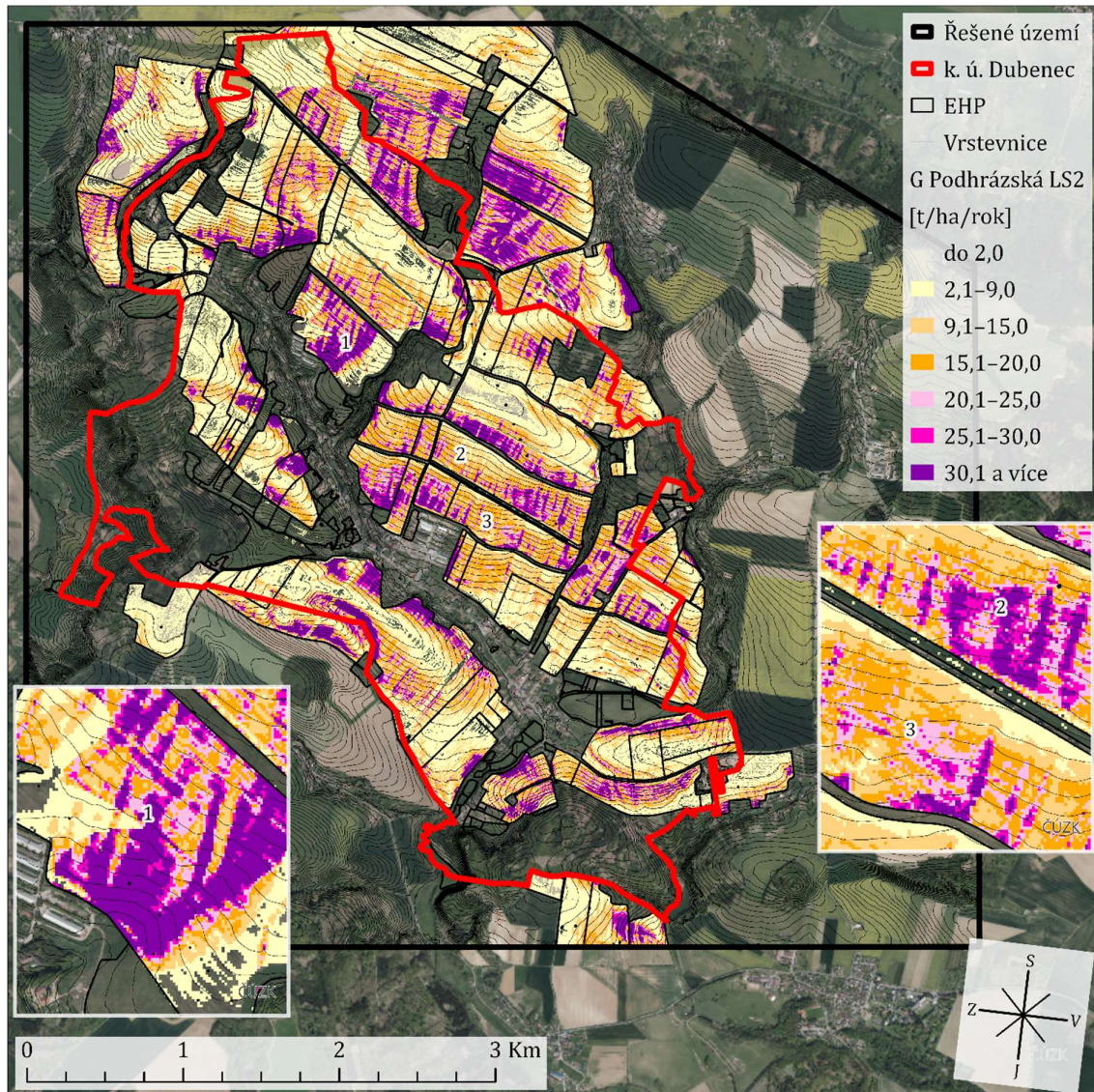


Obrázek 31 – Verze eroze 5, Podhrázská LS1 [16], [17], [28], [31], [32]

Verze 6 – dále popisována jako Podhrázská LS2, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle nové metodiky za použití varianty LS faktoru 2, který je alternativou LS faktoru z původní metodiky.

