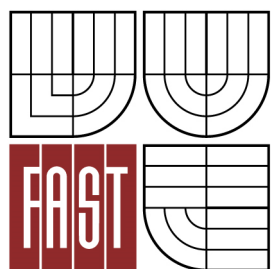




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

INTEGROVANÁ OCHRANA ÚZEMÍ PŘED NEPŘÍZNIVÝMI ÚČINKY POVRCHOVÉHO ODTOKU V POVODÍ PRUŠÁNKY

INTEGRATED SOIL AND WATER CONSERVATION AGAINST THE ADVERSE EFFECTS OF SURFACE
RUNOFF IN THE WATERSHED OF PRUSANKA CREEK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MARTIN PLEŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Martin Plešek
Název	Integrovaná ochrana území před nepříznivými účinky povrchového odtoku v povodí Prušánky
Vedoucí diplomové práce	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

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

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

Podklady a literatura

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU 2012, ISBN 978-80-87415-42-9
3. Toy, T.J., Foster, G.R. a Renard, K.G. Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. New York: Wiley, 2002, 352 p. ISBN 0-471-38369-4.
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, ČZU Praha 1997

Zásady pro vypracování

S využitím DMT a nástrojů GIS v daném povodí identifikujte kritické profily rozhodující z hlediska povodňového ohrožení zastavěného území. Integrovanou ochranu území před nepříznivými účinky povrchového odtoku v povodí Prušánky navrhnete v přispívajících plochách kritických bodů. V jejich sběrných plochách analyzujte komplex fyzikogeografických faktorů ovlivňujících základní charakteristiky přímého odtoku, erozní smyv a transport splavenin. K hodnocení odtokových poměrů využijte metodu čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DeSQ.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

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

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Práce se zabývá výpočtem eroze a povrchového odtoku v povodí Prušánky metodami USLE2D v prostředí ArcGIS a CN v modelu DESQ. Výsledky jsou použity k návrhu prvků protierozní ochrany.

Klíčová slova

Eroze, ArcGIS, USLE2D, CN, DESQ, Čejkovice

Abstract

Thesis deals with the calculation of erosion and surface runoff in the watershed Prušánky using USLE2D method in ArcGIS and CN method in model DesQ. The results are used to design elements of erosion protection.

Keywords

Erosion, ArcGIS, USLE2D, CN, DESQ, Čejkovice

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

PLEŠEK, Martin Bc. *Integrovaná ochrana území před nepříznivými účinky povrchového odtoku v povodí Prušánky*. Brno, 2016. 66 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje. Zároveň prohlašuji, že se listinná a elektronická verze shodují.

V Brně dne 15.1.2016

.....
Podpis autora

Bc. Martin Plešek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, CSc. za vedení a rady ohledně tématu práce.

1 ÚVOD

V dnešní moderní době může znít ohrožení zemědělské půdy jako věc, která se nás netýká. Žijeme přece v době, kdy se zemědělské suroviny či potraviny dováží ze zahraničí a hodně dříve zemědělských ploch je zatravněno. Málokdy se ale mluví o tom, že ta nejúrodnější pole jsou většinou také ta nejohroženější nebo o tom, že mnoho zemědělců pěstuje na svých polích státem dotované energetické plodiny. Po pár letech takového hospodaření může být pozemek již nepoužitelný pro pěstování náročnějších zemědělských plodin, ikdyž dříve býval velmi úrodný.

Tato práce se zabývá stanovením míry eroze a povrchového odtoku v povodí toku Prušánky. Následně proběhne návrh plošných a liniových opatření v povodí a znova se určí míra ohrožení. Nakonec se provede porovnání výsledků před a po aplikaci protierozních opatření.

2 PROBLEMATIKA EROZE

Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek a povrchového odtoku a následným transportem uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Intenzita vodní eroze je dána charakterem srážek a povrchového odtoku, půdními poměry, morfologií území (sklonem, délkou a tvarem svahů), vegetačními poměry a způsobem využití pozemků, včetně používaných agrotechnologií. Uvolňování a transport půdních částic může být vyvolán i odtokem z tajícího sněhu. [1]

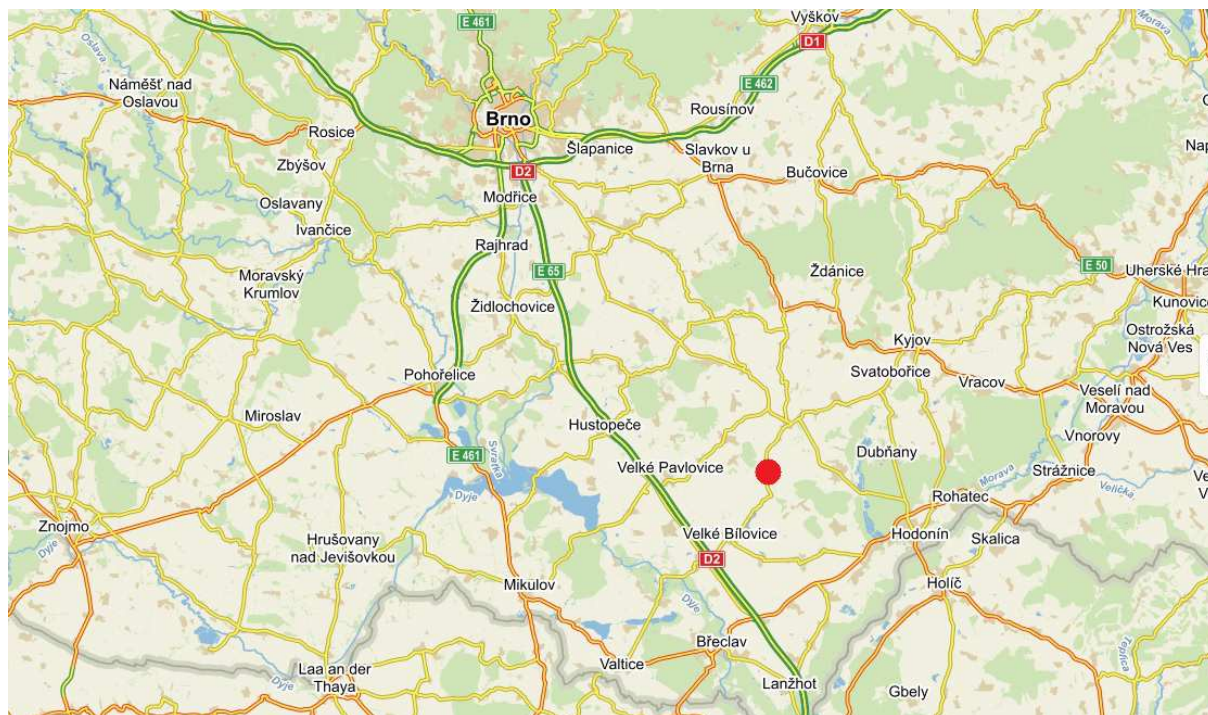
Vodní eroze se na povrchu půdy projevuje selekcí půdních částic a vznikem odtokových drah různých rozměrů (rýžek, rýh, výmolů), v místech výrazné koncentrace povrchového odtoku se mohou vytvářet strže. V depresích a na místech sníženého sklonu dochází zpravidla na níže ležících plochách k ukládání půdních částic. Částice transportované za hranice pozemků se dostávají do hydrografické sítě, kde vytvářejí splaveniny. Ty sedimentují v nádržích a v úsecích toků se sníženou transportní schopností. Z hlediska objemu splavenin je jejich největším zdrojem smyv orné půdy; je však třeba počítat i s erozí ploch stavenišť, s erozí lesní půdy při mechanizované těžbě dřeva, s břehovou a dnovou erozí v tocích. Tyto zdroje se mohou rovněž podstatnou měrou podílet na zvýšeném transportu splavenin.[1]

S nástupem moderního zemědělství se díky nevhodnému zacházení s půdou a velkovýrobnímu způsobu obdělávání půdy začala projevovat tzv. zrychlená eroze. Důsledky zrychlené eroze jsou především úbytek a degradace půdy na obdělávaných pozemcích, zhoršení kvality povrchových vod a majetkové škody v intravilánech vlivem rychlého odtoku ze zemědělských lokalit. Ztráty horní vrstvy půdy přímo souvisí se snížením produkce plodin a tržeb zemědělců.

3 ROZBOR A POPIS ÚZEMÍ

Čejkovice leží na jižní Moravě 40 km jihovýchodně od Brna v okrese Hodonín. Katastr obce má rozlohu 2 506 ha. Osou celého území je potok Prušánka. Reliéf je mírně zvlněný, průměrná nadmořská výška území je 208 m n. m. Průměrná roční teplota vzduchu je 9,2°C, což řadí Čejkovice k nejteplejším místům naší republiky. [8]

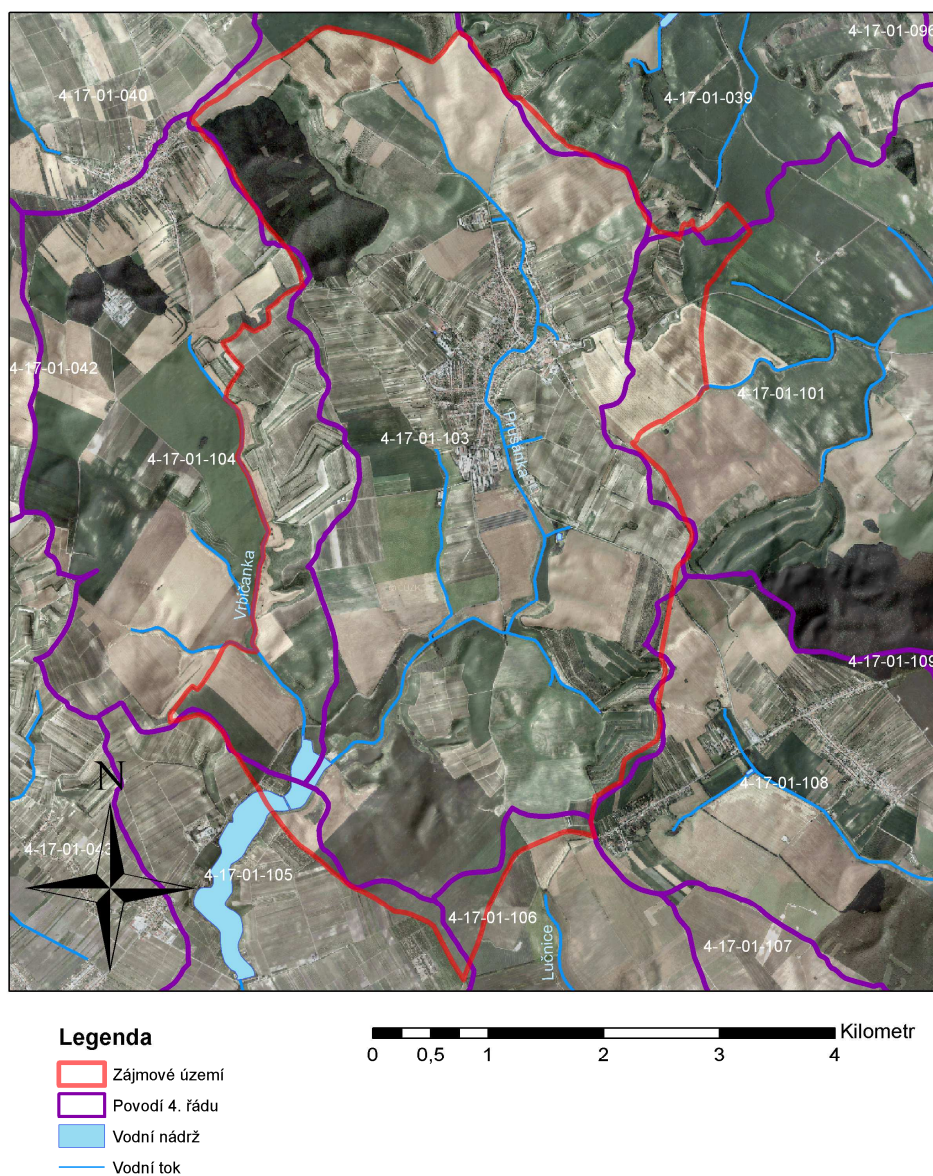
Území Čejkovic je vzhledem k tisíciletému osídlení a intenzivní činnosti člověka velmi pozměněno. Původně byla převážná část pokryta lesy, které se až na jedinou výjimku nezachovaly. Oblast obce patří do obvodu teplomilné květeny. Dvě chráněná území republikového významu dokládají důležitost této oblasti k zachování vzácných druhů rostlin. Písemně doložené počátky vinařství v Čejkovicích spadají do 13. stol. Téměř 100 let před panováním českého krále Karla IV. začíná v obci systematicky pěstovat vinnou révu francouzský templářský řád. [8]



Obr. 3.1 Lokalita Čejkovice

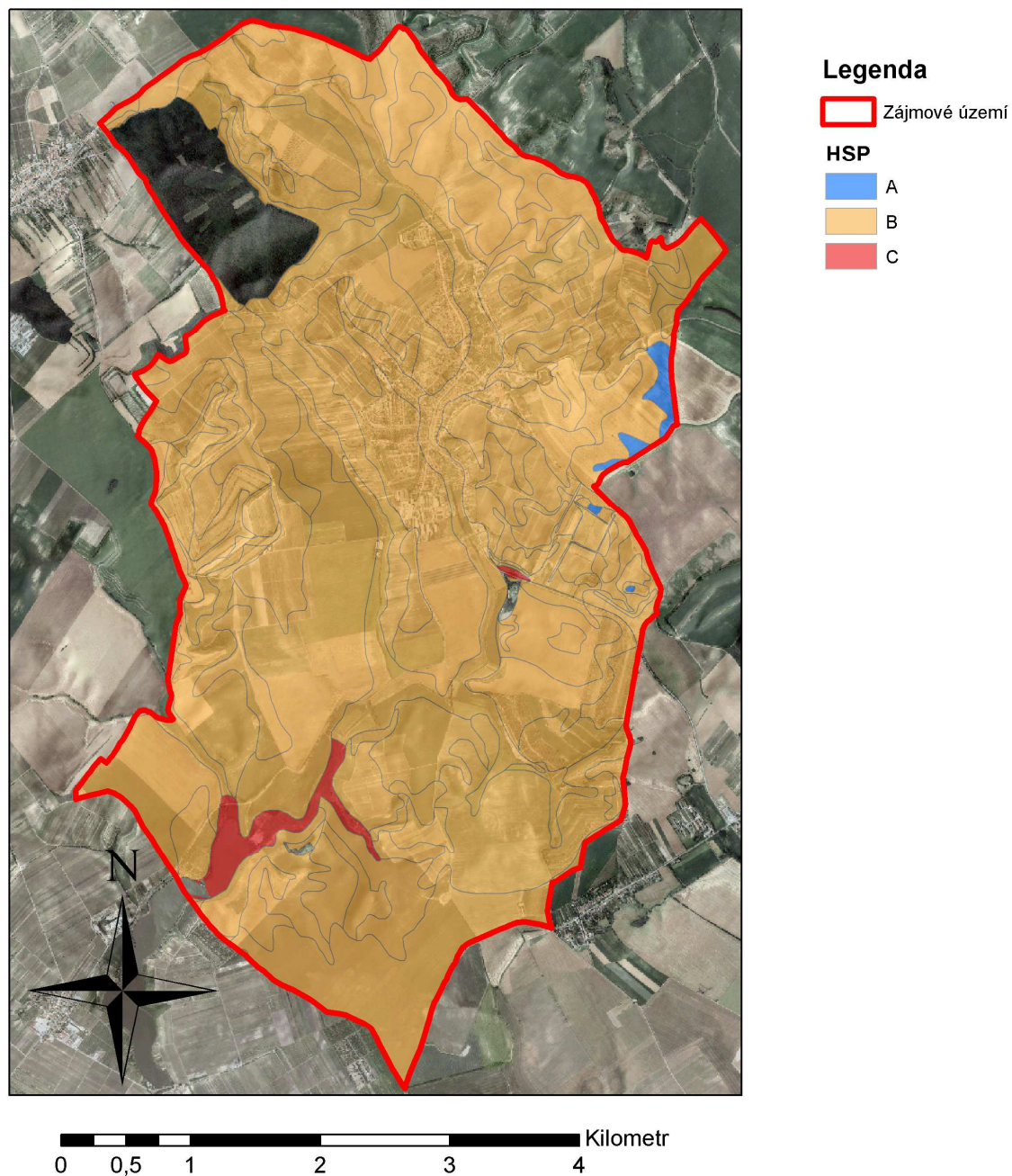
3.1 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Katastrální území obce Čejkovice přibližně kopíruje povodí toku Prušánka. Do Prušánky vtékají dva bezejmenné toky. Nejprve levostranný přítok a poté pravostranný. Číslo hydrologického pořadí je 4-17-01-103. Tok Prušánka směřuje nejprve jižním a poté jihozápadním směrem. Těsně před výtokem toku ze zájmového území se Prušánka vlévá do rybníka Velký Bílovec.



