



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**NÁVRH PROTIEROZNÍ A PROTIPOVODŇOVÉ
OCHRANY V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ REAGUJÍCÍ
NA KLIMATICKOU ZMĚNU**

DESIGN OF EROSION AND FLOOD CONTROL MEASURES IN THE STUDY CASE AREA
RESPONDING TO CLIMATE CHANGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vojtěch Mrázek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VERONIKA SOBOTKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIV Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Vojtěch Mrázek
Název	Návrh protierozní a protipovodňové ochrany v zájmovém území reagující na klimatickou změnu
Vedoucí práce	Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

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

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

PODKLADY A LITERATURA

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 v červnu 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. Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 2005, p. 304, ISBN 1-4051-1781-8.
7. Hrádek, F. Implementace hydrologického modelu DeSQ, Praha: ČZU, 1997.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V diplomové práci bude zpracována analýza erozních a odtokových poměrů a na základě jejich vyhodnocení bude proveden variantní návrh protierozních a protipovodňových opatření. Návrh opatření bude realizován na stávající stav území a dále budou realizovány různé varianty návrhu opatření reagujících na změnu klimatických podmínek. Výstupem diplomové práce bude zpracování charakteristiky území, průzkum terénu a vyhodnocení variantních návrhů protierozních a protipovodňových opatření.

V práci mohou být využívány následující programy: ArcGIS, QGIS, USLE2D, DesQ, Atlas DMT aj.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

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

ABSTRAKT

Cílem práce je navržení protierozní a protipovodňové ochrany v zájmovém území KÚ Lukavec na současný stav a reagující na klimatickou změnu. Současně je potřeba zhodnotit míru erozního ohrožení půdy a analyzovat odtokové poměry na kritických plochách.

V úvodní části jsou shrnuty informace o zkoumaném území a metody pro výpočet. V návrhové části je zpracovaný erozní rozbor a budou navržena vhodná protierozní a protipovodňová opatření.

Pro výpočet odtokových poměrů je použit software DesQ-MaxQ, grafické výstupy a analýza erozních poměrů jsou vytvořeny v prostředí ArcGIS.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní eroze, povrchový odtok, ArcGIS, povodí, organizační protierozní opatření, agrotechnická protierozní opatření, technická protierozní opatření, klimatická změna

ABSTRACT

The aim of the work is to design anti-erosion and flood protection in the area of interest KÚ Lukavec to the current state and responding to climate change. At the same time, it is necessary to assess the degree of erosion threat to the soil and analyze runoff conditions in critical areas.

The introductory part summarizes information about the studied area and methods for calculation. The erosion analysis is processed in the design part and suitable anti-erosion and anti-flood measures will be proposed.

DesQ-MaxQ software was used to calculate the runoff conditions, graphical outputs and analysis of erosion conditions were created in the ArcGIS environment.

KEYWORDS

Water erosion, surface run-off, ArcGIS, river basin, organizational erosion control measures, agrotechnological erosion control measures, technical erosion control measures, climate change

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Vojtěch Mrázek *Návrh protierozní a protipovodňové ochrany v zájmovém území reagující na klimatickou změnu*. Brno, 2021. 77 s., 6 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh protieroční a protipovodňové ochrany v zájmovém území reagující na klimatickou změnu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Vojtěch Mrázek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh protieroční a protipovodňové ochrany v zájmovém území reagující na klimatickou změnu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Vojtěch Mrázek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl velice poděkovat paní Ing. Veronice Sobotkové, Ph.D. za vlídný přístup, odbornou pomoc, za její čas, vstřícnost a trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat své rodině, která mi poskytla prostor a podporu při studiu.

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ	2
3	ANALÝZA ÚZEMÍ	3
3.1	STÁVAJÍCÍ STAV.....	3
3.2	HYDROLOGICKÉ POMĚRY	5
3.3	KLIMATICKÉ POMĚRY	9
3.4	HYDROPEDOLOGICKÉ POMĚRY	10
3.5	ROZBOR PŮDY DLE BPEJ	11
3.5.1	<i>HPJ – hlavní půdní jednotka</i>	11
3.5.2	<i>HSP – hydrologická skupina půd</i>	14
3.6	GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY.....	16
3.7	GEOLOGICKÉ POMĚRY	18
3.8	VEGETAČNÍ POMĚRY	19
4	ROZBOR STÁVAJÍCÍCH EROZNÍCH POMĚRŮ	21
4.1	POPIS POUŽITÝCH METOD.....	21
4.1.1	<i>ArcGIS</i>	21
4.1.2	<i>Tvorba DMT</i>	21
4.2	USLE	21
4.2.1	<i>Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)</i>	22
4.2.2	<i>Faktor erodovatelnosti půdy (K)</i>	22
4.2.3	<i>Topografický faktor (součin L a S)</i>	26
4.2.4	<i>Faktor ochranného vlivu vegetace (C)</i>	28
4.2.5	<i>Faktor účinnosti protierozního opatření (P)</i>	28
4.3	VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU PŮDY	29
5	ROZBOR STÁVAJÍCÍCH ODTOKOVÝCH POMĚRŮ	32
5.1	DESQ – MAXQ.....	32
5.2	METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘÍVEK (CN)	32
5.3	STANOVENÍ KRITICKÝCH PROFILŮ	34
5.4	VYHODNOCENÍ ROZBORU STÁVAJÍCÍCH ODTOKOVÝCH POMĚRŮ.....	36
6	NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ	37
6.1	ORGANIZAČNÍ PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ	37
6.1.1	<i>Delimitace druhu pozemků a ochranné zatravnění</i>	37
6.1.2	<i>Protierozní rozmístování plodin</i>	38
6.2	AGROTECHNICKÁ PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ	38
6.3	TECHNICKÁ PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ.....	39
6.3.1	<i>Průleh</i>	39
6.3.2	<i>Přehrážky</i>	40
6.3.3	<i>Stabilizace drah soustředěného odtoku (SDSO)</i>	40
6.4	FINÁLNÍ NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ BEZ KLIMATICKÉ ZMĚNY	41
6.5	VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU PO NÁVRHU	43
6.6	ZMĚNA ODTOKOVÝCH POMĚRU PO NÁVRHU	46
7	VLIV KLIMATICKÉ ZMĚNY	47
7.1	ZMĚNA N-LETÝCH SRÁŽEK.....	47
7.2	ZMĚNA R FAKTORU	47
7.3	VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU SE ZAVEDENÍM KLIMATICKÉ ZMĚNY	49
7.4	NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ PO KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	52
7.5	VÝPOČET EROZE PO NOVÉM NÁVRHU PEO A KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	55

7.6	ZMĚNA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PO NÁVRHU A KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	58
8	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM TABULEK	65
	SEZNAM ROVNIC	66
	SEZNAM ZKRATEK	67
	SEZNAM PŘÍLOH	68

1 ÚVOD

Vše kolem nás se vyvíjí a mění, proto se i my jako společnost musíme těmto okolnostem přizpůsobovat. Důležitým faktorem je pro nás to, kde žijeme a jak moc jsme si jistí svým bezpečím. Čím dál více lidské činnosti přispívá k větší koncentraci skleníkových plynů vedoucí k rychlé změně klimatu. Tyto změny způsobují větší intenzitu krátkodobých srážek, které zasahují malá území. Jedná se o lokální povodně, které mohou mít závažné důsledky pro zasažené území.

Cílem této práce je zpracovat analýzu území erozních a odtokových poměrů. Na základě analýzy budou navržena protierozní a protipovodňová opatření na nynější stav a na budoucí stav uvažující s klimatickými změnami. Parametry, které jsou součástí návrhu, jsou ovlivněny hydroklimatickými podmínkami – ty se do budoucna mohou měnit (sucho a srážkové extrémy). Výpočtem odtokových poměrů se získají informace o poloze kritických profilů. V kritických profilech dochází ke vnikání povrchového odtoku na zastavěné území a tím způsobují škody.

V teoretické části bude provedeno zpracování charakteristiky území, průzkum terénu s vyhodnocením protierozních a protipovodňových opatření.

Nápravy povodňových škod a případný návrat odnesené půdy zpět na zemědělské plochy představují obrovské finanční i časové náklady. Je proto nutné dopředu počítat s nepříznivými vlivy přírody a pokusit se zmírnit projevy vhodnou úpravou krajiny. Navržená opatření budou přírodě blízká a nebudou nijak vážně zasahovat do krajiny. Nejvíce je kladen důraz na ochranu intravilánu a zdraví obyvatel.

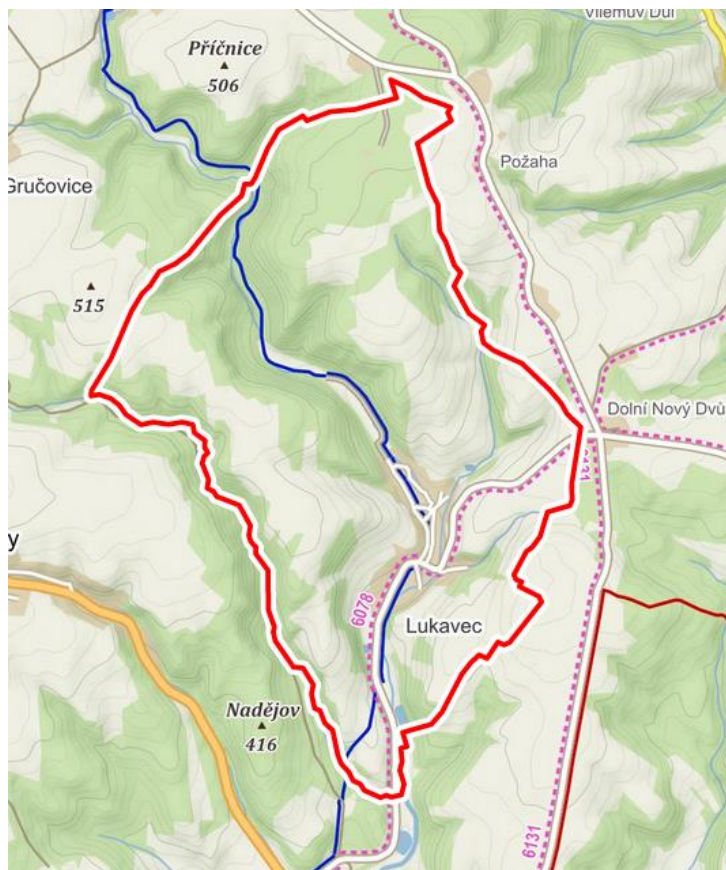
Pro úspěšný návrh a analýzu jsou použity programy Excel, ArcGIS a DesQ-MaxQ.

2 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Obec Lukavec (Obr. 1, Obr. 2) je místní částí města Fulnek (okres Nový Jičín) v Moravskoslezském kraji. Lukavec se nachází okolo 4 kilometrů severovýchodně od Fulneku na slezské straně moravsko-slezské zemské hranice, v přírodním parku Oderské vrchy. Protéká jím Gručovický potok, podél prochází silnice III. třídy. Nadmořská výška obce je 345 m n. m. (2) (3)

Katastrální území Lukavec je druhé největší území na fulnecku s rozlohou 926 ha. Na rozloze se značně podílí lesní plocha, která tvoří 46,5 %. (10)

K datu 1. 1. 2020 činil počet obyvatel 347. (1)



Obr. 1 Území obce na přehledné mapě (mapy.cz)



Obr. 2 Poloha obce v ČR (mapy.cz)

3 ANALÝZA ÚZEMÍ

3.1 STÁVAJÍCÍ STAV

V současné době je obec Lukavec ohrožená přívalovými dešti a erozním smyvem. První problémy byly hlášeny po silných bouřích 17. 7. 2020 městským úřadem ve Fulneku, kdy došlo k velkému odnosu ornice a zanesení středu obce (Obr. 3, Obr. 4). Tato situace se opakovala již 3x. Jedná se o problémový pozemek (Obr. 5) o výměře 15,67 ha osázený pohankou. (13)



Obr. 3 Foto zanesení obce č.1 (Lukavec, foto P. Maštaliřová, VII/2020)



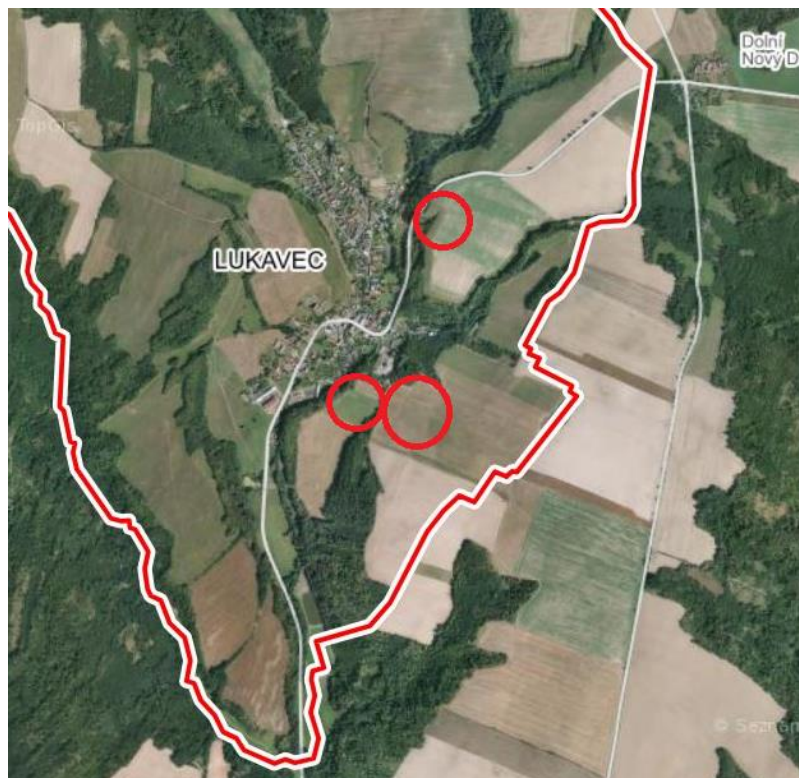
Obr. 4 Foto zanesení obce č.2 (Lukavec, foto P. Maštaliřová, VII/2020)



Obr. 5 Smyv ornice po bouřce (Lukavec, foto P. Maštaliřová, VII/2020)

Na fotografii (Obr. 5) jde vidět eroze ornice přechodem z plošné eroze do soustředěných odtoků do úzkých zářezů.

Po osobním průzkumu terénu a rozmluvě s místními obyvateli se získaly nové informace ohledně ohrožených ploch erozí. Ti identifikovali místa, kudy proudí povrchový odtok do obce. Problémová místa jsou označena v mapě (Obr. 6) červeným kolečkem.

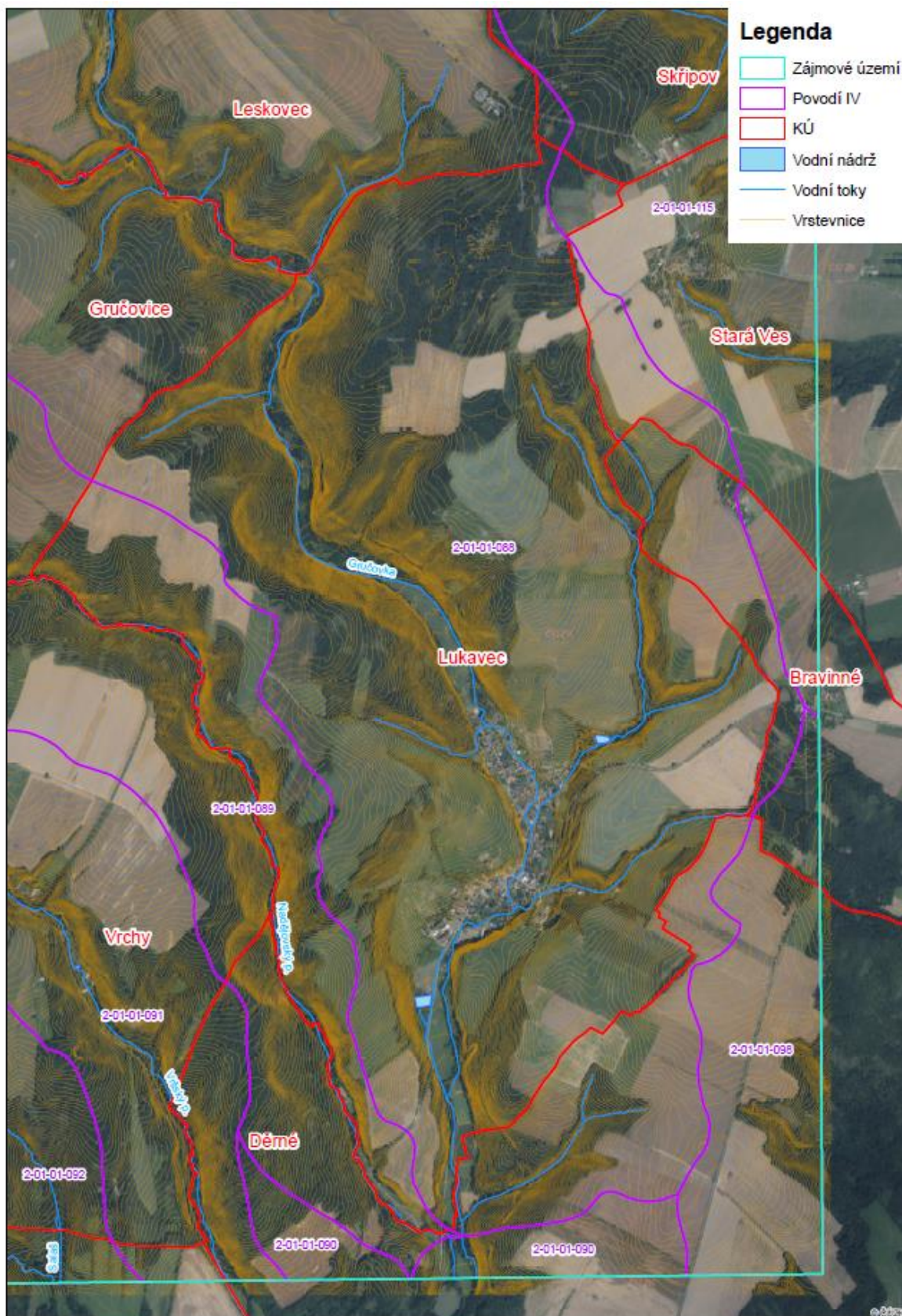


Obr. 6 Kritická místa identifikovaná místními obyvateli

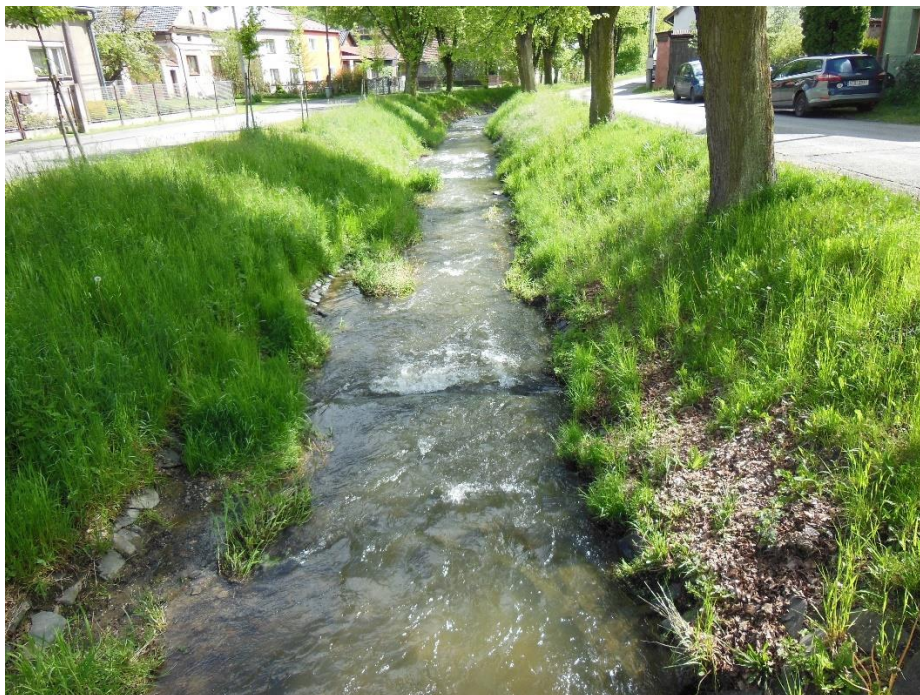
3.2 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Pro přehlednost toků a nádrží je vytvořena mapa hydrologických poměrů (Obr. 7).

