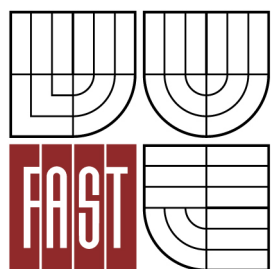




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

VYUŽITÍ DMT PŘI NÁVRHU OCHRANY A ORGANIZACE POVODÍ DĚRENSKÉHO POTOKA

SOIL ANAD WATER CONSERVATION IN DERENSKY STREAM USING THE DIGITAL ELEVATION
MODEL

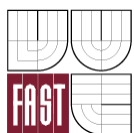
DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. JAROMÍR PRŮŠA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. 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. Jaromír Průša
Název	Využití DMT při návrhu ochrany a organizace povodí Děrenského potoka
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2011
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2012
V Brně dne 31. 3. 2011	

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

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

Podklady a literatura

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Metodika: Ochrana zemědělské půdy před erozí VÚMOP Praha 2007.
3. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, ČZU Praha 1997
4. Dumbrovský M , - Mezera J, Střítecký L.: Metodický návod pro projektování pozemkových úprav, metodika ČMKPÚ 2003

Zásady pro vypracování

S využitím hydrologických a erozních extenzí ArcGis-Spatial analyst v prostředí DMT bude proveden návrh přírodně blízkých opatření v ploše povodí Děrenského potoka jako podklad pro zpracování plánu společných zařízení pozemkových úprav v k.ú. Kujavy.

Předepsané přílohy

Technická zpráva

Grafické přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

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

Abstrakt

Tématem práce je vytvoření charakteristiky erozních a odtokových poměrů v katastrálním území obce Kujavy a následný návrh protierozních opatření. Rozbor erozních poměrů byl zpracován pomocí nástrojů GIS metodou gridu. Charakteristika odtokových poměrů byla provedena pro významné sběrné plochy kritických bodů (SPKB) pomocí modelu DesQ a čísel CN. Při návrhu protierozních opatření bylo vypracováno ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

Kujavy, Erozní smyv, Čísla CN, Povodí, Protierozní ochrana, SPKB, Děrenský potok

Abstract

The theme of the work is the creation of the characteristics of the erosion and drainage conditions in the cadastral territory of the commune and the subsequent proposal Kujavy erosion control measures. Analysis of erosion ratios was processed using GIS method of the grid. Characteristics of runoff ratios was carried out for major service area of the critical points (SPKB) using model DesQ and numbers of the CN. In the design of erosion control measures was drawn up in the economic evaluation.

Keywords

Kujavy, Soil erosion, CN, Basin, Erosion control measures, SPKB, Děrenský potok

...

Bibliografická citace VŠKP

PRŮŠA, Jaromír. *Využití DMT při návrhu ochrany a organizace povodí Děrenského potoka*. Brno, 2011. 85 s,3 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc..

Prohlášení:

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

V Brně dne 13.1.2012

.....
podpis autora

Poděkování

Úvodem bych chtěl poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, Csc. za rady, připomínky a náměty, jimiž mi pomohl ke zpracování tématu.

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Řešená problematika.....	4
2.1. Teorie povrchového odtoku.....	4
2.2. Erozní smyv.....	5
3. Materiál a metody.....	9
3.1. Materiál.....	9
3.1.1. Obecná charakteristika.....	9
3.1.2. Klimatické poměry.....	10
3.1.3. Pedologické poměry.....	11
3.1.4. Vegetační pokryv.....	15
3.1.4.1. Využití území.....	15
3.1.4.2. Potenciálně přirozená vegetace.....	17
3.1.5. Geomorfologické poměry.....	18
3.1.6. Hydrologické poměry.....	22
3.1.7. Geologické poměry.....	23
3.1.8. Rozbor erozních poměrů.....	25
3.1.8.1. Průměrný erozní smyv a suma erozního smyvu	25
3.1.8.2. SEOP.....	26
3.1.9. Rozbor odtokových poměrů.....	28
3.2. Metody.....	37
3.2.1. Univerzální rovnice Wischmeier-Smith.....	37
3.2.1.1. Faktor erozní účinnosti deště R.....	37
3.2.1.2. Faktor náchylnosti půdy k erozi K.....	38
3.2.1.3. Topografický faktor LS.....	39
3.2.1.4. Faktor ochranného vlivu vegetace C.....	40
3.2.1.5. Faktor protierozních opatření P.....	40
3.2.2. Metoda čísel odtokových čísel CN.....	41
3.2.3. GIS nástroje.....	42
3.2.3.1. ArcGIS.....	43
3.2.3.2. USLE 2D.....	46
3.2.3.4. Atlas DMT.....	50
3.2.4. Protierozní opatření.....	51
4. Výsledky.....	54
4.1. Rozbor erozních poměrů po navržení PEO.....	54
4.1.1. Průměrný erozní smyv a suma erozního smyvu	54
4.1.2. SEOP.....	56
4.2. Rozbor odtokových odtoků po navržení PEO.....	57
4.3. Protierozní ochrana	62
4.3.1. Návrh průleहů a příkopů.....	62
4.4. Hodnocení účinnosti.....	71
4.4.1. Celkový erozní smyv na vybraných blocích LPIS	71
4.4.2. Průměrný erozní smyv na blocích LPIS	72
4.4.3. SEOP.....	73
4.4.4. Odtokové poměry.....	74
4.5. Ekonomika.....	75
5. Diskuze.....	76
5.1. Rozbor erozních poměrů.....	76
5.2. Rozbor odtokových poměrů.....	76
5.3. Rozbor erozních poměrů po navržení PEO.....	76
5.4. Rozbor odtokových poměrů po navržení PEO.....	77

5.5.Hodnocení účinnosti.....	77
5.6.Ekonomika.....	77
6.Závěr.....	78
Zdroje:.....	79
Seznam obrázků.....	80
Seznam grafů.....	81
Seznam tabulek.....	81
Seznam zkratek.....	82
Seznam symbolů a zkratek.....	83
Seznam příloh.....	85
Přílohy.....	86

1.Úvod

Cílem této práce je vyhodnocení vlivu změny R faktoru z hlediska výpočtu erozního smyvu k nutnosti návrhu protierozních opatření v katastrálním území obce Kujavy. Výpočet byl prováděn podle metody univerzální rovnice USLE v prostředí systému ArcGIS. Velikost erozního smyvu byla počítána s hodnotou faktoru erozní účinnosti deště $R=45$.

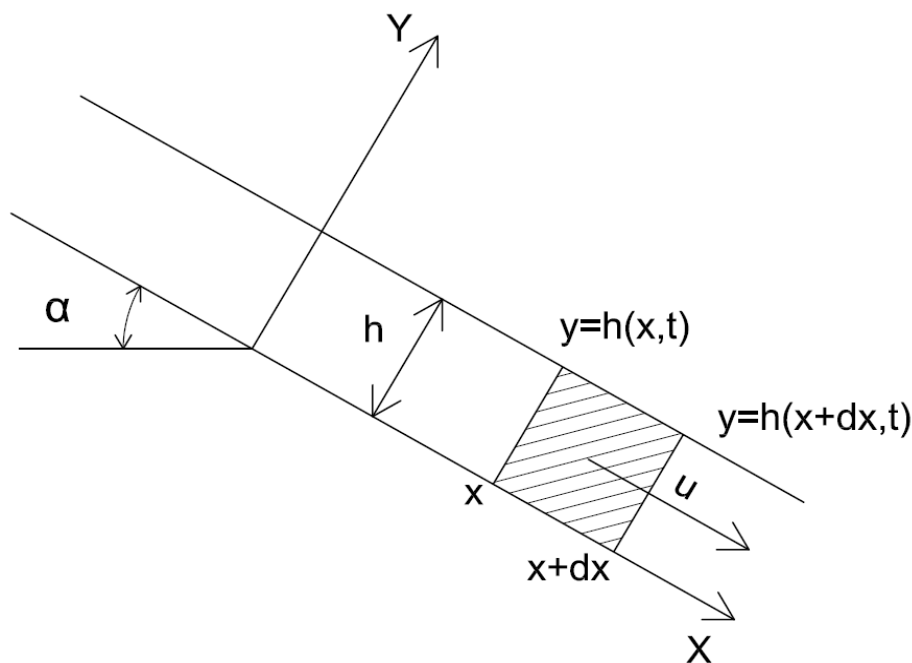
Dalším cílem práce bylo zpracování charakteristiky povrchového odtoku na základě nalezení tzv. kritických bodů a jim náležejících sběrných ploch s velikostmi kulminačních odtoků a objemů odtoku.

Dále byl pro řešené území navržen systém protierozních opatření. Cílem protierozních prvků je snížení vodní eroze. Byly navrženy jak prvky organizační (změna využití povrchu) tak prvky biotechnické (průlehy, příkopy). Na jednom bloku LPIS byly navrženy protierozní pásy, čímž došlo ke změně faktoru protierozních zařízení P. Návrh opatření byl opět proveden pomocí systémů GIS s využitím digitálního modelu terénu.

2.Řešená problematika

2.1.Teorie povrchového odtoku

Erozní jevy způsobené povrchově stékající vodou jsou výsledkem složitých přírodních procesů. Stanovení jejich průběhu, matematické vyjádření a předvídání erozních procesů určité intenzity a četnosti výskytu v daných podmínkách je složitým hydrologickým problémem. Proces vodní eroze vzniká a probíhá v souvislosti s odtokem vody po povrchu území, ovlivněným řadou faktorů. Proto je třeba teorii vodní eroze zaměřit na zákonitosti plošného a soustředěného povrchového odtoku a na transportní procesy způsobené tekoucí vodou [1].



Obr.1 Schéma plošného povrchového odtoku po svahu [2]

Kde:

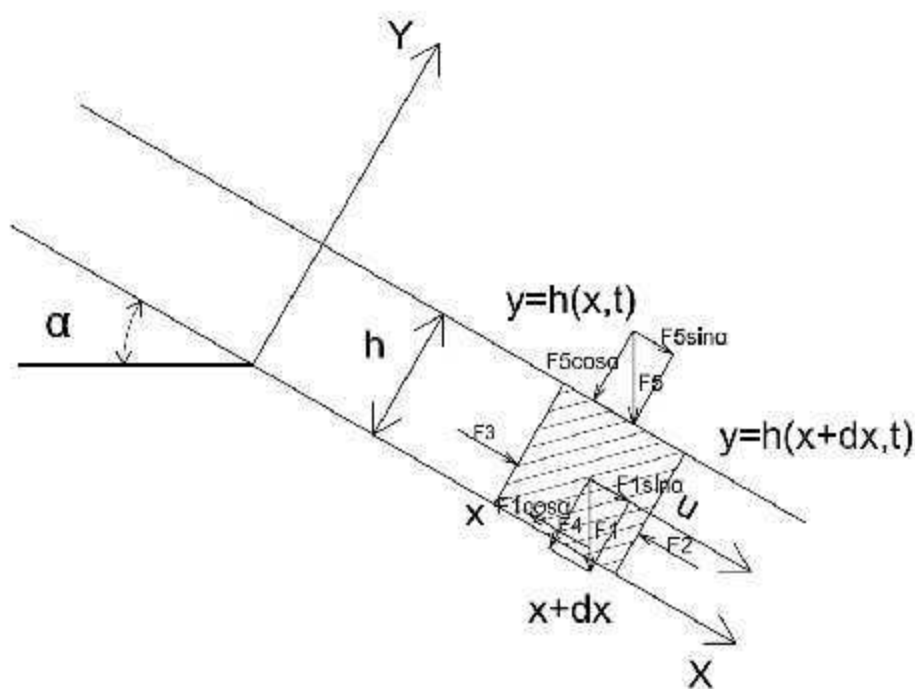
x osa souřadnic ve směru odtoku vody

y osa souřadnic ve směru kolmém k půdnímu povrchu na němž dochází k odtoku vody

α sklon půdního povrchu [°]

h výška povrchového odtoku; $h=f(x;t)$ [m]

t čas [s]



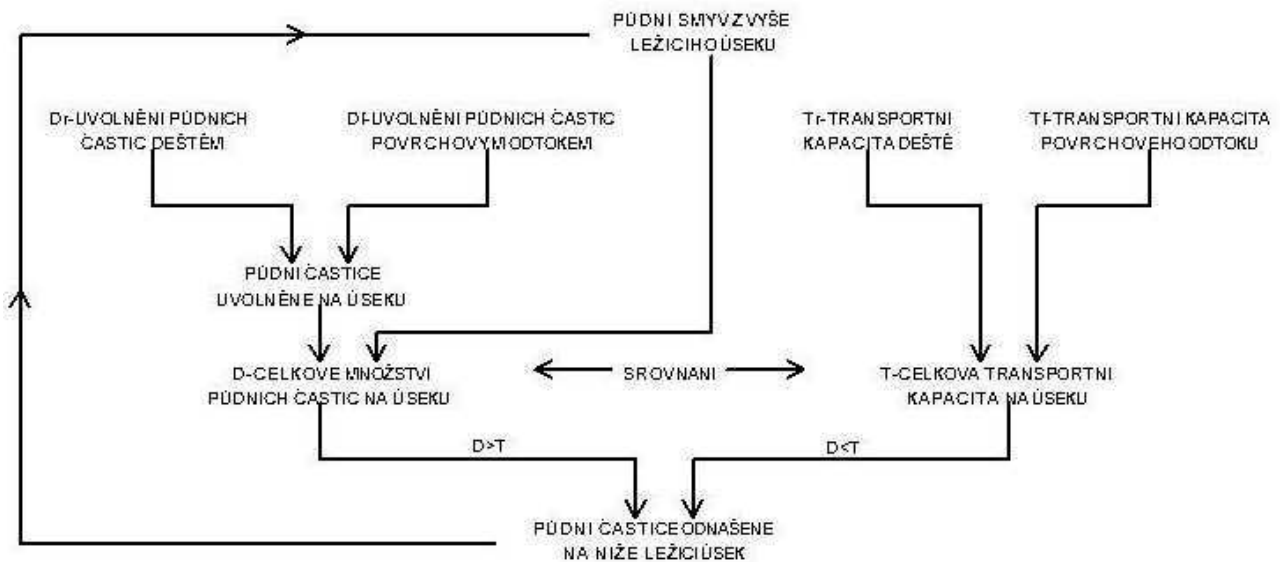
Obr.2 Schéma pro odvození pohybové rovnice povrchového odtoku [3]

Kde:

- | | |
|----|---|
| F1 | tíha vody v elementárním úseku |
| F2 | tlaková síla působící na vodu v elementárním úseku ve vzdálenosti $x; x+dx$ |
| F3 | tlaková síla působící na vodu v elementárním úseku ve vzdálenosti x |
| F4 | třecí síla |
| F5 | síla vyvolaná dopadem dešťových kapek |

2.2. Erozní smyv

Erozní smyv je přirozený proces rozrušování a transportu objektů na zemském povrchu (půda, horniny, skály apod.). Příčinou eroze je mechanické působení pohybujících se okolních látek – především větru, proudící nebo vlnící se vody, ledu, sněhu, pohyblivých zvětralin a nezpevněných usazenin. Erozi však není chemické rozpouštění hornin (koroze). Eroze byla vždy existujícím přírodním procesem, na mnoha místech ji však zvyšuje činnost člověka. Určitý stupeň eroze jako přírodního jevu může být prospěšná ekosystémům, její nadměrné působení však může vést k poškození ekosystému a ztrátě jeho funkčnosti [2].



Obr.3 Schéma erozního procesu [2]

Pro jednotlivé fáze platí následující vztahy:

Uvolnění půdních částic deštěm

$$D_r = S_{DR} \cdot A_i \cdot i^2 \quad (2.1)$$

Kde:

D_r	množství půdních částic uvolněných deštěm	[kg/m ² .min]
A_i	velikost plochy vyšetřovaného úseku svahu	[m ²]
i	intenzita deště	[mm/min]
S_{DR}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	

Přemístění půdních částic deštěm

$$T_r = S_{TR} \cdot I \cdot i^2 \quad (2.2)$$

Kde:

T_r	množství půdních částic přemístěných deštěm	[kg/m ² .min]
I	sklon svahů	[%]
i	intenzita deště	[mm/m ²]
S_{TR}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	

Uvolnění půdních částic povrchovým odtokem

$$D_F = S_{DF} \cdot A_i \cdot q^{2/3} \cdot I^{2/3} \quad (2.3)$$

Kde:

D_F	množství půdních částic uvolněných povrchovým odtokem	[kg/m ² .min]
A_i	velikost plochy vyšetřovaného úseku svahu	[m ²]
q	velikost povrchového odtoku	[m ³ /s]
S_{DF}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	

Transport půdních částic povrchovým odtokem

$$T_F = S_{TF} \cdot q^{5/3} \cdot I^{5/3} \quad (2.4)$$

Kde:

T_F	množství půdních částic transportovaných povrchovým odtokem	[kg/m ² .min]
S_{TF}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	
q	velikost povrchového odtoku	[m ³ /s]

Erozní smyv je neustálený proces, protože intenzita erozně příčinné srážky, která je příčinou eroze půdy, se mění v průběhu přívalové srážky. Charakteristiky srážek se během vegetační doby mění stejně, jako se mění charakteristiky půdního a vegetačního pokryvu. Pokud jsou podmínky pro uvolnění půdních částic limitovány odolností půd a stabilitou půdních agregátů proti jejich destrukci vlivem kinetické energie dešťových kapek či vlivem tečného napětí povrchového odtoku, je množství splavenin určených k následnému transportu menší, než je transportní kapacita. Depozice se objevuje nejčastěji v dolní třetině konkávních svahů, kdy v těchto morfologických polohách vlivem poklesu sklonu terénu, snížení rychlosti a tečného napětí povrchového odtoku množství splavenin převyšuje transportní kapacitu odtoku [4].

Dalším základním principem erozního procesu je situace, kdy celková erozivita povrchového odtoku je rozdělena mezi proces uvolňování částic a jejich transport. Jestliže množství uvolněných splavenin zcela naplní transportní kapacitu odtoku, další uvolňování částic se velmi snižuje, neboť erozivita odtoku je „spotřebována na transport splavenin“. Uvolňování částic se zpomaluje tak, jak se množství splavenin blíží transportní kapacitě odtoku [4].