LS algoritmus: McCool, LS exponent: Moderate

Routing algoritmus: Multiple Flow

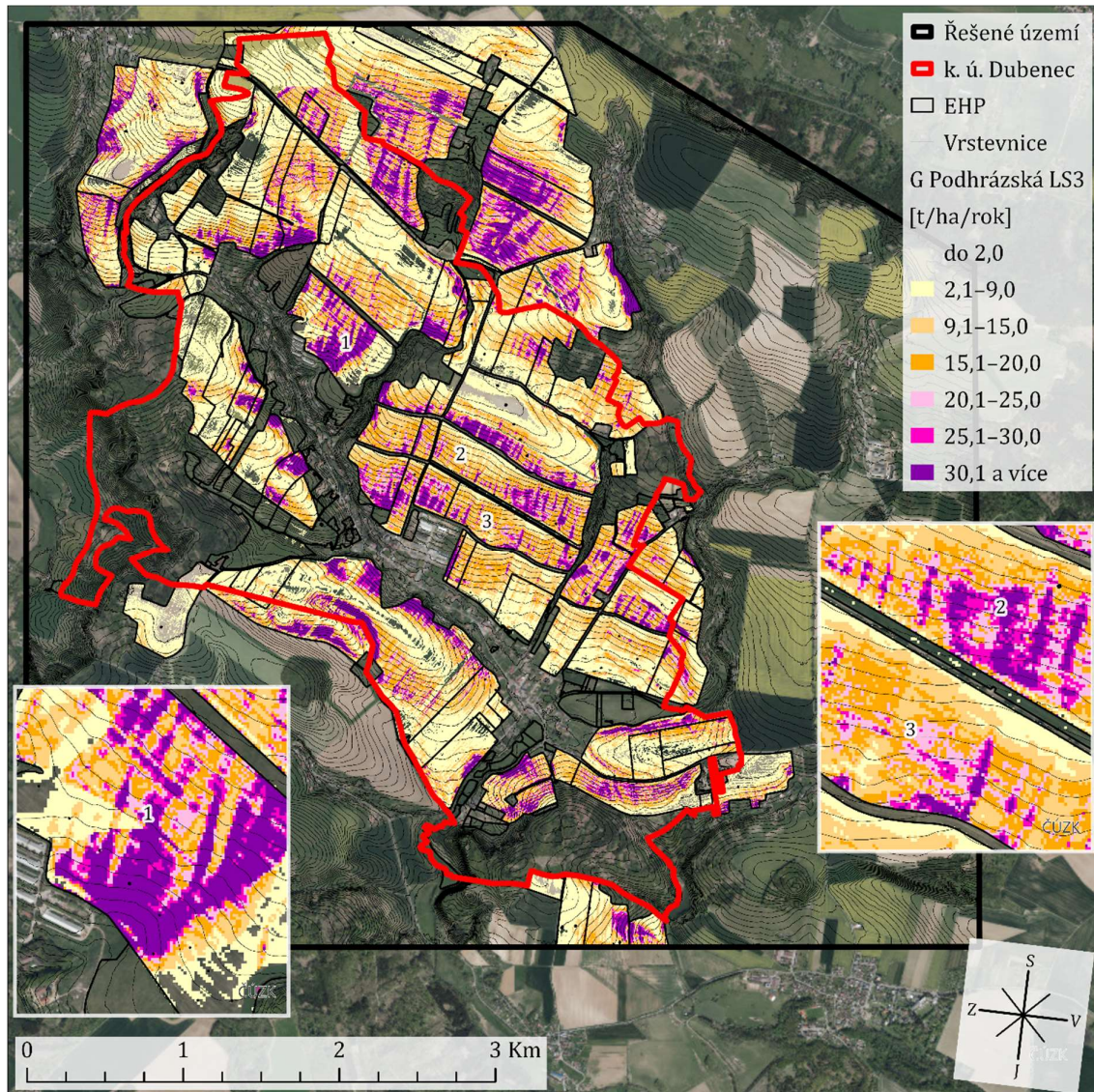


Obrázek 32 – Verze eroze 6, Podhrázská LS2 [16], [17], [28], [31], [32]

Verze 7 – dále popisována jako Podhrázská LS3, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle nové metodiky za použití varianty LS faktoru 3. Tato varianta je přímou reprezentací postupu dle nové metodiky.