Potok Gručovka (Obr. 8) (č. hydrolog. pořadí 2-01-01-088 III.) vtéká na území obce Lukavec v ř. km 8,900 a opouští jej v ř.km 3,400. Tento tok pramení západně od obce Březová ve výšce 514 m n. m. Po celé délce protéká Lukavcem skrze zpevněné koryto lichoběžníkového tvaru a překonává umělý splav, který byl součástí náhonu vodního mlýnu na dolním konci Lukavce. Celková délka toku je 13,4 km a plocha povodí činí 38,2 km². Tok se vlévá na území Fulneku zleva do Husího potoka v 277 m n.m. Správcem Gručovky je Zemědělská vodohospodářská správa (ZVHS), s.p. (4) (10)

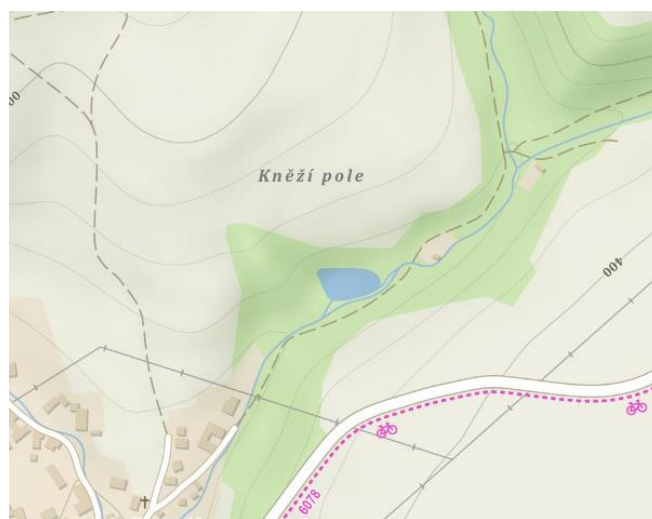


Obr. 7 Mapa hydrologických poměrů



Obr. 8 Potok Gručovka protékající obcí Lukavec, ř.km 5,400 (Lukavec, foto V. Mrázek, VI/2021)

Nejseverněji, na území zvaném „Potočiska“, leží tzv. Horní rybník (Obr. 9). Tento rybník byl vybudován obcí jako požární nádrž. Pro širší využití zde chovali ryby místní myslivci, nyní je v soukromém vlastnictví. (10)



Obr. 9 Horní rybník (tourmapy.cz)

Další rybník, tzv. Prostřední (Obr. 10), se nachází pod vesnicí směrem na Fulnek. Byl založen pro potřeby zdejšího pivovaru za účelem zásobování ledem na chlazení piva. Nyní je ve vlastnictví města Fulnek. U Prostředního rybníka je malá bažinka. (10)



Obr. 10 Prostřední rybník s bažinou (Lukavec, foto V. Mrázek, VI/2021)

Na počátku 21. století byl soukromou osobou vybudován rozsáhlý komplex rybníků (Obr. 11) na hranici území Lukavec a Děrné. (10)



Obr. 11 Prostřední rybník a komplex rybníků (tourmapy.cz)

Na území Lukavce se nachází také několik přírodních studánek. Jejich průměr je do 1 metru. Hned tři studánky od sebe vzdálené do 100 metrů se nacházejí v lokalitě lidově zvané „Na zácvíbí“ nebo dříve též „Za cvibím“ (Obr. 12). Další studánka se nachází v lokalitě „Na drahách“ u propustku nedokončené železniční tratě. (10)



Obr. 12 Mapa s vyznačenými studánkami na „Za cvibím“ (mapy.cz)

3.3 KLIMATICKÉ POMĚRY

Dle mapy klimatických oblastí se na území obce Lukavec nachází dvě klimatické oblasti, a to mírně teplá oblast MT7 a MT9 (Tab. 3.3-1). Jednotka MT9 je typická dlouhým, teplým, suchým až mírně suchým létem, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a podzimem. Zima je mírná, suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky. Jednotka MT7 je pak charakteristická normálně dlouhým, mírným až mírně suchým létem, přechodná období jsou krátká s mírným jarem a mírně teplým podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně teplá, suchá až mírně suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. (4)

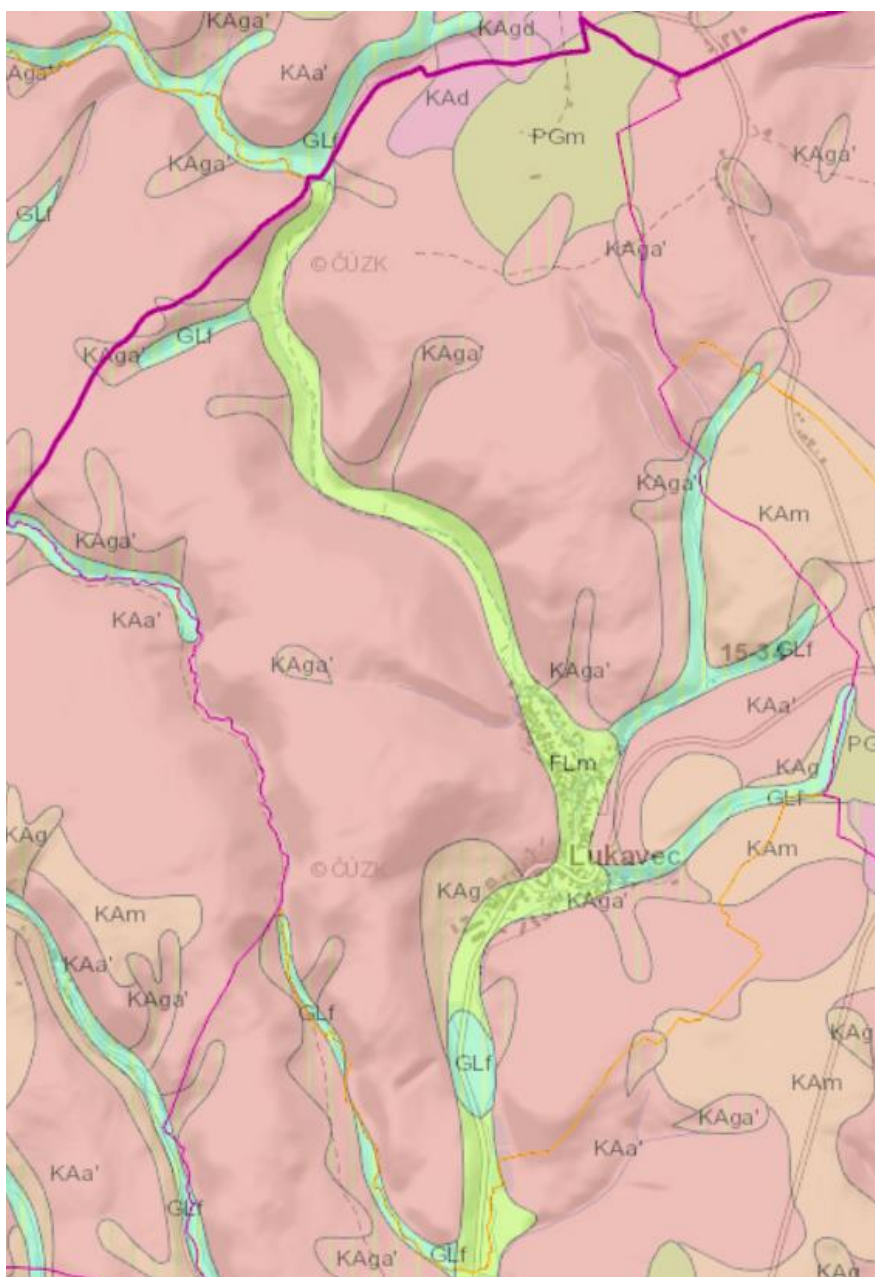
Tab. 3.3-1 Klimatické charakteristiky jednotek MT9 a MT7 zastoupených v zájmovém území (7)

Charakteristika	MT9	MT7
Počet letních dní ($T_{max} \geq 25 \text{ °C}$)	40–50	30–40
Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více	140–160	140–160
Počet mrazových dní ($T_{min} \leq -0,1 \text{ °C}$)	110–160	110–130
Počet ledových dní ($T_{max} \leq -0,1 \text{ °C}$)	30–40	40–50
Průměrná teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$ v lednu	-3–4	-2–3
Průměrná teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$ v červenci	17–18	16–17
Průměrná teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$ v dubnu	6–7	6–7
Průměrná teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$ v říjnu	7–8	7–8
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	100–120	100–120
Srážkový úhrn ve vegetačním období (IV – IX)	400–450	400–450
Srážkový úhrn v zimním období (X – III)	250–300	250–300

Charakteristika	MT9	MT7
Počet dní se sněhovou pokrývkou	60–80	60–80
Počet zamračených dní (oblačnost větší než 8/10)	120–150	120–150
Počet jasných dní (oblačnost menší než 2/10)	40–50	40–50

3.4 HYDROPEDOLOGICKÉ POMĚRY

Dominantním typem půdy na zkoumaném území je kambizem mesobazická oglejená (Obr. 13). V bioregionu Nízký Jeseník plošně převažují typické kambizemě, které se vyskytují převážně v nižších polohách a častěji na strmějších svazích. Na zarovnaných površích a hřbetech velké plochy zaujímají kyselé typické kambizemě. Na vyšších hřbetech jsou zastoupeny i dystrické kambizemě. Nivy vodních toků tvoří glejové fluvizemě s velkým obsahem velkých valounů a stěrku.(9)



Obr. 13 Pedologická mapa – KÚ Lukavec (11)

Tab. 3.4-1 Legenda k obrázku

ID	Typ
PGm	pseudoglej modální
KAd	kambizem dystrická
KAgA'	kambizem oglejená mesobazická
FLm	fluvizem modální
KAg	kambizem oglejená
GLf	glej modální
KAm	kambizem modální
KAA'	kambizem mesobazická
KAgd	kambizem oglejená dystrická

3.5 ROZBOR PŮDY DLE BPEJ

Pedologické (Obr. 14) a hydropedologické (Obr. 16) poměry jsou v zájmovém území definovány pomocí pětimístného kódu bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ), kde druhá a třetí číslice náleží k hlavní půdní jednotce (HPJ). HPJ je skupina půdních forem s příbuznými ekologickými vlastnostmi charakterizované změnou tvarových vlastností půdního typu, půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu.(12)

3.5.1 HPJ – hlavní půdní jednotka

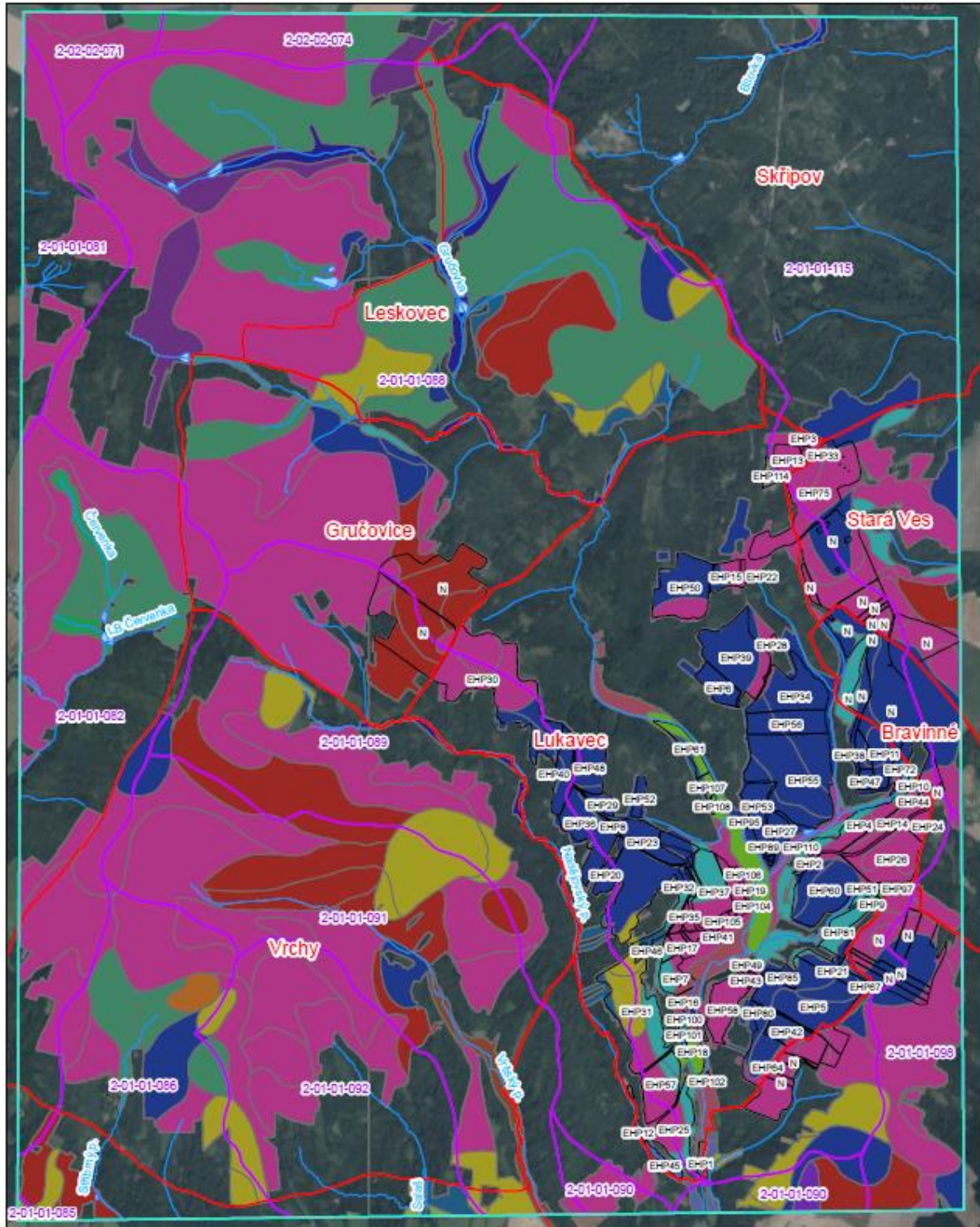
Příslušnost k hlavní půdní jednotce je důležitá i při zjišťování erozní ohroženosti pozemků, podle druhé a třetí číslice je určen K – faktor, který je nezbytný pro výpočet erozního smyvu.(12) Všechna HPJ v zájmovém území jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3.5.1-1) níže i s jejich charakteristikami.

Tab. 3.5.1-1 Charakteristika hlavních půdních jednotek zastoupených ve zkoumaném území:

HPJ 14	Illimerizované půdy a hnědozemě illimerizované včetně slabě oglejených forem na sprašových hlínách a svahovinách; středně těžké s těžkou spodinou, vláhové poměry jsou příznivé.
HPJ 22	Hnědé půdy a rendziny na zahliněných písčitých substrátech; většinou lehcí nebo středně těžké, s vodním režimem poněkud příznivějším než předchozí.
HPJ 26	Hnědé půdy, hnědé půdy kyselé a jejich slabě oglejené formy na různých typech břidlic a jim podobných horninách; středně těžké, výjimečně těžší, obvykle šterkovité, s dobrými vláhovými poměry až převlhčením.
HPJ 27	Hnědé půdy a hnědé půdy kyselé na různých břidlicích, drobách a usazeninách karpatského flyše; lehké až lehčí středně těžké, s malou vododržností.

HPJ 37	Mělké hnědé půdy na všech horninách. Lehké, v ornici většinou středně štěrkovité až kamenité, v hloubce 0.3 m silně kamenité až pevná hornina, výsušné půdy (kromě vlhkých oblastí).
HPJ 38	Mělké hnědé půdy na všech horninách; středně těžké až těžší, v ornici většinou středně štěrkovité až kamenité, v hloubce kolem 0.3 m kamenité nebo pevná hornina; méně výsušné než předchozí.
HPJ 40	Svažité půdy (nad 12°) na všech horninách. Lehké až lehčí středně těžké, s různou štěrkovitostí a kamenitostí nebo bez nich, jejich vláhové poměry jsou závislé na srážkách.
HPJ 41	Svažité půdy (nad 12°) na všech horninách; středně těžké až těžké s různou štěrkovitostí a kamenitostí nebo bez nich; jejich vláhové poměry jsou závislé na srážkách.
HPJ 47	Oglejené půdy na svahových hlínách; středně těžké až středně skeletovité nebo slabě kamenité, náchylné k dočasnému zamokření.
HPJ 48	Hnědé půdy oglejené, rendziny oglejené a oglejené půdy na různých břidlicích, na lupcích a siltovcích; lehčí až středně těžké, až středně štěrkovité či kamenité, náchylné k dočasnému zamokření.
HPJ 49	Hnědé půdy oglejené a rendziny oglejené na břidlicích a usazeninách karpatského flyše; těžké až velmi těžké, bez štěrku až slabě štěrkovité, sklon k dočasnému zamokření.
HPJ 56	Nivní půdy na nivních uloženinách; středně těžké, s příznivými vláhovými poměry.
HPJ 58	Nivní půdy glejové na nivních uloženinách; středně těžké, vláhové poměry méně příznivé, po odvodnění příznivé.
HPJ 64	Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité
HPJ 67	Glejové půdy mělkých údolí a rovinných celků při vodních tocích; středně těžké až velmi těžké, zamokřené, po odvodnění vhodné převážně pro louky.
HPJ 68	Glejové půdy zrašelinělé a glejové půdy úzkých údolí, včetně svahů, obvykle lemující malé vodní toky; středně těžké až velmi těžké, zamokřené, po odvodnění vhodné pouze pro louky.
HPJ 71	Glejové půdy při terasových částech úzkých niv; středně těžké až velmi těžké, zamokřené, po odvodnění vhodné pro louky.

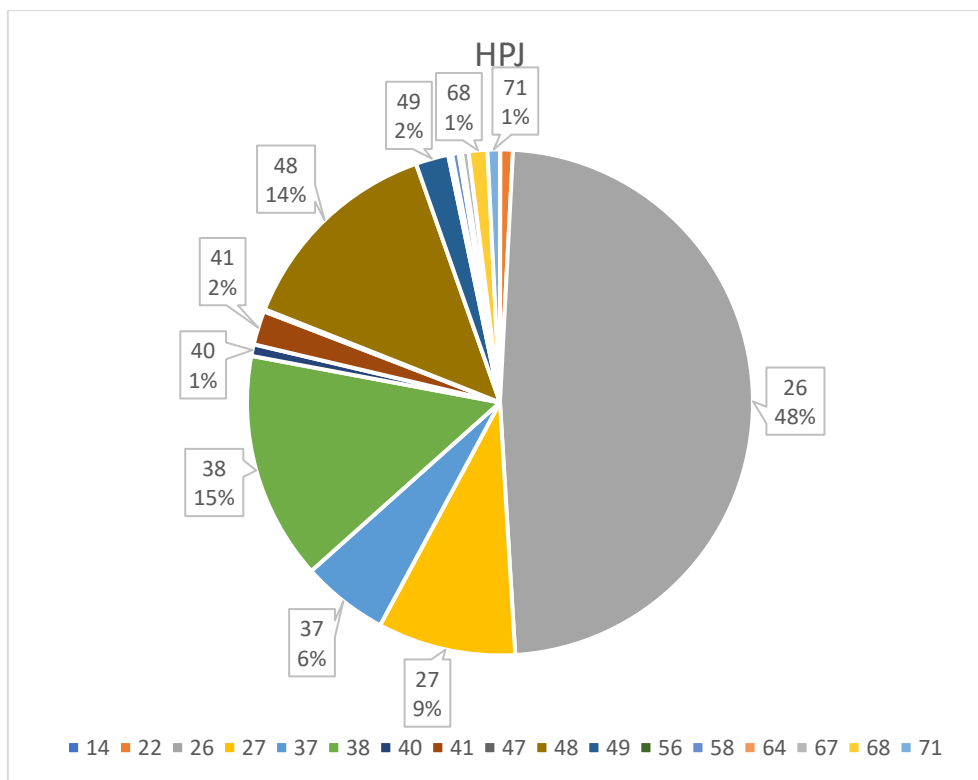
(12)



Legenda

Zájmové území	Vodní nádrž	HPJ - Hlavní půdní jednotka					
Povodí IV	Vodní toky	14	27	40	48	58	68
KÚ		22	37	41	49	64	71
LPIS-EHP		26	38	47	56	67	

Obr. 14 Rozbor pedologických poměrů z mapy BPEJ – mapa HPJ

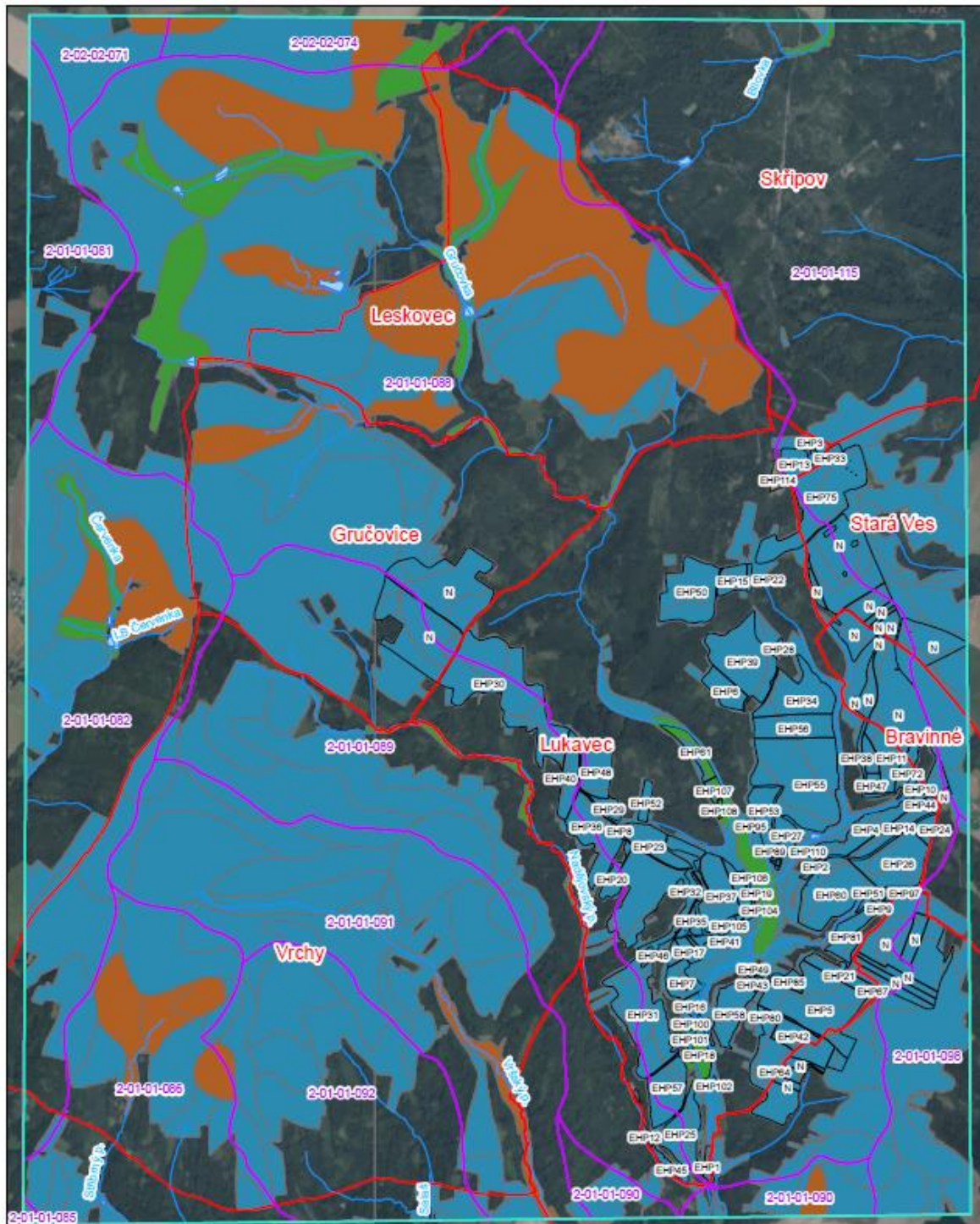


Obr. 15 Graf zastoupení HPJ v zájmovém území



Graf (Obr. 15) vyjadřuje míru zastoupení jednotlivých HPJ v zájmovém území. Z grafu je patrné, že největší zastoupení na území má HPJ 26, tedy půdy hnědé.