Uvolňování půdních částic je funkcí erozivity odtoku a odolností půdy proti uvolňování

částic. Kapacita uvolňování částic půdních částic klesá, když generované splaveniny začínají být akumulovány, transportovány a naplňují transportní kapacitu deště a povrchového odtoku. Míra uvolňování půdních částic je částí celkové kapacity deště a odtoku pro uvolňování půdních částic a závisí na naplňování transportní kapacity odtoku generovanými splaveninami[4].

Transportní kapacita odtoku je funkcí erozivitu odtoku a jeho schopností transportovat splaveniny v závislosti na velikosti a hustotě půdních částic. Jakmile transportní kapacita náhle poklesne nebo když objem splavenin je větší než transportní kapacita povrchového odtoku začíná depozice splavenin. Depozice splavenin je závislá na transportní kapacitě odtoku, objemu transportovaných splavenin, rychlosti a výšce odtoku a rychlosti dekantace půdních částic. Depozice půdních částic začíná ukládáním hrubozrnného materiálu a pokračuje dále v závislosti na zrnitostním složení splavenin [4].

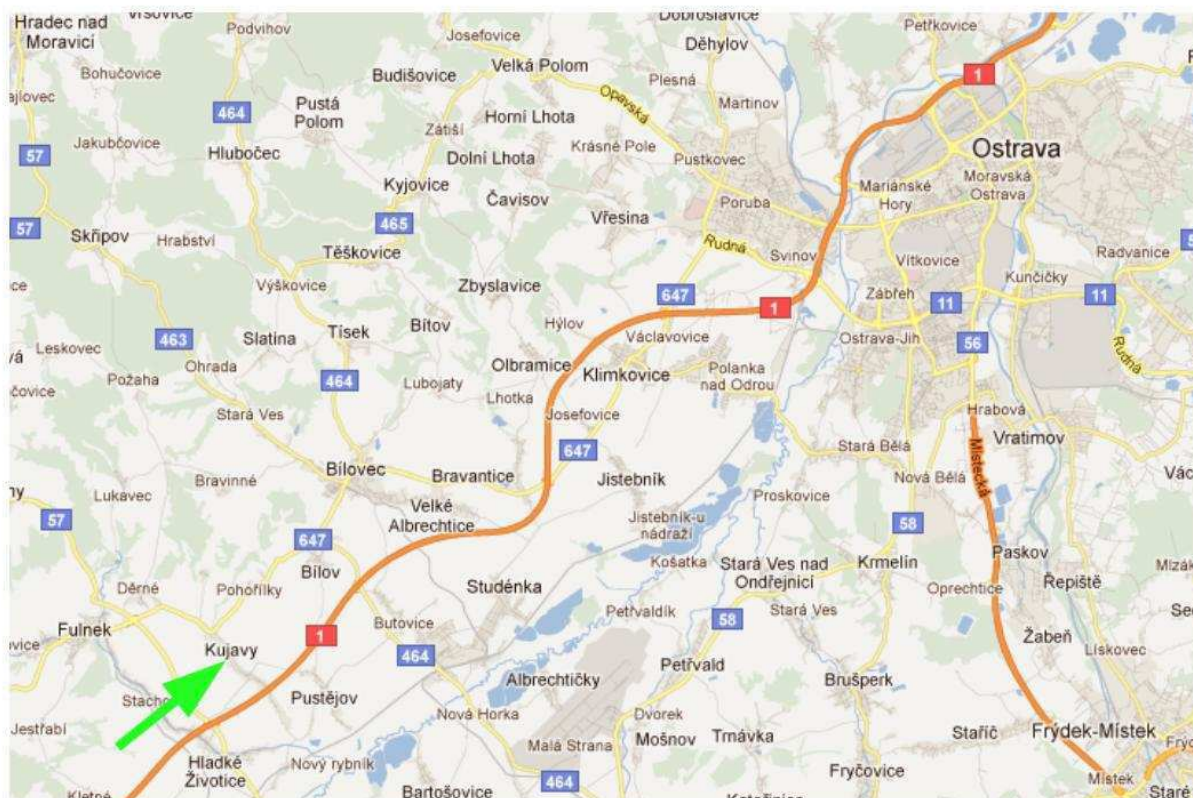
Pro odhad celkového transportovaného množství splavenin z povodí je potřebné výpočet ztráty půdy redukovat poměrem odnosu, neboť ne všechny erodované půdní částice se z pozemků dostávají do vodních toků. Poměr odnosu může nabývat hodnoty 1 v případě transportu veškerých částic uvolněných erozí z povodí a hodnoty 0 při zachycení veškerých částic v rámci povodí [4].

3. Materiál a metody

3.1. Materiál

3.1.1. Obecná charakteristika

Řešeným územím je katastrální území obce Kujavy a spadá do povodí Odry. Z administrativního hlediska patří pod obec s rozšířenou působností Bílovec, okres Nový Jičín. Katastrální území má výměru 9,41 km². Průměrná nadmořská výška činí 258 m.n.m. Obec se nachází mezi třemi přírodními parky, Chráněnou krajinou oblastí Poodří a Přírodním parkem Horní Odra a Přírodním parkem Kletné.



Obr.4 Situace obce Kujavy

3.1.2.Klimatické poměry

Území spadá do mírně klimatické oblasti MT 10, pouze severní část území patří do klimatické oblasti MT 9.

Charakteristika oblasti [5]:

charakteristika	MT 9	MT 10
počet letních dnů	40-50	40-50
počet dnů s prům. teplotou 10° a více	140-160	140-160
počet mrazových dnů	110-130	110-130
počet ledových dnů	30-40	30-40
prům. teplota v lednu [°]	-3 až -4	-2 až -3
prům. teplota v červenci [°]	17 až 18	17 až 18
prům. teplota v dubnu [°]	6 až 7	6 až 7
prům. teplota v říjnu [°]	7 až 8	7 až 8
prům. počet dnů se srážkami 1 mm a více	100-120	100-120
srážkový úhrn ve vegetačním období [mm]	400-450	400-450
srážkový úhrn v zimním období [mm]	250-300	200-250
počet dnů se sněhovou pokrývkou	60-80	50-60
počet dnů zamračených	120-150	120-150
počet dnů jasných	40-50	40-50

Pro území jsou charakteristické poměrně vysoké srážky. Srážky se zpravidla dostavují při přechodu front, většinou při západním proudění s vlhkým atlantským vzduchem. Občas prochází územím i cyklóna, která vyvolává značné srážky.

3.1.3. Pedologické poměry

Rozbor půdních poměrů je zpracován z číselného kódu BPEJ dvěma způsoby. Prvním je identifikace tzv. hlavních půdních jednotek. 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 hydromorfinismu. Toto rozdělení je důležité při odvozování K faktoru.

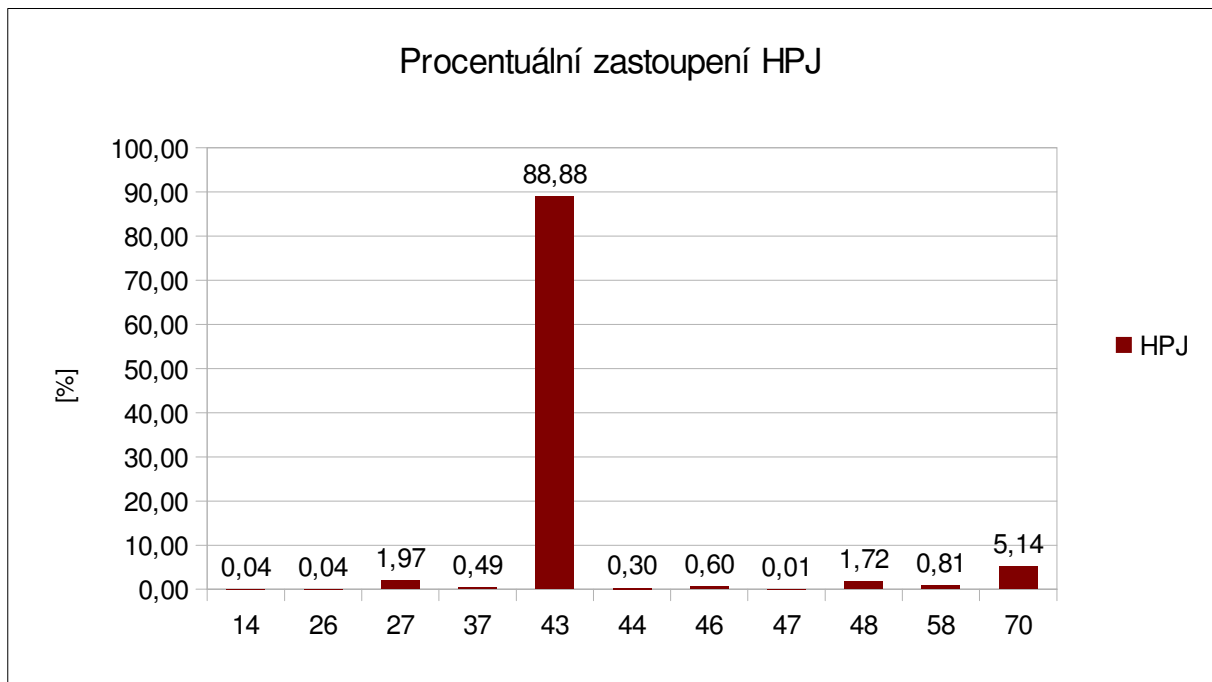
Hlavní půdní jednotky zastoupené v řešeném území:

- 14** Luvizemě modální, hnědozemě luvické včetně slabě oglejených na sprašových hlínách (prachovicích) nebo svahových (polygenetických) hlínách s výraznou eolickou příměsí, středně těžké s těžkou spodinou, s příznivými vláhovými poměry
- 26** Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry
- 27** Kambizemě modální eubazické až mezobazické na pískovcích, drobách, kulmu, brdském kambriu, flyši, zrnitostně lehké nebo středně těžké lehčí, s různou skeletovitostí, půdy výsušné
- 37** Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorniči od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách
- 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
- 44** Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, na sprašových hlínách (prachovicích), středně těžké, těžší ve spodině, bez skeletu nebo s příměsí, se sklonem k dočasnému zamokření
- 46** Hnědozemě luvické oglejené, luvizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

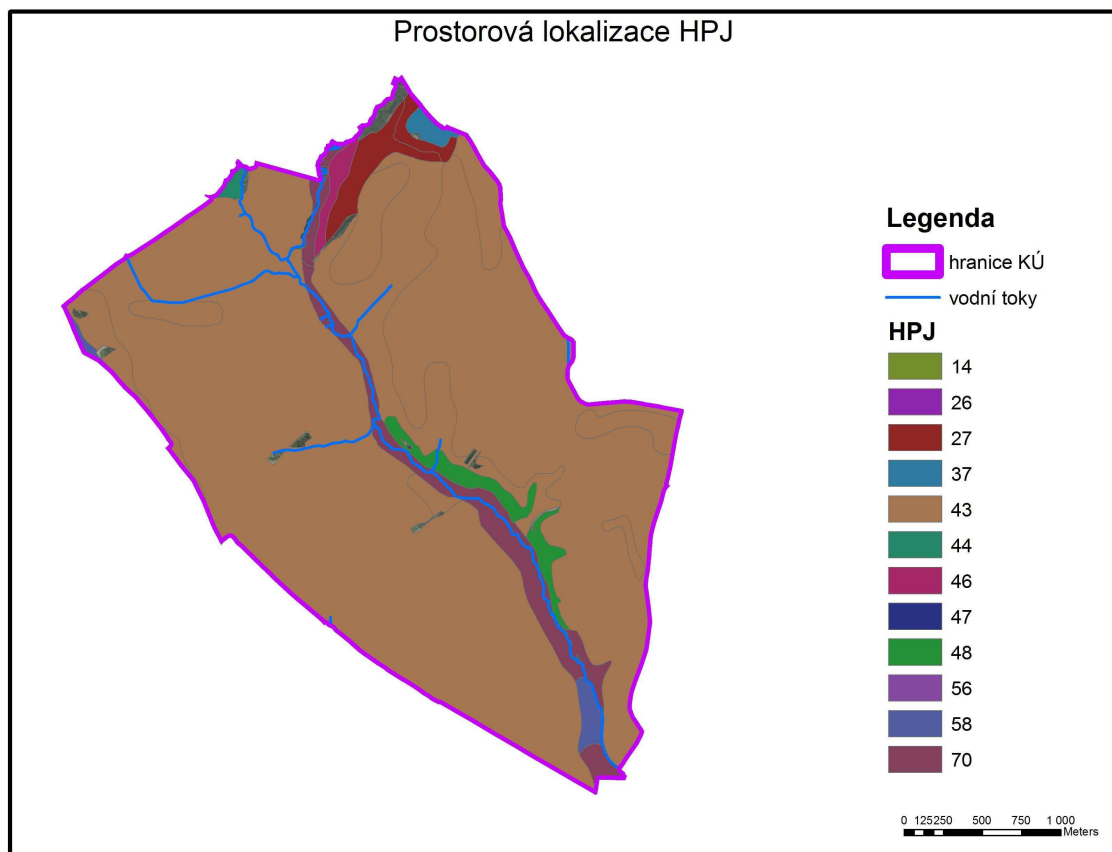
- 47** Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, kambizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření
- 48** Kambizemě oglejené, rendziny kambické oglejené, pararendziny kambické oglejené a pseudogleje modální na opukách, břidlicích, permokarbonu nebo flyši, středně těžké lehčí až středně těžké, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému, převážně jarnímu zamokření
- 58** Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podloží teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vlahové poměry po odvodnění příznivé
- 70** Gleje modální, gleje fluvické a fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podloží teras, při terasových částech širokých niv, středně těžké až velmi těžké, při zvýšené hladině vody v toku trpí záplavami

Tab.1 Procentuální zastoupení jednotlivých HPJ

HPJ [-]	Plocha [km ²]	Zastoupení [%]
14	0,004	0,04
26	0,003	0,04
27	0,186	1,97
37	0,047	0,49
43	8,408	88,88
44	0,028	0,30
46	0,057	0,60
47	0,001	0,01
48	0,163	1,72
58	0,076	0,81
70	0,486	5,14
celkem	9,460	100



Graf 1 Procentuální zastoupení HPJ



Obr.5 Prostorová lokalizace HPJ

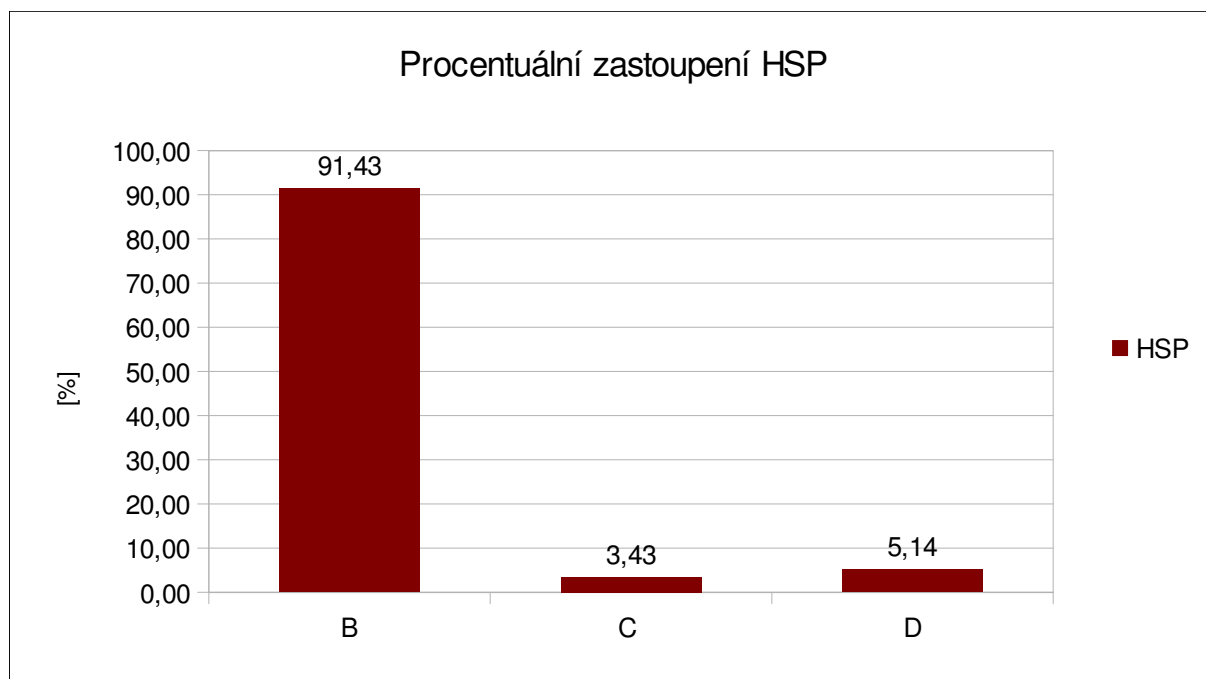
Druhý způsob je zařazení půdy do hlavních skupin půd. Toto rozdělení slouží při vytváření mapy čísel odtokových křivek CN. Základní vlastnosti HSP vyskytující se v řešeném území jsou popsány v tab.2. Naprosto dominantní skupinou je skupina B, naopak v území zcela chybí skupina A.