Obr. 3.2 Hydrologická mapa zájmového území

Mapa hydrologických skupin půd byla vytvořena z mapy BPEJ. Z kódu hlavních půdních jednotek byly odvozeny hydrologické skupiny půd. Na mapě hydrologických skupin půd je vidět, že na území se nachází převážně půdy ze skupiny B tzn. půdy se střední rychlostí infiltrace. Pouze na východní části území lze pozorovat skupinu A, v jižní části v blízkosti toku potom skupinu C.



Obr. 3.3 Mapa hydrologických skupin půd

Charakteristika hydrologických vlastností půd

Skupina A: Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrné odvodněné písky nebo štěrky

Skupina B: Půdy se střední rychlostí infiltrace ($0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité

Skupina C: Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ($0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité

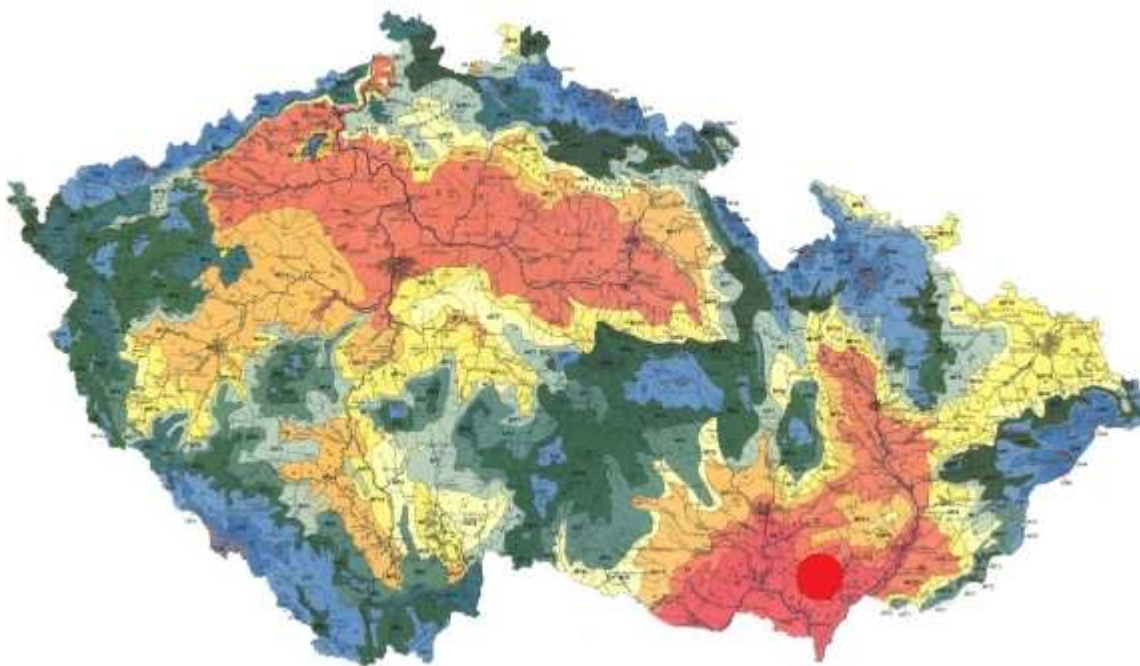
Skupina D: Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

3.2 KLIMATOLOGICKÉ POMĚRY

Lokalita patří k nejteplejším místům v České republice. Zájmové území svou polohou spadá do klimatické oblasti T4.

Průměrné hodnoty pro oblast T4:[5]

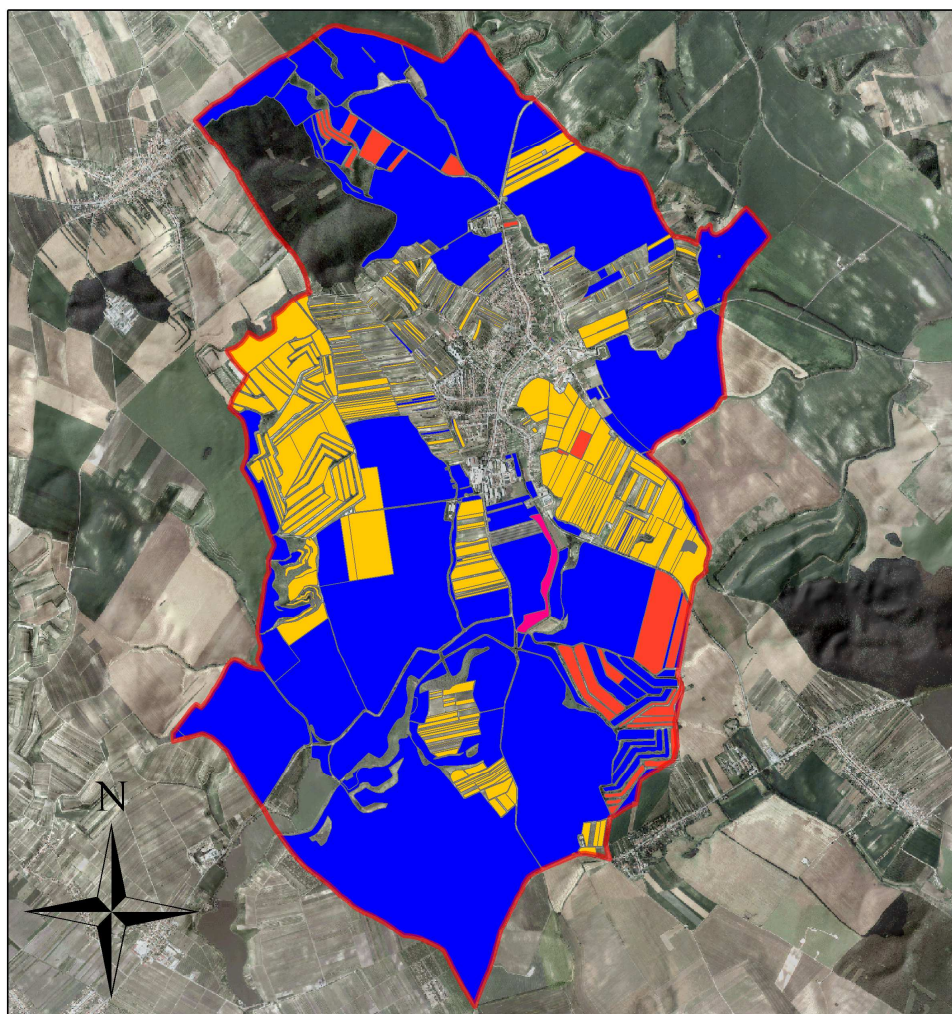
Počet letních dnů	60-70
Počet dnů s prům. tepl. 10°C a více	170-180
Počet mrazových dnů	100-110
Počet ledových dnů	30-40
Prům. teplota v lednu (°C)	-2 – -3
Prům. teplota v dubnu (°C)	9 – 10
Prům. teplota v červenci (°C)	19 – 20
Prům. teplota v říjnu (°C)	9 – 10
Prům. poč. dnů se srážkami 1mm a více	80 – 90
Srážkový úhrn ve veget. období (mm)	300 – 350
Srážkový úhrn v zimním období (mm)	200 – 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40 – 50
Počet dnů zamračených	110 – 120
Počet dnů jasných	50 – 60



Obr. 3.4 Klimatická mapa ČR[5]

3.3 VYUŽITÍ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY


Většina plochy zájmového území připadá orné půdě pro pěstování plodin, jako jsou například obilí, kukuřice nebo řepka. Pásovité plochy v těsné blízkosti intravilánu jsou využívány jako vinice či ovocné sady. V jihovýchodní části území je několik liniových pozemků osazeno rychle rostoucími dřevinami.



Legenda

 Zájmové území

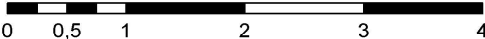
KULTURA

 Orná půda

 Vinice

 Ovocný sad

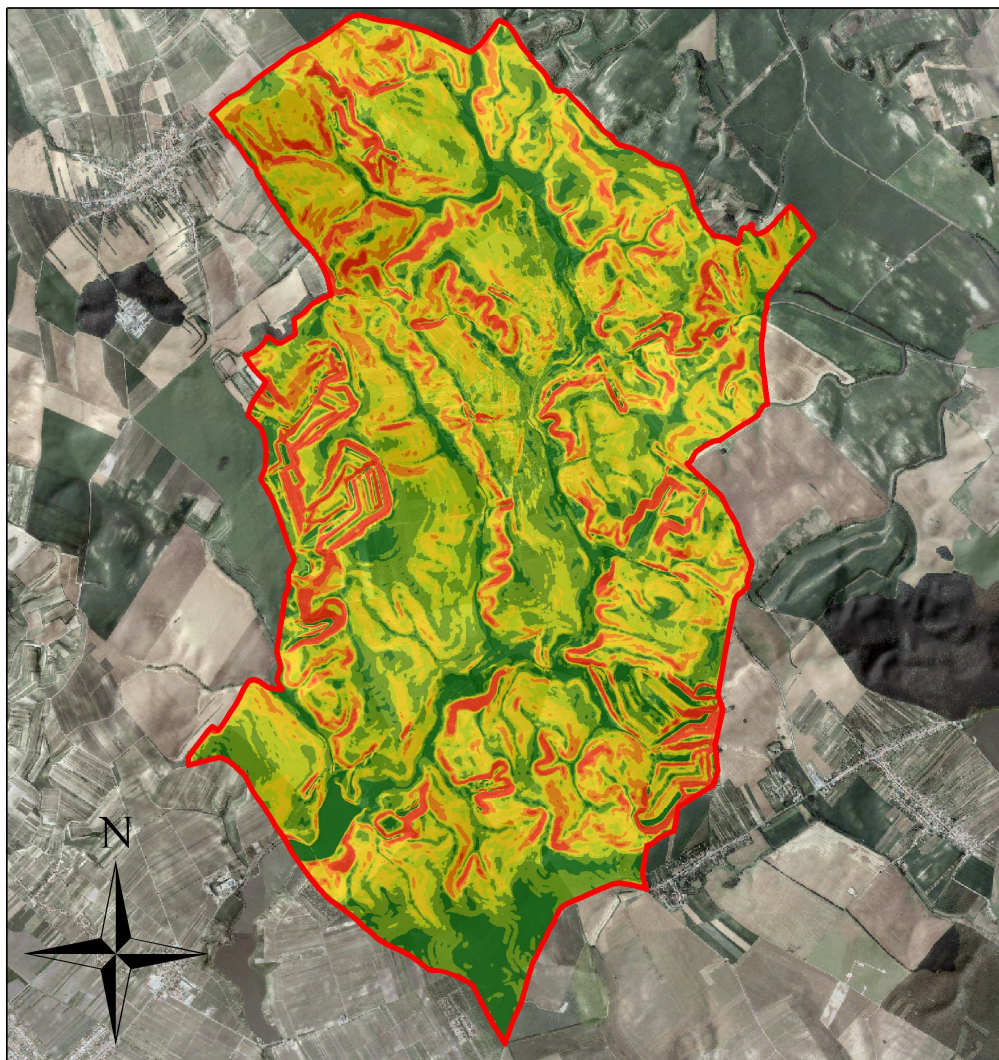
 Porost rychle rostoucích dřevin

 Kilometr

Obr. 3.5 Mapa zemědělského využití půdy

3.4 SKLONITOSTNÍ POMĚRY







Povrch terénu je na většině plochy velmi rozmanitý a členitý. Pouze v jižní části jde vidět rovinná plocha se zemědělskou půdou. Blízké okolí obce je velmi kopcovité.

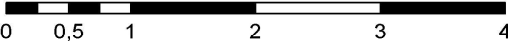


Legenda

 Zájmové území

Sklony

-  Do 3 %
-  3 - 7 %
-  7 - 10 %
-  10 - 15 %
-  15 - 20 %
-  Nad 20 %

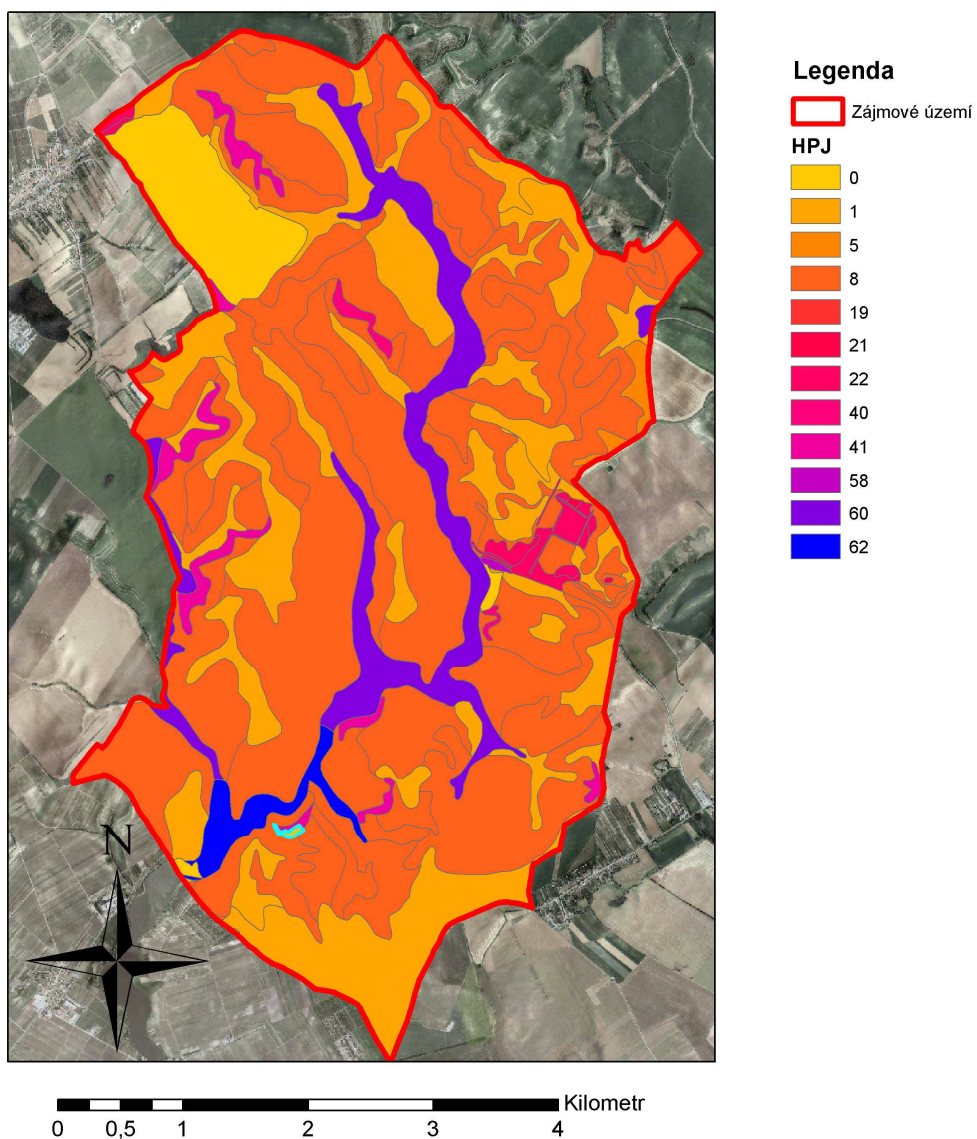
 Kilometr

Obr. 3.6 Mapa sklonů

3.5 PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Půdní mapa vznikla klasifikací mapy BPEJ dle hlavních půdních jednotek. HPJ označuje druhé a třetí číslo kódu BPEJ.