3.5.2 HSP – hydrologická skupina půd

Ve zkoumané oblasti se v převážné většině nachází HSP B, ta je charakterizovaná jako půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení. Zahrnují převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovohinité. HSP C jsou půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení. Zahrnují především půdy s malou propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovohlinité až jílovité. HSP D představují půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnatostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.



Legenda

	Zájmové území		Vodní nádrž	HSP - Hydrologická skupina půd		B
	Povodí IV		Vodní toky			C
	KÚ					D
	LPIS-EHP					

Obr. 16 Rozbor hydropedologických poměrů z mapy BPEJ – mapa HSP

3.6 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY

Řešené území se nachází v geomorfologickém celku Nízký Jeseník. Konkrétněji v podcelku Vítkovská vrchovina, patřící do největšího okrsku Vítkovické vrchoviny, a to do Heřmanické vrchoviny a části v Těškovické pahorkatině. Při podrobnějším zařazením je na rozmezí podokrsků Skřípovské a Jílovecké pahorkatiny (Obr. 17).

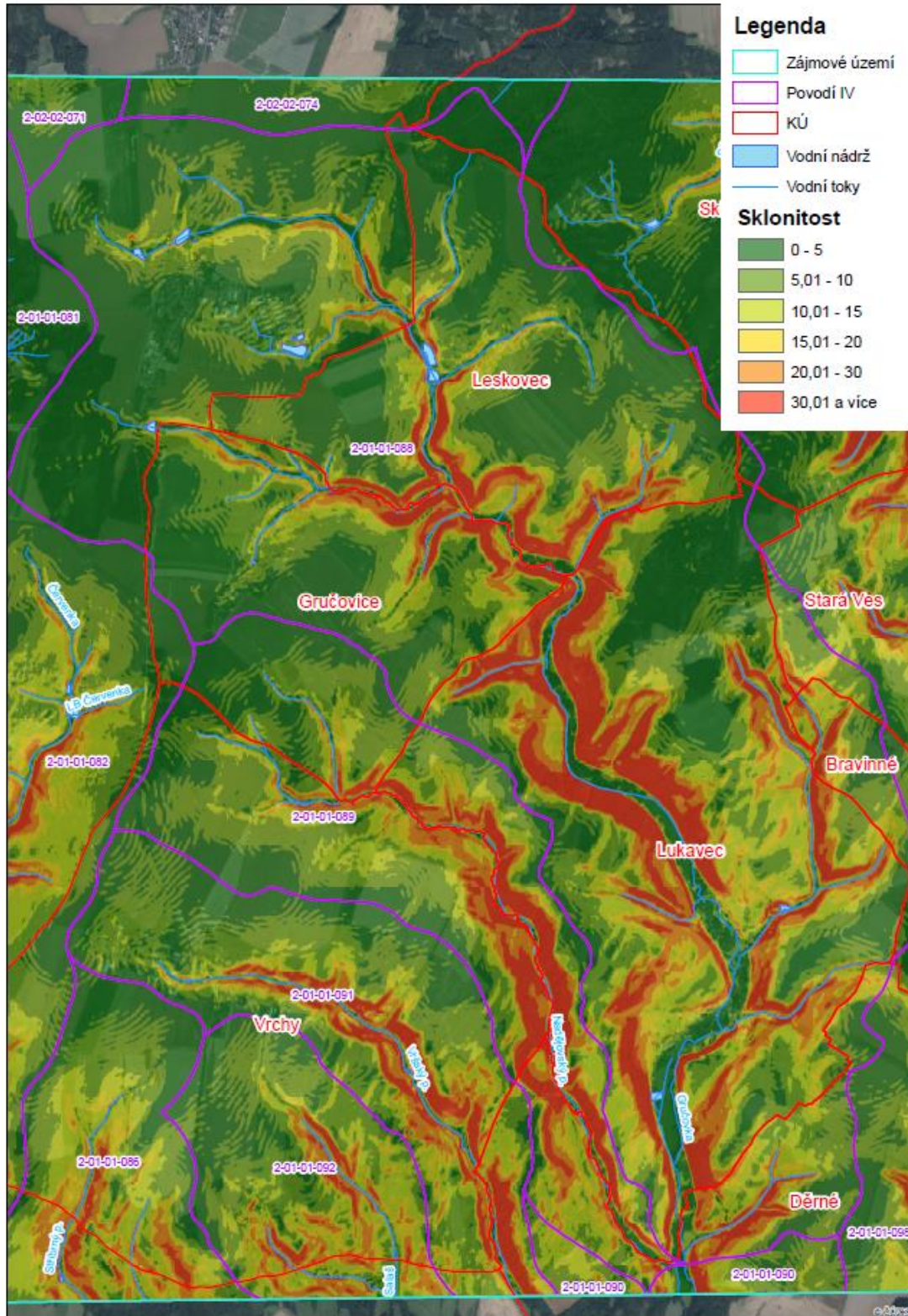
Heřmanická vrchovina (kód IVC-8F-3) je tvořená spodnokarbonskými drobnými a břidlicemi hradeckých a moravických vrstev a denudačními zbytky sedimentů badenu, erozně denudačním povrchem s rozsáhlými plošinami holoroviny s různou měrou zahloubenými údolími vodních toků. Tvoří přechod mezi údolím řeky Odry a údolím řeky Moravice. Svým tvarem připomíná písmeno V. Vrchovina má rozlohu 263,2 km². (6)

Těškovická pahorkatina (kód IVC-8F-8) tvoří plynulý přechod mezi 450metrovými vrcholky Heřmanické vrchoviny a 250metrovými pahorky Děhylovske pahorkatiny. Tvoří ji spodno-karbonské břidlice a droby hradecko-kyjovického souvrství, denudační zbytky sedimentů badenu. Má erozně denudační povrch s plošinami holoroviny, široce zaoblenými hřbety a hlubokými údolími. Nadmořské výšky vrcholů v této oblasti se obvykle pohybují mezi 350 a 400 m n. m. Pahorkatina má 155,05 km². (6)



Obr. 17 Geomorfologické umístění zájmového území (5)

Nejvyšší bod na území Lukavce je ve výšce 505 m n. m. a nejnižší místo ve 313 m n.m. Průměrná výška v zájmovém území činí 427 m n.m. a průměrný sklon je 16,7 %. Jedná se o poměrně sklonité území (Obr. 18 Rozbor sklonitostních poměrů Obr. 18). Nejvýše položená orná půda je také v nejvyšším bodu území, 505 m n. m. a nejnižší je ve výšce 327 m n. m. Průměrný sklon na orné půdě je 6,7 %, maximální sklon je 38,4 % a minimální 0,1 %.

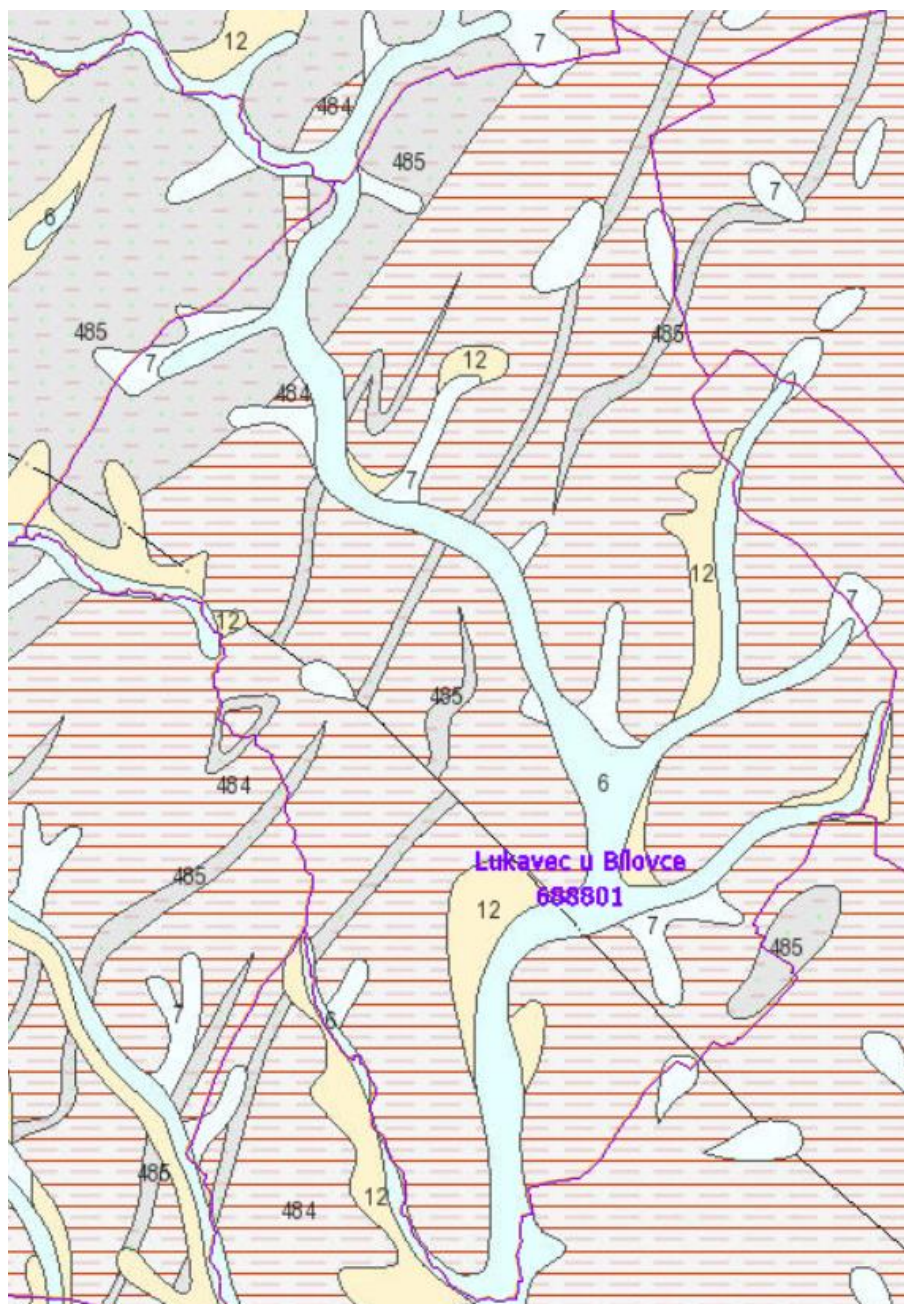


Obr. 18 Rozbor sklonitostních poměrů

3.7 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Nízkojesenický bioregion představuje rozsáhlé, litologicky jednotvárné území budované spodním karbonem v kulmském vývoji, tj. břidlicemi, drobami a místy slepenci. (9)

Geologické poměry (Obr. 19) na zkoumaném území jsou relativně homogenní. V okolí vodního toku převládá kvartérní (holocén) nivní sediment (hlína, písek, šterk, nezpevněný, inundovaný za vyšších vodních stavů), případně smíšený sediment včetně výplavových kuželů stejného stáří. Vrchovinné partie jsou tvořeny převážně drobami, v menší míře pak jílovitými břidlicemi a drobami (paleozoiku – karbon; jednotka – jesenický kulm). V nižších oblastech (zemědělské plochy) se nachází písčito-hlinité až hlinito-písčité sedimenty (kvartér) a sprašová hlína (kvartér). (4)



Obr. 19 Geologická mapa – KÚ Lukavec (8)

Tab. 3.7-1 Legenda k obrázku

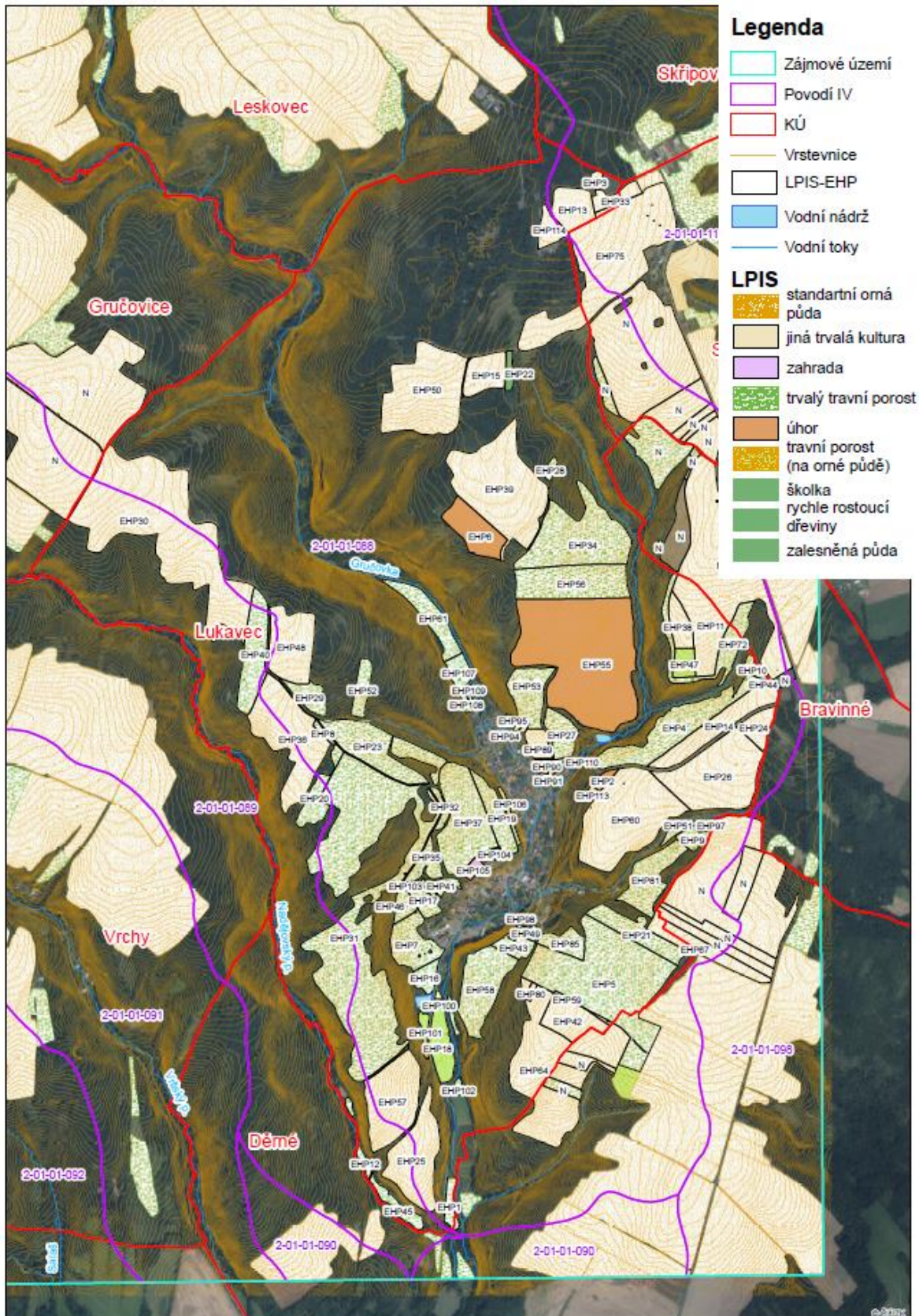
ID	Horninový typ	Hornina	Zrnitost horniny	Soustava
6	sediment nezpevněný	nivní sediment	hlína, písek, štěrk	Český masiv
7	sediment nezpevněný	smíšený sediment	jemnozrná	Český masiv
12	sediment nezpevněný	písčito-hlinitý až hlinito-písčítý sediment	písčito-hlinitý až hlinito-písčítý sediment	Český masiv
484	sediment zpevněný	jílovité břidlice, prachovce, droby	celistvá až jemnozrná	Český masiv
485	sediment zpevněný	droby	jemnozrná až hrubozrná	Český masiv

3.8 VEGETAČNÍ POMĚRY

Vegetační pokryv území, který je vyobrazen na mapě níže (Obr. 21), charakterizuje využití zájmového území (Obr. 20), a to především ve vztahu k plochám orné půdy, sadů, lesů a travních ploch. Zásadní pro erozní smyv jsou zejména ty plodiny, které nemají dostatečný ochranný vliv na zeminu a svými vlastnostmi působí negativně. To znamená rostliny, které nejsou erozně nebezpečné, kupříkladu travní porost nebo lesy. Vysoké zastoupení těchto plodin přímo snižuje důsledky záplav. Zastoupení širokořádkových plodin jako je kukuřice naopak dopady povodní zhoršují.

Druhy pozemků podle KN	Zastoupení (%)	Výměra (ha)
orná půda	35,03	324,34
chmelnice	0,00	0,00
vinice	0,00	0,00
zahrada	1,56	14,44
ovocný sad	0,00	0,00
trvalý travní porost	11,96	110,74
lesní pozemek	45,93	425,30
vodní plocha	0,46	4,22
zastavěná plocha a nádvoří	1,03	9,54
ostatní plocha	4,03	37,30
celkem	100,00	925,88

Obr. 20 Využití pozemků v KÚ Lukavec



Obr. 21 Mapa vegetačního pokryvu

4 ROZBOR STÁVAJÍCÍCH EROZNÍCH POMĚRŮ

V této kapitole je nejprve rozebrán stav erozních poměrů před klimatickou změnou, kde vstupující hodnota R faktoru je $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. Následuje série výpočtů před a po návrhu protierozních opatření, kde se vyhodnotí účinnost těchto opatření poklesem erozního smyvu na vybraných EHP. Vliv klimatické změny, tedy nárůst hodnoty R faktoru a jeho vliv na erozní smyv, je rozeptán v kapitole 7 .

4.1 POPIS POUŽITÝCH METOD

4.1.1 ArcGIS

K rozboru a výpočtu erozního smyvu byl použitý program ArcGIS, což je geografický informační systém (GIS) určený k práci s mapami a geografickými informacemi. V tomto programu jdou mapy vytvořit jako vektorové nebo rasterové, které se dále mohou vyexportovat do jiných formátů. Např. textových (.txt) nebo pro CAD (.dxf).

Geografické informace jsou reprezentovány sadami geografických dat, které modelují realitu pomocí jednoduchých obecných datových struktur. GIS obsahuje kompletní sadu nástrojů pro práci s geografickými daty. Zpracování prostorových dat – geoprocesing, je souhrn nástrojů a procesů pro vytváření odvozených datových sad. Geoprocesing se používá k modelování toků dat a změn jejich struktury během zpracování nebo ke kontrole kvality importovaných dat. (15)

Na základě digitálního modelu terénu (DMT) se vypočítá průměrný erozní smyv za rok na erozně hodnocené plochy (EHP). Díky této analýze je možno získat přehlednou mapu průměrného erozního smyvu za rok. Pomocí této mapy se může navrhnout efektivní ochrana proti eroznímu smyvu a posoudit ochranné prvky.

4.1.2 Tvorba DMT

Pro vytvoření DMT jsou klíčovou vrstvou vrstevnice, hranice zájmového území, vodní toky a nádrže. Pro získání rasteru je potřeba funkce *Topo to raster*, velikost buňky byla zvolena 5×5 .

Je nutné vyhlazení daného DMT pro případné nedokonalosti vzniklého povrchu jako jsou deprese, poklesy, výčnělky a vrcholky. Tímto dojde k vyplnění poklesů nebo odstranění vrcholů vzniklých při interpolaci výšek. Vyhlazený raster se získá pomocí nástroje *Fill*.

4.2 USLE

K určení možného ohrožení zemědělských půd vodní erozí je využívána univerzální rovnice, která slouží pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí (USLE). Tento postup byl zaveden autory Wischmeierem a Smithem v roce 1987 – z toho důvodu je také známá jako Wischmeier-Smithova rovnice. Pro výpočet je využita aplikace USLE 2D. (14)

Ztráta půdy vodní erozí se stanoví podle rovnice:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Kde: G průměrná dlouhodobá ztráta půdy $[\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}]$

R	faktor erozní účinnosti deště	[MJ.ha.cm ⁻¹ .h ⁻¹]
K	faktor náchylnosti půdy k erozi	[t.ha.h.ha ⁻¹ .MJ ⁻¹ .cm ⁻¹]
L	faktor délky svahu	[-]
S	faktor sklonu svahu	[-]
C	faktor ochranného vlivu vegetace	[-]
P	faktor vlivu protierozního opatření	[-] (14)

Rovnice zahrnuje do výpočtu klimatické, vegetační, geologické, půdní a hydrologické poměry. Nelze ji používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo tání sněhu. (14)

4.2.1 Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)

Hodnoty faktoru R jednotlivých dešťů se zařídí podle četnosti jejich výskytu nebo sčítají a průměrují pro stanovení průměrné roční (měsíční) hodnoty R faktoru. Vztah byl určen v USA na základě velkého množství dat o dešťových srážkách. (14)

Faktor erozní účinnosti deště se určí na základě celkové kinetické energie deště a jeho maximální 30minutové intenzity, pomocí následující rovnice:

$$R = E \cdot i_{30} / 100 \quad (2)$$

Kde: R	faktor erozní účinnosti deště	[MJ.ha.cm ⁻¹ .h ⁻¹]
E	celková kinetická energie deště	[J.m ⁻²]
i ₃₀	max. 30minutová intenzita deště	[cm.h ⁻¹] (14)

Pro převažující zemědělskou plochu na území České republiky je použita hodnota R faktoru 40 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹, tato hodnota byla vstupem do výpočtu před klimatickou změnou.