Tab.2 Zastoupení HSP

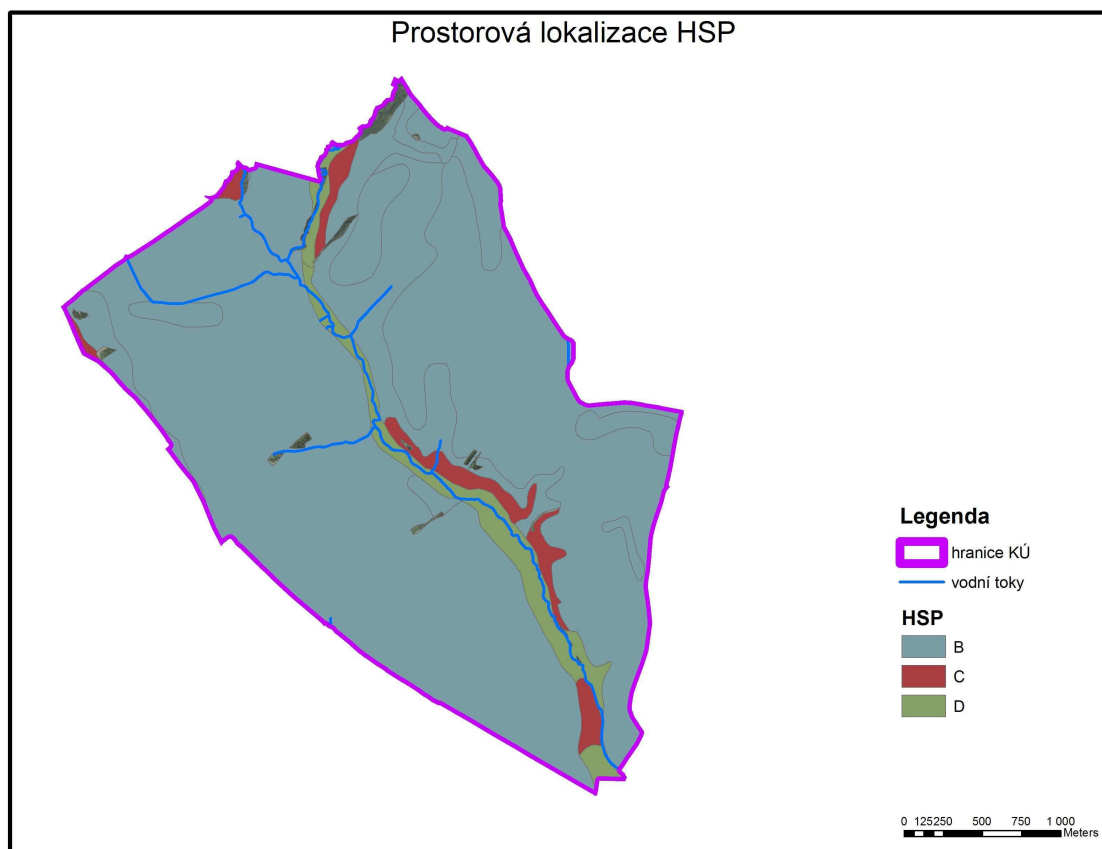
HSP	Charakteristika
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace (0,06-0,12 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitopísčité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace (0,02-0,06 mm/min) při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovitohlinité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace (<0,02 mm/min) 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

Tab.3 Zastoupení HSP v řešeném území

HSP	Plocha	Zastoupení
[-]	[km ²]	[%]
B	8,649	91,43
C	0,325	3,43
D	0,486	5,14
celkem	9,460	100



Graf 2 Procentuální zastoupení HSP



Obr.6 Prostorová lokalizace HSP

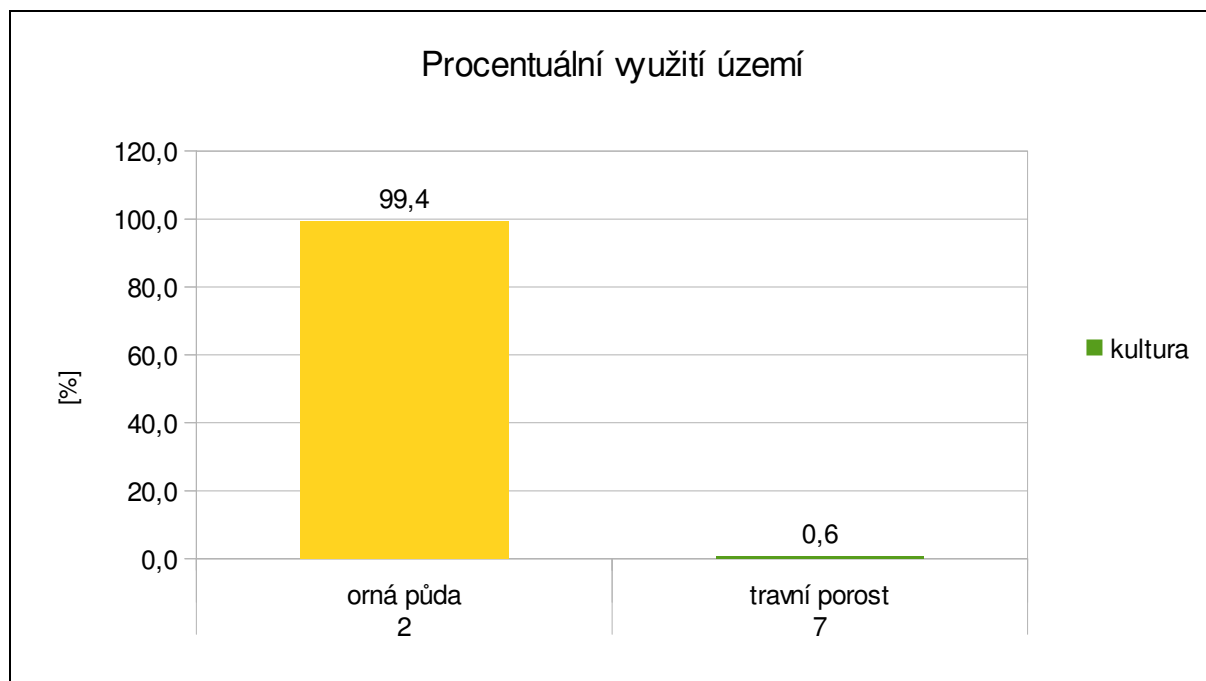
3.1.4. Vegetační pokryv

3.1.4.1. Využití území

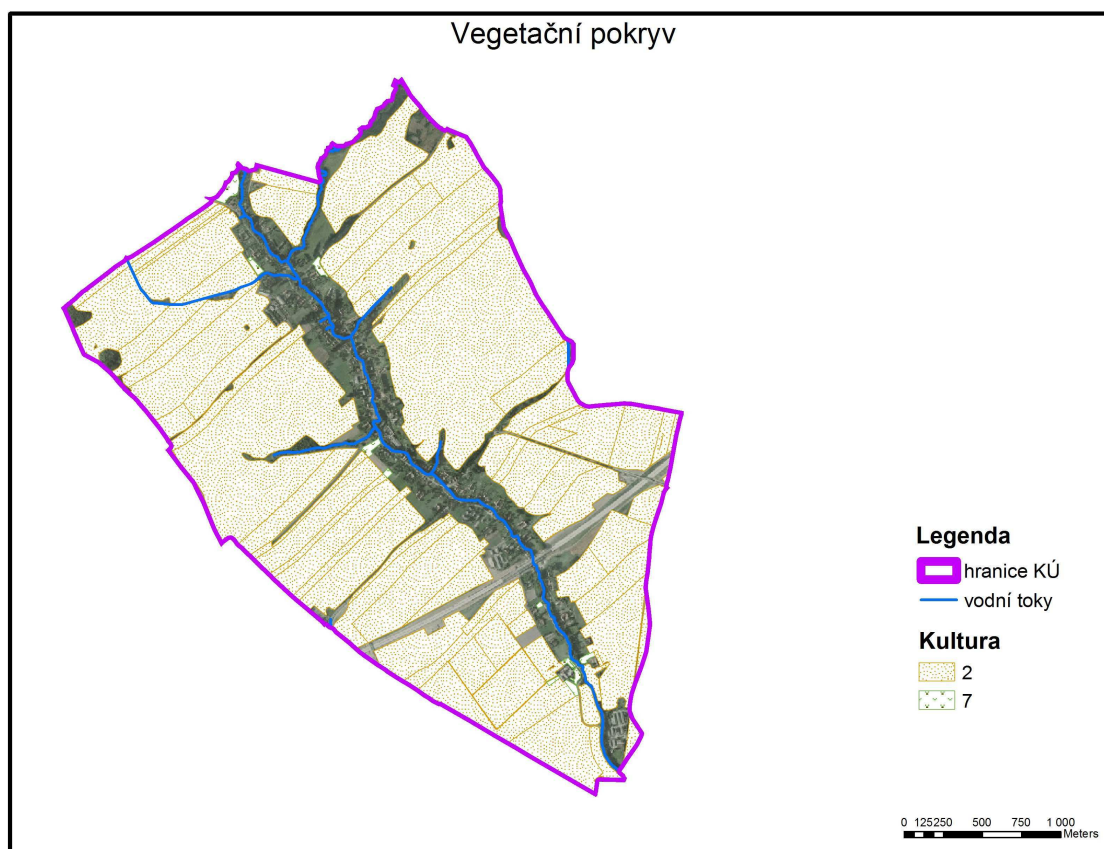
Využití území patří mezi nejdůležitější faktory, které vstupují do erozního a odtokového procesu. Hustota porostu má přímý vliv na pohlcování kinetické energie dopadajících kapek a dále zvětšují drsnost povrchu a tím působí na povrchový odtok. V řešeném území prakticky dominuje zemědělsky využívaná půda, ostatní kultury (sady, lesy) se vyskytují v oblasti intravilánu.

Tab.4 Využití území v extravilánu řešeného území

kultura [-]	Plocha [km ²]	Plocha [km ²]	Zastoupení [%]
2	7,359	7,359	99,4
7	0,047	0,047	0,6
celkem	7,406	7,406	100



Graf 3 Využití území



Obr.7 Vegetační pokryv mimo intravilán

3.1.4.2. Potenciálně přirozená vegetace

Většina území podle „Mapy potenciálně přirozené vegetace“ spadá do oblasti Lipové dubohabřiny, která patří do skupiny Dubohabřin a lipových doubrav. Jižní část území náleží do Střemchové jaseniny.

Charakteristika Lipové dubohabřiny

Struktura a druhové složení

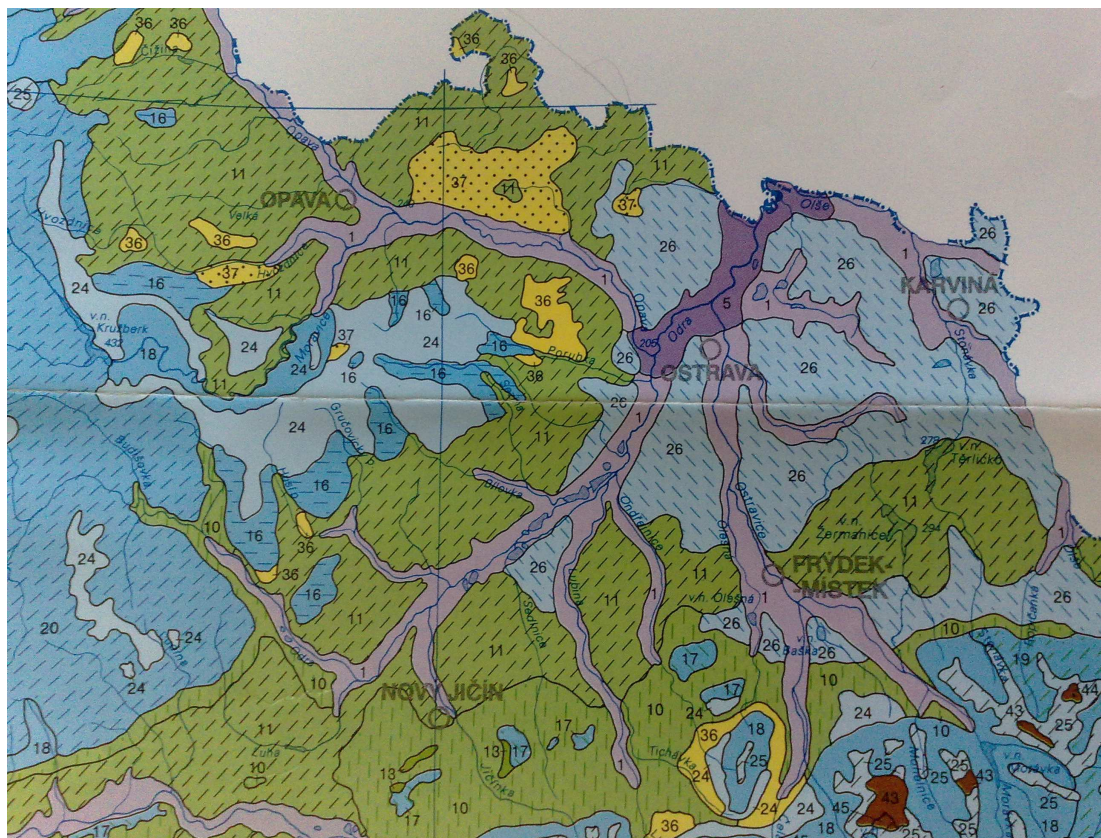
Mapovací jednotka sdružuje třípatrové, řídkěji čtyřpatrové lipové dubohabřiny s přirozenou příměsí smrku, osiky a jeřábu ve stromovém, často i hustém keřovém patru. V něm se dále objevují běžné hydrofilní a mezofilní druhy listnatých lesů. Pokryvnost zřídka vyvinutého mechového patra zpravidla nepřesahuje 10 % [6].

Hospodářské využití

Fytocenózy přirozené a přirozeným blízké představují dnes asi 5 % plochy konstruované vegetace této mapovací jednotky. Jsou omezeny na polohy málo vhodné pro zemědělské využití. Byly převážně obhospodařovány jako pařezina. Značnou část plochy pokrývají jehličnaté kultury. Rovinaté polohy jsou z největší části využívány jako obilná pole, méně se zde pěstuje cukrovka, řepka olejka, mák, jetel a kukuřice. Z luk byly zastoupeny převážně vlhčí až mokré typy, které se vytvořily na pozemcích silně zamokřených po odlesnění. V současné době jsou již mnohé louky odvodněny, jiné rozorány a přeměněny na pole. Část plochy této mapovací jednotky zastavěna (ostravská průmyslová aglomerace) [6].

Význam pro ochranu přírody a tvorby krajiny

Význam málo produktivních nízkých lesů s víceméně přirozeným druhovým složením spočívá v jejich schopnosti regulovat vodní režim půdy. Vysoké lesy přirozeného složení mají schopnost v imisně zatíženém území severovýchodní Moravy nejsnáze odolávat imisní zátěži. Pomáhají zadržovat vodu, regulují biologické odvodňování a svým výparem přispívají ke zvýšení vzdušné vlhkosti v suchém ročním období. Zachování lesů přirozeného složení a biologická meliorace opakovaných jehličnatých kultur za využití lípy srdčité, habru, příp. javorů jsou nutným předpokladem k zachování mimoprodukčních funkcí těchto porostů [6].



Obr.8 Mapa potenciálně přirozené vegetace [6]

3.1.5. Geomorfologické poměry

Řešené území náleží dvěma geomorfologickým systémům, severní část náleží Alpsko-himalájskému a jižní část spadá pod Hercynský.

Geomorfologické zařazení:

Alpsko-himalájský systém

Subsystém Karpáty

Provincie: Západní Karpáty

Subprovincie: Vněkarpatské sníženiny

Oblast: Západní vněkarpatské sníženiny

Celek: Moravská brána

Hercynský systém

Subsystem:	Hercynská pohoří
Provincie:	Česká vysočina
Subprovincie:	Krkonošsko-jesenická subprovincie
Oblast:	Jesenická oblast
Celek:	Nízký Jeseník

Moravská brána tvoří předěl mezi východní Karpatskou a západní Sudetskou soustavou. Je to třetihorní sníženina, která vede od Ostravské pánve směrem na Přerov. Východní stranu lemují Moravskoslezské Beskydy, severozápadní stranu Jeseníky a Oderské vrchy a jihovýchod Hornomoravský úval. Z biologického hlediska je Moravská brána zajímavá prolínáním rostlinných a živočišných druhů obou soustav. Moravskou bránou protékají dvě velké řeky – Odra a Bečva. K zajímavostem patří, že každá z těchto řek teče do jiného moře, takže se zde vlastně nachází hlavní evropské rozvodí dvou moří, a to moře Baltského a moře Černého. Krajina v okolí Moravské brány, tak jak ji známe dnes, je výsledkem dlouhodobého geologického vývoje trvajícím více než 350 milionů let. Za svoji dnešní podobu a pestrost vděčí především pozici na hranici mezi evropsky významnými geograficko-geologickými celky: Českým masívem a Karpaty. Svědkem hercynského vrásnění, které stálo u zrodu Českého masívu, jsou v okolí Moravské brány horniny prvohorního stáří. Na dnešní zemský povrch vystupují v podobě zarovnaných, navzájem izolovaných a více či méně morfologicky výrazných ker, jež jsou od sebe odděleny hlubokými zlomy. Jedná se o kru Maleníku, Oderských vrchů a Tršické pahorkatiny. Horniny z období třetihor jsou naopak svědkem alpínského vrásnění, jež způsobilo vznik karpatského horského oblouku. Tyto vesměs nezpevněné usazené horniny vyplňují sníženinu Moravské brány, která vznikla poklesem jedné z ker na východním okraji Českého masívu pod úroveň hladiny světového oceánu a zalitím takto vzniklé příkopové propadliny okrajovým mořem, a podílejí se na stavbě Kelčské pahorkatiny. Pokryv výše uvedených půd, štěrkopísčité náplavy řek, místy i sprašové návěje. Jejich vznik je spjat s nejmladším geologickým obdobím-čtvrtohorami[7].

