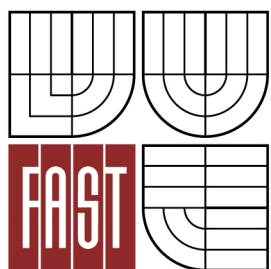




VYSOKÉ UČENÍ TECHICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

POUŽITÍ EROZNÍ POTENCIÁLNÍ METODY V ČESKÉ REPUBLICE

USING THE EROSION POTENTIAL METHOD IN CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB HLOUŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Jakub Hloušek

Název Použití erozní potenciální metody v České republice

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

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

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

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

Podklady a literatura

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček M, a kol. : Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika ČZU Praha, 2012
3. Wischmeier, W.C., Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. Washington, DC : US Department of Agriculture, 1978. str. 537.
4. Gavrilovič, Z. et al.: Torrent Classification – Base of Rational Management of Erosive Regions, 2008, doi:10.1088/1755-1307/4/1/012039
5. Gavrilović Z. -The Erosion Potential Method - Complex Methodology of Qualitative - Quantitative Classification of Erosion Processes Investigation Procedures, Mapping and Computations. Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi" – Belgrade 1990.

Zásady pro vypracování

Práce má rešeršní charakter posuzující teoretické podklady pro stanovení hodnot ztráty půdy. Bude provedeno vyhodnocení literárních pramenů řešících výpočty ztráty půdy získaných erozní potenciální metodou a metodou výpočtu ztráty půdy používanou v České republice (universální rovnice Wischmeiera-Smithe). Cílem práce je použití erozní potenciální metody na vybraném území České republiky. Budou popsány jednotlivé parametry uvedených metod. Bude provedeno vyhodnocení metod výpočtu ztráty půdy stanovené erozní potenciální metodou a stanovené metodou universální rovnice Wischmeiera-Smithe.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

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

Abstrakt

V rámci bakalářské práce bylo provedeno vyhodnocení ztráty půdy pro zájmové území nacházející se v severozápadní části povodí Němčického potoka, v okrese Blansko. Výpočet byl stanoven dvěma metodami, a to erozně potenciální metodou EPM, využívanou v Srbsku a metodou universální rovnice Wischmeiera a Smithe - USLE, využívanou pro podmínky v ČR. Nakonec byly obě tyto metody vzájemně porovnány.

Obě metody využívají jiný způsob výpočtu. Metoda USLE využívá univerzální rovnici pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy za rok (G), metoda EPM svoji rovnici pro průměrnou roční specifickou ztrátu půdy (W_{sp} , W_y). Výpočet byl u obou metod proveden v prostředí ArcGIS, přičemž u metody USLE byl ještě využit při výpočtu faktoru (LS) program USLE2D.

Při porovnání ztráty půdy na jednotlivých námi vyhodnocovaných plochách dle metod USLE a EPM bylo dosaženo vyšších hodnot ztrát půdy pomocí metody EPM a to na většině těchto ploch. Oproti metodě USLE je u EPM do celkové ztráty půdy ze zájmového území započítávána i ztráta půdy z lesních ploch.

Z hlediska přesnosti dosažených reálných výsledků bylo stanoveno, že pro podmínky v ČR je vhodnější metoda USLE a to nejen z důvodu přesnějšího zadávání dat do výpočtu, ale i tím, že se v metodě EPM nenachází žádný faktor, který by lépe zohledňoval topografický faktor a odtokové poměry v daném území.

Klíčová slova

Němčice, eroze, ztráta půdy, erozní potenciální metoda (EPM), USLE.

Preface

The aim of this thesis was the evaluation of the loss of soil for the area of interest, located in the north-western part of the Nĕmčického basin, in the district of Blansko. The calculation was made using two methods, namely erosion potential method (EPM), commonly used in Serbia and the Wischmeier-Smith universal soil loss equation (USLE), used in Czech Republic. Finally, both of these methods were compared with each other.

Both methods use a different method of calculation. USLE method utilizes the universal equation for calculating the long-term average soil loss per year (G), the EPM method utilizes equation for specific average annual soil loss (W_{sp} , W_y). The calculation was performed with both methods in program ArcGIS while the USLE method was also supplemented with calculation of the factor (LS) with USLE2D program.

When comparing the soil loss each of evaluated areas, the EPM achieved higher values of soil loss in the most of them. In contrast to the USLE method, the EPM the total loss of the soil from the evaluated areas also accounted the soil loss from forest areas.

In terms of accuracy of the achieved real world results, it was determined that the conditions in the Czech Republic are more suitable for the USLE method and not only due to more accurate data input, but also because with EPM there is no factor that would better reflect the topographic factor and conditions of surface runoff in the territory.

Key Words

Nĕmčice, erosion, soil loss, erosion potential method (EPM), USLE.

Bibliografická citace VŠKP

HLOUŠEK, Jakub. *Použití erozní potenciální metody v České republice*. Brno, 2016. 62 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně 27. 5. 2016

.....
podpis autora
Jakub Hloušek

Poděkování:

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, CSc. za vedení a rady ohledně tématu této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Veronice Sobotkové, Ph.D. za občasné konzultace a poskytnuté informace zabývající se danou tematikou. Poděkování také patří ČHMÚ za poskytnutá meteorologická data.

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíle.....	12
3	Analýza současného stavu území	13
3.1	Obecná charakteristika	13
3.2	Identifikační údaje.....	13
3.3	Podrobný průzkum terénu a jeho vyhodnocení.....	15
3.3.1	Geologické a geomorfologické poměry.....	16
3.3.2	Prostorová lokalizace půd.....	17
3.3.3	Pedologické poměry dle BPEJ.....	18
3.3.4	Hydrologické poměry	21
3.3.5	Hydropedologické poměry	22
3.3.6	Sklonitostní poměry	25
3.3.7	Klimatické poměry	26
4	Charakteristika erozních procesů.....	27
5	Použité metody	28
5.1	Metoda USLE.....	28
5.1.1	Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R).....	29
5.1.2	Faktor erodovatelnosti půdy (K).....	29
5.1.3	Faktor ochranného vlivu vegetace (C).....	31
5.1.4	Faktor účinnosti protierozních opatření (P).....	32
5.1.5	Faktor délky a sklonu svahu (L , S)	33
5.2	Erozně potenciální metoda (EPM).....	34
5.2.1	Součinitel eroze (Z).....	35
5.2.1.1	Součinitel odolnosti půdy vůči erozi (Y)	36
5.2.1.2	Součinitel využití a zachování půdy (Xa).....	37

5.2.1.3	Součinitel sledovaného procesu eroze (φ)	40
6	Postup výpočtu a výsledky jednotlivých metod	42
6.1	Metoda USLE.....	42
6.2	Erozně potenciální metoda (EPM).....	44
7	Porovnání výsledků ztráty půdy	46
8	Závěr	56
9	Použité zdroje a literatura	57
10	Seznam použitých zkratk a označení	59
11	Seznam obrázků, tabulek a grafů	61

1 Úvod

V České republice je každý rok nenávratně ztraceno obrovské množství zemědělské půdy a ornice, která je považována za nenahraditelný přírodní zdroj. Proces, který půdu rozrušuje, se nazývá eroze a vede krajinu k přirozeným změnám. Hlavními příčinami eroze jsou klimatické vlivy, zasolování, intenzivní zemědělská činnost a další formy půdní degradace. Vodní eroze je nejvýznamnější způsob degradace půdy v celosvětovém měřítku. V ČR je potenciálně vodní erozí ohroženo 50 % orné půdy díky dřívější intenzifikaci zemědělství, a proto je potřeba ochranu půdy proti vodní erozi urychleně řešit.[1] Erozi půdy lze výrazně omezit pomocí vhodných protierozních opatření a umožnit tak trvalé využívání půd k pěstování zemědělských plodin.

Tato bakalářská práce se zaměřila na vyhodnocení množství ztráty půdy způsobené vodní erozí. Pro výpočet ztráty půdy byly použity dvě metody a to univerzální rovnice dle Wischmeiera-Smithe (USLE) a erozně potenciální metoda (EPM). K výpočtu ztráty půdy v ČR je používána metoda USLE, metoda EPM vznikla v bývalé Jugoslávii a je využívána v dnešním Srbsku. Obě metody budou v práci porovnávány. Vyhodnocení je provedeno pro zájmové území, které se nachází v severozápadní části povodí Němčického potoka, v okrese Blansko. Dosažené výsledky by později mohly sloužit k návrhu potřebných protierozních opatření v řešeném území, která by pak pomohla bezpečnému odvedení vody v krajině a zamezila škodám jak v intravilánu, tak na zemědělských plochách.

Bakalářská práce vznikla na základě spolupráce, mezi univerzitou VUT v Brně (FAST, ÚVHK), Bělehradskou univerzitou (Lesnická fakulta – prof. Stanimir Kostadinov, D.Sc, prof. Miodrag D. Zlatic, D. Sc.) a Výzkumným ústavem pro rozvoj vodních zdrojů Jaroslava Černého v Srbsku (Mileta Milojevič, Zoran Gavrilovič). Mezi oběma univerzitami byla podepsána bilaterální smlouva o spolupráci. Význam spolupráce spočívá především ve výměně odborných znalostí, společná participace na nově podaných projektech, mobilita studentů a akademických pracovníků, které jsem se taktéž účastnil. Jednalo se o týdenní stáž, kde byly probírány podklady a vstupy právě pro metodu EPM. Na základě výměny znalostí a zkušeností s metodami USLE a EPM, lze určit výhody či nevýhody jednotlivých metod pro dané použití.

2 Cíle

Práce má jak rešeršní tak i praktický charakter posuzující podklady pro stanovení hodnot ztráty půdy. Cílem práce je provést jak zhodnocení vstupních parametrů vstupujících do obou metod, tak i porovnání výsledných hodnot získaných z výpočtu ztráty půdy na základě metody výpočtu ztráty půdy používané v České republice, a to universální rovnice - USLE [2] [3], a z výpočtu ztráty půdy na základě erozní potenciální metody - EPM. [4] Cílem práce je také použití USLE a EPM na vybraném území v České republice. Budou popsány jednotlivé vstupní parametry uvedených metod a bude provedeno vyhodnocení obou uvedených metod.

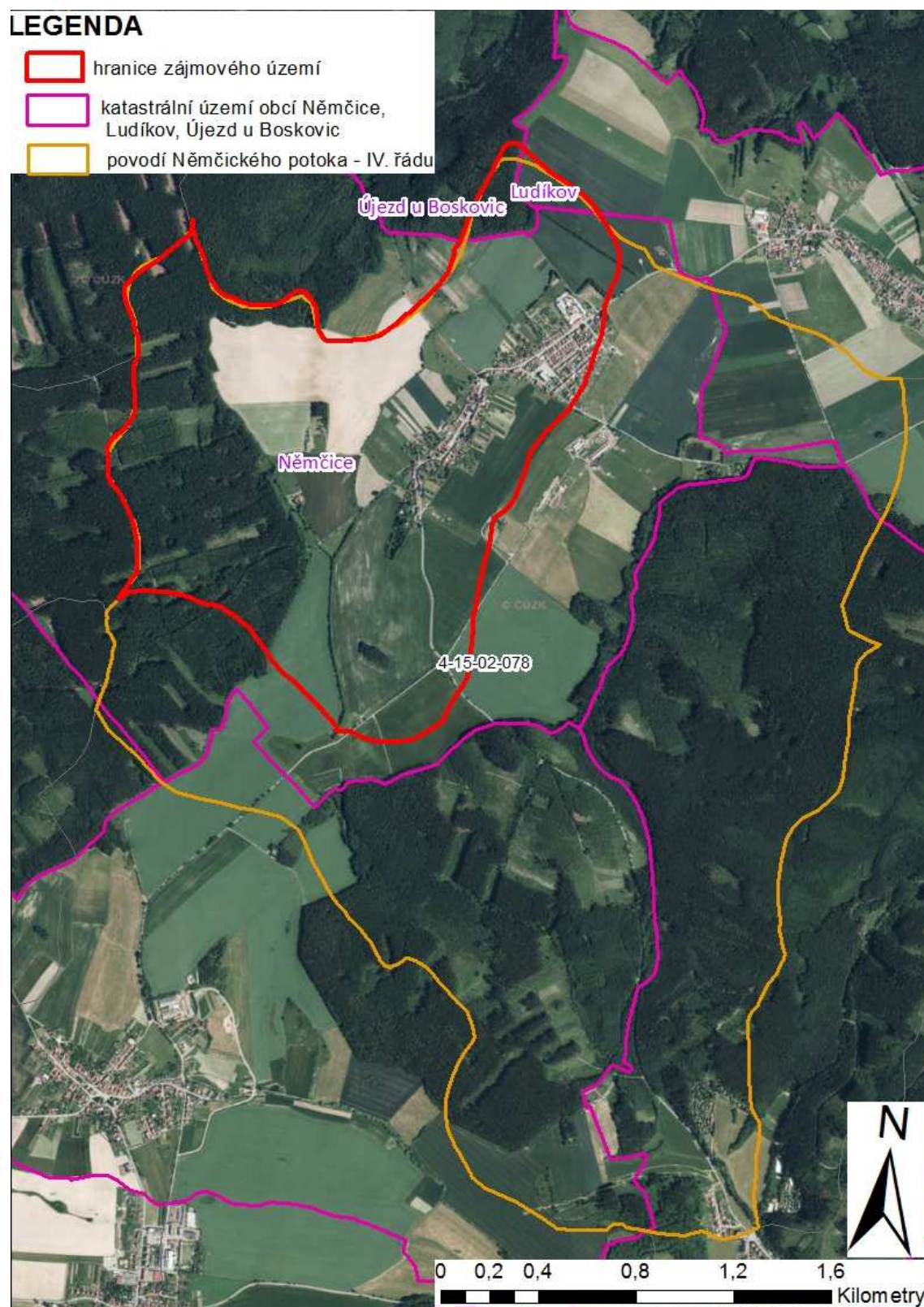
3 Analýza současného stavu území

3.1 Obecná charakteristika

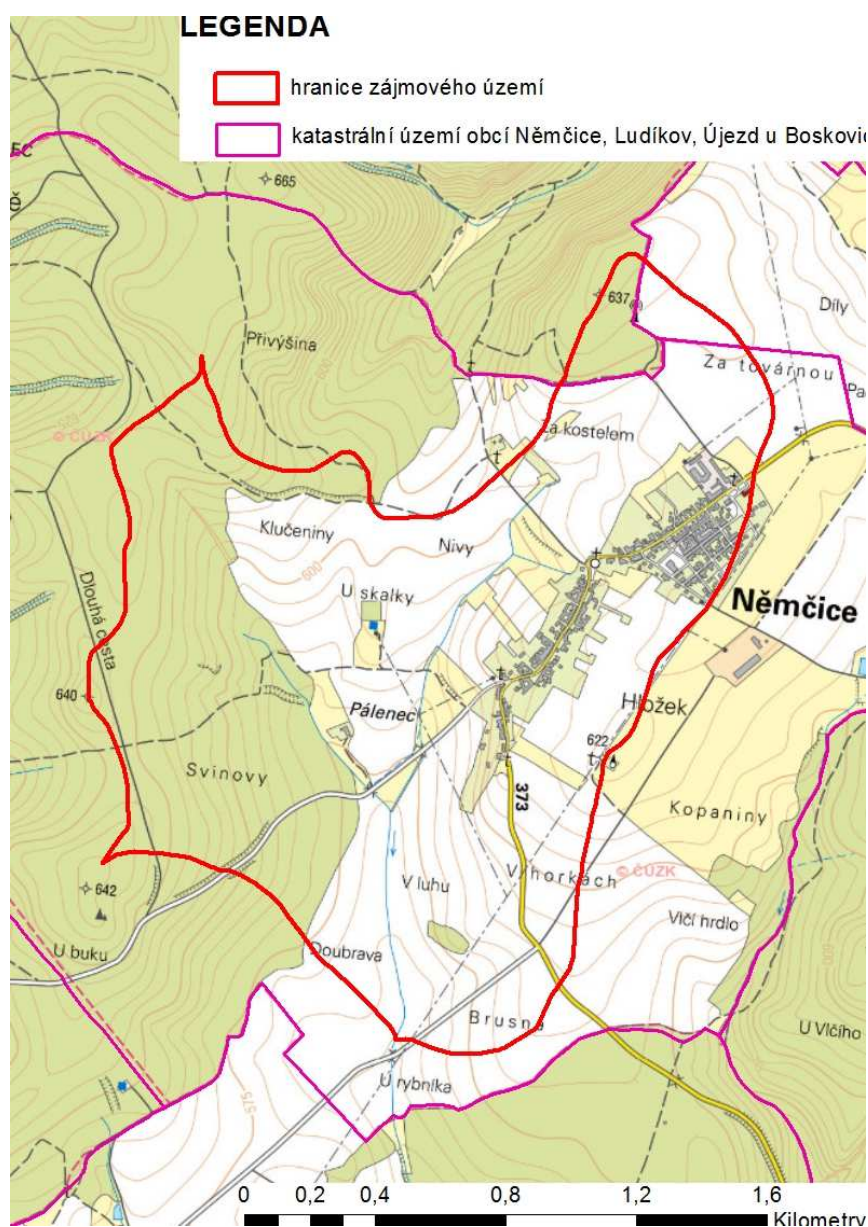
Zájmové území se nachází převážně na katastrálním území obce Němčice, dále okrajově na KÚ obcí Újezd u Boskovic a Ludíkov (Obr. 1). Obec Němčice najdeme v oblasti Dražanské vrchoviny, jihovýchodním směrem od města Boskovic a severovýchodním směrem od města Blansko. V blízkém okolí obce se zvedají zalesněné stráně okolních kopců. Kolem západního okraje obce protéká Suchý potok, po východním okraji obce protéká potok Němčický. Východně od obce je na toku Němčického potoka malá vodní nádrž sloužící jako přírodní koupaliště. Jihozápadně od obce se na Suchém potoce nachází suchá retenční nádrž. Suchý potok je pravostranným přítokem Němčického potoka. Jihozápadním směrem od Němčic jsou viditelné terénní nerovnosti po těžbě železné rudy, jež tu probíhala v 18. a 19. století. Západním směrem od Němčic nedaleko okraje lesa se nachází krasová jeskyně. Jeskyně je v současnosti využívána jako zdroj vody, a proto není veřejnosti přístupná. Obec spadá pod správu Jihomoravského kraje. Přehledná situace zájmového území je zobrazena na Obr. 2.