LS algoritmus: Nearing, LS exponent: McCool

Routing algoritmus: Multiple Flow

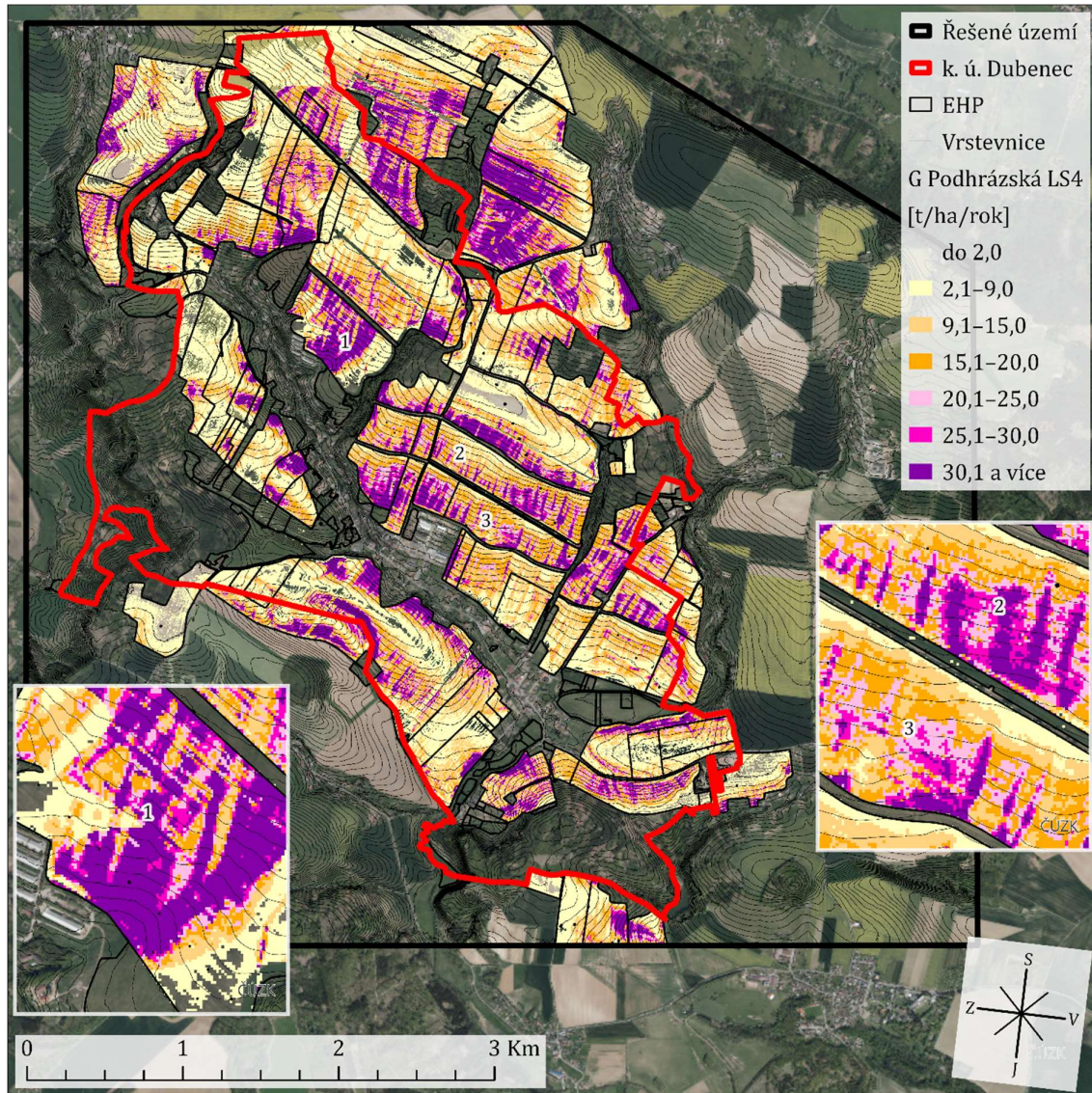


Obrázek 33 – Verze eroze 7, Podhrázská LS3 [16], [17], [28], [31], [32]

Verze 8 – dále popisována jako Podhrázská LS4, protože se jedná o hodnoty erozního smyvu počítané dle nové metodiky za použití varianty LS faktoru 4. Tento LS faktor je alternativou k LS faktoru dle nové metodiky. Liší se mezi sebou pouze ve zvoleném exponentu LS algoritmu.

LS algoritmus: Nearing, LS exponent: Wischmeier a Smith

Routing algoritmus: Multiple Flow



Obrázek 34 – Verze eroze 8, Podhrázská LS4 [16], [17], [28], [31], [32]

4.5.2 POROVNÁNÍ VÝSLEDNÝCH HODNOT EROZE

Mapy verzí eroze ukazují nejvýraznější rozdíl mezi verzemi podle původní metodiky a verzemi podle nové metodiky. Jednotlivé jemnější rozdíly nejsou v grafickém znázornění dobře patrné, proto byla data eroze statisticky zpracována stejným postupem jako již popsané hodnoty LS faktoru. Pro další usnadnění srovnání byl vytvořen sloupec (viz následující tabulka), který v procentech porovnává medián jednotlivých verzí eroze s mediánem eroze nastavené kompletně dle původní metodiky.

