



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 PROTIEROZNÍCH A
VODOHOSPODÁŘSKÝCH OPATŘENÍ V MALÉM
POVODÍ**

THE PROJECT OF THE FLOOD AND SOIL PROTECTION MEASURES IN THE SMALL
WATERSHED

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JIŘÍ ŠEBRLE

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Doc. Dr. Ing. PETR DOLEŽAL

BRNO 2017



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	Jiří Šebrle
Název	Návrh protiteročních a vodohospodářských opatření v malém povodí
Vedoucí práce	doc. Dr. Ing. Petr Doležal
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Janeček, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí - 5/1992, ÚVTIZ, Praha 1992

Typizační směrnice pro návrh propustků

Dýrová, E.: Ochrana a organizace povodí,

učební texty programu ArcView - ArcMap + nadstavby 3D Analyst, Spatial Analyst

Holý, M.: Protierozní ochrana, SNTL 1978

Holý, M.: Eroze a životní prostředí, ČVUT, 1994

související normy a předpisy

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Student provede návrh vodohospodářských a protierozních opatření sloužících omezení projevů vodní eroze a k zachycení a odvedení přívalových vod ohrožujících intravilán obce. Lokalita bude upřesněna vedoucím práce

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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).

doc. Dr. Ing. Petr Doležal

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem práce bylo vyhodnocení erozních smyvů a kulminačních průtoků na určeném území v obci Třebářov. Erozní smyv byl určen metodou USLE, kulminační průtok byl vypočten pomocí CN křivek v programu DesQ. Na základě těchto hodnot byla navržena protierozní a vodohospodářská opatření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Třebářov, eroze, kulminační průtok, USLE, CN, Desq, protierozní opatření, vodohospodářská opatření

ABSTRACT

The aim of the work was evaluation of erosion losses and peak flows for designed territory in Třebářov. Erosion loss was designed by USLE method. Peak flow was calculated using CN curve in DesQ software. Based on these values measures of soil erosion control and water management measures were designed.

KEYWORDS

Třebářov, erosion, peak flow, USLE, CN , DesQ, measures of soil erosion control, water management measures

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jiří Šebrle *Návrh protierozních a vodohospodářských opatření v malém povodí*. Brno, 2017. 90 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Petr Doležal

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2017

Jiří Šebrle
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 25. 5. 2017

Jiří Šebrle
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval především doc. Dr. Ing. Petru Doležalovi za ochotu, trpělivost, poskytnuté rady a zkušenosti při tvorbě mé práce.

OBSAH

1	Úvod	12
2	Erozní působení	14
2.1	Větrná eroze	14
2.2	Vodní eroze	15
2.2.1	Plošná vodní eroze	16
2.2.2	Výmolná vodní eroze	16
2.2.3	Proudová vodní eroze	17
3	Metoda - USLE:	17
3.1	Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)	19
3.2	Faktor erodovatelnosti půdy (K)	20
3.3	Faktory délky a sklonu svahu (L,S)	22
3.4	Faktor ochranného vlivu vegetace (C)	23
3.5	Faktor účinnosti protierozních opatření (P)	24
3.6	přípustná hodnota ztráty půdy vodní erozí	25
4	Metoda čísel odtokových křivek (CN)	25
4.1	Objem odtoku	26
5	Doporučená opatření proti vodní erozi	27
5.1	Organizační opatření	27
5.1.1	Tvar a velikost pozemku	27
5.1.2	Delimitace kultur	28
5.1.3	Ochranné zatravnění	28
5.1.4	Ochranné zalesnění	28
5.1.5	Protierozní rozmísťování plodin	29
5.1.6	Protierozní osevní postupy	29
5.1.7	Pásové střídání plodin	30
5.2	Agrotechnická opatření	30
5.2.1	Agrotechnická opatření na orné půdě	30
5.2.2	Agrotechnologie ve speciálních kulturách	31
5.3	Technická opatření	32
5.3.1	Protierozní meze	33
5.3.2	Zasakovací pásy	33

5.3.3	Protierozní průlehy.....	33
5.3.4	Manipulační pásy.....	34
5.3.5	Protierozní příkopy.....	34
5.3.6	Protierozní nádrže.....	34
5.3.7	Terasování.....	35
5.3.8	Protierozní hrázky.....	35
5.3.9	Polní cesty s protierozní funkcí.....	35
5.3.10	Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku.....	36
6	Analýza současného stavu území.....	37
6.1.1	Obec Třebářov.....	37
6.2	Podrobný průzkum terénu.....	38
6.2.1	Geomorfologické poměry.....	38
6.2.2	Pedologické poměry:.....	39
6.2.3	Hydrologie.....	42
6.2.4	Hydropedologie.....	44
6.2.5	Sklonitostní poměry.....	46
6.2.6	Klimatické poměry.....	47
6.3	Univerzální rovnice USLE dle Wischmeier – Smith – hodnoty faktorů.....	48
6.3.1	Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R).....	48
6.3.2	Faktor erodovatelnosti půdy (K).....	48
6.3.3	Faktory délky a sklonu svahu (L,S).....	50
6.3.4	Faktor ochranného vlivu vegetace (C).....	50
6.3.5	Faktor účinnosti protierozních opatření (P).....	50
6.3.6	Přípustná hodnota ztráty půdy vodní erozí.....	50
6.4	Posouzení erozního smyvu v liniích.....	50
6.4.1	Zhodnocení prvního kroku:.....	58
6.5	Návrh protierozního osevního postupu.....	58
6.5.1	Zhodnocení protierozního osevního postupu.....	62
6.6	Návrh dalšího peo.....	62
6.6.1	Zhodnocení dalších PEO.....	64
6.7	Zhodnocení navržených PEO.....	65
6.8	DIMENZE TECHNICKÝCH PEO.....	65
6.8.1	ZÁCHYTNÉ PRŮLEHY.....	65
6.8.2	ZATRAVNĚNÁ ÚDOLNICE.....	72

7	Výpočet kulminačních průtoků	79
7.1	Určení průměrných čísel CN	79
7.2	Výpočet v programu DesQ	81
7.3	Výstupy z programu DesQ	82
8	Závěr	84
9	Použité zdroje	85
10	seznam použitých zkratk a symbolů	87
11	Seznam tabulek, obrázků a grafů	88
11.1	Tabulky	88
11.2	Obrázky	89
11.3	Grafy	90

1 ÚVOD

Voda a půda. Dvě nejcennější komodity, kterými jako lidstvo disponujeme, a bez kterých bychom si život nemohli ani představit. První civilizace vznikaly v okolí velkých řek v místech, kde byla úrodná půda pro zemědělství. Tyto komodity nám zanechali naši předkové a je na nás, abychom se o ně pečlivě starali a předali je dalším generacím v co nejlepším stavu.

Zde však začíná problém. V posledních deceniích totiž lidé začali ztrácet zájem o půdu, o vodu i o životní prostředí jako takové, a na přírodní zdroje pohlížejí jako na zdroj zisku bez ohledu na dopady své činnosti do budoucna. Ve vztahu k půdě došlo k významné změně po únoru roku 1948, kdy se moci v Československé republice chopil komunistický aparát a začal zavádět nechvalně známý proces kolektivizace. Statkáři, kteří do té doby šetrně hospodařili na své vlastní půdě, se k ní chovali s úctou a respektem. Věděli totiž, že je to nejcennější, mnohdy i jediná věc, která po nich zůstane jejich potomkům. Po zavedení kolektivizace byli donuceni, mnohdy i násilím, odevzdat svůj obhospodařovaný majetek i hospodářská zvířata do společných družstev. Nežádka se stávalo, že vedoucí pracovníci těchto družstev neměli potřebnou kvalifikaci a zkušenosti s obhospodařováním půdy a do svých pozic byli zvoleni především díky politické své angažovanosti. Tímto hospodařením došlo k poklesu ekonomické a sociální úrovně venkova. Vrcholem kolektivního hospodářství a symbolickým zánikem soukromého vlastnictví bylo rozorávání mezí. Tento proces měl mimo výše uvedené politické symboly sloužit také pro snazší obdělávání nově sloučených území. V konečném důsledku tento krok však přinesl snížení biodiverzity krajiny, schopnosti půdy vsakovat a zadržovat vodu, omezení malého koloběhu vody a v neposlední řadě zvýšené ohrožení půdy erozí, jak větrnou tak i vodní.

Po roce 1989 došlo ke změně zemědělské politiky s důrazem na trvale udržitelné hospodaření. Prvních pár kroků v cestě k nápravě škod napáchaných na krajině se již učinili, například zavedením zákona 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu, kde je zemědělský půdní fond

vymezen jako základní přírodní bohatství naší země a nenahraditelným prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu. [8]

Ve své práci se zaměřuji na vodní erozi zemědělské půdy v katastrálním území obce Třebařov, ve kterém bylo vymezeno řešené území, které je nejvíce postižené vodní erozí. V tomto území dojde k výpočtu erozního smyvu na liniích pomocí „univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí - USLE, dle Weischmeiera a Smithe (1978).[3]

Poté bude proveden výpočet kulminačních průtoků v kritických bodech údolnic. Na základě těchto znalostí dojde k navržení účinných protierozních a vodohospodářských opatření.

vymezení řešeného území v KÚ Třebařov



Obr. 1 Vymezení řešeného území v KÚ Třebařov

2 EROZNÍ PŮSOBNÍ

Eroze je chápána jako degradace půdního povrchu působením destruktivních sil. Jejich působení má za následek ztrátu ornice - nejúrodnější vrstvy půdy. V důsledku tohoto smyvu dochází k několika negativním jevům. V první řadě se jedná o snížení bonity půdy a tím i výnosů ze zemědělských plodin, protože svrchní splavená vrstva ornice je nejúrodnější a trvá i několik staletí, než dojde k její obnově. Dalším negativním jevem je působení samotné erodované půdy. V souvislosti s tímto dochází ke zhoršení dostupnosti a obhospodařovatelnosti pozemků, zanášení kanalizací, rybníků, vodních nádrží, propustků, příkopů ale i lidských obydlí splaveným materiálem. Náklady na odstranění těchto škod mohou vystoupat i do výše několika milionů korun.

Erozní působení na půdu se na našem území rozlišuje na větrné a vodní.

2.1 VĚTRNÁ EROZE

Větrná eroze ovlivňuje především lehké půdy. Podstatou větrné eroze je mechanická síla větru. Rozeznáváme dva druhy větrné eroze, a to korazi a deflaci. Při korazi dochází k obrusu horniny působením tření materiálu, který unáší vítr. Projev deflace je spojen s odnosem zvětralého a sypkého materiálu větrem. Půda je větrnou erozí nejvíce ohrožena po suché zimě na jaře, kdy půda není dostatečně zpevněna vegetačním krytem. Při pohledu na rovnici pro výpočet intenzity větrné eroze (dle Woodrufa a Siddowaye -1965 a upraveného Vránou – 1978)

$$E = I \cdot K \cdot C \cdot f(L) \cdot f(V)$$

kde:

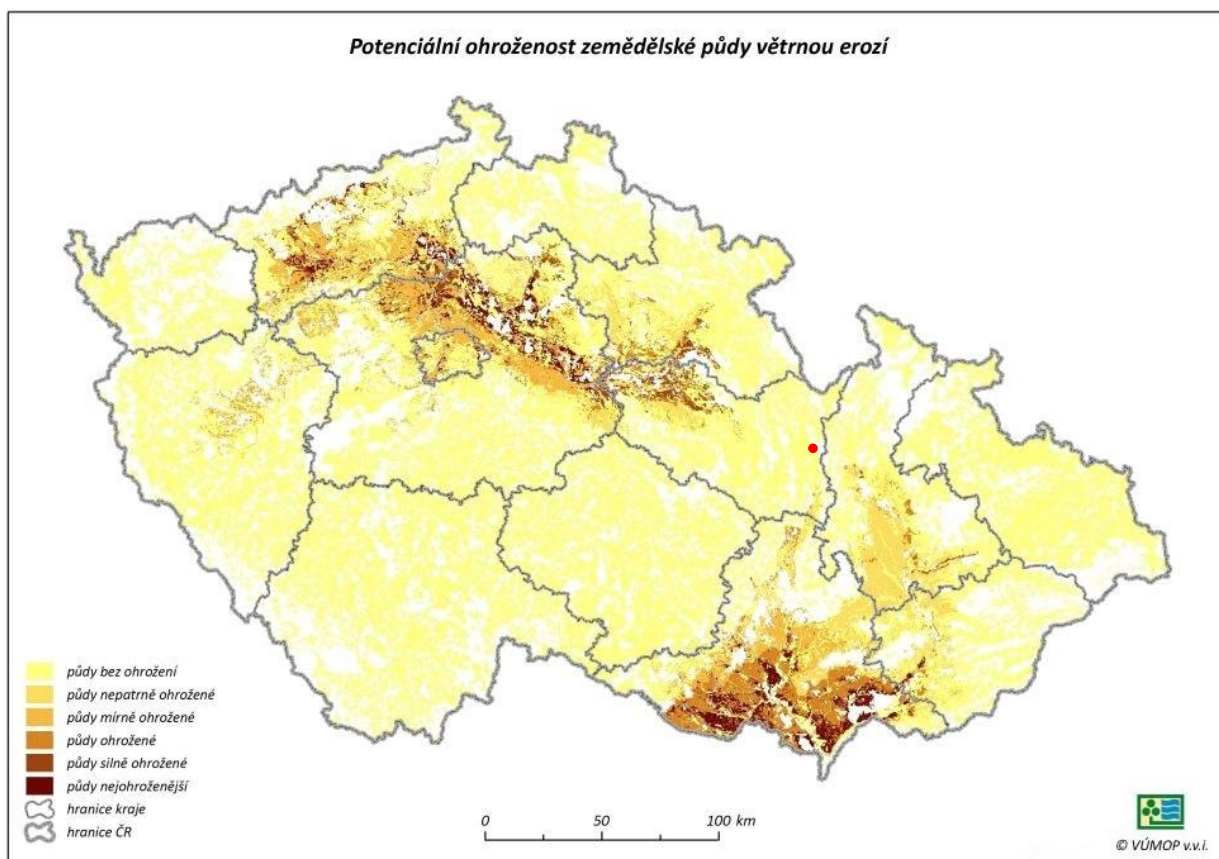
E	-	Potenciální ztráta půdy větrnou erozí ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)
I	-	faktor erodability půdy (%)
K	-	faktor drsnosti půdního povrchu (brázdy, výčnělky, nerovnost mikroreliefu)
C	-	klimatický faktor

L - faktor délky pozemku

V - faktor krytu vegetace

Je zřejmé, že činností člověka lze ovlivnit především poslední dva faktory vstupující do vzorce, čímž lze zmírnit intenzitu větrné eroze i v našich podmínkách, pokud je to žádoucí. Vedle vhodného navrhování druhu a členitosti pozemků lze zajistit účinnou obranu proti větrné erozi zvýšením hustoty rostlinného pokryvu a vysazování větrolamů ke snížení rychlosti větru.

Dle přiložené mapy je patrné, že území obce Třebařov není větrnou erozí ohroženo. Proto dojde k posouzení pouze erozní účinnosti vody.



Obr. 2 Ohrožení větrnou erozí v ČR [14]

2.2 VODNÍ EROZE

Vodní eroze spočívá v rozrušování půdního povrchu působením sil vody, při kterém dochází k postupnému odplavování půdních částic. Proces odplavování

postupuje od organických látek a nejjemnějších prachových částic po větší částice. Tímto působením se postupně zmenšuje mocnost půdního profilu a snižuje obsah živin v půdě. [3]

2.2.1 Plošná vodní eroze

Plošná vodní eroze je charakterizována rozrušováním a smyvem půdní hmoty na celé ploše území.

Její první stupeň je **eroze selektivní**, při které jsou jemné půdní částice odnášené povrchovým odtokem. Dochází tak ke změně půdní textury a obsahu živin v půdě a půdy. Půdy podléhající selektivní erozi se stávají hrubozrnějšími a mají výrazně snížený obsah živin. Půdy, které jsou obohaceny smyvem, jsou jemnozrnější a bohaté na živiny.

Selektivní eroze probíhá zvolna a nezanechává viditelné stopy. Je možné ji rozpoznat z jemného materiálu akumulovaného v dolních částech svahu po přívalem dešti, často jsou jím zaneseny příkopy a komunikace.

Selektivní plošná vodní eroze způsobuje nestejný vývoj vegetace a projevující se rozdílným růstem, barvou a kvalitou v částech svahu, kde došlo ke smyvu jemných půdních částic a živin, a v dolní části svahu, kde došlo k akumulaci smytého materiálu.

Další forma plošné eroze se nazývá **eroze vrstvená**. Dochází při ní ke smyvu půdní hmoty ve vrstvách, a to při větší kinetické energii povrchově stékající vody a nepříznivém utváření půdního profilu. [3]

2.2.2 Výmolná vodní eroze

Výmolná vodní eroze vzniká postupným soustředováním povrchově stékající vody, která vytváří mělké zářezy v půdním povrchu. Zářezy se pak postupně prohlubují. První stadium výmolné vodní eroze je **eroze rýžková a brázdová**.

Při **rýžkové erozi** jsou v půdním povrchu utvářeny drobné úzké zářezy, které vytvářejí na postiženém svahu hustou síť.

Při **brázdové erozi** vznikají mělké širší zářezy, jejichž hustota na svahu je menší než u eroze rýžkové.

Výmolná vodní eroze se často označuje jako nejvyšší stupeň plošné eroze z důvodu, že rýžková a brázdová eroze postihuje často velkou část povrchu svahu.

Další stupeň výmolné eroze je **eroze rýhová**. Ta je utvářena tak, že z rýžek a brázd vznikají díky povrchově stékající vodě hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně spojují a prohlubují.

Rýhová eroze přechází v další stupeň - **erozi výmolovu** a ta v **erozi stržovou**, která je nebezpečná a devastuje území.

Výsledkem výmolové a stržové eroze jsou hluboké výmoly a strže. Voda, která přitéká do těchto výmolů a strží tvoří často vodopád, který svou výmolnou činností prodlužuje výmol nebo strž proti sklonu. Tato forma eroze se nazývá **eroze vodopádová**. [3]

2.2.3 Proudová vodní eroze

Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Pokud je rozrušováno pouze dno, jedná se o **erozi dnovou**. Dnová eroze je formou **podélné eroze**, probíhající směrem podélné osy toku.

Pokud jsou rozrušovány břehy, je to **eroze břehová**. Ta je formou **eroze příčné**, která probíhá kolmo na osu toku.

Proudová eroze se nejvýrazněji vyskytuje v bystřinách, které nesou velké množství splavenin.

3 METODA - USLE:

Ke stanovení ohrožení zemědělské půdy vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření se používá dle Wischmeiera a Smithe univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE (Universal Soil Loss Equation). Tato rovnice vychází z principu přípustné ztráty půdy vodní erozí na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou odvozeny z odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po přívalem dešti udržován ve směru sklonu svahu jako úhor.

Hodnota přípustné ztráty půdy je pak definována jako maximální velikost eroze půdy, která umožňuje dlouhodobě a ekonomicky udržovat dostatečnou úrodnost půdy. [1]

Faktory univerzální rovnice se stanoví pomocí následujících podkladů: [2]

- mapy s vyznačením izohyet faktoru erozní účinnosti deště R,
- ze zjištěného stavu střídání plodin na jednotlivých pozemcích a agrotechnických termínů pro stanovení faktoru C,
- Státních map 1:5 000 odvozených pro zjištění L a S faktorů,
- Map KPZP 1:10 000 a BPEJ 1:5 000 pro určení faktoru K,
- terénních pochůzek.