Hlavní půdní jednotka je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. [6]



Obr. 3.7 Půdní mapa dle HPJ

Typy půd na území Čejkovic dle katalogu HPJ:[7]

- 01 Černozemě modální, černozemě karbonátové, na spraších nebokarpatském flyši, půdy středně těžké, bez skeletu, velmi hluboké, převážně s příznivým vodním režimem
- 05 Černozemě modální a černozemě modální karbonátové, černozemě luvické a fluvizemě modální i karbonátové na spraších s mocností 30 až 70 cm na velmi propustném podloží, středně těžké, převážně bezskeletovité, středně výsušné, závislé na srážkách ve vegetačním období
- 08 Černozemě modální a černozemě pelické, hnědozemě, luvizemě, popřípadě i kambizemě luvické, smyté, kde dochází ke kultivaci přechodného horizontu nebo substrátu na ploše větší než 50 %, na spraších, sprašových a svahových hlínách, středně těžké i těžší, převážně bez skeletu a ve vyšší sklonitosti
- 19 Pararendziny modální, kambické i vyluhované na opukách a tvrdých slínovcích nebo vápnatých svahových hlínách, středně těžké až těžké, slabě až středně skeletovité, s dobrým vláhovým režimem až krátkodobě převlhčené
- 21 Půdy arenického subtypu, regozemě, pararendziny, kambizemě, popřípadě i fluvizemě na lehkých, nevododržných, silně vysušených substrátech
- 22 Půdy jako předcházející HPJ 21 na mírně těžších substrátech typu hlinitý písek nebo písčité hlína s vodním režimem poněkud příznivějším než předcházející
- 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
- 41 Půdy jako u HPJ 40 avšak zrnitostně středně těžké až velmi těžké s poněkud příznivějšími vláhovými poměry
- 58 Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podložím teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vláhové poměry po odvodnění příznivé

- 60 Černice modální i černice modální karbonátové a černice arenické na nivních uloženinách, spraši i sprašových hlínách, středně těžké, bez skeletu, příznivé vláhové podmínky až mírně vlhčí
- 62 Černice glejové, černice glejové karbonátové na nivních uloženinách, spraši i sprašových hlínách, středně těžké i lehčí, bez skeletu, dočasně zamokřené spodní vodou kolísající v hloubce 0,5 - 1 m

4 POPIS POUŽITÝCH METOD A PROGRAMŮ

4.1 USLE

K určování ohroženosti zemědělských půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření se podobně jako v jiných zemích používá v České republice tzv. „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“ dle WISCHMEIERA a SMITHE (1978). Ve stadiu ověřování je i RUSLE, tzv. revidovaná univerzální rovnice podle RENARDA et al. (1997). Oba empirické modely vycházejí z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přivalovém dešti mechanicky udržován ve směru sklonu svahu jako úhor. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje trvale a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy.[1]

Ztráta půdy vodní erozí se stanoví na základě rovnice:

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

- kde: G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy /t .ha⁻¹.rok⁻¹/,
R faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů,
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[1]

Vypočtená hodnota je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy a udává množství půdy, které bylo na pozemku uvolněno plošnou vodní erozí, nezahrnuje však její ukládání na pozemku či na plochách ležících pod ním. Rovnice se nedoporučuje používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu. [1]

Faktor erozní účinnosti dešťů

Vztah pro faktor erozní účinnosti deště R byl v USA odvozen na základě velkého množství dat o dešťových srážkách. Data ukazují, že jsou-li ostatní faktory USLE konstantní, je ztráta půdy z obdělávaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální 30minutové intenzity (i_{30}): [1]

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

kde: R je faktor erozní účinnosti deště /MJ.ha-1.cm.h-1/,

E celkové kinetická energie deště /J.m-2/,

i_{30} max. 30minutová intenzita deště /cm.h-1/.

Celková kinetická energie deště E je:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

kde: E_i je kinetická energie i-tého úseku deště (n - počet úseků deště):

$$E_i = (206 + 87 \log i_{si}) \cdot H_{si}$$

kde: i_{si} je intenzita deště i-tého úseku /cm.h-1/,

H_{si} úhrn deště v i-tém úseku /cm/. [1]

Faktor erozní účinnosti srážek R tedy závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu. [1]

Faktor erodovatelnosti půdy

Vlastnosti půdy ovlivňují infiltrační schopnost půdy a odolnost půdních agregátů proti rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště a transportu povrchově odtékající vodou. Faktor erodovatelnosti půdy K (resp. náchylnosti půdy k erozi) je v USLE definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v t.ha-1 na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R (MJ.ha-1.cm.h-1) [1]

Faktor erodovatelnosti půdy lze stanovit třemi postupy:

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.

U prvních dvou postupů stanovení je třeba mít k dispozici základní údaje o dané půdě, případně výsledky rozborů přímo v terénu odebraných směsných půdních vzorků z vyšetřovaného pozemku. Pro rámcové posouzení erozní ohroženosti je možné použít přibližné stanovení K faktoru podle HPJ bonitační soustavy půd (BPEJ). [1]

Faktor délky a sklonu svahu

Vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze je vyjádřen kombinací faktoru sklonu svahu S a faktoru délky svahu L, tzv. topografickým faktorem LS. Tento faktor představuje poměr ztráty půdy na vyšetřovaném pozemku ke ztrátě půdy na standardním pozemku o délce 22 m a sklonu 9%. Topografický faktor se určuje pro reprezentativní dráhy plošného povrchového odtoku, které charakterizují odtokové poměry na pozemku, příp. na jeho jednotlivých částech. [1]

Hodnota topografického faktoru LS pro přímý svah se určí ze vztahu

$$LS = l_d^{0,5} / (0,0138 + 0,0097 s + 0,00138 s^2)$$

kde: l_d je nepřerušovaná délka svahu (m); za účinné přerušování délky pozemku po spádnicí se považuje sběrný či záchytný průleh, příkop a hrázka zamezující přetékání vody na níže ležící plochu, nikoliv pouhá mez, přes kterou může povrchový odtok přeřinovat.

s sklon svahu (%) [1]

Pro pozemek nebo jeho část je reprezentativní trasa s nejvyšší hodnotou topografického faktoru LS. Délky a sklony odtokových drah se určují z vrstevnicových a hospodářských map a ověřují se při terénním průzkumu. Pro samostatné určení faktorů L a S platí postupy a vztahy uvedené dále. [1]

Faktor ochranného vlivu vegetace

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně omezení možnosti zanášení pórů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem. [1]

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben – září). Proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) chrání půdu nedostatečně. Ochranný vliv vegetačního pokryvu je v Univerzální rovnici vyjádřen faktorem C. [1]

Faktor účinnosti protierozních opatření

Hodnoty faktoru účinnosti protierozních opatření - P (dle WISCHMEIERA a SMITHE, 1978) jsou uvedeny v tabulce 4.1. Jestliže nelze předpokládat, že by byly dodrženy uvedené podmínky maximálních délek a počtů pásů, nelze s účinností příslušných opatření vyjádřených hodnotami faktoru P počítat a hodnota faktoru P = 1. [1]

Tab 4.1 Hodnoty P faktoru

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
Terasování			0,05 – 0,20	

4.2 METODA CN

Metoda čísel odtokových křivek (CN – Curve Number) byla odvozena v USA pro potřeby Služby na ochranu půdy (SCS – Soil Conservation Service) a představuje jednoduchý srážkoodtokový model s poměrně snadno zjistitelnými vstupy, dostatečně přesný, použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodí, či jejich částech velikosti do 10 km². [1]

V projekční praxi může být metoda odtokových křivek použita pouze v souladu s ČSN 75 1300 “Hydrologické údaje povrchových vod” k navrhování technických protierozních opatření, jako jsou dráhy soustředěného povrchového odtoku (zatravněné údolnice), průlehy, příkopy, ochranné hrádky a pro posuzování vlivu protierozních opatření na povrchový odtok. Metodu nelze použít pro výpočet odtoku z tání sněhu. [1]

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a odtok hypodermický. Podíly tohoto typu odtoku na celkovém odtoku se stanovují pomocí tzv. čísel odtokových křivek - CN. Čím větší hodnota CN, tím je pravděpodobnější, že se jedná o povrchový odtok. Odtok vody je obecně ovlivněn množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, vlhkostí půdy, druhem vegetačního pokryvu, nepropustnými plochami a retencí povrchu. Základním vstupem metody odtokových křivek je srážkový úhrn návrhového deště zvolené doby opakování za předpokladu jeho rovnoměrného rozdělení na ploše povodí. [1]

Objem (výška) srážek je transformován na objem (výšku) odtoku pomocí čísel odtokových křivek – CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepce a povrchové retence. [1]

Metoda CN – křivek určuje objem přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. Odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové retence. Tato počáteční ztráta byla stanovena na základě experimentálních měření na 20 % potenciální retence ($I_a = 0,2A$). [1]

Základní vztah pro určení výšky přímého odtoku:

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

kde: H_o přímý odtok (mm)

H_s úhrn návrhového deště (mm)

A potenciální retence (mm), vyjádřená pomocí čísel odtokových křivek (CN):

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

Objem přímého O_{PH} odtoku je dán vztahem:

$$O_{PH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \text{ (m}^3\text{)}$$

kde: P_p plocha povodí (km²). [1]

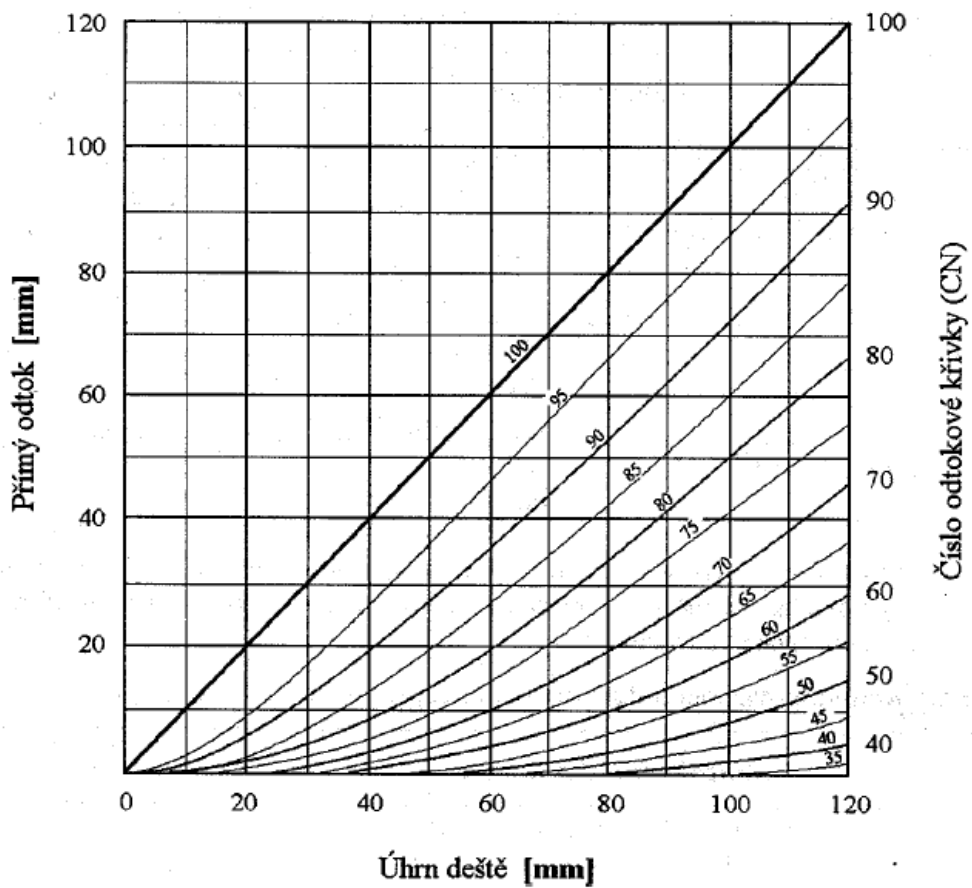
Návrhový dešť

O hodnotu úhrnu návrhového deště pro vyšetřovanou lokalitu je nutné požádat ČHMÚ. [1]

Čísla odtokových křivek

Čísla odtokových křivek (CN) jsou určena podle:

- a) hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin - A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení. Pro přibližnou orientaci při zařazování půd do hydrologických skupin je možné použít
- b) vlhkosti půdy určované na základě 5denního 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 střední nasycení půdy vodou.
- c) využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření. [1]



Obr. 4.1 Závislost výšky přímého odtoku na úhrnu deště a číslech odtokových křivek CN [1]

4.3 ARCMAP

ArcMap je centrální aplikace ArcGIS for Desktop, která slouží pro všechny mapové úlohy včetně kartografie, prostorových analýz a editace dat. V jeho prostředí naleznete většinu nástrojů, které vám pomohou data zpracovat, připravit pro analýzu, získat z nich nové informace a výsledky nakonec zobrazit a vytvořit z nich mapu nebo je odeslat k publikaci na server. Pro zpracování dat a jejich analýzu můžete využít mnoho tzv. geoprocessingových nástrojů. Přístup k nim máte z přehledného hierarchizovaného rozhraní nebo pomocí inteligentního vyhledávání.[4]

S ArcMAP souvisí i aplikace ArcToolbox, který poskytuje rozmanité nástroje pro konverzi a analýzu prostorových dat. Ve vodním hospodářství lze ArcMAP využít pro tvorbu digitálního modelu terénu, analýzu jednotlivých dat, klasifikaci dat či tvorbu rastových či vektorových vrstev. V prostředí ArcMAP můžeme relativně jednoduše kvantifikovat akumulaci vody, identifikovat odtokové dráhy, vytvořit rastr sklonů či přímo spočítat velikost erozního ohrožení. Program ArcMAP je uživatelsky přívětivý, ale je vhodnější spíše pro pokročilé uživatele.

4.4 MODEL DESQ

Hydrologický model DesQ byl vytvořen prof. Hrádkem v roce 1997. V roce 2000 byl aktualizován na základě připomínek uživatelů a nového výzkumu autorů. Aktualizovaná verze nese název DesQ – MaxQ. Zkratka DesQ znamená návrhový průtok, MaxQ potom maximální průtok, v souvislosti s průchodem povodňových vln. Model je určen pro povodí typu otevřené knihy, do velikosti 10 km². V případě větších povodí lze model použít na menších subpovodích. Jak z charakteristiky vyplývá, model je určen pro neměřená malá povodí. K jeho aplikaci tak nepotřebujeme žádné údaje o průtocích a vodních stavech na drobných vodních tocích. Svým charakterem se jedná o „black-box“ deterministický model, je tak vhodný pro užívání v geografii bez speciálních znalostí hydrodynamiky a hydrauliky. Na katedře geografie UP je k dispozici nejnovější verze modelu 6.0. [2]

Model lze využít pro:

- výpočet maximálních N-letých (návrhových) průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání
- výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a intenzity
- odvození tvaru povodňových vln (časové řady)
- hodnocení dopadů hospodářské činnosti v povodí (land-use) na srážko-odtokové procesy[2]

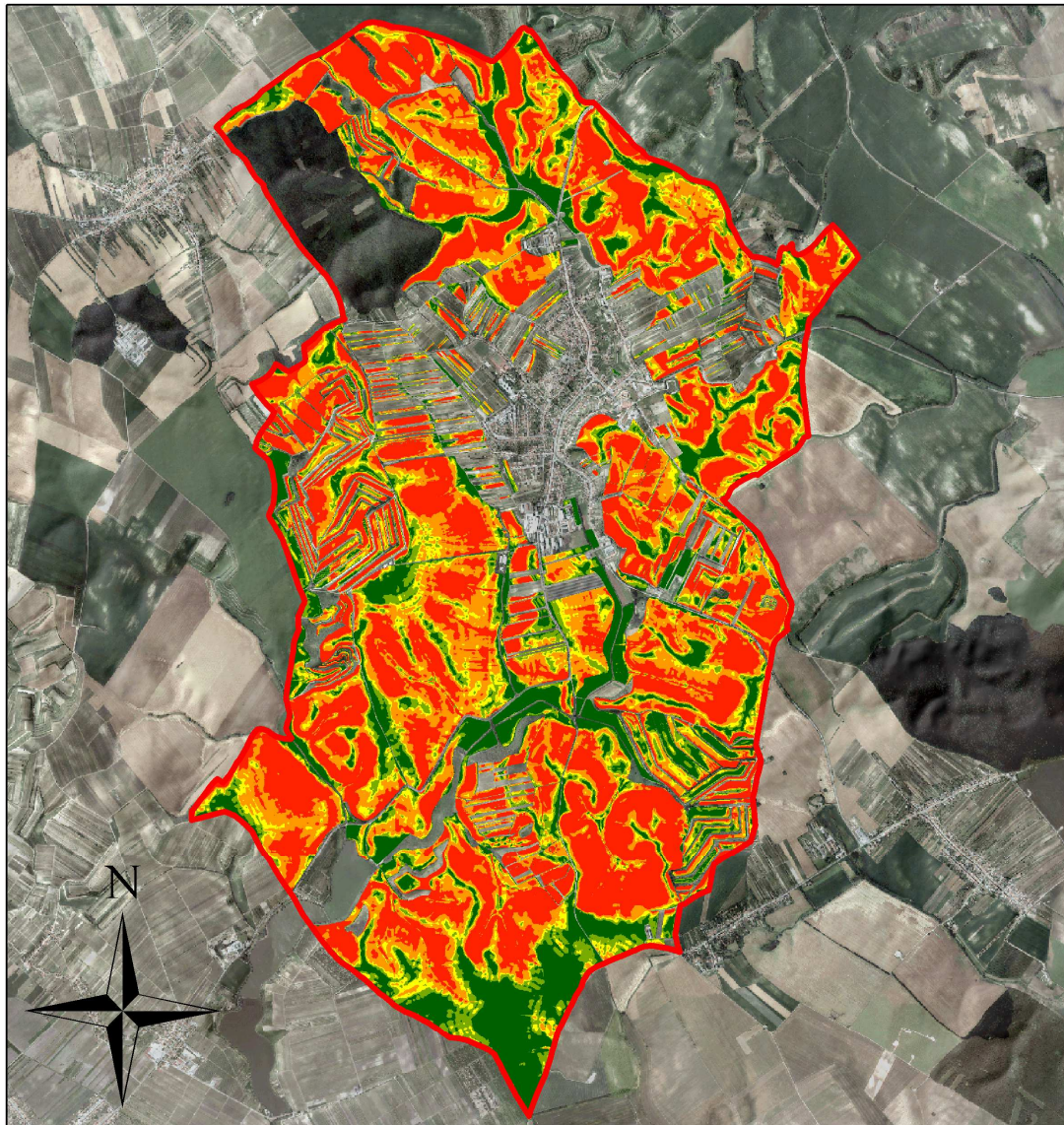
5 VÝSLEDKY

Postupně bylo provedeno několik výpočtů náchylnosti oblasti k erozi a k možnosti tvorby povrchového odtoku. Byly vyznačeny kritické body (dále jen KB) v místech, kde je možnost vstupu povrchového odtoku do intravilánu nebo na komunikaci, což by mělo za následek škody na majetku. Prvním výpočtem bylo z jednotlivých vstupů spočítat plošně erozi. Dalším krokem bylo zjištění KB a vyznačení povodí, jejichž uzávěrový profil tvoří tyto zjištěné KB. Následně bylo provedeno několik protierozních opatření.