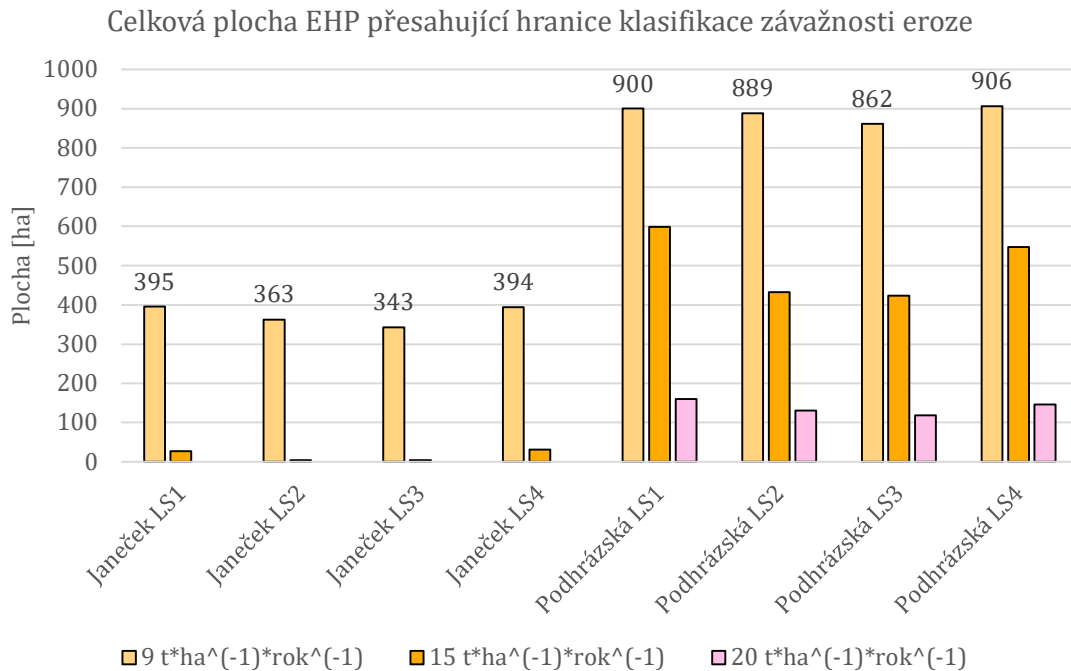
Tabulka 16 – Porovnání verzí eroze mediány statistických charakteristik na EHP

Varianty G [t*ha ⁻¹ *rok ⁻¹]	Mediány hodnot statistických charakteristik počítaných na jednotlivá EHP						
	MIN	MAX	Rozdíl	Průměr	Směrodatná odchylka	Medián	Procenta z mediánu Janeček LS1 [%]
Janeček LS1	0,1594	15,0303	14,3445	3,5293	2,0231	2,8241	100,00
Janeček LS2	0,1594	14,5403	14,2404	3,4148	1,8298	2,7227	96,41
Janeček LS3	0,1822	14,6261	14,2331	3,0838	1,8165	2,3346	82,67
Janeček LS4	0,1880	14,4257	14,2018	3,2264	1,9588	2,6006	92,09
Podhrázská LS1	0,0874	41,1804	41,1234	6,5865	4,2272	5,1992	184,10
Podhrázská LS2	0,0878	38,4096	38,3064	6,3501	3,9685	5,0100	177,40
Podhrázská LS3	0,0747	37,5272	37,5082	5,8752	3,9052	4,6741	165,51
Podhrázská LS4	0,0765	41,7928	41,0831	6,5155	4,2778	5,4121	191,64

Všechny nové verze eroze se vyznačují nižšími minimálními a vyššími maximálními hodnotami, což znamená, že i rozdíly mezi hodnotami na jednotlivá EHP jsou vyšší. Přibližně došlo ke zvýšení rozdílů o 150 až 180 %. Toto chování je pravděpodobně způsobené indikativním C faktorem, který na některých parcelách vytváří místa s výrazně nižšími hodnotami oproti běžnému C faktoru. Vyšší hodnoty mohou být způsobeny kombinací indikativního C faktoru, a především regionalizovaného R faktoru. Stejný vliv mají tyto dva faktory na průměr a medián.