Univerzální rovnice USLE dle Wischmeier - Smith má tvar:

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

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

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

K - faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu,

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

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

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

P - faktor účinnosti protierozních opatření. [2]

Výpočet udává hodnotu dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy vodní erozí v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ při uvažovaném způsobu jeho vyživání. Porovnává se s přípustnou ztrátou půdy dle metodiky, což slouží jako podklad pro návrh druhu protierozního opatření. [2]

3.1 FAKTOR EROZNÍ ÚČINNOSTI PŘÍVALOVÉHO DEŠTĚ (R)

Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R) představuje jeho schopnost uvolňovat půdní částice z povrchu půdy a rozrušovat půdní agregáty a je závislý na četnosti výskytu srážek, jejich intenzitě, úhrnu a kinetické energii.

Faktor erozní účinnosti deště R byl odvozen v USA, kde na základě velkého množství dat o dešťových srážkách bylo zjištěno, že pokud jsou ostatní faktory USLE konstantní, pak je ztráta půdy z obdělávaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální 30minutové intenzity (i_{30}):

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

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

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

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

Roční hodnota faktoru R představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů, které se v daném roce vyskytly s tím, že se nezahrnují deště, s menším úhrnem než 12,5 mm a pokud v průběhu 15 minut nespadlo min 6,25 mm. Od ostatních musí být tyto deště dělit více než 6 hodin. Předpokládá se, že při těchto deštích, nedochází k odtoku vody po povrchu pozemku. [1]

Hodnotu fakturu R lze třídit buď podle četnosti jejich výskytu nebo sčítat a průměrovat pro stanovení průměrné roční (měsíční) hodnoty faktoru R. [2]

Pro Českou republiku se v USLE používá pro převažující plochu zemědělské půdy průměrná roční hodnota **R faktoru = 40 MJ.ha⁻¹ . cm . h⁻¹**. Musí se však brát v potaz, že v oblastech dešťového stínu budou hodnoty výsledné ztráty půdy erozí nižší (R 15 - 30) a v pohorských oblastech vyšší (R 45 - 60). Pokud je naměřena vyšší hodnota R-faktoru, je nutné uplatnit více účinných protierozních opatření, které přispějí ke snížení ztrát půdy vodní erozí. [1]

V tabulce 1 je uvedeno dlouhodobé rozdělení průměrné roční hodnoty R faktoru během roku. [1]

Tab. 1 Průměrné rozdělení faktoru R příchodových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
% faktoru R	1	11	22	30	26	8	2

Z tabulky je patrné, že téměř 80 % erozně nebezpečných dešťů se vyskytuje v období červen - srpen. V tomto období je tedy ochrana půdy zejména vegetačním pokryvem nejdůležitější.

3.2 FAKTOR ERODOVATELNOSTI PŮDY (K)

Faktor erodovatelnosti půdy K znázorňuje náchylnosti půdy k erozi. Vlastnosti půdy jsou ovlivňovány její infiltrační schopností a odolností půdních agregátů vůči rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště a transportu povrchově odtékající vodou. [1]

V USLE je tento faktor charakterizován jako odnos půdy v t.ha⁻¹ 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. [2]

Možnosti stanovení faktoru erodovatelnosti:

1. podle vztahu odvozeného pro faktor K,
2. podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu,

3. přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd nebo podle půdních typu, subtypu a variet Českého taxonomického klasifikačního systému půd.

U prvních dvou postupů je potřeba mít zjištěné základní údaje o dané půdě, případně výsledky rozborů přímo v terénu. [2]

Pokud obsah prachu a práškového písku (0,002 - 0,1 mm) nepřekročí 70 %, je možné faktor K určit ve vztahu:

$$100 K = 2,1 \cdot M1,14 \cdot 10^{-4} \cdot (12-a) + 3,25 \cdot (b-2) + 2,5 \cdot (c-3)$$

kde: **M** - součin (% prachu + % práškového písku) x (100 - % jílu),

a - % organické hmoty,

b - třída struktury ornice

- zrnitá	1
- drobtovitá	2
- hrudkovitá	3
- deskovitá, slitá	4

c - třída propustnosti půdního profilu - určení podle hlavní půdní jednotky bonitační soustavy (HPJ) viz tabulka 2. [1]

Třída propustnosti	Hlavní půdní jednotka bonitační soustavy (HPJ)
1	04, 05, 17, 21, 31, 32, 37, 40, 55
2	13, 16, 18, 22, 27, 30, 34, 38, 41
3	01, 02, 08, 09, 10, 12, 14, 15, 23, 26, 28, 29, 35, 36, 51, 56
4	03, 06, 11, 19, 24, 25, 33, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 52, 58, 60
5	07, 20, 39, 47, 49, 57, 59, 62, 64, 65, 66, 75, 77, 78
6	53, 54, 61, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76

Tab. 2 Třída propustnosti půdního profilu dle HPJ [1]

Přibližnou hodnotu faktoru náchylnosti půd k erozi K lze určit podle HPJ bonitační soustavy půd BPEJ. Hodnoty faktoru K jsou uvedeny v SI jednotkách a pro jeho určení je nutné znát HPJ.

3.3 FAKTORY DÉLKY A SKLONU SVAHU (L,S)

Topografický faktor LS vyjadřuje vliv sklonu svahu S a nepřerušené délky svahu L na velikost ztráty půdy erozí. Faktor LS udává poměr ztrát půdy na jednotku ploch svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 se sklonem 9%. [2]

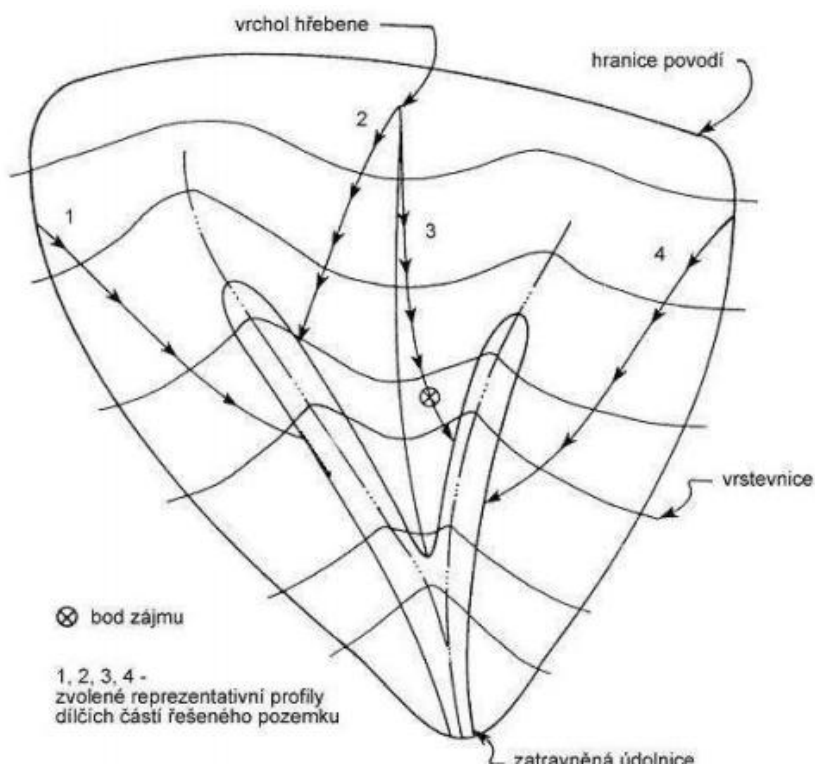
Hodnota faktoru LS pro přímé svahy se získá ze vztahu: [2]

$$LS = Ld0,5 (0,0138 + 0,0097 s + 0,0018 s^2)$$

kde: Ld - nepřerušená délka svahu (%),

s - sklon svahu (%). [2]

Na Obr. 3 je znázorněno umístění drah plošného odtoku na pozemku.



Obr. 3 Umístění drah plošného odtoku na pozemku[1]

Samostatně jsou hodnoty L a S vyjádřeny:

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

kde: 22,13 - délka standardního pozemku (m),

I - horizontální projekce délky svahu (nepřerušená délka)

m- exponent sklonu svahu, vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

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

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

Se vzrůstajícím sklonem svahu se zvyšuje ztráta půdy, a to rychleji než je tomu u délky svahu.

3.4 FAKTOR OCHRANNÉHO VLIVU VEGETACE (C)

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje jak přímo ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku, tak i nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti. Vegetační pokryv má vliv zejména na pórovitost a propustnost včetně omezení možnosti zanášení pórů rozplavenými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem.

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben - září). Dokonalou protierozní ochranu zajišťují porosty trav a jetelovin. Naopak širokořádkové plodiny jako kukuřice, okopaniny, sady a vinice chrání půdu nedostatečně.

Pro řešení protierozní ochrany pozemků se faktor C stanoví pro danou strukturu pěstovaných plodin podle postupu jejich střídání na pozemcích a způsobu agrotechnických prací v 5-ti obdobích:

1. období podmítky a hrubé brázdy,

2. období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení,
3. období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30.4.,
4. období od konce 3. období do sklizně,
5. období strniště. [1]

Váhu hodnot C-faktoru v jednotlivých obdobích je pak nutné korigovat procentuálním rozdělením R-faktoru v průběhu roku po dnech, dekádách či měsících.

Pokud nelze zjistit strukturu pěstovaných plodin a jejich střídání, lze faktor C určit podle průměrného zastoupení plodin v dané lokalitě s využitím hodnot C faktoru uvedených v Tab. 3.

Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
pšenice ozimá	0,12	chmelnice	0,8
žito ozimé	0,17	řepka ozimá	0,22
ječmen jarní	0,15	slunečnice	0,6
ječmen ozimý	0,17	mák	0,5
oves	0,1	ostatní olejniny	0,22
kukuřice na zrna	0,61	kukuřice na siláž	0,72
luštěniny	0,05	ostatní pícniny jednoleté	0,02
brambory rané	0,6	ostatní pícniny víceleté	0,01
brambory pozdní	0,44	zelenina	0,45
louky	0,005	sady	0,45

Tab. 3 Průměrné hodnoty C faktoru pro jednotlivé plodiny [1]

3.5 FAKTOR ÚČINNOSTI PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ (P)

Pokud nelze předpokládat, že byly dodrženy uvedené podmínky maximálních délek a počtů pásů, není možné s účinností příslušných opatření vyjádřených hodnotami faktoru P počítat a hodnota faktoru $P = 1$.

Hodnoty faktoru účinnosti protierozních opatření jsou zobrazeny v Tab 4. [1]

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnicí při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
- okopanin s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
-okopanin s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

Tab. 4 Hodnoty faktoru protierozních opatření P

3.6 PŘÍPUSTNÁ HODNOTA ZTRÁTY PŮDY VODNÍ EROZÍ

Dlouhodobá přípustná ztráta půdy vodní erozí byla stanovena podle mocnosti půdního profilu:

- Mělké půdy (do 30 cm) 1 t/ha·rok
- Středně hluboké půdy (30 – 60 cm) 4 t/ha·rok
- Hluboké půdy (60 cm a více) 10 t/ha·rok

4 METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK (CN)

Tato metoda byla zavedena v USA v roce 1972. Jedná se o srážkoodtokový model, který je navzdory svým snadno zjistitelným vstupům natolik přesný, aby mohl sloužit pro prognózování povrchového odtoku způsobeného přívalovou srážkou z malého povodí o výměře od 5 do 10 km². [2]

Tato metoda může být v praxi použita pouze v souladu s normou ČSN 751300 „hydrologické údaje povrchových vod“ za účelem navrhování protierozních opatření technického charakteru.

Čísla odtokových křivek CN stanovují podíly přímého odtoku, a to odtok povrchový a hypodermický. [2]

Čísla CN křivek s vyšší hodnotou napovídají vyšší podíl povrchového odtoku. Druh vegetačního pokryvu, podíl nepropustných ploch, množství srážek a infiltrace vody do půdy. To jsou vše faktory, které ovlivňují odtok vody. [1]

Základním vstupem metody CN - křivek je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je přeměněn na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek - CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové akumulaci. [2]

4.1 OBJEM ODTOKU

Objem přímého odtoku metodou CN – křivek je určen předpokladem, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. Součet infiltrace, intercepce a povrchové retence je počáteční ztráta, po které začíná odtok. Tato ztráta byla určena na 20% potenciální retence ($I_a=0,2A$). Výška přímého odtoku je určena vztahem: [1]

$$H_o = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A) \text{ pro } H_s \geq 0,2A$$

kde: H_o - přímý odtok [mm]

H_s - úhrn návrhové deště [mm]

A - potenciální retence [mm], vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (CN)

kde : $A = 25,4 (1000/CN - 10)$

Objem přímého odtoku OpH je určen vztahem:

$$OpH = 1000 \cdot Pp \cdot H_o \text{ [m}^3\text{]}$$

kde: Pp - plocha povodí [km²]

Při modelování návrhové deště je nutno požádat o hodnotu jeho úhrnu ČHMÚ. Rámcově lze použít hodnoty úhrnů maximálních 24hodinových srážek s návrhovou četností výskytu pro nejbližší stanici ČHMÚ. [1]

Čísla odtokových křivek jsou rozdělena do tabulek dle:

- Hydrologických vlastností půd ve skupinách A, B, C, D dle minimální rychlosti infiltrace vody po dlouhodobém nasycení.

- Vlhkosti půdy určované na základě 5-ti denního úhrnu předcházejících srážek, resp. indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II pro středně nasycené půdy vodou.
- Využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření.

5 DOPORUČENÁ OPATŘENÍ PROTI VODNÍ EROZI

Protierozní ochrana zemědělské půdy je, při stále se rozvíjející ekonomické aktivitě společnosti a při snaze účelně a hospodárně využívat přírodních zdrojů, nezbytná. Soubor protierozních opatření je nutno sladit s požadavky zemědělské výroby, vodního hospodářství, dopravy, průmyslu a dalších odvětví hospodářství, aby se dosáhlo optimálního efektu i nezbytné ochrany půdního fondu a vodních zdrojů. [3]

Opatření proti vodní erozi lze rozdělit na organizační, agrotechnické a technické. [1]

5.1 ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ

Zásady ochrany proti vodní erozi vycházejí ze znalosti příčin vzniku a pochopení zákonitostí rozvoje erozních jevů. Mezi obecné zásady, které je nutné dodržovat, aby byla opatření co možná nejúčinnější, patří včasný termín výsevu plodin, výsev víceletých píceňin do krycí plodiny, posun podmítky do období s nižším výskytem příválových srážek (září), zařazování bezorebně setých meziplodin a rozmístění plodin podle svažitosti pozemku.

5.1.1 Tvar a velikost pozemku

Vhodná velikost pozemku závisí na přírodních faktorech, působících k vytváření menších půdních celků a ekonomického faktoru, který upřednostňuje tvorbu pozemků dostatečně velkých.

Z hlediska protierozní ochrany je žádoucí, aby rozměr pozemku orné půdy ve směru sklonu nepřevyšoval přípustnou délku stanovenou na základě vypočtené přípustné ztráty půdy erozí.

V projektu pozemkových úprav je potřeba propojit protierozní, vodohospodářské, dopravní a vegetační linie, tak aby pozemky vyhovovaly jejich vlastníkům a při tom dodržovaly z hlediska protierozní ochrany přípustné délky svahu a zohledňovaly efektivní využívání zemědělských strojů.

Obecné doporučení pro vytváření půdních bloků je o velikosti do 50 ha v rovinných územích a 20 ha ve členitějších územích s převažujícími délkami ve směru vrstevnic. [1]

5.1.2 Delimitace kultur

Jedná se o prostorovou a funkční optimalizaci pozemku, který slouží k pěstování jednotlivých kultur. Delimitace kultur určuje členění v rámci zemědělského půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sad a chmelnice. [1]

5.1.3 Ochranné zatravnění

Optimálně zapojen travní porost je nejlepší protierozní ochranou, který chrání půdu před přímým dopadem kapek, podporuje vsak dešťové vody do půdy a kořenovým systémem zvyšuje soudržnost půdy, která se tak stává odolnější proti stékající vodě.

Zatravnění by se mělo používat na mělkých půdách (do 30 cm), jílech a glejích, na svazích se sklonem nad 12%, na půdy v nadmořské výšce nad 800-850 m n. m. a na katény půd s nepříznivými vlastnostmi. Zatravnění lze použít plošně nebo v infiltračních, případně sedimentačních pásích. [2]

5.1.4 Ochranné zalesnění

Dobře obhospodařovaný a správně založený les lze považovat za spolehlivý prostředek proti erozi. Aby les splňoval tyto požadavky, musí být hustý, ideálně smíšený,

s bohatým podrostem, s vertikálně zapojeným vegetačním krytem, s půdou bohatou na humus a krytou mocnou vrstvou hrabanky. [3]

Nejčastěji se zalesňují půdy, který nejsou vhodné pro zemědělské využití, což jsou půdy na svazích se sklonem nad 17%, gleje, mělké strže, půdy s nevyvinutým půdním profilem, znehodnocené dřevinným náletem a půdy, který není možné připojit k okolním pozemkům.

Nejčastěji se ochranné zalesnění aplikuje plošně, nebo jako ochranné lesní pásy. [2]

5.1.5 Protierozní rozmísťování plodin

Efektivní ochrany půdy proti vodní erozi se docílí pěstováním plodin nedostatečně chránící půdu před erozí (okopaniny, kukuřice a ostatní širokořádkové plodiny) na rovinných nebo mírně sklonitých pozemcích.

Pěstované plodiny by se měly na pozemcích rozmísťovat podle protierozní účinnosti. Plodiny lze seřadit od nejvyšší po nejnižší účinnosti v pořadí: travní porosty - jetel - vojtěška - obilnina ozimá - obilnina jarní - řepka ozimá - hrách - slunečnice - brambory - cukrovka - kukuřice. [1]

5.1.6 Protierozní oseední postupy

Protierozní oseední postup se využívá na erozně ohrožených pozemcích, kde není možné z technických a organizačních důvodů použít jiný způsob rozmísťování protierozních plodin.

Navrhují se na silně svažitéch pozemcích ve velmi sklonitém, a vícesměrně členitém území, kde nelze provádět pracovní operace napříč svahu nebo tam kde je nepříznivý tvar a přístupnost pozemku, dále i v případě erozního ohrožení zdrojů v PHO. [2]

Silně ohroženým pozemkům je třeba zabezpečit rostlinný kryt po většinu roku. Je třeba vyloučit plodiny s nízkou protierozní účinností a nahradit je plodinami s vyšší účinností. [3]

5.1.7 Pásové střídání plodin

Ztráty půdy erozí je možné omezit pásovým střídáním plodin, kdy se střídají pásy plodin chránících půdu (travní porost, jetel, vojtěška, ozimá obilnina, hrách řepka ozimá) s pás plodin s nízkým protierozním účinkem (okopaniny, kukuřice).

Šířka pásů se odvozuje podle sklonu a délky svahu, propustnosti půdy, její náchylnosti k erozi a na šířce záběru strojů. Šířka pásů se obecně doporučuje od 20 do 40 m (podle sklonu pozemku) a měly by být uspořádány tak, že mezi stejně široké pásy plodin jsou umísťovány nestejně široké pásy travních porostů či jetelovin. [1]

5.2 AGROTECHNICKÁ OPATŘENÍ

Princip agrotechnických protierozních opatření spočívá ve zkrácení času, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, na minimum. Opatření musí co nejvíce zlepšovat vsakovací schopnosti půdy a vytvořit ochranu jejího povrchu v období výskytu přívalových dešťů, což je v našich podmínkách nejčastěji od června do srpna a v období tání sněhu.