4.2.2 Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Faktor náchylnosti půdy k erozi K je definován jako odnos půdy v t.ha⁻¹ na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku.

Faktor K lze stanovit podle:

- a) vztahu odvozeného pro faktor K,

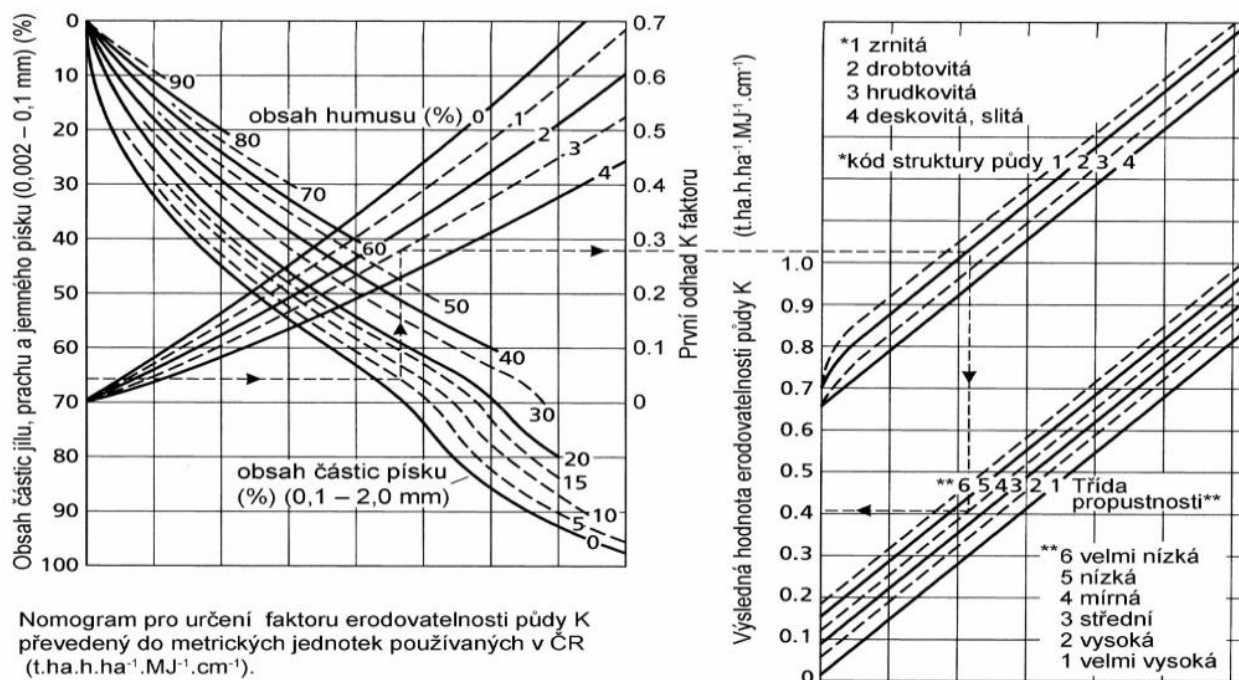
$$100 \cdot K = 2,1M^{1,14} \cdot 10^{-4} \cdot (12 - a) + 3,25 \cdot (b - 2) + 2,5 \cdot (c - 3) \quad (3)$$

Kde: M	součin (% prachu + % práškového písku) x (100 % jílu)	[-]
--------	---	-----

- a % organické hmoty [-]
- b třída struktury ornice [-]
- c třída propustnosti půdního profilu [-]

Rovnici lze použít za podmínky, že obsah prachu a práškového písku (0,002 – 0,1 mm) nepřekročí 70 %. (14)

b) nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu,



Obr. 22 Nomogram pro určení faktoru K

Parametry pro určení jsou podobné jako u předchozího postupu, u hranice kategorií zrnitosti je navíc použito procento písku (0,1 – 2,0 mm). Pro zrnitou a drobtovitou strukturu ornice půd a střední propustností půdního profilu stačí k určení z nomogramu levá část (Obr. 22). (14)

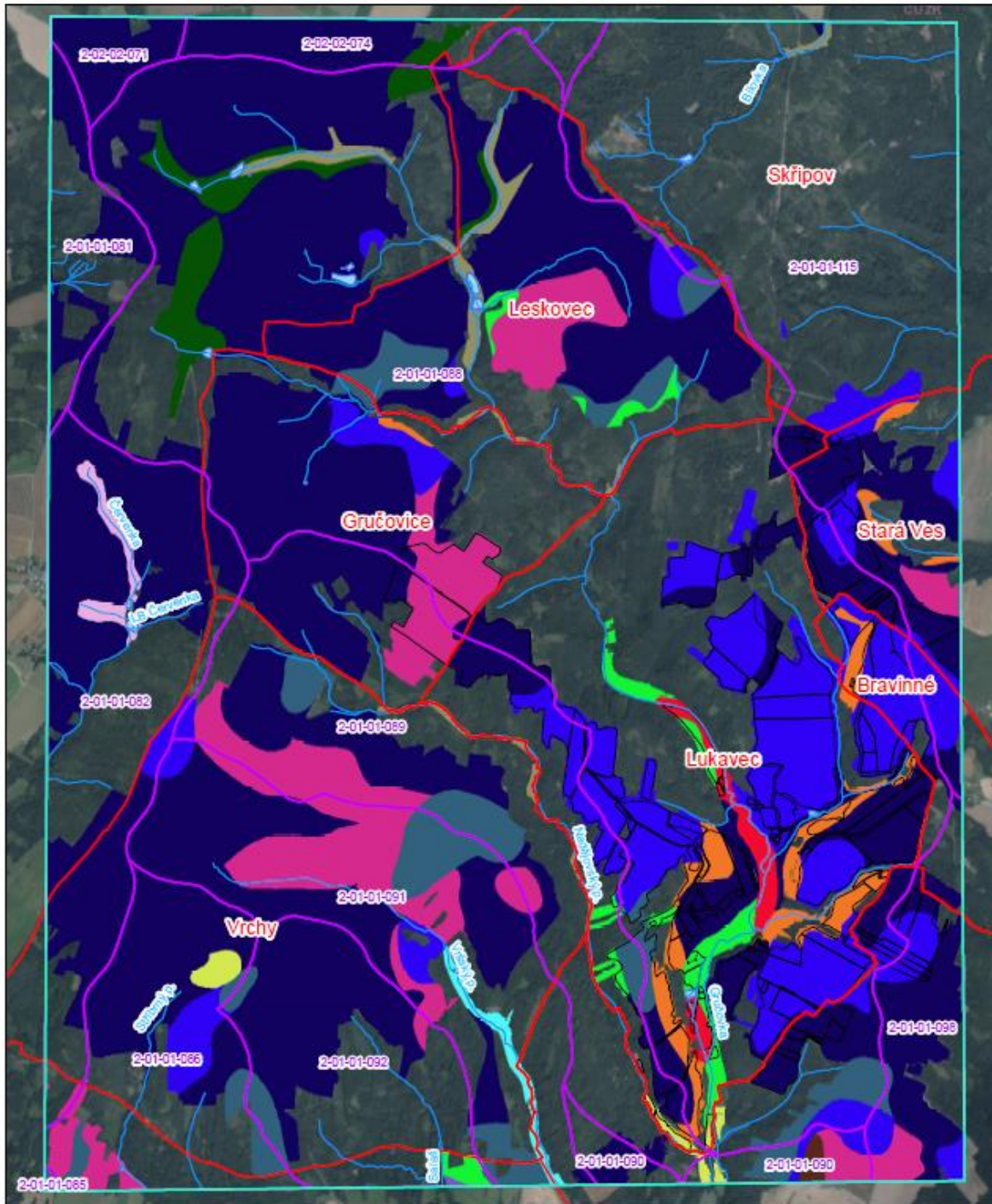
c) odhadem pomocí hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd

Přibližně podle HPJ lze určit hodnotu K faktoru vyskytující se na zkoumaném území (Obr. 23) viz. Tab. 4.2.2-1 a Graf zastoupení HPJ v zájmovém území (Obr. 15).







Tab. 4.2.2-1 Hodnoty K faktoru pro jednotlivá HPJ

HPJ	K faktor	Plocha [ha]
14	0,59	0,65
22	0,24	24,34
26	0,41	1462,28
27	0,34	267,41
37	0,16	168,06















HPJ	K faktor	Plocha [ha]
38	0,31	441,32
40	0,24	22,46
41	0,33	65,79
47	0,43	4,42
48	0,41	412,88
49	0,35	63,70
56	0,4	7,44
58	0,42	12,79
64	0,4	6,32
67	0,44	12,97
68	0,49	36,14
71	0,47	23,91
Σ		3032,88



Legenda

-  Zájmové území
-  Povodí IV
-  KÚ
-  Vodní nádrž
-  Vodní toky
-  LPIS

K faktor

 0,16	 0,35	 0,44
 0,24	 0,40	 0,47
 0,31	 0,41	 0,49
 0,33	 0,42	 0,59
 0,34	 0,43	

Obr. 23 Mapa K faktoru

4.2.3 Topografický faktor (součin L a S)

Na zvyšování intenzity eroze má vliv délka svahu. Ta je definována jako horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k bodu, kde se sklon snižuje natolik, že dochází k ukládání materiálu. (14)

Stanovit hodnoty faktoru délky svahu můžeme výpočtem ze vztahu:

$$L = \left(\frac{l}{22,13}\right)^m \quad (4)$$

Kde: l nepřerušená délka svahu [m]
 m exponent zahrnující vliv sklonu svahu a jeho náchylnost k tvorbě rýžkové eroze (Tab. 4.2.3-1) [-] (14)

Tab. 4.2.3-1 Hodnoty exponentu zahrnující vliv sklonu svahu

Sklon svahu [%]	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí			Sklon svahu [%]	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí		
	Nízký	Střední	Vysoký		Nízký	Střední	Vysoký
0,2	0,02	0,04	0,07	12	0,37	0,55	0,71
0,5	0,04	0,08	0,16	14	0,40	0,57	0,72
1	0,08	0,15	0,26	16	0,41	0,59	0,74
2	0,14	0,24	0,39	20	0,44	0,61	0,76
3	0,18	0,31	0,47	25	0,47	0,64	0,78
4	0,22	0,36	0,53	30	0,49	0,66	0,79
5	0,25	0,40	0,57	40	0,52	0,68	0,81
6	0,28	0,43	0,60	50	0,54	0,70	0,82
8	0,32	0,48	0,65	60	0,55	0,71	0,83
10	0,35	0,52	0,68				

Rostoucí sklon svahu zvyšuje ztrátu půdy. K tomuto jevu přispívá mnohem více než délka svahu. Hodnoty faktoru S lze vypočítat ze vztahu:

Pro sklon < 9 %

$$S = 10,8 \cdot \sin\theta + 0,03 \quad (5)$$

Pro sklon \geq 9 %

$$S = 16,8 \cdot \sin\theta - 0,5 \quad (6)$$

Kde: θ sklon svahu [rad] (14)

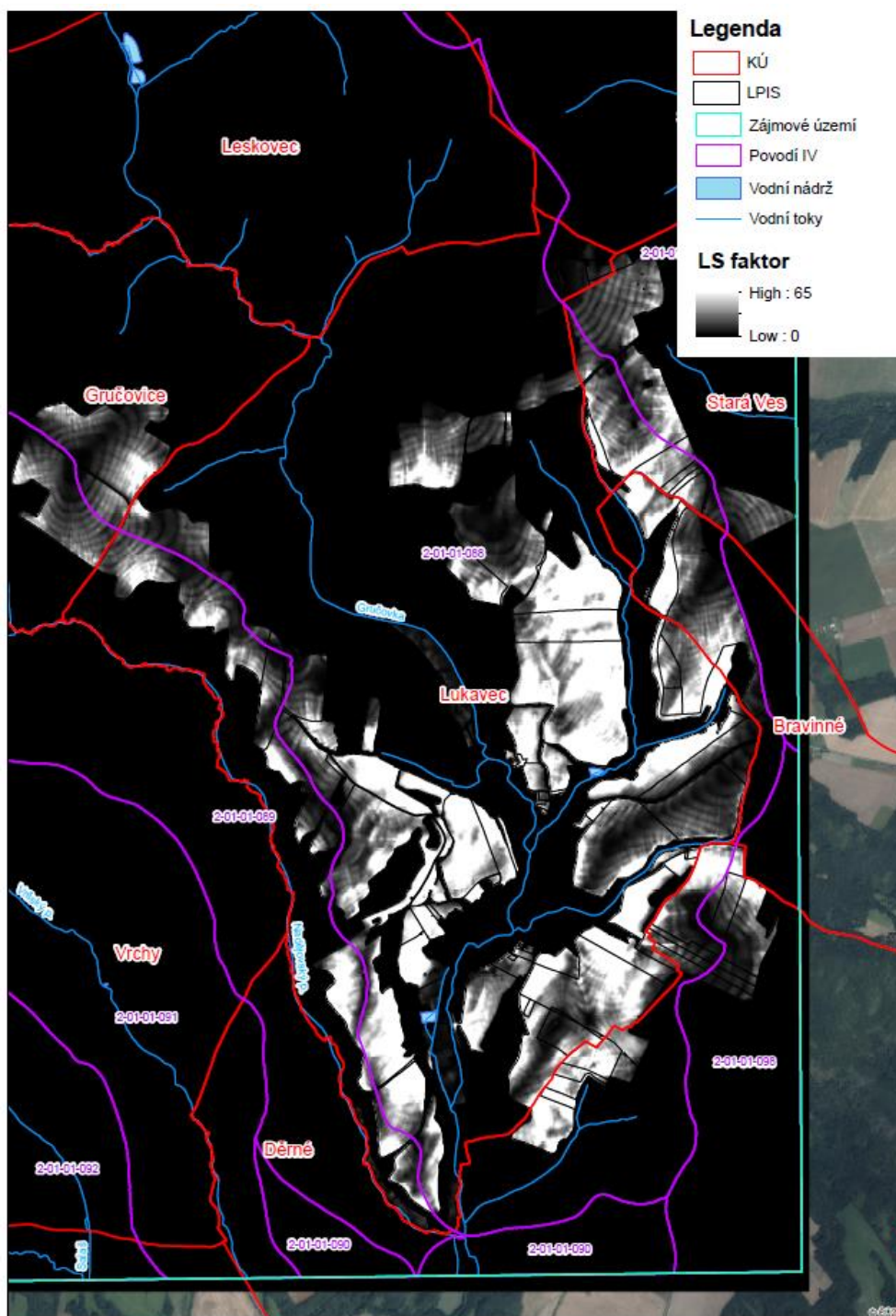
Přírodní svahy jsou vždy nepravidelné, a proto je určení topografického faktoru tímto způsobem nepřesné. Stanovuje se od nejvyšší polohy S_1 po nejnižší S_{10} pomocí následující rovnice:

$$S = 0,03S_1 + 0,06S_2 + 0,07S_3 + 0,09S_4 + 0,10S_5 + 0,11S_6 + 0,12S_7 + 0,13S_8 + 0,14S_9 + 0,15S_{10} \quad (7)$$

Kde: S_i Hodnota S faktoru pro i-tý úsek stejné délky [%] (14)

Topografický faktor LS představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 se sklonem 9 %. (14)

Topografický faktor LS (Obr. 24) byl vypočítán pomocí dat s využitím USLE 2D a ArcGISu. Pro využití programu USLE 2D se musejí data z ArcGISu převést do formátu Idrisi a následně zpět pomocí LS-Converteru. Vstupními daty pro výpočet LS faktoru byl DMT zahrnující vodní toky, nádrže, vrstevnice a hranici zájmového území a EHP získány z vrstvy LPIS.



Obr. 24 Mapa LS faktoru

4.2.4 Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před ničivým působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku. Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době přivalového deště (duben-září). Vegetace nepřímo působí na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně minimalizaci zanášení pórů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem. Proto nejlepší protierozní ochranou jsou porosty trav a jetelovin. Běžně pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) poskytují nedostatečnou ochranu půd. (14)

Pro určení dlouhodobé erozní ohroženosti pozemku se C faktor počítá podle postupu střídání plodin na pozemcích i s dobou střídání plodin. Pěstební fáze je rozdělena do pěti období.

- období podmítky a hrubé brázdy,
- období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení,
- období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí, sázení, u ozimů do 30. 4.,
- období od konce 3. období do sklizně,
- období strniště. (14)

Hodnoty C faktoru byly přiřazeny podle klimatického regionu a vrstvy LPIS (Tab. 4.2.4-1). Pro ornou půdu klimatického regionu 7 je hodnota C = 0,204.

Tab. 4.2.4-1 Hodnoty faktoru C

Kultura	C faktor
Orná půda	0,204
Zahrada	0,44
Zalesněná půda	0,001
Travní porost	0,005

4.2.5 Faktor účinnosti protierozního opatření (P)

Pokud na pozemku nejsou použita protierozní opatření nebo nelze předpokládat, že byly dodrženy uvedené podmínky maximálních délek a počtů pásů, nelze určit účinnost příslušných opatření vyjádřených hodnotami P faktoru. (14)

V případě zájmového území toto nelze předpokládat, proto je za hodnotu P faktoru brána hodnota P = 1.

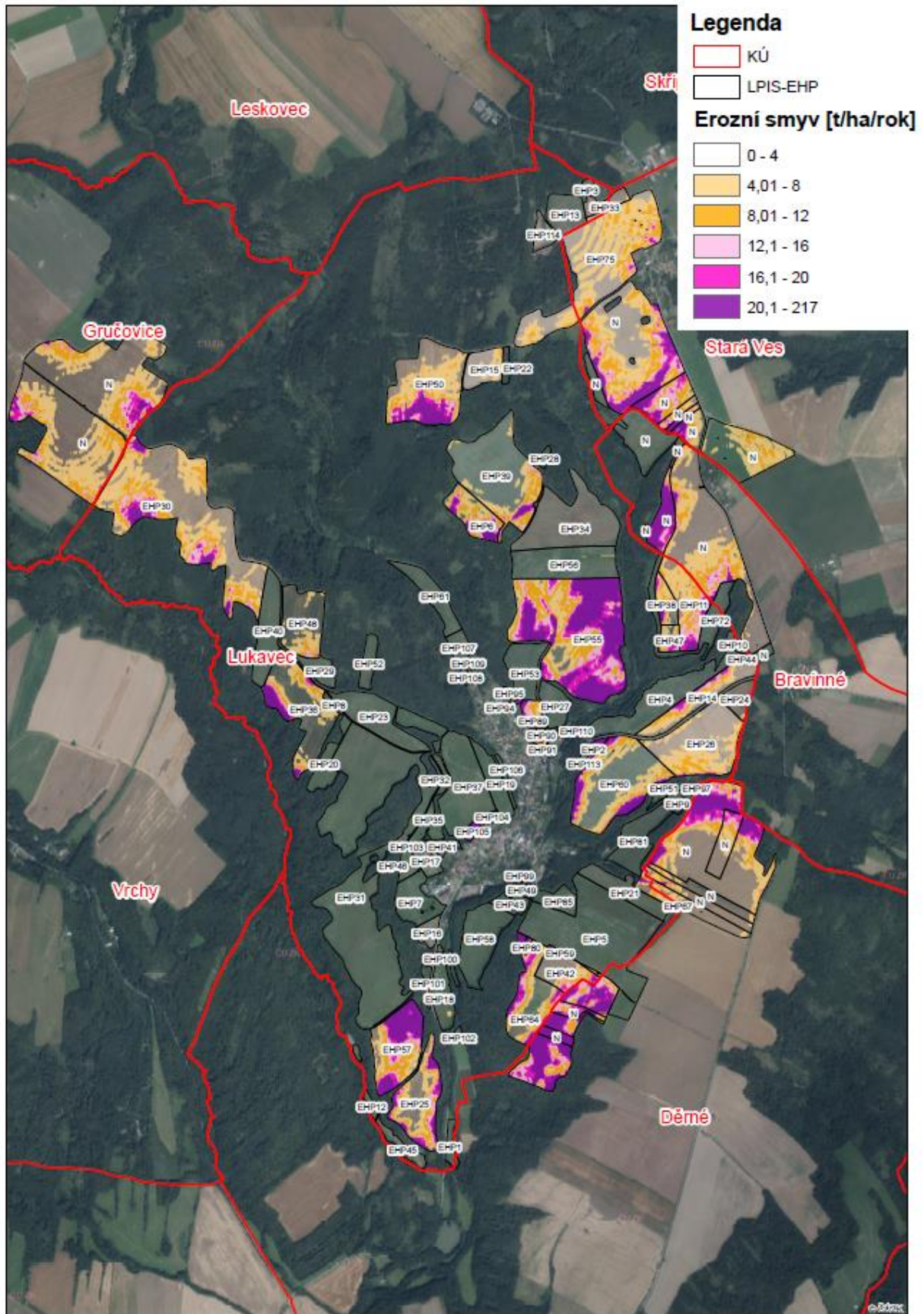
4.3 VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU PŮDY

Plošná eroze je počítána na erozně ohrožených plochách LPIS (Land Parcel Identification System) z databáze systému užívání půdy pro zemědělské dotace. Po přípravě a získání požadovaných faktorů se stanoví dlouhodobá ztráta půdy pomocí rastrového kalkulátoru (*Raster Calculator*). Tímto je získána přehledná mapa erozního smyvu (Obr. 25) a tabulka níže (Tab. 4.3-1), která vyhodnocuje erozní smyv na jednotlivých erozně hodnocených plochách (EHP). EHP jsou vytvořeny z jednotlivých parcel vrstvy LPISu.