Nejlépe jsou rozdíly mezi metodikami shrnuty v posledním sloupci tabulky. Pro řešené území znamená změna metodiky nárůst mediánu eroze o 65,51 %, protože verze dle nové metodiky (Podhrázská LS3) vychází jako 165,51 % z mediánu verze podle původní metodiky (Janeček LS1). Při výběru jiného způsobu výpočtu LS faktoru by mohla eroze narůst až o 84,10 % (Podhrázská LS1 vychází 184,10 % z mediánu verze Janeček LS1). Většina této změny je způsobena regionalizovaným R faktorem, jehož medián vzrostl oproti hodnotě z původní metodiky o 60,71 %, tedy ze 40 Mj*ha⁻¹*cm*h⁻¹ na 64,29 Mj*ha⁻¹*cm*h⁻¹. Další zvýšení je způsobeno indikativním C faktorem, jehož mediánová hodnota se v řešeném území zvýšila o 4,37 % (viz Tabulka 15). Proti těmto navyšujícím vlivům působí pouze změna stanovení LS faktoru. Medián varianty LS3 vychází na 88,16 % z mediánu původního LS faktoru, tedy snižuje výslednou hodnotu o 11,84 % (viz Tabulka 14).

Samostatná čísla uvedená v tabulce nepopisují celkovou situaci dostatečně, proto byl vytvořen ještě následující graf vyobrazující kolik ha v řešeném území přesáhne v jednotlivých verzích eroze kritickou hodnotu $9 \text{ t*ha}^{-1}\text{*rok}^{-1}$. Také jsou v něm vyobrazeny plochy přesahující 15 a $20 \text{ t*ha}^{-1}\text{*rok}^{-1}$. Je potřeba zmínit, že plochy nad $9 \text{ t*ha}^{-1}\text{*rok}^{-1}$ v grafu zahrnují i plochy s erozí přesahující 15 a $20 \text{ t*ha}^{-1}\text{*rok}^{-1}$.



Obrázek 35 – Celková plocha EHP přesahující klasifikace eroze

Pro vyhodnocení je důležitá právě hodnota $9 \text{ t*ha}^{-1}\text{*rok}^{-1}$, protože je v nové metodice zavedena jako aktualizovaný limit přípustné míry eroze. Při navrhování protierozních opatření je tedy pro projektanta důležité snížit erozi v řešených EHP pod tuto hodnotu. Jak je z grafu vidět, tak všechny 4 verze výpočtu eroze podle nové metodiky dosahují, co se týká EHP přesahujících limit $9 \text{ t*ha}^{-1}\text{*rok}^{-1}$, až k celkové výměře 900 ha. Kompletní výměra všech řešených EHP je 1178 ha, což znamená, že v případě verze Podhrázská LS3, tedy dle nové metodiky, nesplňuje limit 73,2 % plochy. Při výpočtu dle původní metodiky (verze Janeček LS1) přesáhne limit celkem 395 ha EHP. To je 33,53 % z kompletní výměry řešených EHP. Z důvodu změny metodiky tedy výměra nesplňující nový limit vzroste z 395 ha na 862 ha, což odpovídá navýšení plochy o 118,23 %. Ze všech nových zkoušených verzí je však verze dle nové metodiky tou nejpřívětivější, což je způsobeno zvoleným výpočtem LS faktoru, jak bylo popsáno v kapitole 4.3.3. Z pohledu ostatních území v rámci České republiky bude velmi záležet na hodnotě regionalizovaného R faktoru, který má na navýšení největší vliv.

5 ZÁVĚR

Celkem bylo v práci řešeno 5 prvků, které se v nové metodice (Ochrana zemědělské půdy před erozí, Podhrázská a kol. 2024) mění oproti původní metodice (Ochrana zemědělské půdy před erozí, Janeček a kol. 2012), která byla dosud používána v praxi.

Prvním hodnoceným prvkem byly nové způsoby výpočtu odtokových charakteristik v území. Současně není jisté, jak se tyto výpočty budou dále vyvíjet, protože probíhají výzkumy a projekty zaměřené na obě varianty, tedy na 24 h deště i 6 h deště. Z porovnávaných metod se dá starší metoda 24hodinových dešťů s výpočtem v programu DesQ-MaxQ považovat za jednodušší a rychlejší, avšak vzhledem k zastaralým datům za méně aktuální. Tento problém by měl vyřešit v práci zmíněný projekt Perun, který cílí na získání aktualizovaných návrhových 24 h srážek pro celé území ČR. Nová metoda je zatím málo ozkoušena v praxi a ze zkušeností autora práce je náročnější na vypracování. Autor práce odhaduje, že v praxi zůstane oblíbenější metoda užívající 24 h deště, protože jsou na ni projektanti zvyklí, ale je možné, že pro řešení velkých hydrologických projektů bude nová metoda považována za přesnější nebo vhodnější.