3.2 Identifikační údaje

Zájmové území:	KÚ Němčice, Újezd u Boskovic a Ludíkov
Status:	obec
Region soudržnosti:	Jihovýchod
Kraj:	Jihomoravský
Okres:	Blansko
Oblast:	Dražanská vrchovina
Nadmořská výška:	613 m n. m.
Nejvyšší vrchol:	659 m n. m.
Rozloha zájmového území:	2,82 km ²
Počet obyvatel v obci:	431
Obec s pověřeným obecním úřadem:	Boskovice
Obec s rozšířenou působností:	Boskovice



Obr. 1 Ortofoto zájmového území [5]

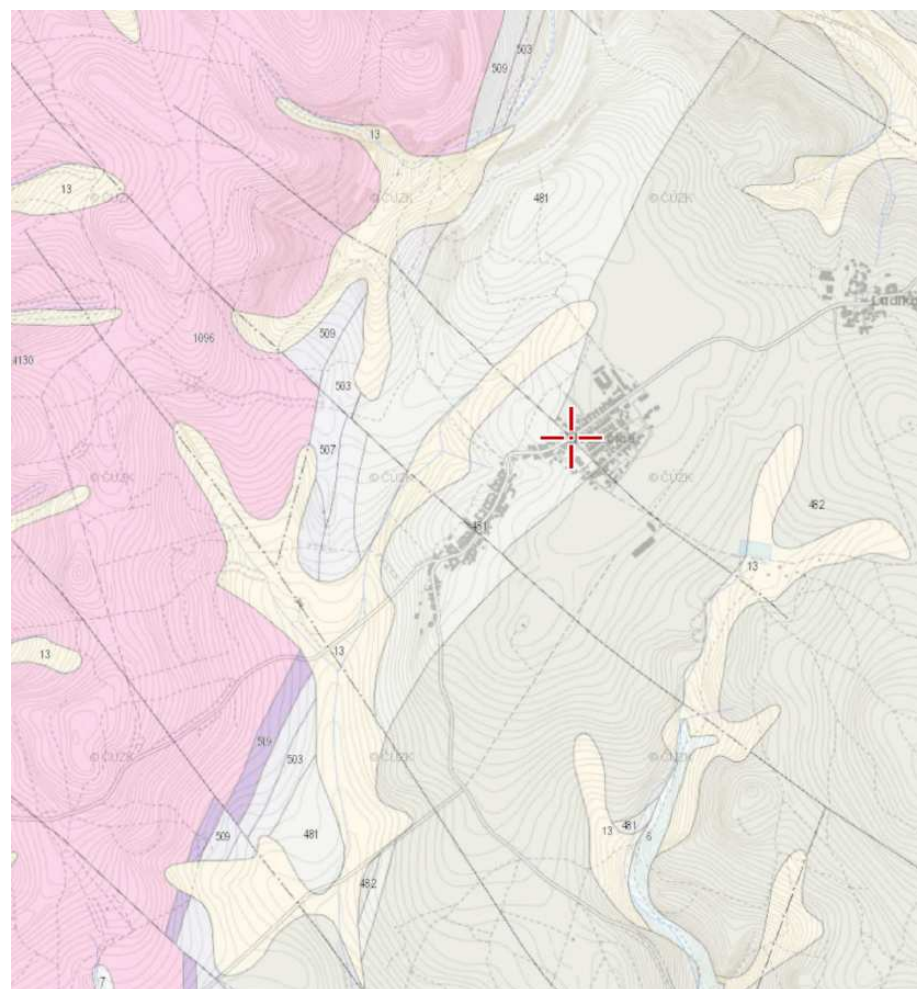


3.3 Podrobný průzkum terénu a jeho vyhodnocení

Před zahájením výpočtu ztráty půdy bylo potřeba provést podrobný průzkum zájmového území a shromáždění veškerých potřebných podkladů. Průzkum byl proveden tak, aby byl zjištěn skutečný stav zájmového území. Průzkum byl zaměřen na způsob využívání zemědělské půdy, ochrany půdy, krajinného prostředí a na stanovení stavu lesního prostředí, tedy všech faktorů, které mohou ovlivnit výpočet ztráty půdy v zájmovém území. Pro potřeby podrobného průzkumu byly využívány podklady geodetické, mapové, metodické a další.

3.3.1 Geologické a geomorfologické poměry

Geologicky spadá obec Němčice do moravskoslezské oblasti. Převažuje zde moravskoslezské paleozoikum, které obsahuje horniny jako jílovité břidlice, prachovce, droby, vápence, brekcie, arkózy a slepence. V západní části zájmového území se vyskytuje také brunovistulikum, které se vyznačuje výskytem zbřidličnatého biotického granodioritu. Geologické členění je zobrazeno na Obr. 3.



LEGENDA

482	droby	507	vápence, brekcie
481	jílovité břidlice, prachovce	1096	zbřidličnatý biotický granodiorit
509	vápence	13	kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
503	kremité břidlice se silicity	6	nivní sediment
519	arkózy, slepence		

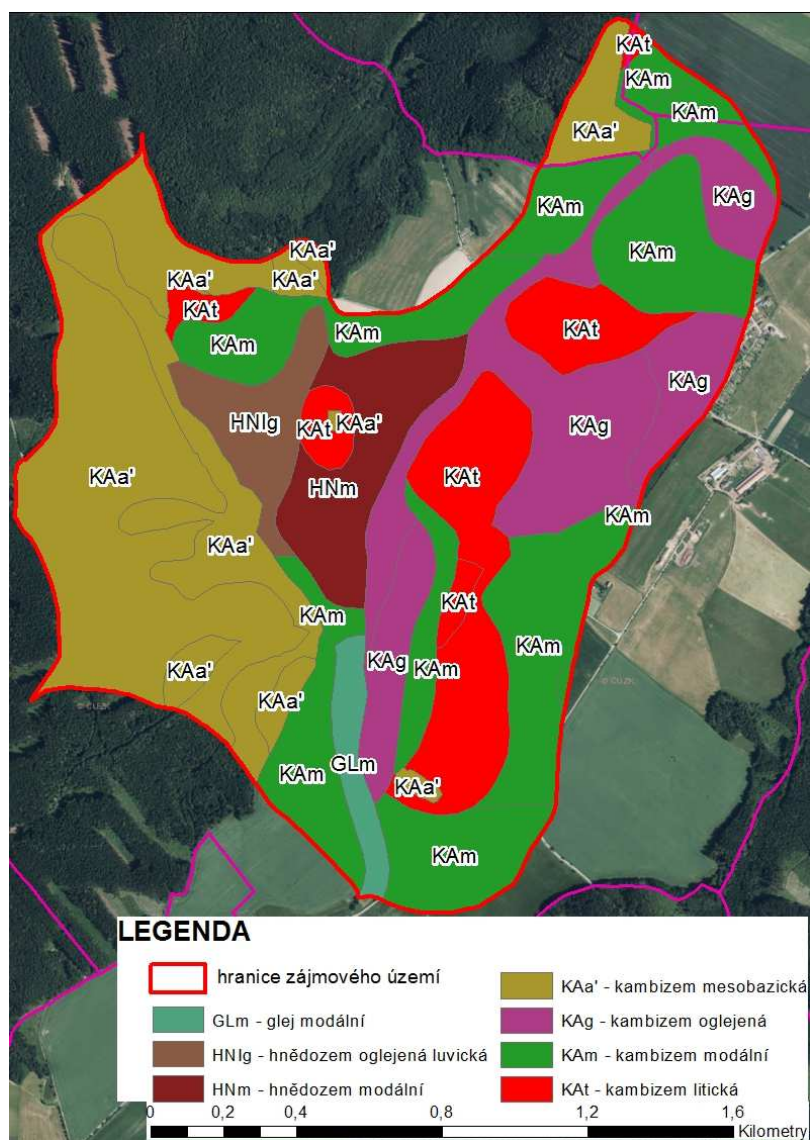
Obr. 3 Geologické členění zájmového území [7]

Řešené zájmové území spadá pod systém Hercynský, subsystém Hercynská pohoří a nachází se v geomorfologické provincii Česká Vysočina, subprovincii Česko-

moravské soustavy, oblasti Brněnská vrchovina a celku Drahanská vrchovina. Při podrobnějším geomorfologickém členění se území dělí na dvě části. Západně orientovaná část území spadá do podcelku Adamovská vrchovina, okrsek Škatulec, východně orientovaná část území spadá do podcelku Konická vrchovina, okrsek Ludíkovská plošina.

3.3.2 Prostorová lokalizace půd

V zájmové lokalitě se nachází několik druhů půd (Obr. 4). Převažuje zde kambizem, která je nejrozšířenějším půdním typem v České Republice. Na řešeném území se objevuje hned několik druhů kambizemě, a to modální, mesobazická, oglejená a litická.



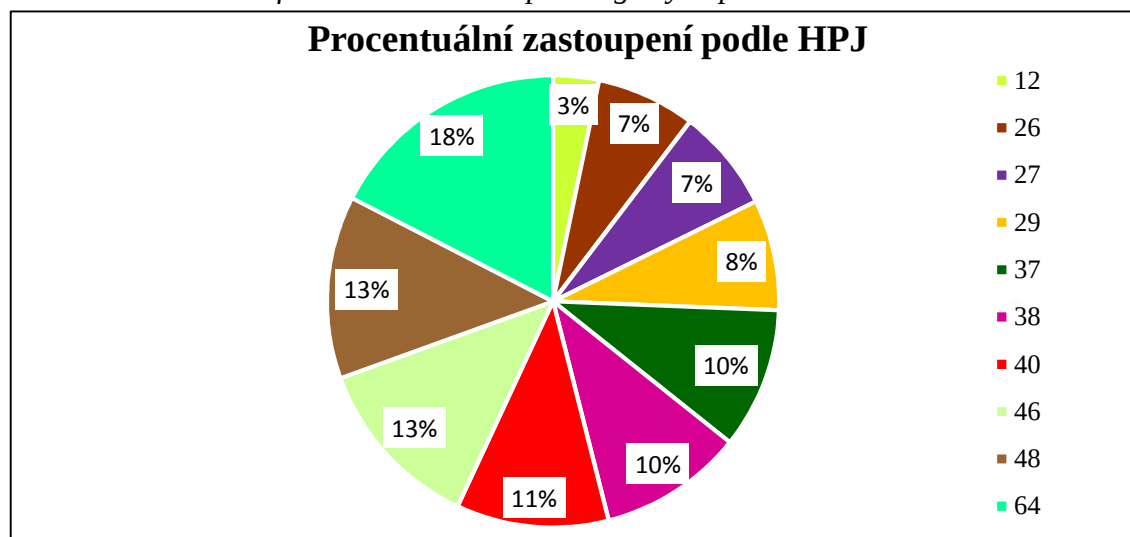
Obr. 4 Pedologické členění zájmového území

Půdní částice kambizemě jsou obarveny do hněda a půda je obohacena o velké množství jílu. Ze zemědělského hlediska je jejich využití komplikováno častým umístěním na svazích, které jsou náchylné k erozi, a dále malou mocností profilu a vysokým obsahem skeletu. Dalším půdním zástupcem jsou hnědozemě, které jsou typické svojí hnědou barvou. Hnědozemě jsou typické pro rovinaté a mírně zvlněné oblasti, kde se dříve vyskytovaly spraše či sprašové hlíny. Původním porostem na těchto plochách byli listnaté lesy. V současnosti se již jedná o široce využívanou kvalitní zemědělskou půdu. V menším množství jsou zde zastoupeny gleje, které se nachází na dně terénních depresí, v nejnižších částech širších niv nebo na úzkých nivách malých toků, a to zejména na nevápnitých vodních sedimentech. Původním porostem na těchto plochách byli lužní lesy a později kyselé louky. Gleje se často nachází na rozhraní rašelinových půd.

3.3.3 Pedologické poměry dle BPEJ

Pro přesnější rozbor pedologických poměrů v zájmovém území bylo použito bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), která jsou označována pětimístným kódem. Druhá a třetí číslice určuje zařazení půdy do hlavní půdní jednotky klasifikační soustavy (HPJ). Těch je v České Republice 78, označovány jako 01 - 78. Hlavní půdní jednotka je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. [8]

Graf 1 Charakteristika pedologických poměrů dle HPJ



V zájmovém území je rozložení HPJ rozmanité (Graf 1, Obr. 5), žádná z hlavních půdních jednotek výrazně nepřevládá. Na území se vyskytují především kambizemě.

Seznam vyskytujících se HPJ v zájmovém území [9] :

12 - Hnědozemě modální, kambizemě modální a kambizemě luvické, všechny včetně slabě oglejených forem na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké s těžkou spodinou, až středně skeletovité, vododržné, ve spodině s místním převlhčením.

26 - Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry.

27 - Kambizemě modální eubazické až mezobazické na pískovcích, drobách, kulmu, brdském kambriu, flyši, zrnitostně lehké nebo středně těžké lehčí, s různou skeletovitostí, půdy výsušné.

29 - Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry.

37 - Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorníci od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách.

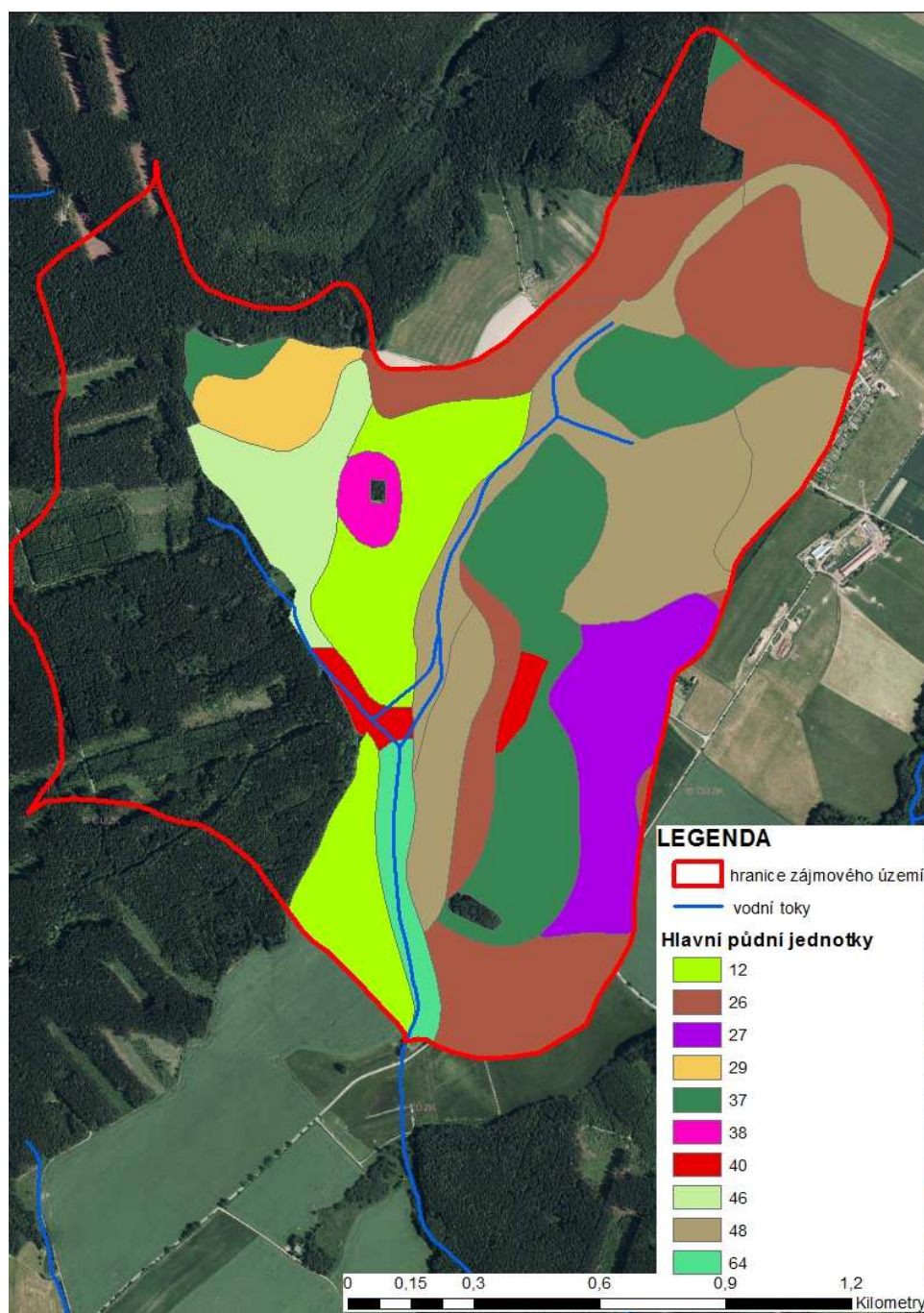
38 - Půdy jako předcházející HPJ 37, zrnitostně však středně těžké až těžké, vzhledem k zrnitostnímu složení s lepší vododržností

40 - Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici

46 - Hnědozemě luvické oglejené, luvizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

48 - Kambizemě oglejené, rendziny kambické oglejené, pararendziny kambické oglejené a pseudogleje modální na opukách, břidlicích, permokarbonu nebo flyši, středně těžké lehčí až středně těžké, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému, převážně jarnímu zamokření

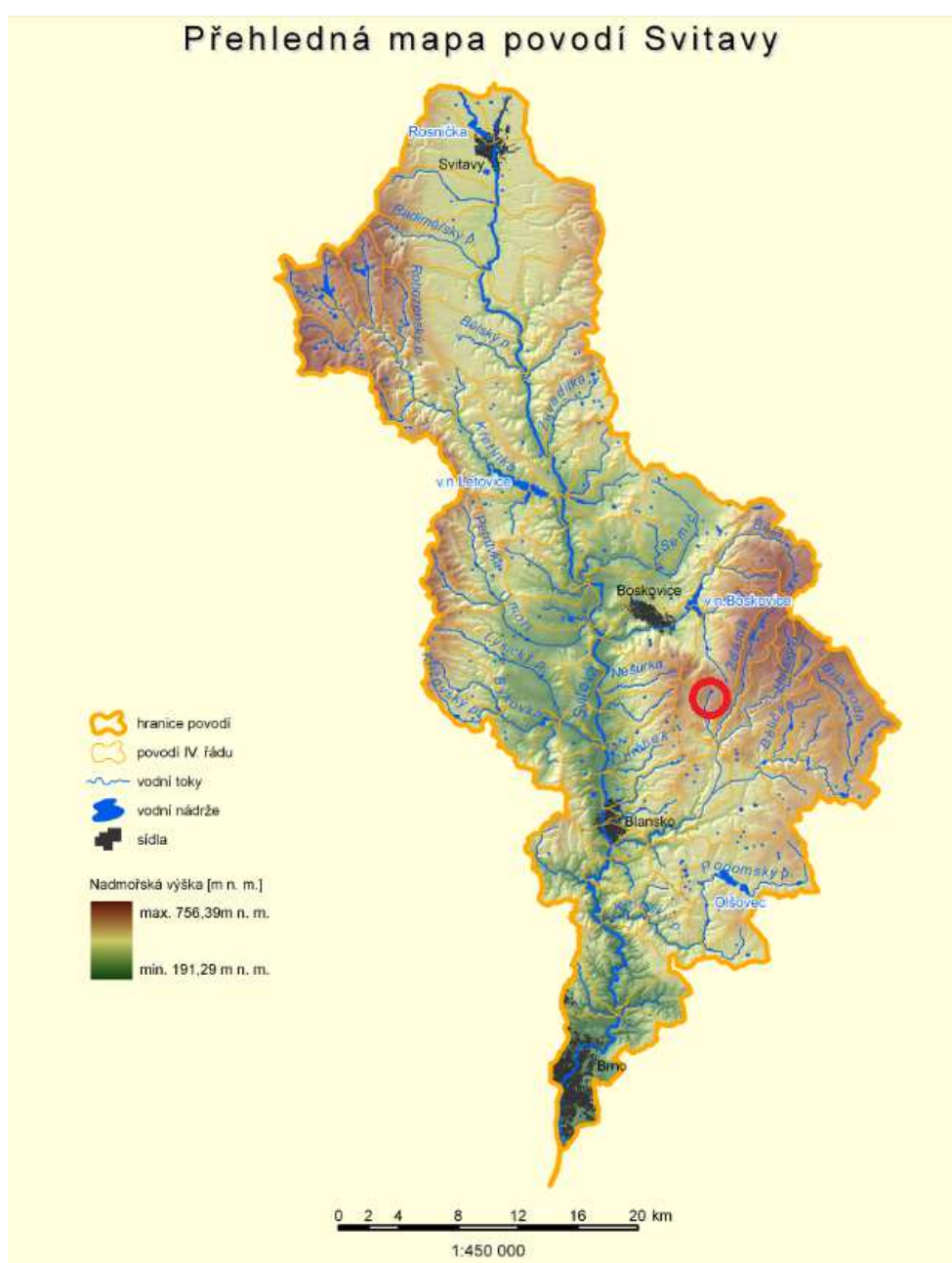
64 - Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité



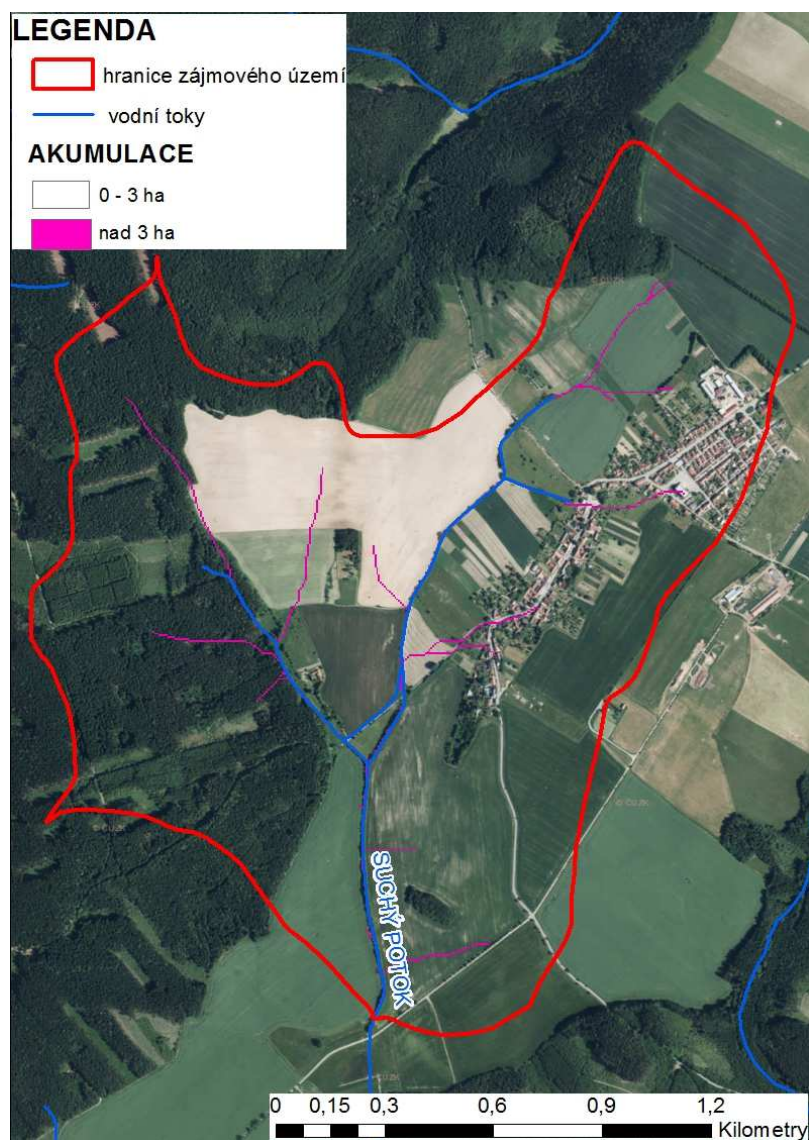
Obr. 5 Mapa hlavních půdních jednotek

3.3.4 Hydrologické poměry

Zájmové území spadá do severozápadní části povodí Němčického potoka, IV. řádu (Obr. 1). Zájmovým územím protéká Suchý potok, který je pravostranným přítokem Němčického potoka (před obcí Sloup). Číslo hydrologického pořadí je 4-15-02-078 (Obr. 1). Plocha povodí v zájmové oblasti je 2,82 km², celková plocha povodí Němčického potoka je 9,14 km². Suchý potok spadá do povodí řeky Svitavy (obr. 6), která spadá do oblasti povodí Dyje. V zájmovém území se nenachází žádné vodní nádrže, a nejsou zde ani oblasti ohrožené záplavami (Obr. 7). Akumulace odtoku na zájmovém území je vygenerována pro sběrné povodí o ploše 3 ha.



Obr. 6 Přehledná mapa povodí Svitavy [10] s vyznačením zájmového území



Obr. 7 Hydrografická síť a mikrosít'

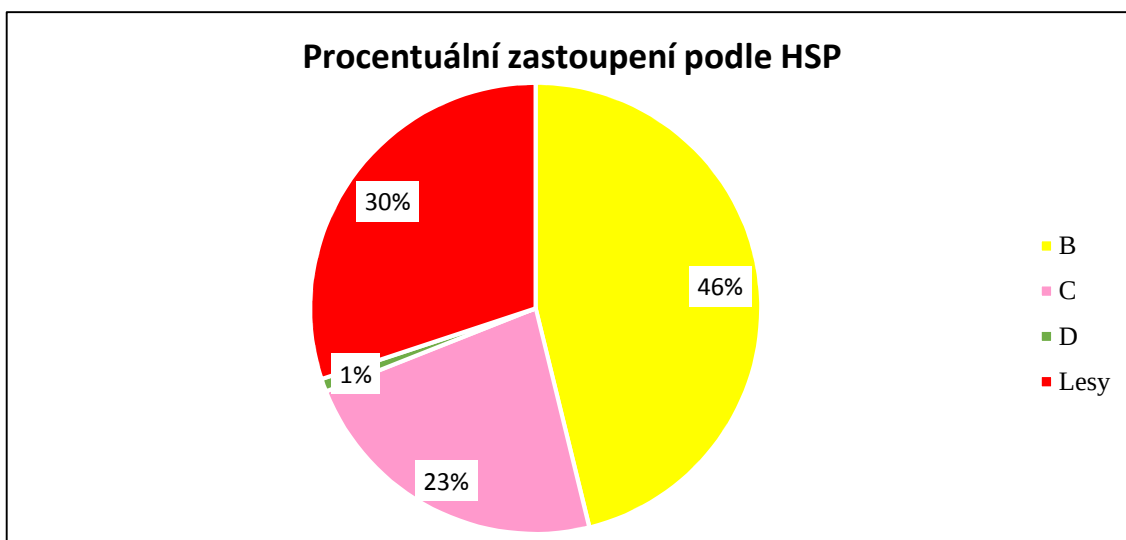
3.3.5 Hydropedologické poměry

Infiltrační schopnost půdy významně ovlivňuje pedologické poměry. Podle minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení se půdy rozdělují do 4 skupin: A, B, C, D, podle kterých lze určit hydrologické vlastnosti půdy. [11]

V řešeném zájmovém území zaujímá 69,94 % z celkové plochy půda zemědělská, zbylých 30,06 % tvoří půda lesní. Zemědělské půdy skupiny B zaujímají 46,17 % z plochy zájmového území, jsou to půdy se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení (0,10 – 0,20 mm/min), zahrnuje především hlinitopísčité a jílovitohlinité půdy, které jsou středně až dobře odvodněné. 22,83 % plochy území zaujímají zemědělské půdy skupiny C, které při úplném nasycení mají nízkou rychlost infiltrace

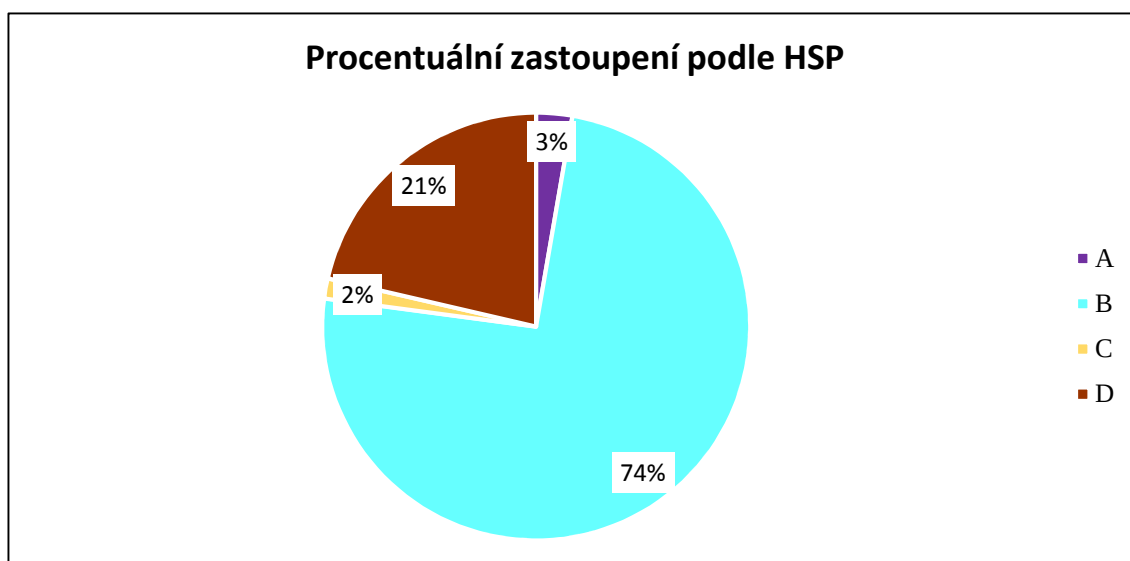
(0,05 – 0,10 mm/min). Patří k nim půdy jílovitohlinité, jílovité a půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu. Zemědělské půdy skupiny D se objevují na 0,03 % území. Do této skupiny patří půdy už jen s velmi malou rychlostí infiltrace ($< 0,05$ mm/min), jako jsou jíly, půdy s vysokou hladinou podzemní vody anebo mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

Graf 2 Procentuální zastoupení podle HSP – zemědělská půda a lesy

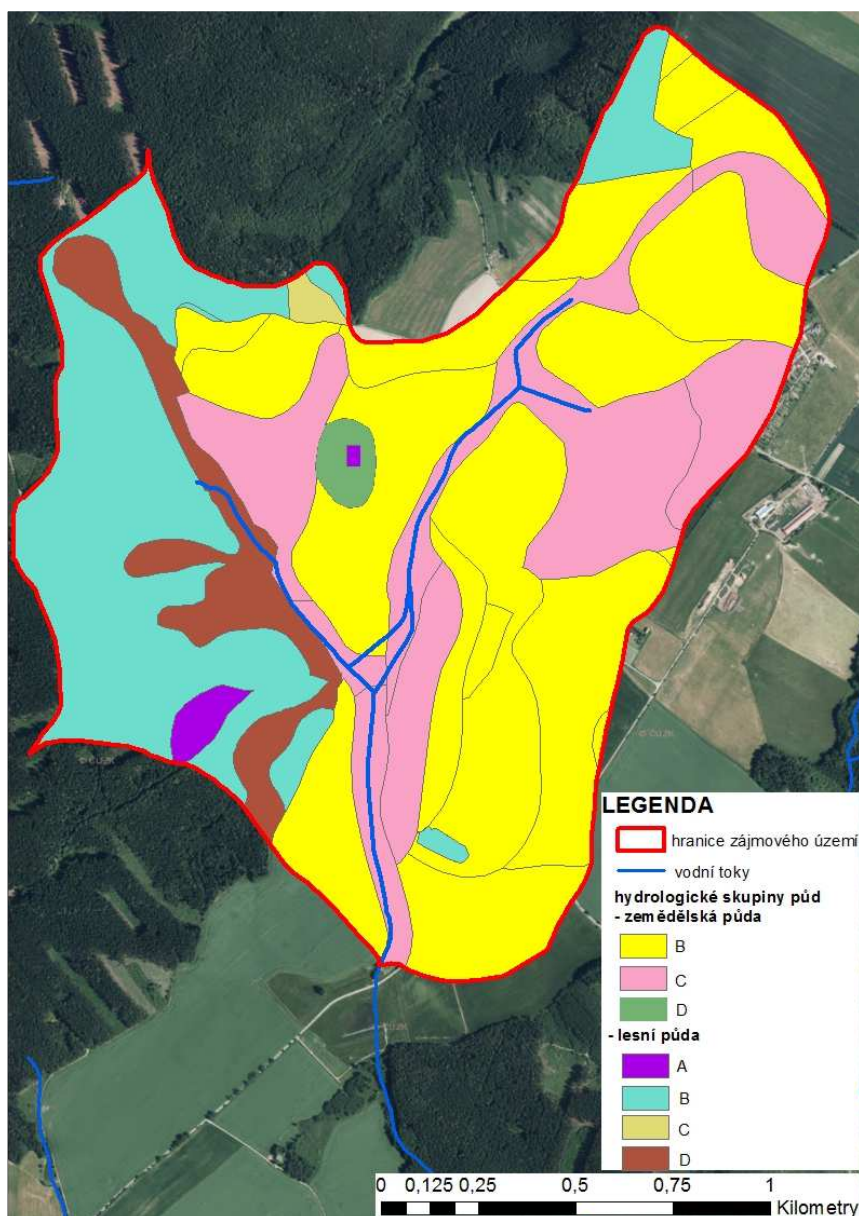


Pro vyhodnocení hydrických vlastností lesních půd byla použita metoda odvození typu vodního režimu lesní půdy [12] s následným vyhodnocením potenciálu hydrické funkce. Podle parametrů hydrické funkce lze k jednotkám lesních typů či SLT přiřadit hydrologické skupiny půd, resp. jejich variantu pro lesní půdy. [13]

Graf 3 Procentuální zastoupení podle HSP – lesní půda



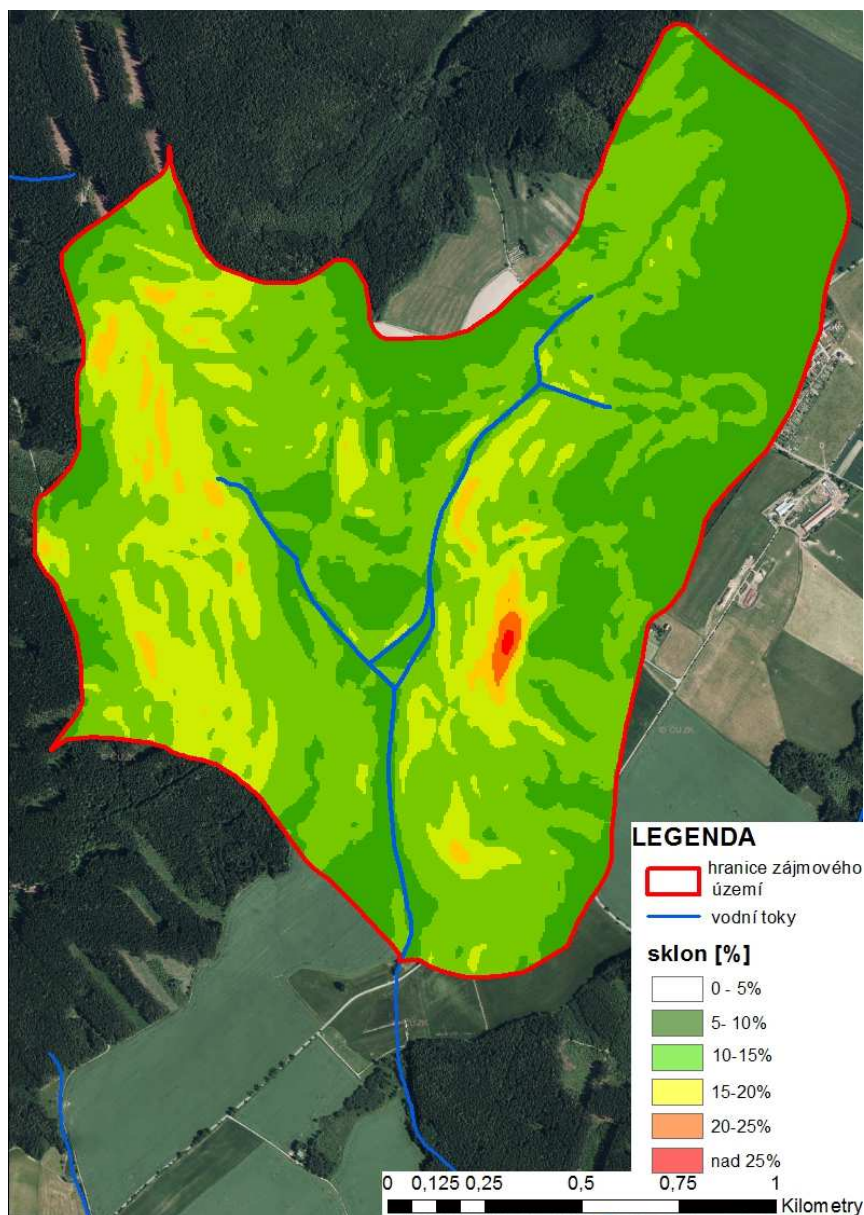
Lesní půdy tvoří 0,85 km² plochy zájmového území; 2,73 % této plochy tvoří půdy skupiny A, které jsou charakteristické vysokou rychlostí infiltrace (> 0,20 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a štěrky. Největší zastoupení má skupina B, která tvoří 74,37 % z lesních půd, dále následuje skupina C tvořící 1,51 % plochy a skupina D, která zaujímá 21,39 % lesní plochy. Rozložení hydrologických skupin půd dle HSP na zájmovém území je zobrazeno na Obr. 8 a na Grafech 2, 3.



Obr. 8 Mapa hydrologických skupin půd

3.3.6 Sklonitostní poměry

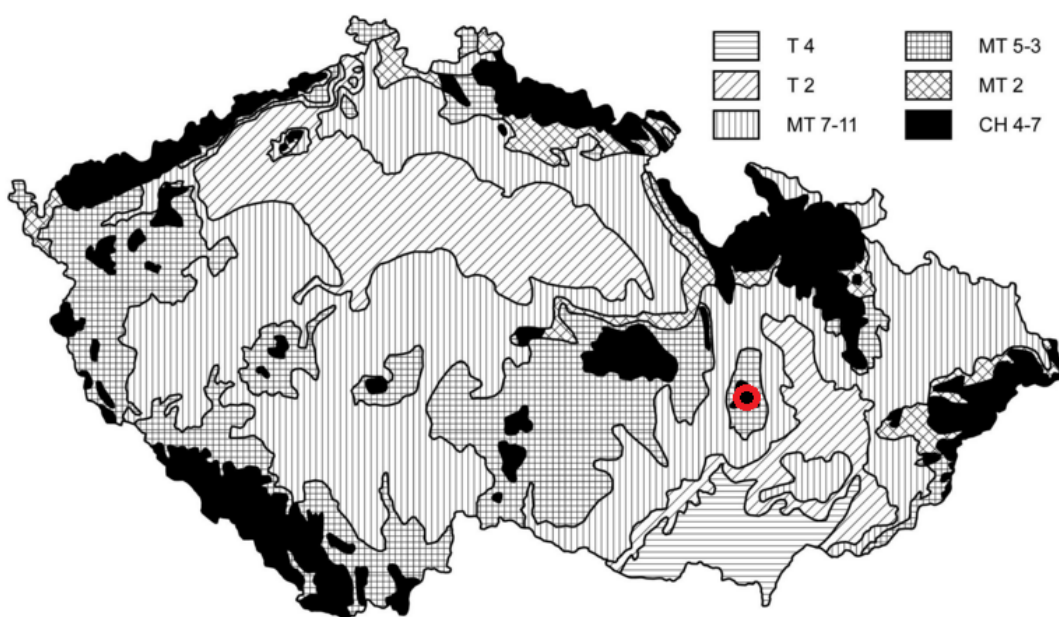
Na zájmovém území převažují především mírnější sklony 5- 15 %. Větší sklonitost se objevuje v lesích, kde se také nacházejí nejvyšší místa zájmového území. Sklonitostní poměry jsou zobrazeny na Obr. 9.