Tab. 4.3-1 Vyhodnocení erozního smyvu před návrhem (R=40) pro EHP nad 2 ha

EHP	Plocha [m ²]	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
		0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20	
	[%]							
EHP4	84325	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
EHP5	221200	99,82	0,00	0,02	0,12	0,01	0,02	0,36
EHP6	43925	7,91	27,83	20,94	17,70	8,71	16,90	12,52
EHP7	41125	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
EHP11	61100	10,47	38,30	17,55	16,94	7,20	9,53	10,58
EHP13	32875	99,92	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83
EHP14	56900	38,27	29,57	14,81	8,08	5,36	3,91	7,08
EHP15	32425	70,39	26,91	2,24	0,39	0,08	0,00	3,58
EHP18	28100	96,00	3,11	0,18	0,27	0,00	0,44	1,56
EHP19	31975	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73
EHP20	24075	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
EHP21	40875	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
EHP23	82150	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
EHP25	82500	26,18	24,73	15,73	11,73	7,82	13,82	11,11
EHP26	119700	52,63	36,55	8,56	1,19	0,44	0,63	4,56
EHP27	23900	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
EHP30	304100	39,49	31,56	13,53	7,63	3,33	4,46	7,05
EHP31	386825	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
EHP34	118575	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64
EHP36	112850	53,81	22,77	7,93	3,57	2,66	9,26	7,64
EHP37	93725	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54
EHP38	20750	18,67	36,27	18,80	11,08	5,78	9,40	10,08
EHP39	158175	70,55	14,00	8,55	3,70	1,20	1,99	4,12
EHP40	54425	99,54	0,28	0,18	0,00	0,00	0,00	0,13
EHP42	38600	57,19	18,20	9,33	7,97	5,51	1,81	5,57
EHP48	67175	72,39	20,62	4,47	2,20	0,33	0,00	3,22
EHP50	132400	29,51	34,03	8,10	6,21	6,00	16,05	11,78
EHP53	40700	99,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,57
EHP55	279250	2,56	10,36	17,07	15,47	13,79	40,75	20,89
EHP56	81300	98,83	0,71	0,03	0,22	0,03	0,18	0,69
EHP57	87025	6,55	14,05	16,46	15,43	8,82	38,70	19,99

EHP	Plocha	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ
	[m ²]	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
		[%]						
EHP58	71275	99,58	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
EHP60	149800	44,53	27,65	10,05	4,64	3,17	9,96	8,29
EHP61	34625	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
EHP64	183450	13,68	10,21	14,30	16,69	12,62	32,50	17,57
EHP67	39725	62,81	25,30	6,29	2,01	0,82	2,77	5,13
EHP72	45400	99,23	0,00	0,00	0,22	0,22	0,33	1,08
EHP75	210325	32,35	49,40	13,88	3,10	0,86	0,40	5,63
EHP81	48350	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65



Obr. 25 Mapa erozního smyvu před klimatickou změnou

5 ROZBOR STÁVAJÍCÍCH ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

Rozbor stávajících poměrů pro KÚ Lukavec byl proveden pro 9 dílčích povodí. Pomocí tohoto rozboru je možno zjistit povrchový odtok pro návrhový déšť se 100letým opakováním, nutný pro návržení průleहů a zatravněných údolnic. Pro analýzu těchto dat se využila metoda CN-křivek (CN – Curve Number).

Metodu odvodili a publikovali v roce 1972 v USA pro potřeby Služby na ochranu půdy (SCS – Soil Conservation Service). Představuje jednoduchý srážkoodtokový model se snadno zjistitelnými vstupy, a zároveň je model poměrně přesný pro stanovení objemu odtoku ze zemědělsky využívaných povodí nebo jejich částí do 10 km². (14)

5.1 DESQ – MAXQ

První programová dokumentace modelu byla vypracována v roce 1997 prof. Ing. Františkem Hrádkem, DrSc. ve spolupráci s firmou Aqualogic, Software Development and Consulting Praha. Hydrologický model DesQ – MaxQ byl odvozen na základě dvojího předpokladu. DesQ znamená návrhový průtok (znalost hydrologických a hydraulických vlastností u svahového odtoku – proces svahového odtoku), MaxQ potom maximální odtok v údolnici. (16)

Hydrologicko-hydraulické závislosti byly odvozeny na idealizované ploše. To je plocha odtokového svahu s homogenním a nepropustným povrchem. Hydraulické řešení má základy z modelu kinematické vlny, který využívá zjednodušených Saint-Venantových rovnic. Znalosti o hydrologicko-hydraulických závislostech na idealizované elementární odtokové ploše se poté aplikují, na elementární odtokovou plochu. Model je určen pro povodí tvaru otevřené knihy do velikosti plochy 10 km². (16)

Model můžeme používat na:

- výpočet maximálních N-letých (návrhových) průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání,
- výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a intenzity,
- odvození tvaru povodňových vln (časové řady). (16)

5.2 METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK (CN)

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a hypodermický. Podíly těchto odtoků se zjišťují pomocí čísel odtokových CN-křivek. Voda z hypodermického odtoku prosakující k vrchní vrstvě půdy se typicky do toku dostává později než povrchový odtok, ale rychleji než odtok základní. Na rozdíl od základního odtoku, na jehož tvorbě se podílí voda, která infiltruje až k hladině podzemní vody a vtéká do koryt toků. Hodnota čísla CN je ukazatel pravděpodobnosti určení typu odtoku. Čím větší je CN, tím pravděpodobněji se jedná o povrchový odtok. Základním vstupem metody odtokových křivek je srážkový úhrn návrhového deště při zvolené době opakování a rovnoměrném rozdělení na ploše povodí. Objem srážek je transformován na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek. Jejich hodnoty jsou závislé na (14):

- hydrologických vlastnostech půd HSP,
- odvozením mapy pokryvu skládající se z map LPIS, intravilánu a lesů.

Metoda CN-křivek určuje objem přímého odtoku za předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadrženo. Odtok začíná po určité počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové akumulace, jež byla odhadnuta na základě zkušebních měření na 20 % potenciální retence ($I_a = 0,2 A$). Z těchto informací byl odvozen základní vztah pro určení výšky přímého odtoku (14):

$$H_0 = \frac{(H_s - 0,2 \cdot A)^2}{H_s + 0,8 \cdot A} \quad (8)$$

Kde:	H_0	přímý odtok	[mm]
	H_s	úhrn návrhové srážky	[mm]
	A	potenciální retence vyjádřená pomocí CN-křivek	[mm] (14)

$$A = 25,4 \cdot \frac{1000}{CN-10} \quad (9)$$

CN hodnota odtokové křivky

Po dosazení do vzorce získáme objem přímého odtoku.

$$O_{ph} = 1000 \cdot P_p \cdot H_0 \quad (10)$$

Kde:	O_{ph}	objem přímého odtoku	[m ³]
	H_0	přímý odtok	[mm]
	P_p	plocha povodí	[km ²] (14)

Pro analýzu odtoku dílčích povodí byla použita varianta pro povodí se dvěma svahy, vyjma dílčího povodí P6, ta je pro jeden svah. Pro výpočet byla uvažovaná varianta s maximálním N-letým průtokem vyvolaný deštěm kritické doby pro opakování 2, 10, 20, 50 a 100 let. Před výpočtem je nutno nadefinovat charakteristiky v DesQ – MaxQ, které ovlivňují odtok z dílčích povodí (Tab. 5.2-1).

- poměry sklonitostí,
- součinitel drsnosti γ ,
- typ a hodnota CN-křivky,
- určení geometrie.

Tab. 5.2-1 Vstupní hodnoty pro výpočet povrchového odtoku

ID povodí	Plocha [km ²]			Sklon svahu [%]		Délka údolnice [km]	Sklon údolnice [%]	CN	
	Povodí	Levý svah	Pravý svah	Levý svah	Pravý svah			Levý svah	Pravý svah
KP1	0,15	0,09	0,05	11,13	11,87	0,84	11,54	77,80	70,30
KP2a	0,12	0,07	0,04	12,46	13,21	0,87	12,54	70,10	68,30
KP2b	0,18	0,13	0,05	11,39	12,21	0,97	10,23	66,30	67,30
KP3	0,12	0,09	0,03	10,90	11,80	0,70	11,54	69,60	68,90
KP4	0,07	0,04	0,03	9,38	7,89	0,76	8,00	78,50	78,30
KP5	0,11	0,03	0,09	15,04	11,62	0,59	14,19	71,50	76,40
KP6	0,16			5,30		1,66	4,89	78,60	
KB7	0,56	0,33	0,23	4,64	5,14	1,70	4,70	70,50	77,60
KP8	0,05	0,02	0,04	14,24	11,64	0,63	10,97	70,20	69,80

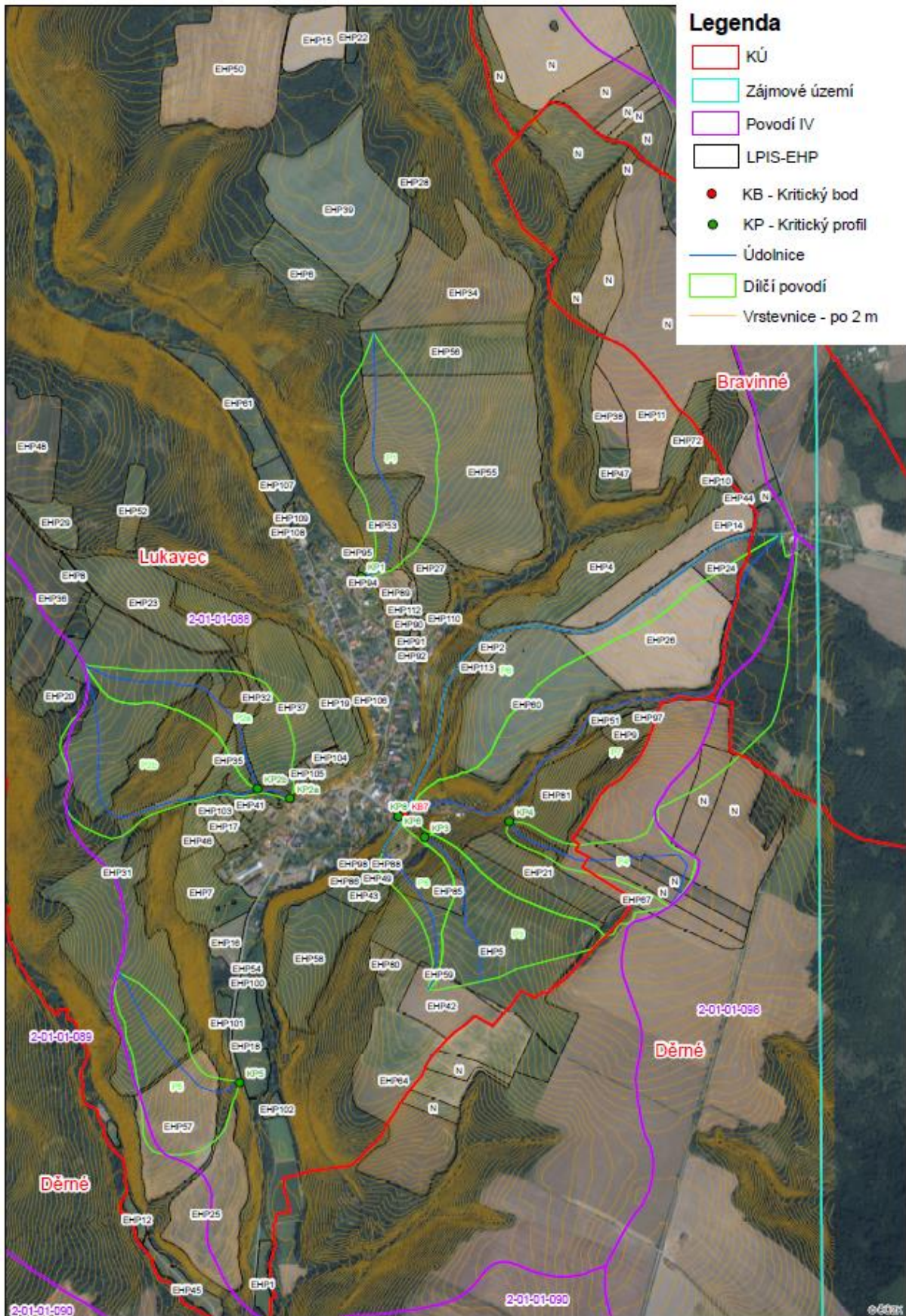
5.3 STANOVENÍ KRITICKÝCH PROFILŮ

Po vygenerování vrstvy linií drah soustředěného odtoku, které vnikají do zastavěné části obcí, se stanoví kritické profily a kritické body. Takovýto bod je určen průsečíkem hranice zastavěného území obce (intravilán) s linií dráhy soustředěného odtoku. Pokud bod splňuje kritéria u problematických lokalit, jedná se o kritický bod. Menší a nesplňující podmínky ohrožená povodí jsou označeny jako kritické profily. (18)

Kritéria pro kritické lokality:

- K1. velikost přispívající plochy 0,3 – 10,0 km²,
- K2. průměrný sklon přispívající plochy ≥ 3,5 %,
- K3. podíl plochy orné půdy v povodí ≥ 40 %. (18)

Tato kritéria splňuje ohrožené povodí P7 s kritickým bodem KB7, zbytek ohrožených povodí je nesplňující a jsou označeny jako KP tedy kritické profily (Obr. 26).



Obr. 26 Situace dílčích povodí

5.4 VYHODNOCENÍ ROZBORU STÁVAJÍCÍCH ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

Níže jsou prezentovány výsledky pomocí zjednodušené tabulky (Tab. 5.4-1) výsledných hodnot povrchového odtoku a objemy povodňových vln jednotlivých dílčích povodí. Rozbor je proveden pro 9 dílčích povodí, jeho cíl je zjistit návrhové parametry pro návržení průleहů.

Tab. 5.4-1 Výstupní hodnoty povrchového odtoku z dílčích povodí

Číslo dílčího povodí		N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln					Jednotky
		5	10	20	50	100	[roky]
P1	Q_{max}	0,34	0,49	0,68	0,93	1,13	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	1,15	1,37	1,59	1,84	2,09	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	2,83	3,32	3,7	4,06	4,39	$[10^3 \cdot m^3]$
P2a	Q_{max}	0,21	0,30	0,39	0,50	0,60	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	0,71	0,83	0,94	1,06	1,15	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	1,82	2,11	2,29	2,4	2,53	$[10^3 \cdot m^3]$
P2b	Q_{max}	0,26	0,30	0,38	0,48	0,57	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	1,11	1,31	1,49	1,67	1,82	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	2,48	2,85	3,03	3,08	3,18	$[10^3 \cdot m^3]$
P3	Q_{max}	0,13	0,18	0,25	0,32	0,39	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	0,93	1,11	1,28	1,47	1,63	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	1,82	2,11	2,27	2,38	2,50	$[10^3 \cdot m^3]$
P4	Q_{max}	0,24	0,34	0,45	0,59	0,70	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	0,46	0,55	0,63	0,72	0,79	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	1,44	1,7	1,92	2,14	2,34	$[10^3 \cdot m^3]$
P5	Q_{max}	0,22	0,32	0,45	0,62	0,77	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	0,95	1,14	1,34	1,56	1,73	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	2,16	2,54	2,83	3,1	3,36	$[10^3 \cdot m^3]$
P6	Q_{max}	0,39	0,57	0,81	1,11	1,4	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	1,48	1,8	2,13	2,54	2,85	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	3,43	4,05	4,57	5,11	5,59	$[10^3 \cdot m^3]$
P7	Q_{max}	0,66	0,95	1,3	1,76	2,15	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	4,61	5,51	6,34	7,31	8,03	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	9,97	11,70	12,9	14	15,10	$[10^3 \cdot m^3]$
P8	Q_{max}	0,11	0,16	0,26	0,26	0,36	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	0,30	0,35	0,40	0,45	0,49	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	0,83	0,97	1,05	1,11	1,17	$[10^3 \cdot m^3]$

6 NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

Na základě analýz erozních a odtokových rozborů se ve sledovaném území navrhla přírodě blízká protierozní a protipovodňová opatření. Tato opatření nebudou sloužit ke prospěchu vodního hospodářství, ale prospěchu těch, kdo na pozemcích hospodaří a ochraně obce.

Jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, které se vzájemně doplňují a respektují požadavky všech zúčastněných stran (vlastníků a uživatelů půdy, ochrany půdy a tvorby krajiny). (14)

Při návrhu protierozních a protipovodňových opatření v KÚ Lukavec bylo postupováno podle metodiky pro ochranu zemědělské půdy před erozí od Miroslava Janečka a kolektivu (2012).

6.1 ORGANIZAČNÍ PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Základem organizačních opatření jsou návrhy změn druhů pozemků a protierozní rozmístování plodin.

Pravidla ochrany proti vodní erozi organizačními opatřeními vychází ze znalostí příčin vzniku erozních jevů a zákonitostí vývoje vodní eroze. Z toho vyplývají obecné protierozní zásady:

- včasný termín výsevu plodin,
- výsev víceletých pícnin do krycí plodiny,
- posun podmítky do období s nižším výskytem přívalových dešťů (tzn. září),
- zařazování bezorebně setých meziplodin,
- rozmístění plodin podle ohroženosti pozemku. (14)

Důležitou roli v protierozní ochraně má vegetační pokryv, který:

- chrání půdu před kinetickou energií kapek,
- podporuje vsakování vody do půdy,
- kořenový systém zvyšující soudržnost půdy. (14)

6.1.1 Delimitace druhu pozemků a ochranné zatravnění

Definice druhů pozemků se chápe jako prostorová a funkční optimalizace pozemků, sloužících k pěstování jednotlivých kultur. Je to členité uspořádání v rámci organizace zemědělského půdního fondu (ZPF) na orné půdy, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice. (14)

Ochranná zatravnění jsou používána na těch pozemcích, na kterých z hlediska eroze nelze hospodařit jako s ornou půdou. Dobře umístěný travní porost je nejlepší protierozní ochranou. Pro kvalitní vegetační kryt jsou upřednostňovány trávy výběžkaté, tvořící pevný drn. Pomocí trvalých travních porostů (TTP) by měly být chráněny plochy:

- podél břehů,
- v drahách soustředných odtoků,
- v profilech navržených záchytných průlehů. (14)

V lokalitě byly navrženy TTP na plochách a na místech, kde byly identifikovány erozně nebezpečné svahy se sklonem nad 20 %. Také na plochách pozemků, kde se nachází mělké a hydromorfnní půdy (HPJ – 37, 38). Navržené TTP se projeví vyšší mírou ochrany vegetace, která vede k větší ochraně oblasti proti eroznímu smyvu. Při novém výpočtu se provede změna C-faktoru na 0,005 a dojde ke změně rastru C-faktoru.

6.1.2 Protierozní rozmístování plodin

Základním principem poskytujícím ochranu půdy při rozmístování plodin je vyloučení erozně nebezpečných plodin (VENP) na středně sklonitých pozemcích, které nemají dostatečný ochranný účinek (okopaniny, kukuřice, ostatní širokořádkové plodiny). Snaha je tyto vyloučené plodiny pěstovat na rovinných nebo mírně sklonitých pozemcích. (14)

Ochranný účinek lze zvýšit střídáním vrstevnicových pásů u širokořádkových plodin pomocí okopanin a víceletých píceň. Obilninami lze osévat celý pozemek. Při výsadbě sadů a vinic je důležité dbát na směr výsadby podél vrstevnic. (14)

V lokalitě byly identifikovány svahy přesahující 5 % přímo nad intravilánem s přesahujícím limitem erozního smyvu $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Na těchto plochách byly vyloučeny erozně nebezpečné plodiny. To má za následek vyšší kvalitu krytí vegetace. Na plochách s nově navrženým VENP se změnil C-faktor na hodnotu 0,08.

6.2 AGROTECHNICKÁ PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Půda bez vegetace je nejvíce náchylná k eroznímu smyvu. Agrotechnická opatření (AGT) se navrhuje proto, aby zkrátila dobu u půd bez vegetačního pokryvu na minimum. K ochraně proti erozi lze cíleně používat posklizňové zbytky a biomasu meziplodin. Tuhle vegetační ochranu aplikujeme u erozně nebezpečných rostlin v období jejich největší náchylnosti k erozi – v létě se jedná o okopaniny a kukuřici, poté i o plochy s ozimou řepkou. (14)

Mezi účinné způsoby orby se považují technologie jako jsou mělké kypření půdy, hlubší prokypření ornice nebo části podorničí bez obracení zpracovávané vrstvy půdy. Při orbě na svažitéch pozemcích by měl být pojezd ve směru vrstevnic. Tenhle způsob minimalizuje pravděpodobnost výskytu drah soustředěného odtoku. (14)

Je několik způsobů AGT a rozlišujeme je podle technologie pěstování kultury:

- protierozní technologie pěstování kukuřice a slunečnice,
- protierozní technologie pěstování řepky ozimé a obilnin,
- protierozní technologie brambor,
- protierozní technologie cukrovky,
- protierozní ochrana chmelnic. (14)

Mezi základní doporučená agrotechnická opatření patří:

- protierozní agrotechnologie na orné půdě,
- výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče či posklizňových zbytků,
- hrázkování a důlkování povrchu půdy,
- protierozní agrotechnologie ve speciálních kulturách,
- zatravnění meziřadí,
- krátkodobé porosty v meziřadí,
- mulčování,
- hrázkování a důlkování povrchu půdy v meziřadí. (14)

Ve zkoumané lokalitě byly identifikovány plochy mimo intravilán se sklonem větší jak 7 % a s erozním smyvem nad limit $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Toto opatření je kombinováno s vrstevnicovým obděláváním – pro větší účinnost. Dojde tak ke zvýšení účinnosti protierozní ochrany. Plochy s nově navrženým AGT pozmění C-faktor na hodnotu 0,08 a změni rastr C-faktoru.