Nízký Jeseník je jedním z nejstarších geologických celků střední Evropy. Rozprostírá se východně od Hrubého Jeseníku, mezi jižním Hornomoravským úvalem a severní Slezskou nížinou. Oblast na východě uzavírá Moravská brána a Ostravská pánev. Je plochou vrchovinou o průměrné výšce 400-600 metrů. Nejvyšší, západní část Nízkého Jeseníku dosahuje až 800 m. Směrem k východu se šikmo svažuje a klesá na výšku 350 m. V období mladších prvohor, ve starším karbonu-kulmu bylo území Nízkého Jeseníku zatopeno mělkým mořem. V této době, řeky z dnešního Hrubého Jeseníku splachovaly štěrk, písek a bahno, které se na devonském mořském dně usazovalo v několikakilometrové mocné vrstvě. Koncem prvohor byla střední Evropa postižena

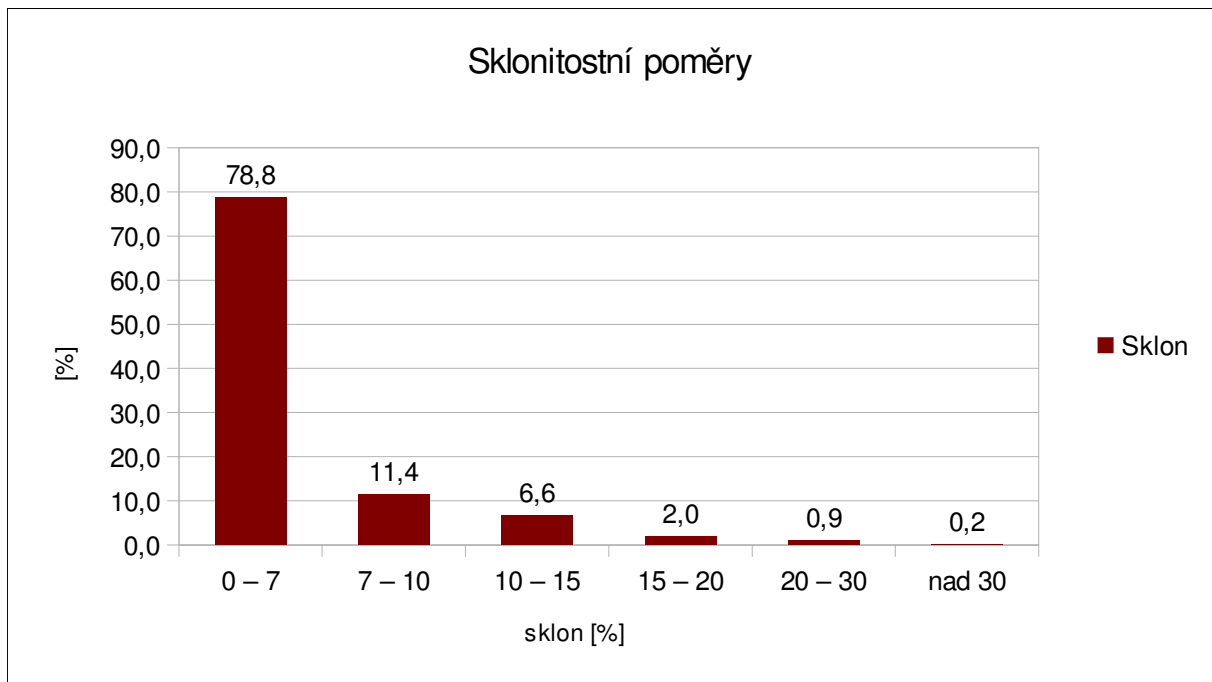
mohutným variským vrásněním. Masy horniny byly zemskou silou tvarovány a přeskupovány. Procesy daly vzniknout druhotné dělitelnosti hornin-kliváži, která podmiňuje dnešní štípatelnost jílovitých břidlic. Vrásněním došlo ke vzniku mnoha nespojitých celků a celý Nízký Jeseník byl vyzvednut do horských výšek. Eroze a zvětrávání v druhohorním období srovnala horské kopce v pahorkatinu. Třetihorní moře opět zaplavilo Hornomoravský úval i Moravskou bránu. Pohltilo také velkou část starého variského horstva. Koncem třetihor se v oblasti začala projevovat sopečná činnost. Žhavé magma vystupovalo podél kerných zlomů na povrch a dalo vzniknout jak čedičovým kupám, tak i stratovulkánům. Aktivní sopečná činnost patrně probíhala až do starších čtvrtohor. Počátkem kvartéru se podnebí ochlazovalo. To se projevilo i vznikem pevninského ledovce, který do oblasti Nízkého Jeseníku přinesl ze severních zemí šterkopískové sedimenty a taktéž i bludné balvany [8].

Rozbor sklonitostních poměrů

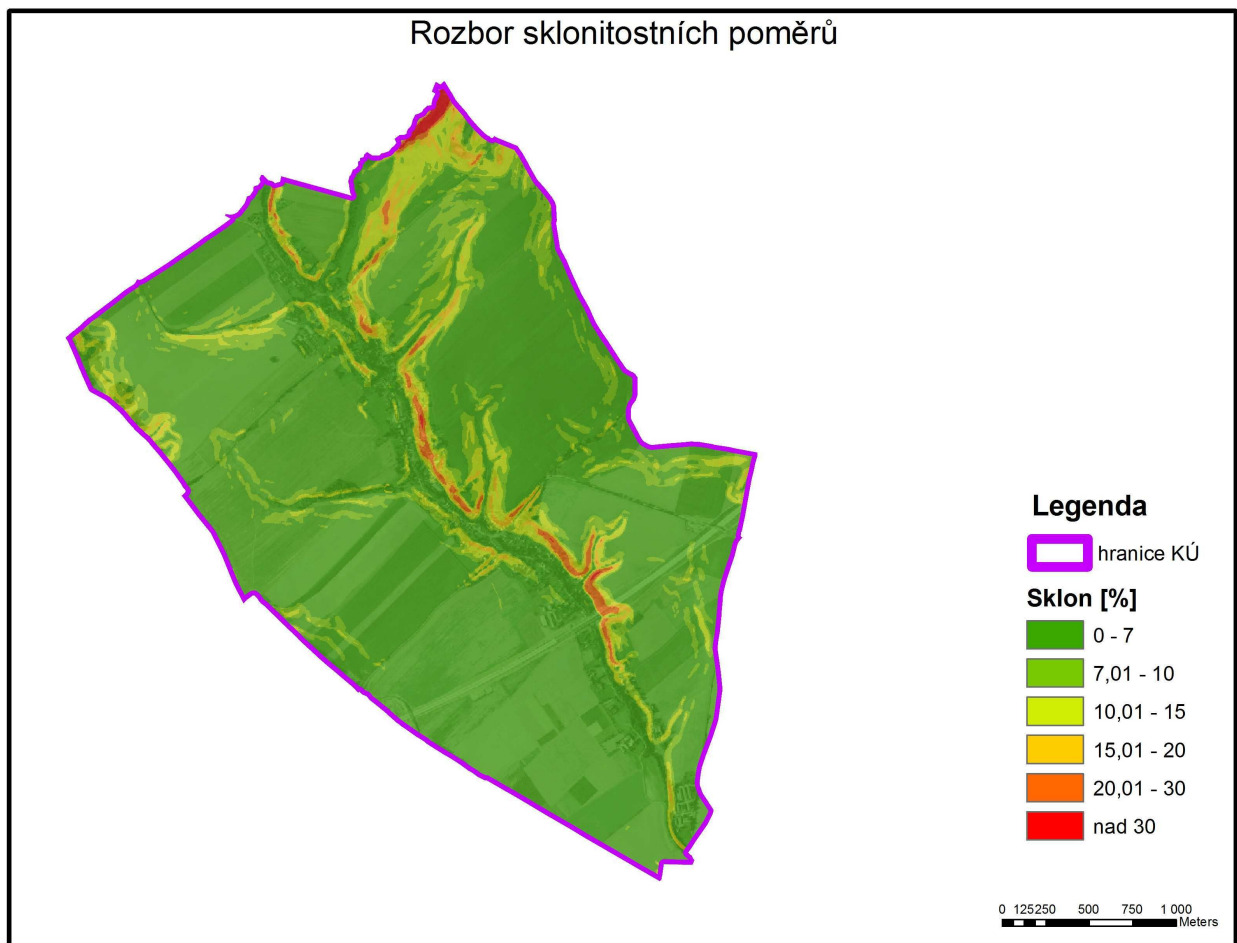
Rozbor sklonitostních poměrů vychází z mapy sklonitosti vytvořené v programu ArcGIS. Vyplývá z něho, že se na většině zájmového území vyskytují poměrně malé sklony. Významné sklony se většinou vyskytují pouze v údolí Děrenského potoka v oblasti intravilánu. Nemají tak vliv na velikost erozního smyvu ze zemědělské půdy.

Tab.5 Sklonitostní poměry v řešeném území

Sklon [%]	Plocha [km²]	Zastoupení [%]
0 – 7	7,582	78,8
7 – 10	1,097	11,4
10 – 15	0,640	6,6
15 – 20	0,188	2,0
20 – 30	0,090	0,9
nad 30	0,024	0,2
celkem	9,621	100



Graf 4 Sklonitostní poměry v řešeném území



Obr.9 Rozbor sklonitostních poměrů

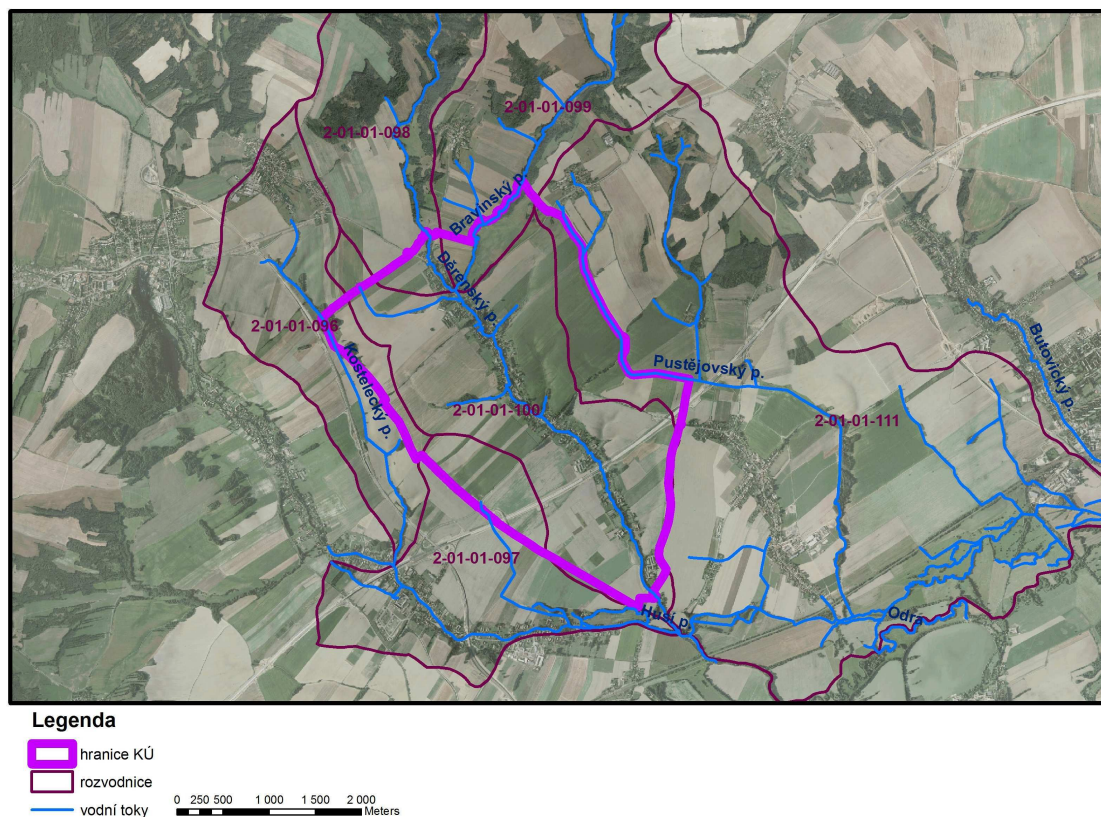
3.1.6. Hydrologické poměry

Většina řešeného území spadá do povodí Děrenského potoka. Dále se do řešeného území zasahují povodí Pustějovského, Husího, Bravinského a Kosteleckého potoka. Dále se v území nachází několik přítoků Děrenského potoka.

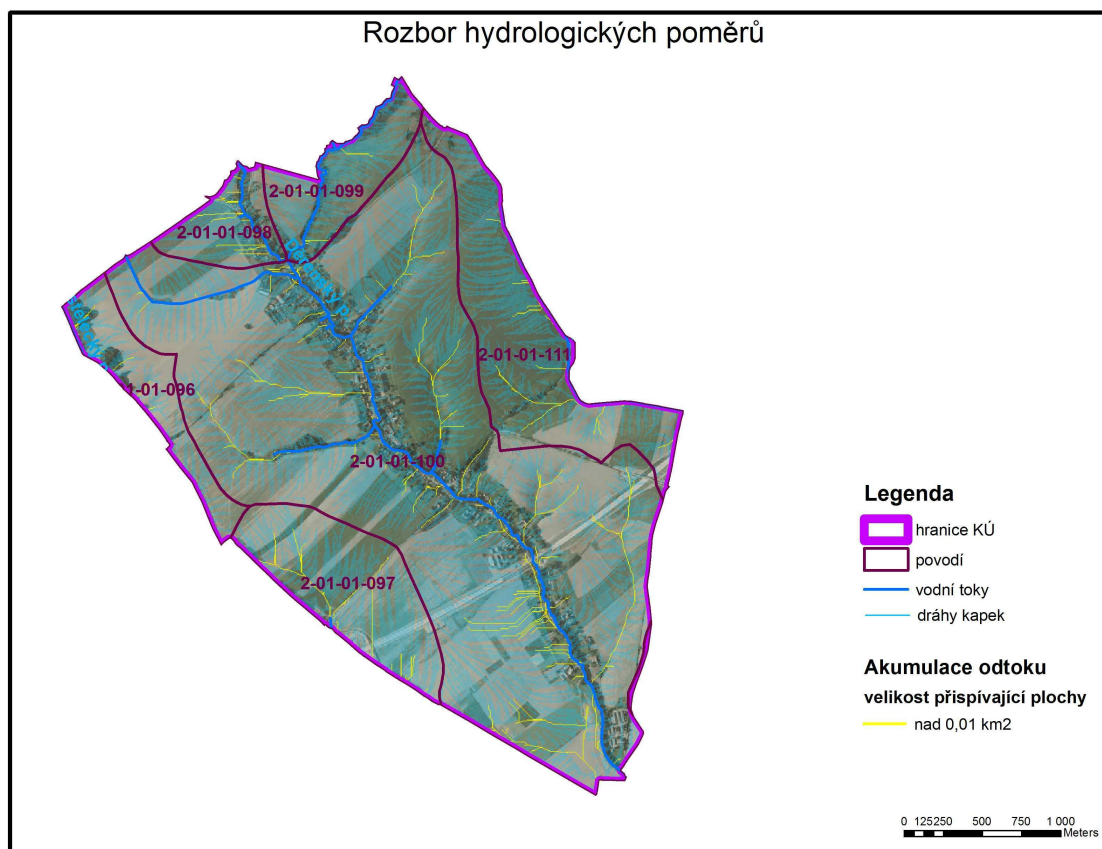
Povodí zastoupená v řešeném území:

Povodí	Potok
2-01-01-098	Děrenský potok
2-01-01-096	Kostelecký potok
2-01-01-111	Pustějovský potok
2-01-01-099	Bravinský potok
2-01-01-097	Husí potok
2-01-01-100	Děrenský potok

Celková délka Děrenského potoka v řešeném území dosahuje 5,25 km. Zbývající potoky mají funkci hranice katastrálního území nebo se v řešeném území vůbec nevyskytují.



Obr.10 Situace řešeného území s jednotlivými povodími



Obr.11 Rozbor hydrologických poměrů

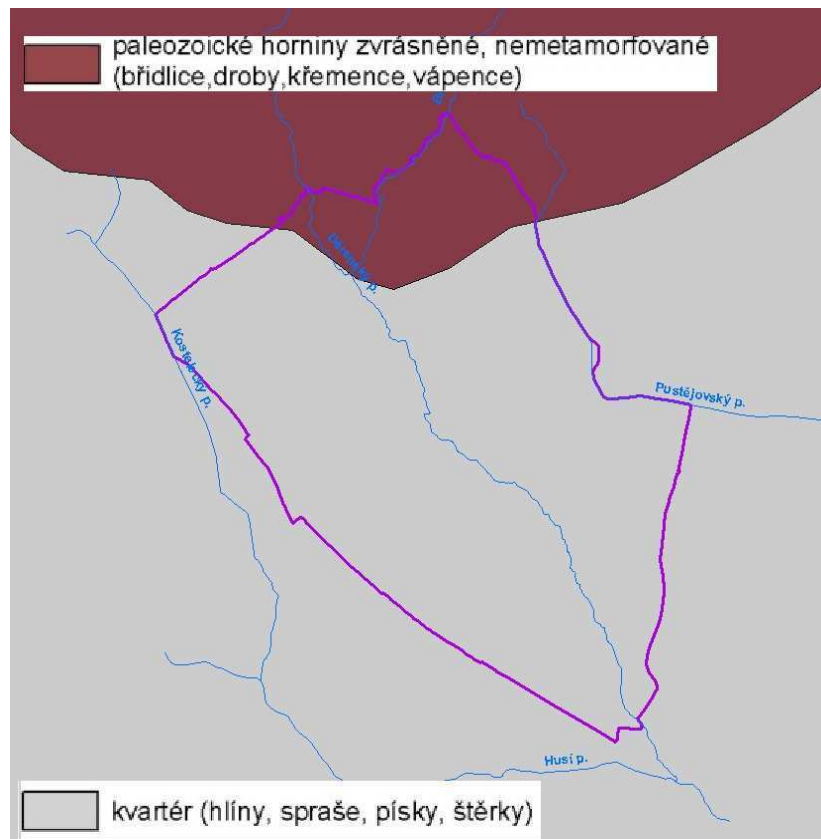
3.1.7. Geologické poměry

Řešené území se nachází ve středu Moravsko-slezské oblasti na hranici mezi karpatskou předhlubní a moravsko-slezským karbonem.

Moravsko-slezský spodní karbon (kulm) tvoří velké trojúhelníkové těleso s rohy v okolí měst Brno, Ostrava a Krnov. Kulm se dělí na 2 oblasti, a to kulm Dražanské vrchoviny a kulm Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů. Petrograficky je kulm tvořen komplexem klastických sedimentárních hornin. V oblasti Dražanské vrchoviny jsou zastoupeny především droby a slepence. V oblasti Nížkého Jeseníku převažují černé jílové břidlice. Komplex spodnokarbonských sedimentů je rovněž variskou orogenezí provrášněn a porušen zlomy. Hydrologicky je oblast poměrně suchá. Propustnost je puklinová i průlinová a hladina podzemní vody leží často hlouběji než 30 metrů. Kulmské horniny poskytují většinou spolehlivé základové půdy. Problémy mohou nastat pouze na svazích, budovaných tenčí vrstevnatými a tektonicky porušenými jílovými břidlicemi. Droby se intenzivně těží a používají jako lomový kámen nebo drcené kamenivo na celé střední a severní Moravě [9].