Obr. 9 Mapa sklonitostních poměrů

3.3.7 Klimatické poměry

Zájmové území z hlediska klimatu leží v Drahanském bioregionu. Dle Quitta leží celé území v klimatickém regionu CH7. V oblasti by tedy mělo být poměrně vlhko, chladno, s větším množstvím srážek. Průměrná teplota se zde pohybuje kolem 7,0 °C a průměrný roční úhrn srážek kolem 640,6 mm/rok. Zjištěná meteorologická data pocházejí z nejbližší meteorologické stanice Protivanov, jedná se o dlouhodobé průměry za 30-leté období, zdroj dat je ČHMÚ.



Obr. 10 Mapa klimatických oblastí [14] s vyznačením zájmového území

4 Charakteristika erozních procesů

Půda je v našich klimatických podmínkách rozrušována především vodou a větrem a tak rozlišujeme erozi vodní a větrnou.

Vodní eroze půdy je přírodní proces, při kterém dochází k rozrušování půdního povrchu působením vody, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následnému usazování. Lze rozlišit dva druhy vodní eroze. Jedná se o geologickou a zrychlenou erozi. Geologická eroze probíhá přirozeně, postupně přetváří reliéf území a je v souladu s půdotvorným procesem. Zrychlená eroze naopak smývá půdní částice v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem, jelikož tento proces probíhá mnohem pomaleji. Hlavním důsledkem vodní eroze je zmenšení mocnosti půdního profilu a ochuzení zemědělské půdy o její nejúrodnější část. Dále má tento proces vliv na chemické vlastnosti půdy, neboť snižuje obsah organické hmoty, humusu a minerálních živin v půdě. Eroze snižuje produkční schopnost půd a urychluje její degradaci. Rovněž fyzikální vlastnosti půdy jsou erozí ovlivněny. Snižuje se propustnost půdy pro vodu, tím je znesnadněn pohyb strojů po pozemcích. Rovněž dochází k přímému poškozování pěstovaných rostlin a ztrátám osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin, čímž se snižují hektarové výnosy. [15]

Na vznik vodní eroze má největší vliv sklonitost a délka pozemku po spádnicí, dále pak vegetační pokryv, vlastnosti půdy a její náchylnost k erozi, přítomnost protierozních opatření a četnost výskytu přívalových srážek. Vodou unášené půdní částice a na nich vázané látky zanášejí vodní toky a akumulací prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují podmínky pro vodní organismy a zvyšují náklady na úpravu vody a čištění vodních nádrží od usazenin. V extrémních případech mohou být způsobeny vážné škody na stavbách a dalším majetku v blízkosti erozí postiženého pozemku. [15]

5 Použité metody

Na řešeném zájmovém území byly stanoveny hodnoty ztráty půdy za použití dvou následujících metod. První použitou metodou byla metoda USLE, dle univerzální rovnice Wischmeiera a Smithe [2] a druhou metodou výpočtu byla erozní potenciální metoda (EPM) pocházející ze Srbska [4]. K výpočtu ztráty půdy v zájmové oblasti bylo využito prostředí ArcGIS, LS-faktor byl počítán s využitím programu USLE 2D v modifikaci gridu.

5.1 Metoda USLE

K určování ztráty půdy vodní erozí se v České republice používá tzv. „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“ dle Wischmeiera a Smithe [2] vycházející z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalovém dešti mechanicky udržován ve směru sklonu svahu jako úhor. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje dlouhodobě a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy.[3]

Ztráta půdy vodní erozí se stanoví na základě rovnice:[3]

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

kde:

G - průměrná roční ztráta půdy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]

R - faktor erozní účinnosti deště [$MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$]

K - faktor erodovatelnosti půdy [$t \cdot MJ^{-1} \cdot h \cdot cm^{-1}$]

L - faktor délky svahu [-]

S - faktor sklonu svahu [-]

C - faktor ochranného vlivu vegetace [-]

P - faktor protierozních opatření [-]

Vypočtená hodnota představuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy a udává množství půdy, které se z pozemku uvolňuje vodní erozí, nezahrnuje však její ukládání na pozemku či na plochách ležících pod ním. Rovnice se nedoporučuje používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu. [3]

5.1.1 Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)

Faktor erozní účinnosti srážek (R) závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu. Faktor R je definován vztahem:[3]

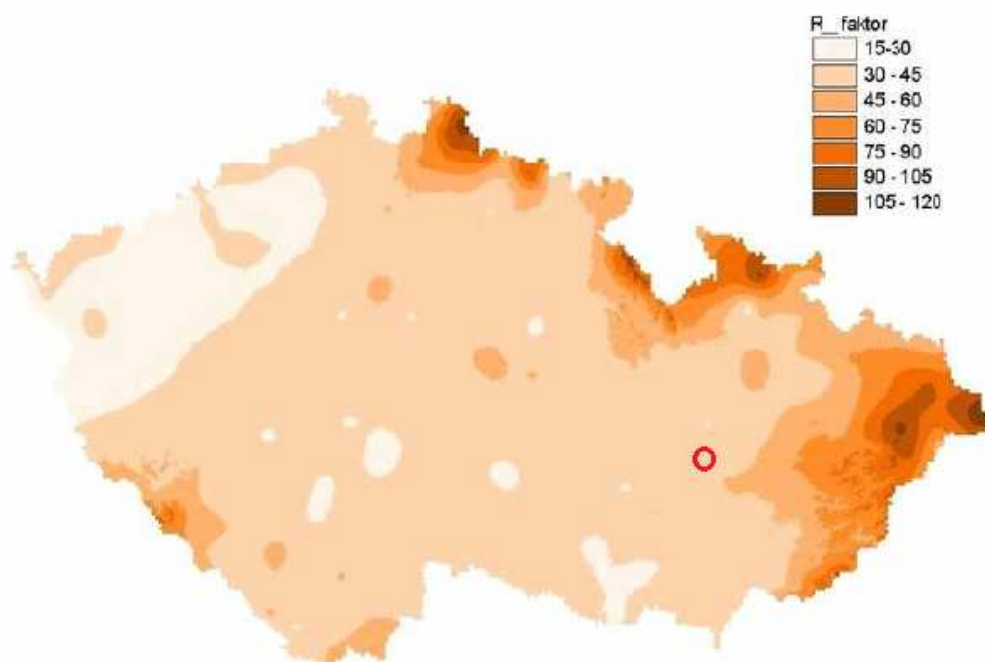
$$R = E \cdot I_{30}/100 \quad (2)$$

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

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

I_{30} - max. 30minutová intenzita deště [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$]

Roční hodnota faktoru R se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů, které se v daném roce vyskytly, přičemž se neuvažují deště s úhrnem menším než 12,5 mm a pokud v průběhu 15 minut nespadlo alespoň 6,25 mm a musí být oddělené od ostatních dešťů dobou delší než 6 hodin. Pro výpočet byla použita průměrná hodnota faktoru erozní účinnosti deště pro Českou republiku $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. [11]



Obr. 11 Mapa průměrných hodnot R -faktoru [3] s vyznačením zájmového území

5.1.2 Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Faktor erodovatelnosti půdy resp. náchylnosti půdy k erozi je v univerzální rovnici definován jako odnos půdy v t/ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního

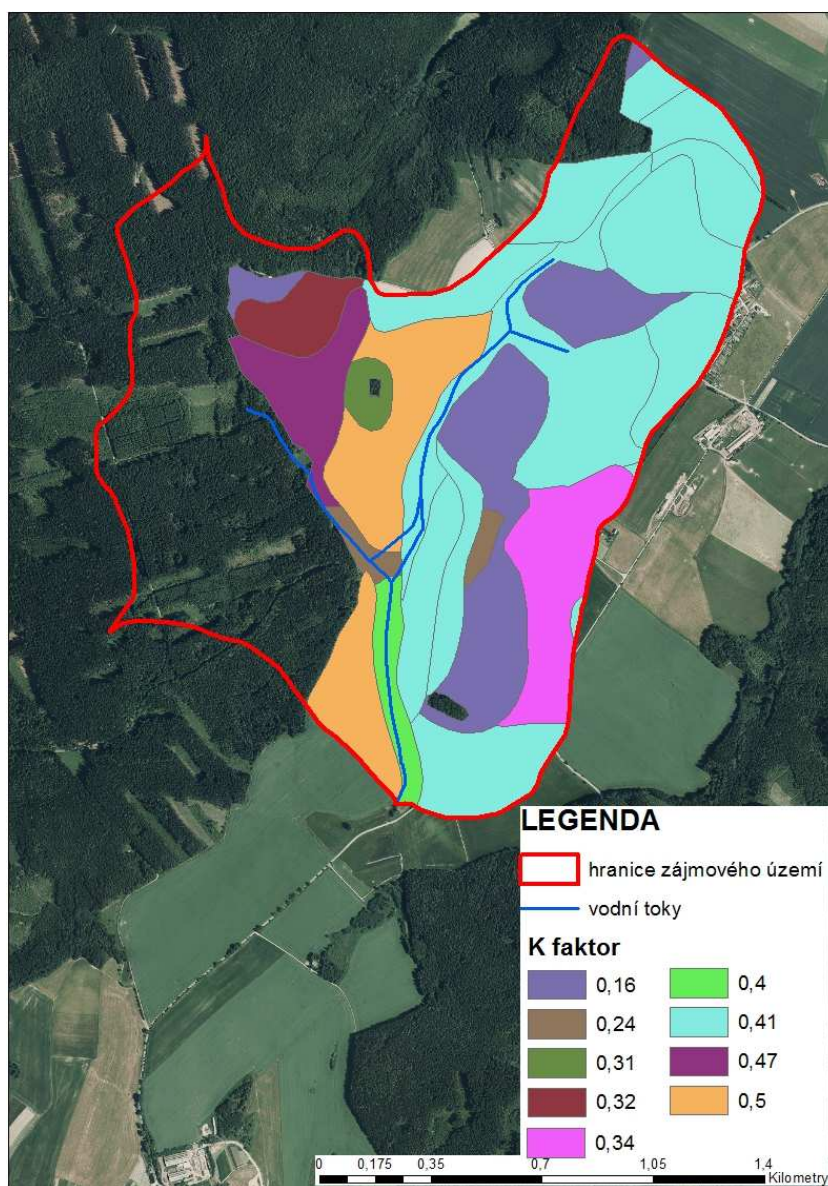
pozemku o délce 22,13 m (na svahu o sklonu 9 %), který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu. [16]

Hodnoty K faktoru lze získat odečtením z nomogramu nebo podle bonitovaných půdně ekologických jednotek na základě 2. a 3. čísla kódu, kdy pro každé dvojčíslí je určen kód hlavní půdní jednotky (HPJ).

Hodnoty K faktoru (Obr. 12) použité k výpočtu byly odvozeny z 2. a 3. čísla hlavních půdních jednotek půdních map BPEJ dle následující tabulky:

Tab. 1 Hydrologické skupiny půd zájmového území a příslušný K faktor

HPJ	K faktor
12	0,50
26	0,41
27	0,34
29	0,32
37	0,16
38	0,31
40	0,24
46	0,47
48	0,41
64	0,40

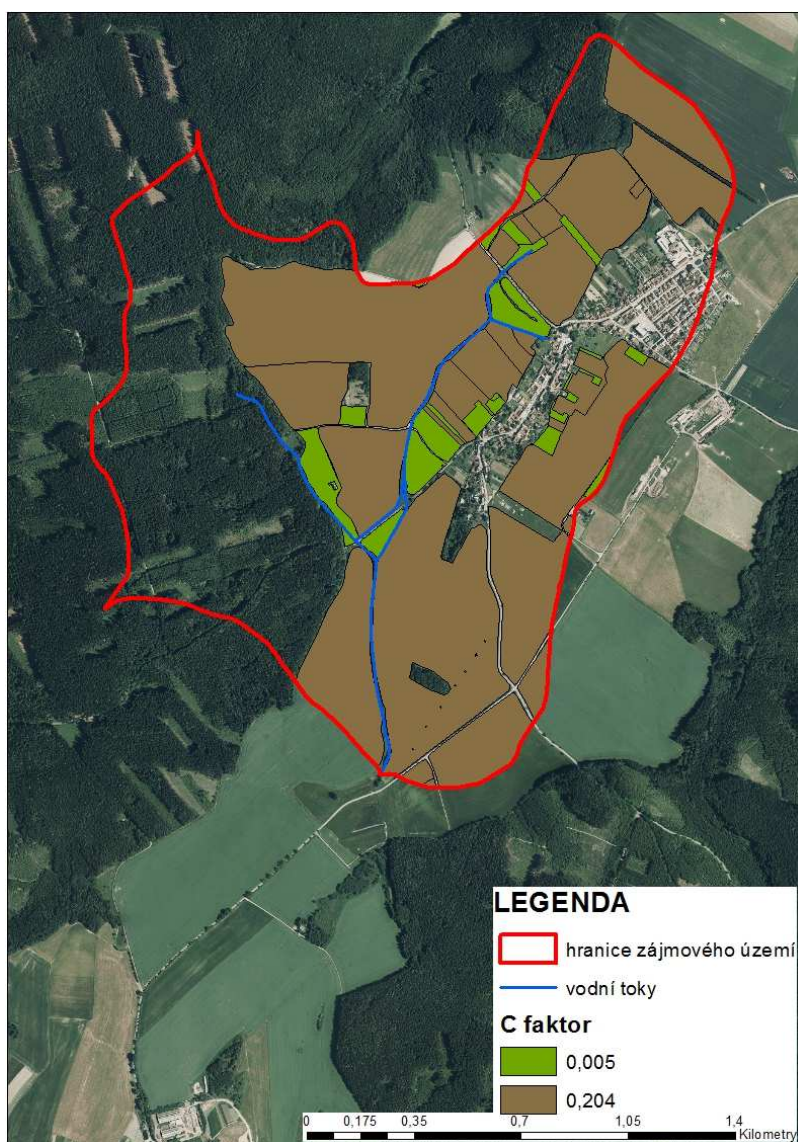


Obr. 12 Mapa hodnot K faktoru na zájmovém území

5.1.3 Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje jednak přímo ochranou povrchu půdy před destruktivním působením kinetické energie dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku, jednak nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména pórovitost a propustnost včetně omezení možnosti zanášení pórů rozplavenými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem. [16]

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době přívalového deště (IV-IX měsíc). Proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, ovocné výsadby a vinice) chrání půdu nedostatečně. [16]



Obr. 13 Mapa hodnot C faktoru na zájmovém území

Velikost C faktoru je závislá nejen na druhu plodiny, ale také na ročním období. Wischmeier a Smith proto rozdělili roční období do 5 období, podle toho jak se mění jejich ochranný vliv [3].

V zájmovém území bylo pro výpočet využito alternativní určení hodnot C faktoru (Obr. 13) dle klimatických regionů. K určení klimatických regionů byla použita data z aktualizované databáze BPEJ v měřítku 1: 5 000. [17]

Zájmové území se dle dělení podle klimatických regionů nachází v klimatickém regionu č. 7, pro tento region je hodnota C faktoru pro ornou půdu $C = 0,204$; pro TTP, zahrady a jinou kulturu je hodnota $C = 0,005$.

5.1.4 Faktor účinnosti protierozních opatření (P)

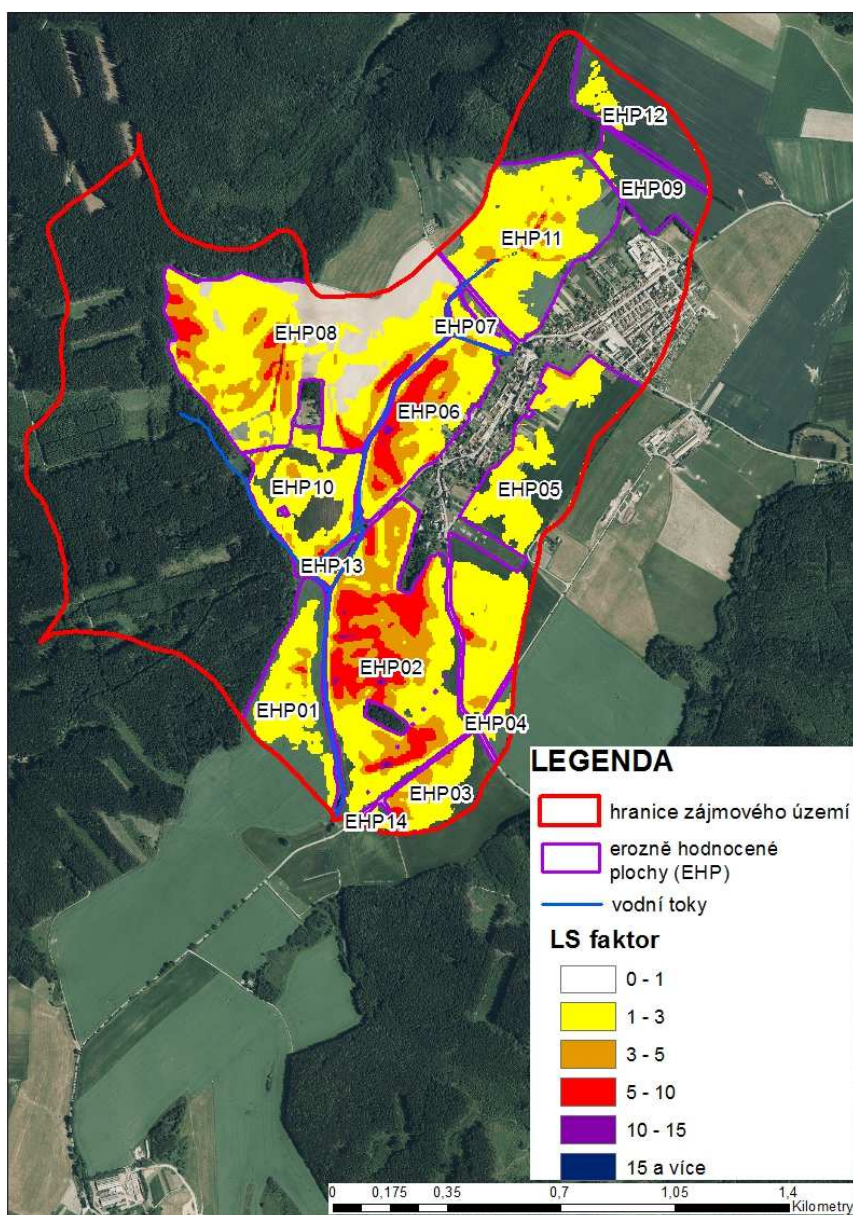
Hodnota faktoru účinnosti protierozních opatření je stanovován na základě sklonu svahu, maximálních délek pozemku po spádnicí při konturovém obdělávání, maximální šířce a počtu pásů při pásovém střídání, hrázkování a terasování.