6.3 TECHNICKÁ PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

Technická opatření se navrhuje jako základní prvek na pozemcích, kde nepříznivé důsledky povrchového odtoku ohrožují intravilán. Jejich účinnost se zvyšuje s organizačními a agrotechnickými opatřeními. Prvky technického opatření přerušují příliš dlouhé svahy (průlehy) nebo příliš strmé svahy (terasy), a snižují nepříznivé účinky povrchového odtoku. Spolu s doprovodnou dřevinou mají tato opatření také funkci krajinyotvornou, estetickou nebo ekologickou. (14) Mezi technická opatření zahrnujeme:

- průlehy,
- příkopy,
- hrázky,
- meze,
- stabilizace drah soustředěného odtoku,
- ochranné nádrže,
- terasování. (14)

6.3.1 Průleh

Průleh je mělký, má mírné svahy (1:5-1:10) umožňující přejezd. Podélný sklon je malý. Proudící voda průlehem má možnost se vsáknout nebo je bezpečně převedena. Podle funkce rozdělujeme průlehy na (14):

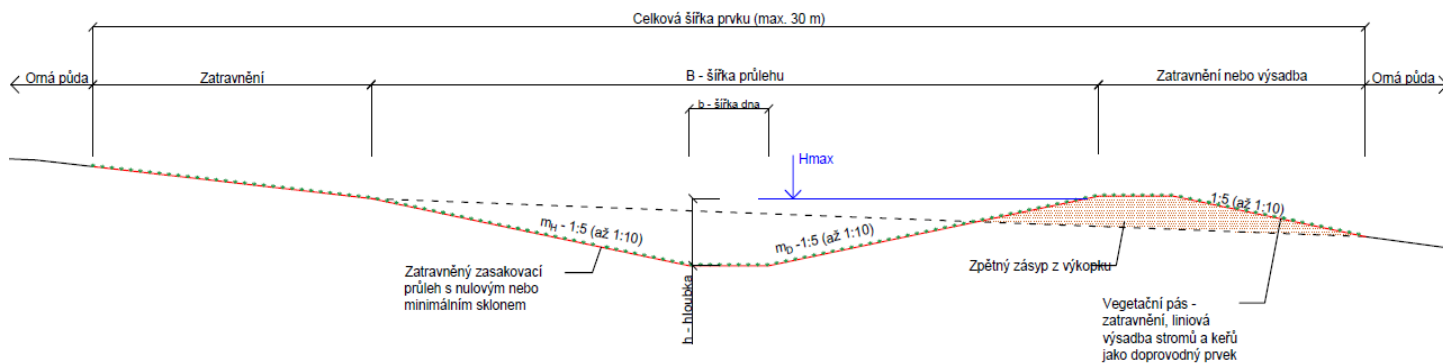
- svodný průleh – navrhuje se pro neškodné odvedení odtoku ze záchytných průlehu z krátkodobě trvajících přívalových dešťů nebo náhlého tání sněhu,
- sběrný a záchytný průleh – mělký široký příkop na svazích do sklonu 15 % rozdělí dlouhé svahy na kratší. (14)

Byl navržen jeden záchytný průleh s orientační šířkou 16 m a podélným sklonem 1 % a 3 zasakovací průlehy (Obr. 27) s šířkou 16 m, se sklonem 0 % a nalepšením hloubky o 20 cm

na stranu bezpečnosti. Pro převedení nadměrného objemu vody slouží konstrukce svedená pomocí odpadních koryt do soustavy hrázek. V tabulce (Tab. 6.3.1-1) se provedla dimenze, ale pro vlastní realizaci je potřeba opatřit hydrotechnické výpočty pro zasakovací průlehy. Je nutno provést zaměření skutečného stavu a zajistit inženýrsko-geologický průzkum (IGP) na jehož základě se pak upřesní parametry průleहů.

Tab. 6.3.1-1 Parametry a výpočet jednotlivých průleहů

NÁVRH		PARAMETRY					VÝPOČET							
#	Q_{\max}	B	b	m_D	m_H	h	F	O	R	n	c	i	v	Q_v
svodné	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	[m]	[m]	[-]	[-]	[m]	$[m^2]$	[m]	[m]	[-]	$[m^{0,5} \cdot s^{-1}]$	[-]	$[m \cdot s^{-1}]$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
PR1	0,88	3,65	0,50	3,00	4,00	0,45	0,93	3,78	0,25	0,03	20,77	0,01	1,04	0,97
#	V_{\max}	B	b	m_D	m_H	h	F	O	L	V_v				
zasakovací	$[m^3]$	[m]	[m]	[-]	[-]	[m]	$[m^2]$	[m]	[m]	$[m^3]$				
PR5	460	9,00	1,00	4,00	6,00	0,80	4,00	9,16	196	784				
PR6	1100	10,00	1,00	4,00	6,00	0,90	4,95	10,19	374	1851				
PR8	2454	14,00	1,00	6,00	7,00	1,00	7,50	14,15	500	3750				



Obr. 27 Vzorový řez zasakovacím průlehem

6.3.2 Přehrážky

Strže jsou nejviditelnějším projevem eroze. Přehrážky jsou příčné spádové objekty sloužící pro stabilizaci strží. Jejich koruna je převýšena nad dno horního koryta. (19)

Dimenzují se na zachycení objemu odtoku vody z povodí vyvolaného deštěm s dobou opakováním podle potřeby zabezpečení území, nad kterým se přehrážka buduje. K orientačnímu určení potřebné velikosti prostoru nad přehrážkou je možné použít nomogram s poměry kulminačního odtoku ke kulminačnímu přítoku a objemu nadržení k objemu přítoku. (14)

6.3.3 Stabilizace drah soustředěného odtoku (SDSO)

Přirozené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem (má podobnost s údolnicí nebo průlehem) jsou schopny bezpečně a bez erozních projevů odvést povrchový odtok. K němu dochází v důsledku morfologické rozmanitosti krajiny, hlavně na příčně zvlněných pozemcích, v úžlabinách a údolnicích. (14)

Při jarních oblevách je objem odtoku největší. Je důležité povrchový odtok zredukovat, k tomu nám napomáhá vegetační pokryv – zejména zatravnění. To zamezí nejen výskytu rýh, ale navíc se prodlouží dráha dotoku do kritického bodu. Při menších srážkách se voda vsakuje přímo do zatravnění. (14)

Pro identifikaci drah soustředěného odtoku se použil nástroj Akumulace odtoku (*Flow Accumulation*) v prostředí GIS pro buňky 5x5 m s velikostí sběrné plochy 3 ha a klasifikací nad 1200 buněk. Jedná se o velikost sběrné plochy nad bodem, kde může docházet za určitých podmínek k přeměně plošného povrchového odtoku v povrchový odtok.

Po této analýze se na území navrhly dvě zatravnění o šířce 30 m. Tyto stabilizované dráhy soustředěného odtoku nejsou dimenzovány, tudíž se doporučuje provést hydrotechnické výpočty.

6.4 FINÁLNÍ NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ BEZ KLIMATICKÉ ZMĚNY

Po zakreslení jednotlivých typů opatření se získala mapa (Obr. 28) celkové situace navržených opatření, které efektivně snížily hodnotu erozního smyvu pod přípustnou hodnotu. Níže v tabulce výkazu výměr (Tab. 6.4-1) lze vidět jakou plochu navržená opatření zabírají.

Tab. 6.4-1 Výkaz výměr všech opatření

Typ opatření	Plocha [ha]
AGT	103,69
VENP	60,07
TTP	23,31
SDSO	1,16
ZAPAS	3,29
Průleh	0,79
Celkem	192,31

6.5 VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU PO NÁVRHU

Porovnání erozního smyvu před a po navržení opatření bez klimatické změny je v tabulce níže (Tab. 6.5-1). Mapa (Obr. 29) poukazuje na efektivní snížení erozního smyvu na jednotlivých EHP. Plochy mimo řešené KÚ zůstaly bez návrhu, a proto jsou stále erozně ohroženy (v mapě jsou označeny fialovou barvou).

Tab. 6.5-1 Vyhodnocení erozního smyvu po návrhu (R=40) pro EHP nad 2 ha

EHP	Plocha [m ²]	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	G po návrhu PSZ [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
		0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20		
	[%]								
EHP4	84325	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,86
EHP5	221200	99,82	0,00	0,02	0,12	0,01	0,02	0,36	0,33
EHP6	43925	7,91	27,83	20,94	17,70	8,71	16,90	12,52	4,35
EHP7	41125	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,51
EHP11	61100	10,47	38,30	17,55	16,94	7,20	9,53	10,58	3,78
EHP13	32875	99,92	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,83
EHP14	56900	38,27	29,57	14,81	8,08	5,36	3,91	7,08	2,83
EHP15	32425	70,39	26,91	2,24	0,39	0,08	0,00	3,58	3,58
EHP18	28100	96,00	3,11	0,18	0,27	0,00	0,44	1,56	1,63
EHP19	31975	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,73
EHP20	24075	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11
EHP21	40875	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,48
EHP23	82150	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,51
EHP25	82500	26,18	24,73	15,73	11,73	7,82	13,82	11,11	2,92
EHP26	119700	52,63	36,55	8,56	1,19	0,44	0,63	4,56	1,79
EHP27	23900	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33
EHP30	304100	39,49	31,56	13,53	7,63	3,33	4,46	7,05	2,63
EHP31	386825	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,29
EHP34	118575	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,64
EHP36	112850	53,81	22,77	7,93	3,57	2,66	9,26	7,64	3,00
EHP37	93725	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,54
EHP38	20750	18,67	36,27	18,80	11,08	5,78	9,40	10,08	3,45
EHP39	158175	70,55	14,00	8,55	3,70	1,20	1,99	4,12	2,30
EHP40	54425	99,54	0,28	0,18	0,00	0,00	0,00	0,13	0,10
EHP42	38600	57,19	18,20	9,33	7,97	5,51	1,81	5,57	1,95
EHP48	67175	72,39	20,62	4,47	2,20	0,33	0,00	3,22	3,23
EHP50	132400	29,51	34,03	8,10	6,21	6,00	16,05	11,78	3,58
EHP53	40700	99,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,57	0,48
EHP55	279250	2,56	10,36	17,07	15,47	13,79	40,75	20,89	4,03
EHP56	81300	98,83	0,71	0,03	0,22	0,03	0,18	0,69	0,61
EHP57	87025	6,55	14,05	16,46	15,43	8,82	38,70	19,99	3,38
EHP58	71275	99,58	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,41
EHP60	149800	44,53	27,65	10,05	4,64	3,17	9,96	8,29	3,28
EHP61	34625	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04
EHP64	183450	13,68	10,21	14,30	16,69	12,62	32,50	17,57	3,92

EHP	Plocha	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ	G po návrhu PSZ
		0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
	[m ²]	[%]							
EHP67	39725	62,81	25,30	6,29	2,01	0,82	2,77	5,13	2,81
EHP72	45400	99,23	0,00	0,00	0,22	0,22	0,33	1,08	0,91
EHP75	210325	32,35	49,40	13,88	3,10	0,86	0,40	5,63	3,16
EHP81	48350	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,65

6.6 ZMĚNA ODTOKOVÝCH POMĚRU PO NÁVRHU

V tabulce (Tab. 6.6-1) lze vidět zmenšení objemů povodňových vln jednotlivých povodí díky nově navrženého opatření. Díky těmto opatřením je obec více chráněna před přívalovými srážkami.

Tab. 6.6-1 Změna povrchového odtoku a objemů povodňové vlny před klimatickou změnou (N20, N50, N100)

ID Povodí	Před návrhem			Po návrhu			Před návrhem			Po návrhu		
	N20	N50	N100	N20	N50	N100	N20	N50	N100	N20	N50	N100
	$W_{PVT} [10^3.m^3]$			$W_{PVT} [10^3.m^3]$			$Q_{max} [m^3.s^{-1}]$			$Q_{max} [m^3.s^{-1}]$		
P1	1,59	1,84	2,09	1,33	1,5	1,63	0,68	0,93	1,13	0,45	0,59	0,72
P2a	0,94	1,06	1,15	0,94	1,06	1,14	0,38	0,48	0,60	0,39	0,50	0,58
P2b	1,49	1,67	1,82	1,49	1,67	1,82	0,38	0,48	0,57	0,38	0,48	0,57
P3	1,28	1,47	1,63	1,26	1,45	1,59	0,25	0,32	0,39	0,24	0,32	0,39
P4	0,63	0,72	0,79	0,60	0,69	0,76	0,49	0,59	0,70	0,41	0,54	0,65
P5	1,34	1,56	1,73	1,1	1,26	1,37	0,49	0,62	0,77	0,30	0,40	0,48
P6	2,13	2,54	2,85	1,8	2,1	2,34	0,80	1,11	1,4	0,58	0,78	0,95
P7	7,95	9,07	9,91	3,83	4,44	4,9	1,28	1,73	2,11	0,96	1,31	1,61
P8	0,40	0,44	0,48	0,38	0,43	0,47	0,20	0,26	0,31	0,20	0,26	0,3

7 VLIV KLIMATICKÉ ZMĚNY

U komplexních pozemkových úprav jsou často navrhovány prvky, jejichž funkce je ovlivňována hydroklimatickými podmínkami. V budoucnu se tyto podmínky mohou v důsledku globální změny klimatu měnit. Kromě zvyšování teploty související s větším výparem se mění i charakteristiky srážek a celá hydrologická bilance povodí. (17)

Účinnost opatření je podmíněná klimatickou změnou, a tak by se nově pozměněné charakteristiky měly brát v úvahu při návrhu opatření. (17)

Pro dimenzování se konkrétně jedná o změnu čtyř skupin veličin:

- dlouhodobé klimatické (teplota, srážky, klimatická bilance, vlhkost půdy),
- srážkové extrémy (n-leté hodinové a vícehodinové srážkové extrémy, erozivita deště),
- hydrologické (m-denní vody, dlouhodobé průtoky),
- vodohospodářské (závlahová potřeba). (17)

7.1 ZMĚNA N-LETÝCH SRÁŽEK

Odhad změn N-letých srážek je založen na hodinových simulacích klimatických modelů (6, 12 a 24). Z časové řady byla pro každý pixel vybrána roční maxima, která sloužila jako vstup do regionální frekvenční analýzy (RFA). Její předpoklad je, že hodnoty v každé oblasti mohou být předem normovány tak, že rozdělení normovaných hodnot je v dané oblasti stejné. Normovací faktor, který je určen pro jednotlivé oblasti je označován jako index-flood. Přednostně bylo uvažováno, že úhrny v jednotlivých regionech lze popsat pomocí zobecněného rozdělení extrémních hodnot (GEV). To je velmi používáno pro srážkové extrémy a pro subdenní simulace RCM modelů. (17)

Po dosažení pravděpodobnosti pro jednotlivé doby opakování (2, 5, 10, 20, 50, 100 let) do GEV, byla získána procentuální změna N-letých úhrnů. Pro interpolaci srážek byl využit mixed-effects model. (17)

Navýšení srážkových extrémů pro KÚ Lukavec jsou uvedeny v tabulce (Tab. 7.1-1). Tyto změny vedly k navýšení parametrů pro návrh průlehlů.

Tab. 7.1-1 Změny srážkových extrémů

Doba opakování – N	5	10	20	50	100
Procentuální změna [%]	14	14,9	16	17,4	18,5

7.2 ZMĚNA R FAKTORU

R faktor na menších povodích byl odvozený pro regionální klimatický model (RCM) a kontrolní i budoucí klima. Byly vyhodnoceny jeho relativní změny. Ne všechny modely mají stejné rozlišení. Modely se stejným rozlišením nejsou na společné výpočtové síti nebo prostorová informace o změnách R faktoru je potřebná v menším měřítku, proto byl k postprocessingu použitý lineární mixed-effects model (LME). Tento model umožňuje interpolaci a rozkládá nejistoty okrajových podmínek (koncentrace skleníkových plynů) volbou klimatického modelu a přirozenou variabilitu. (17)

LME model se skládá z pevných faktorů jako jsou nadmořská výška, zeměpisná šířka a délka, teplota, radiační působení skleníkových plynů a části popisující variabilitu (vliv použitého regionálního modelu, vliv řídicího regionálního modelu, vliv přirozené variability). (17)

Nejlepší model byl formulován:

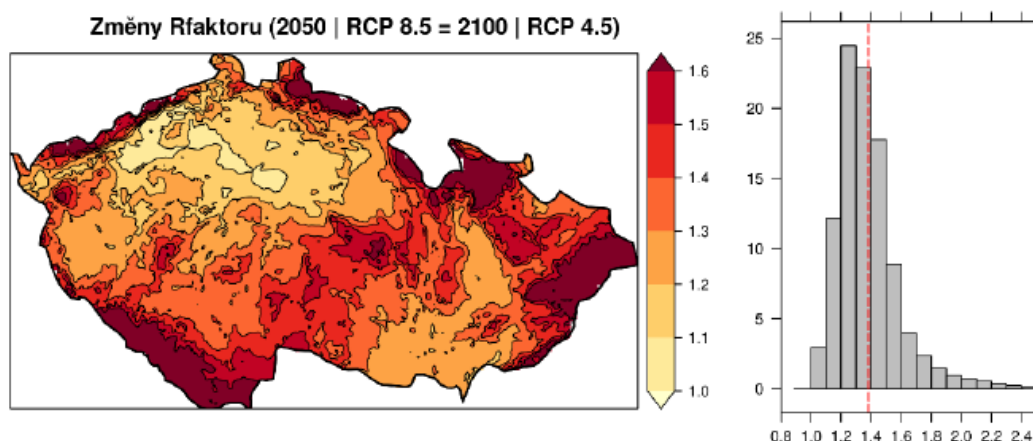
$$\log dR = \text{nadm. výška} + \text{lon} + \text{Rfaktor} + \text{FORCING} \quad (11)$$

Logaritmus relativních změn R faktoru je závislý na nadmořské výšce, zeměpisné délce, R faktoru pro kontrolní období a radiačním působením. (17)

Náhodná část modelu popisující rozptyl je definována jako:

$$\text{var}(e) = \text{GCM} \cdot \text{RCP}^{-1} \cdot \text{RCM}^{-1} \cdot \text{RUN}^{-1} \quad (12)$$

Rozptyl odchylek od výše uvedené rovnice je lineárně závislý na velikosti radiačního působení. Intenzita závislosti je různá pro jiné regionální (RCM) a globální (GCM) klimatické modely, koncentrace skleníkových plynů (RCP) a členy souboru simulací jednotlivého modelu (RUN). (17)



Obr. 30 Relativní změny R faktoru pro RCP4.5 a horizonty 2100 a zároveň RCP8.5 a horizont 2050

Protierozní prvky navrhované k současnému klimatu nebo klimatu 2050 jsou pro horizont 2100 nedostatečné. Tento horizont se může zdát jako příliš vzdálený s nejistým odhadem a předimenzovanými opatřeními. Proto logickým uvažováním je využití změn R faktoru pro RCP 8.5 pro 2050, které jsou zároveň změnami RCP4.5 pro 2100 (Obr. 30). (17)

Z hlediska praxe jsou jednotlivé rastry vnímány negativně, protože se zvyšuje počet řešení. Nakonec je stejně potřeba dimenzovat prvky jedním konkrétním způsobem. (17)

Pro mnou zkoumané území, spadající do povodí Husího potoka (od pramene po ústí do toku Odry), se hodnota R faktoru zvýšila koeficientem 1,48. Tedy z původní hodnoty $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ na $59,28 \text{ MJ} \cdot \text{ha} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

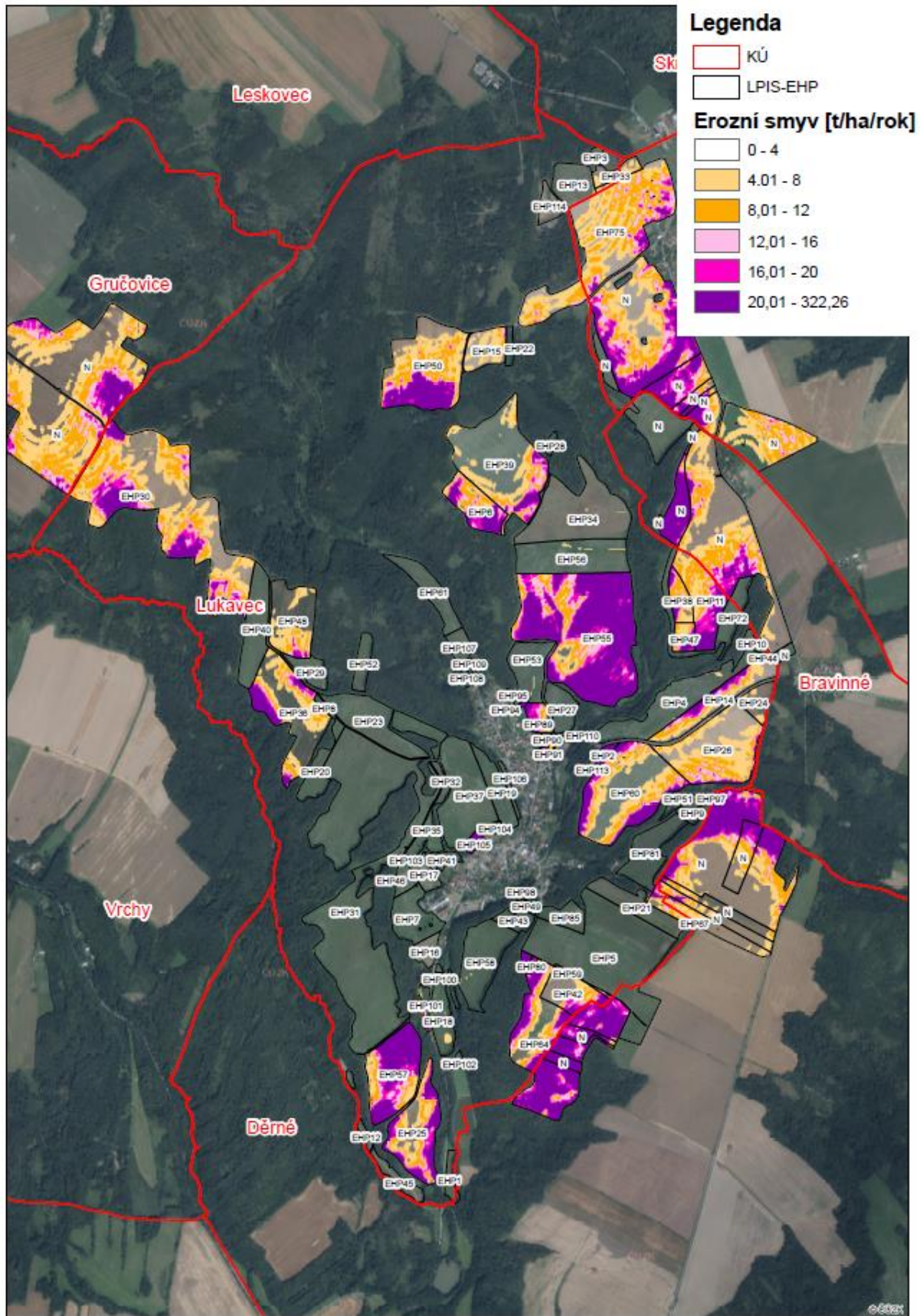
7.3 VÝPOČET EROZNÍHO SMYVU SE ZAVEDENÍM KLIMATICKÉ ZMĚNY

Níže je uveden opětovný výpočet erozního smyvu za pomoci rastrové kalkulačky s pozměněným R faktorem klimatickou změnou. Výsledky na jednotlivých EHP jsou k nahlédnutí v tabulce (Tab. 7.3-1) a míra ohrožení je znázorněna v mapě erozního smyvu po klimatické změně (Obr. 31).