Karpatská předhlubeň spolu s vídeňskou pánví je složitá vnitrohorská deprese orientovaná

souhlasně s průběhem pohoří. Mocnost sledů sedimentárních hornin dosahuje až 5000 metrů. Jedná se o neogenní klastické sedimenty zastoupené především slepenci, pískovci, štěrky, písky, jíly až vápnitými jíly a jílovci. Tektonickou stavbu ovlivňují poklesové zlomy, z nichž většina navazuje na předterciární tektoniku. Zlomy mají dva základní směry SSV-JJZ a SZ-JV [10].



Obr.12 Geologická mapa

3.1.8. Rozbor erozních poměrů

Rozbor byl proveden pomocí dvou způsobů. První způsob pracuje s absolutními čísly průměrného erozního smyvu. Druhá kategorizace hodnotí erozní smyv podle tzv. stupňů erozní ohroženosti půd. Erozní smyv byl počítán s faktorem erozní účinnosti deště $R=45$

3.1.8.1. Průměrný erozní smyv a suma erozního smyvu

Statistika byla provedena jak pro celé katastrální území tak pro 28 vybraných bloků LPIS. Při výběru bloků byl brán ohled na velikost bloků.

Tab.6 Erozní smyv pro celé řešené území před navržením PEO

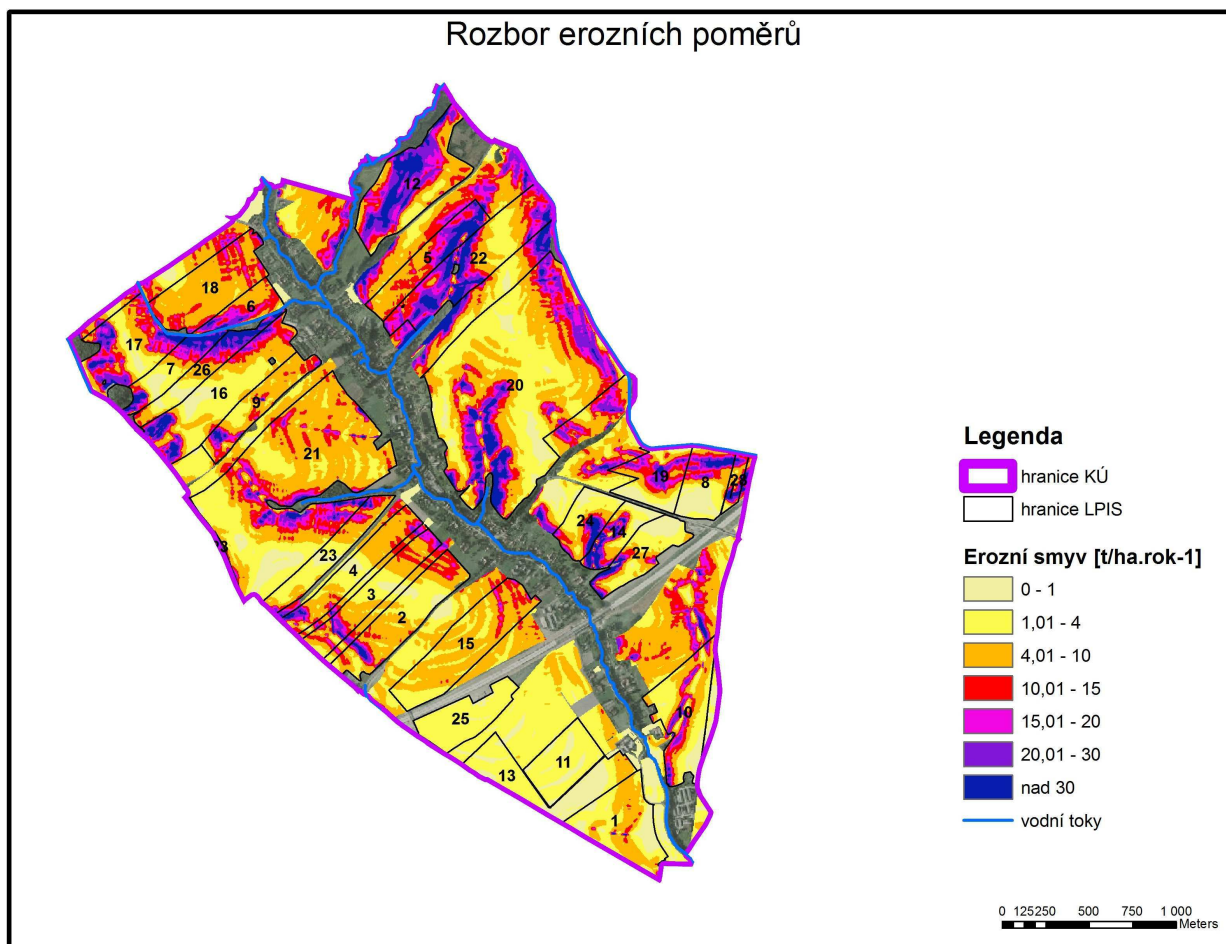
KÚ	Plocha [km ²]	Průměrný erozní smyv [t/ha.rok ⁻¹]	Suma erozního smyvu [t/rok]
Kujavy	9,58	8,8	6548

Tab.7 Výměry jednotlivých kategorií erozního smyvu před navržením PEO

KÚ	0-1 [t/ha.rok]	1-4 [t/ha.rok]	4-10 [t/ha.rok]	10-15 [t/ha.rok]	15-20 [t/ha.rok]	20-30 [t/ha.rok]	nad 30 [t/ha.rok]
	[km ²]	[km ²]	[km ²]	[km ²]	[km ²]	[km ²]	[km ²]
Kujavy	0,56	2,22	2,46	0,89	0,5	0,47	0,3

LPIS	POČET BUNĚK	PLOCHA (m ²)	MIN (t/ha)	MAX (t/ha)	ROZPTYL	PRŮMĚR	Standartní odchylka	SUMA (t)	Eroze G/LPIS
1	7590	189750	0,1	59,1	59,0	3,9	3,5	29629,3	74,1
2	7276	181900	0,3	49,0	48,8	6,8	5,9	49646,2	124,1
3	5436	135900	0,3	108,8	108,4	8,0	7,0	43742,5	109,4
4	5295	132375	0,2	40,1	39,9	7,6	6,3	40016,0	100,0
5	4876	121900	1,5	138,1	136,6	18,0	15,8	87909,4	219,8
6	2603	65075	1,6	51,7	50,0	13,1	7,1	34189,6	85,5
7	3591	89775	0,2	131,3	131,1	15,8	17,1	56658,1	141,6
8	4284	107100	0,2	50,9	50,7	8,6	10,1	36839,6	92,1
9	4519	112975	1,2	46,5	45,2	8,8	6,6	39957,0	99,9
10	7395	184875	0,2	78,5	78,3	7,3	7,0	53748,0	134,4
11	4639	115975	0,3	3,5	3,2	1,3	0,5	6090,5	15,2
12	9614	240350	0,5	100,9	100,4	18,2	12,2	174683,0	436,7
13	6522	163050	0,2	10,7	10,5	1,7	1,6	10918,2	27,3
14	2946	73650	0,2	199,4	199,2	14,4	16,3	42554,0	106,4
15	8922	223050	1,0	22,6	21,6	5,9	2,9	52923,5	132,3
16	9918	247950	0,2	117,7	117,5	9,2	11,6	91718,6	229,3
17	7350	183750	0,2	67,1	66,9	12,8	10,4	93997,8	235,0
18	7739	193475	1,7	45,4	43,7	8,7	3,6	67171,0	167,9
19	4587	114675	0,2	106,3	106,1	9,8	9,0	44823,6	112,1
20	38289	957225	0,2	132,9	132,7	9,5	10,9	365415,0	913,5
21	29974	749350	0,2	89,4	89,2	7,5	6,4	224990,0	562,5
22	10086	252150	1,1	153,1	152,1	17,8	15,6	179071,0	447,7
23	5010	125250	0,4	48,7	48,2	5,9	5,7	29770,1	74,4
24	3528	88200	0,2	210,8	210,6	10,6	15,6	37282,8	93,2
25	4532	113300	0,6	3,8	3,2	1,9	0,6	8477,4	21,2
26	3764	94100	0,2	81,9	81,7	13,9	13,9	52344,3	130,9
27	4370	109250	0,2	82,4	82,2	7,2	10,6	31468,4	78,7
28	1010	25250	0,8	81,5	80,7	16,2	13,0	16404,9	41,0

Tab.8 Erozní smyv na vybraných blocích LPIS



Obr.13 Rozbor erozních poměrů

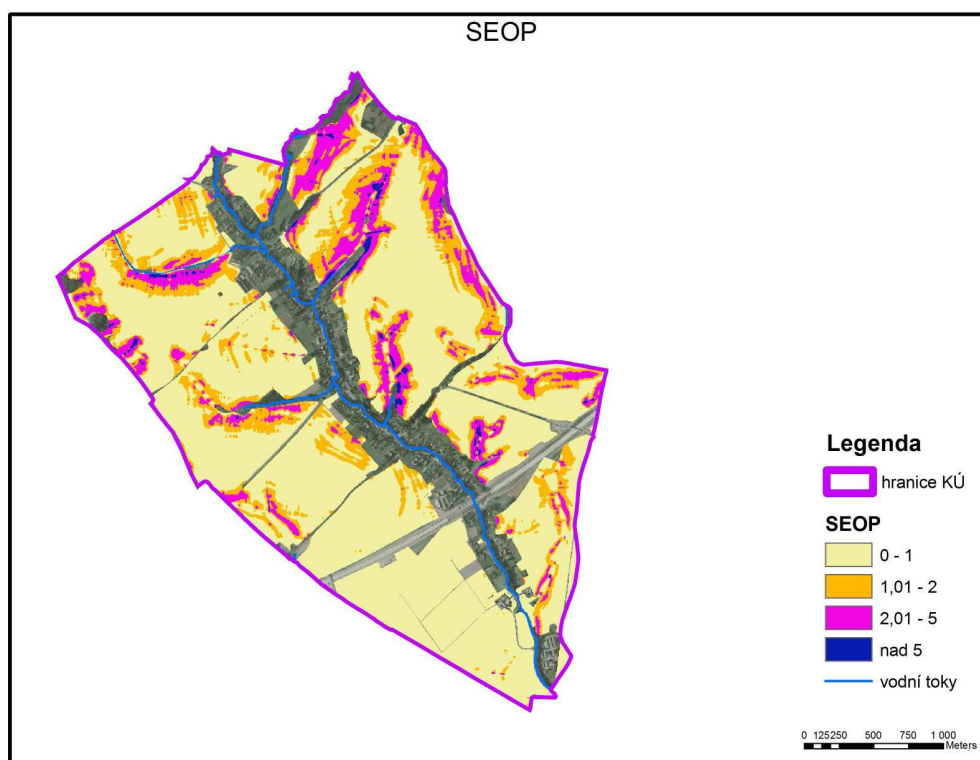
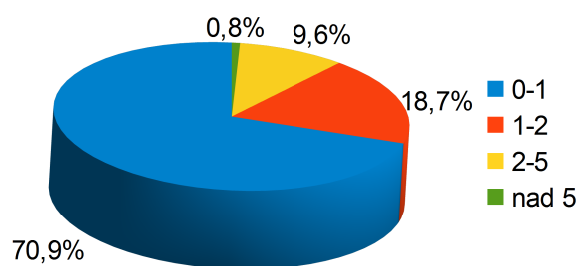
3.1.8.2.SEOP

Druhým způsobem je zpracování podle stupňů erozní ohroženosti půdy, kdy je erozní smyv rozříděn podle násobků přípustného smyvu. V řešeném území platí pro přípustný smyv hodnota 10 t/ha.rok⁻¹. Stupně mají hodnotu 1, 2 a 5 násobku přípustného smyvu.

Tab.9 Klasifikace SEOP erozního smyvu před navržením PEO

KÚ	Násobky erozního smyvu			
	0-1	1-2	2-5	nad 5
	[km2]	[km2]	[km2]	[km2]
Kujavy	5,25	1,39	0,71	0,06

Graf 5 Klasifikace SEOP erozního smyvu před návrhem PEO

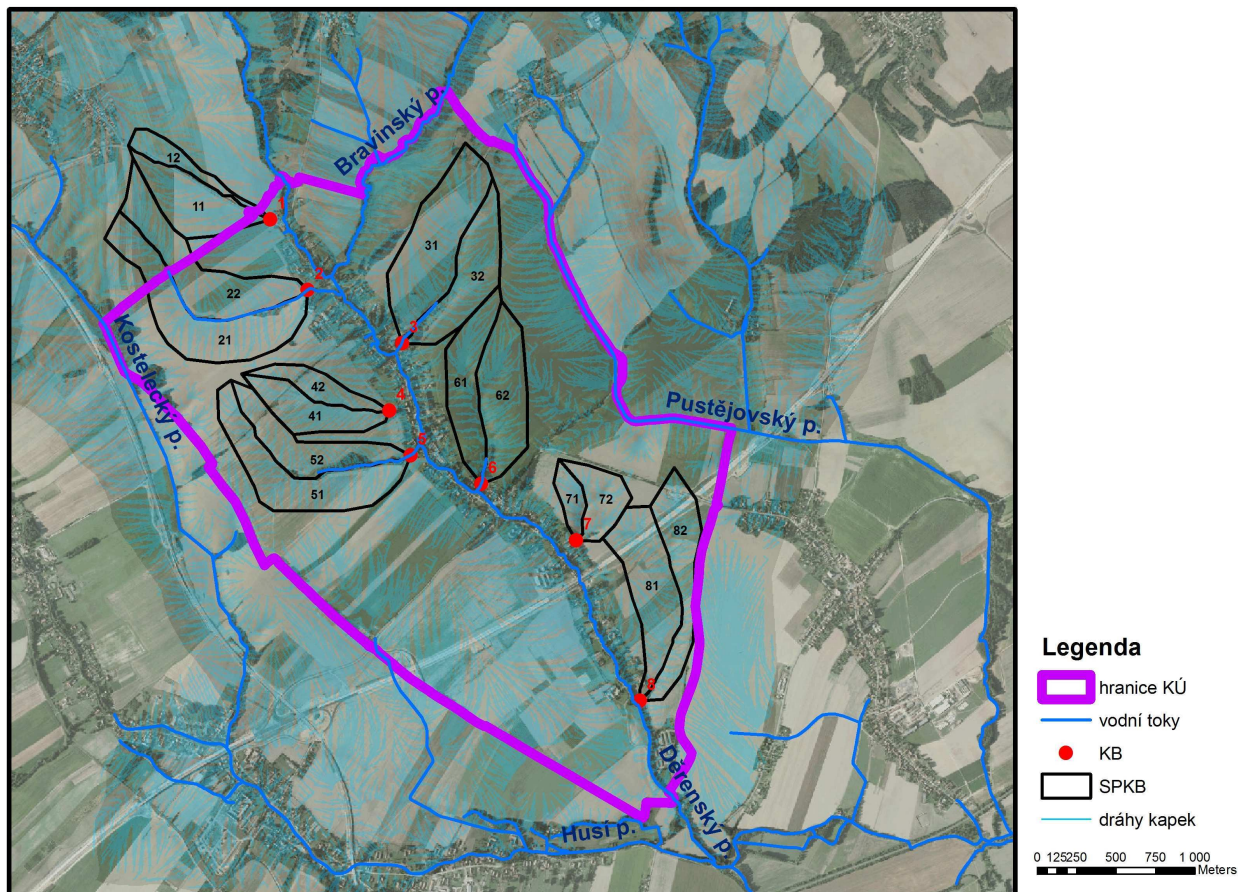


Obr.14 Stupně erozní ohroženosti půdy

3.1.9. Rozbor odtokových poměrů

Základem rozboru je identifikace tzv. kritických bodů, kde dochází k odtoku srážkové vody do intravilánu. K těmto profilům byly určeny přispívající sběrné plochy, na kterých byly provedeny hydrologické charakteristiky. V řešeném území bylo nalezeno 8 významných kritických bodů.

Kritické profily



Obr.15 Identifikace kritických profilů

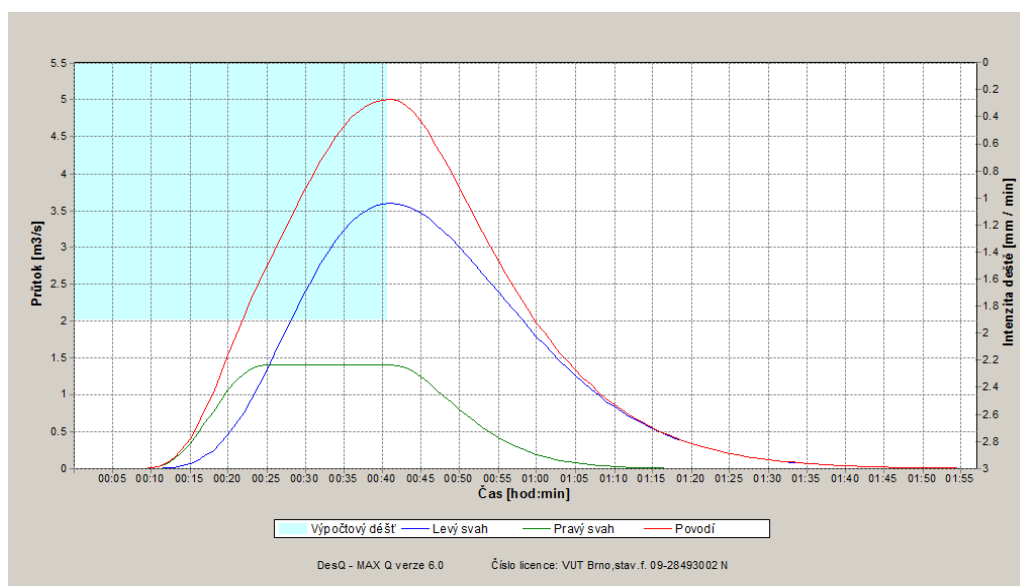
Označení KB	Plocha [km ²]	N-leté max. průtoky				
		5 [m ³ /s]	10 [m ³ /s]	20 [m ³ /s]	50 [m ³ /s]	100 [m ³ /s]
1	0,29	1,01	1,63	2,52	3,86	5,1
2	0,68	2,31	3,75	5,8	8,89	11,7
3	0,6	1,78	2,85	4,41	6,79	8,86
4	0,26	0,8	1,29	1,99	3,06	4,02
5	0,52	1,7	2,76	4,25	6,54	8,51
6	0,47	1,06	1,72	2,65	4,09	5,38
7	0,17	0,49	0,8	1,24	1,91	2,49
8	0,51	1,5	2,43	3,76	5,79	7,58

Tab.10 N-leté kulminační průtoky v jednotlivých kritických bodech

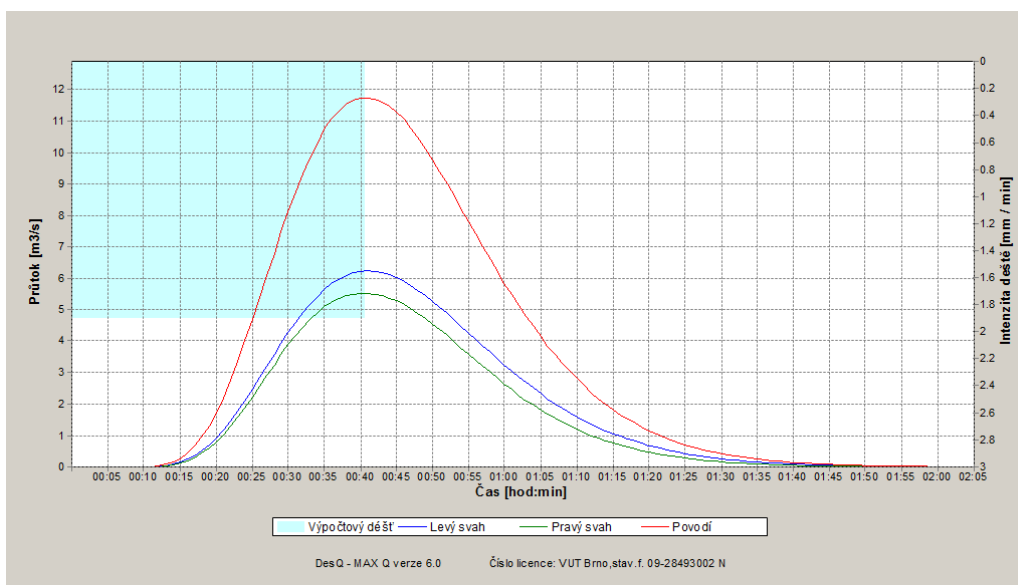
Dále jsou uvedeny podrobné charakteristiky pro dobu opakování N=100 let.