5.1 VYPOČTENÉ HODNOTY

V programu ArcMAP byl dle metody USLE2D spočítán erozní smyv pro zájmové území Čejkovice. Postupně byly vytvořeny vrstvy jednotlivých faktorů. Faktor erozní účinnosti deště byl zvolen 40. Faktor erodovatelnosti půdy byl převzat z tabulky přiřazených hodnot dle čísla HPJ. Faktory délky a sklonu svahů byly spočteny pomocí programu USLE2D. Faktor protierozního účinku plodin byl pro jednotlivé bloky LPIS převzat z tabulky dle klimatických regionů. Faktor protierozních opatření byl zvolen 1 kvůli absenci těchto prvků.






Výsledný smyv je v zájmovém území velmi nepříznivý především kvůli velkým sklonům viz obr 5.1. Velká část území je silně erozně ohrožena, protože eroze zde přesahuje hodnoty 20 t/ha/rok na většině orné půdy.

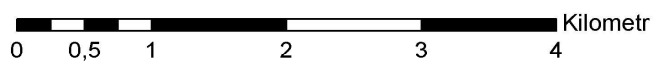


Legenda

 Zájmové území

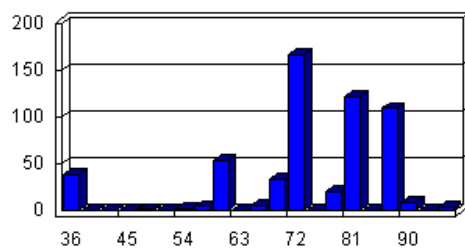
Erozní smyv [t/ha/rok]

-  do 4
-  4 - 7
-  7 - 10
-  10 - 20
-  nad 20

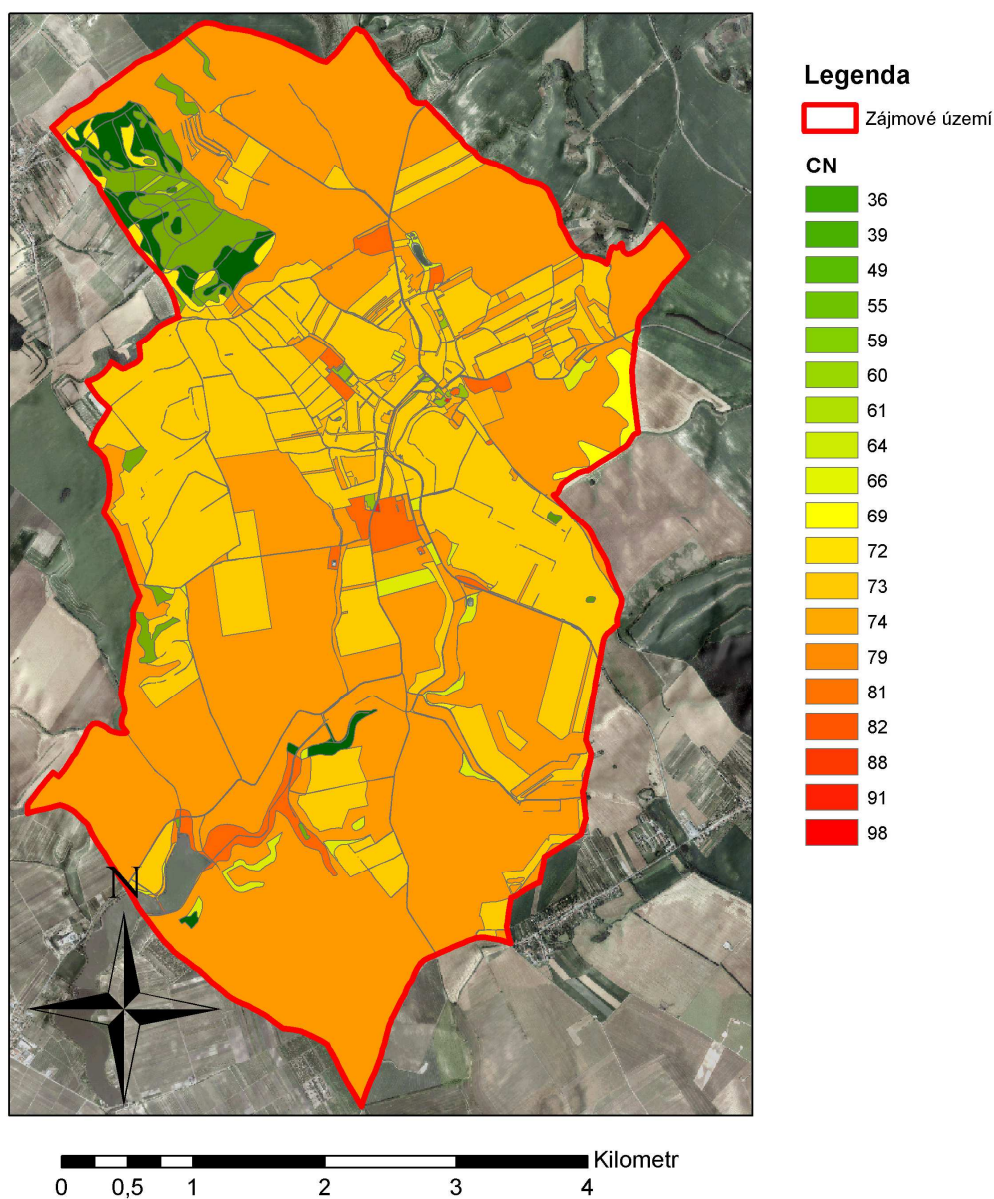


Obr. 5.1 Mapa erozního ohrožení

Jednotlivým blokům LPIS byly přiděleny číslo CN křivek viz Metoda CN. Počty bloků s jednotlivými CN čísly lze vidět na obr. 5.2.

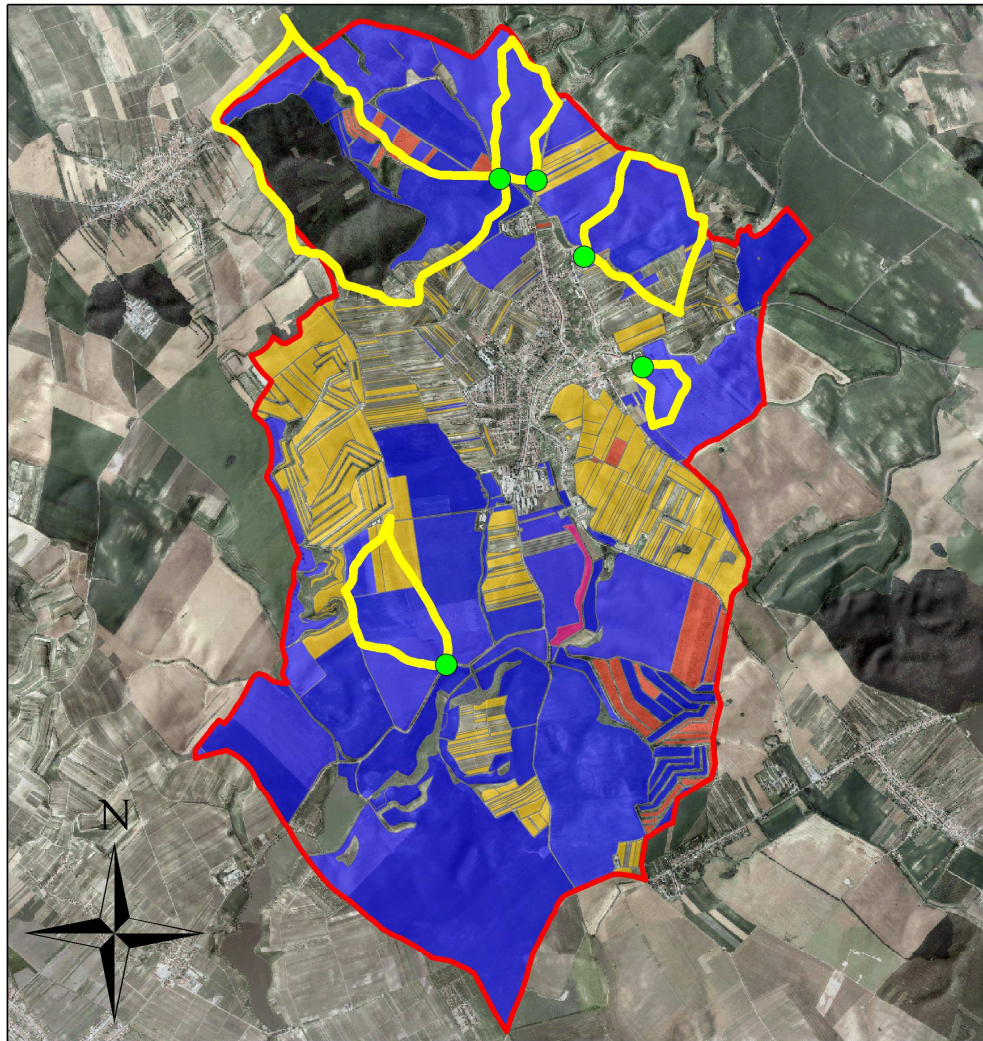


Obr. 5.2 Počet výskytu jednotlivých čísel CN



Obr. 5.3 Mapa čísel odtokových křivek CN

Dalším krokem bylo nalezení KB v zájmovém území. Pomocí nástroje Flow Accumulation v programu ArcGIS byly nalezeny dráhy soustředěného odtoku a tam, kde odtok vbíhal do intravilánu nebo na pozemní komunikace, byly identifikovány KB. V zájmovém území se nachází 5 kritických bodů. Nad KB byla vyznačena kritická povodí a v každém z nich byl v programu Desq spočítán povrchový odtok pomocí metody CN křivek.



Legenda

- Zájmové území
- Vrstevnice
- Kritický bod
- Povodí kritického bodu

KULTURA

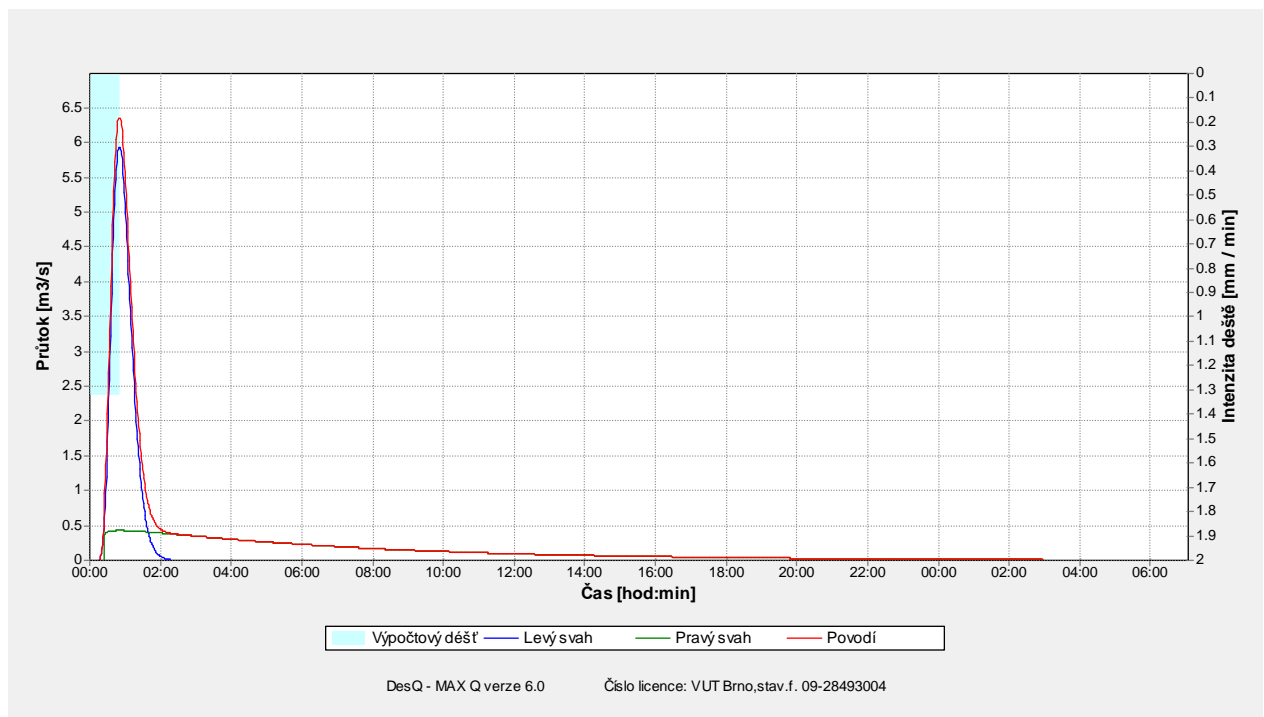
- Orná půda
- Vínice
- Ovocný sad
- Porost rychle rostoucích dřevin

Obr. 5.4 Mapa kritických bodů a povodí

5.1.1 Povodí 1 bez opatření

Tab 5.1 Vstupní veličiny pro povodí 1

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	2.38			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.61	1.76	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		12	8.9	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	2.25			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	3.8			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		78.8	62	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.5 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 1