Velké riziko erozního poškození hrozí zejména u povrchu půdy s kukuřicí, slunečnicí a okopaninami. Dále jsou ohroženy pozemky připravené pro výsev ozimé řepky. [1]

5.2.1 Agrotechnická opatření na orné půdě

Mezi agrotechnická opatření na orné půdě patří výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků, vrstevnicové obdělávání půdy, hrázkování a důlkování povrchu půdy.

5.2.1.1 Výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče nebo posklizňových zbytků

Tato technologie je spojena s omezeným zpracováním půdy. K protierozní ochraně se využívá rostlinného materiálu, který je ponechán na povrchu půdy nebo je

částečně zapraven a zabraňuje volnému povrchovému odtoku. Platí zde pravidlo, že s množstvím vegetačního krytu na povrchu půdy vzrůstá protierozní účinek. [2]

5.2.1.2 Vrstevnicové obdělávání půdy

Velmi účinným opatřením je využití správné technologie zpracování půdy, což je hlubší prokypření ornice nebo části podorničí bez obracení zpracované vrstvy půdy, namísto mělké orby. Orba na svažitéch pozemcích je prováděna otočnými pluhly ve směru vrstevnic a klopení skýv by mělo probíhat proti svahu. Rovněž setí a ostatní posklizňové a kultivační práce se provádí ve směru vrstevnic. Toto opatření se však nedoporučuje pro sklon svahu nad 12%. [1]

5.2.1.3 Hrázkování a důlkování povrchu půdy

Hrázkování a důlkování povrchu půdy má za účel zabránit vzniku povrchového odtoku tím, že vytvoří dostatečný prostor pro spadlé srážky. Tato technologie se využívá u širokořádkových plodin, pěstovaných v hrůbcích. Hrázkováním se zachycují spadlé srážky, tím je silně omezen povrchový odtok a nedochází ke smyvu půdy. Hrázky a důlky jsou vytvářeny speciálními stroji - hrázkavačem nebo důlkovačem. Hrázkování se doporučuje použít na svazích do 7 stupňů a při maximální délce pozemku 300 m. [2]

5.2.2 Agrotechnologie ve speciálních kulturách

Do agrotechnických opatření ve speciálních kulturách se řadí technologie zatravnění meziřadí, mulčování, krátkodobé porosty v meziřadí a hrázkování a důlkování půd v meziřadí.

5.2.2.1 Zatravnění meziřadí

Účelem zatravnění v erozně ohrožených meziřadích v sadech, vinicích a chmelnicích, je zajištění vegetačního krytu půdy plodinou s vysokým protierozním účinkem. Dochází tím k větší evapotranspiraci, která snižuje využitelné množství půdní

vody pro pěstované speciální kultury. Zatravnění je tedy vhodné použít pouze tam, kde srážky činí ročně 400-800 mm nebo je potřeba použít doplňkovou závlahu. Před výsadbou je nutné upravit terén tak, aby příkonné pásy byly vyvýšeny nad pásy zatravněné. Tato technologie má však i své nevýhody jako je zvýšená potřeba vody a živin, nutnost častého sežínání trávy a možnost rozšíření hlodavců. [2]

5.2.2.2 Mulčování

Technologie mulčování neboli nastýlání půdy ve vinicích a sadech, je založena na rozložení organické hmoty o mocnosti 10 až 20 cm na povrch půdy v meziřadí. Pro mulčování se velmi často používá černého úhoru. Ohrožené plochy se musí ošetřit herbicidem, který umrtví nadzemní části vzrostlých plevelů. Zbytky rostlin a prorůstající plevel pak působí protierozně. Mulčováním se také zmenšuje nebo vylučuje potřeba kultivace, snižuje se výpar a zvyšuje však. Nevýhodou je však nadměrná chemizace půdy, tento způsob by se tedy neměl používat v pásmech hygienické ochrany vodních zdrojů. [3]

5.2.2.3 Krátkodobé porosty v meziřadí

Porost podkultury ve výsadbách speciálních kultur snižuje vodní erozi podobným způsobem jako zatravnění, avšak s nižší účinností. Pěstování podkultury se může použít u všech meziřadí s tím, že u některých je potřeba přihlídnout ke směru výsadby. Pro podkultury je vhodné použít zejména ozimou pšenici a ozimé žito, které se ve fázi sloupkování sežnou a ponechají jako mulč. Přínosem opatření je obohacení půdy organickou hmotou. [2]

5.2.2.4 Hrázkování a důlkování povrchu půd v meziřadí

Princip je podobný jako u orné půdy, kdy se srážková voda zadržuje na povrchu půdy, a tím se prodlužuje doba infiltrace do půdního profilu. [2]

5.3 TECHNICKÁ OPATŘENÍ

Technická opatření jsou navržena zejména na pozemcích, kde nepříznivé důsledky povrchového odtoku ohrožují zastavěnou část obce. Jejich základní účinnost se

zvyšuje v kombinaci s opatřeními organizačními a agrotechnickými. Prvky technických opatření jsou navrhovány tak, aby usměrňovaly obdělávání pozemků a způsob hospodaření zemědělských subjektů. Slouží jako trvalé překážky, které napomáhají odvedení povrchového odtoku, vyrovnávají nerovnosti terénu a snižují sklon svažitých pozemků. [1]

Kromě základní protierozní funkce mají význam i z hlediska krajinně estetického a ekologického. Komplexní systém ochranných opatření v povodí se zpravidla navrhuje v rámci pozemkových úprav. [2]

5.3.1 Protierozní meze

Protierozní meze s průlehy ve své spodní části slouží jako trvalá překážka soustředěného povrchového odtoku. Měly by být složeny ze tří základních částí: zasakovacího pásu nad mezí, vlastního tělesa meze a odváděcího průlehu pod mezí. [1]

Kromě protierozní funkce jsou meze významné jako krajinně estetický prvek, hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, rostlin a všech živých organismů. [2]

5.3.2 Zasakovací pásy

Zasakovací pásy jsou účinné v tom, že zajišťují převedení povrchově odtékající vody, zejména vody přitékající z výše ležících pozemků, v odtok podpovrchový. Výhodou je, že tyto prvky jsou investičně málo náročné. Budují se na svažitých pozemcích podél vrstevnic a střídají se s pásy plodin, které mají nedostačující protierozní funkci. [2]

5.3.3 Protierozní průlehy

Průleh je široký, mělký příkop s mírným sklonem svahů, s malým podélným sklonem, kde se povrchově stékající voda zachycuje a je neškodně odváděna. Vzdálenost mezi průlehy je závislá na hydrologické charakteristice půd, sklonu pozemku a intenzitě

přívalem srážek. Jedná se o jedno z nejvhodnějších podpůrných opatření na orné půdě v kombinaci s agronomickými a organizačními protierozními opatřeními. [1]

5.3.4 Manipulační pásy

Účelem manipulačních pásů je rozdělení neúměrně dlouhých silně svažitých pozemků na určitý počet pásů tam, kde není možné provádět agrotechnické činnosti po vrstevnici.

Pásy tedy umožňují otáčení zemědělské techniky ve svahu, kde by jinak otáčení bylo nebezpečné a nemožné. Tím se umožňuje větší pestrost pěstovaných kultur na neúměrně dlouhém svahu ohroženém erozí. Pásy slouží rovněž jako přístupová polní cesta k jednotlivým částem bloku. [2]

5.3.5 Protierozní příkopy

Protierozní příkopy jsou navrženy tak, aby zachycovaly a bezpečně odváděly vodu mimo ohrožený pozemek. Z hlediska protierozního patření slouží příkop dočasně k zadržení a odvádění povrchové vody i smyté půdy. Příkopy patří mez nákladnější opatření, a proto je vhodné využívat sítě cestních příkopů nebo je budovat v návaznosti na přirozenou a umělou hydrologickou síť. [2]

5.3.6 Protierozní nádrže

Protierozní nádrže zadržují nárazový odtok povrchové vody, čímž chrání níže ležící území před vznikem výmolné eroze. Dále zachycují splaveniny, zvyšují a ustalují erozní základnu příslušného sběrného povodí a zlepšují vláhový režim půdy a ovzduší, čímž zvětšují protierozní odolnost půd. [3]

Nádrže by se měly navrhovat všude, kde dochází ke zvýšenému transportu látek, zejména do povrchových zdrojů vody pro vodárenské účely. Záchytný prostor by měl být schopen zadržet vodu s dobou opakování jednou za 50 let.

Protierozní nádrže se dělí na klasické vodní nádrže, suché nádrže a poldry, které krátkodobě zachycují povrchový odtok a splaveniny. [2]

5.3.7 Terasování

Terasování se využívá u pozemků, které by pro velký sklon a členitost nebylo možno současnými formami zemědělské výroby efektivně využívat. Terasování tedy slouží ke zmenšení sklonu na svahových pozemcích, k rozdělení svahu na úseky, aby povrchový odtok nedosáhl nebezpečného erozního účinku a ke zlepšení využití mechanizace. Terasy se skládají z terasové plošiny (produkční plocha terasy) a terasového svahu, náležícího k výše položené terase. Terasování musí být součástí cestní sítě a vodohospodářského opatření. [1]

5.3.8 Protierozní hrázky

Protierozní hrázky se budují na pozemcích ve směru vrstevnic a na úpatí svahů zemědělských pozemků. Jejich hlavní účel je ochrana důležitých objektů před zatopením povrchovou vodou z přívalových srážek a zanesením erozními smyvy. Prostor před hrázkou a výška musí vyhovovat potřebě retence vody, včetně objemu usazených erozních smyvů. Budují se převážně jako zemní, nejvýše 1 m - 1,5 m vysoké a jsou opevněné zatravněním. [1]

5.3.9 Polní cesty s protierozní funkcí

Polní cesty plní protierozní funkci tím, že zachycují stékající povrchovou vodu do cestního příkopu. Trasa musí být v souladu s dopravní přístupností pozemku a niveleta musí odpovídat hydrologickým požadavkům. [1]

5.3.10 Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Přírozené nebo upravené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem, jsou schopny bezpečně odvést povrchový odtok, ke kterému dochází díky morfologické rozmanitosti krajiny. Příčný profil je upravený do tvaru paraboly a jeho parametry jsou stanoveny hydrologickými výpočty na návrhový průtok minimálně Q_{10} . [1]

VÝZKUMNÁ ČÁST

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ÚZEMÍ

6.1.1 Obec Třebářov

Obec Třebářov se nachází v okrese Svitavy v Pardubickém kraji. Leží na Českomoravském pomezí, v nadmořské výšce 360 m, severovýchodním směrem od Moravské Třebové a na pravém břehu Moravské Sázavy.

Výměra obce je 1561 ha a žije zde přibližně 916 obyvatel. Je zde převážně zástavba rodinných domů, v menší míře bytové domy. Zástavba je rozložena podél místního potoka a silnice II. třídy v délce cca 6 km. Tato silnice spojuje města Moravskou Třebovou a Štítý. V obci je devítiletá základní škola a škola mateřská. Přímo v obci hospodaří ZDV Třebářov, průmysl je zastoupen firmou Roltechnik s.r.o., která se zabývá výrobou sprchových koutů. Obec je zásobována vodou z vlastních vodovodních řadů, plynofikována byla v roce 2002.[4]

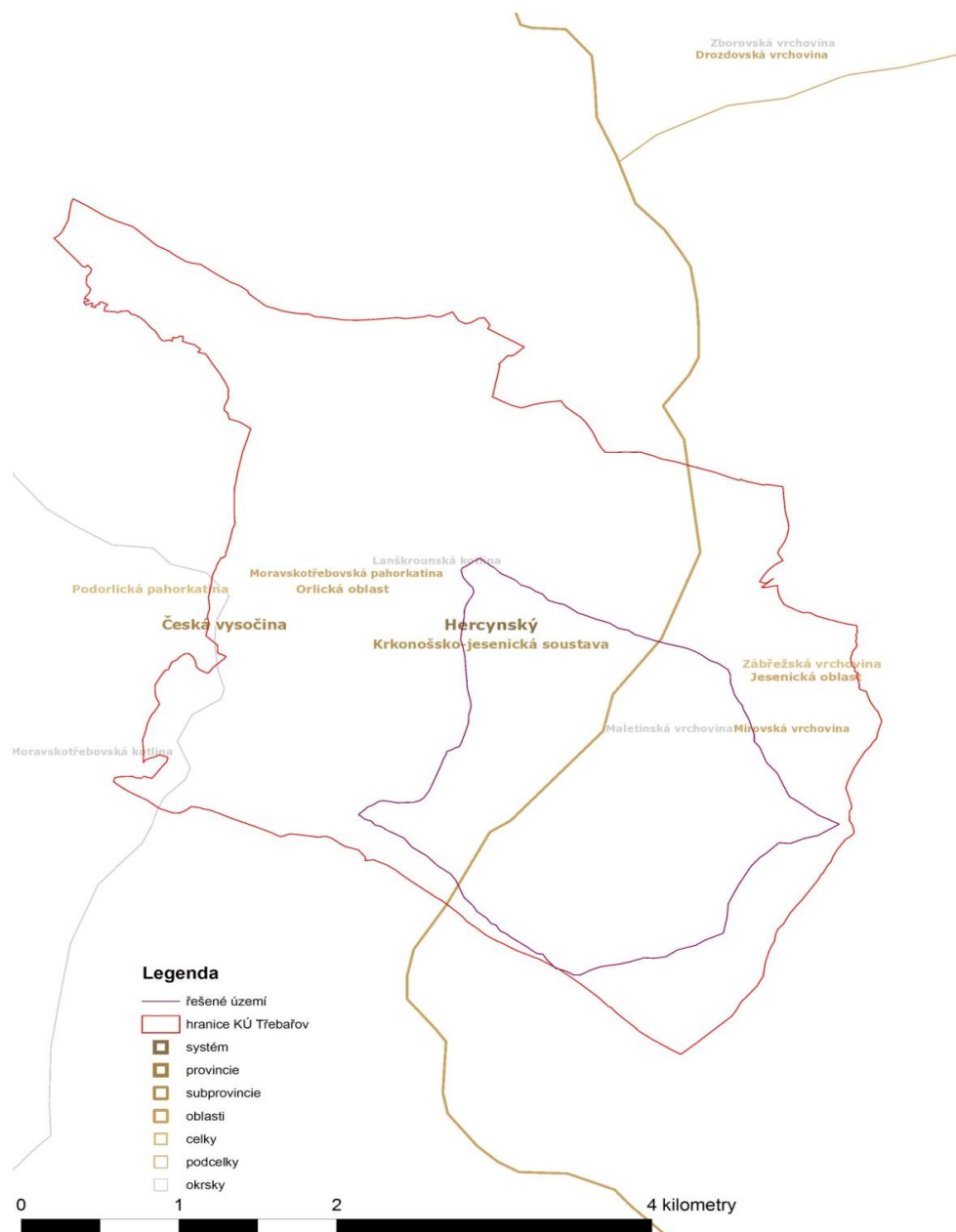
Okolí obce je kopcovité. Západním a východním směrem nedaleko obce se rozprostírají rozlehlé lesy. Obcí protéká Třebářovský potok, jež u severního okraje obce ústí do Moravské Sázavy. U jižního okraje obce je na toku Třebářovského potoka vybudován Třebářovský rybník. U severozápadního okraje obce najdeme soustavu několika malých rybníků, zakončenou Velkým třebařovským rybníkem. Severní částí obce prochází značená trasa lokální cyklostezky.

Dominantou a jednou z nejstarších památek obce Třebářova je barokní Kostel Nejsvětější Trojice pocházející z roku 1769, jehož sakristii tvoří kaple z roku 1736. V roce 1827 byl kostel přestavěn a rozšířený. Dalšími památkami v obci jsou socha panny Marie, socha svatého Floriána a empírový Sloup Nejsvětější Trojice z roku 1820. Na území obce se dochoval již zmiňovaná zřícenina kláštera Koruna a několik domů představujících lidovou architekturu minulých let.

6.2 PODROBNÝ PRŮZKUM TERÉNU

6.2.1 Geomorfologické poměry

Katastrální území obce Třebařov spadá pod Hercynský systém, který se nachází v geomorfologické provincii Česká vysočina. V rámci dělení na subprovincie oblast spadá do Krkonošsko-jesenické soustavy. Přibližně středem řešeného území prochází hranice mezi Jesenickou a Orlickou oblastí. Východní část území leží v okrsku Maletínské vrchoviny, západní část v Lanškrounské kotlině. Geomorfologické členění území je zobrazeno na Obr.4.



Obr. 4 Geomorfologické členění zájmového území [6]

6.2.2 Pedologické poměry:

Pro zhodnocení pedologických poměrů řešeného území byl použit systém bonitovaných půdně ekologických jednotek BPEJ. Hodnocení kvality půdy probíhalo již od 17. století spolu se zapisováním vlastnických vztahů. Ale až v 70. letech minulého století proběhly komplexní průzkumy, které stanovily kvalitu půdy podle BPEJ. Tento kód se skládá z pěti číslic. [2]

První číslice s hodnotou 0 – 7 určuje příslušnost půdní jednotky ke klimatickému regionu. Tyto klimatické regiony byly vyčleněny právě pro rozdělení půd dle BPEJ. Jejich členění probíhá dle řady kritérií, například podle průměrných denních teplot, průměrné roční teploty ve vegetačním období, průměrnému úhrnu srážek a srážek ve vegetačním období, pravděpodobnosti výskytu suchých vegetačních období v %, výpočtu vláhové jistiny, výpočtu hranice sucha ve vegetačním období, nadmořské výšky a dalších. V řešeném území se nacházejí půdy s kódem BPEJ začínajícím číslem 7, tudíž náleží do 7. klimatického regionu, který je u nás nejrozšířenější.

Druhá a třetí cifra určuje hlavní půdní jednotku klasifikační soustavy HJP. Tato cifra může nabývat hodnot 01 – 78. To znamená, že rozeznáváme až 78 hlavních půdních jednotek. Jedná se o půdy s podobnými charakteristickými vlastnostmi, například seskupení geentických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitostí, hloubky půdy, půdním typem, stupněm hydromorfizmu a reliéfem terénu.

V řešeném území jsou nejčastěji zastoupeny tyto HPJ: [8]

11 - Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na sprašových a soliflukčních hlínách (prachovicích), středně těžké s těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vlhkostními poměry.

25 - Kambizemě modální a vyluhované, eubazické až mezobazické, výjimečně i kambizemě pelické na opukách a tvrdých slínovcích, na středně těžkém flyši, permokarbonu, středně těžké, až středně skeletovité, půdy s dobrou vodní kapacitou.

30 - Kambizemě eubazické až mezobazické na svahovinách sedimentárních hornin pískovce, permokarbon, flyš, středně těžké, lehčí až středně skeletovité, vláhově příznivé až sušší.

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.