SPKB 1

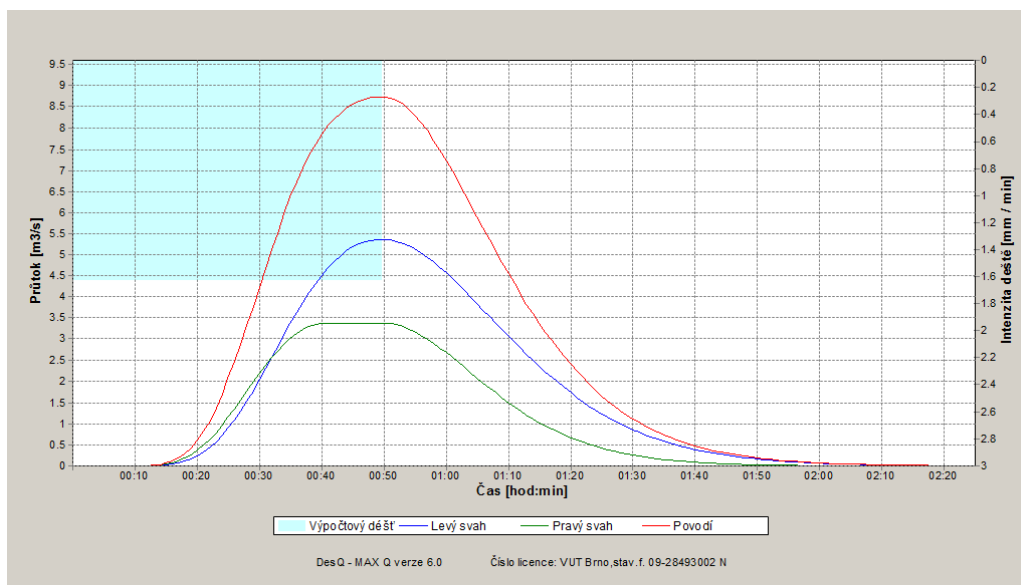
VYSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přepočtené číslo CN - typ		81,7	81,9	[...]
R_p	potenciální retence povodí		57	56,2	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,2	0,08	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,24	0,09	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		41	21	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,907	2,898	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		78,2	60,8	[mm]
t_{1ok}	doba bezodtokové fáze		6	4	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		35	17	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		1,029	1,367	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		36	23,2	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	41			[min]
i_d	intenzita deště	1,907			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	78,2			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	6	6	6	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		35	35	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		1,029	1,039	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		36	36,4	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		35	19	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		1,005	1,077	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		36	36,4	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		1,029	1,039	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	5,1	3,6	1,4	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	10,5	7,57	2,95	[10 ³ .m ³]
t_{1n}	doba vzestupu hydrogramu	35	35	19	[min]
t_{2n}	doba poklesu hydrogramu	77	77	38	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	16	[min]
t_{2n}	celková doba trvání odtoku	112	112	73	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{100}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	18,8	13,5	5,26	[10 ³ .m ³]
t_{1n}	doba vzestupu hydrogramu	35	35	19	[min]
t_{2n}	doba poklesu hydrogramu	171	171	129	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	16	[min]
t_{2n}	celková doba trvání odtoku	206	206	164	[min]



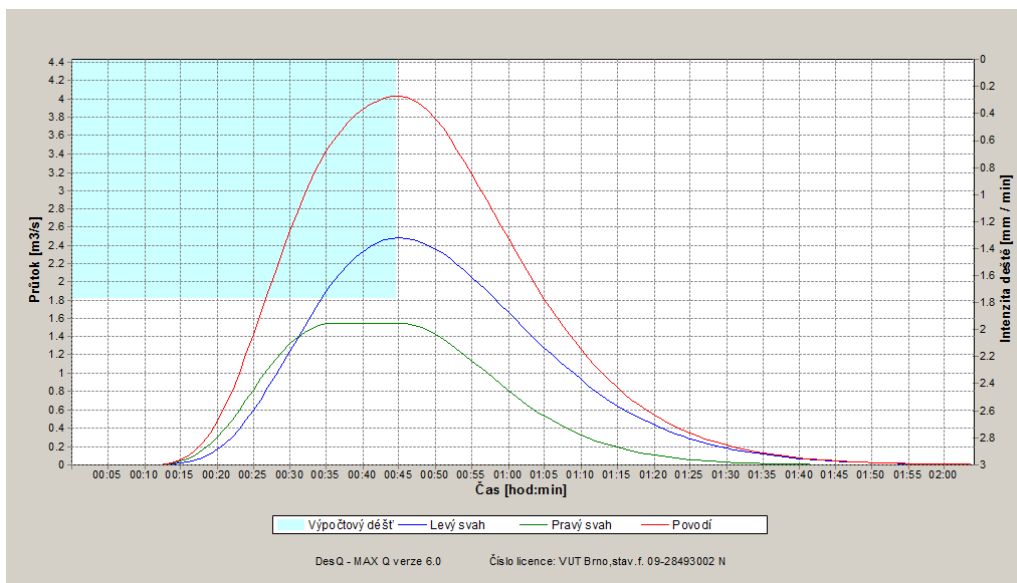
VÝSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečíslené číslo CN - typ		82,3	82	[...]
R_p	potenciální retence povodí		54,8	55,7	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,25	0,22	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,27	0,23	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		42	40	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,87	1,937	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		78,6	77,5	[mm]
t_{10k}	doba bezodtokové fáze		6	6	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		36	34	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		1,037	1,06	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		37,3	36,1	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	41			[min]
i_d	intenzita deště	1,907			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	78,2			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	6	6	6	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		35	35	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		1,059	1,046	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		37	36,6	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		36	34	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		1,034	1,042	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		37	36,6	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		1,024	1,046	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	11,7	6,23	5,49	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	25,1	13,5	11,5	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	35	35	34	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	85	85	78	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	120	120	113	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{10/100}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	44,6	24	20,5	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	35	35	34	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	189	189	176	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	224	224	211	[min]



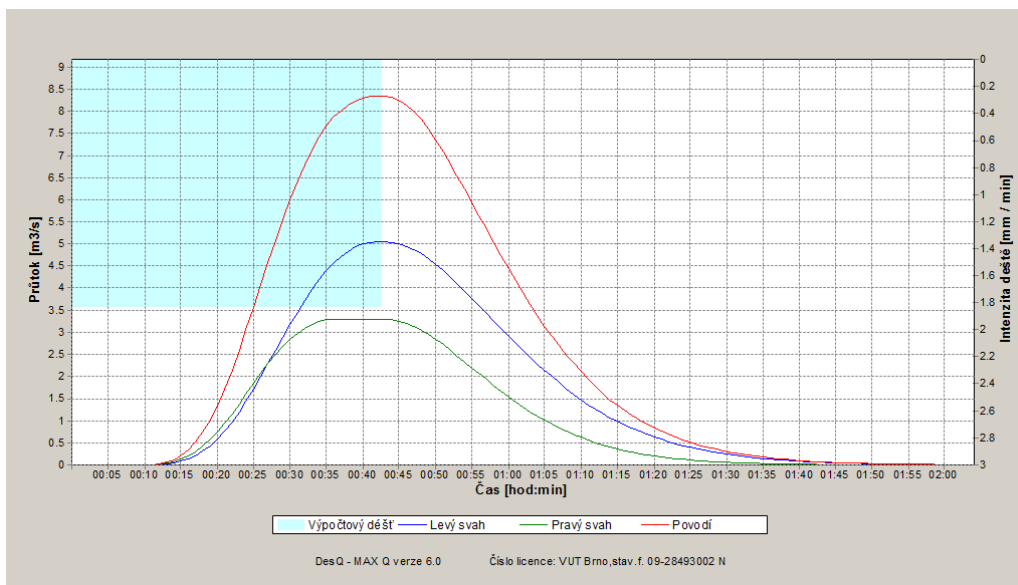
VÝSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečíslené číslo CN - typ		81	81	[...]
R_p	potenciální retenční povodí		59,6	59,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,33	0,21	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,36	0,23	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		50	37	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,626	2,034	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		81,3	75,2	[mm]
t_{10k}	doba bezodtokové fáze		7	6	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		43	31	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,868	1,053	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		37,3	32,6	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	50			[min]
i_d	intenzita deště	1,626			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	81,3			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	7	7	7	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		43	43	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,868	0,868	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		37,3	37,3	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		42	34	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,888	0,861	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		37,3	37,3	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,868	0,868	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	8,86	5,36	3,37	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	22,5	13,8	8,7	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	42	42	34	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	96	96	74	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	1	1	9	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	139	139	117	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{10/100}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	38	23,3	14,7	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	42	42	34	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	200	200	175	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	1	1	9	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	243	243	218	[min]



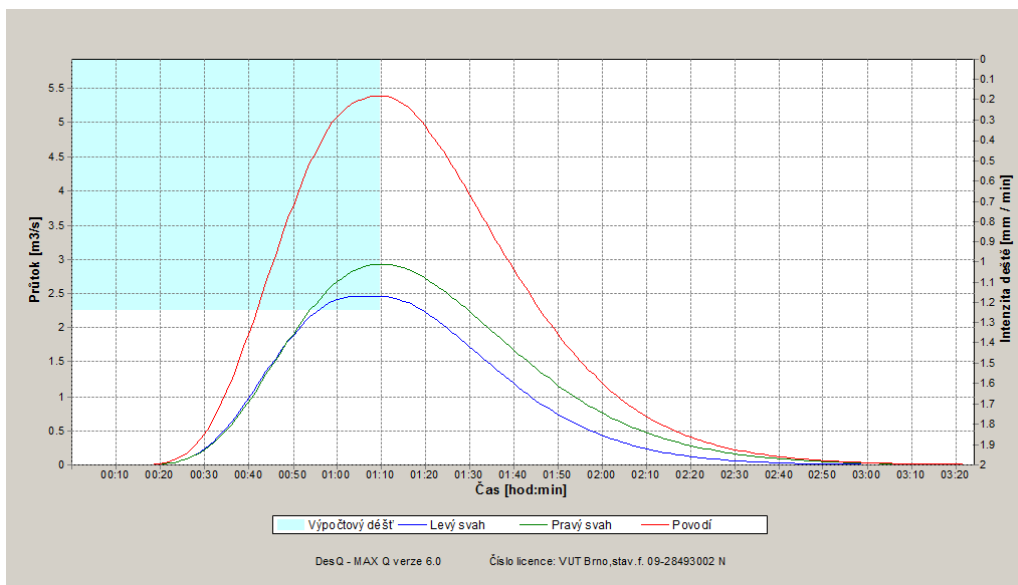
VÝSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečíslené číslo CN - typ		81	81	[...]
R_p	potenciální retenční povodí		59,6	59,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,2	0,12	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,23	0,14	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		45	33	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,77	2,185	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		79,6	72,1	[mm]
t_{10k}	doba bezodtokové fáze		7	5	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		38	28	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,948	1,08	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		36	30,2	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	45			[min]
i_d	intenzita deště	1,77			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	79,6			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	7	7	7	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		38	38	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,948	0,948	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		36	36	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		38	29	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,951	0,973	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		36	36	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,948	0,948	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	4,02	2,48	1,55	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	9,19	5,66	3,53	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	38	38	29	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	80	80	58	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	9	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	118	118	96	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{10/100}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	16,1	9,89	6,17	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	38	38	29	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	172	172	148	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	9	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	210	210	186	[min]



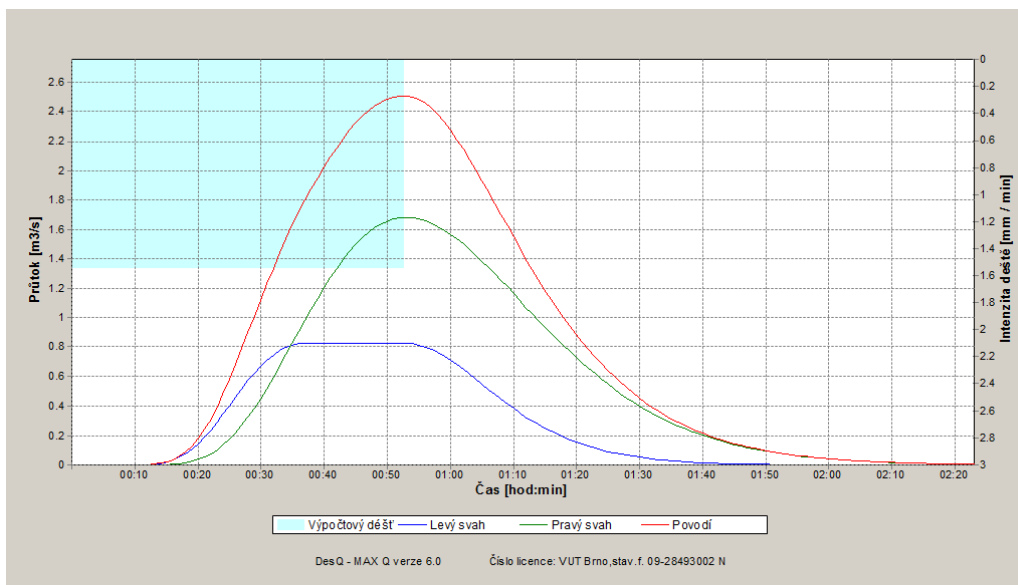
VÝSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečíslené číslo CN - typ		81	81	[...]
R_p	potenciální retence povodí		59,6	59,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,23	0,15	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,25	0,16	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		43	34	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,835	2,144	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		78,9	72,9	[mm]
t_{10k}	doba bezodtokové fáze		6	6	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		37	28	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,959	1,102	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		35,5	30,8	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	43			[min]
i_d	intenzita deště	1,835			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	78,9			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	6	6	6	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		37	37	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,959	0,959	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		35,5	35,5	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		36	30	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,979	0,955	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		35,5	35,5	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,959	0,959	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	8,51	5,05	3,29	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	18,5	11,2	7,31	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	36	36	30	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	82	82	65	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	1	1	7	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	119	119	102	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{10/100}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	32,9	19,9	13	[10 ³ .m ³]
t_{vh}	doba vzestupu hydrogramu	36	36	30	[min]
t_{ph}	doba poklesu hydrogramu	184	184	165	[min]
t_{kh}	doba trvání kulminace hydrogramu	1	1	7	[min]
t_{ch}	celková doba trvání odtoku	221	221	202	[min]



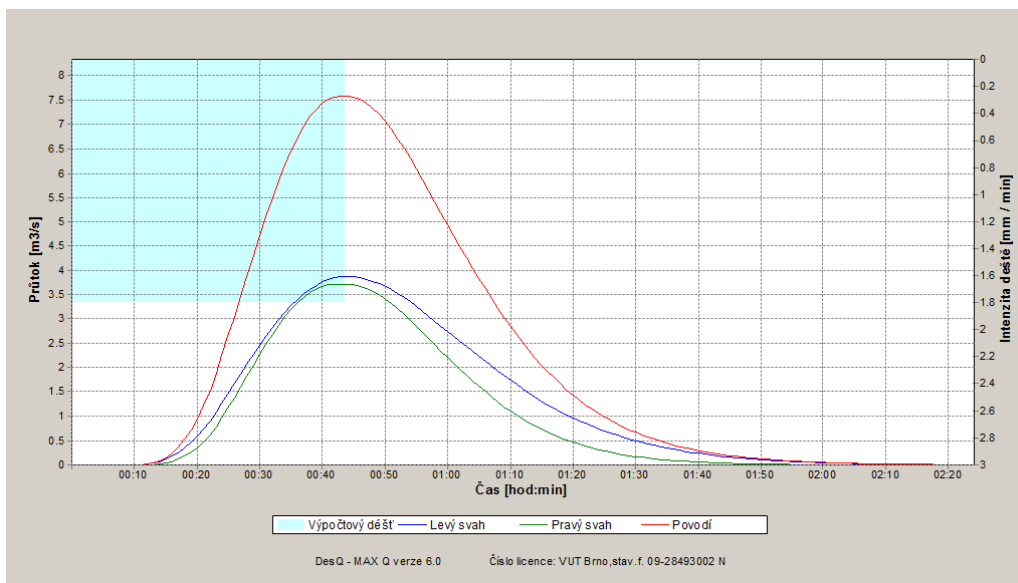
VÝSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečtené číslo CN - typ		81	81	[...]
R_p	potenciální retence povodí		59,5	59,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,37	0,46	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,4	0,5	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		61	72	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,386	1,213	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		84,6	87,4	[mm]
t_{10k}	doba bezodtokové fáze		9	10	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		52	62	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,768	0,68	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		40	42,2	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	70			[min]
i_d	intenzita deště	1,241			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	86,9			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	10	10	10	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		60	60	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,697	0,696	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		41,8	41,8	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		54	61	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,706	0,702	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		41,8	41,8	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,697	0,668	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	5,38	2,45	2,93	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	19,8	8,82	11	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	60	54	60	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	135	113	135	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	6	0	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	195	173	195	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{10/100}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	29,9	13,3	16,6	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	60	54	60	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	238	208	238	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	6	0	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	298	268	298	[min]



VÝSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečíslené číslo CN - typ		82	81,2	[...]
R_p	potenciální retenční povodí		55,8	58,7	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,16	0,32	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,18	0,38	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		32	53	[min]
i_{ok}	intenzita deště		2,227	1,552	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		71,3	82,2	[mm]
t_{10k}	doba bezodtokové fáze		5	8	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		27	45	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		1,155	0,855	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		31,2	38,5	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	53			[min]
i_d	intenzita deště	1,552			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	82,2			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	7	7	8	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		46	45	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,866	0,855	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		39,8	38,5	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		30	45	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,885	0,862	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		39,8	38,5	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,866	0,855	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	2,49	0,823	1,68	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	6,81	2,27	4,54	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	45	30	45	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	91	56	91	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	16	0	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	136	102	136	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané $H_{10/100}$					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	11,2	3,72	7,49	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	45	30	45	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	179	139	179	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	16	0	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	224	185	224	[min]



VÝSTUPNÍ VELICINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečtené číslo CN - typ		81,1	81,2	[...]
R_p	potenciální retence povodí		59,1	58,8	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,27	0,22	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,29	0,23	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		50	41	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,626	1,907	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		81,3	78,2	[mm]
t_{10k}	doba bezodtokové fáze		7	6	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		43	35	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		0,873	1,007	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		37,5	35,2	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	44			[min]
i_d	intenzita deště	1,802			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	79,3			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	7	7	7	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		37	37	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		0,972	0,975	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		36	36,1	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		40	35	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		0,977	0,996	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		36	36,1	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,827	0,975	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	7,58	3,87	3,71	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	18,3	10,1	8,23	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	37	37	35	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	101	101	77	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	2	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	138	138	114	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{100}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	32,2	17,8	14,5	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	37	37	35	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	224	224	173	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	2	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	261	261	210	[min]



3.2. Metody

3.2.1. Univerzální rovnice Wischmeier-Smith

K výpočtu množství erozního smyvu byla použita univerzální rovnice Wischmeier-Smith, k výpočtu byl použit program USLE 2D. Metoda spočívá v posouzení všech faktorů, které vstupují do procesu tvorby a velikosti smyvu. Mezi tyto faktory se řadí klimatické, hydrologické, geologické a vegetační poměry, jejichž celkový vliv je popsán v 6 základních faktorech rovnice:

$$G=R*K*L*S*C*P \quad [t/ha.rok] \quad (3.1)$$

Kde:

R	faktor erozní účinnosti deště
K	faktor náchylnosti půdy k erozi
L	faktor délky svahu
S	faktor sklonu svahu
C	faktor ochranného vlivu vegetace
P	faktor protierozních opatření

3.2.1.1. Faktor erozní účinnosti deště R

Podle základní metodiky [11] je definován vztahem:

$$R=E*i_{30}/100 \quad (3.2)$$

Kde:

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

Celková kinetická energie E definuje vztah:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i \quad (3.3)$$

Kde:

E _i	kinetická energie i-tého úseku deště	[J.m ⁻²]
n	počet úseků	

Energie na jednotlivých úsecích se dále počítá podle vztahu:

$$E_r = (206 + 87 \log i_{si}) * H_{si} \quad (3.4)$$

Kde:

i_{si}	intenzita deště i-tého úseku	
H_{si}	úhrn deště v i-tém úseku	[cm]

Deště o vydatnosti 12,5 mm, oddělené od předchozích a následných dešťů šestihodinovou nebo delší přestávkou a deště, pokud jejich maximální intenzita nepřekročí 24 mm/hod, se nepočítají [11] a předpokládá se, že nezpůsobují odtok vody z pozemku.

3.2.1.2. Faktor náchylnosti půdy k erozi K

Faktor náchylnosti půdy k erozi v sobě zahrnuje charakteristiku jednak infiltrační schopnosti půdy a dále odolnost zeminy proti rozrušující energii kapek a následnému splachu povrchového odtoku.

Tento faktor Wischmeier a Smith definovali jako odnos půdy v t/ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o délce 22,13 m na svahu o sklonu 9 %, který je udržován jako kypřený černý úhor kultivaci ve směru sklonu [11].

K určení hodnoty tohoto faktoru lze použít několik metod. Pokud půda neobsahuje více než 70 % prachu a práškového písku, lze k určení použít matematický vztah podle vzorce:

$$100K = 2,1M^{1,410-4(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)} \quad (3.5)$$

Kde:

$$M = (\% \text{ prachu} + \% \text{ práškového písku}) * (100 - \% \text{ jílu})$$

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

V této práci byla použita metoda určování K faktoru z 2. a 3. čísla kódu BPEJ. Takto získané hodnoty jsou považovány pouze jako přibližné, ale plně dostačující pro výpočet erozního smyvu.

3.2.1.3. Topografický faktor LS

Faktor délky svahu L a sklonu svahu je možné nahradit tzv. topografickým faktorem. Ten podle metodiky představuje poměr ztráty půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 m se sklonem 9 % [11]. Pro přímé svahy lze faktor vypočítat podle vztahu:

$$LS = l_d^{0,5} * (0,0138 + 0,0097s + 0,00138s^2) \quad (3.6)$$

Kde:

l_d nepřerušená délka svahu
 s sklon svahu [%]

Oba dílčí faktory lze vypočítat také samostatně:

Faktor délky svahu L

$$L = \left(\frac{l_d}{22,13} \right)^\alpha \quad (3.7)$$

Kde:

l_d nepřerušená délka svahu
 α exponent zahrnující vliv sklonu svahu, viz tab.11

Tab.11 Vliv sklonu svahu

sklon [%]	5	3 - 5	1 - 3	1
p	0,5	0,4	0,3	0,2

Faktor sklonu svahu S

$$S = \frac{0,43 + 0,30s + 0,043s^2}{6,613} \quad (3.8)$$

Kde:

s sklon svahu [%]

Výše zmíněné vzorce platí u přímých svahů. Přírodní svahy jsou ale většinou nepravidelné a jsou často složeny z několika částí o různých sklonech. K dosažení dostatečně přesných výsledků je proto nutné rozdělit svah na nejméně 3 části a na každé z nich určit dílčí S faktor.

Pro výpočet LS faktoru v řešeném území byl použit program USLE 2D.

3.2.1.4.Faktor ochranného vlivu vegetace C

Ochranný vliv vegetačního pokryvu se projevuje dvěma způsoby. První funkcí je přímá ochrana půdy před destruktivním působením dopadajících kapek a zmenšení povrchového odtoku. Druhým způsobem je změna vlastností samotné půdy, dochází především ke změně pórovitosti a propustnosti vlivem kořenového systému.

Velikost ochranného vlivu záleží na druhu plodiny a je přímo úměrná hustotě porostu a pokryvnosti. Další vlastností je také období, kdy plodina dosahuje největšího rozvoje hustoty porostu. Mezi rostliny s nejlepší ochranou patří travní porosty a píce. Naopak mezi plodiny s nedostatečnou ochranou patří širokořádkové plodiny, jako je kukuřice, slunečnice, okopaniny nebo ovocné sady.

Jak je výše zmíněno, velikost ochranného vlivu závisí také na období vývoje plodiny. Podle metodiky[11] je pěstební fáze rozdělena na 5 období:

- 1.období podmítky a hrubé brázdy
- 2.období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo zasazení
- 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

Velikost C faktoru pro ornou půdu v řešeném území byl přiřazován podle klimatického regionu, vycházejícího z kódu BPEJ, a druhu kultury z dat LPIS.

Tab.12 Hodnoty C faktoru podle klimatického regionu

Klimatický region	C faktor	
	orná půda	zemědělská půda
0	0,291	0,307
1	0,278	0,286
2	0,266	0,264
3	0,254	0,243
4	0,241	0,221
5	0,229	0,199
6	0,216	0,178
7	0,204	0,156
8	0,192	0,135
9	0,179	0,11

3.2.1.5.Faktor protierozních opatření P

V řešeném území dosud nebyla realizována žádná protierozní opatření.

3.2.2. Metoda čísel odtokových čísel CN

Metoda čísel odtokových křivek CN patří mezi nepoužívanější metody k popisu srážkoodtokového procesu. Model je použitelný pro území v řádu km čtverečných a je tak použitelný pro studii odtokových procesů v řešeném území.

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a část povrchu hypodermického. Podíly těchto dvou odtoků se oceňují právě pomocí čísel odtokových křivek – CN. K hypodermickému odtoku, podílejícímu se na přímém odtoku, dochází tehdy, když do půdy infiltrovaná voda stéká po mělce uložené, málo propustné vrstvě a vyvěrá opět na povrch. Na rozdíl od základního odtoku, na jehož tvorbě se podílí voda, která infiltruje až k hladině podzemní vody a vtéká do koryt toků. Tento základní odtok se objevuje zřídka natolik brzo po přívalem dešti, aby měl vliv na velikost povodňové vlny z přívalu. CN je tedy současně i ukazatelem pravděpodobnosti typu odtoku. Čím větší CN, tím je pravděpodobnější, že se přímý odtok týká povrchového odtoku [12].

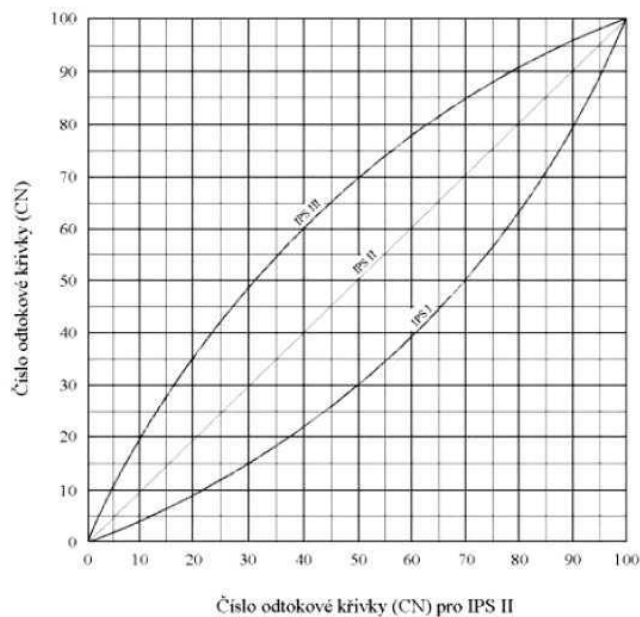
Čísla odtokových křivek se tabelují podle:

a) hydrologické vlastností půd: podle minimální rychlosti infiltrace vody do půdy bez pokryvu se půdy dělí do skupin A, B, C a D (Tab.13).

Tab.13 HSP

Skupina	Charakteristika
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ($> 0,12$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné štěrky a písky
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace (0,06-0,12 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitopísčité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace (0,02-0,06 mm/min) při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovitohlinité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ($< 0,02$ mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnatostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím

b) vlhkosti půdy určované na základě 5denního úhrnu předcházejících srážek, resp. indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních: IPS I: obsah vody v půdě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání; IPS II: návrhové účely; IPS III: půda je přesycena předcházejícími dešti.



Obr.16 Vliv obsahu vody v půdě na změně čísla odtokové křivky

c) využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření. Obecně lze říct, že hydrologické poměry jsou závislé na hustotě porostu a množství posklizňových zbytků, jež zvětšují drsnost povrchu.

3.2.3. GIS nástroje

Výpočet jak erozního smyvu a tak odtokových poměrů byl prováděn s využitím geografických informačních systémů. Základem tvorby analýz je vytvoření digitálního modelu terénu, který tvoří zdroj údajů o geomorfologické charakteristice. K jeho vytvoření bylo použito prostředí programu ArcGIS.

Prostředí ArcGIS s využitím nástavby Spatial Analyst a s využitím programu USLE 2D dále sloužilo k výpočtu erozního smyvu. K vyhodnocení odtokových charakteristik byla použita metoda čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DesQ.

Dále byl použit nástroj Atlas DMT, který sloužil k návrhu protierozních průlehů a příkopů.

Zdrojová data

Mezi hlavní zdrojová data patří vektorové mapy popisující základní charakteristiky řešeného území. Z výše popsaného jsou potřebné vrstvy o pedologických, vegetačních, hydrologických a geomorfologických poměrech v území. Tyto vrstvy slouží přímo k výpočtu. K nim lze dále přičíst doplňující data zjednodušující práci při výpočtech. Mezi ně patří hlavně ortofotomapy.

Hlavní zdrojová data

Základní vodohospodářská mapa

Data: informace o povodích 4. řádu, vodní toky, nádrže, záplavová území

Zdroj: VÚV

Bonitované půdně ekologické jednotky

Data: kód BPEJ

Zdroj: VÚMOP

Registr produkčních bloků (LPIS)

Data: využití území

Zdroj: Ministerstvo zemědělství

Výškopis

Data: vrstevnice

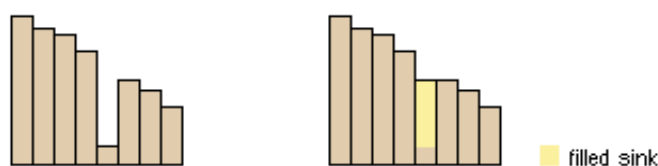
Zdroj: ČÚZK

3.2.3.1. ArcGIS

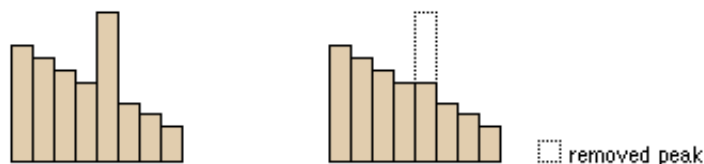
Prostředí ArcGIS slouží jak ke zpracování zdrojových dat tak k tvorbě většiny analýz. Jeho hlavní náplní je tvorba map, a to jak vektorových tak rastrových. Mapy lze dále exportovat do různých formátů, např. CAD nebo textové soubory.

Tvorba DMT

Jedná se o rastrovou mapu vytvořenou zpracováním zdrojových dat. K jeho vytvoření byl použit nástroj Topo to raster z nástavby Spatial Analyst. Takto vzniklý základní DMT byl kvůli možným chybám (viz obr.17 a 18) tzv. vyhlazen pomocí nástroje Fill. Velikost gridu byla 5x5 metru.



Obr.17 Profil znázorňující pokles před a po provedení nástroje Fill.[13]



Obr.18 Profil znázorňující vrchol před a po provedení nástroje Fill.[13]

Hydrologické charakteristiky

Mezi základní hydrologické analýzy vytvořené programem ArcGIS patří zjištění jak kvalitativních tak kvantitativních charakteristik. Mezi tyto rozборы patří zjištění směru odtoku, akumulace odtoku a dále vytvoření mapy čísel odtokových křivek CN.

Směry odtoků

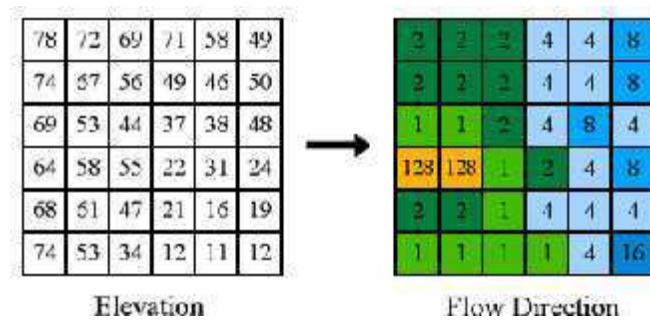
Pro vytvoření mapy se směrem odtoku, slouží nástroj Flow Direction. K určení směru, jakým odtok opustí gridovou buňku, lze využít dvou možností. Buď předpokládají 4 (stranová souvislost pixelů) nebo 8 (stranová a diagonální souvislost pixelů) možnosti odtoku. V současné době se používá varianta s 8 možnostmi odtoku tak, aby byly shodné s orientací světových stran.[14]. Program ArcGIS přiřazuje těmto směrům čísla od 1 do 128 (obr.19). Směr odtoku z jednotlivých gridových buněk se určí tak, že se ze sousedních buněk vybere buňka s maximálním poklesem. K výpočtu tohoto poklesu slouží vztah:

$$\text{Maximální pokles} = \text{rozdíl výškových souřadnic} / \text{vzdálenost} \quad (3.9)$$



Obr.19 Kódy směrů odtoku[13]

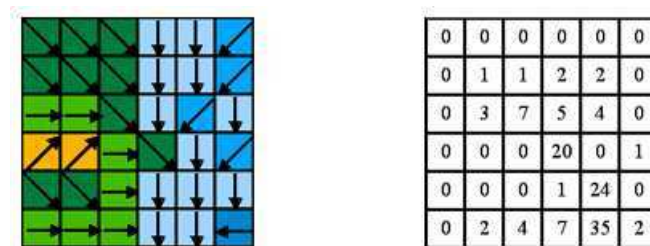
Př.: Jestliže velikost buňky je 1, je vzdálenost mezi ortogonálními buňkami rovna 1 a mezi diagonálními buňkami rovna 1,41. Výpočtem podle vztahu (3.9), pak zjistíme směr odtoku na právě řešené buňce.