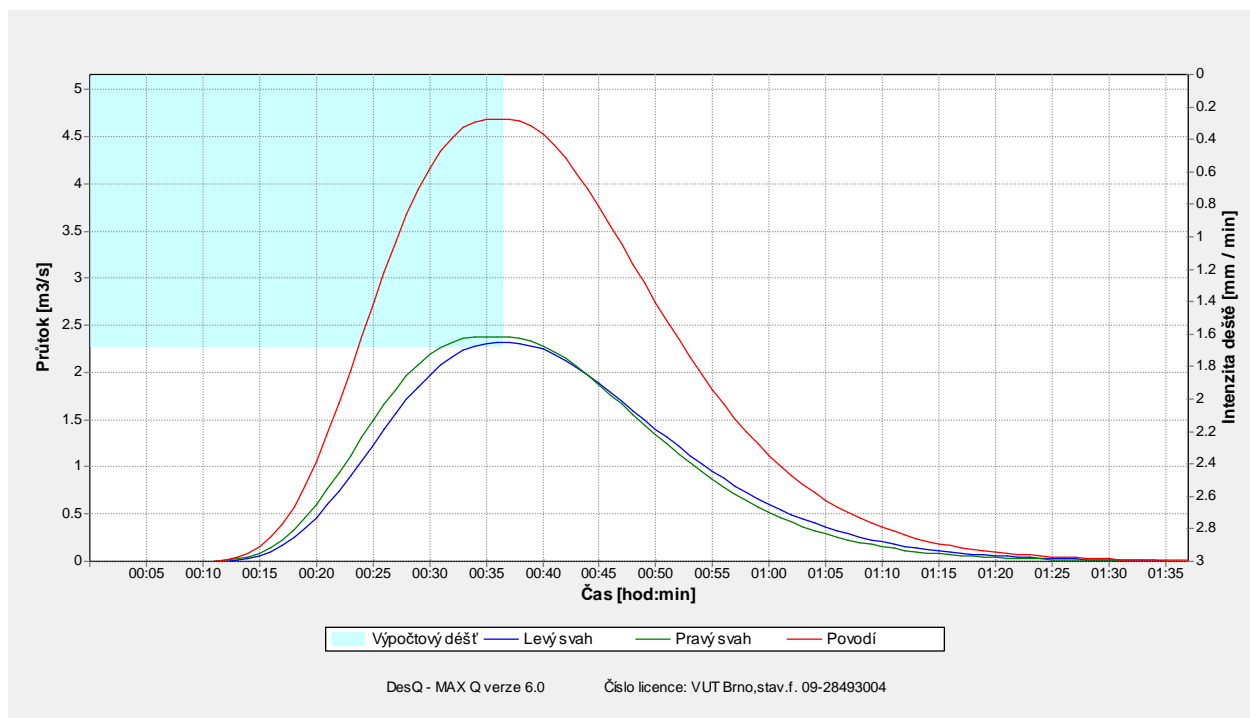
Tab 5.2 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 1

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	1.58	1.29	0.294	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	16.8	6.72	10	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	36.7	14	22.7	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	2.48	2.06	0.417	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	20.5	8.52	11.9	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	44.9	17.3	27.5	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	3.59	3.11	0.474	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	23.2	10.5	12.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	50.2	20.3	29.9	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	5.08	4.63	0.447	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	25.1	12.8	12.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	53.6	23.5	30.1	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	6.36	5.93	0.427	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	26.7	14.6	12.1	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	57	26.1	30.8	$[10^3 \cdot m^3]$

5.1.2 Povodí 2 bez opatření

Tab 5.3 Vstupní veličiny pro povodí 2

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.37			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.18	0.18	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		7.1	9.5	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	1.2			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	1.1			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		81	81	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.6 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 2

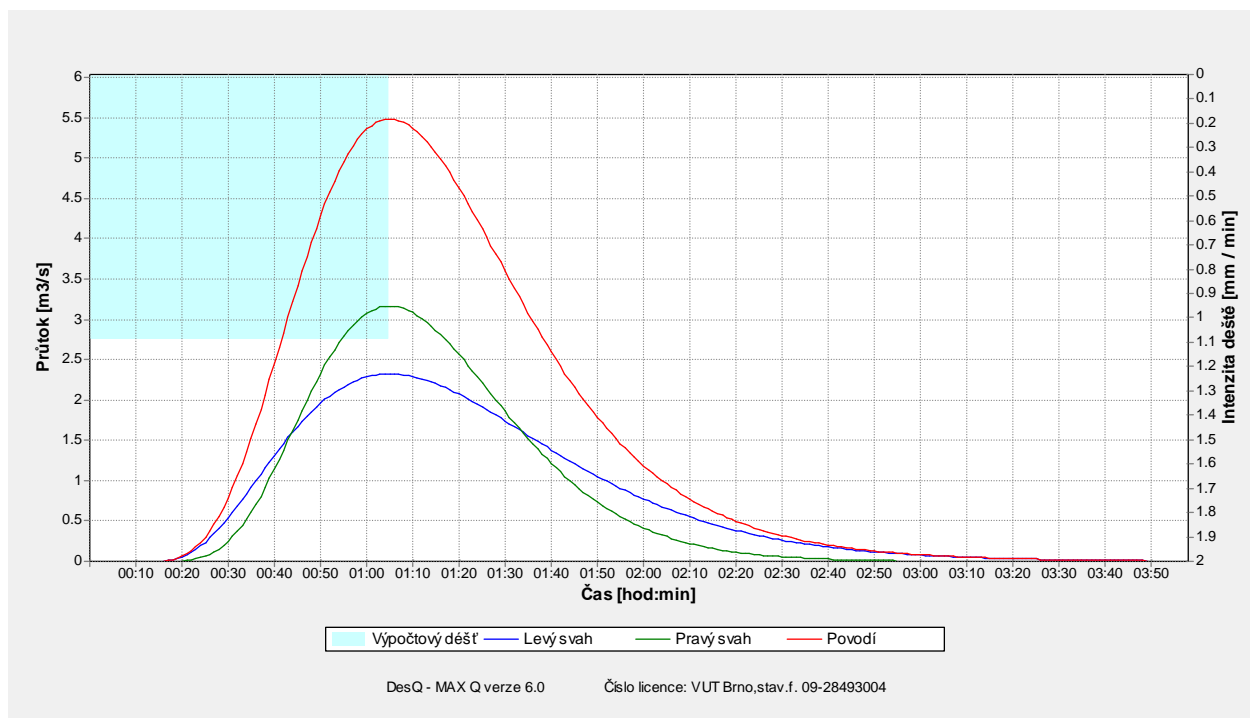
Tab 5.4 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 2

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	1.07	0.497	0.573	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	3.81	1.88	1.93	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	8.98	4.44	4.54	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	1.72	0.794	0.922	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	4.81	2.38	2.43	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	11.1	5.51	5.63	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	2.6	1.23	1.37	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	6	2.97	3.03	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	13.1	6.49	6.64	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	3.74	1.84	1.88	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	7.37	3.64	3.72	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	15.3	7.56	7.72	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	4.81	2.32	2.37	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	8.44	4.17	4.26	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	17.1	8.45	8.63	$[10^3 \cdot m^3]$

5.1.3 Povodí 3 bez opatření

Tab 5.5 Vstupní veličiny pro povodí 3

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.75			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.4	0.35	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		6.9	7.7	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	0.96			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	2.6			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		78.7	81	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.7 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 3

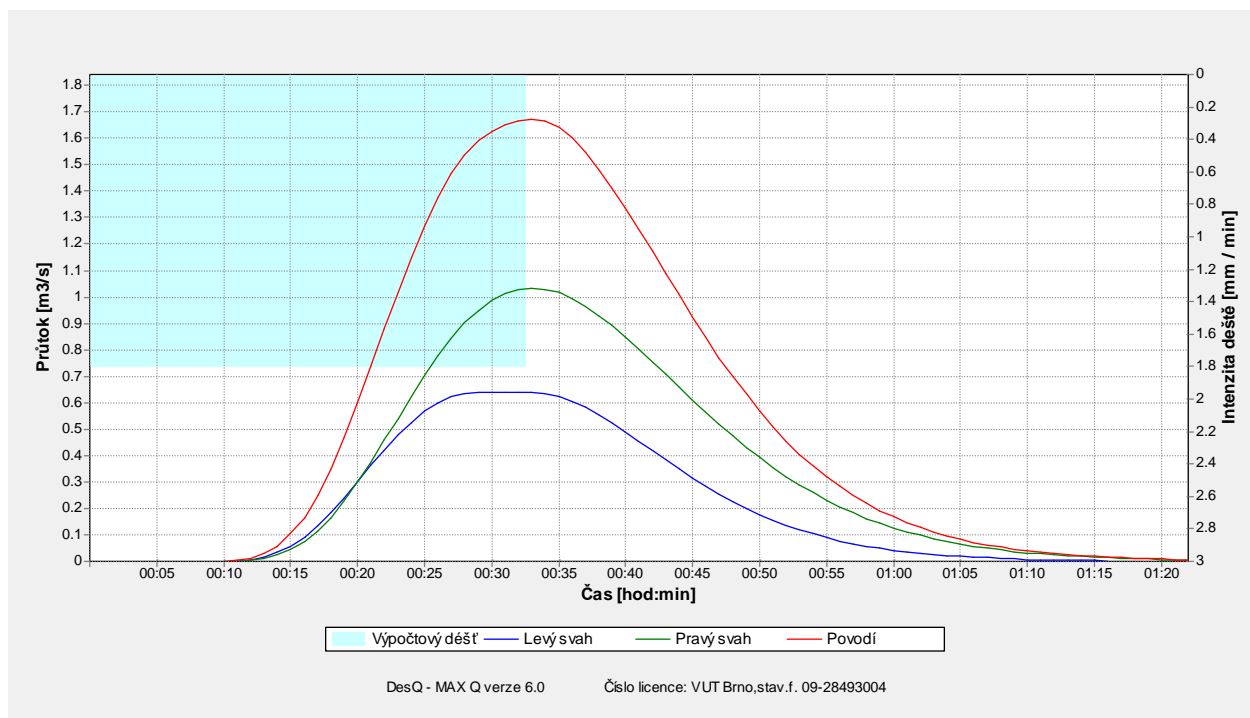
Tab 5.6 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 3

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	1.15	0.508	0.647	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	9.47	4.81	4.66	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	17.6	8.99	8.59	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	1.86	0.813	1.05	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	12	6.09	5.91	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	21.8	11.2	10.7	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	2.82	1.22	1.6	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	14.8	7.46	7.3	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	25.7	13.1	12.6	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	4.23	1.81	2.42	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	18.1	9.09	9	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	29.7	15.1	14.6	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	5.49	2.32	3.16	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	20.5	10.3	10.3	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	33.2	16.8	16.3	$[10^3 \cdot m^3]$

5.1.4 Povodí 4 bez opatření

Tab 5.7 Vstupní veličiny pro povodí 4

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.12			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.05	0.08	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		9.3	12.2	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	0.48			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	4.1			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		81	81	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.8 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 4

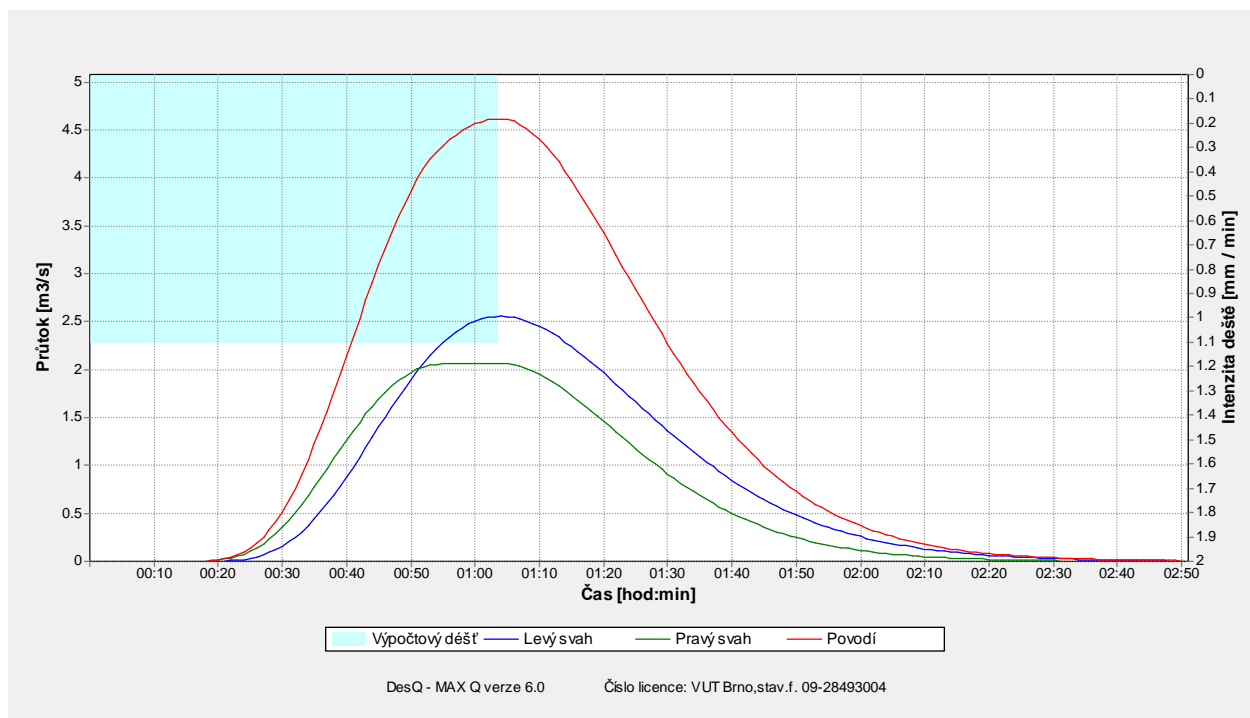
Tab 5.8 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 4

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	0.396	0.151	0.244	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	1.26	0.481	0.777	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	3.02	1.15	1.86	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	0.634	0.242	0.391	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	1.59	0.609	0.984	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	3.75	1.43	2.31	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	0.951	0.357	0.577	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	1.96	0.749	1.21	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	4.41	1.69	2.73	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	1.32	0.505	0.817	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	2.3	0.879	1.42	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	5.13	1.96	3.17	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	1.69	0.64	1.03	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	2.61	0.997	1.61	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	5.74	2.19	3.55	$[10^3 \cdot m^3]$

5.1.5 Povodí 5 bez opatření

Tab 5.9 Vstupní veličiny pro povodí 5

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.53			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.31	0.23	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		9.1	7.8	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	0.98			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	4.2			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		78.5	81	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.9 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 5

Tab 5.10 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 5

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	0.982	0.54	0.439	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	6.52	3.6	2.92	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	12.4	6.9	5.52	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	1.58	0.866	0.705	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	8.29	4.57	3.72	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	15.4	8.57	6.85	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	2.39	1.32	1.07	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	10.2	5.62	4.61	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	18.1	10.1	8.07	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	3.58	1.94	1.59	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	12.6	6.88	5.73	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	21	11.6	9.39	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	4.63	2.56	2.06	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	14.4	7.82	6.55	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	23.4	12.9	10.5	$[10^3 \cdot m^3]$

5.2 NAVRŽENÁ OPATŘENÍ

Existuje velké množství možností, jak snížit erozi na orné půdě. Tyto opatření se dělí do tří skupin na organizační, agrotechnická a biotechnická. Organizační opatření jsou například delimitace kultur, ochranné zatravnění, protierozní rozmíst'ování plodin, protierozní směr výsadby a všechna taková, kdy provádíme změny vegetačního krytu na pozemku. Další skupinou jsou agrotechnická opatření. To jsou ty, kde se mění povrch půdy. Patří zde například hrázkování a důlkování, mulčování nebo krátkodobé porosty v meziřadí. Poslední skupinou jsou biotechnická opatření a zde patří například protierozní meze, zasakovací pásy, protierozní průlehy, terasování a další. Biotechnická opatření jsou na výstavbu nejnáročnější. Na zájmovém území byla provedena tato protierozní opatření:

5.2.1 Protierozní rozmíst'ování plodin

Protierozní rozmíst'ování plodin je třeba chápat jako využití přirozené ochrany plodin proti erozi při tradičním způsobu pěstování vybraných plodin na svažitéch pozemcích. [3]

Protierozní rozmístění plodin na svazích patří k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Vychází z protierozního účinku plodin, který je dán charakteristikou vzrůstu, olistěním, rychlostí vývinu a typem pěstování (úzkoračkové a širokoračkové). [3]

5.2.2 Ochranné zatravnění

Ochranné zatravnění se aplikuje na orné půdě větších sklonů. Optimálně zapojený travní porost je nejlepší ochranou jak pro plošné zatravnění, tak pro vegetační zpevnění liniových prvků. Kvalitní vegetační kryt s odpovídajícími parametry, který je pěstován a ošetřován na erozně ohrožených lokalitách, je nejdůležitější část tohoto opatření, přičemž jsou preferovány trávy výběžkaté, tvořící pevný drn (zejména u protierozních opatření liniového charakteru). [3]

V návrhu byly zatravněny všechny pozemky, na nichž se vyskytovaly mělké, svažité nebo zamokřené půdy. Dle HPJ jsou tyto půdy značeny jako 37, 38, 39, 40, 41 a 62-76. Dále byly zatravněny všechny části pozemků se sklonem větším než 20% a veškeré pozemky s erozí větší než 30t/ha/rok. Dále byly v maximální vzdálenosti 20m od vodního toku vytvořeny zatravněné pásy šířky 10m.