Zbýlé 4 prvky jsou na sebe navázané. Výpočet eroze se novou metodikou mění a byl zkoumán z pohledu faktorů R, LS a C. R faktor je nově poskytován jako regionalizovaný rastr, který má dle provedených porovnání největší vliv na nárůst hodnot eroze. Velmi tedy záleží na lokalitě řešeného území, neboť regionalizovaný R faktor bývá vyšší v horských a v podhorských oblastech. LS faktor dle nové metodiky v řešeném území naopak snižoval hodnotu eroze, i když jeho vliv je oproti R faktoru menší. Toto snížení se pravděpodobně projeví v podobně kopcovitých územích. V případě území s nízkým sklonem svahů je podle výsledků práce možné, že nový LS faktor bude výslednou erozi snižovat ještě méně výrazně, ale tato domněnka není potvrzena výpočty v takové oblasti a vychází pouze z chování LS faktoru v řešeném území na vybraných EHP. Nový indikativní C faktor v řešeném území zvýšil hodnoty eroze, i když jeho vliv byl ze změněných faktorů relativně nejnižší. Je možné, že u území s nižší hodnotou původního C faktoru podle klimatické oblasti BPEJ bude navýšení způsobené novým C faktorem vyšší. Při zhodnocení C faktoru autor práce narazil na jistý vliv chyb v této vrstvě. To by mohlo být teoreticky vyřešeno použitím mediánových hodnot na EHP pro další výpočet eroze místo staženého rastru. Míra vlivu chyb na výslednou erozi není vzhledem k řešení pouze jednoho k. ú. jistá, a nabízí se tak možnost dalšího výzkumu v rámci jiné práce.

Celkově tyto 3 změny vedly k výraznému zvýšení eroze v řešeném území. I přes skutečnost, že k.ú. Dubenec obsahuje realizovaná technická protierozní opatření z předešlé KoPÚ, tak z nového postupu výpočtu vychází, že 73,2 % plochy řešených EHP nespĺňuje limit přípustné míry eroze ($9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$). To znamená, že v budoucnu je pravděpodobné, že alespoň na podobných územích bude nutné kromě technických opatření v rámci KoPÚ více projektovat i agrotechnická opatření, kterými jsou dle nové metodiky vrstevnicové obdělávání a pásové střídání plodin. Tato opatření snižují hodnotu eroze dle sklonu svahu až o 73 % (v případě sklonu svahu do 7 %). Takovéto snížení by výrazně snížilo celkovou plochu přesahující zmíněný přípustný limit. [1]

6 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Lokalita řešeného území [16], [17]	4
Obrázek 2 – Řešené území a okolní katastrální území [16], [17]	5
Obrázek 3 – Stav pozemkových úprav v okolí k. ú. Dubenec. [18].....	6
Obrázek 4 – Základní mapa [16], [17].....	7
Obrázek 5 – Povodí IV. řádu [16], [17], [25]	11
Obrázek 6 – Vodní toky a nádrže [16], [17], [25], [26]	13
Obrázek 7 – Meliorační prvky.....	14
Obrázek 8 – Kritické body a jejich povodí [16], [17], [23], [25]	16
Obrázek 9 – Mapa HPJ [16], [17], [28], [31]	18
Obrázek 10 – Plocha HSP v řešeném území [28]	19
Obrázek 11 – Mapa HSP [16], [17], [26], [28], [31].....	20
Obrázek 12 – Geomorfologická mapa [17], [29]	21
Obrázek 13 – Sklonové poměry v území [16], [17], [26]	22
Obrázek 14 – Geologická mapa [30].....	23
Obrázek 15 – Krajinový pokryv území [16], [17], [26], [28], [31].....	24
Obrázek 16 – prostředí DesQ-MaxQ.....	33
Obrázek 17 – K. ú. v okolí obce Dubenec [17]	36
Obrázek 18 – Histogram maximálních odchylek R faktoru.....	37
Obrázek 19 – Histogram směrodatných odchylek R faktoru	37
Obrázek 20 – LS1 [16], [17].....	40
Obrázek 21 – LS2 [16], [17].....	41
Obrázek 22 – LS3 [16], [17].....	42
Obrázek 23 – LS4 [16], [17].....	43
Obrázek 24 – Původní C faktor [1], [2], [16], [17], [28], [31]	46
Obrázek 25 – Indikativní C faktor [16], [17], [28], [32].....	47
Obrázek 26 – Příklad anomálie v rastru indikativního C faktoru	48
Obrázek 27 – Verze eroze 1, Janeček LS1 [16], [17], [28], [31], [32].....	51
Obrázek 28 – Verze eroze 2, Janeček LS2 [16], [17], [28], [31], [32].....	52
Obrázek 29 – Verze eroze 3, Janeček LS3 [16], [17], [28], [31], [32].....	53
Obrázek 30 – Verze eroze 4, Janeček LS4 [16], [17], [28], [31], [32].....	54
Obrázek 31 – Verze eroze 5, Podhrázská LS1 [16], [17], [28], [31], [32].....	55
Obrázek 32 – Verze eroze 6, Podhrázská LS2 [16], [17], [28], [31], [32].....	56
Obrázek 33 – Verze eroze 7, Podhrázská LS3 [16], [17], [28], [31], [32].....	57
Obrázek 34 – Verze eroze 8, Podhrázská LS4 [16], [17], [28], [31], [32].....	58
Obrázek 35 – Celková plocha EHP přesahující klasifikace eroze	60