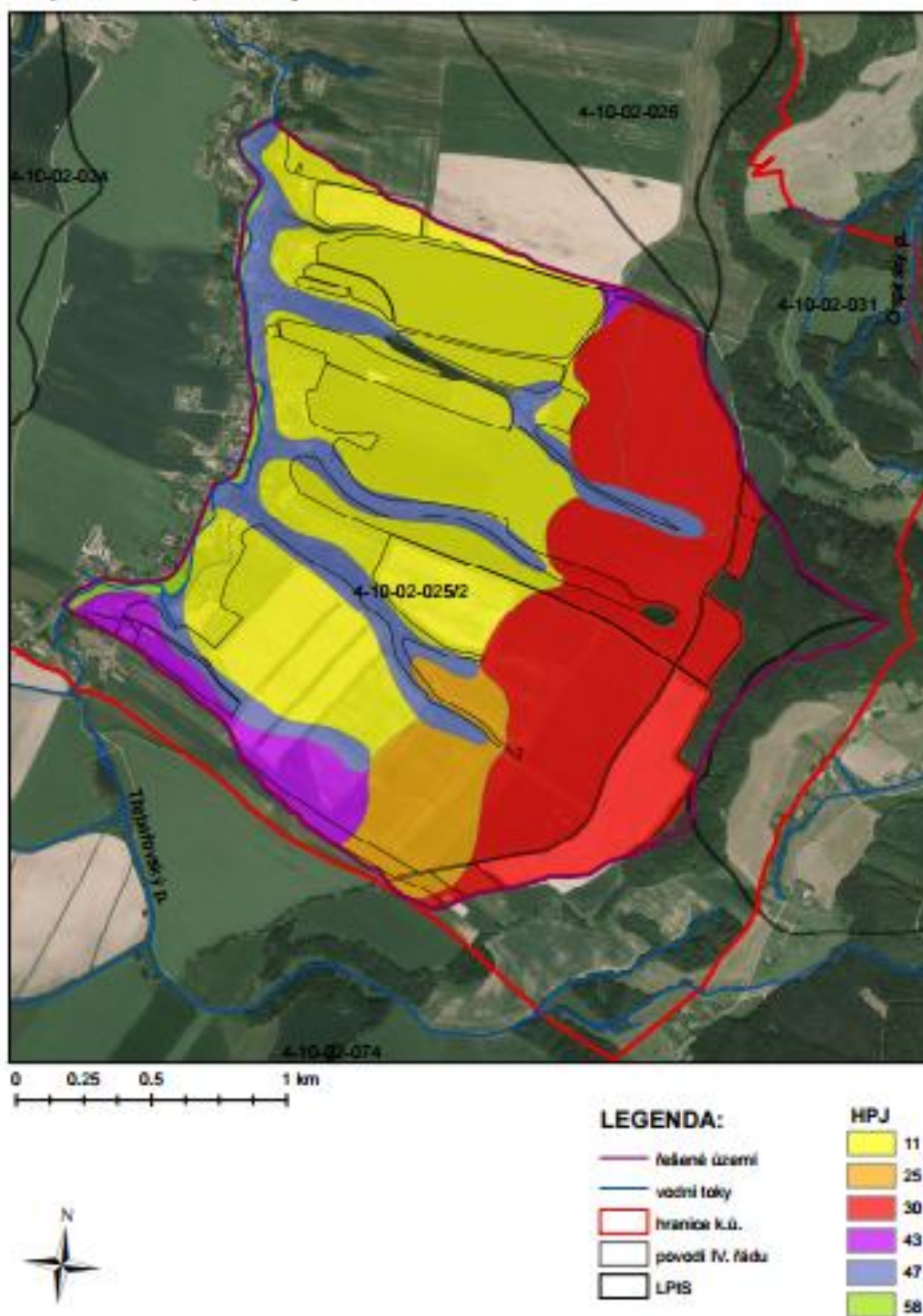
43 - Hnědozemě luvické, luvizemě oglejené na sprašových hlínách (prachovicích), středně těžké, ve spodině i těžší, bez skeletu nebo jen s příměsí, se sklonem k převlhčení.

47 - Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, kambizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.

Tab. 5 zastoupení HPJ v řešeném území

ZASTOUPENÍ HPJ		
HPJ	plocha [km ²]	zastoupení [%]
11	0.41	14.31
25	0.98	34.13
30	1.11	38.80
43	0.21	7.33
47	0.16	5.43

Mapa hlavních půdních jednotek



Obr. 5 Mapa HPJ

Čtvrtá cifra kódu určuje sklon a expozici pozemku. Sklon pozemku určuje jeho náchylnost k erozi a možnosti obdělávání (např. využití techniky). Expozice pozemku na světové strany zase udává podmínky pro růst vegetace, s ohledem na rozdělení srážkového úhrnu, teploty a osvit, které se liší právě podle expozice. [9]

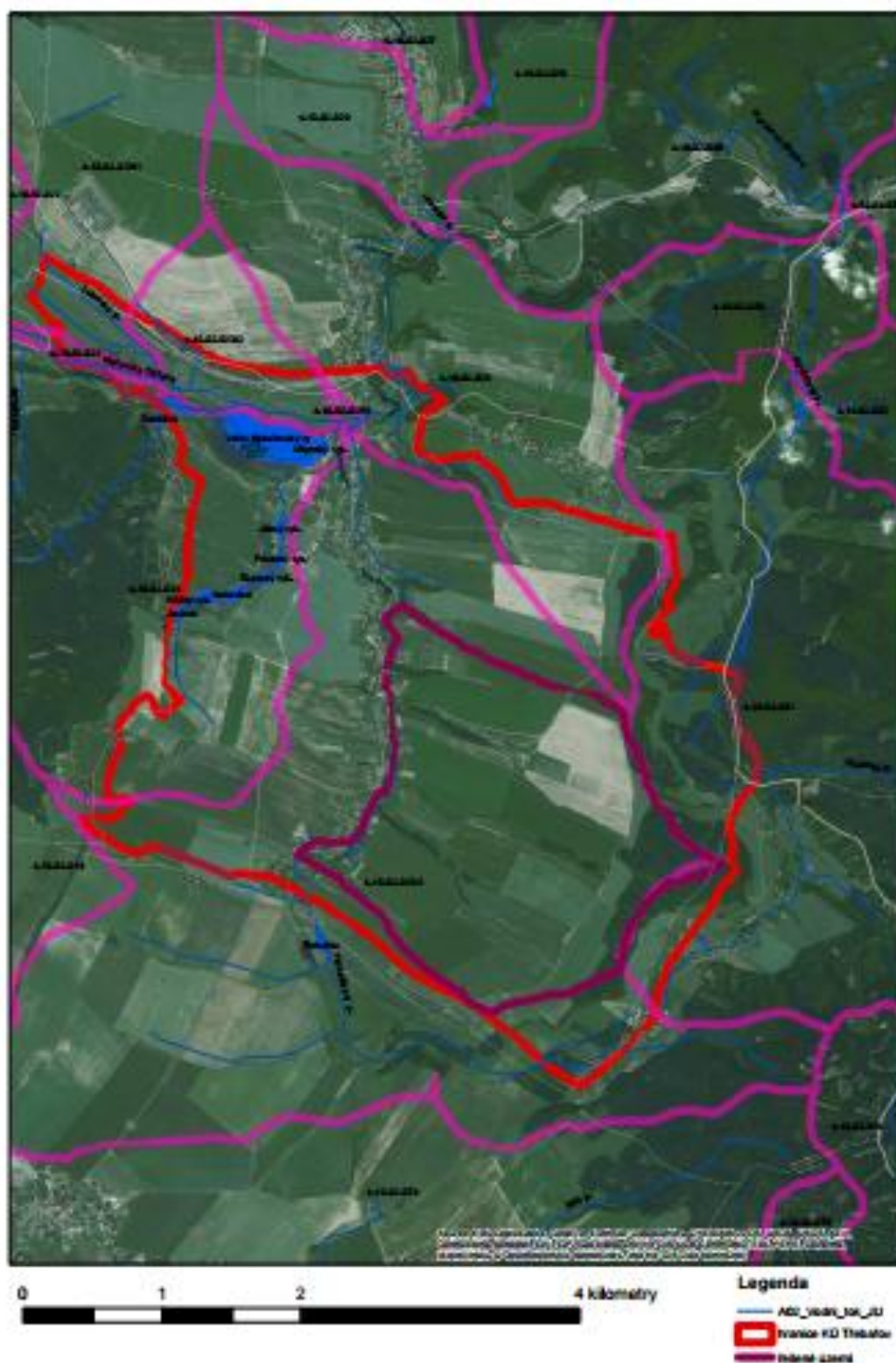
Poslední cifra udává skeletovitost a hloubku dané půdy. Skelet půdy se určuje podle obsahu šterku a kamení v půdě. Jedná se o částice větší než 2 mm. Základní frakce obsahují hrubý písek (2 – 4 mm), štěrk (4 – 30 mm), kameny (30 – 300 mm) a balvany (300 mm a více). Složení skeletu rozhoduje o vodní kapacitě, teplotě půdy, objemové hmotnosti půdy a náchylnosti k erozi. Hloubka půdy je důležitým ukazatelem pro určení hospodaření na půdě a její funkci.

6.2.3 Hydrologie

Katastrálním územím obce Třebařov protéká Třebařovský potok, který pramení nad obcí Petrušov v nadmořské výšce cca 550 m.n.m. a před vtokem do k.ú. obce Třebařov protéká stejnojmenným rybníkem o ploše 13 130 m². V severní části k.ú. se Třebařovský potok vlévá do Moravské Sázavy, na jejímž pravém přítoku leží kaskáda šesti menších rybníčků, která navazuje na Velký třebařovský rybník a mlýnský rybník, ty se však nacházejí v jiném povodí (4-10-02-024). Řeka Moravská Sázava odtud odtéká do obce Krasíkov. V řešeném území se však nachází pouze Třebařovský potok, který protéká intravilánem obce.

Řešené území spadá do hydrologického pořadí č. 4-10-02-025/2.

Hydrologické poměry v obci Třebařov jsou znázorněny na Obr.6.



Obr. 6 Hydrologické poměry řešeného území

6.2.4 Hydropedologie

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. Půdy skupiny A se vyznačují rychlostí infiltrace (>12 mm/min) i při úplném nasycení. Jedná se o hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a štěrky [3].

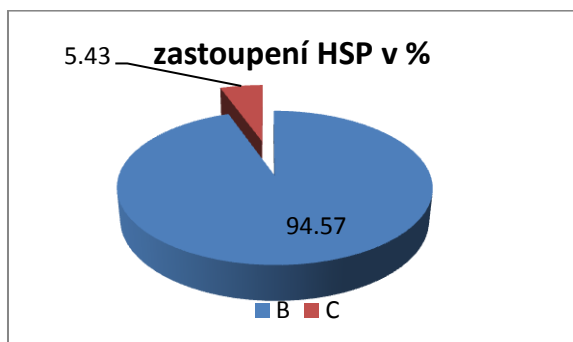
V řešeném území se vyskytují v drtivé většině půdy skupiny B se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení (0,10 – 0,20 mm/min) zaujímají 94,57% plochy zájmového území. Skupina B zahrnuje především hlinitopísčité a jílovitohlinité půdy, které jsou středně až dobře odvodněné.

Půdy skupiny C, které při úplném nasycení mají nízkou rychlost infiltrace (0,05 – 0,10 mm/min) jsou v řešeném území zastoupeny 5,43 %. Patří k nim půdy jílovitohlinité, jílovité a půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu.

Do poslední skupiny půd D 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 [10].

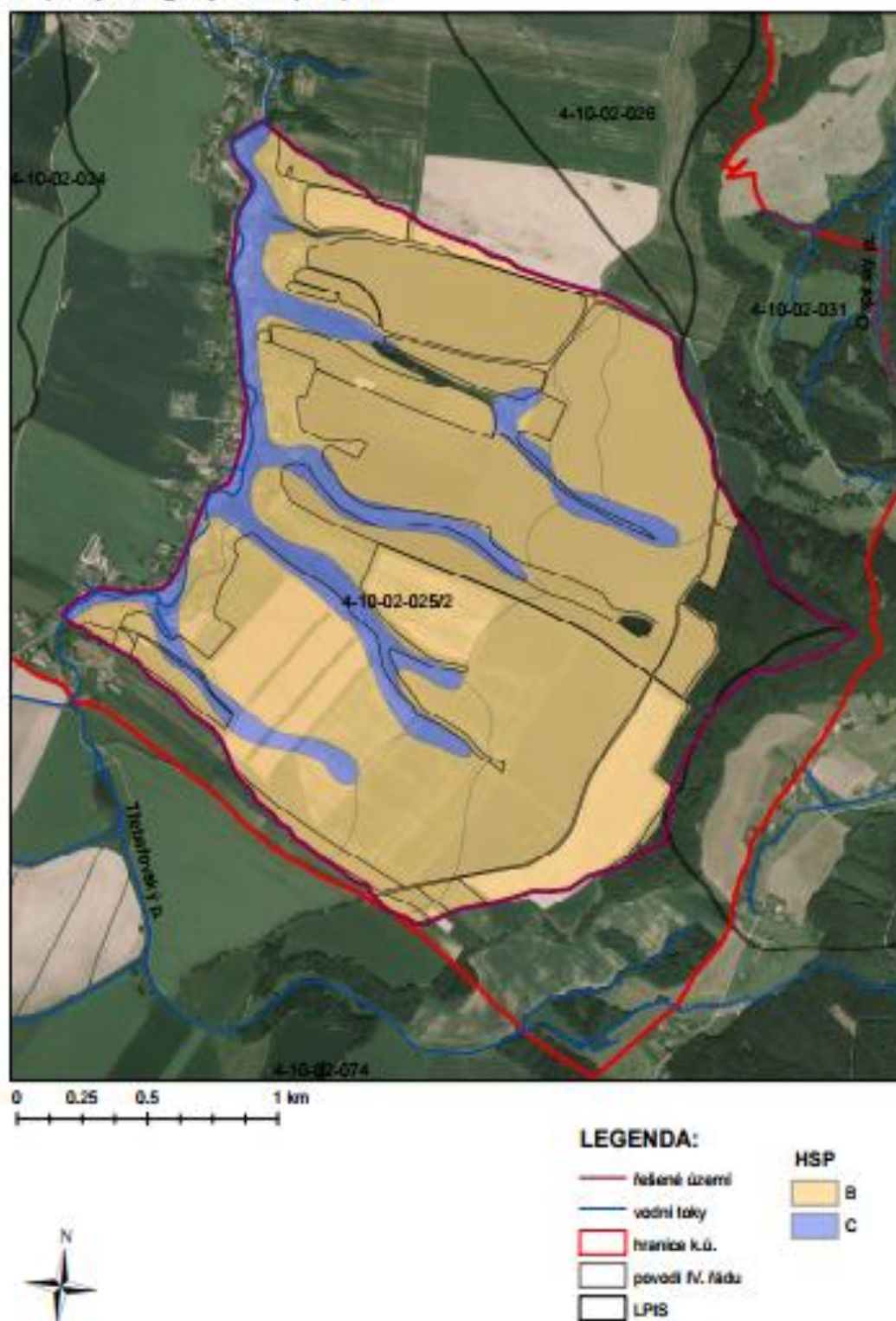
Tab. 6 zastoupení HSP

ZASTOUPENÍ HSP			
HPJ	HSP	plocha [km ²]	zastoupení [%]
11	B	0.41	94.57
25	B	0.98	
30	B	1.11	
43	B	0.21	
47	C	0.16	5.43



Graf 1 Zastoupení HSP

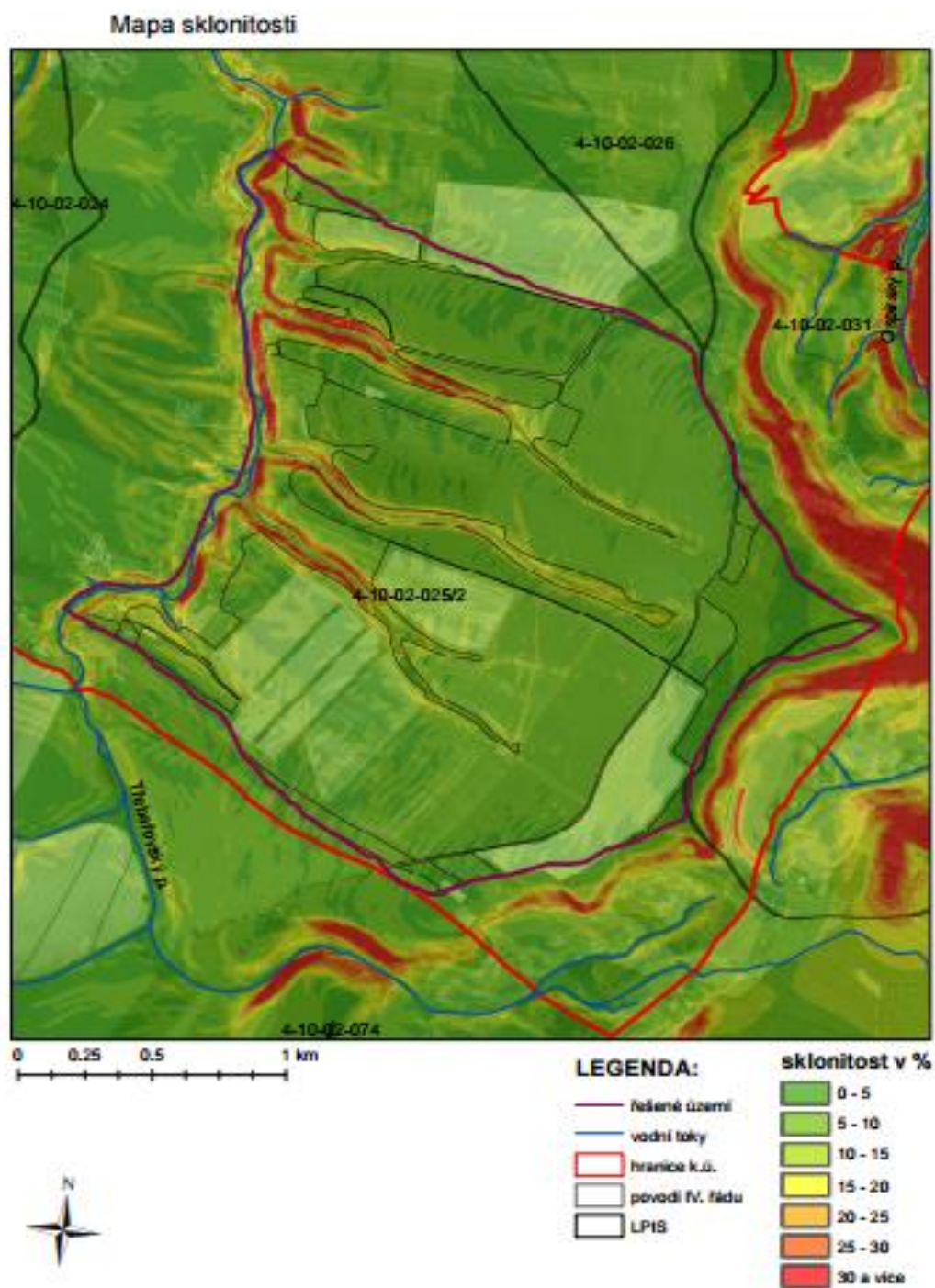
Mapa hydrologických skupin půd



Obr. 7 Mapa hydrologických skupin půd

6.2.5 Sklonitostní poměry

Řešené území je relativně rovinaté, největších hodnot sklonu nabývá při klesání do údolnice. Poborné vykreslení sklonitostech poměrů je na Obr. 8



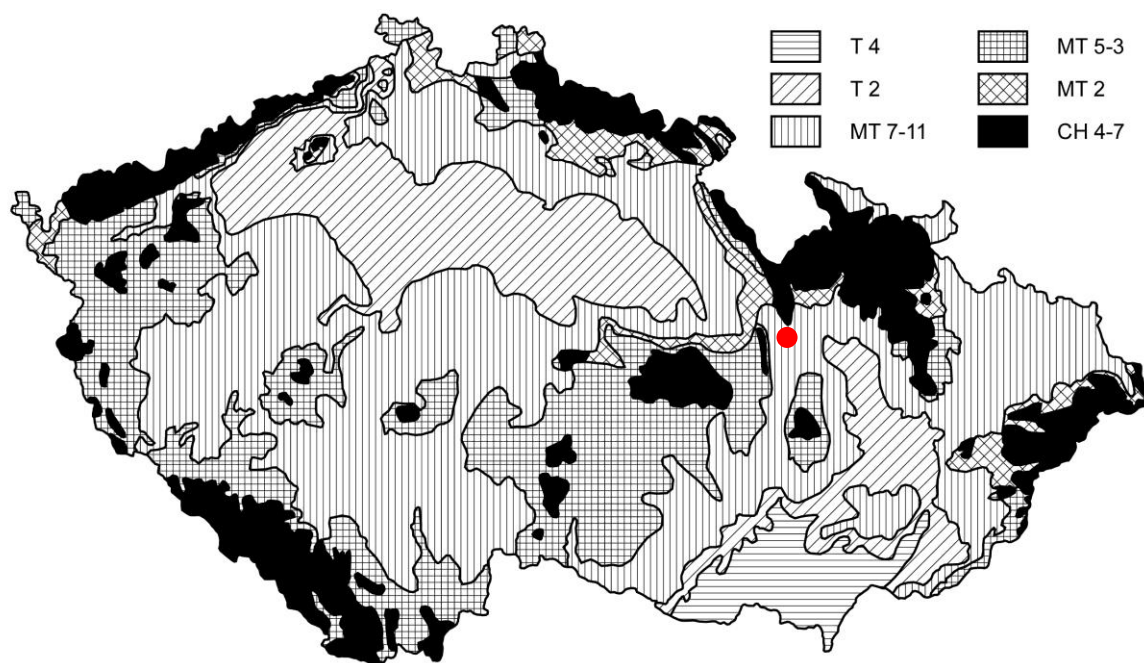
Obr. 8 Sklonitostní poměry

6.2.6 Klimatické poměry

Řešené území spadá do 7. Klimatického regionu, který je na území České republiky nejrozšířenější. Charakteristika tohoto region je uvedena v Tab. 7.