Jestliže nelze předpokládat, že by byly dodrženy stanovené podmínky maximálních délek a počtů pásů, nelze s účinností příslušných opatření vyjádřených hodnotami faktoru P počítat a hodnota faktoru $P = 1$. [3]

5.1.5 Faktor délky a sklonu svahu (L , S)

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze je vyjádřen kombinací faktoru sklonu svahu S a faktoru délky svahu L , tzv. topografickým faktorem LS . L faktor délky svahu vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí, S faktor sklonu svahu vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí. [3]

K výpočtu bylo využito prostředí ArcGIS. LS faktor byl počítán s využitím programu USLE 2D v modifikaci gridu. Hodnoty LS faktoru jsou zobrazeny na Obr. 14.



Obr. 14 Mapa hodnot LS faktoru na zájmovém území

5.2 Erozně potenciální metoda (EPM)

Erozní potenciální metoda byla vyvinuta Institutem pro rozvoj vodních zdrojů Jaroslava Černého v bývalé Jugoslávii (dnešní Srbsko).

Tato metoda slouží pro definování potenciálu eroze na daném území. EPM umožňuje kvalitativně-quantitativní určení stavu eroze a prudkosti toku. Využitím výsledků podrobného průzkumu a výpočtů se vytvoří kvalitativně-quantitativní erozní mapa, která bude později představovat základní dokument, který bude možné použít pro výpočet ztráty půdy v povodí, množství sedimentu v toku (sedimentace nádrží) a také pro definování charakteristiky potenciální eroze a odtokových poměrů v celém povodí. Tato metoda je založena na určení stavu eroze a vazby s reliéfními charakteristikami povodí se základními klimatickými charakteristikami. [18]

Průměrná roční specifická ztráta půdy vodní erozí (W_{sp}) se stanoví na základě rovnice: [18]

$$W_{sp} = T \times H \times \pi \times \sqrt{Z^3} \quad (3)$$

$$T = \sqrt{\frac{t}{10} + 0,1} \quad (4)$$

kde: W_{sp} - je průměrná roční specifická ztráta půdy [$\text{m}^3/\text{km}^2/\text{rok}$]
 T - teplotní součinitel [-]

t - průměrná roční teplota [$^{\circ}\text{C}$]

H - průměrný roční úhrn srážek [mm/rok]

Z - součinitel eroze [-]

Průměrná roční specifická ztráta půdy pro danou sledovanou oblast se spočítá dle vztahu: [18]

$$W_y = F \times W_{sp} \quad (5)$$

kde: W_y - je průměrná roční specifická ztráta půdy
pro danou sledovanou oblast [m³/rok]
 W_{sp} - je průměrná roční specifická ztráta půdy [m³/km²/rok]
 F - plocha sledované oblasti [m²]

5.2.1 Součinitel eroze (Z)

Součinitel eroze (Z) je základním faktorem při výpočtu ztráty půdy. Protože eroze je přírodním jevem, je nutné pro stanovení součinitele eroze (Z) provést terénní průzkum, jehož součástí je určování, ověřování a také odhadování součinitelů a reliéfních charakteristik potřebných pro jeho vlastní výpočet. [18]

Součinitel eroze (Z) se stanoví na základě rovnice: [18]

$$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{I}) \quad (6)$$

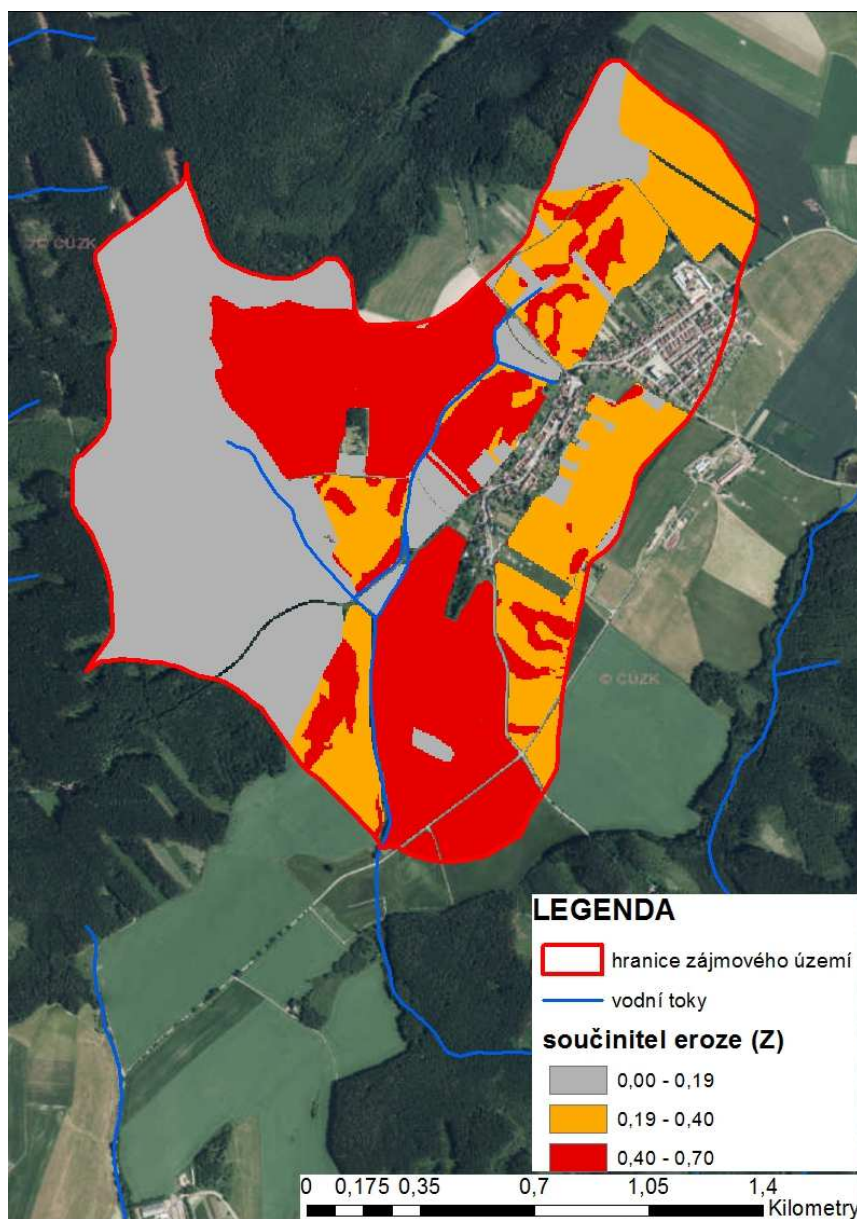
Kde: Y - součinitel odolnosti půdy vůči erozi [-]
 X - součinitel využití půdy [-]
 a - součinitel zachování [-]
 φ - součinitel sledovaného procesu eroze [-]
 I - je střední sklon povrchu [-]

Klasifikace eroze je z kartografického hlediska možná pouze ve formě kvalitativních kategorií. V Tab. 2 jsou uvedeny kvantitativně-kvalitativní kategorie součinitele eroze (Z). [18]

Tab. 2 Kategorizace eroze EPM dle součinitele eroze (Z) [18]

Kategorizace eroze EPM			
Kategorie eroze	Kvalitativní název kategorie eroze	Rozsah hodnot součinitele (Z)	Střední hodnota součinitele (Z)
I	Nadměrná eroze – proces hluboké eroze (rýhy, brázdy, skalní sesuvy a podobně)	$Z > 1,0$	$Z = 1,25$
II	Těžká eroze – mírnější formy nadměrné eroze	$0,71 < Z < 1,0$	$Z = 0,85$
III	Střední eroze	$0,41 < Z < 0,7$	$Z = 0,55$
IV	Mírná eroze	$0,20 < Z < 0,4$	$Z = 0,30$
V	Velmi mírná eroze	$Z < 0,19$	$Z = 0,10$

Kategorizace ploch dle součinitele eroze (Z) v rámci zájmovém území je zobrazena na Obr. 15.



Obr. 15 Mapa kategorizace eroze EPM dle součinitele eroze (Z)

5.2.1.1 Součinitel odolnosti půdy vůči erozi (Y)

Geologicko-pedologická vrstva je základní vrstvou, která eroduje vlivem svého vystavení atmosférickým vlivům, a je tedy důležité určit odolnost jednotlivých základních vrstev vůči erozi. Tab. 3 shrnuje hlavní součinitele odolnosti půdy vůči erozi pro nejběžnější typy geologických a pedologických základních vrstev. [19]

Hodnoty součinitele odolnosti půdy vůči erozi (Y) jsou výsledkem dlouhodobých laboratorních zkoušek provedených Institutem pro rozvoj vodních zdrojů Jaroslava Černého. [19]

Tab. 3 Součinitel odolnosti půdy vůči erozi (Y) [19]

Č.	Typy geologické a pedologické základní vrstvy	Průměrná hodnota
1	Písek, štěrk a volná půda	2,00
2	Spraš, tuf, zasolená půda, stepní půda a podobně	1,60
3	Zvětralý vápenec a slín	1,20
4	Serpentin, červený pískovec, flyšové usazeniny	1,10
5	Podzol, parapodzol, rozdrčená břidlice: slídová břidlice, jílová břidlice atd.	1,00
6	Kompaktní a břidlicové vápence; červený okr a humózní křemičité půdy	0,90
7	Hnědá lesní půda a horské půdy	0,80
8	Smonice, údolní a vratné bahenní půdy	0,60
9	Černoze a náplavové nánosy dobré textury	0,50
10	Holé kompaktní sopečné skály	0,25

V rozsahu celého zájmového území je možno určit typ pro lesní půdy - hnědozem a pro zemědělskou půdu – kambizem, což poukazuje na hodnotu součinitele $Y = 0,8$.

5.2.1.2 Součinitel využití a zachování půdy (Xa)

Myšlenka určování součinitele využití a ochrany půdy (Xa) je převzata z Browningovy metody vyvinuté v Americe, i když hodnoty byly přizpůsobeny aktuální metodě v Srbsku. Součinitel se počítá na základě způsobu využití půdy (X) a součinitele ochrany půdy (a). Vynásobením těchto hodnot získáme hodnotu součinitele využití a ochrany půdy (Xa). [18]

Součinitel ochrany půdy (a) v případě nechráněných půd má hodnotu ($a = 1,0$), zatímco hodnoty u chráněných půd jsou rozmanité. [18]

Rozdělení tohoto součinitele (Xa) do dvou složek slouží pro odhad hodnoty ochranných prací, které mají vliv na snížení intenzity eroze, tvorbu a transport erozních sedimentů. [18]

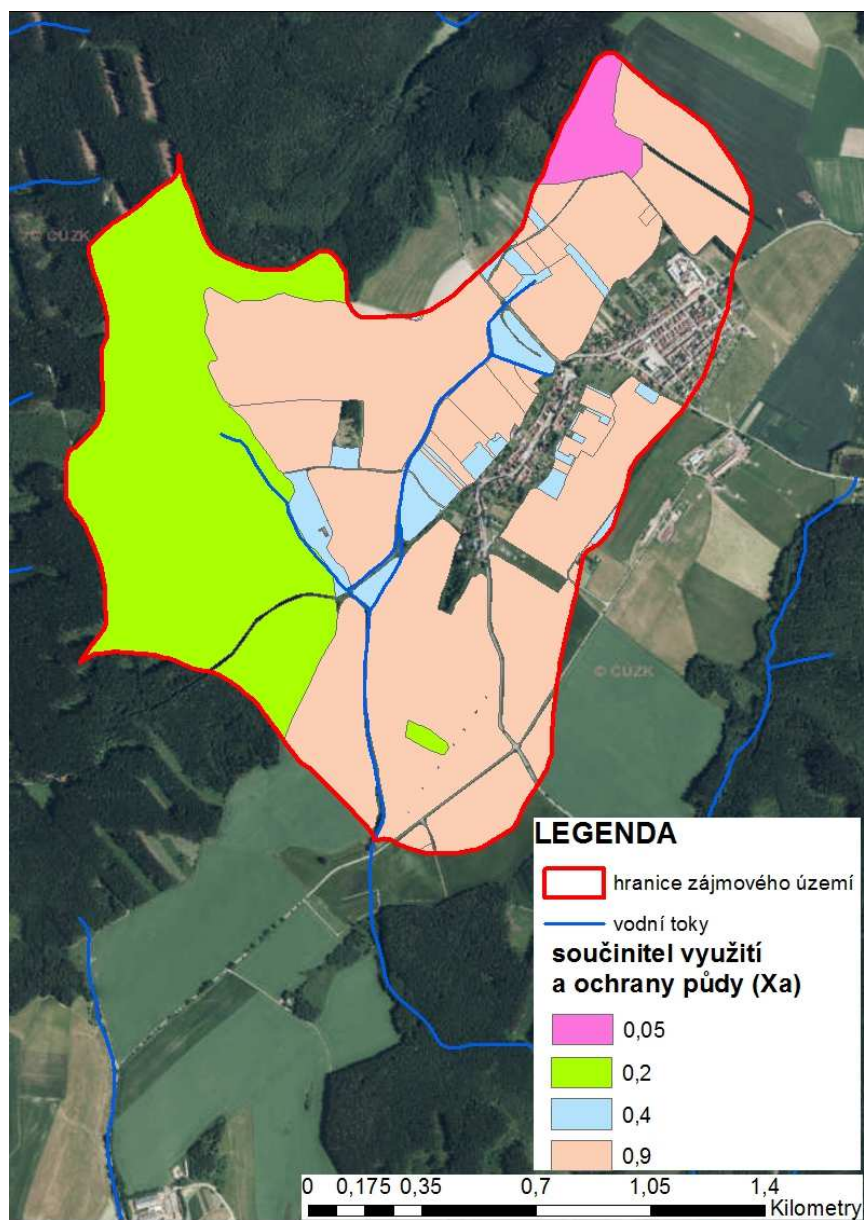
Využívání půdy a její ochrana jsou jediné lidské činnosti, které mohou ovlivňovat změny intenzity eroze a to je důvod, proč jím věnujeme větší pozornost. Hodnoty součinitele jsou určeny pro různé způsoby využívání a ochrany půdy. Část A v tab. 4 představuje hodnoty pro nechráněné půdy, zatímco část B uvádí hodnoty součinitelů pro chráněné půdy. Hodnoty náležející technickým zásahům v korytě řeky a v povodí jsou uvedeny v části C. [18]

Hodnoty součinitele ze skupiny C se na rozdíl od součinitelů skupiny A a B používají pouze pro výpočet součinitele eroze (Z) celého povodí. [18]

Tab. 4 Součinitel využití a ochrany půdy (Xa) [18]

Č.	Podmínky ovlivňující hodnotu součinitele	Součinitel		
		X	a	Xa
A	Povrchy neošetřené ochrannými pracemi			
1	Jalová neobdělávaná půda	1,00	1,00	1,000
2	Orná půda s orbou nahoru a dolů	0,90	1,00	0,900
3	Sady a vinice bez nízké vegetace	0,70	1,00	0,700
4	Degradované lesy a křoviny s erodovanou půdou	0,60	1,00	0,600
5	Horské pastviny	0,60	1,00	0,600
6	Louky a podobné trvalé plodiny	0,40	1,00	0,400
7	Dobré lesy na svazích	0,20	1,00	0,200
8	Dobré lesy na rovině	0,05	1,00	0,050
B	Povrchy po ochranných pracích (biologických, technických a administrativních)			
1	Vrstevníkové obdělávání	0,90	0,70	0,630
2	Vrstevníkové obdělávání s mulčováním	0,90	0,60	0,540
3	Vrstevníková pásová kultivace se střídáním plodin	0,90	0,50	0,450
4	Vrstevníkové sady a vinice	0,70	0,45	0,315
5	Terasová oraná pole, terasy, schodovité terasy	0,90	0,40	0,360
6	Zatravňování, meliorace luk	0,60	0,50	0,300
7	Vrstevníkové příkopy střední intenzity	0,60	0,40	0,240
8	Zalesňování (jámy a pásy)	1,00	0,20	0,200
9	Zalesňování a planýrování	1,00	0,10	0,100
C	Oblast povodí po provádění protipovodňových technických opatření			
1	Zpomalování vodních toků a miniaturní nádrže	0,90	0,30	0,270
2	Regulace koryta řeky (přehrady, kanály atd.)	1,00	0,70	0,700

Na základě průzkumu území a zhodnocení využití a ochrany půdy přímo v terénu byla provedena kategorizace ploch dle součinitele využití a ochrany půdy (X_a) v zájmovém území (Obr. 16).



Obr. 16 Mapa Součinitele využití a ochrany půdy (X_a)

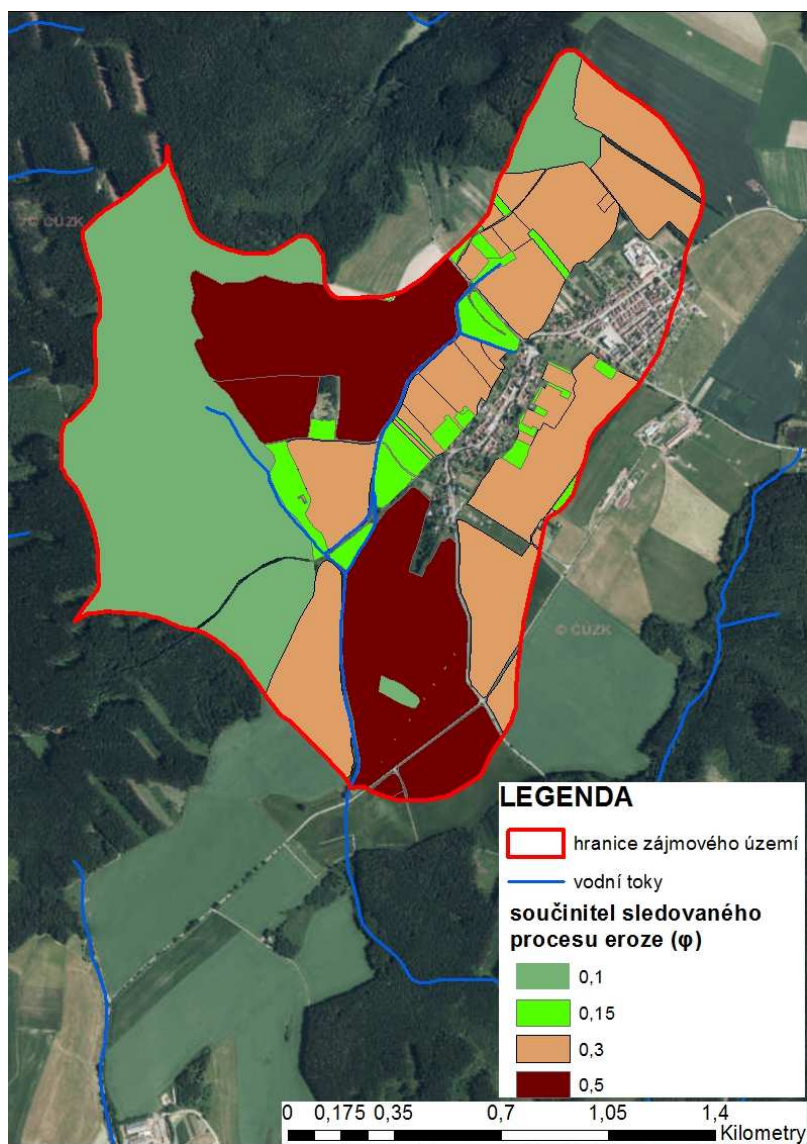
5.2.1.3 Součinitel sledovaného procesu eroze (φ)

Součinitel sledovaného procesu eroze (φ) je určen vizuálně v terénu. Tento odhad vyžaduje zkušenost. V praxi bylo dosaženo uspokojivých výsledků pomocí hodnot z Tab. 5. Hodnoty součinitele jsou odstupňovány v rozsahu 1,0 až 0,1 (10 až 100 %) sledovaného erozního procesu. [19]

V zájmovém území byly zvoleny následující součinitelé sledovaného procesu eroze: $\varphi = 0,1$ pro lesní půdy, $\varphi = 0,15$ pro TTP a ostatní plochy, $\varphi = 0,3$ pro ornou půdu bez větších známek eroze a $\varphi = 0,5$ pro ornou půdu s výraznějším projevem eroze. (Obr. 17).