Tab. 7.3-1 Vyhodnocení erozního smyvu před návrhem (R=59,28) pro EHP nad 2 ha

EHP	Plocha	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ
	[m ²]	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
		[%]						
EHP4	84325	98,81	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27
EHP5	221200	99,82	0,00	0,00	0,00	0,05	0,14	0,53
EHP6	43925	2,62	13,89	19,92	14,00	14,85	34,72	18,55
EHP7	41125	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
EHP11	61100	1,88	23,45	24,02	10,68	12,56	27,41	15,68
EHP13	32875	99,09	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23
EHP14	56900	23,33	27,59	17,14	10,54	7,78	13,62	10,50
EHP15	32425	34,70	52,51	10,33	1,70	0,54	0,23	5,30
EHP18	28100	91,99	6,58	0,53	0,18	0,09	0,62	2,32
EHP19	31975	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09
EHP20	24075	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
EHP21	40875	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71
EHP23	82150	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
EHP25	82500	12,24	23,27	15,94	10,18	10,27	28,09	16,47
EHP26	119700	30,18	41,42	17,96	7,21	1,55	1,69	6,75
EHP27	23900	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
EHP30	304100	25,12	27,52	18,74	9,94	6,75	11,92	10,45
EHP31	386825	99,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43
EHP34	118575	99,75	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95
EHP36	112850	38,46	26,83	11,65	5,65	3,70	13,71	11,32
EHP37	93725	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
EHP38	20750	5,06	23,61	27,11	13,86	10,00	20,36	14,94
EHP39	158175	57,67	20,67	6,37	6,56	3,56	5,17	6,11
EHP40	54425	99,49	0,23	0,09	0,18	0,00	0,00	0,20
EHP42	38600	44,17	20,08	11,40	6,87	5,89	11,59	8,25
EHP48	67175	52,70	31,97	8,41	3,39	1,90	1,64	4,77
EHP50	132400	18,66	25,49	19,64	5,95	4,14	26,13	17,45
EHP53	40700	98,77	0,98	0,00	0,00	0,00	0,25	0,84
EHP55	279250	1,09	3,84	8,46	12,18	10,24	64,19	30,96
EHP56	81300	97,23	2,28	0,03	0,03	0,09	0,34	1,03
EHP57	87025	1,47	10,63	8,93	11,15	11,49	56,33	29,63
EHP58	71275	99,02	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60

EHP	Plocha	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ
	[m ²]	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
		[%]						
EHP60	149800	32,08	24,87	15,70	7,58	4,36	15,42	12,28
EHP61	34625	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
EHP64	183450	9,43	7,73	7,09	9,40	10,83	55,52	26,03
EHP67	39725	46,38	32,03	10,01	4,66	2,01	4,91	7,61
EHP72	45400	98,62	0,61	0,00	0,00	0,00	0,77	1,61
EHP75	210325	15,79	38,83	27,89	10,83	4,14	2,53	8,35
EHP81	48350	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96



Obr. 31 Mapa eroziho smyvu po klimatické změně

Po vyhodnocení erozního smyvu před a po klimatické změně, je možné porovnat kolik procent ohrožené půdy přibylo vlivem klimatických změn. Tuto přeměnu vyjadřuje tabulka (Tab. 7.3-2), která porovnává míry neohrožených a ohrožených ploch a jejich zhoršení v závislosti na klimatické změně.

Tab. 7.3-2 Plošné a procentuální vyjádření změn před a po klimatické změně

			NEOHROŽENÁ	OHROŽENÁ				
Před klimatickou změnou, před návrhem		EHP	průměrná ztráta půdy G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem					
		Celkem	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20
Plocha	[m ²]	4149225	2659550	574350	279200	191200	125600	319325
Proc. vyjádření	[%]	100	64,10	13,84	6,73	4,61	3,03	7,70
Po klimatické změně, před návrhem		EHP	průměrná ztráta půdy G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem					
		Celkem	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20
Plocha	[m ²]	4149350	2381925	529950	331100	200175	151000	555200
Proc. vyjádření	[%]	100	57,41	12,77	7,98	4,82	3,64	13,38

Pro lepší pochopení výsledků se vytvořila zjednodušená a přehledná tabulka (Tab. 7.3-3), ze které je zřejmý procentuální nárůst.

Tab. 7.3-3 Nárůst ohrožené plochy před a po klimatické změně

Neohrožená	Před R	[m ²]	2659550	[m ²]	[%]
		[%]	64,10		
	Po R	[m ²]	2381925	277625	6,69
		[%]	57,41		
Ohrožená	Před R	[m ²]	1489675	[m ²]	[%]
		[%]	35,90		
	Po R	[m ²]	1767425	277750	6,69
		[%]	42,60		

Po tomto výpočtu jde z tabulky (Tab. 7.3-3) vyčíst, že v KÚ Lukavec přibylo 6,69 % ohrožené půdy vlivem klimatické změny (nárůst R faktoru) oproti stavu před klimatickou změnou.

7.4 NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ PO KLIMATICKÉ ZMĚNĚ

Pro návrh opatření se opět použily stejné technologie jako při návrhu před klimatickou změnou (VENP, TTP, AGT atd.). Vlivem navýšení R faktoru, a tedy i množství ohrožené půdy, vyžadují tato opatření více prostoru – viz tabulka níže (Tab. 7.4-3). Při návrhu průlehu se uvažovalo s větším úhrnem srážek v závislosti na klimatických změnách (Tab. 7.4-1), díky tomuto dojde k navýšení parametrů jednotlivých průlehu viz tabulka níže (Tab. 7.4-2).

Tab. 7.4-1 Navýšení úhrnu srážek před a po klimatické změně

Maximální srážkový úhrn	Před R	Po R
	[mm]	[mm]
H _{1d5}	51,2	58,36
H _{1d10}	58,6	67,33
H _{1d20}	66,3	76,91
H _{1d50}	75,8	88,99
H _{1d100}	83,2	98,59

Tab. 7.4-2 Parametry a výpočet jednotlivých průlehů

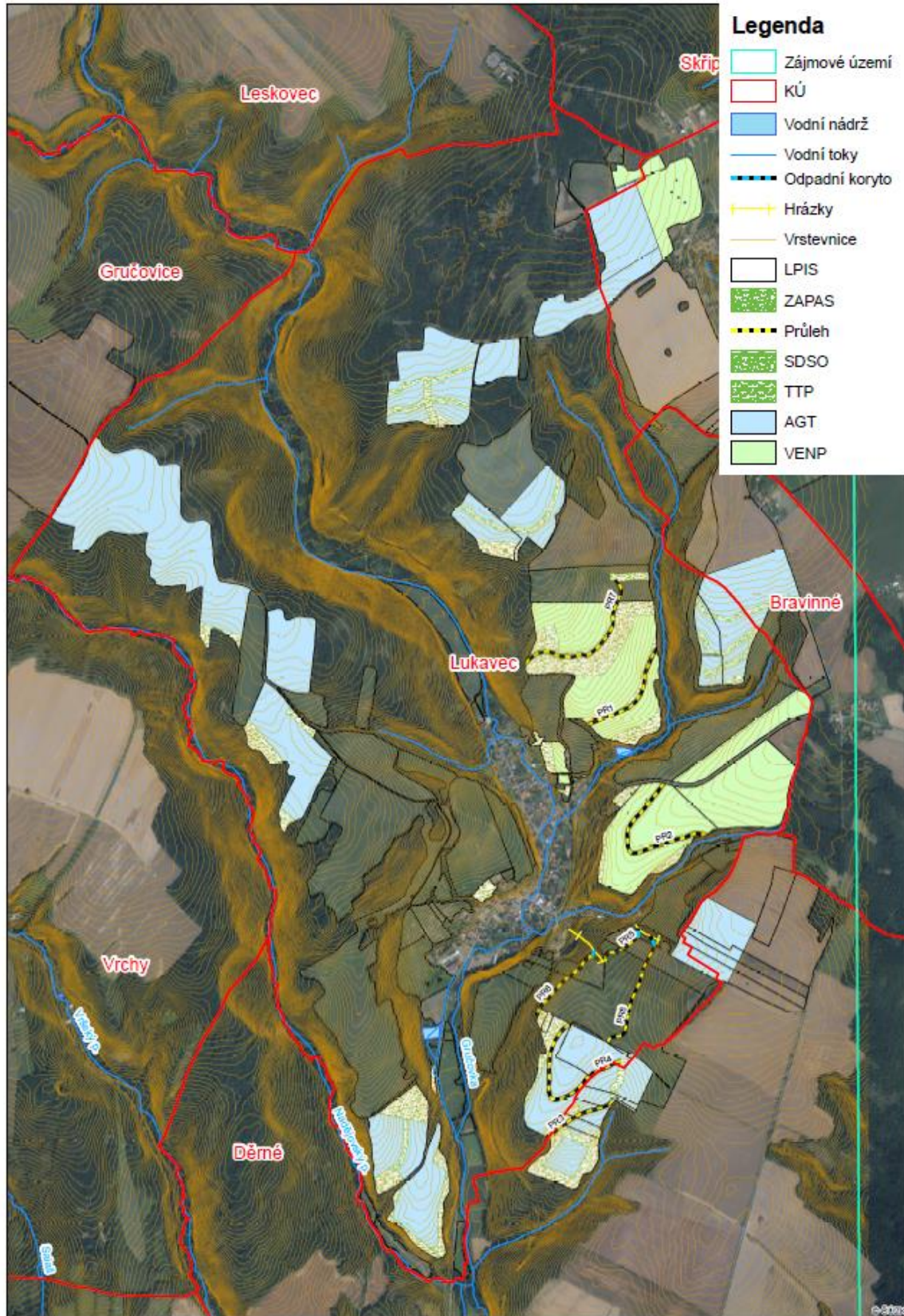
NÁVRH		PARAMETRY					VÝPOČET							
#	Q _{max}	B	b	m _D	m _H	h	F	O	R	n	c	i	v	Q _v
svodné	[m ³ .s ⁻¹]	[m]	[m]	[-]	[-]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m ^{0,5} .s ⁻¹]	[-]	[m.s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]
PR1	1,22	4,45	0,45	3,00	5,00	0,50	1,23	4,58	0,27	0,03	21,21	0,01	1,10	1,35
PR3	0,59	2,90	0,50	2,00	4,00	0,40	0,68	3,04	0,22	0,03	20,06	0,01	0,94	0,64
PR4	0,81	3,65	0,50	3,00	4,00	0,45	0,93	3,78	0,25	0,03	20,77	0,01	1,04	0,97
PR7	1,40	5,00	0,50	4,00	5,00	0,50	1,38	5,11	0,27	0,03	21,21	0,01	1,10	1,52
#	V _{max}	B	b	m _D	m _H	h	F	O	L	V _v				
zasakovací	[m ³]	[m]	[m]	[-]	[-]	[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ³]				
PR2	4300	18,00	1,00	7,00	10,00	1,00	9,50	18,12	714	6783				
PR5	665	10,90	1,00	5,00	6,00	0,90	5,36	11,06	196	1051				
PR6	1560	12,00	1,00	5,00	6,00	1,00	6,50	12,18	374	2431				
PR8	3490	16,00	5,00	5,00	6,00	1,00	10,50	16,18	500	5250				

Po návrhu nových opatření je z mapy (Obr. 32) zřejmé, že nároky na ochranu půdy stouply a tím i plocha opatření. Díky tomu se porovná o kolik více hektarů je potřeba ohroženou půdu chránit. Z tabulky níže (Tab. 7.4-3) lze tato změna vyčíst.

Tab. 7.4-3 Navýšení plošného zastoupení opatření vlivem klimatické změny

	před změnou R	po změně R	plocha zemědělské půdy [ha]
AGT	103,69	131,69	
VENP	60,07	58,25	
TTP	23,31	30,17	
SDSO	1,16	1,68	
ZAPAS	3,29	5,77	
Průleh	0,79	6,43	
Celkem	192,31	234,00	
procentuální zastoupení			
%			
	34,54	42,02	

Výsledkem tabulky výše (Tab. 7.4-3) je zvýšení záboru zemědělské plochy po nově navrženém opatření z celkové zemědělské plochy. Tato reakce na klimatickou změnu činí 41,69 ha, tedy 7 % nově zabrané půdy.



Obr. 32 Celková situace navržených opatření po klimatické změně

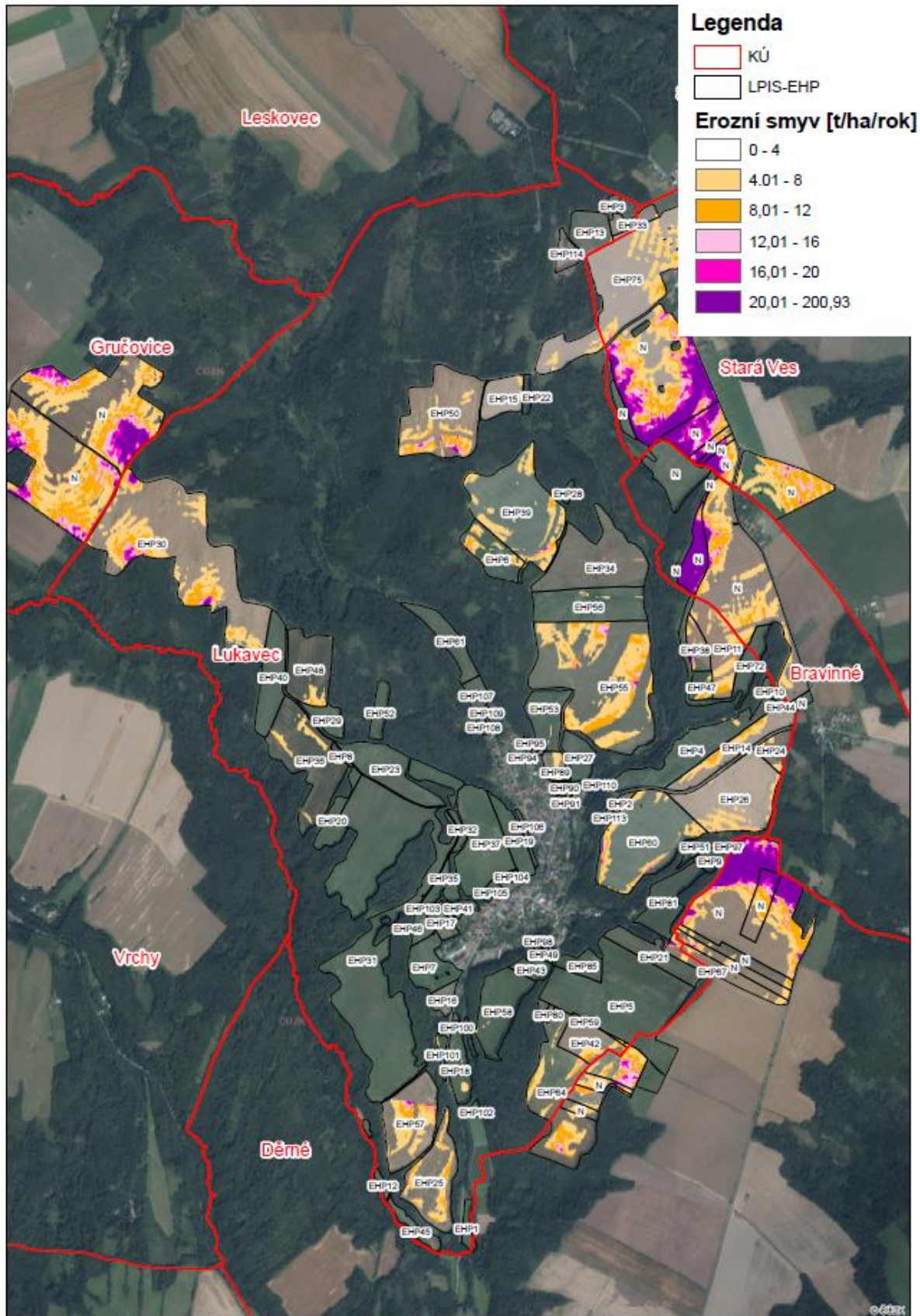
7.5 VÝPOČET EROZE PO NOVÉM NÁVRHU PEO A KLIMATICKÉ ZMĚNĚ

Provedením závěrečného výpočtu erozního smyvu po návrhu a klimatické změně, se zjistila účinnost opatření. Z toho vznikla mapa erozního smyvu v reakci na návrh a zhoršených klimatických podmínek (Obr. 33) Vhodně navrženým opatřením se úspěšně snížil erozní smyv pod $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Tuto tvrzení se může ověřit v tabulce níže (Tab. 7.5-1). V ní se porovná stav před a po návrhu.

Tab. 7.5-1 Vyhodnocení erozního smyvu po návrhu (R=59,28) pro EHP nad 2 ha

EHP	Plocha [m ²]	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	G po návrhu PSZ [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
		0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20		
		[%]							
EHP4	84325	98,81	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	1,28
EHP5	221200	99,82	0,00	0,00	0,00	0,05	0,14	0,53	0,37
EHP6	43925	2,62	13,89	19,92	14,00	14,85	34,72	18,55	3,35
EHP7	41125	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,75
EHP11	61100	1,88	23,45	24,02	10,68	12,56	27,41	15,68	3,60
EHP13	32875	99,09	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	1,22
EHP14	56900	23,33	27,59	17,14	10,54	7,78	13,62	10,50	3,26
EHP15	32425	34,70	52,51	10,33	1,70	0,54	0,23	5,30	2,08
EHP18	28100	91,99	6,58	0,53	0,18	0,09	0,62	2,32	2,42
EHP19	31975	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09	1,09
EHP20	24075	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16
EHP21	40875	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,41
EHP23	82150	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,75
EHP25	82500	12,24	23,27	15,94	10,18	10,27	28,09	16,47	3,26
EHP26	119700	30,18	41,42	17,96	7,21	1,55	1,69	6,75	2,65
EHP27	23900	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,49
EHP30	304100	25,12	27,52	18,74	9,94	6,75	11,92	10,45	3,90
EHP31	386825	99,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,43
EHP34	118575	99,75	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,95
EHP36	112850	38,46	26,83	11,65	5,65	3,70	13,71	11,32	1,85
EHP37	93725	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80
EHP38	20750	5,06	23,61	27,11	13,86	10,00	20,36	14,94	3,68
EHP39	158175	57,67	20,67	6,37	6,56	3,56	5,17	6,11	2,88
EHP40	54425	99,49	0,23	0,09	0,18	0,00	0,00	0,20	0,15
EHP42	38600	44,17	20,08	11,40	6,87	5,89	11,59	8,25	2,60
EHP48	67175	52,70	31,97	8,41	3,39	1,90	1,64	4,77	1,88
EHP50	132400	18,66	25,49	19,64	5,95	4,14	26,13	17,45	3,40
EHP53	40700	98,77	0,98	0,00	0,00	0,00	0,25	0,84	0,71
EHP55	279250	1,09	3,84	8,46	12,18	10,24	64,19	30,96	3,78
EHP56	81300	97,23	2,28	0,03	0,03	0,09	0,34	1,03	0,81
EHP57	87025	1,47	10,63	8,93	11,15	11,49	56,33	29,63	3,80
EHP58	71275	99,02	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,61
EHP60	149800	32,08	24,87	15,70	7,58	4,36	15,42	12,28	2,59
EHP61	34625	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07

EHP	Plocha	procentní podíl intervalu hodnot G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] před návrhem						G před návrhem PSZ	G po návrhu PSZ
	[m ²]	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	[t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
		[%]							
EHP64	183450	9,43	7,73	7,09	9,40	10,83	55,52	26,03	3,95
EHP67	39725	46,38	32,03	10,01	4,66	2,01	4,91	7,61	3,74
EHP72	45400	98,62	0,61	0,00	0,00	0,00	0,77	1,61	1,35
EHP75	210325	15,79	38,83	27,89	10,83	4,14	2,53	8,35	3,27
EHP81	48350	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,97



Obr. 33 Mapa erozního smyvu po návrhu opatření a klimatické změně

Je jasné, že zhoršením klimatických podmínek se dostane více neohrožené půdy do kategorie ohrožené. Množství změn vyjadřuje tabulka (Tab. 7.5-2). V ní lze vidět, že stará opatření nejsou vyhovující pro zhoršující se situaci. To má za následek větší množství ploch potřebné k návrhu opatření.