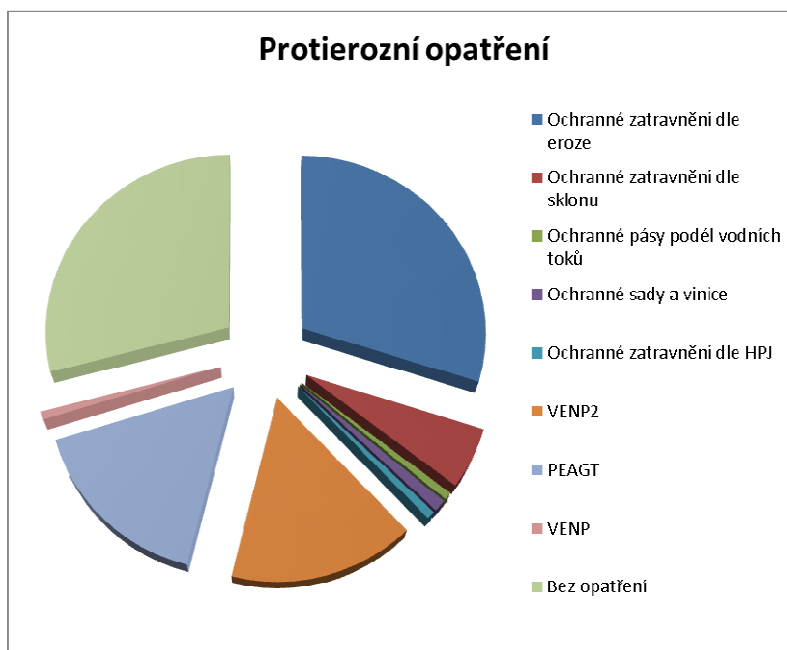
5.2.3 Delimitace kultur

Delimitace kultur se chápe jako prostorová a funkční optimalizace pozemku sloužící k pěstování jednotlivých kultur. Představuje členění kultur v rámci organizace půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice. Podkladem pro návrh delimitace je vedle specifikace erozního ohrožení také vymezení geomorfologických zón a indexu trvalých kultur. [3]

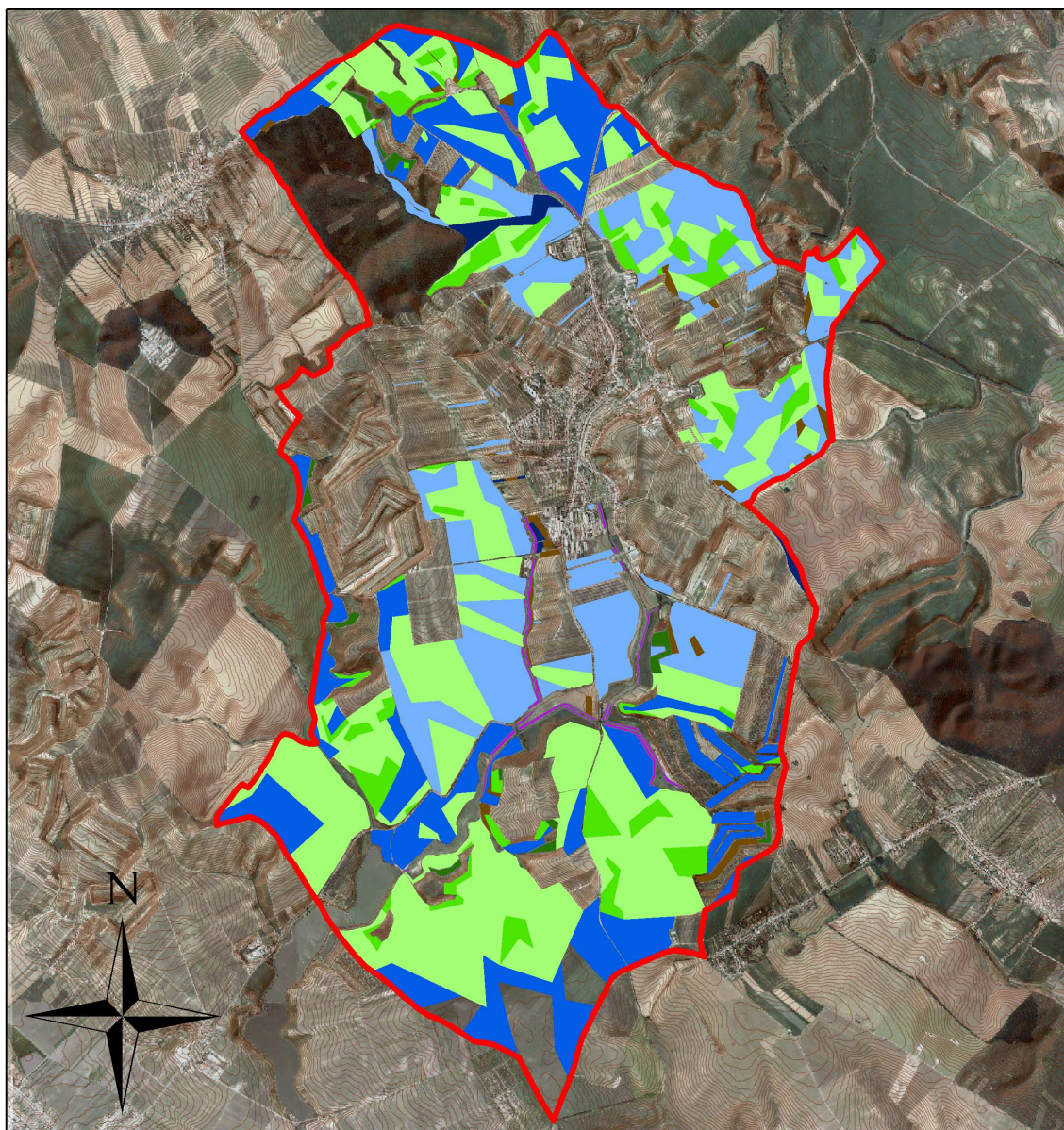
Plošné protierozní opatření byly navrženy dle metodiky projektu AdaptaN.

Tab 5.11 Tabulka plošných protierozních opatření

Název protierozního opatření	Plocha [km ²]	[%]
Ochranné zatravnění dle eroze	5.35	29.9
Ochranné zatravnění dle sklonu	1.00	5.6
Ochranné pásy podél vodních toků	0.12	0.7
Ochranné sady a vinice	0.19	1.1
Ochranné zatravnění dle HPJ	0.13	0.7
VENP2	2.86	16.0
PEAGT	2.92	16.3
VENP	0.13	0.7
Bez opatření	5.19	29.0



Obr. 5.10 Graf protierozních opatření dle plochy



Legenda

Zájmové území

— Vrstevnice

Protierozní opatření

Bez opatření

VENP

PEAGT

VENP2

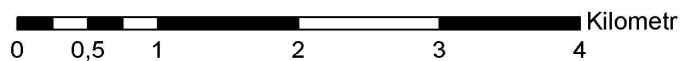
Zatrevnění dle HPJ

Ochranné sady a vinice

Ochranné pásy podél toků

Zatrevnění dle sklonu

Zatrevnění dle eroze



Obr. 5.11 Mapa plošných protierozních opatření

5.2.4 Hrázkování

Účelem hrázkování meziřadí a důlkování povrchu půdy je zabránění vzniku povrchového odtoku vytvořením dostatečných prostor pro spadlé srážky přímo na pozemku. Obě technologie se realizují speciálními stroji – hrázkovačem nebo důlkovačem. [3]

Použití protierozních agrotechnických opatření (dále jen PEAGT) bylo navrženo dle metodiky projektu AdaptaN mimo intravilán, kde eroze dosahovala hodnot do 30t/ha/rok.

5.2.5 Zasadovací pásy

Zasadovací pásy, spolu se zatravněnými údolnicemi, jsou účinné liniové prvky protierozní ochrany, které jsou investičně málo náročné. Z hlediska nového utváření krajiny v rámci KPÚ a to zejména v PHO v souvislosti s útlumem zemědělské výroby v těchto oblastech. [3]

Zasadovací pásy – travní, křovinné, popř. lesní se navrhují buď na svažitých pozemcích podél vrstevnic, kde se střídají s plodinami nedostatečně chránícími půdu před erozí nebo se budují podél nádrží nebo vodotečí k zabránění vnikání erozních smyvů. [3]

5.2.6 Protierozní průlehy

Průlehování pozemků je jedno z nejvýhodnějších a nejdůležitějších podpůrných opatření na orné půdě, zejména použité v kombinaci s agrotechnickými a organizačními opatřeními. Průleh je mělký a široký příkop s mírným sklonem, kde se povrchově stékající voda zachycuje nebo je neškodně odváděna. [3]

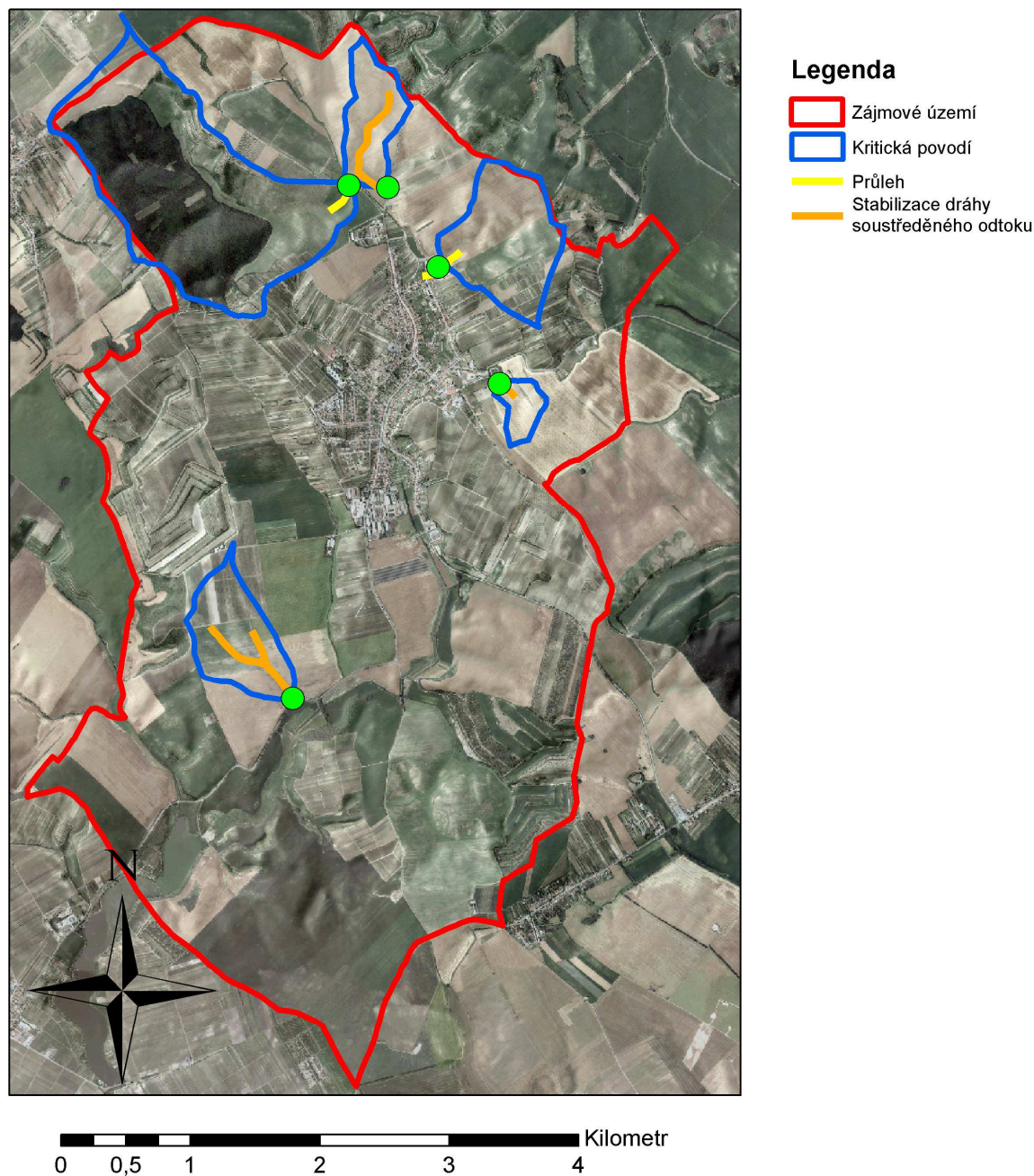
Protierozní průlehy byly navrženy 2. Konkrétně v povodí 1 a 3 s přibližnou délkou 200m.

5.2.7 Stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku

Zatravněné vodní cesty (mající charakter průlehů) jsou přirozené nebo upravené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem. Jsou schopny bezpečně bez projevů eroze odvést povrchový odtok, ke kterému dochází v důsledku morfologické rozmanitosti krajiny, zejména na příčně zvlňených pozemcích, v úžlabinách a údolnicích v době přívalových dešťů nebo jarního tání, kdy soustředěně po povrchu odtékající voda v těchto místech zpravidla způsobuje erozní rýhy. Je proto nezbytné tyto potenciální dráhy soustředěného odtoku upravit tak, aby jejich příčný profil umožnil neškodné odvedení veškeré

po povrchu odtékající vody. Nejvhodnější ochranou těchto exponovaných míst je vegetační kryt, nejlépe zatravnění, doplněné podle potřeby odvodněním drenáží. [3]

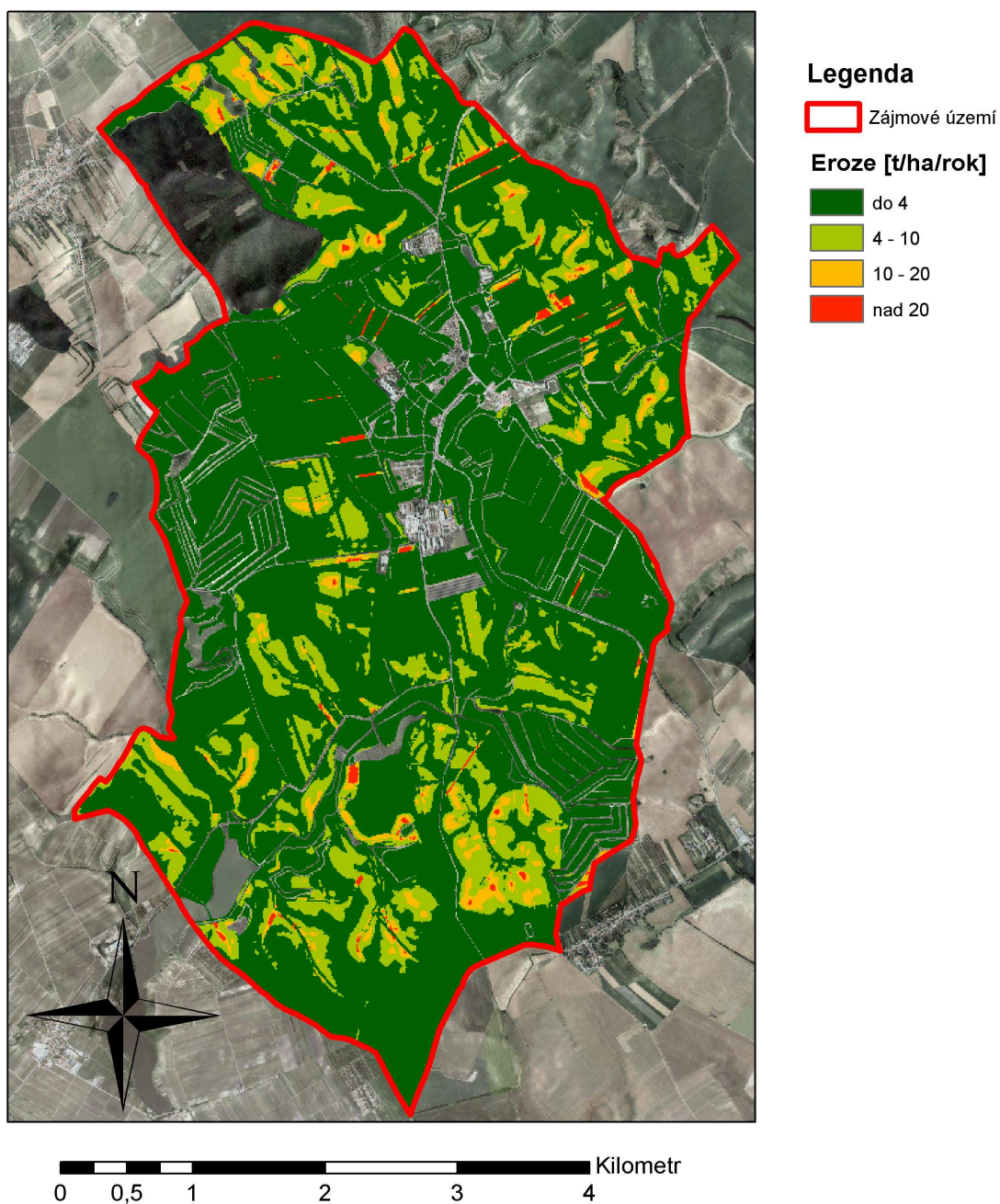
Dráhy soustředěného odtoku byly stabilizovány zatravněním v šířce 50m. Celkový počet zatravněných drah soustředěného odtoku je 4.