Tab. 5 Součinitel sledovaného procesu eroze (φ)[19]

Č.	Podmínky ovlivňující hodnotu součinitele	Střední hodnota
1	Povodí nebo oblast zcela ovlivněná extrémní stržovou erozí nebo jinými hlubokými erozními procesy	1,00
2	Přibližně 80 % oblasti postiženo rýhami a stržemi	0,90
3	Přibližně 50 % oblasti postiženo rýhami a stržemi	0,80
4	Celá oblast postižená povrchovou erozí: splaveniny a drť, několik rýh a strží (hluboká eroze), a dále silná krasová eroze	0,70
5	Celá oblast postižena erozí, ale bez viditelné hluboké eroze (rýhy, strže, skalní sesuvy atd.)	0,60
6	50 % oblasti postiženo povrchovou erozí, zatímco zbytek povodí není postižen	0,50
7	20 % oblasti postiženo povrchovou erozí a 80 % nepostiženo	0,30
8	Povrch půdy bez viditelných známek eroze, malé skalní nebo půdní sesuvy v korytě toku	0,20
9	Povrch půdy bez viditelných známek eroze, většinou kultivovaný	0,15
10	Povrch půdy bez viditelných známek eroze, většinou lesy nebo trvalé plodiny (louky, pastviny atd.)	0,10



Obr. 17 Mapa Součinitele sledovaného procesu eroze (φ)

6 Postup výpočtu a výsledky jednotlivých metod

6.1 Metoda USLE

Výpočet průměrné roční ztráty půdy (G) pomocí univerzální rovnice Wischmeiera a Smithe byl stanoven v modifikaci gridu v prostředí ArcGIS. Při výpočtu s použitím gridů bylo nutné vytvořit gridové vrstvy s hodnotami jednotlivých faktorů. Před jejich tvorbou bylo třeba stanovit velikost gridové buňky a vygenerovat digitální model terénu. Velikost buňky byla zvolena 5 m.

Pro faktor erozní účinnosti deště (R) byla použita průměrná hodnota $R=40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, do výpočtu tedy vstupuje jako konstanta pro celé zpracovávané území.

Pro vytvoření gridu faktoru erodovatelnosti půdy (K) byla použita vektorová mapa BPEJ. Ta byla klasifikována podle hodnot faktoru (K) (Tab. 1, Obr. 12) a následně převedena na grid pomocí GIS nástroje *Features to Raster*.

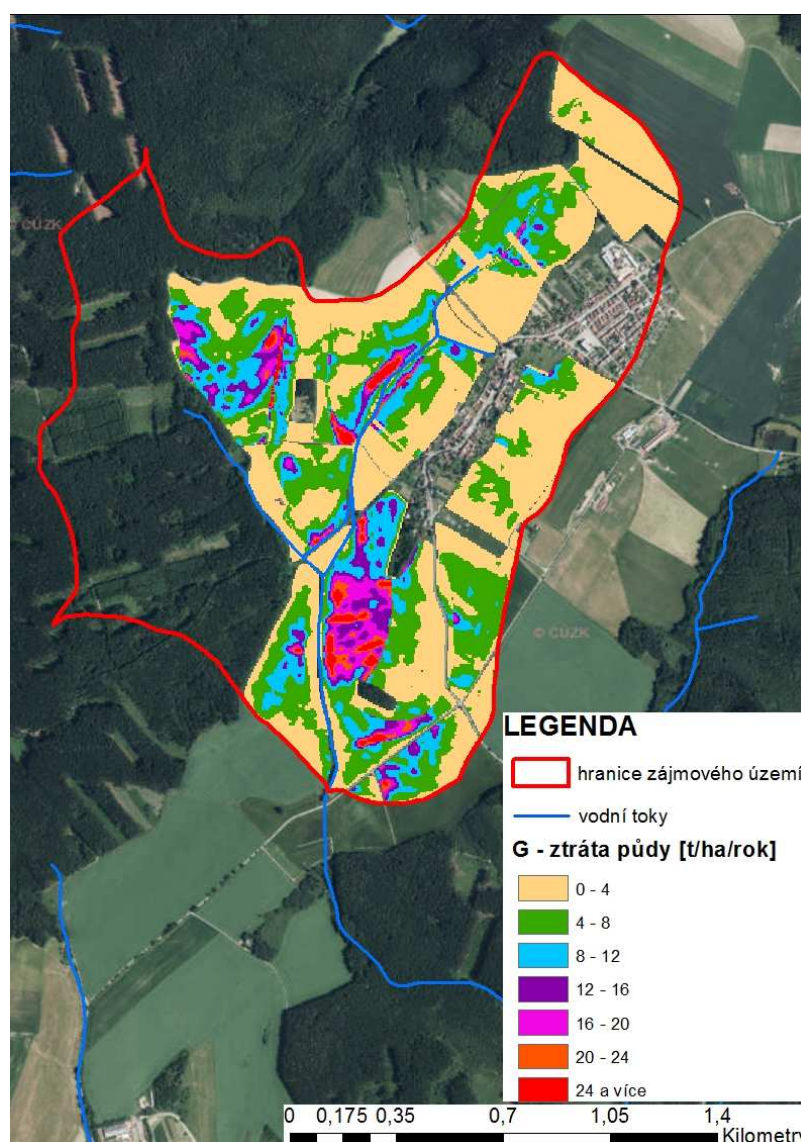
Pro zjištění hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace (C) bylo nejdříve nutné zjistit druh kultury na plochách zájmového území z veřejného registru půdy (LPIS). Dále proběhl průzkum terénu na základě, kterého došlo také k rozšíření LPIS o další erozní plochy a na základě, kterého došlo i k určení kultury pro tyto plochy. Poté byla provedena klasifikace dle faktoru (C) (Obr. 13). Hodnoty faktoru (C) pro ornou půdu byly určeny na základě klimatických regionů, které lze zjistit podle prvního čísla kódu BPEJ. V řešené oblasti byly použity pro (C) faktor hodnoty 0,204 pro ornou půdu a 0,005 pro trvalý travní porost, zahrady a jinou kulturu. Takto klasifikovaná vrstva byla převedena na grid pomocí GIS nástroje *Features to Raster*.

Pro faktor účinnosti protierozních opatření (P) byla stanovena hodnota $P = 1$, do výpočtu tedy vstupuje jako konstanta pro celé zpracovávané území.

(LS) faktor byl vytvořen pomocí programu USLE2D. Byly použity programy ArcGIS a USLE2D pro automatický výpočet (LS) faktoru z digitálních dat. Program USLE2D pracuje pouze s daty ve formátu Idrisi. Proto se musí provést vlastní převod dat do formátu Idrisi (*.rst). Byl použit program LS Convertor na převod dat z ArcGIS do Idrisi a zpět.

Program USLE2D pro výpočet LS-faktoru vyžaduje jako vstupní data DMT a grid tzv. “parcel“. Grid parcel převodem z uvedených dat rozčleňuje území na dílčí plochy vkládáním bariér - hranic mezi dílčími plochami, které působí jako překážky pro plošný povrchový odtok a dochází zde k přerušení odtoku. Tím se snižuje délka odtokové dráhy a faktor (L) délky svahu. V programu USLE2D je faktor (LS) počítán zvlášť pro každý rastrový element. Délka odtokové dráhy je nahrazena zdrojovou plochou rastrového elementu. [20] Grid parcel je ve výpočtu tvořen zájmovým územím rozděleným do jednotlivých erozně hodnocených ploch (EHP).

Poté lze vypočítaný (LS) faktor (Obr. 14) dosadit společně s ostatními faktory do univerzální rovnice (1) Wischmeier-Smith a za pomoci GIS nástroje Raster Calculator vypočítat hodnotu ztráty půdy (G) a vytvoříme tak její grid (Obr. 19).



Obr. 19 Ztráta půdy (G) pro zájmové území

6.2 Erozně potenciální metoda (EPM)

Výpočet průměrné roční ztráty půdy pomocí erozně potenciální metody byl stanoven v modifikaci gridu v prostředí ArcGIS. Při výpočtu s použitím gridů bylo nutné vytvořit gridové vrstvy s hodnotami jednotlivých součinitelů. Před jejich tvorbou bylo třeba stanovit velikost gridové buňky. Velikost buňky byla zvolena 5 m.

Pro výpočet ztráty půdy (W_{sp}) bylo nutné nejprve provést výpočet součinitele eroze (Z). A to převedením jednotlivých součinitelů, zasahujících do výpočtu součinitele (Z), na gridové vrstvy.

Prvním je součinitel odolnosti půdy vůči erozi (Y). Pro vytvoření gridu součinitele (Y) byla použita vektorová mapa BPEJ, která byla klasifikována podle hodnot součinitele (Y) (Tab. 3) a následně převedena na grid pomocí GIS nástroje *Features to Raster*. V rozsahu celého zájmového území bylo možno určit pouze jedinou hodnotu součinitele (Y) a to hodnotu $Y = 0,8$. Proto by do výpočtu mohla vstupovat i jako konstanta pro celé zájmové území.

Dalším součinitelem je součinitel využití a ochrany půdy (X_a). Nejdříve bylo nutné zjistit druh kultury na plochách zájmového území z veřejného registru půdy (LPIS). Dále proběhl průzkum terénu na základě, kterého došlo také k rozšíření LPIS o další erozní plochy a tím i k určení kultury pro tyto plochy. Z průzkumu terénu bylo nutné určit i způsob využití a další faktory ovlivňující určení součinitele (X_a). Základem pro vytvoření gridu součinitele (X_a) je tedy vektorová mapa LPIS, doplněná o další erozní plochy doplněné v závislosti na průzkumu terénu. Poté byla provedena klasifikace, dle součinitele (X_a) (Tab. 4, Obr. 16). V řešené oblasti byly použity pro součinitel (X_a) hodnoty 0,900 pro ornou půdu, 0,400 pro trvalý travní porost, zahrady a jinou kulturu, 0,200 pro lesy na svazích a 0,050 pro lesy na rovině. Takto klasifikovaná vrstva byla převedena na grid, pomocí GIS nástroje *Features to Raster*.

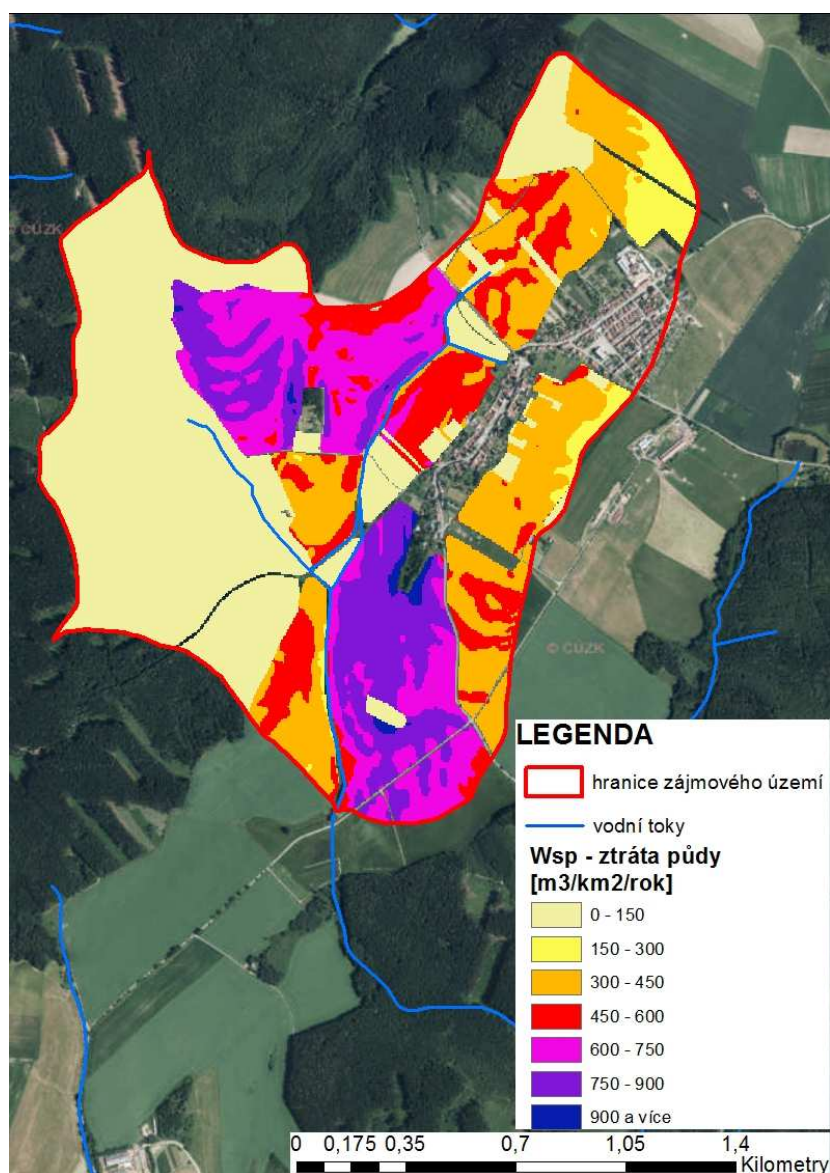
Pro vytvoření gridu součinitele sledovaného procesu eroze (ϕ) byla použita vektorová mapa LPIS, doplněná o další erozní plochy doplněné v závislosti na průzkumu terénu. Mapa byla poté klasifikována podle hodnot součinitele (ϕ) (Tab. 5, Obr. 17) a následně převedena na grid.

Dále nám do výpočtu zasahuje sklon povrchu území. Grid sklonu (Obr. 9) získáme z DMT za použití GIS nástroje *Slope*.

Poté co máme všechny hodnoty vstupující do výpočtu součinitele eroze (Z), vytvoříme grid vrstvy v závislosti na vzorci (6) za pomoci GIS nástroje Raster Calculator (Obr. 15).

S vytvořeným gridem vrstvy součinitele eroze (Z) můžeme pokračovat ke vzorci (3) výpočtu ztráty půdy (W_{sp}).

První hodnotou, která nám vstupuje do výpočtu ztráty půdy (W_{sp}) je teplotní součinitel (T), který vypočítáme dle vzorce (4). Hodnota průměrné roční teploty (t), která nám do výpočtu vstupuje, je 7,0 °C (dle zjištěných údajů ČHMÚ). Hodnota teplotního součinitele je $T = 0,894$ a do výpočtu vstupuje jako konstanta pro celé zpracovávané území.



Obr. 20 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území

Další hodnotou, která vstupuje do výpočtu (W_{sp}) je průměrný roční úhrn srážek, úhrn činí $H=640,6$ mm/rok (dle zjištěných údajů ČHMÚ) a do výpočtu vstupuje jako konstanta pro celé zpracovávané území.

Když máme všechny hodnoty vstupující do výpočtu průměrné roční specifické ztráty půdy (W_{sp}), vytvoříme grid vrstvy v závislosti na vzorci (3) za pomoci GIS nástroje Raster Calculator a získáme tak výslednou ztrátu půdy (W_{sp}) (Obr. 20).

7 Porovnání výsledků ztráty půdy

Pro porovnání výsledků jednotlivých metod bylo nejprve třeba převést výsledky na společné jednotky. Pro převedení byly vybrány výsledky z metody EPM. Došlo tedy k převedení z $[m^3/km^2/rok]$ na $[t/ha/rok]$. Pro převod byla použita hodnota objemové redukované hmotnosti pro kambizemě, které v zájmovém území převládají, $OHR= 1,30 g/cm^3$. Hodnota byla stanovena na základě pedologických průzkumů VUT, prováděných na Ústavu vodního hospodářství krajiny.

Pro výpočet pomocí metody USLE, která používá univerzální rovnici ztráty půdy, bylo využíváno hodnot, které zohledňují odolnost půd vůči erozi (K), vliv vegetace na povrchu vůči erozi (C), klimatické poměry (R) a vliv délky a sklonu svahu (LS). Pro výpočet (LS) faktoru byl použit program USLE2D. Tento výpočtový model řeší odtokové poměry na celém zájmovém území a my tak dostáváme přehlednější pohled na erozi, která v něm probíhá.

Při použití metody EPM bylo při výpočtu ztráty půdy využíváno hodnot, které zohledňují odolnost půd vůči erozi (Y), využívání a ochranu (Xa), sklon terénu (I), klimatické poměry (T , H) a míru zasažení daného území erozí (ϕ). Pro použití v ČR nejsou zcela vhodné dostupné hodnoty pro součinitel (Y), který byl zvolen v závislosti na podkladech (Tab. 3), $Y=0,8$; ačkoliv by mohl mít nejspíš nižší hodnotu. Vše je dáno tím, že v Srbsku, kde je metoda používána mají jinou rozmanitost půd než v ČR. Další stěžejní hodnotou je hodnota součinitel (ϕ), která se určuje v rámci průzkumu terénu a vyžaduje zkušenosti a praxi v oboru, při jejím určení může tudíž snadno dojít k chybě.

U obou metod je při výpočtu využíváno součinitelů (faktorů) podobně zaměřených, ale každá z metod má jiný primární součinitel tedy ten, který nejvíce ovlivní konečnou přesnost výpočtu ztráty půdy. U EPM jsou to především hodnoty klimatické (T, H), které musí být stanoveny velmi přesně v závislosti na nejbližší meteorologické stanici minimálně pro 10ti letou řadu pozorování. Oproti tomu v metodě USLE je to (LS) faktor, který zohledňuje vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze.