Tab. 7 Charakteristika 7. klimatického region[11]

Kód	Symbol	Charakteristika	Suma	Průměrná	Průměrný	Pravděpodobnost	Vláhová
KR	KR	regionu	teplot	roční	úhrn	suchých	jistota ve
			nad	teplota °C	srážek	vegetačních	vegetačním
			10 °C		(mm)	období v %	období
7	MT 4	mírně teplý, vlhký	2200- 2400	6-7	650-750	5-15	>10



Obr.9 Klimatické regiony ČR [12]

6.3 UNIVERZÁLNÍ ROVNICE USLE DLE WISCHMEIER – SMITH – HODNOTY FAKTORŮ

6.3.1 Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)

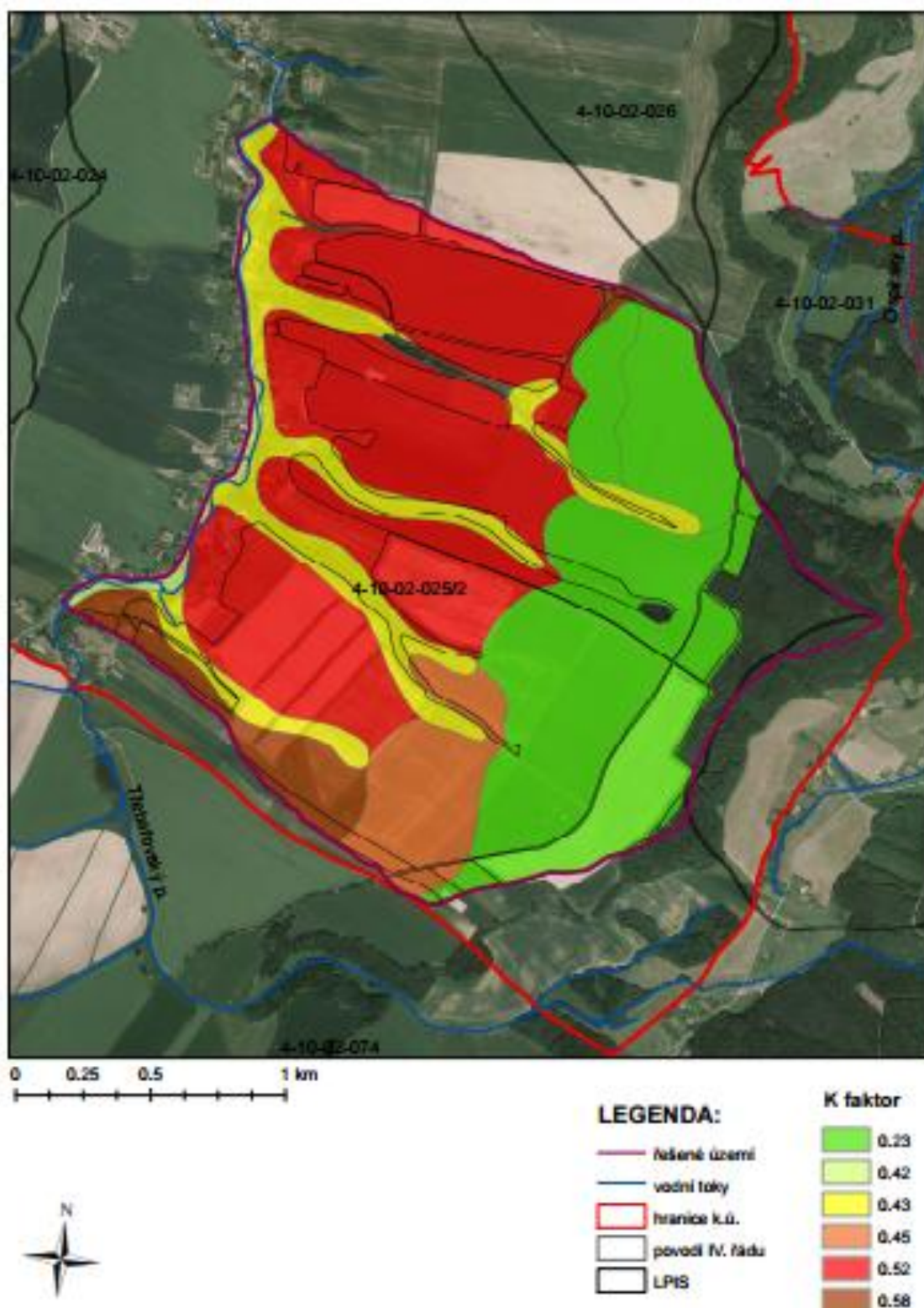
Pro řešené území se v USLE používá pro převažující plochu zemědělské půdy průměrná roční hodnota R faktoru = $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$

6.3.2 Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Přibližnou hodnotu faktoru náchylnosti půd k erozi K lze určit podle HPJ bonitační soustavy půd BPEJ. (viz tabulka) Hodnoty faktoru K jsou uvedeny v SI jednotkách a pro jeho určení je nutné znát HPJ.

Tab.8 Tabulka K- faktoru

HPJ	K - faktor
11	0.52
25	0.45
30	0.23
43	0.58
47	0.43



Obr. 10 Hodnoty K-faktoru

6.3.3 Faktory délky a sklonu svahu (L,S)

Hodnoty faktorů L, S získány výpočtem v programu ERCN 2.0. Vstupní podklady pro výpočet byla délka odtokové linie, převýšení odtokové linie a faktor K.

6.3.4 Faktor ochranného vlivu vegetace (C)

V této bakalářské práci byl faktor C stanoven podle klimatického regionu 7, ve kterém leží celé řešené území. Jeho hodnota nabývá pro ornou půdu hodnoty $C = 0,204$ a pro trvalý travní porost 0,005.

6.3.5 Faktor účinnosti protierozních opatření (P)

V řešeném území byla použita hodnota $P = 1$.

6.3.6 Přípustná hodnota ztráty půdy vodní erozí

V řešeném území byla stanovena hranice přípustného erozního smyvu **4 t/ha-rok**. Akceptované však byly i výsledky, které tuto hodnotu mírně převyšovaly.

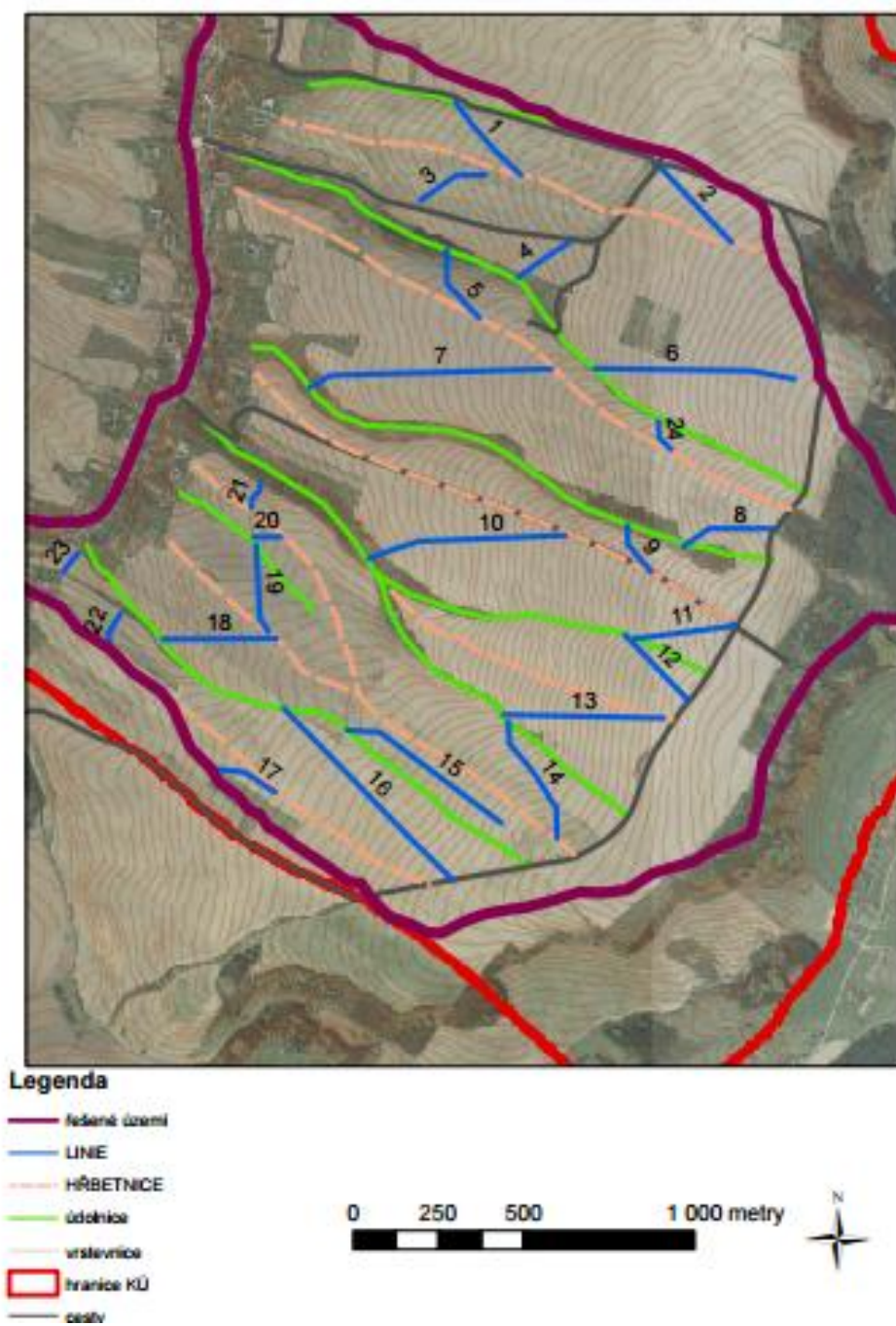
6.4 POSOUZENÍ EROZNÍHO SMYVU V LINIÍCH

- Vložení potřebných mapových podkladů,
- Vykreslení prvků rozdělujících terén – hřbetnice, údolnice které zastupují funkci rozvodnice – dráha soustředěného odtoku,
- Rozdělení území podle těchto prvků na erozně ohrožené svahy,
- Vygenerování vrstvy flowlength vykreslující odtokové linie,
- Vykreslení erozních linií reprezentujících erozní smyv na každém jednom svahu,
- Určení parametrů odtokových linií
 - Délka,
 - Horní a dolní výšková kóta - převýšení,
 - L - faktor délky svahu - vypočítán programem ERCN 2.0 z délky linie a převýšení,
 - S - faktor sklonu svahu - vypočítán programem ERCN 2.0 z délky linie a převýšení,

- R - faktor erozní účinnosti deště - pro Českou republiku 40 MJ/cm·ha/h,
- K - faktor erodovatelnosti půdy - pomocí hlavních půdních jednotek HJP,
- C – faktor ochranného vlivu vegetace - pro klimatické území 7 hodnota 0,204 pro ornou půdu,
- P – faktor protierozních opatření - pro dané území hodnota 1.
- K určení erozního smyvu v určených liniích došlo dosazením výše určených parametrů do Univerzální rovnice Wichmeier – Smith.

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

- Přípustný erozní smyv byl určen na 4 t/ha·rok.
- Výpočet erozního smyvu bude probíhat v programu ECRN 2.0.



Obr. 11 Mapa odtokových linií

výpočtové svahy



Legenda

- řešené území
- HŘBETNICE
- údolnice
- vrstevnice
- výpočtové svahy
- hranice KÚ

0 250 500 1 000 metry



Obr. 12 Rozdělení území na erozní svahy

Tab 9: Výpočet erozního smyvu linií reprezentující jednotlivé svahy

odtoková linie č. 1

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16	290	5.52	3.62	0.51	0.52	1	0.204	40	7.83

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 2

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16.5	307	5.37	3.72	0.48	0.28	1	0.204	40	4.08

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok byl překročen, hodnota se však blíží přípustné ztrátě, proto není třeba navrhovat EO.

odtoková linie č. 3

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
14	228	6.14	3.21	0.59	0.52	1	0.204	40	8.04

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 4

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16	182	8.79	2.87	0.97	0.52	1	0.204	40	11.81

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 5

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
14	203	6.90	3.03	0.69	0.52	1	0.204	40	8.87

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 6

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
42	587	7.16	5.15	0.72	0.23	1	0.204	40	6.96

Přípustný erozní smyv 4 t/ha-rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 7

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
40	678	5.90	5.54	0.56	0.52	1	0.204	40	13.16

Přípustný erozní smyv 4 t/ha-rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 8

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
17.5	278	6.29	3.54	0.61	0.43	1	0.204	40	7.58

Přípustný erozní smyv 4 t/ha-rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 9

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16	161	9.94	2.7	1.16	0.23	1	0.204	40	5.88

Přípustný erozní smyv 4 t/ha-rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 10

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
38	528	7.20	4.88	0.73	0.43	1	0.204	40	12.50

Přípustný erozní smyv 4 t/ha-rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 11

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
20	295	6.78	3.65	0.68	0.23	1	0.204	40	4.66

Přípustný erozní smyv 4 t/ha-rok byl překročen, hodnota se však blíží přípustné ztrátě, proto není třeba navrhovat PEO

odtoková linie č. 12

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
18	266	6.77	3.47	0.67	0.23	1	0.204	40	4.36

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok byl překročen, hodnota se však blíží přípustné ztrátě, proto není třeba navrhovat PEO.

odtoková linie č. 13

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
40	469	8.53	4.6	0.92	0.26	1	0.204	40	8.98

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 14

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
26	388	6.70	4.19	0.66	0.27	1	0.204	40	6.09

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 15

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
32	550	5.82	4.99	0.55	0.45	1	0.204	40	10.08

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 16

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
56	706	7.93	5.56	0.83	0.46	1	0.204	40	17.32

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 17

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
10	208	4.81	2.45	0.43	0.58	1	0.204	40	4.99

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 18

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
20	335	5.97	3.89	0.57	0.52	1	0.204	40	9.41

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, je nutné navrhnout PEO.

odtoková linie č. 19

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
12	264	4.55	2.7	0.41	0.52	1	0.204	40	4.70

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, hodnota se však blíží přípustné ztrátě, proto není třeba navrhovat PEO.

odtoková linie č. 20

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
4	101	3.96	1.84	0.35	0.52	1	0.204	40	2.73

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok nebyl překročen, není potřeba navrhovat PEO.

odtoková linie č. 21

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
10	52	19.23	1.53	3.34	0.52	1	0.204	40	21.68

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 22

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
12	133	9.02	2.45	1	0.58	1	0.204	40	11.60

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 23

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
8	85	9.41	1.96	1.07	0.58	1	0.204	40	9.93

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok **byl překročen**, dojde k návrhu PEO.

odtoková linie č. 24

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
8	103	7.77	2.16	0.81	0.23	1	0.204	40	3.28

Přípustný erozní smyv 4 t/ha·rok nebyl překročen, není potřeba navrhovat PEO.

6.4.1 Zhodnocení prvního kroku:

Z výpočtu je patrné, že přípustnému eroznímu smyvu vyhověly linie, které reprezentují svahy č. 2; 11; 12; 17; 19; 20; 24. Ostatní linie vykazují vyšší erozní smyv.

6.5 NÁVRH PROTIEROZNÍHO OSEVNÍHO POSTUPU

Ke snížení hodnoty erozního smyvu na ostatních liniích dojde snížením faktoru C. Původní hodnota faktoru C = 0,204 bude nahrazena hodnotou C = 0,13. Toho bude docíleno navržením vhodného protierozního osevního postupu. V tomto postupu bude zastoupena vojtěška, jakožto zušlechťující plodina, jejíž kořeny prorůstají hluboko do půdního profilu. Díky tomu má silné protierozní účinky a také schopnost získávat živiny z větších hloubek. V případě přívalových srážek zase pomocí nich drénuje vodu do hloubky půdního profilu. Další plodiny ve výsadbě jsou pšenice a řepka olejka. Pro snížení faktoru C je také třeba provádět orbu po vrstevnici a setbu do strniště.

V další části výpočtu dojde k posouzení linií, které nevyhověly na C = 0,204.