7 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Klimatické jednotky na řešeném území dle E. Quitta [7].....	9
Tabulka 2 – Průměrné měsíční úhrny srážek [8]	9
Tabulka 3 – Průměrné měsíční teploty [8]	9
Tabulka 4 – Přehled vodních toků [24]	12
Tabulka 5 – Nejrozsáhlejší HPJ v řešeném území [6], [28].....	18
Tabulka 6 – Zastoupení krajinného pokryvu [28], [31].....	24
Tabulka 7 – Hodnoty K faktoru pro jednotlivé HPJ [1].....	28
Tabulka 8 – Použité hodnoty K faktoru [1], [28]	29
Tabulka 9 – Úhrny dešťů použité pro porovnání odtokových charakteristik.....	32
Tabulka 10 – Příklad úpravy výstupu z HEC-HMS (KB4, Q ₅).....	34
Tabulka 11 – Porovnání výsledků odtokových charakteristik	34
Tabulka 12 – Porovnání vstupních dešťů.....	35
Tabulka 13 – Varianty LS faktoru [1], [2]	38
Tabulka 14 – Porovnání variant LS faktoru mediány statistických charakteristik na EHP	44
Tabulka 15 – Procentuální nárůst hodnot indikativního C faktoru oproti původnímu C faktoru	48
Tabulka 16 – Porovnání verzí eroze mediány statistických charakteristik na EHP.....	59

8 POUŽITÉ ZDROJE

8.1 LITERÁRNÍ ZDROJE

- [1] PODHRÁZSKÁ, Jana; BEDNÁŘ, Marek; DOSTÁL, Tomáš; DUMBROVSKÝ, Miroslav; HANEL, Martin et al. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2024. ISBN 978-80-88664-00-0.
- [2] JANEČEK, Miloslav; DOSTÁL, Tomáš; KOZLOVSKY DUFKOVÁ, Jana; DUMBROVSKÝ, Miroslav; HŮLA, Josef et al. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [3] *Naše obec*. Online. Obec Dubenec. 2020. Dostupné z: <https://www.dubenec.cz/obec>. [cit. 2024-05-18].
- [4] HUŇAT, Jaroslav. *Základní informace*. Online. Obec Dubenec. 2022. Dostupné z: <https://www.dubenec.cz/obec/info-o-obci>. [cit. 2024-05-18].
- [5] *Portfolio*. Online. Karsit Agro. 2022. Dostupné z: <https://www.karsitagro.cz/portfolio2/>. [cit. 2024-05-18].

- [6] *eKatalog BPEJ*. Online. Geoportál SOWAC GIS. 2024. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>. [cit. 2024-05-18].
- [7] KVĚTOŇ, Vít a VOŽENÍLEK, Vít. *Klimatické oblasti Česka: Klasifikace podle Quitta za období 1961–2000*. Online. Olomouc: Papírtisk, 2011. ISBN 978-80-244-2813-0. Dostupné z: https://www.cartography.upol.cz/MAPS/MAPS_Num3_brozura.pdf. [cit. 2024-05-18].
- [8] *Měsíční a roční data dle zákona 123/1998 Sb.* Online. Portál ČHMÚ. 2024. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb>. [cit. 2024-05-18].
- [9] *Hydrologické údaje*. Online. Povodňový plán obce Dubenec. 2024. Dostupné z: https://www.edpp.cz/dbc_hydrologicke-udaje/. [cit. 2024-05-18].
- [10] *Nabídka mapových a datových produktů – Hydrologické charakteristiky*. Online. VÚMOP. 2024. Dostupné z: https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529_katalogmap_hydrologicke_charakteristiky.pdf. [cit. 2024-05-18].
- [11] HRUBAN, Robert. *Geomorfologické členění ČR*. Online. Moravské–Karpáty. 2022. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/geomorfologicke-cleneni-cr/>. [cit. 2024-05-18].
- [12] *Charakteristika programu*. Online. Program DesQ-MaxQ. Dostupné z: <https://www.desq-maxq.cz/index.html>. [cit. 2024-05-18].
- [13] *HEC-HMS*. Online. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>. [cit. 2024-05-18].
- [14] *Wischmeier and Smith's Empirical Soil Loss Model*. Online. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024. Dostupné z: <https://www.fao.org/4/t1765e/t1765e0e.htm>. [cit. 2024-05-18].
- [15] Projekt PERUN. Online. 2024. Dostupné z: <https://www.perun-klima.cz/>. [cit. 2024-05-18].