Rozdílovým faktorem v přesnosti mezi oběma metodami by mohl být právě (LS) faktor používaný v metodě USLE, který zohledňuje odtokové poměry v rámci celého zájmového území. V EPM se žádná hodnota, která by zohledňovala rozměry pozemku a jejich vliv na ztrátu půdy nenachází, u EPM je tvar pozemku zohledňován pouze okrajově a to hodnotou sklonu (I). Další vliv na možné nepřesnosti v metodě EPM mohli mít již zmíněné součinitele (Y) a (ϕ).

Z výsledků (obr. 21, obr. 22, obr. 23, obr. 24), je patrné, že výpočet EPM je oproti metodě USLE méně přesný z hlediska prostorové lokalizace ztráty půdy v dané ploše. Ovšem při porovnání průměrné ztráty půdy na daných plochách (EHP nebo i LPIS) zjistíme, že rozdíly ztráty půdy nejsou na většině ploch nijak velké (Tab. 6, Tab. 7, Tab. 8, Tab. 9). Při porovnání obou metod zjistíme, že průměrná ztráta půdy vychází u většiny ploch vyšší u EPM, tudíž i celková ztráta půdy z povodí je u EPM vyšší.

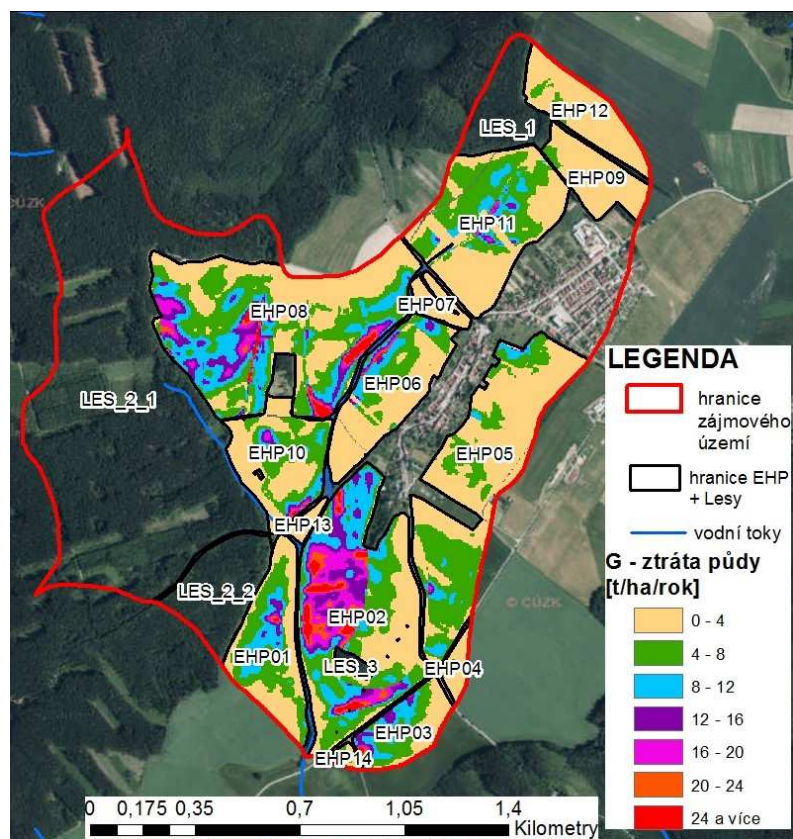
V následujících tabulkách (Tab. 6 až 9) a grafech (Graf 4 a 5) jsou uvedeny hodnoty ztráty půdy dle zvolené metody výpočtu (USLE, EPM) a dle ploch, na kterých probíhají erozní procesy (EHP, LPIS). Pro metodu EPM byly do výpočtů zahrnuty i lesní plochy, na kterých byly také hodnoceny erozní procesy.

Tab. 6 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle USLE

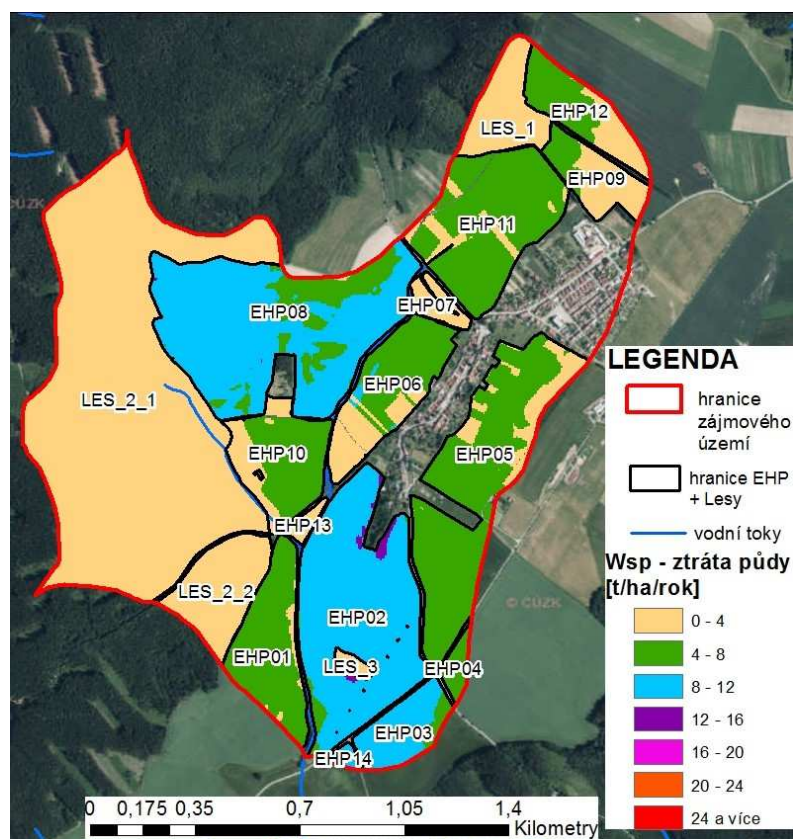
Označení	Plocha [ha]	G_{MAX} [t/ha/rok]	G_{MIN} [t/ha/rok]	$\emptyset G$ [t/ha/rok]	G [t/rok]
EHP01	10,55	0,39	108,56	6,11	64,39
EHP02	27,38	0,25	212,16	9,72	266,04
EHP03	5,75	0,73	129,20	8,00	46,04
EHP04	1,45	0,99	180,34	4,51	6,55
EHP05	24,44	0,01	217,46	3,78	92,46
EHP06	11,17	0,02	29,23	3,93	43,91
EHP07	1,98	0,02	0,37	0,12	0,24
EHP08	34,19	0,01	128,91	7,25	247,85
EHP09	5,59	0,34	10,68	1,35	7,57
EHP10	10,04	0,01	30,37	4,12	41,37
EHP11	18,26	0,02	199,63	4,46	81,38
EHP12	6,98	0,20	147,55	2,91	20,29
EHP13	0,82	0,01	0,17	0,05	0,04
EHP14	0,60	1,64	126,16	7,38	4,42
LES_1	6,73	-	-	-	-
LES_2_1	71,12	-	-	-	-
LES_2_2	8,46	-	-	-	-
LES_3	0,71	-	-	-	-

Tab. 7 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle EPM

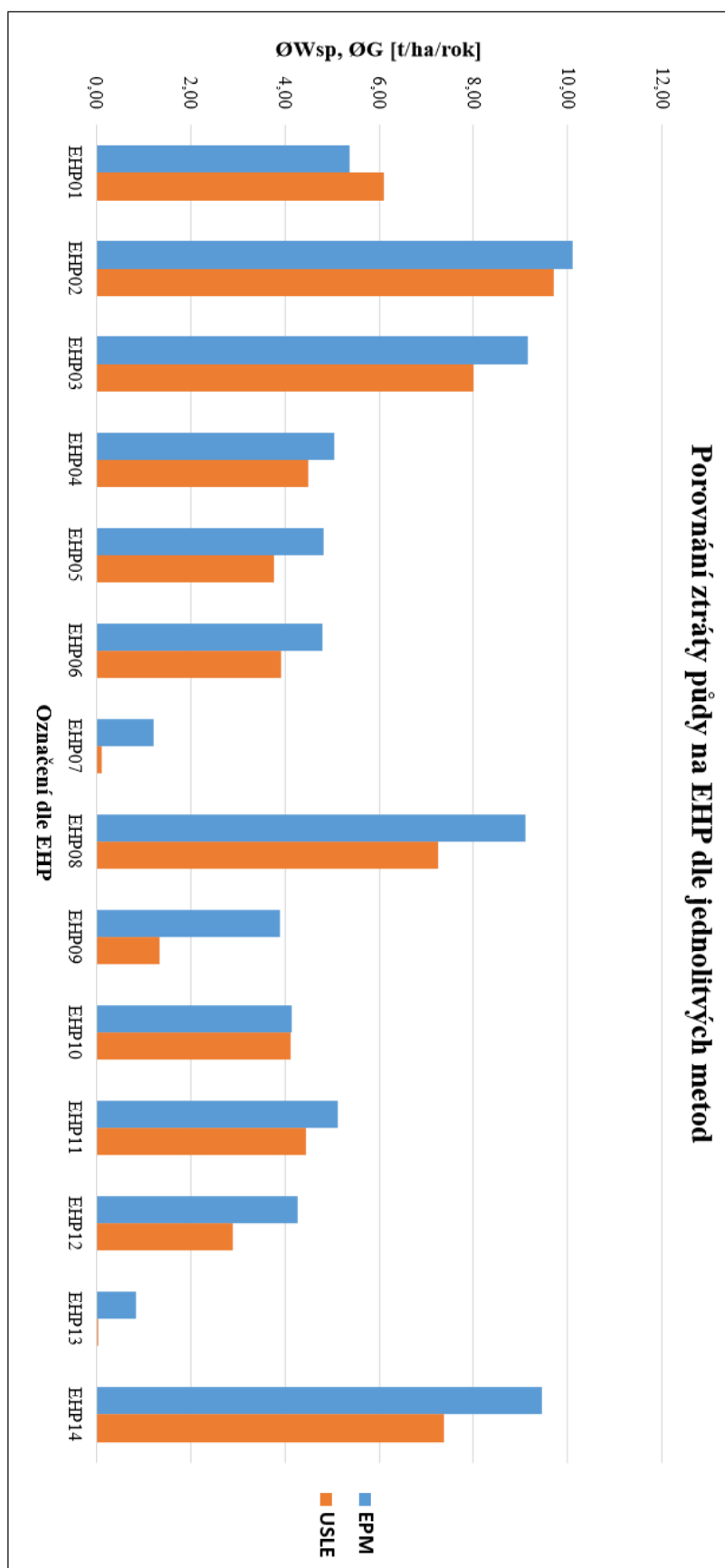
Označení	Plocha [ha]	W_{sp-MIN} [t/ha/rok]	W_{sp-MAX} [t/ha/rok]	$\emptyset W_{sp}$ [t/ha/rok]	W_y [t/rok]
EHP01	10,55	3,18	7,17	5,38	56,73
EHP02	27,38	6,50	13,58	10,10	276,53
EHP03	5,75	6,60	11,03	9,15	52,63
EHP04	1,45	3,69	5,93	5,05	7,34
EHP05	24,44	0,40	7,29	4,83	118,07
EHP06	11,17	0,63	8,75	4,81	53,66
EHP07	1,98	0,94	1,46	1,22	2,42
EHP08	34,19	0,39	12,16	9,10	311,09
EHP09	5,59	3,09	5,48	3,91	21,85
EHP10	10,04	0,53	10,55	4,15	41,67
EHP11	18,26	0,57	7,04	5,11	93,37
EHP12	6,98	0,03	5,91	4,27	29,77
EHP13	0,82	0,41	1,23	0,84	0,68
EHP14	0,60	7,92	10,61	9,44	5,65
LES_1	6,73	0,01	0,05	0,04	0,25
LES_2_1	71,12	0,06	0,58	0,37	26,62
LES_2_2	8,46	0,17	0,48	0,35	2,92
LES_3	0,71	0,35	0,54	0,46	0,32



Obr. 21 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle USLE



Obr. 22 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle EPM



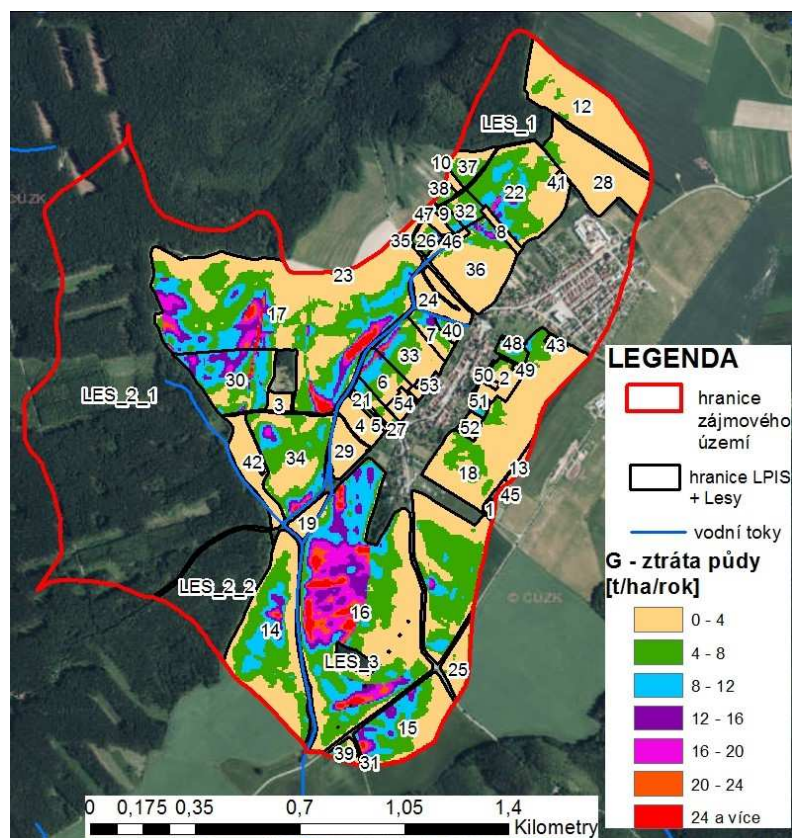
Graf 4 Porovnání ztráty půdy na EHP dle jednotlivých metod EPM a USLE

Tab. 8 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle LPIS + Lesy, dle USLE

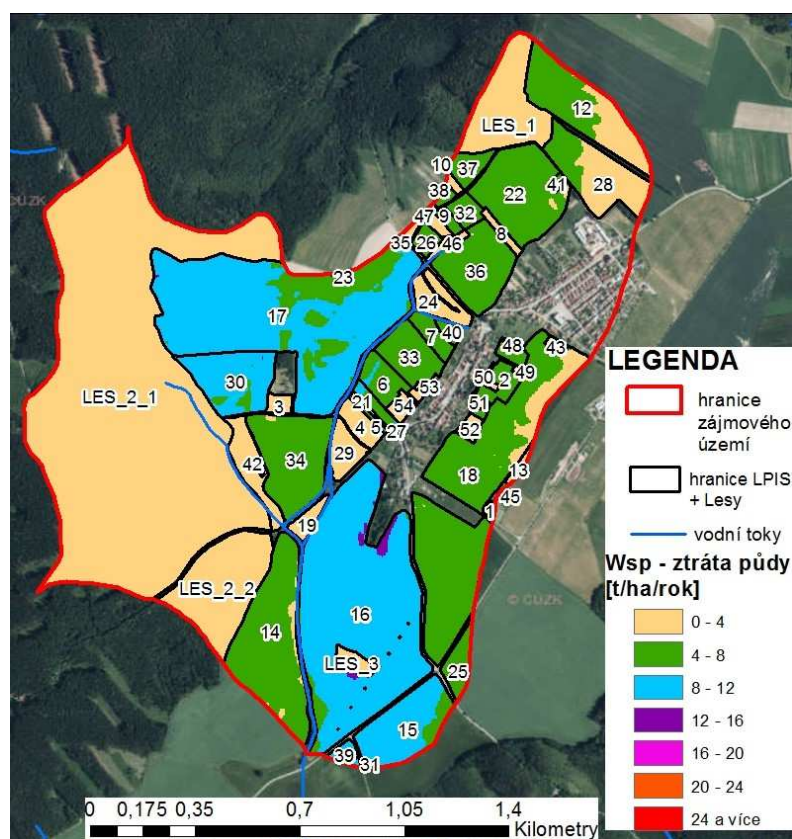
Označení	Plocha [ha]	G_{MAX} [t/ha/rok]	G_{MIN} [t/ha/rok]	$\emptyset G$ [t/ha/rok]	G [t/rok]
1	0,16	0,99	63,40	4,22	0,67
2	2,05	1,44	16,68	4,81	9,84
3	0,53	0,04	0,34	0,15	0,08
4	1,27	0,03	0,79	0,29	0,37
5	0,21	0,06	0,64	0,19	0,04
6	1,82	0,92	29,23	6,82	12,40
7	1,10	0,78	13,68	5,57	6,14
8	0,47	0,02	0,44	0,18	0,09
9	0,42	3,93	11,83	6,88	2,86
10	0,22	0,06	1,95	0,24	0,05
11	0,03	0,09	2,74	0,82	0,02
12	6,97	0,20	147,55	2,91	20,28
13	0,33	0,01	1,91	0,09	0,03
14	10,55	0,39	108,56	6,11	64,40
15	5,75	0,73	129,20	8,00	46,04
16	27,38	0,25	212,16	9,72	266,04
17	28,97	0,19	128,91	6,99	202,54
18	20,45	0,18	217,46	3,96	81,10
19	0,81	0,01	0,17	0,05	0,04
21	0,73	1,84	21,92	6,27	4,58
22	7,27	0,56	22,97	5,47	39,77
23	0,05	0,01	3,43	0,31	0,02
24	1,98	0,02	0,37	0,12	0,24
25	1,44	0,99	180,34	4,51	6,47
26	0,70	2,16	14,11	5,70	3,96
27	0,24	2,01	28,45	6,52	1,59
28	5,59	0,00	10,68	1,35	7,57
29	1,59	0,05	0,51	0,24	0,38
30	5,13	0,00	35,76	8,78	45,08
31	0,09	2,23	75,59	6,03	0,53
32	0,92	3,46	12,68	6,00	5,55
33	2,94	0,61	28,90	5,47	16,08
34	6,94	0,57	30,37	5,84	40,52
35	0,25	0,02	3,19	0,38	0,10
36	5,25	0,34	19,43	3,25	17,06
37	1,19	1,91	65,68	4,72	5,64
38	0,31	2,70	199,63	15,71	4,79
39	0,51	1,64	126,16	7,61	3,89
40	0,38	1,67	12,01	5,35	2,01
41	0,19	0,92	3,63	1,58	0,30
42	2,47	0,01	0,46	0,12	0,30
43	0,25	0,02	0,12	0,06	0,01
44	0,01	1,39	5,74	3,64	0,03
45	0,07	0,99	6,13	2,39	0,16
46	0,45	0,06	1,47	0,28	0,13
47	0,38	0,08	0,37	0,22	0,08
48	0,07	0,20	0,40	0,29	0,02
49	0,12	0,09	0,17	0,13	0,02
50	0,14	0,05	0,14	0,08	0,01
51	0,18	0,06	0,13	0,08	0,02
52	0,49	0,06	0,27	0,13	0,06
53	0,04	0,05	0,06	0,06	0,00
54	0,80	0,02	0,19	0,05	0,04
LES_1	6,73	-	-	-	-
LES_2_1	71,12	-	-	-	-
LES_2_2	8,46	-	-	-	-
LES_3	0,71	-	-	-	-