Obr. 5.12 Mapa liniových protierozních opatření

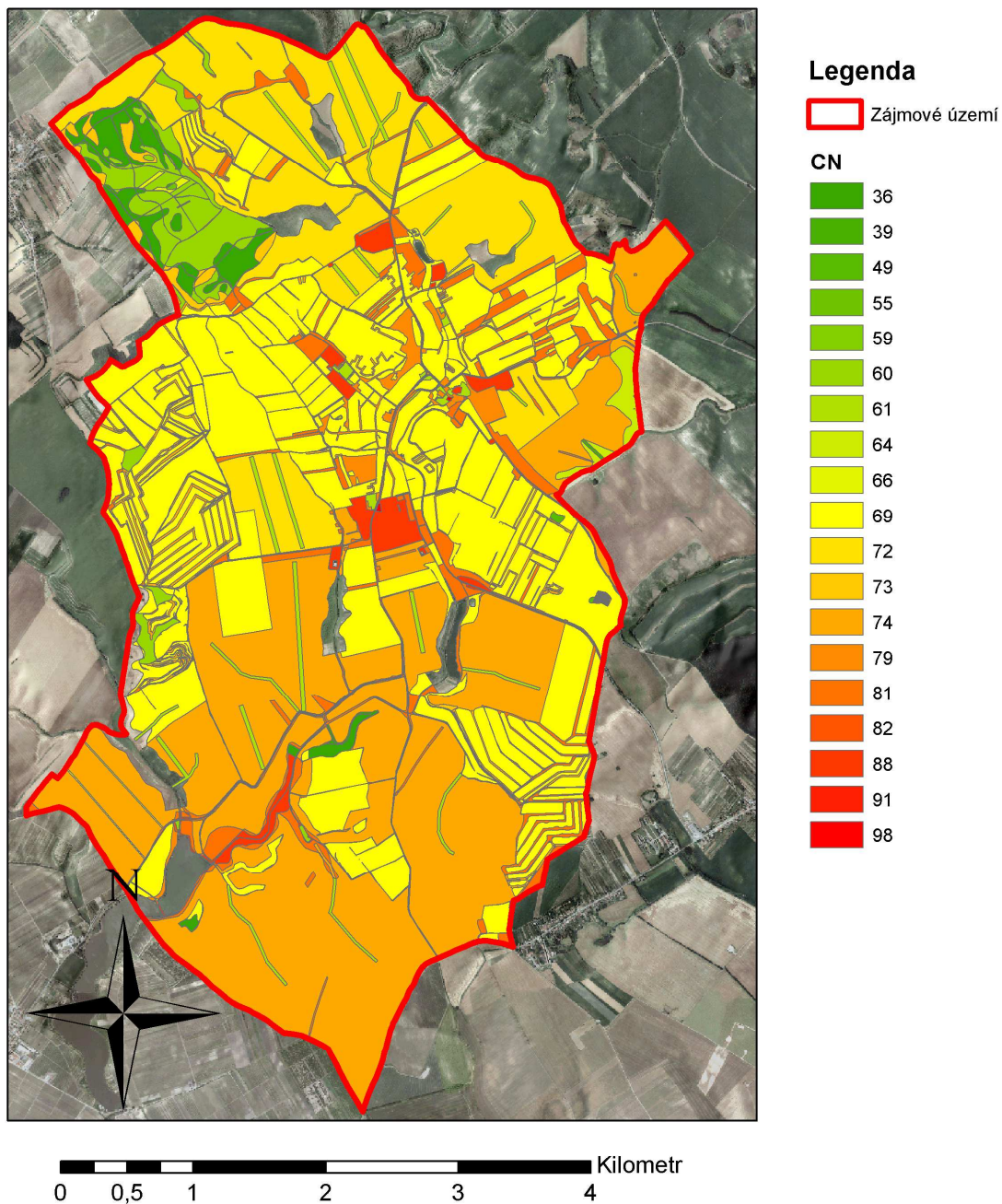
5.3 POSOUZENÍ NÁVRHU

Po navržených opatřeních byl opět spočítán erozní smyv metodou USLE2D a jak jde vidět z mapy erozního smyvu, výsledky jsou již mnohem příznivější. Eroze už přesahuje hodnoty 10 t/ha/rok pouze v několika málo lokalitách. Snížením eroze a zvýšením doby odtoku z pozemků je půda chráněna při nepříznivých intenzivních deštích.



Obr. 5.13 Mapa erozního ohrožení po aplikaci protierozních opatření

Po aplikaci protierozních opatření byly znovu určeny čísla odtokových křivek CN. Hodnoty dosahují menších hodnot, což je indikátor lepších odtokových poměrů. Krajina vodu déle zadrží, z čehož plyne nižší rychlost odtoku.

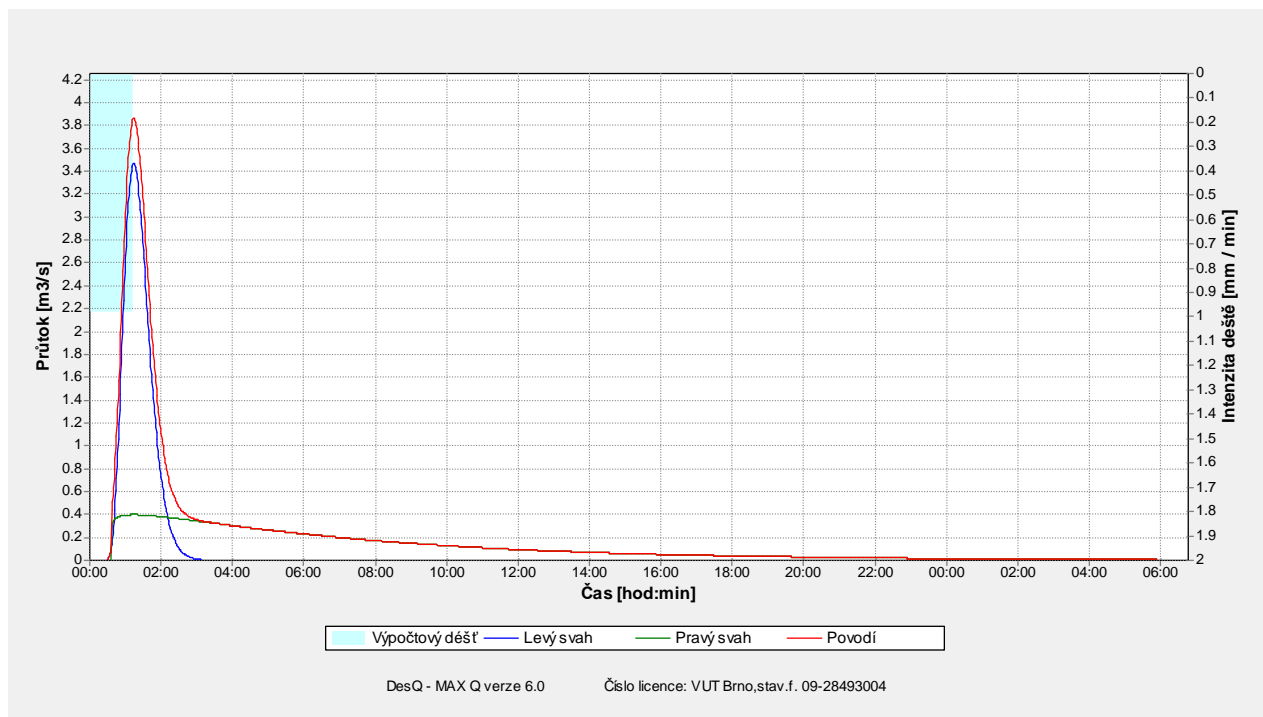


Obr. 5.14 Mapa čísel odtokových křivek CN po protierozních opatřeních

5.3.1 Povodí 1 po opatřeních

Tab 5.12 Vstupní veličiny pro povodí 1 po opatřeních

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	2.38			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.61	1.76	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		12	8.9	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	2.25			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	3.8			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		71.5	59.1	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.15 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 1 po opatřeních

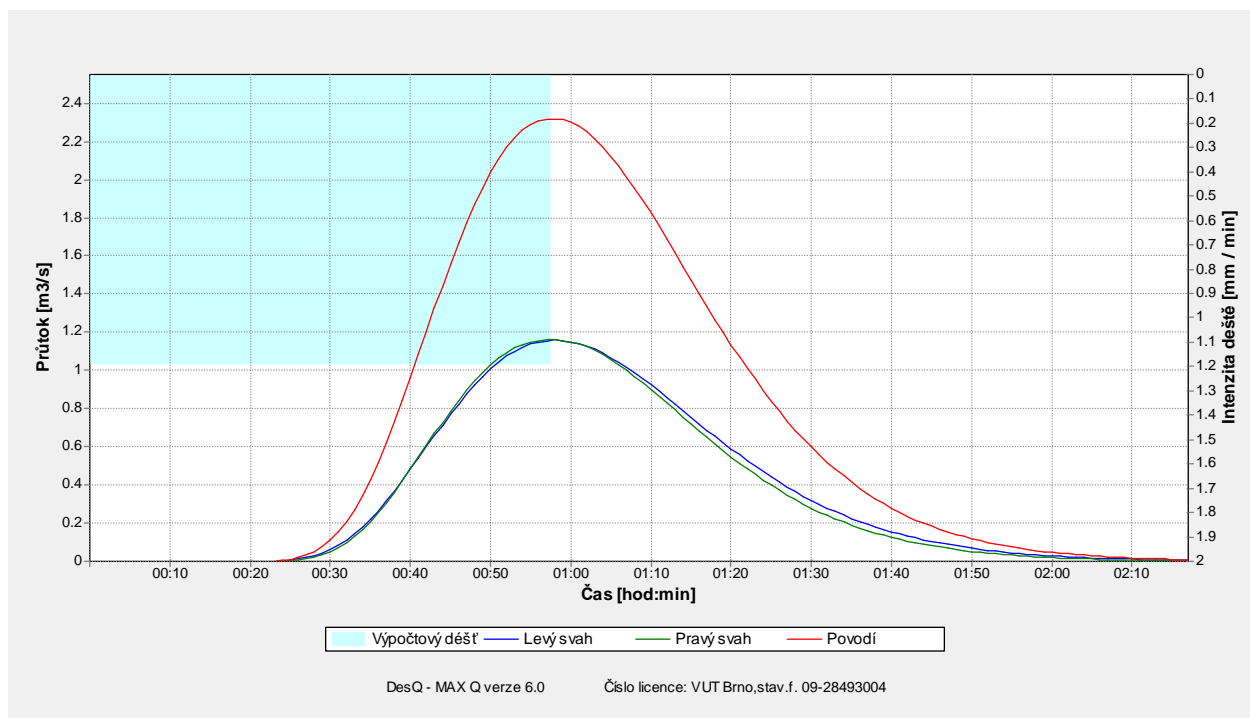
Tab 5.13 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 1 po opatřeních

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	1.12	0.841	0.282	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	15.3	5.45	9.82	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	31.6	10.9	20.7	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	1.73	1.33	0.397	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	18.5	6.86	11.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	38.3	13.5	24.8	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	2.39	1.94	0.451	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	20.7	8.28	12.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	41.8	15.5	26.3	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	3.16	2.74	0.422	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	21.9	9.85	12	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	42.6	17.2	25.4	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	3.87	3.47	0.398	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	22.7	11	11.7	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	44	18.7	25.2	$[10^3 \cdot m^3]$

5.3.2 Povodí 2 po opatřeních

Tab 5.14 Vstupní veličiny pro povodí 2 po opatřeních

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.37			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.18	0.18	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		7.1	9.5	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	1.2			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	1.1			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		71.4	70.6	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.16 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 2 po opatřeních

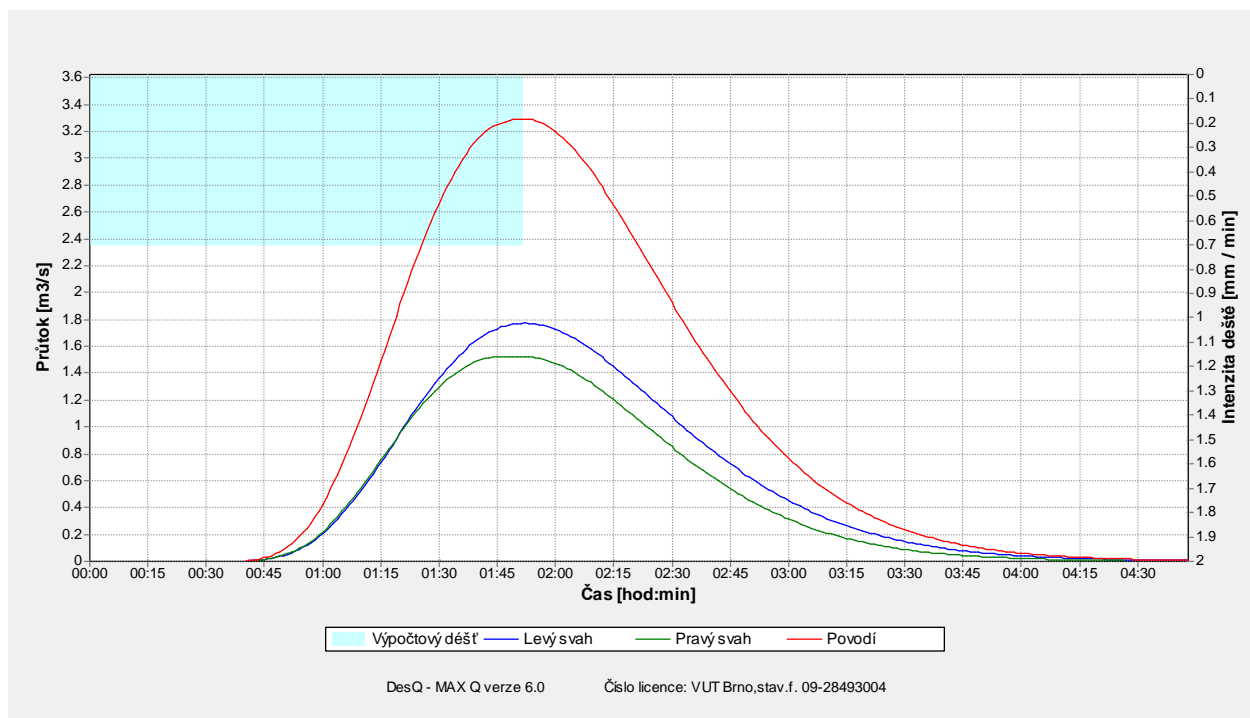
Tab 5.15 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 2 po opatřeních

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	0.587	0.295	0.292	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	2.89	1.45	1.44	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	6.38	3.2	3.18	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	0.923	0.461	0.455	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	3.63	1.83	1.8	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	7.88	3.95	3.93	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	1.33	0.644	0.688	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	4.25	2.14	2.1	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	9.02	4.53	4.49	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	1.85	0.908	0.938	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	5.02	2.55	2.48	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	9.97	5.03	4.95	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	2.32	1.16	1.16	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	5.66	2.88	2.78	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	10.8	5.47	5.36	$[10^3 \cdot m^3]$

5.3.3 Povodí 3 po opatřeních

Tab 5.16 Vstupní veličiny pro povodí 3 po opatřeních

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.75			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.4	0.35	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		6.9	7.7	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	0.96			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	2.6			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		72.5	71.8	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.17 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 3 po opatřeních