Tab. 10 Osevní postup - C = 0,13

Osevní postup pro snížení C-faktoru																
		vojtěška			vojtěška			pšenice			řepka			pšenice		
měsíc	%R	obd	C	%R·C	obd	C	%R·C	obd	C	%R·C	obd	C	%R·C	obd	C	%R·C
IV	0.5		0.02	0.1		0.02	0.1	3	0.3	0.15	3	0.45	0.23	3	0.45	0.23
V	7		0.02	0.14		0.02	0.14	4	0.05	0.35	4	0.08	0.56	4	0.08	0.56
VI	26.8		0.02	0.54		0.02	0.54	4	0.05	1.34	4	0.08	2.14	4	0.08	2.14
VII	32.2		0.02	0.64		0.02	0.64	4	0.05	1.61	4	0.08	2.58	4	0.08	2.58
VIII	31.1		0.02	0.62		0.02	0.62	5	0.1	3.11	5	0.12	3.73	5	0.12	3.73
								1	0.32	9.55	1	0.32	9.95	1	0.32	9.95
IX	2		0.02	0.04	1	0.5	1	1	0.65	1.3	1	0.65	1.3	1	0.65	1.3
X	0.4		0.02	0.01	2	0.55	0.22	2	0.7	0.28	2	0.7	0.28	1	0.65	0.26
celoroční C		0.02			0.03			0.18			0.21			0.21		
průměrná C za celý osevní postup					0.13											

Tab. 11 Výpočet erozního smyvu $C=0,13$

odtoková linie č. 1

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16	290	5.52	3.62	0.51	0.52	1	0.13	40	4.99

Po zvolení protierozního osevního postupu ($C=0.13$) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 3

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
14	228	6.14	3.21	0.59	0.52	1	0.130	40	5.12

Po zvolení protierozního osevního postupu ($C=0.13$) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 4

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16	182	8.79	2.87	0.97	0.52	1	0.130	40	7.53

Zvolením protierozního osevního postupu ($C=0.13$) nedošlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

odtoková linie č. 5

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
14	203	6.90	3.03	0.69	0.52	1	0.130	40	5.65

Po zvolení protierozního osevního postupu ($C=0.13$) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 6

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
42	587	7.16	5.15	0.72	0.23	1	0.130	40	4.43

Po zvolení protierozního osevního postupu ($C=0.13$) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 7

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
40	678	5.90	5.54	0.56	0.52	1	0.13	40	8.39

Zvolením protierozního osevního postupu (C=0.13) nedošlo došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

odtoková linie č. 8

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
17.5	278	6.29	3.54	0.61	0.43	1	0.130	40	4.83

Po zvolení protierozního osevního postupu (C=0.13) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 9

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16	161	9.94	2.7	1.16	0.23	1	0.130	40	3.75

Po zvolení protierozního osevního postupu (C=0.13) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 10

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
38	528	7.20	4.88	0.73	0.43	1	0.204	40	12.50

Zvolením protierozního osevního postupu (C=0.13) nedošlo došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

odtoková linie č. 13

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
40	469	8.53	4.6	0.92	0.26	1	0.130	40	5.72

Po zvolení protierozního osevního postupu (C=0.13) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 14

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
26	388	6.70	4.19	0.66	0.27	1	0.130	40	3.88

Po zvolení protierozního osevního postupu ($C=0.13$) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 15

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
32	550	5.82	4.99	0.55	0.45	1	0.13	40	6.42

Zvolením protierozního osevního postupu ($C=0.13$) nedošlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

odtoková linie č. 16

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
56	706	7.93	5.56	0.83	0.46	1	0.13	40	11.04

Zvolením protierozního osevního postupu ($C=0.13$) nedošlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

odtoková linie č. 18

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
20	335	5.97	3.89	0.57	0.52	1	0.13	40	6.00

Po zvolení protierozního osevního postupu ($C=0.13$) došlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 21

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
10	52	19.23	1.53	3.34	0.52	1	0.130	40	13.82

Zvolením protierozního osevního postupu ($C=0.13$) nedošlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

odtoková linie č. 22

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K- faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
12	133	9.02	2.45	1	0.58	1	0.130	40	7.39

Zvolením protierozního osevního postupu ($C=0.13$) nedošlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

odtoková linie č. 23

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
8	85	9.41	1.96	1.07	0.58	1	0.13	40	6.33

Zvolením protierozního osevního postupu (C=0.13) nedošlo ke snížení smyvu na přijatelnou hodnotu, je třeba navrhnout jiné PEO.

6.5.1 Zhodnocení protierozního osevního postupu

Tomuto výpočtu nevyhověly linie reprezentující svahy 4; 7; 10; 15; 16; 21; 22; 23.

Na těchto svazích je nutno navrhnout další PEO.

6.6 NÁVRH DALŠÍHO PEO

Tab. 12 Navržení PEO pro nejkritičtější místa

odtoková linie č. 4

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
8	107	7.48	3.08	0.78	0.52	1	0.130	40	6.50
5	55	9.09	1.58	1.01	0.52	1	0.130	40	4.32

Po rozdělení svahu průlehem a použití protierozního osevního postupu došlo ke snížení hodnot smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 7

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
11	190	5.79	2.93	0.55	0.52	1	0.130	40	4.36
10	205	4.88	2.44	0.44	0.52	1	0.130	40	2.90
10	186	5.38	2.9	0.5	0.52	1	0.130	40	3.92
9	97	9.28	2.12	1.01	0.52	1	0.130	40	5.79

Po rozdělení svahu třemi průlehy a použití protierozního osevního postupu došlo ke snížení hodnot smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 10

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
---------------	-----------	-----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---	--

18.5	280	6.61	3.56	0.65	0.43	1	0.130	40	5.17
11.5	160	7.19	2.69	0.73	0.43	1	0.130	40	4.39
8	128	6.25	2.4	0.6	0.43	1	0.130	40	3.22

Po rozdělení svahu dvěma průlehy a použití protierozního osevního postupu došlo ke snížení hodnot smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 15

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
16	216	7.41	3.12	0.76	0.45	1	0.130	40	5.55
16	334	4.79	2.96	0.43	0.45	1	0.130	40	2.98

Po rozdělení svahu průlehem a použití protierozního osevního postupu došlo ke snížení hodnot smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 16

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
10	185	5.41	2.89	0.5	0.45	1	0.130	40	3.38
16	323	4.95	2.92	0.45	0.43	1	0.130	40	2.94
10	198	5.05	2.99	0.46	0.43	1	0.130	40	3.08

Po rozdělení svahu dvěma průlehy a použití protierozního osevního postupu došlo ke snížení hodnot smyvu na přijatelnou hodnotu.

odtoková linie č. 21

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
10	52	19.23	1.53	3.34	0.52	1	0.001	40	0.001

Z důvodu vysoké hodnoty sklonu svahu dojde k zalesnění svahu. Svah po zalesnění nevykazuje téměř žádný erozní smyv.

odtoková linie č. 22

převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
12	133	9.02	2.45	1	0.58	1	0.005	40	0.28

Svah bude z důvodu velké strmosti zatravněn. Po zatravnění svah vykazuje minimální erozní smyv.

odtoková linie č. 23

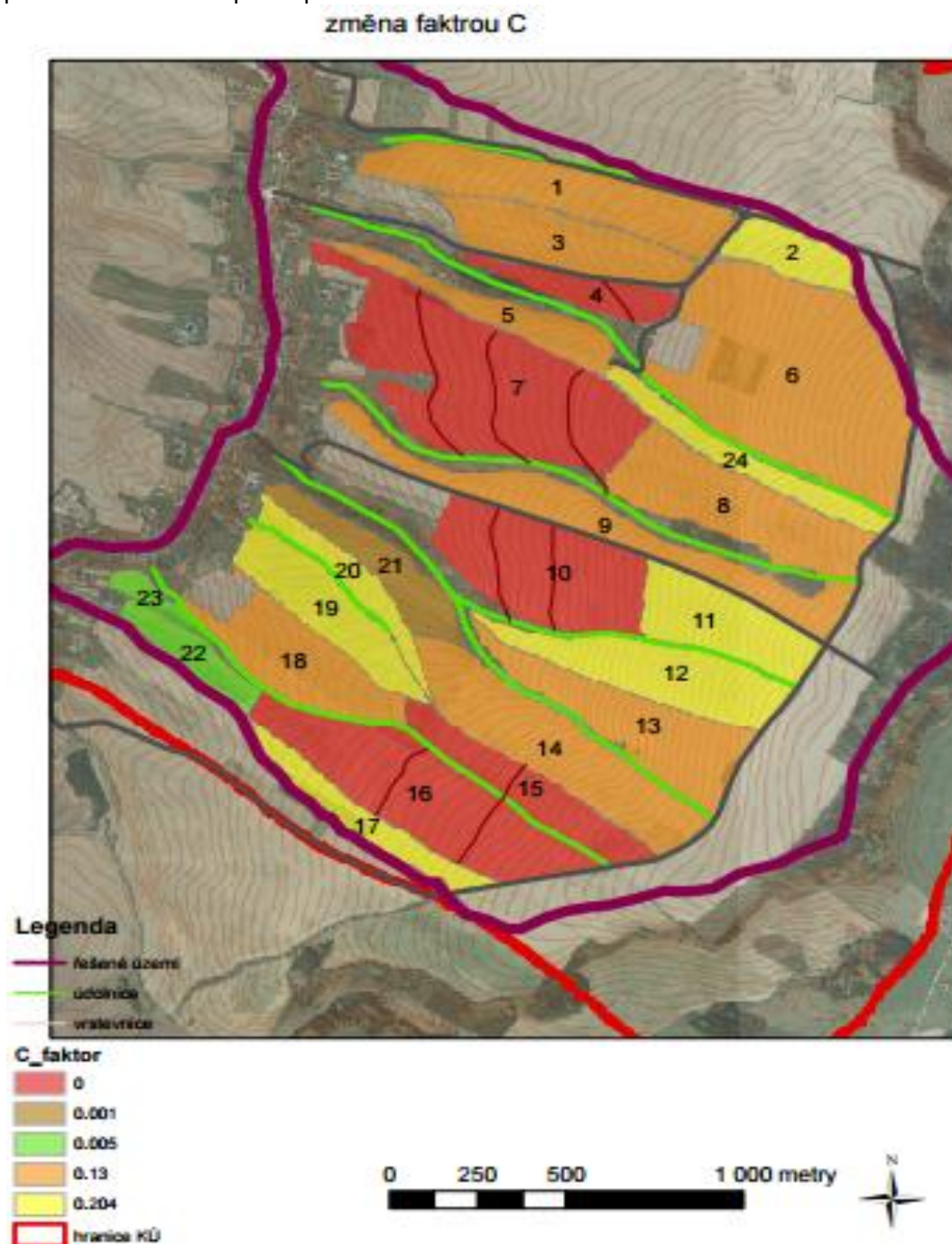
převýšení [m]	délka [m]	sklon [%]	L faktor [-]	S faktor [-]	K-faktor [-]	P faktor [-]	C faktor [-]	R faktor [MJ·ha ⁻¹ ·cm·h ⁻¹]	G [t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹]
---------------	-----------	-----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---	--

8	85	9.41	1.96	1.07	0.58	1	0.005	40	0.24
---	----	------	------	------	------	---	-------	----	------

Svah bude z důvodu velké strmosti zatravněn. Po zatravnění svah vykazuje minimální erozní smyv.

6.6.1 Zhodnocení dalších PEO

Na svazích 4; 7; 10; 15; 16 byly navrženy průlehy, které rozdělí svah a sníží hodnotu erozního smyvu. Zároveň je na určených svazích potřeba využívat určený protierozní osevní postup.



Obr 13. Změna C-faktoru

6.7 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH PEO

- Na svazích č. 2; 11; 12; 17; 19; 20 a 24 nebylo nutno navrhovat žádná PEO.
- Na svazích č. 1; 3; 5; 6; 8; 9; 13; 14; 18 byl navržen protierozní osevní postup pro snížení faktoru C.
- Na svazích 4; 7; 10; 15; 16 byly navrženy průlehy a použití protierozního osevního postupu.
- Svahy 22 a 23 se doporučují k zatravnění.
- Svah 21 se doporučuje zalesnit.
- Nahrhuje se stabilizovat údolnice zatravněním.

6.8 DIMENZE TECHNICKÝCH PEO

6.8.1 ZÁCHYTNÉ PRŮLEHY

Na svazích 4; 7; 10; 15; 16 došlo k navržení záchytných průlehů. Tyto průlehy jsou umístěny tak, aby snížily hodnotu faktoru sklonu svahu L. Zároveň slouží k zachycení a neškodnému odvedení povrchové vody stékající po svahu. Jsou zaústěny do zatravněné údolnice, která slouží jako svodný prvek.

Záchytné průlehy byly dimenzovány na objem odtoku z jednotkové šířky svahu nad prvem pomocí intenzitního vzorce.

$$Q_{\max} = \varphi_L \cdot i_s \cdot L \cdot t \quad [\text{m}^3]$$

Objemový odtokový součinitel φ_L je roven součinu dílčích faktorů n_1, n_2, n_3, n_4

$$\varphi_L = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4$$

kdy: n_1 - součinitel vlivu délky údolí

Tab. 13 Hodnoty faktoru n_1 dle M. Čermnáka [2]

S_p/L^2	1,0	0,60	0,26	0,24	0,10	0,05
n_1	1,0	0,94	0,84	0,82	0,70	0,60

n_2 - součinitel vlivu zalesněnosti území

Tab. 14 Hodnoty n_2 dle M. Čermáka [2]

Lesy (%)	100	80	40	0
n_2	0,5	0,6	0,8	1,0

n_3 - součinitel vlivu sklonu pozemku

Tab. 15 Hodnoty n_3 dle M. Čermáka [2]

Sklon(%)	5	10	20	30
n_3	0,4	0,57	0,80	1,0

n_4 součinitel propustnosti půdy

Tab. 16 Hodnoty n_4 dle M. Čermáka [2]

Půda	n_4
velmi propustná (pískovce vnějšího flyše, hnědé půdy, zadrmované pisky a šterky, černoze s pískem)	0,45
propustná (pisky, písčité slinovce, vápnité černoze, hnědé hlinitopísčité půdy)	0,65
méně propustná (pisky, písčité větrající horniny, pisky a šterky teras, váte pisky, šedé lesní půdy, hlinité šedé půdy)	0,80
nepropustná (rašeliny, slatiny, horské louky, horniny, krystalické jíly a spraše, zbahnělá půda a močály)	0,95

i_s - intenzita srážky dle Trupla $[m \cdot s^{-1}]$

Pro návrh byl zvolen 30 min déšť s periodicitou $P = 0,2$ a $P = 0,1$.

L - délka svahu nad průlehem $[m]$

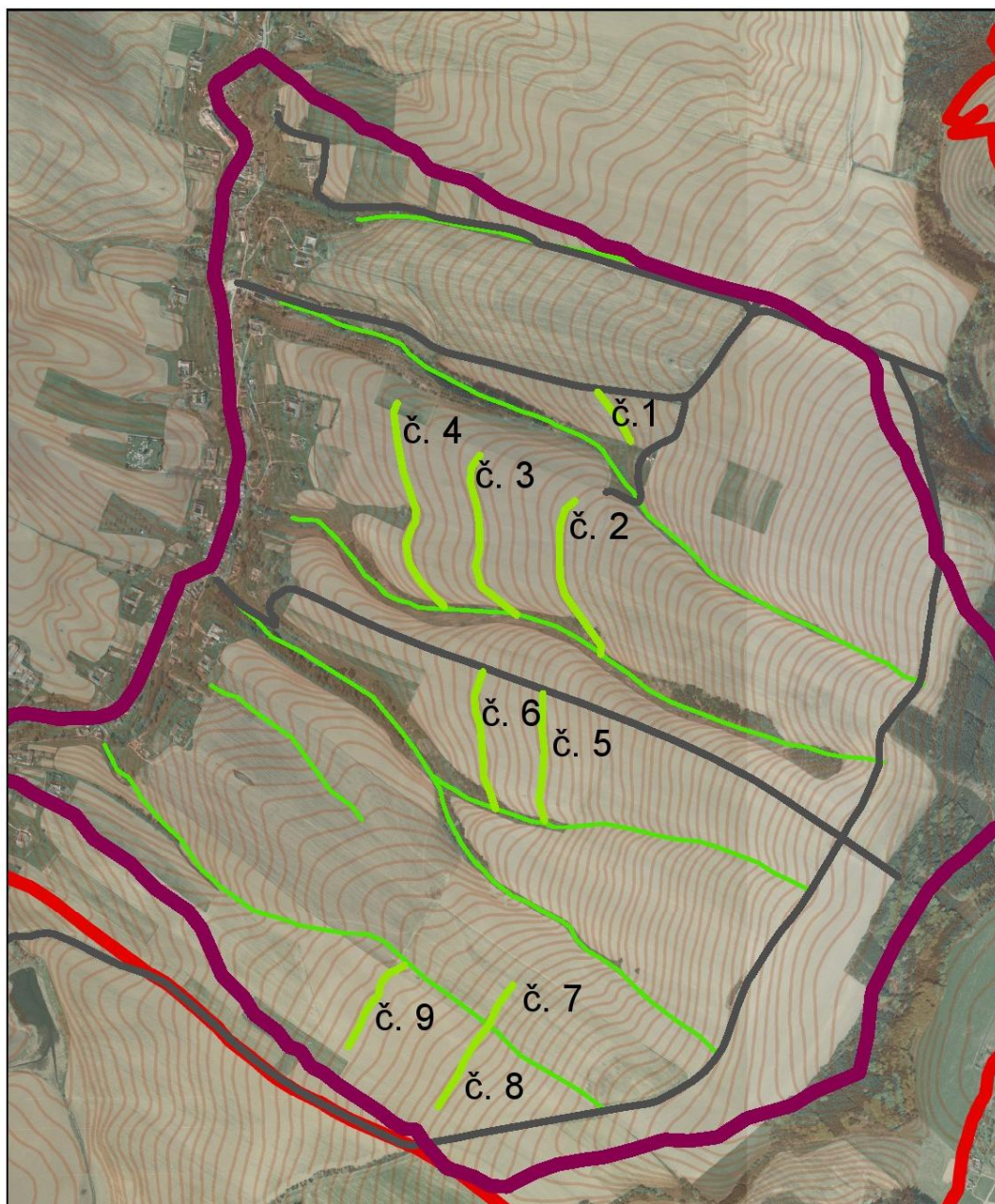
t - doba trvání návrhové srážky $[s]$

Vypočtený výsledek je roven odtoku na $1 m^2$ šířky svahu.

Celý výpočet je zobrazen v tabulce 17.

Tab. 17 Výpočet objemu odtoku pro záchytné průlehy

průleh	plocha povodí	Sp/L2	délka údolnice	n_1	n_2	n_3	n_4	φ	$i_s 5$	$i_s 10$	t	Q5	Q10
[-]	[m ²]	[-]	[m]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[m/s]	[m/s]	[s]	[m ²]	[m ²]
1	14 914.23	1.30	107	1	1	0.48	0.65	0.31	0.000011	1.31E-05	1800	0.661	0.788
2	45 990.67	1.27	190	1	1	0.43	0.65	0.28	0.000011	1.31E-05	1800	1.051	1.253
3	72 895.66	1.73	205	1	1	0.4	0.65	0.26	0.000011	1.31E-05	1800	1.055	1.258
4	70 595.34	2.04	186	1	1	0.41	0.65	0.27	0.000011	1.31E-05	1800	0.981	1.170
5	71 927.06	0.92	280	0.99	1	0.45	0.65	0.29	0.000011	1.31E-05	1800	1.605	1.914
6	45 329.55	1.77	160	1	1	0.47	0.65	0.31	0.000011	1.31E-05	1800	0.968	1.154
7	49 263.05	1.06	216	1	1	0.48	0.65	0.31	0.000011	1.31E-05	1800	1.334	1.590
8	51 246.41	1.50	185	1	1	0.41	0.65	0.27	0.000011	1.31E-05	1800	0.976	1.164
9	65 929.82	0.63	323	0.94	1	0.4	0.65	0.24	0.000011	1.31E-05	1800	1.563	1.863



Legenda

- údolnice
- zasakovací průlehy

0 250 500 1 000 metry



Obr 14. Navržené záchytné průlehy

Vypočtený objem odtoku se porovná s kapacitou průlehu. Ten byl navržen jako lichoběžník se šířkou dna 0,3 m a sklony svahů 1:5. Průlehy byly situovány s převýšením 2 m, tudíž jsme dosáhli příčných sklonů od 0,34 po 1,63 %. Kapacita byla určena dle Chézyho rovnice. [16]

$$Q = S \cdot v \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad v = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

S - průtočný profil $[\text{m}^2]$

O - omočený obvod $[\text{m}]$

C - rychlostní součinitel

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad [-]$$

R - hydraulický poloměr S/O $[\text{m}]$

n - součinitel drsnosti dle Manninga.