8.2 MAPOVÉ ZDROJE

- [16] *Geoprohlížeč*. Online. ČÚZK: Geoportál. 2023. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?p=22524>. [cit. 2024-05-18].
- [17] *Stahovací služby Atom*. Online. ČÚZK. 2024. Dostupné z: <https://atom.cuzk.cz/>. [cit. 2024-05-18].

- [18] *Pozemkové úpravy*. Online. eAGRI. 2009. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/eagriapp/PU/Prehled/>. [cit. 2024-05-18].
- [19] *Silniční a dálniční síť ČR*. Online. Geoportál silniční a dálniční sítě ČR. 2024. Dostupné z: https://geoportal.rsd.cz/apps/silnicni_a_dalnicni_sit_cr_verejna/. [cit. 2024-05-18].
- [20] *Veřejný registr půdy – LPIS*. Online. eAGRI. 2009. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>. [cit. 2024-05-18].
- [21] *Meteorologické stanice ČHMÚ*. Online. Portál ČHMÚ. 2024. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html. [cit. 2024-05-18].
- [22] *Přírodní poměry*. Online. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. 2024. Dostupné z: https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ee190990a1be4ac685d5f7c69c637ae4&extent=-753283.0359%2C-974879.6573%2C-748474.4253%2C-971415.2173%2C102067&showLayers=Biogeografie_5878_3%3BGeomorfologie_331%3BGeomorfologie_331_4%3BKlima_3764%3BKlima_3764_0%3BKVES_5263_0%3BKrajinPokryv_7955_0%3BPotencialVegetace_2403_0%3BPrirozLes_6222_2%3BRychlostVetru_8588_0%3BVyskopis_5043_0. [cit. 2024-05-18].
- [23] *Riziková území při přívalových srážkách*. Online. Mapové služby POVIS. 2024. Dostupné z: https://webmap.dppcr.cz/dpp_cr/povis.dll?MAP. [cit. 2024-05-18].
- [24] *Mapa VH a ochrana vod*. Online. Hydroekologický informační systém VÚV TGM. 2024. Dostupné z: https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=HVM_AP_MAIN&IFRAME=0. [cit. 2024-05-18].
- [25] *Rozvodnice povodí 4. řádu rozšířené*. Online. ArcGIS Online. 2023. Dostupné z: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=c7d7f4661a8c482bb51df1636c79257c>. [cit. 2024-05-18].
- [26] *Objekty DIBAVOD*. Online. DIBAVOD. 2020. Dostupné z: <https://dibavod.cz/index.php?id=27>. [cit. 2024-05-18].
- [27] *Data meliorací*. Online. eAGRI Portál farmáře. 2009. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/farmar/LPIS/data-melioraci>. [cit. 2024-05-18].

- [28] *Aktuální databáze BPEJ ke stažení*. Online. Státní pozemkový úřad. 2022. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej/aktualni-databaze-bpej-ke-stazeni.html>. [cit. 2024-05-18].
- [29] *Geomorfologické jednotky (MapServer)*. Online. ArcGIS REST Services Directory. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/arcgis/rest/services/GeomorfologickéJednotky/MapServer>. [cit. 2024-05-18].
- [30] *Geovědní mapy 1: 50 000*. Online. Česká geologická služba. 2023. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/#>. [cit. 2024-05-18].
- [31] *Data LPIS – SHP za celou ČR*. Online. eAGRI Portál farmáře. 2009. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/farmer/LPIS/export-lpis-rocni-shp>. [cit. 2024-05-18].
- [32] *Protierozní kalkulačka*. Online. 2024. Dostupné z: <https://kalkulacka.vumop.cz/?core=account>. [cit. 2024-05-18].

8.3 ZDROJE AUTORA PRÁCE

- [33] *Rozhovor se starostou obce Jaroslavem Huňatem*. 2023.
- [34] *Průzkum terénu v okolí obce Dubenec*. 2024.