Tab. 9 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území LPIS + Lesy, dle EPM

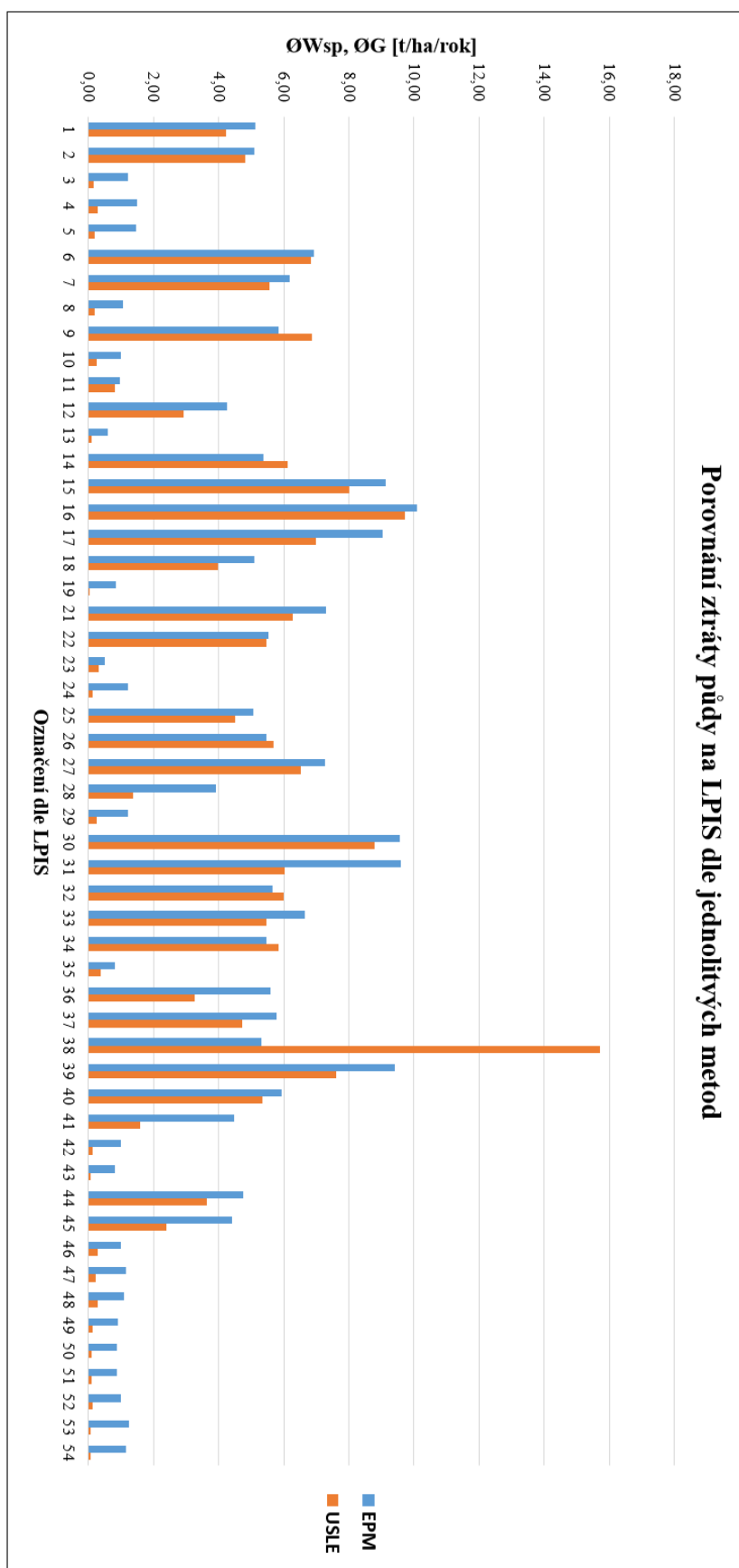
Označení	Plocha [ha]	W_{sp-MIN} [t/ha/rok]	W_{sp-MAX} [t/ha/rok]	$\emptyset W_{sp}$ [t/ha/rok]	Wy [t/rok]
1	0,16	3,95	5,65	5,11	0,81
2	2,05	4,33	6,21	5,10	10,43
3	0,53	0,90	1,50	1,22	0,65
4	1,27	0,85	1,88	1,49	1,89
5	0,21	1,26	1,84	1,47	0,30
6	1,82	3,89	8,26	6,92	12,57
7	1,10	4,48	7,35	6,18	6,81
8	0,47	0,62	1,30	1,05	0,50
9	0,42	5,39	6,76	5,85	2,43
10	0,22	0,78	1,09	1,00	0,21
11	0,03	0,87	1,05	0,97	0,02
12	6,97	2,77	5,91	4,27	29,79
13	0,33	0,40	0,82	0,58	0,19
14	10,55	3,18	7,17	5,38	56,73
15	5,75	6,60	11,03	9,15	52,63
16	27,38	6,50	13,58	10,10	276,53
17	28,97	5,63	12,16	9,03	261,68
18	20,45	2,90	7,29	5,11	104,51
19	0,81	0,41	1,23	0,84	0,68
21	0,73	6,05	8,75	7,29	5,33
22	7,27	3,68	7,04	5,54	40,27
23	0,05	0,39	0,59	0,51	0,03
24	1,98	0,94	1,46	1,22	2,42
25	1,44	3,69	5,93	5,05	7,25
26	0,70	4,57	6,74	5,47	3,81
27	0,24	6,62	8,73	7,26	1,77
28	5,59	3,09	5,48	3,91	21,85
29	1,59	0,63	1,57	1,20	1,91
30	5,13	6,60	12,03	9,57	49,14
31	0,09	7,96	10,61	9,59	0,84
32	0,92	5,23	6,79	5,65	5,23
33	2,94	4,84	7,88	6,65	19,56
34	6,94	3,51	7,59	5,48	38,04
35	0,25	0,57	1,12	0,80	0,20
36	5,25	3,87	6,83	5,59	29,33
37	1,19	4,71	6,16	5,76	6,89
38	0,31	4,46	5,74	5,30	1,62
39	0,51	7,92	10,59	9,42	4,81
40	0,38	5,03	6,55	5,94	2,23
41	0,19	4,05	5,26	4,48	0,84
42	2,47	0,53	1,40	1,00	2,47
43	0,25	0,59	1,06	0,82	0,20
44	0,01	4,58	4,99	4,76	0,04
45	0,07	3,15	5,35	4,40	0,29
46	0,45	0,62	1,31	0,99	0,45
47	0,38	0,87	1,37	1,15	0,43
48	0,07	0,96	1,18	1,09	0,08
49	0,12	0,84	1,00	0,91	0,11
50	0,14	0,79	0,97	0,88	0,12
51	0,18	0,81	0,93	0,86	0,16
52	0,49	0,87	1,13	1,00	0,49
53	0,04	1,14	1,32	1,26	0,05
54	0,80	0,88	1,70	1,16	0,93
LES_1	6,73	0,01	0,05	0,04	0,25
LES_2_1	71,12	0,06	0,58	0,37	26,62
LES_2_2	8,46	0,17	0,48	0,35	2,92
LES_3	0,71	0,35	0,54	0,46	0,32



Obr. 23 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle LPIS + Lesy, dle USLE



Obr. 24 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území LPIS + Lesy, dle EPM



Graf 5 Porovnání ztráty půdy na LPIS dle jednotlivých metod EPM a USLE

Tab. 10 Porovnání celkových ztrát půd z celé zájmové oblasti dle jednotlivých metod EMP (Wy) a USLE (G) na EHP a LPIS

		Ztráta půdy celkem [t/rok]	Rozdíl mezi metodami [%]
EHP	Wy [t/rok]	1071	13,90
	G [t/rok]	923	
LPIS	Wy [t/rok]	1069	13,90
	G [t/rok]	920	
EHP + Lesy	Wy [t/rok]	1102	-
LPIS + Lesy	Wy [t/rok]	1099	

Při porovnání ztráty půdy z EHP dle metod USLE a EPM bylo dosaženo vyšších hodnot ztrát, pomocí metody EPM a to na většině EHP. Metodou USLE byla ztráta větší pouze v případě plochy EHP01. Největší rozdíly mezi metodami byly zaznamenány na plochách EHP09 (rozdíl 2,55 t/ha/rok) a EHP14 (rozdíl 2,06 t/ha/rok). Ztráta půdy ze zájmové oblasti pomocí EPM na EHP byla vyšší o 148 t/rok, což činí mezi oběma metodami rozdíl 13,90 % (Tab. 10). V EPM jsou do celkové ztráty půd započítávány i ztráty půdy z lesů, proto celková ztráta půdy z povodí dle EPM na EHP+Lesy činí $W_y=1102$ t/rok.

Při porovnání ztráty půdy z ploch LPIS dle metod USLE a EPM bylo dosaženo vyšších hodnot ztrát, pomocí metody EPM a to na většině ploch LPIS. Největší rozdíly mezi metodami, kde byly vyšší hodnoty z EPM, byly zaznamenány na plochách č. 31 (rozdíl 3,56 t/ha/rok), č. 41 (rozdíl 2,90 t/ha/rok) a č. 28 (rozdíl 2,55 t/ha/rok). Ovšem největší rozdíl (10,40 t/ha/rok) byl zaznamenán na ploše č. 38, kde byla vyšší ztráta pomocí metody USLE, která byla způsobená vyššími hodnotami LS faktoru na dané ploše. Ztráta půdy ze zájmové oblasti pomocí EPM byla na plochách LPIS vyšší o 149 t/rok, což činí mezi oběma metodami rozdíl 13,90 % (Tab. 10). V EPM jsou do celkové ztráty půd započítávány i ztráty půdy z lesů, proto celková ztráta půdy z povodí dle EPM na plochách LPIS + Lesy činí $W_y=1099$ t/rok.

8 Závěr

V rámci bakalářské práce bylo provedeno vyhodnocení ztráty půdy, které bylo provedeno pro zájmové území nacházející se v severozápadní části povodí Němčického potoka, v okrese Blansko. Výpočet byl proveden dvěma metodami a to metodou EPM, využívanou v Srbsku a metodou USLE, využívanou např. v ČR. Nakonec byly obě tyto metody vzájemně porovnány.

Obě metody využívají jiný způsob výpočtu, metoda USLE využívá univerzální rovnici pro ztrátu půdy (G), metoda EPM svoji rovnici pro průměrnou roční specifickou ztrátu půdy (W_{sp} , W_y). Výpočet byl u obou metod proveden v prostředí ArcGIS, přičemž u metody USLE byl ještě využit při výpočtu faktoru (LS) program USLE2D.

Z hlediska přesnosti dosažených reálných výsledků je pro podmínky v ČR vhodnější metoda USLE, a to nejen z důvodu přesnějšího zadávání dat do výpočtu, ale i tím že se v metodě EPM nenachází žádný faktor, který by lépe zohledňoval topografický faktor a odtokové poměry v daném území.

Nicméně výsledné hodnoty ztráty půdy se mezi oběma metodami příliš neliší, je tedy možné pro identifikaci erozně ohrožených ploch aplikovat pro podmínky v ČR i metodu EPM. .

Důležité je i rovněž využití daných metod v praxi. V praxi je nutná především jednoduchost a časová nenáročnost výpočtu při odpovídající kvalitě. Z tohoto hlediska je na tom také lépe metoda USLE.

9 Použité zdroje a literatura

- [1] NOVOTNÝ, Ivan, Martin MISTR, Vladimír PAPAJ, et al. *Příručka ochrany proti vodní erozi*. 2.přepracované vydání. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2014. ISBN 978-80-87361-33-7.
- [2] WISCHMEIER, W.C., SMITH, D.D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning*. Washington, DC : US Department of Agriculture, 1978. str. 537.
- [3] JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ČZU Praha, 2012.
- [4] GAVRILOVIĆ, Z. - *The Erosion Potential Method - Complex Methodology of Qualitative - Quantitative Classification of Erosion Processes Investigation Procedures, Mapping and Computations*. Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi" – Belgrade 1990.
- [5] Prohlížeč služba WMS - Ortofoto. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- [6] Prohlížeč služba WMS - ZM 50. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- [7] Prohlížeč služba - Geologická mapa 1:50 000. Dostupné z: <http://geology.cz>
- [8] PIETRASOVÁ, P. *Možnosti tenkých a tlustých klientů při správě a analýze krajině typologických dat*. Olomouc, vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, 2008.
- [9] Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci. *Předpis č. 327/1998 Sb.* 1998.
- [10] *Přehledná mapa povodí Svitavy*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2006.
- [11] VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. *Nabídka mapových a datových produktů – Hydrologické charakteristiky* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: http://www.vumop.cz/sites/File/Katalog_Map/20130529_katalogMap_Hydrologicke_charakteristiky.pdf
- [12] MACKŮ, J., 2000. *Systém komplexního hodnocení půd, dílčí část lesní půdy*. Projekt č. VaV/640/3/00. Brno: AOPK, 58-78

- [13] MACKŮ, J., 2012. *Problematika stanovení hydrologických skupin půd v lesích*. In: FIALOVÁ, J., ed.: *Krajinné inženýrství 2012*. Praha: Ministerstvo zemědělství, s. 15-22. ISBN 978-80-87384-03-9.
- [14] MIG ESP Klimatické regiony ČR. *Klimatické regiony ČR* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.migesp.cz/klimaticke-regiony-cr>
- [15] VOPRAVIL, J., a kol. *Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky*. Praha: SOWAC, s. r. o., 2013.
- [16] DUMBROVKÝ, M., MILERSKI, R. *Vodní hospodářství krajiny II*. FAST VUT Brno, 2005.
- [17] VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V.V.I. *Nabídka mapových a datových produktů – Ohroženost vodní erozí* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: http://www.vumop.cz/sites/File/Katalog_Map/20130529_katalogMap_Ohrozenost_Vodni_erozi.pdf
- [18] KOSTADINOV, S. *Bujični tokovi i erozija*. Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2008.
- [19] STEFANOVIĆ, M., GAVRILOVIĆ, Z., MILOVANOVIĆ, I., MILOJEVIĆ, M. *Risks of application of modified models for erosion and sediment processes*. Institute for the Development of Water Resources Jaroslav Černi, Belgrade 2009.
- [20] KADLEC, J. *Výpočet LS-faktoru (RUSLE) s využitím GIS a USLE2D*, 2006.

10 Seznam použitých zkratk a označení

Zkratky

BPEJ	Bonitované půdně ekologické jednotky
CH	Chladný, vlhký
ČR	Česká republika
ČHMÚ	Česká hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
EHP	Erozně hodnocené plochy
EPM	Erozní potenciální metoda
GIS	Geografický informační systém
HPJ	Hlavní půdní jednotka
HSP	Hydrologická skupina půd
KÚ	Katastrální území
LPIS	Registr využití zemědělské půdy
TTP	Trvalý travní porost
USLE	Univerzální rovnice ztráty půdy
SLT	Soubor lesních typů
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
WMS	Web map service

Označení

a	součinitel ochrany půdy [-]
C	faktor ochranného vlivu vegetace [-]
E	celková kinetická energie deště [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$]
F	plocha sledované oblasti [m^2]
G	průměrná roční ztráta půdy [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]
H	průměrný roční úhrn srážek [mm]
I	je střední sklon povrchu [-]
I_{30}	max. 30minutová intenzita deště [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$]
K	faktor erodovatelnosti deště [$\text{t} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{h} \cdot \text{cm}^{-1}$]
L	faktor délky svahu [-]
P	faktor protierozních opatření [-]
R	faktor erozní účinnosti deště [$\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$]
S	faktor sklonu svahu [-]
T	teplotní součinitel [-]
t	průměrná roční teplota [$^{\circ}\text{C}$]
W_{sp}	průměrná roční specifická ztráta půdy [$\text{m}^3/\text{km}^2/\text{rok}$]
W_y	průměrná roční ztráta půdy pro danou sledovanou oblast [m^3/rok]
X	součinitel využití půdy [-]
Y	součinitel odolnosti půdy vůči erozi [-]
Z	součinitel eroze [-]
φ	součinitel sledovaného procesu eroze [-]

11 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázky

Obr. 1 Ortofoto zájmového území [5]

Obr. 2 Přehledná situace zájmového území [6]

Obr. 3 Geologické členění zájmového území [7]

Obr. 4 Pedologické členění zájmového území

Obr. 5 Mapa hlavních půdních jednotek

Obr. 6 Přehledná mapa povodí Svitavy [10] s vyznačením zájmového území

Obr. 7 Hydrografická síť

Obr. 8 Mapa hydrologických skupin půd

Obr. 9 Mapa sklonistostních poměrů

Obr. 10 Mapa klimatických oblastí [14] s vyznačením zájmového území

Obr. 11 Mapa průměrných hodnot R-faktoru [3] s vyznačením zájmového území

Obr. 12 Mapa hodnot K faktoru na zájmovém území

Obr. 13 Mapa hodnot C faktoru na zájmovém území

Obr. 14 Mapa hodnot LS faktoru na zájmovém území

Obr. 15 Mapa kategorizace eroze EPM dle součinitel eroze (Z)

Obr. 16 Mapa Součinitele využití a ochrany půdy (Xa)

Obr. 17 Mapa Součinitele sledovaného procesu eroze (φ)

Obr. 18 Digitální model terénu KÚ zájmového území

Obr. 19 Ztráta půdy (G) pro zájmového území

Obr. 20 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území

Obr. 21 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle USLE

Obr. 22 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle EPM

Obr. 23 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle LPIS + Lesy, dle USLE

Obr. 24 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území LPIS + Lesy, dle EPM

Tabulky

Tab. 1 Hydrologické skupiny půd zájmového území a příslušný K faktor

Tab. 2 Kategorizace eroze EPM dle součinitele eroze (Z) [18]

Tab. 3 Součinitel odolnosti půdy vůči erozi (Y) [19]

Tab. 4 Součinitel využití a ochrany půdy (X_a) [18]

Tab. 5 Součinitel sledovaného procesu eroze (ϕ) [19]

Tab. 6 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle USLE

Tab. 7 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území dle EHP + Lesy, dle EPM

Tab. 8 Ztráta půdy (G) pro zájmového území dle LPIS + Lesy, dle USLE

Tab. 9 Ztráta půdy (W_{sp}) pro zájmového území LPIS + Lesy, dle EPM

Tab. 10 Porovnání celkových ztrát půd z celé zájmové oblasti dle jednotlivých metod

Grafy

Graf 1 Charakteristika pedologických poměrů dle HPJ

Graf 2 Procentuální zastoupení podle HSP – zemědělská půda a lesy

Graf 3 Procentuální zastoupení podle HSP – lesní půda

Graf 4 Porovnání ztráty půdy na EHP dle jednotlivých metod

Graf 5 Porovnání ztráty půdy na LPIS dle jednotlivých metod