Pro zatravnění zvolen $n = 0,028$

i - podélný sklon prvku

Tab. 18 Výpočet kapacity záchytných průlehů. Porovnání s objemem odtoku

PRŮLEH 1

$n =$	0.028	$Q_5 =$	0.661 m ²
$i =$	0.011696	$Q_{10} =$	0.788 m ²
$m =$	5		
$b =$	0.3		

h	S	O	R	C	v	Q	$S < QN$
$[\text{m}]$	$[\text{m}^2]$	$[\text{m}]$	$[\text{m}]$	$[-]$	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.596	0.048	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.893	0.232	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	1.142	0.617	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	1.365	1.256	vyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	1.571	2.199	vyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.763	3.491	vyhovuje
0.368	0.788	4.054	0.194	27.181	1.296	1.021	vyhovuje

PRŮLEH 2

$n =$	0.028	$Q_5 =$	1.051 m ²
$i =$	0.004441	$Q_{10} =$	1.253 m ²
$m =$	5		
$b =$	0.3		

h	S	O	R	C	v	Q	$S < QN$
$[\text{m}]$	$[\text{m}^2]$	$[\text{m}]$	$[\text{m}]$	$[-]$	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.367	0.029	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.550	0.143	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.704	0.380	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	0.841	0.774	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	0.968	1.355	vyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.087	2.152	vyhovuje
0.472	1.253	5.109	0.245	28.257	0.933	1.169	vyhovuje

PRŮLEH 3

$n = 0.028$ $Q_5 = 1.055 \text{ m}^2$
 $i = 0.004301$ $Q_{10} = 1.258 \text{ m}^2$
 $m = 5$
 $b = 0.3$

h	S	O	R	C	v	Q	S < QN
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.361	0.029	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.541	0.141	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.692	0.374	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	0.828	0.762	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	0.952	1.333	vyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.069	2.117	vyhovuje
0.472	1.257	5.117	0.246	28.265	0.919	1.155	vyhovuje

PRŮLEH 4

$n = 0.028$ $Q_5 = 0.981 \text{ m}^2$
 $i = 0.003373$ $Q_{10} = 1.170 \text{ m}^2$
 $m = 5$
 $b = 0.3$

h	S	O	R	C	v	Q	S < QN
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.320	0.026	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.479	0.125	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.613	0.331	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	0.733	0.674	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	0.843	1.181	vyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	0.947	1.875	vyhovuje
0.455	1.169	4.936	0.237	28.094	0.794	0.929	vyhovuje

PRŮLEH 5

$n = 0.028$ $Q_5 = 1.605 \text{ m}^2$
 $i = 0.005865$ $Q_{10} = 1.914 \text{ m}^2$
 $m = 5$
 $b = 0.3$

h	S	O	R	C	v	Q	S < QN
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.422	0.034	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.632	0.164	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.809	0.437	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	0.967	0.889	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	1.112	1.557	nevyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.249	2.472	vyhovuje
0.589	1.913	6.310	0.303	29.273	1.235	2.362	vyhovuje

PRŮLEH 6

$n = 0.028$ $Q_5 = 0.968 \text{ m}^2$
 $i = 0.005764$ $Q_{10} = 1.154 \text{ m}^2$
 $m = 5$
 $b = 0.3$

h	S	O	R	C	v	Q	S < QN
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.418	0.033	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.627	0.163	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.802	0.433	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	0.958	0.882	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	1.103	1.544	vyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.238	2.451	vyhovuje
0.451	1.153	4.901	0.235	28.062	1.033	1.192	vyhovuje

PRŮLEH 7

n =	0.028	Q 5=	1.334 m ²
i =	0.005	Q10=	1.590 m ²
m =	5		
b =	0.3		

h	S	O	R	C	v	Q	S < QN
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.390	0.031	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.584	0.152	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.747	0.403	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	0.892	0.821	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	1.027	1.438	nevyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.153	2.283	vyhovuje
0.535	1.590	5.754	0.276	28.825	1.072	1.704	vyhovuje

PRŮLEH 8

n =	0.028	Q 5=	0.976 m ²
i =	0.008368	Q10=	1.164 m ²
m =	5		
b =	0.3		

h	S	O	R	C	v	Q	S < QN
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.504	0.040	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.755	0.196	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.966	0.522	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	1.155	1.062	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	1.329	1.860	vyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.492	2.953	vyhovuje
0.453	1.163	4.923	0.236	28.082	1.249	1.453	vyhovuje

PRŮLEH 9

n =	0.028	Q 5=	1.563 m ²
i =	0.007326	Q10=	1.863 m ²
m =	5		
b =	0.3		

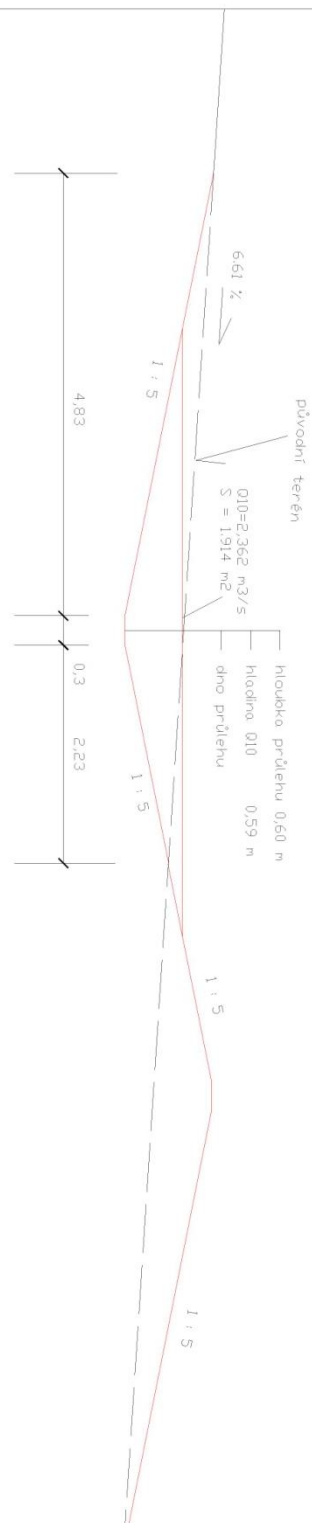
h	S	O	R	C	v	Q	S < QN
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0.1	0.080	1.320	0.061	22.384	0.472	0.038	nevyhovuje
0.2	0.260	2.340	0.111	24.764	0.707	0.184	nevyhovuje
0.3	0.540	3.359	0.161	26.335	0.904	0.488	nevyhovuje
0.4	0.920	4.379	0.210	27.536	1.080	0.994	nevyhovuje
0.5	1.400	5.399	0.259	28.520	1.243	1.740	nevyhovuje
0.6	1.980	6.419	0.308	29.357	1.396	2.763	vyhovuje
0.581	1.862	6.226	0.299	29.207	1.367	2.547	vyhovuje

Nejvyšší návrhový objem odtoku byl zjištěn u průlehu č. 5, který byl zvolen jako vzorový. U něho se podařilo návrhový objem odtoku neškodně odvést při hloubce 0,589 m. Hloubka všech záchytných průlehmů byla proto zvolena 0,6 m.

Z výkopku vzniklého realizací průlehmů bude vytvořena hrázka, která případně zvětší kapacitu. Další výhodou tohoto řešení je eliminace nákladů na přesun hmot.

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ ZÁCHYTÝM PRŮLEHEM

záchytný průhel č. 5



Obr 15. Vzorový řez záchytným průlehem

6.8.2 ZATRAVNĚNÁ ÚDOLNICE

Zatavněná údolnice slouží jako svodný prvek záchytným průlehům. Její dimenzování probíhá pomocí intenzitního vzorce [15]

$$Q_{\text{MAX}} = \Psi \cdot i_s \cdot F$$

kde

Q_{MAX} - návrhový průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

i_s intenzita srážky dle Trupla [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Ψ okamžitý odtokový součinitel odečtený z grafu

F plocha povodí [m^2]

Záchytný průleh č. 1 je vyústěn do zatavněné terénní deprese, kde dojde k zasáknutí převáděných průtoků.

Průlehy č. 2; 3 a 4 vyúsťují do zatavněné údolnice č. 2. Plochy nad jednotlivými průlehy jsou označeny jako 2.1; 2.2 a 2.3. Výpočet návrhového průtoku v bodě 2.1 vychází z plochy zad průlehem č. 2. Návrhový průtok v bodě 2.2 je odvozen ze součtu ploch 2.1 a 2.2. V bodě 2.3 je uvažováno se součtem ploch 2.1; 2.2 a 2.3. Jednotlivé body jsou umístěny na vyústění záchytného průlehu do údolnice.

Obdobně je postupováno u údolnic č. 3 a 4.

Tab. 19 Návrhové průtoky pro svodné prvky

průleh	úsek	celková plocha	$i_s 5$	$i_s 10$	s	Ψ	Q_{m5}	Q_{m10}
		[m^2]	[m/s]	[m/s]	[%]	[-]	[m^3/s]	[m^3/s]
1	1	14 914.2	1.1E-05	1.3E-05	7.48	0.19	0.031	0.037
2	2.1	45 990.7	1.1E-05	1.3E-05	5.78	0.17	0.086	0.103
	2.2	118 886.3	1.1E-05	1.3E-05	4.88	0.15	0.196	0.234
	2.3	189 481.7	1.1E-05	1.3E-05	5.38	0.16	0.333	0.397
3	3.1	71 927.1	1.1E-05	1.3E-05	6.61	0.18	0.142	0.170
	3.2	117 256.6	1.1E-05	1.3E-05	7.19	0.19	0.245	0.292
4	4.1	100 509.46	1.1E-05	1.3E-05	7.41	0.19	0.210	0.250
			1.1E-05	1.3E-05	5.41	0.16		
	4.2	166 439.28	1.1E-05	1.3E-05	4.95	0.15	0.275	0.327



Legenda

- údolnice
- zasakovací průlehy

0 250 500 1 000 metry



Obr 16. Plochy záchytných průlehů

Poté dojde k posouzení kapacity pomocí Cheziho rovnice pro ustálení rovnoměrné proudění.

Pro každý vybraný úsek musí platit $Q_{\max} < Q_k$. Kde Q_k je kapacitní průtok vybraného profilu.

Tvar zatravněné údolnice byl zvolen jako lichoběžník s šířkou dna $b = 0,5$ m a sklony svahů 1 : 7.

Tab. 20 Kapacita svodných prvků

svodný průleh 2.1

n =	0.028	Q 5=	0.086 m3/s
i =	0.0578	Q10=	0.103 m3/s
m =	7		
b =	0.5		

h	S	O	R	C	v	Q	Q < Q _N
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nevyhovuje
0.1	0.120	1.914	0.063	22.510	1.355	0.163	vyhovuje
0.2	0.380	3.328	0.114	24.875	2.021	0.768	vyhovuje
0.3	0.780	4.743	0.164	26.436	2.577	2.010	vyhovuje
0.4	1.320	6.157	0.214	27.630	3.076	4.060	vyhovuje
0.5	2.000	7.571	0.264	28.608	3.535	7.070	vyhovuje
0.6	2.820	8.985	0.314	29.442	3.965	11.182	vyhovuje
0.080	0.086	1.638	0.052	21.836	1.200	0.103	vyhovuje

svodný průleh 2.2

n =	0.028	Q 5=	0.196 m3/s
i =	0.0488	Q10=	0.234 m3/s
m =	7		
b =	0.5		

h	S	O	R	C	v	Q	Q < Q _N
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nevyhovuje
0.1	0.120	1.914	0.063	22.510	1.245	0.149	nevyhovuje
0.2	0.380	3.328	0.114	24.875	1.857	0.706	nevyhovuje
0.3	0.780	4.743	0.164	26.436	2.368	1.847	vyhovuje
0.4	1.320	6.157	0.214	27.630	2.826	3.731	vyhovuje
0.5	2.000	7.571	0.264	28.608	3.248	6.496	vyhovuje
0.6	2.820	8.985	0.314	29.442	3.644	10.275	vyhovuje
0.123	0.167	2.239	0.075	23.179	1.400	0.234	vyhovuje

svodný průřeh 2.3

$n = 0.028$ $Q_5 = 0.333 \text{ m}^3/\text{s}$
 $i = 0.0538$ $Q_{10} = 0.397 \text{ m}^3/\text{s}$
 $m = 7$
 $b = 0.5$

h	S	O	R	C	v	Q	Q < Q _N
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nevyhovuje
0.1	0.120	1.914	0.063	22.510	1.307	0.157	nevyhovuje
0.2	0.380	3.328	0.114	24.875	1.950	0.741	nevyhovuje
0.3	0.780	4.743	0.164	26.436	2.487	1.940	vyhovuje
0.4	1.320	6.157	0.214	27.630	2.967	3.917	vyhovuje
0.5	2.000	7.571	0.264	28.608	3.410	6.821	vyhovuje
0.6	2.820	8.985	0.314	29.442	3.826	10.788	vyhovuje
0.152	0.239	2.657	0.090	23.907	1.663	0.398	vyhovuje

svodný průřeh 3.1

$n = 0.028$ $Q_5 = 0.142 \text{ m}^3/\text{s}$
 $i = 0.0661$ $Q_{10} = 0.170 \text{ m}^3/\text{s}$
 $m = 7$
 $b = 0.5$

h	S	O	R	C	v	Q	Q < Q _N
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nevyhovuje
0.1	0.120	1.914	0.063	22.510	1.449	0.174	vyhovuje
0.2	0.380	3.328	0.114	24.875	2.161	0.821	vyhovuje
0.3	0.780	4.743	0.164	26.436	2.756	2.150	vyhovuje
0.4	1.320	6.157	0.214	27.630	3.289	4.342	vyhovuje
0.5	2.000	7.571	0.264	28.608	3.780	7.561	vyhovuje
0.6	2.820	8.985	0.314	29.442	4.241	11.958	vyhovuje
0.099	0.118	1.898	0.062	22.474	1.440	0.170	vyhovuje

svodný průřeh 3.2

$n = 0.028$ $Q_5 = 0.245 \text{ m}^3/\text{s}$
 $i = 0.0719$ $Q_{10} = 0.292 \text{ m}^3/\text{s}$
 $m = 7$
 $b = 0.5$

h	S	O	R	C	v	Q	Q < Q _N
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nevyhovuje
0.1	0.120	1.914	0.063	22.510	1.511	0.181	nevyhovuje
0.2	0.380	3.328	0.114	24.875	2.254	0.856	vyhovuje
0.3	0.780	4.743	0.164	26.436	2.875	2.242	vyhovuje
0.4	1.320	6.157	0.214	27.630	3.430	4.528	vyhovuje
0.5	2.000	7.571	0.264	28.608	3.943	7.885	vyhovuje
0.6	2.820	8.985	0.314	29.442	4.423	12.472	vyhovuje
0.125	0.171	2.262	0.076	23.222	1.712	0.293	vyhovuje

svodný průleh 4.1

n =	0.028	Q 5=	0.210 m ³ /s
i =	0.0741	Q10=	0.250 m ³ /s
m =	7		
b =	0.5		

h	S	O	R	C	v	Q	Q < Q _N
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nevyhovuje
0.1	0.120	1.914	0.063	22.510	1.534	0.184	nevyhovuje
0.2	0.380	3.328	0.114	24.875	2.288	0.869	vyhovuje
0.3	0.780	4.743	0.164	26.436	2.918	2.276	vyhovuje
0.4	1.320	6.157	0.214	27.630	3.483	4.597	vyhovuje
0.5	2.000	7.571	0.264	28.608	4.003	8.005	vyhovuje
0.6	2.820	8.985	0.314	29.442	4.490	12.661	vyhovuje
0.115	0.151	2.132	0.071	22.971	1.664	0.251	vyhovuje

svodný průleh 4.2

n =	0.028	Q 5=	0.275 m ³ /s
i =	0.0495	Q10=	0.327 m ³ /s
m =	7		
b =	0.5		

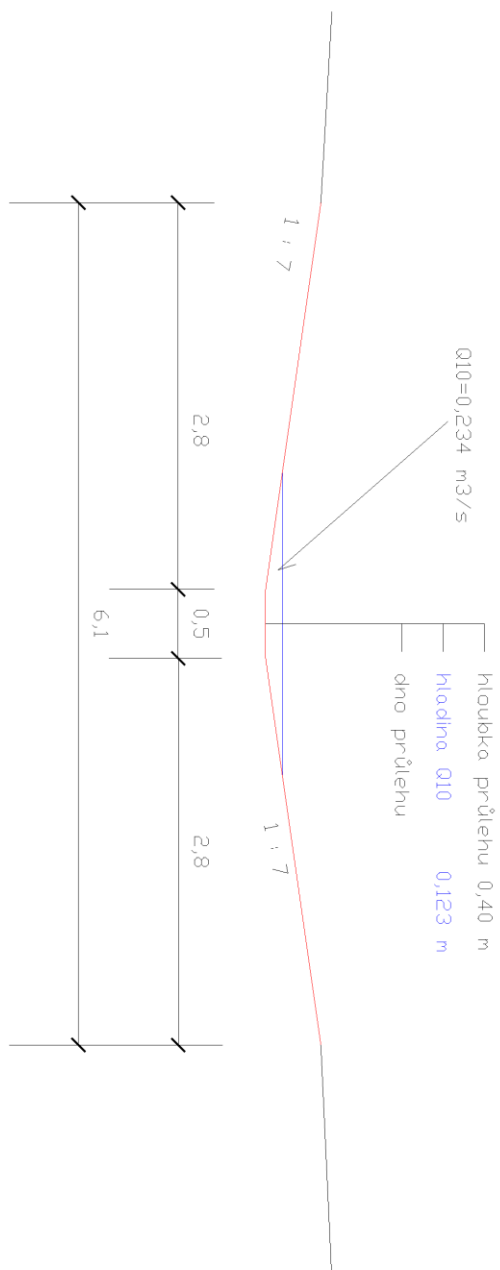
h	S	O	R	C	v	Q	Q < Q _N
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[-]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	nevyhovuje
0.1	0.120	1.914	0.063	22.510	1.254	0.150	nevyhovuje
0.2	0.380	3.328	0.114	24.875	2.288	0.869	vyhovuje
0.3	0.780	4.743	0.164	26.436	2.918	2.276	vyhovuje
0.4	1.320	6.157	0.214	27.630	3.483	4.597	vyhovuje
0.5	2.000	7.571	0.264	28.608	4.003	8.005	vyhovuje
0.6	2.820	8.985	0.314	29.442	4.490	12.661	vyhovuje
0.130	0.184	2.342	0.078	23.370	1.782	0.328	vyhovuje

K bezpečnému převedení návrhových průtoků v údolnici dochází při výšce hladiny od 0,08 m do 1,52 m. Z konstrukčních důvodů a s přihlédnutím na dostupné metodiky (Janček, VHK II) byla zvolena hloubka svodného prvku 0,4 m.