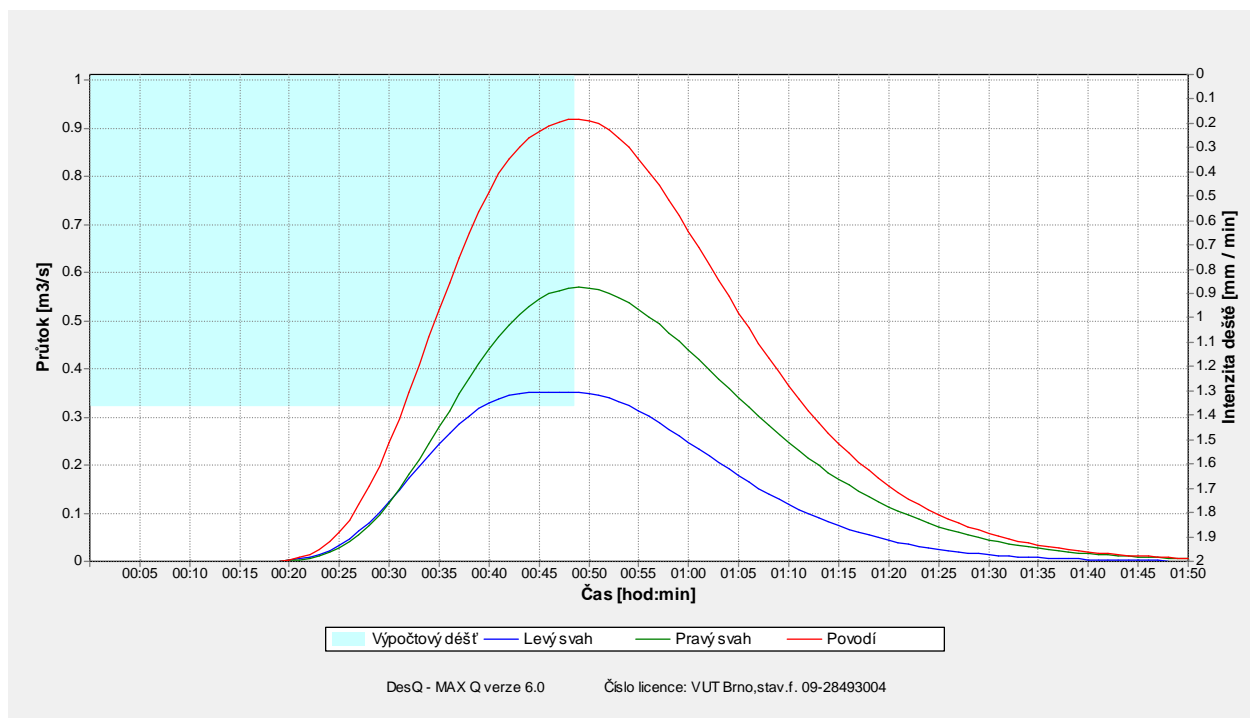
Tab 5.17 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 3 po opatřeních

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	0.733	0.364	0.369	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	7.57	4.07	3.5	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	13.6	7.28	6.27	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	1.18	0.589	0.593	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	9.62	5.18	4.44	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	16.8	9.01	7.76	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	1.78	0.89	0.89	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	11.8	6.37	5.45	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	19.3	10.4	8.91	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	2.61	1.39	1.2	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	14.8	8.01	6.82	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	21.5	11.6	9.91	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	3.31	1.77	1.52	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	16.7	9.04	7.66	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	23.5	12.7	10.8	$[10^3 \cdot m^3]$

5.3.4 Povodí 4 po opatřeních

Tab 5.18 Vstupní veličiny pro povodí 4 po opatřeních

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.12			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.05	0.08	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		9.3	12.2	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	0.48			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	4.1			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		72.3	72.4	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.18 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 4 po opatřeních

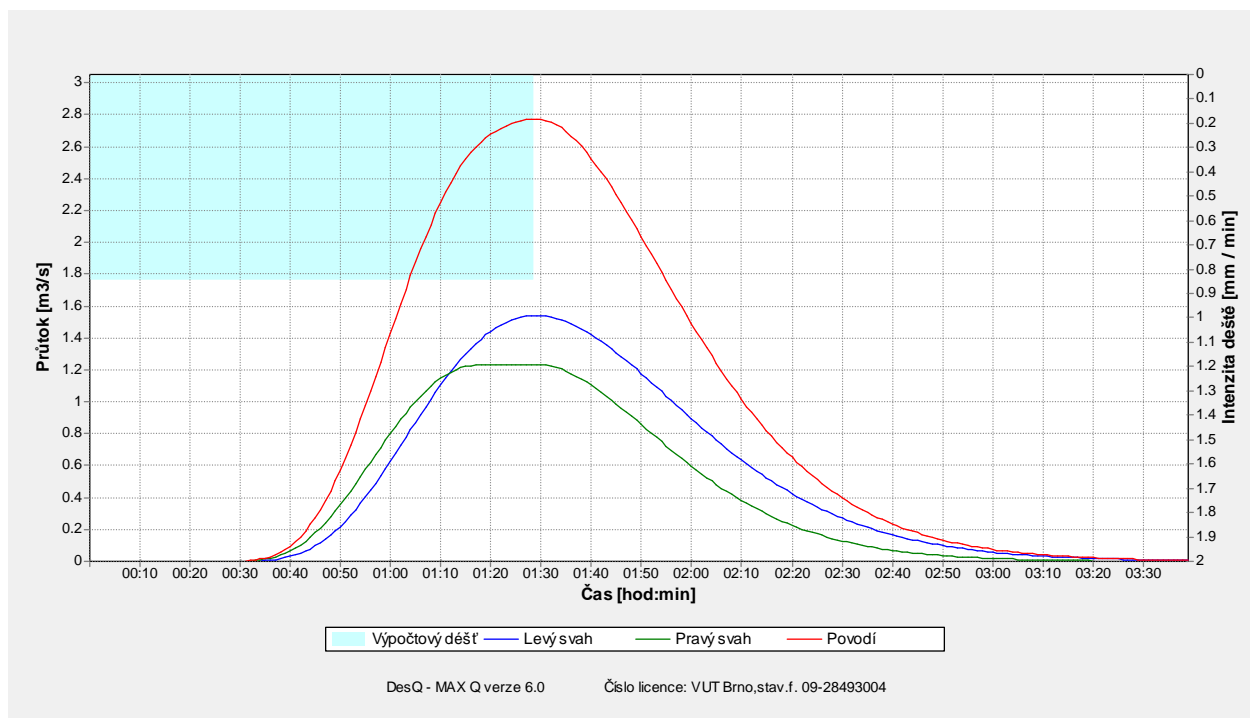
Tab 5.19 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 4 po opatřeních

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	0.232	0.088	0.142	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	966	368	598	$[m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	2.25	0.857	1.39	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	0.368	0.138	0.224	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	1.22	0.464	0.753	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	2.78	1.06	1.72	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	0.532	0.201	0.327	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	1.46	0.556	0.903	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	3.2	1.22	1.98	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	0.743	0.281	0.456	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	1.72	0.657	1.07	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	3.57	1.36	2.21	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	0.931	0.35	0.57	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	1.93	0.736	1.2	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	3.91	1.49	2.42	$[10^3 \cdot m^3]$

5.3.5 Povodí 5 po opatřeních

Tab 5.20 Vstupní veličiny pro povodí 5 po opatřeních

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.53			[km ²]
F _s	plocha svahu		0.31	0.23	[km ²]
I _s	průměrný sklon svahu		9.1	7.8	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L _u	délka údolnice	0.98			[km]
I _u	průměrný sklon údolnice	4.2			[%]
CN _{typ}	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		71.9	73.6	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H _{1d5}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	52.8			[mm]
H _{1d10}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	62.1			[mm]
H _{1d20}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	71.8			[mm]
H _{1d50}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	83.6			[mm]
H _{1d100}	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	92.9			[mm]



Obr. 5.19 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 5 po opatřeních

Tab 5.21 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 5 po opatřeních

N-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
5	Q_{max}	maximální průtok	0.653	0.339	0.314	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	5.06	2.84	2.22	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	9.79	5.51	4.28	$[10^3 \cdot m^3]$
10	Q_{max}	maximální průtok	1.04	0.584	0.455	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	6.69	3.75	2.95	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	12.1	6.82	5.3	$[10^3 \cdot m^3]$
20	Q_{max}	maximální průtok	1.54	0.861	0.668	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	8.15	4.54	3.61	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	14	7.83	6.13	$[10^3 \cdot m^3]$
50	Q_{max}	maximální průtok	2.2	1.24	0.97	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	9.79	5.42	4.37	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	15.6	8.71	6.9	$[10^3 \cdot m^3]$
100	Q_{max}	maximální průtok	2.8	1.54	1.23	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	11.1	6.1	4.96	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	17.1	9.5	7.57	$[10^3 \cdot m^3]$

5.3.6 Porovnání výsledků

V tabulce 5.22 vidíme srovnání hodnot průtoků a objemů PV pro 100-leté srážky. Průměrně se ve všech povodích podařilo snížit hodnoty odtoku z povodí minimálně o 39,5% a to v povodí 5. Největší pokles průtoků byl zaznamenán v povodí č. 2 o 51,8%. Objem povodňové vlny měl nejmenší pokles u povodí č. 1 a největší u povodí č. 2.

Tab 5.22 Srovnání účinnosti protierozních opatření v povodích

100-leté průtoky a objemy PV			Povodí					Jednotky
			1	2	3	4	5	
Před	Q_{max}	maximální průtok	6.36	4.81	5.49	1.69	4.63	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	26.7	8.44	20.5	2.61	14.4	$[10^3 \cdot m^3]$
	W_{PVT}	objem PV vyvolaný H_{1d100}	57	17.1	33.2	5.74	23.4	$[10^3 \cdot m^3]$
Po	Q_{max}	maximální průtok	3.87	2.32	3.31	0.931	2.8	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	22.7	5.66	16.7	1.93	11.1	$[10^3 \cdot m^3]$
	W_{PVT}	objem PV vyvolaný H_{1d100}	44	10.8	23.5	3.91	17.1	$[10^3 \cdot m^3]$
Pokles	Q_{max}	maximální průtok	39.2%	51.8%	39.7%	44.9%	39.5%	
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	15.0%	32.9%	18.5%	26.1%	22.9%	
	W_{PVT}	objem PV vyvolaný H_{1d100}	22.8%	36.8%	29.2%	31.9%	26.9%	

Z výsledků lze vyvodit, že navržená protierozní opatření jsou vhodná a funkční. Jednotlivá povodí i majetky pod nimi jsou chráněny před erozí i škodami.

6 ZÁVĚR

Na zájmovém území obce Čejkovice byly vypočítány odtokové a erozní poměry metodami USLE2D a CN křivek. Výsledky těchto výpočtů byly použity jako vstupní data pro návrh opatření snižující množství erodované půdy a prodloužení doby odtoku z povodí Prušánky. V zájmovém území byly identifikovány a vyšetřeny kritické body a kritické povodí, které byly detailněji spočteny metodou CN křivek.

Na celém zájmovém území byly dle potřeb navrženy protierozní opatření. Plošné i liniové prvky tvoří komplexní opatření pro ochranu půdy. Díky těmto komplexním opatřením je území chráněno i při nepříznivém intenzivním dešti.

Nakonec byly spočítány hodnoty eroze a odtoku s navrhnutými opatřeními. Porovnáním hodnot před a po, se ukázalo, že eroze byla snížena na většině území pod hranici maximálního smyvu a odtokové poměry byly rovněž sníženy průměrně o 43%.

Zemědělskou půdu je třeba chránit. I když se investice vložené do programů na ochranu půdy mohou zdát velké, v porovnání s hodnotou půdy, která je nenávratně ztracena, a velkých škodách na majetku při velkém povrchovém odtoku, jedná se pouze o zlomek ceny odstraňování možných důsledků.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] JANEČEK, M. a kol. (2007): Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha, 76 s., ISBN 978-80-254-0973-2.
- [2] HRÁDEK, F., KUŘÍK, K. (2001): Maximální odtok z povodí, ČZU a Credit, Praha, 37 s.
- [3] DUMBROVSKÝ M., MILERSKI R. (2005): Vodní hospodářství krajiny II, Brno
- [4] Geografické informační systémy ARCDATA PRAHA [online]. [cit. 2016-01-14] Dostupné z <http://www.arcdata.cz>
- [5] SISPO HOLOVOUSY. Stránky Ovocnářské unie České republiky. SISPO [online]. [cit. 2016-01-14] Dostupné z: <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>
- [6] VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY. EKatalog BPEJ. [online]. [cit. 2016-01-14] Dostupné z <http://bpej.vumop.cz/>
- [7] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., Příloha 2 [cit. 2016-01-14].
- [8] Stránky obce Čejkovice. [online]. [cit. 2016-01-14]. Dostupné z <http://www.cejkovice.cz/obec-7/soucasnost-1/>

SEZNAM TABULEK

Tab 4.1 Hodnoty P faktoru	18
Tab 5.1 Vstupní veličiny pro povodí 1	28
Tab 5.2 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 1	29
Tab 5.3 Vstupní veličiny pro povodí 2	30
Tab 5.4 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 2	31
Tab 5.5 Vstupní veličiny pro povodí 3	32
Tab 5.6 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 3	33
Tab 5.7 Vstupní veličiny pro povodí 4	34
Tab 5.8 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 4	35
Tab 5.9 Vstupní veličiny pro povodí 5	36
Tab 5.10 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 5	37
Tab 5.11 Tabulka plošných protierozních opatření	39
Tab 5.12 Vstupní veličiny pro povodí 1 po opatřeních	45
Tab 5.13 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 1 po opatřeních	46
Tab 5.14 Vstupní veličiny pro povodí 2 po opatřeních	47
Tab 5.15 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 2 po opatřeních	48
Tab 5.16 Vstupní veličiny pro povodí 3 po opatřeních	49
Tab 5.17 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 3 po opatřeních	50
Tab 5.18 Vstupní veličiny pro povodí 4 po opatřeních	51
Tab 5.19 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 4 po opatřeních	52
Tab 5.20 Vstupní veličiny pro povodí 5 po opatřeních	53
Tab 5.21 Průtoky a objemy povodňových vln pro povodí 5 po opatřeních	54
Tab 5.22 Srovnání účinnosti protierozních opatření v povodích	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Lokalita Čejkovice	5
Obr. 3.2 Hydrologická mapa zájmového území.....	6
Obr. 3.3 Mapa hydrologických skupin půd.....	7
Obr. 3.4 Klimatická mapa ČR[5]	9
Obr. 3.5 Mapa zemědělského využití půdy.....	10
Obr. 3.6 Mapa sklonů.....	11
Obr. 3.7 Půdní mapa dle HPJ	12
Obr. 4.1 Závislost výšky přímého odtoku na úhrnu deště a číslech odtokových křivek CN [1]	21
Obr. 5.1 Mapa erozního ohrožení.....	25
Obr. 5.2 Počet výskytu jednotlivých čísel CN	26
Obr. 5.3 Mapa čísel odtokových křivek CN.....	26
Obr. 5.4 Mapa kritických bodů a povodí	27
Obr. 5.5 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 1	28
Obr. 5.6 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 2.....	30
Obr. 5.7 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 3.....	32
Obr. 5.8 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 4.....	34
Obr. 5.9 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 5.....	36
Obr. 5.10 Graf protierozních opatření dle plochy	39
Obr. 5.11 Mapa plošných protierozních opatření.....	40
Obr. 5.12 Mapa liniových protierozních opatření	42
Obr. 5.13 Mapa erozního ohrožení po aplikaci protierozních opatření	43
Obr. 5.14 Mapa čísel odtokových křivek CN po protierozních opatřeních	44
Obr. 5.15 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 1 po opatřeních.....	45
Obr. 5.16 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 2 po opatřeních.....	47
Obr. 5.17 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 3 po opatřeních.....	49
Obr. 5.18 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 4 po opatřeních.....	51
Obr. 5.19 Hydrogram odtoku Q100 pro povodí 5 po opatřeních.....	53

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BPEJ.....	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
HPJ.....	Hlavní půdní jednotka
HSP.....	Hydrologické skupiny půd
USLE.....	Univerzální rovnice ztráty půdy (universal soil loss equation)
KB.....	Kritický bod
KP.....	Kritické povodí
PV.....	Povodňová vlna

SEZNAM PŘÍLOH

Práce neobsahuje žádné přílohy.

SUMMARY

On the catchment area of the village Čejkovice were calculated runoff and erosion rate of the USLE2D and CN curves. The results of these calculations were used as input data for the design elements to reduce the amount of eroded soil and the extension of the runoff time from the watershed Prusanky. In the area of interest have been identified and investigated critical points and critical watershed, which have been calculated in DesQ by CN method.

Around the area of interest have been designed erosion control elements according to the needs of erosion. Planar and linear elements forming a complex of measures for soil protection. With these comprehensive measures are areas protected even in strong intense rain.

Finally, the values were calculated erosion and runoff with the proposed measures. By comparing the values before and after, it was shown that erosion has been reduced in most areas below the maximum washes and drainage conditions have also been reduced on average by 43%.

Landscape and property in the catchment Prusanky are now protected against damage caused by rainfall.