Tab. 7.5-2 Plošné a procentuální vyjádření změn před a po klimatické změně a po PO

Před klimatickou změnou, po návrhu		EHP	průměrná ztráta půdy G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] po návrhu					
		Celkem	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20
Plocha	m ²	4156500	3548900	461100	102650	26625	10875	6350
Proc. vyjádření	%	100	85,38	11,09	2,47	0,64	0,26	0,15
Po klimatické změně, návrh jako před změnou		EHP	průměrná ztráta půdy G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹] po návrhu původního opatření					
		Celkem	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	>20
Plocha	m ²	4156500	3190775	601950	222050	79500	31850	30375
Proc. vyjádření	%	100	76,90	14,51	5,35	1,92	0,77	0,73

Toto tvrzení dokazuje následující tabulka (Tab. 7.5-3), která vyjadřuje procentuální nárůst ohrožené plochy před a po klimatické změně při uvažování stejného návrhu opatření.

Tab. 7.5-3 Nárůst ohrožené plochy po PEO a klimatické změně

Neohrožená	Před R	[m ²]	3548900	[m ²]	
		[%]	85,38		
	Po R	[m ²]	3190775	358125	8,48
		[%]	76,90		
Ohrožená	Před R	[m ²]	607600	[m ²]	
		[%]	14,62		
	Po R	[m ²]	965725	358125	8,66
		[%]	23,27		

Z předchozí tabulky (Tab. 7.5-3) vyplývá, že užitím stejných opatření jako před klimatickou změnou došlo k nárůstu ohrožené půdy o 8,6 %.

7.6 ZMĚNA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PO NÁVRHU A KLIMATICKÉ ZMĚNĚ

V tabulce níže (Tab. 7.6-1) lze pozorovat zmenšení povodňových vln vlivem nově navržených opatření. Větší množství opatření, které bylo v důsledku přizpůsobení se klimatickým změnám, způsobilo zmenšení velikosti povodňových vln.

Tab. 7.6-1 Porovnání objemů povodňových vln (N20, N50, N100)

ID Povodí	Před návrhem PEO bez klimatické změny			Po návrhu PEO bez klimatické změny			Po návrhu PEO s klimatickou změnou		
	N20	N50	N100	N20	N50	N100	N20	N50	N100
	W _{PVT} [10 ³ .m ³]			W _{PVT} [10 ³ .m ³]			W _{PVT} [10 ³ .m ³]		
P1	1,59	1,84	2,09	1,33	1,50	1,63	1,26	1,42	1,54
P2a	0,94	1,06	1,15	0,94	1,06	1,14	0,94	1,06	1,14
P2b	1,49	1,67	1,82	1,49	1,67	1,82	1,49	1,67	1,82

ID Povodí	Před návrhem PEO bez klimatické změny			Po návrhu PEO bez klimatické změny			Po návrhu PEO s klimatickou změnou		
	N20	N50	N100	N20	N50	N100	N20	N50	N100
	W _{PVT} [10 ³ .m ³]			W _{PVT} [10 ³ .m ³]			W _{PVT} [10 ³ .m ³]		
P3	1,28	1,47	1,63	1,26	1,45	1,59	1,24	1,43	1,56
P4	0,63	0,72	0,79	0,60	0,69	0,76	0,58	0,66	0,72
P5	1,34	1,56	1,73	1,10	1,26	1,37	1,09	1,24	1,35
P6	2,13	2,54	2,85	1,80	2,10	2,34	1,73	2,01	2,23
P7	7,95	9,07	9,91	3,83	4,44	4,90	3,72	4,31	4,74
P8	0,40	0,45	0,49	0,39	0,44	0,47	0,38	0,42	0,46

Došlo také ke zmírnění velikosti průtoku povrchového odtoku v kritických profilech viz následující tabulka (Tab. 7.6-2). Ve všech případech se jedná o zmenšení povrchového odtoku o zlepšení ochrany obce.

Tab. 7.6-2 Porovnání změn průtoků povrchového odtoku (N20, N50, N100)

ID Povodí	Před návrhem PEO bez klimatické změny			Po návrhu PEO bez klimatické změny			Po návrhu PEO s klimatickou změnou		
	N20	N50	N100	N20	N50	N100	N20	N50	N100
	Q _{max} [m ³ .s ⁻¹]			Q _{max} [m ³ .s ⁻¹]			Q _{max} [m ³ .s ⁻¹]		
P1	0,68	0,93	1,13	0,45	0,59	0,72	0,39	0,50	0,60
P2a	0,39	0,50	0,60	0,39	0,50	0,58	0,39	0,50	0,58
P2b	0,38	0,48	0,57	0,38	0,48	0,57	0,38	0,48	0,57
P3	0,25	0,32	0,39	0,24	0,32	0,39	0,23	0,31	0,37
P4	0,45	0,59	0,70	0,41	0,54	0,65	0,39	0,50	0,60
P5	0,45	0,62	0,77	0,30	0,40	0,48	0,29	0,38	0,46
P6	0,81	1,11	1,40	0,58	0,78	0,95	0,53	0,71	0,87
P7	1,28	1,73	2,11	0,96	1,31	1,61	0,90	1,23	1,50
P8	0,21	0,26	0,31	0,20	0,26	0,30	0,19	0,24	0,29

8 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byla provedena analýza na území obce Lukavec (místní část města Fulnek, okres Nový Jičín v Moravskoslezském kraji), která spočívala v zjištění ohroženosti erozí a odtokových poměrů daného území. Obec se potýkala s bleskovými povodněmi a smyvem ornice až do středu obce – tato situace byla ohlášena příslušným orgánům (Státní pozemkový úřad). Během bližšího průzkumu terénu byly získány informace od místních obyvatel, které vedly k určení dalších ohrožených oblastí.

V teoretické části jsou popsány metody, pomocí kterých se získal vhodný návrh opatření. Pro ověření návrhu opatření byly použity výpočtový program Excel a ArcGIS. Excel sloužil k výpočtu parametrů průlehů, zpracování dat erozních a odtokových poměrů. K identifikaci kritických profilů, analýze erozních a odtokových poměrů v podobě map a rastrů bylo použito prostředí ArcGIS.

Výsledek práce spočívá v provedení návrhu protierozní a protipovodňových opatření na aktuální stav i pro stav uvažující klimatickou změnu v KÚ Lukavec. Pro identifikované ohrožené oblasti byly vhodně navrženy zasakovací průlehy, které pro realizaci potřebují ověřit svou kapacitu hydrotechnickými výpočty.

Práce také poukazuje na budoucí problém změn klimatu a jeho dopad na ohrožitelnost půdy a odtokových poměrů. Z analýzy vyplývá, že s intenzivnějšími srážkami se budou zvyšovat nebezpečí spojená s většími povodňovými vlnami a povrchovým odtokem, proto se budou zvyšovat nároky na opatření.

Ze závěru plyne, že stanovené cíle diplomové práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) Počet obyvatel v obcích - k 1.1.2020. *Český statistický úřad* [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-k-112019>
- (2) Lukavec (Fulnek). *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Lukavec_\(Fulnek\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Lukavec_(Fulnek))
- (3) Lukavec. *Fulnek - Oficiální web města* [online]. Fulnek: WEBHOUSE, 2011 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <http://www.fulnek.cz/lukavec/d-1344>
- (4) Územní plán Fulnek. *Fulnek - Oficiální web města* [online]. Fulnek: WEBHOUSE, s.r.o, 2011 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: http://fulnek.cz/assets/File.ashx?id_org=3544&id_dokumenty=3679
- (5) Prohlížečská služba Esri ArcGIS Server - Geomorfologické jednotky ČR – 1998. *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 1998 [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/arcgis/rest/services/GeomorfologickeJednotky/MapServer?f=jsapi>
- (6) DEMEK, Jaromír, Peter MACKOVČIN, Břetislav BALATKA, Antonín BUČEK, Petra CIBULKOVÁ, Martin CULEK, Petr ČERMÁK, Daniel DOBIÁŠ, Marek HAVLÍČEK, Mojmír HRÁDEK, Karel KIRCHNER, Jan LACINA, Tomáš PÁNEK, Petr SLAVÍK a Jaroslav VAŠÁTKO. *Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČR. 2. upravené vydání*. Brno: MŽP ČR, 2006. 582 s. Zeměpisný lexikon ČR, 2. upravené vydání. ISBN 80-86064-99-9.
- (7) Quitt, Evžen a Geografický ústav ČSAV. *Klimatické Oblasti Československa =: Climatic Regions of Czechoslovakia*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971.
- (8) BOKR, Pavel. Podrobná geologická mapa 1 : 50 000 - místní geologické poměry. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2021-5-27]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/?center=-497400%2C-1108600%2C102067&level=8>
- (9) CULEK, Martin. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2005. ISBN 80-860-6482-4.
- (10) *Lukavec.info* [online]. Lukavec: Radmila a Jan Hadaščokovi, 2006 [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: <http://www.lukavec.info/>
- (11) Půdní mapy. *Česká geologická služba* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2002 [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- (12) SOBOTKOVÁ, Veronika, František PAVLÍK, Jana UHROVÁ a Miroslav DUMBROVSKÝ. *Vyhodnocení dopadů povodní na krajinu a životní prostředí: Dílčí zpráva*. [online]. In: . Brno: ČHMÚ, VUT FAST, 2009 [cit. 2021-8-5]. Dostupné z: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/08.pdf>
- (13) Monitoring eroze. *VÚMOP Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy* [online]. Praha: VÚMOP, 2007, Brno [cit. 2021-8-5]. Dostupné z:

<https://me.vumop.cz/app/2465/?zoom=9&er=-497154.51579942723,-1108068.1918407332>

- (14) JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN ISBN978-80-87415-42-9.
- (15) HRUBÝ, Martin. *Geografické informační systémy: GIS*. Brno: Fakulta informačních technologií, 2008.
- (16) HRÁDEK, František a Karel KUŘÍK. *Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q*. Praha: Credit, [2001]. ISBN isbn80-213-0782-x.
- (17) HANEL, Martin, Filip STRNAD, Petr SKLENIČKA, et al. *Studie klimatických charakteristik pro účely dimenzování prvků PSZ a posouzení projektových dokumentací pro realizaci vodohospodářských staveb*. Česká zemědělská univerzita v Praze Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. Šindlar Group, s.r.o., 2021.
- (18) *Metodický návod pro identifikaci KB* [online]. Praha: VÚV T.G.M., 2009 [cit. 2022-01-12]. Dostupné z: https://www.povis.cz/mzp/KB_metodicky_navod_identifikace.pdf
- (19) *Technická protierozní opatření hrazení bystrin a strží* [online]. Praha: VÚMOP, v.v.i., FŽP ČZU Praha, 2014 [cit. 2022-01-13]. Dostupné z: <http://www.cmkp.cz/upload/files/Methodika%20HBS.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1 ÚZEMÍ OBCE NA PŘEHLEDNÉ MAPĚ (MAPY.CZ)	2
OBR. 2 POLOHA OBCE V ČR (MAPY.CZ).....	2
OBR. 3 FOTO ZANESENÍ OBCE Č.1 (LUKAVEC, FOTO P. MAŠTALÍŘOVÁ, VII/2020)	3
OBR. 4 FOTO ZANESENÍ OBCE Č.2 (LUKAVEC, FOTO P. MAŠTALÍŘOVÁ, VII/2020)	3
OBR. 5 SMYV ORNICE PO BOUŘCE (LUKAVEC, FOTO P. MAŠTALÍŘOVÁ, VII/2020)	4
OBR. 6 KRITICKÁ MÍSTA IDENTIFIKOVANÁ MÍSTNÍMI OBYVATELI	5
OBR. 7 MAPA HYDROLOGICKÝCH POMĚRŮ.....	6
OBR. 8 POTOK GRUČOVKA PROTÉKAJÍCÍ OBCÍ LUKAVEC, Ř.KM 5,400 (LUKAVEC, FOTO V. MRÁZEK, VI/2021) .	7
OBR. 9 HORNÍ RYBNÍK (TOURMAPY.CZ)	7
OBR. 10 PROSTŘEDNÍ RYBNÍK S BAŽINOU (LUKAVEC, FOTO V. MRÁZEK, VI/2021)	8
OBR. 11 PROSTŘEDNÍ RYBNÍK A KOMPLEX RYBNÍKŮ (TOURMAPY.CZ)	8
OBR. 12 MAPA S VYZNAČENÝMI STUDÁNKAMI NA „ZA CVIBÍM“ (MAPY.CZ)	9
OBR. 13 PEDOLOGICKÁ MAPA – KÚ LUKAVEC (11)	10
OBR. 14 ROZBOR PEDOLOGICKÝCH POMĚRŮ Z MAPY BPEJ – MAPA HPJ	13
OBR. 15 GRAF ZASTOUPENÍ HPJ V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ	14
OBR. 16 ROZBOR HYDROPEDOLOGICKÝCH POMĚRŮ Z MAPY BPEJ – MAPA HSP	15
OBR. 17 GEOMORFOLOGICKÉ UMÍSTĚNÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ (5)	16
OBR. 18 ROZBOR SKLONITOSTNÍCH POMĚRŮ	17
OBR. 19 GEOLOGICKÁ MAPA – KÚ LUKAVEC (8)	18
OBR. 20 VYUŽITÍ POZEMKŮ V KÚ LUKAVEC	19
OBR. 21 MAPA VEGETAČNÍHO POKRYVU	20
OBR. 22 NOMOGRAM PRO URČENÍ FAKTORU K	23
OBR. 23 MAPA K FAKTORU	25
OBR. 24 MAPA LS FAKTORU	27
OBR. 25 MAPA EROZNÍHO SMYVU	31
OBR. 26 SITUACE DÍLČÍCH POVODÍ	35
OBR. 27 VZOROVÝ ŘEZ ZASAKOVACÍM PRŮLEHEM	40

OBR. 28 CELKOVÁ SITUACE NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ PŘED KLIMATICKOU ZMĚNOU	42
OBR. 29 MAPA EROZNÍHO SMYVU PO NÁVRHU OPATŘENÍ PŘED KLIMATICKOU ZMĚNOU	45
OBR. 30 RELATIVNÍ ZMĚNY R FAKTORU PRO RCP4.5 A HORIZONTY 2100 A ZÁROVEŇ RCP8.5 A HORIZONT 2050	48
OBR. 32 CELKOVÁ SITUACE NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ PO KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	54
OBR. 33 MAPA EROZNÍHO SMYVU PO NÁVRHU A KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	57

SEZNAM TABULEK

TAB. 3.3-1 KLIMATICKÉ CHARAKTERISTIKY JEDNOTEK MT9 A MT7 ZASTOUPENÝCH V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ (7)	9
TAB. 3.4-1 LEGENDA K OBRÁZKU	11
TAB. 3.5.1-1 CHARAKTERISTIKA HLAVNÍCH PŮDNÍCH JEDNOTEK ZASTOUPENÝCH VE ZKOUMANÉM ÚZEMÍ:	11
TAB. 3.7-1 LEGENDA K OBRÁZKU	19
TAB. 4.2.2-1 HODNOTY K FAKTORU PRO JEDNOTLIVÁ HPJ	23
TAB. 4.2.3-1 HODNOTY EXPONENTU ZAHRNÚJÍCÍ VLIV SKLONU SVAHU	26
TAB. 4.2.4-1 HODNOTY FAKTORU C	28
TAB. 4.3-1 VYHODNOCENÍ EROZNÍHO SMYVU PŘED NÁVRHEM (R=40) PRO EHP NAD 2 HA	29
TAB. 5.2-1 VSTUPNÍ HODNOTY PRO VÝPOČET POVRCHOVÉHO ODTOKU	34
TAB. 5.4-1 VÝSTUPNÍ HODNOTY POVRCHOVÉHO ODTOKU Z DÍLČÍCH POVODÍ	36
TAB. 6.3.1-1 PARAMETRY A VÝPOČET JEDNOTLIVÝCH PRŮLEHŮ	40
TAB. 6.4-1 VÝKAZ VÝMĚR VŠECH OPATŘENÍ	41
TAB. 6.5-1 VYHODNOCENÍ EROZNÍHO SMYVU PO NÁVRHU (R=40) PRO EHP NAD 2 HA	43
TAB. 6.6-1 ZMĚNA POVRCHOVÉHO ODTOKU A OBJEMŮ POVODŇOVÉ VLNY PŘED KLIMATICKOU ZMĚNOU (N20, N50, N100)	46
TAB. 7.1-1 ZMĚNY SRÁŽKOVÝCH EXTRÉMŮ	47
TAB. 7.3-1 VYHODNOCENÍ EROZNÍHO SMYVU PŘED NÁVRHEM (R=59,28) PRO EHP NAD 2 HA	49
TAB. 7.3-2 PLOŠNÉ A PROCENTUÁLNÍ VYJÁDŘENÍ ZMĚN PŘED A PO KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	52
TAB. 7.3-3 NÁRUST OHROŽENÉ PLOCHY PŘED A PO KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	52
TAB. 7.4-1 NAVÝŠENÍ ÚHRNU SRÁŽEK PŘED A PO KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	53
TAB. 7.4-2 PARAMETRY A VÝPOČET JEDNOTLIVÝCH PRŮLEHŮ	53
TAB. 7.4-3 NAVÝŠENÍ PLOŠNÉHO ZASTOUPENÍ OPATŘENÍ VLIVEM KLIMATICKÉ ZMĚNY	53
TAB. 7.5-1 VYHODNOCENÍ EROZNÍHO SMYVU PO NÁVRHU (R=59,28) PRO EHP NAD 2 HA	55
TAB. 7.5-2 PLOŠNÉ A PROCENTUÁLNÍ VYJÁDŘENÍ ZMĚN PŘED A PO KLIMATICKÉ ZMĚNĚ A PO PO	58
TAB. 7.5-3 NÁRUST OHROŽENÉ PLOCHY PO PEO A KLIMATICKÉ ZMĚNĚ	58
TAB. 7.6-1 POROVNÁNÍ OBJEMŮ POVODŇOVÝCH VLN (N20, N50, N100)	58
TAB. 7.6-2 POROVNÁNÍ ZMĚN PRŮTOKŮ POVRCHOVÉHO ODTOKU (N20, N50, N100)	59

SEZNAM ROVNIC

$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$	(1)	21
$R = E \cdot I30/100$	(2)	22
$100K = 2,1M1,14 \cdot 10^{-4} \cdot 12-A + 3,25 \cdot B-2 + 2,5 \cdot (C-3)$	(3)	22
$L = (L22,13)M$	(4)	26
$S = 10,8 \cdot \sin\theta + 0,03$	(5)	26
$S = 16,8 \cdot \sin\theta - 0,5$	(6)	26
$S = 0,03S1 + 0,06S2 + 0,07S3 + 0,09S4 + 0,10S5 + 0,11S6 + 0,12S7 + 0,13S8 + 0,14S9 + 0,15S10$	(7)	26
$H0 = (HS - 0,2 \cdot A)^2 HS + 0,8 \cdot A$	(8)	33
$A = 25,4 \cdot 1000CN - 10$	(9)	33
$OPH = 1000 \cdot PP \cdot H0$	(10)	33
$LOGDR = NADM. VÝŠKA + LON + RFAKTOR + FORCING$	(11)	48
$VARE = GCM \cdot RCP-1 \cdot RCM-1 \cdot RUN-1$	(12)	48

SEZNAM ZKRATEK

BPEJ	Bonitovaná půdní ekologická jednotka
HPJ	Hlavní půdní jednotka
HSP	Hydrologická skupina půd
GIS	Geografický informační systém
DMT	Digitální model terénu
EHP	Erozně hodnocená plocha
USLE	Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy (<i>Universal soil loss equation</i>)
LPIS	Identifikační systém pozemkových parcel (<i>Land parcel identification systém</i>)
KP	Kritický profil
KÚ	Katastrální území
VENP	Vymezení erozně nepříznivých plodin
AGT	Agrotechnická (opatření)
TTP	Trvalý travní porost
SDSO	Stabilizace dráhy soustředěného odtoku
ZAPAS	Zasakovací pás
CN	Curve number (<i>Číslo odtokových křivek</i>)
SCS	Soil Conservation Service (<i>Služby na ochranu půdy</i>)
ZPF	Zemědělský půdní fond
RCM	Regionální klimatický model
LME	Lineární mixed-effects model
GCM	Globální klimatický model
RCP	Koncentrace skleníkových plynů
IGP	Inženýrsko-geologický průzkum
RFA	Regionální frekvenční analýza
GEV	Rozdělení extrémních hodnot (<i>Generalized Extreme Value Distribution</i>)

SEZNAM PŘÍLOH

- A1_Mapa_erozního_smyvu_před_klimatickou_změnou
- A2_Celková_situace_navržených_opatření_před_klimatickou_změnou
- A3_Mapa_erozního_smyvu_po_návrhu_opatření_před_klimatickou_změnou
- A4_Mapa_erozního_smyvu_po_klimatické_změně
- A5_Celková_situace_navržených_opatření_po_klimatické_změně
- A6_Mapa_erozního_smyvu_po_návrhu_opatření_a_klimatické_změně