V úsecích 2.3; 3.2; 4.1 a 4.2 hodnota střední profilové rychlosti překračuje maximální rychlost pro zatravněné průlehy 1,5 m/s. V těchto úsecích dojde ke stabilizaci dna údolnice kamenným záhozem z HDK 63/125 mm do hloubky 0,3 m. Kamenný zához bude umístěn na filtrační vpichovanou netkanou geotextilií 300 g/m².

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ ZATRAVNĚNĚNDO ÚDOLNÍCÍ

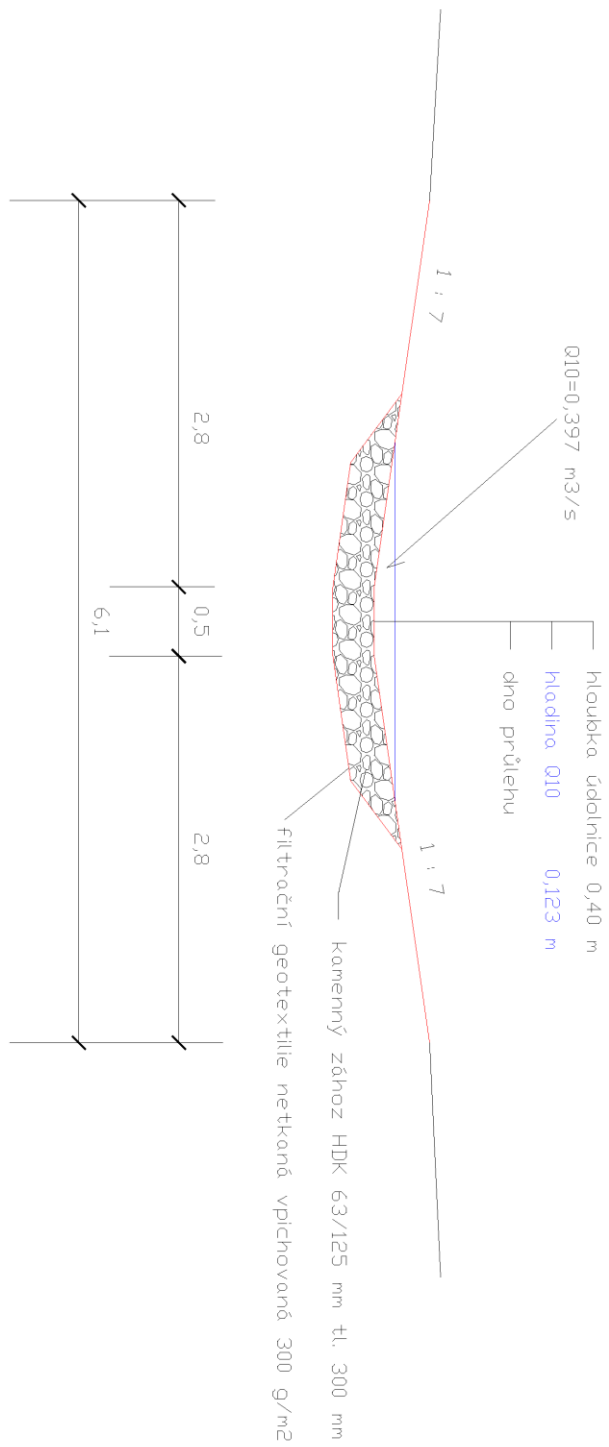
PROFIL 2,2



Obr 17. Příčný řez zatravněné údolnice

VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ ZATRAVNĚNOU ÚDOLNÍCÍ

PROFIL 2.3



Obr 18. Příčný řez opevněné opevněné údolnice

Úseky stabilizované kamenným záhozem nabývají hodnot podélného sklonu do 10 %. Kamenný zához bude v těchto úsecích stabilizován příčnými prahy s rozestupem 40 m.

Průtoky převáděné ze záchytných a svodných prvků budou neškodně odvedeny do recipientu v intravilánu obce.

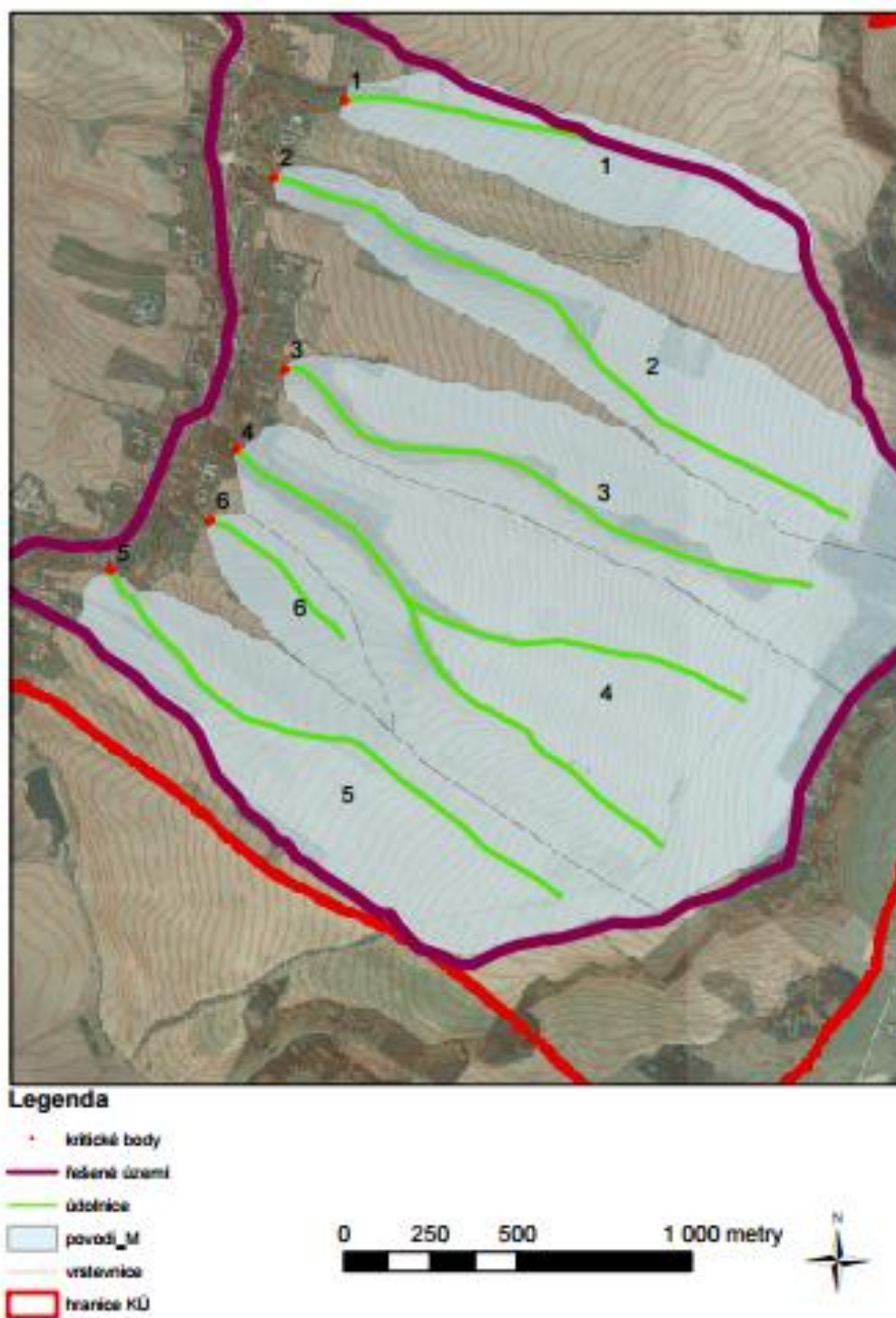
7 VÝPOČET KULMINAČNÍCH PRŮTOKŮ

Pro potřeby bakalářské práce bylo nutné určit kulminační průtoky v kritických bodech jednotlivých údolnic. Tyto hodnoty budou později sloužit pro návrh vodohospodářských opatření. Kritickým bodem je myšlen průsečík údolnice a intravilánu obce. Od této údolnice bylo každé údolnici vykresleno povodí, na kterém proběhlo modelování kulminačního průtoku.

7.1 URČENÍ PRŮMĚRNÝCH ČÍSEL CN

Číslo odtokové křivky CN je určeno pomocí hydrologické skupiny půd (dle BPEJ) a dle způsobu využití pozemku (LPIS). V programu ArcGIS došlo nejdříve ke sloučení vrstev BPEJ a LPIS (nástroj *Union*) a jednotlivým HPS a využití pozemku byla přiřazena příslušná hodnota čísel odtokových křivek. Pro ornou půdu bylo předpokládáno širokořádkových plodin s přímými řádky vedenými bez ohledu na sklon pozemku a bylo počítáno se špatnými hydrologickými podmínkami.

Poté byl v programu ArcGIS vytvořen rastr CN křivek (nástroj *Feature to raster*). Nakonec byla jednotlivým povodím kritických bodů v řešeném území spočítána průměrná hodnota čísel odtokových křivek CN (nástroj *Zonal statistics as table*).



Obr. 19 Metoda CN – křivky_určení kritických bodů a povodí údolnic

7.2 VÝPOČET V PROGRAMU DESQ

Posledním krokem výpočtu bylo zadání veškerých dat do modelu DesQ.

Tab. 21 Základní data pro výpočet kulminačního průtoku

údolnice				
označení	délka v m	sklon v %		
1	1298.25	8.772316		
2	2111.15	12.28966		
3	1935.96	8.544938		
4	1789.13	8.224162		
5	1692.69	6.313259		
6	699.32	6.674974		
povodí KB				
označení	plocha v ha	plocha v km2	sklon v %	průměrné CN
1	326350	0.33	5.683108	80.32475
2	599200	0.6	10.44137	78.68861
3	631750	0.63	9.159183	78.23669
4	1181575	1.18	7.922114	80.38204
5	626100	0.63	5.965207	81.52921
6	125200	0.13	5.010607	81

Z programové nabídky byla zvolena první varianta výpočtu, kdy se jedná o jeden svah. Srážkové úhrny podle nejbližší srážkoměrné stanice, tedy v Lanškrouně. Jako součinitel drsnosti byla zvolena pro všechna povodí hodnota 8 a typ CN křivky možnost 2. Ostatní hodnoty byly odečteny z programu ArcGIS.

7.3 VÝSTUPY Z PROGRAMU DESQ

Výstupy z programu DesQ tvoří hodnoty kulminačních průtoků v kritických bodech. Pro naše účely byly modelovány desetileté, padesátileté a stoleté povodňové průtoky (Q10, Q50, Q100).

Tab. 22 Kulminační průtoky

kritický bod č. 1

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln				Jednotky
N	10	50	100	[roky]
Q _N	0.497	1.09	1.4	[m ³ .s ⁻¹]
W _{PVT}	4.59	6.8	7.71	[10 ³ .m ³]
W _{PVT,1d}	7.45	9.48	10.4	[10 ³ .m ³]

kritický bod č. 2

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln				Jednotky
N	10	50	100	[roky]
Q _N	0.931	1.97	2.49	[m ³ .s ⁻¹]
W _{PVT}	7.54	11	12.4	[10 ³ .m ³]
W _{PVT,1d}	12.7	16	17.4	[10 ³ .m ³]

kritický bod č. 3

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln				Jednotky
N	10	50	100	[roky]
Q _N	0.847	1.8	2.33	[m ³ .s ⁻¹]
W _{PVT}	8.03	11.7	13.3	[10 ³ .m ³]
W _{PVT,1d}	13.1	16.3	17.8	[10 ³ .m ³]

kritický bod č. 4

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln				Jednotky
N	10	50	100	[roky]
Q_N	1.13	2.26	2.89	$[m^3.s^{-1}]$
W_{PVT}	18.8	26.7	30.1	$[10^3.m^3]$
$W_{PVT,1d}$	26.7	34	37.3	$[10^3.m^3]$

kritický bod č. 5

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln				Jednotky
N	10	50	100	[roky]
Q_N	0.859	1.86	2.43	$[m^3.s^{-1}]$
W_{PVT}	9.68	14.3	16.3	$[10^3.m^3]$
$W_{PVT,1d}$	14.9	19.2	21.1	$[10^3.m^3]$

kritický bod č. 6

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln				Jednotky
N	10	50	100	[roky]
Q_N	0.245	0.518	0.664	$[m^3.s^{-1}]$
W_{PVT}	1.76	2.58	2.91	$[10^3.m^3]$
$W_{PVT,1d}$	3.02	3.86	4.24	$[10^3.m^3]$

Tab 23. Kulminační průtoky v kritických bodech

	kulm. Průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]		
krit. bod	Q_{10}	Q_{50}	Q_{100}
1	0.497	1.09	1.4
2	0.931	1.97	2.49
3	0.847	1.8	2.33
4	1.13	2.26	2.89
5	0.859	1.86	2.43
6	0.245	0.518	0.664

Tyto hodnoty budou sloužit pro detailní návrh objektů, které budou chránit intravilán obce.

8 ZÁVĚR

Erozivní působení vody na ornou je negativní jev, při němž dochází ke splavování ornice, nejhodnotnější vrstvy půdního profilu. S tím dochází ke snižování hektarových výnosů půdy daného pozemku. Spolu se zhoršením přístupu na daný pozemek a zhoršením možnosti obhospodařování půdy má vodní eroze za následek její znehodnocování. Při přívalových srážkách dochází ke splavování ornice až do oblasti intravilánu obce, ke způsobuje mnohdy i mnohamilionové škody na majetku. Proto je žádoucí navrhovat opatření, která by těmto jevům zamezily.

V řešeném povodí došlo k návrhu opatření, která zmírňují erozní účinek na ornou půdu a dopad odtékající vody na intravilán obce. Při navrhování opatření byla upřednostňována organizační a agrotechnická opatření na úkor finančně nákladnějších opatření technických. Ta byla použita pouze u pěti z dvaceti čtyř pozemků.

Splnění vypočtených erozních smyvů po navržení ochranných opatření je podmíněno jejich dodržováním. Je důležité seznámit uživatele zemědělské půdy s problémem vodní eroze a vysvětlit jim, jakým způsobem mohou oni k eliminaci tohoto problému přispět.

9 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] JANEČEK, Miroslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ČZÚ Praha, 2012.
- [2] DUMBROVSKÝ, Miroslav, MILERSKI, Rudolf. *Vodní Hospodářství krajiny II*. FAST VUT Brno, 2005.
- [3] HOLÝ, Miloš. *Eroze a životní prostředí*. Praha: České vysoké učení technické, 1994. ISBN 80-01-01078-3
- [4] Představení obce. *Obec Třebářov* [online]. Třebářov: A-Z Line, 2011 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: http://www.trebarov.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=73
- [5] Třebářov. *Turistika.cz* [online]. Třebářov: Turistika.cz, ©2007-2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.turistika.cz/mista/trebarov>
- [6] Prohlížeč služba WMS – CENIA Geomorfologie. Dostupné z: <http://geoportal.gov.cz>
- [7] Co znamená BPEJ. *Bioreality.cz* [online]. Jakub Loskot [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.bioreality.cz/co-znamen-a-bpej>
- [8] Právní předpisy MZe. *EAgri* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, c2009-2016 [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100163547.htm>
- [9] EKatalog BPEJ | *Encyklopedie bonitovaných půdně ekologických jednotek* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2015 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://bpej.vumop.cz/>

[10] Hydrologické skupiny půd. *Hydromeliorace* [online]. [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: http://www.hydromeliorace.cz/projekty/ishms/mapserv/pomoc/i_hgspud_p.htm

[11] EKatalog BPEJ | 7.11.00. *EKatalog BPEJ* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://bpej.vumop.cz/71100>

[12] Klimatické regiony ČR. *MIG ESP* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.migesp.cz/klimaticke-regiony-cr>

[13] Eroze půdy. *Vítejte na Zemi* [online]. Praha: Cenia, 2013 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=eroze_pudy&site=puda

[14] Katalogový list DIBAVOD. VÚV T.G.Masaryka - *Oddělení GIS - O projektu DIBAVOD* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2014 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://www.dibavod.cz/index.php?id=27&id_dib=2&PHPSESSID=c560848497a72f78c95aa258b7ac147f

[15] DÝROVÁ, E. *Ochrana a organizace povodí. Návod ke komplexnímu projektu a diplomnímu semináři*. SNTL-VUT Brno, 1984.

[16] JANDORA, JAN a JAN ŠULC. *HYDRAULIKA: MODUL 01*. BRNO, 2006. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BPEJ	Bonitované půdně ekonomické jednotky
CN	Curve number
ERCN	Výpočet hodnot potřebných pro projekci pozemkových úprav
HJP	Hlavní půdní jednotka
HSP	Hydrologická skupina půd
LPIS	Registr využití zemědělské půdy
Q_N	Návrhový průtok
Q_{10}	Desetiletý průtok
Q_{50}	Padesátiletý průtok
Q_{100}	Stoletý průtok
USLE	Univerzální rovnice ztráty půdy
PEO	Protierozní opatření

11 SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ

11.1 TABULKY

Tab. 1 Průměrné rozdělení faktoru R přívalových dešťů do vegetačního období v ČR

Tab. 2 Třída propustnosti půdního profile dle HJP

Tab. 3 Průměrné hodnoty C- faktoru pro jednotlivé plodiny

Tab. 4 Hodnoty faktoru protierozních opatření P

Tab. 5 Zastoupení HPJ v řešeném území

Tab. 6 Zastoupení HPS

Tab. 7 Charakteristika 7. klimatického regionu

Tab. 8 Tabulka K-faktoru

Tab. 9 Výpočet erozního smyvu linií reprezentující jednotlivé svahy

Tab. 10 Osevní postup – $C = 0,13$

Tab. 11 Výpočet erozního smyvu $C = 0,13$

Tab. 12 Navržená PEO pro nejkritičtější místa

Tab. 13 Hodnoty faktoru n_1 dle M. Čermáka

Tab. 14 Hodnoty faktoru n_2 dle M. Čermáka

Tab. 15 Hodnoty faktoru n_3 dle M. Čermáka

Tab. 16 Hodnoty faktoru n_4 dle M. Čermáka

Tab. 17 Výpočet objemu dotoku pro záchytné průlehy

Tab. 18 Výpočet capacity zatravněných průlehů. Porovnání s objemem odtoku

Tab. 19 Návrhové průtoky pro svodné prvky

Tab. 20 Kapacita svodných průlehů

Tab. 21 Základní data pro výpočet kulminačních průtoků

Tab. 22 Kulminační průtoky

Tab. 23 Kulminační průtoky v kritických bodech

11.2 OBRÁZKY

Obr. 1 Vymezení řešeného území v obci Třebářov

Obr. 2 Ohrožení větrnou erozí v ČR

Obr. 3 Umístění drah plošného odtoku na pozemku

Obr. 4 Geomorfologické členění zájmového území

Obr. 5 Mapa HPJ

Obr. 6 Hydrologické poměry

Obr. 7 Mapa hydrologických skupin půd

Obr. 8 Sklonitostní poměry

Obr. 9 Klimatické poměry v ČR

Obr. 10 Hodnoty K – faktoru

Obr. 11 Mapy odtokových linií

Obr. 12 Rozdělení území na erozní svahy

Obr. 13 Změna C – faktoru

Obr. 14 Navržené záchytné půlehy

Obr. 15 Vzorový řez záchytného průlehu

Obr. 16 Plochy průlehů

Obr. 17 Příčný řez zatravněné údolnice

Obr. 18 Příčný řez opevněné údolnice

Obr. 19 Metoda CN křivek – určení kritických bodů a povodí údolnic

Obr. 20 Navržená opatření

11.3 GRAFY

Graf 1 Zastoupení HSP