Obr.20 Příklad směru odtoků v DMT [13]

Akumulace odtoku

K tvorbě mapy s akumulací odtoku slouží nástroj Flow Accumulation, jenž je součástí nastavyby Spatial Analyst. Zdrojem dat k jejímu vytvoření slouží mapa se směry odtoků. Výpočet je založen na postupném načítání všech buněk, jejichž směr odtoku ústí do právě počítané buňky. Buňky, u nichž hodnota akumulace dosahuje mnohem vyšších hodnot než sousední buňky, tvoří plochy akumulace odtoku. Buňky, do nichž neústí žádná další gridová buňka a mají tak hodnotu akumulace 0, tvoří hřbety terénu. Výpočet je založen na předpokladu, že se spadlé srážky přemění pouze na povrchový odtok, hydraulické a hydrologické ztráty se neuvažují.



Obr.21 Příklad postupného načítání akumulace [13].

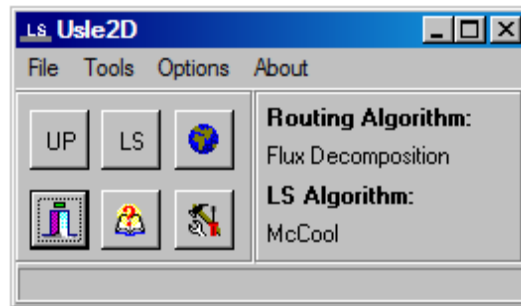
Mapa čísel odtokových křivek CN

Pro výpočet odtokových charakteristik v programu DesQ-MaxQ je potřeba znát rozložení jednotlivých čísel CN v řešeném území. Čísla CN jsou odvozena z dat o kultuře, jež jsou obsažena ve vrstvě LPIS, a pedologických poměrech popsanych ve vrstvě BPEJ. Program ArcGIS umožňuje tyto vrstvy sloučit pomocí nástroje Unity. Tím je vytvořena polygonová vrstva, kde lze ke každé ploše přidat jedinečné číslo CN.

3.2.3.2.USLE 2D

Program USLE 2D slouží k tvorbě mapy topografického faktoru LS. Zdrojová data jsou tvořena digitálním modelem terénu a gridovou vrstvou parcel. Vrstva Parcel dělí území na jednotlivé plochy. Tím dochází ke zmenšení délky odtoku, což se následně projeví ve faktoru délky svahu L.

Program umožňuje výběr z několika možností výpočtu. Výpočet byl prováděn v kombinaci algoritmu „Flux Decomposition“ pro odtokovou dráhu a LS algoritmu McCool.



Obr.22 Program USLE 2D

Výpočetní model USLE 2D

Podle [15] platí pro nepravidelné svahy výpočet faktoru LS podle vztahu:

$$LS = \sum_{i=1}^n \frac{S_j * \lambda_j^{m+1} - S_j * \lambda_{j-1}^{m+1}}{(\lambda_j - \lambda_{j-1}) * (22,13)^m} \quad (3.10)$$

Kde:

S_j faktor S pro j-tý element [m/m]

λ_j vzdálenost od spodní hranice j-tého elementu k horní hranici [m]

Pro třírozměrné prostředí se vzorec mění na:

$$LS = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{S(i, j) * \lambda(i, j)_{outlet}^{m+1} - S(i, j) * \lambda(i, j)_{inlet}^{m+1}}{(\lambda(i, j)_{outlet} - \lambda(i, j)_{inlet}) * (22,13)^m} \quad (3.11)$$

Kde:

LS topografický faktor

Σ suma pro všechny gridové buňky

$\lambda(i, j)_{inlet}$ délka svahu ke vtoku na gridovou buňku (i, j)

$\lambda(i, j)_{outlet}$ délka svahu k odtoku z gridové buňky (i, j)

S(i, j) S faktor pro gridovou buňku

m exponent délky svahu

Pro 2D aplikace, musíme specifikovat délku svahu na jednotku zdrojové plochy. Jednotka zdrojové plochy může být definována jako zdrojová plocha na jednotku šířky. Když počítáme jednotku zdrojové plochy musíme rozdělit zdrojovou plochu na šířku přes kterou odtok vniká na gridovou buňku. Tato šířka závisí na flow direction a je počítána s využitím aspect direction [16]. Z toho vychází:

$$\lambda_{(i,j)\text{inlet}}=A_{s,\text{in}}=A_{\text{in}}/D' \text{ en } \lambda_{(i,j)\text{outlet}}=A_{s,\text{out}}=A_{\text{out}}/D' \quad (3.12)$$

Kde:

$A_{s,\text{in}}$	jednotka zdrojové plochy na vtoku do gridové buňky
$A_{s,\text{out}}$	jednotka zdrojové plochy na odtoku z gridové buňky
D'	šířka buňky gridu přes kterou odtok- flow prochází

Ve spojení s rovnicí (3.12):

$$A_{\text{out}}=A_{\text{in}}+D'^2 \quad D'=D/x \quad (3.13)$$

Kde:

D	velikost gridu
x	korekční faktor

$$L(i, j) = \frac{x}{x^m + 1} * \frac{D}{D^{m+1}} * \frac{(A_{\text{in}} + D^2)^{m+1} - A_{\text{in}}^{m+1}}{(A_{\text{in}} + D^2 - A_{\text{in}}) * (22,13)^m} \quad (3.14)$$

$$L(i, j) = \frac{(A(i, j) + D^2)^{m+1} - A(i, j)^{m+1}}{x^m * D^{m+2} * (22,13)^m} \quad (3.15)$$

Program USLE 2D nabízí 4 možnosti pro výpočet LS algoritmu:

1. Wischmeier, Smith [11]:

$$S(i,j)=65,41*\sin^2 \Theta_{i,j}+4,56*\sin \Theta_{i,j}+0,065 \quad (3.16)$$

podle velikosti $\Theta_{i,j}$ má exponent m z rovnice (3.15) velikost:

0,5	$\Theta_{i,j} \geq 0,05$
0,4	$0,035 \leq \Theta_{i,j} \leq 0,05$
0,3	$0,01 \leq \Theta_{i,j} \leq 0,035$
0,2	$\Theta_{i,j} \leq 0,01$

2.McCool [17]:

$$S(i,j)=10,8*\sin\Theta_{i,j} + 0,03 \quad \Theta_{i,j} \leq 9 \% \quad (3.17)$$

$$S(i,j)=16,8*\sin\Theta_{i,j}-0,5 \quad \Theta_{i,j} >9 \% \quad (3.18)$$

exponent m z rovnice (3.15) má pak tvar:

$$m=(\beta/\beta+1) \quad (3.19)$$

Kde:

$$\beta=(\sin s/0,0896)/(3,0*(\sin s)^{0,8} + 0,52)$$

Pokud je vyšetřovaná plocha v důsledku místních podmínek výrazně náchylná k tvorbě rýžkové eroze, je třeba pro exponent m použít hodnotu 2.0 (nejvyšší hodnota podílu rýžové k mezirýžové) [17]. Tyto podmínky se převážně vyskytují na strmých svazích využívaných k obhospodařování. V případě, že se na pozemku vyskytuje převážně plošná mezirýžová eroze, m je počítán násobením hodnoty β x 0,5 (nejnižší hodnota podílu rýžové eroze k mezirýžové), tyto hodnoty se použijí rovněž pro neobdělávané, nevyužívané půdy.

Pro svahy kratší než 4 metry platí:

$$S(i,j)=3,0*(\sin \Theta_{i,j})^{0,8} + 0,56 \quad (3.20)$$

3.Govers [18]:

$$S(i,j)=(\tan \Theta_{i,j}/0,09)^{1,45} \quad (3.21)$$

Pro exponent m navrhuje hodnotu 0,755

4.Nearing:

$$S = -1,5 + \frac{17}{1 + e^{2,3-6,1 \sin(\theta)}} \quad (3.22)$$

3.2.3.3. Metoda CN v modifikaci DesQ-MaxQ

Pro návrh opatření omezujících vodní erozi jsou základním hydrologickým podkladem maximální N-leté průtoky Q_N , vyvolané na svazích a povodích drobných vodních toků převážně přívalovými dešti.

Průtoky Q_N ovlivňují jednak příčinné srážky a dále celková charakteristika povodí do níž patří především:

- geometrické charakteristiky
- sklonitostní poměry
- geologické a půdní poměry
- využití pozemků

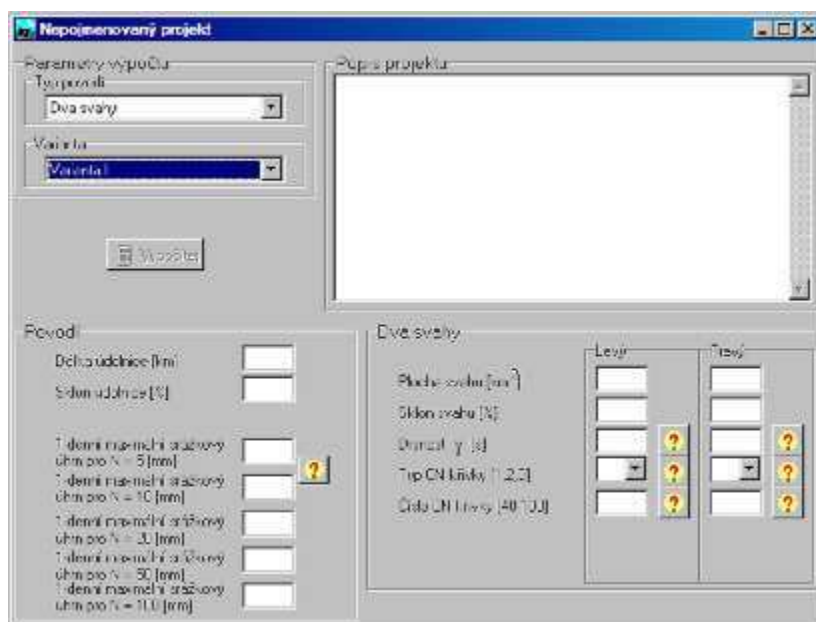
- vegetační kryt
- způsoby obhospodařování
- systémy protierozní ochrany

Podle normy ČSN 751400 je výpočet čísel odtokových křivek v nepozorovaných profilech založen na zpracování hydrologických údajů ze srážkoměrných stanic. Povodí přiřazená k těmto stanicím ale většinou řádově větší (někdy až o 3 řády), než běžná zájmová území se zemědělským nebo lesním obhospodařováním. Tento problém není ve výše zmíněné normy dostatečně ošetřen.

Proto se pro výpočet v nepozorovaných profilech malých povodí jako mnohem vhodnější jeví využití výpočtových schémat a hydrologických modelů vycházejících ze specifické charakteristiky malého povodí. Jedním z nejpoužívanějších modelů, které jsou využívány pro tyto účely, patří model DesQ-MaxQ.

Tento model slouží pro výpočet návrhových průtoků Q_N , vyvolaných přívalovými dešti, kritické doby trvání a příslušné intenzity i výpočet maximálních průtoků Q_{MAX} , vyvolaných přívalovými dešti zvolené doby trvání a intenzity. Model umožňuje při zvolených scénářích výpočtu zohlednit vliv změny charakteristik povodí na hodnoty maximálních průtoků, což je potřebné např. při posuzování účinnosti navrhovaných opatření v povodí (změna způsobu využívání pozemků v povodí, protierozních opatření apod.).

Charakteristika modelu



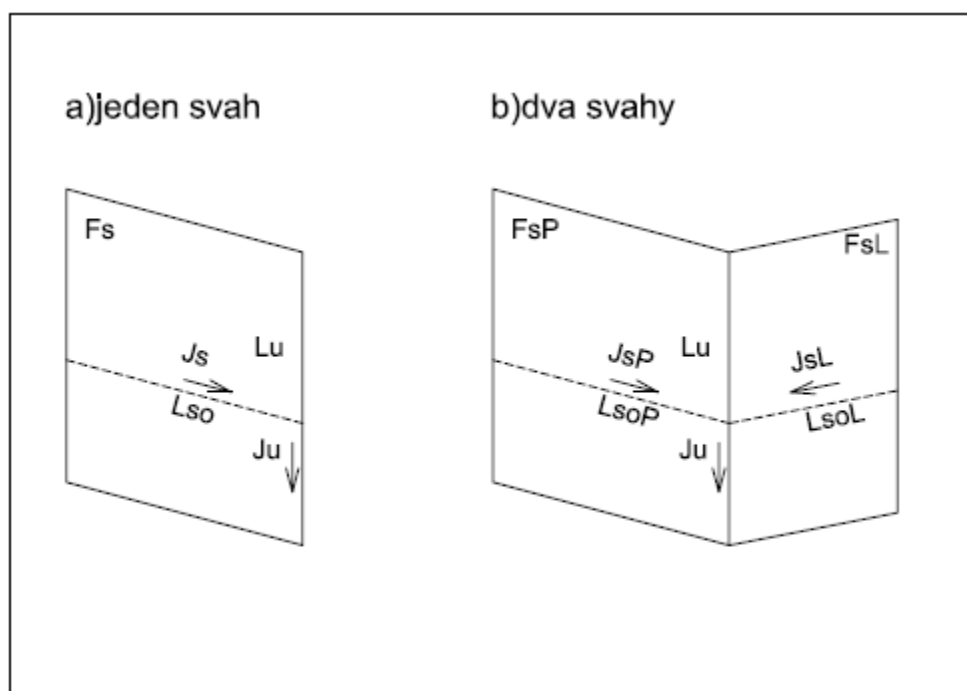
Obr.23 Okno programu DesQ-MaxQ

Model slouží k výpočtu:

- maximální N-letý průtok (návrhový), vyvolaný deštěm kritické doby trvání
- maximální N-letý průtok, vyvolaný deštěm zvolené doby trvání a příslušné náhradní intenzity
- maximální průtok, vyvolaný deštěm zvolené doby trvání a intenzity
- výpočtový objem a tvar povodňové vlny
- N-letý objem a tvar povodňové vlny,vyvolaný maximálním N-letým jednodenním srážkovým úhrnem
- vliv změny charakteristiky povodí na maximální průtok (zohlednění agrotechnických a technických opatření v povodí,urbanizace apod.).

Tab.14 Výpočtové programy

WDS Q1	výpočtový program pro povodí,jehož geometrickou konfiguraci lze schematicky vyjádřit jednou odtokovou plochou-samostatný svah
WDS Q2	výpočtový program pro povodí,jehož geometrickou konfiguraci lze schematicky vyjádřit dvěma odtokovými-modelové povodí s údolnicí



Obr.24 Výpočtové programy

3.2.3.4. Atlas DMT

Hlavním účelem programu Atlas DMT je tvorba,upravování digitálních modelů terénu (DMT) a vytváření grafických výstupů nad nimi. Jeho použití je však širší. V programu pracujeme s grafickými dokumenty (výkresy) obsahujícími vektorovou i rastrovou kresbu. Základním stavebním prvkem dokumentu je objekt, který nese grafickou informaci. Některé typy objektů mohou obsahovat i negrafické informace. Objekty lze přitom v jednom dokumentu rozmístit na několik

listů.[19]

Programový produkt TOKY řeší problematiku propojení situace, podélných a příčných profilů pro řešení úprav a údržby vodních toků, zakreslení hladin n-letých povodní, návrhy rybníků. Nyní je možné využít i výhodu tvorby řezů on line 3D ploch DMT (digitálním modelem terénu). Tato nadstavba umožňuje racionálně a efektivně přenášet výsledky ze situace do obou typů řezů i mezi řezy navzájem. V praxi to znamená, že ze zadané hladiny několika charakteristickými body v podélném profilu se tyto výšky dle staniční mohou automaticky promítnout do příčných řezů, kde se tato skutečnost projeví vykreslením hladiny včetně jejího výškového okótování. Obdobná vazba platí pro čáru nivelety nového stavu dna koryta, resp. hráze rybníka. Po zadání tvaru NS (nového stavu) v příčných řezech lze vypočítat objemy a plochy potřebné k vytvoření výkazu výměr pro tvorbu rozpočtu. Vazba na situaci je prozatím řešena formou importu a exportu. Body řezů se standardně načítají ve 3 souřadnicích Y, X, Z (geodetické zaměření) a tudíž lze výsledky exportovat také ve 3 souřadnicích (např. průřezy vodních hladin v příčných řezech pro n-leté průtoky). Pro jednoduché vykreslení řezů lze využít i zadání 2D, tj. Staničení a Z, ale pak je potřeba vazbu na situaci vyřešit jinak[19].

3.2.4. Protierozní opatření

Smyslem prvků protierozní ochrany je ovlivnit hlavní složky, které vstupují do odtokového procesu v povodí. Cílem je změna vodního režimu tak, aby povrchový odtok byl co nejvíce přeměněn na podpovrchový. Další možností je zpomalení odtoku takovým způsobem, aby při kulminačním průtoku nedocházelo k vodnímu smyvu.

Ke splnění tohoto úsilí lze dosáhnout těmito způsoby:

- ♣ zvýšení infiltračních schopností půdy: prostředkem k tomu je změna využití pozemků, čímž dojde ke změně struktury povrchových půdních horizontů. Na pozemcích s ornou půdou dochází k pravidelnému zhutňování (válcování apod.), tím je povrch tzv. uzavřen, čímž se změní vsakovací schopnosti půdy. Mezi základní opatření, jak tomuto předcházet je změna orné půdy na TTP nebo lesní kultury. Další možnostmi jsou speciální meliorační postupy, při kterých dochází ke změně samotných vlastností půdy.
- ♣ převod povrchového odtoku na podzemní: tradičním způsobem je návrh drenážních systémů
- ♣ zvýšení povrchové akumulace: tento způsob je aplikován spíše na vodních tocích, jedná se o návrh různých nádrží nebo úprav koryt. Z hlediska PEO sem patří návrh tzv. suchých nádrží v profilech soustředěného odtoku.

Výše zmíněné způsoby jsou součástí organizačních případně agrotechnických opatření. Ve velké části případů je ale dosah těchto opatření na změnu vodního režimu nedostatečný. Proto je nutno přistoupit k návrhu technických opatření. Jejich filozofií je rozdělení povrchu menší úseky (meze, průlehy apod.). Dále se tyto prvky zaměřují na dráhy soustředěného odtoku. Jedná se buď o úpravu této dráhy (např. stabilizace) nebo návrh nových tras (např. svodné příkopy).

Vzhledem k velkému množství protierozních opatření, budou dále rozepsány pouze prvky PEO, které byly navrženy v rámci této práce.

Záchytné průlehy (ZP)

Průlehy jsou mělké příkopy s malými sklony svahů. Voda zachycená v těchto prvcích je buď odváděna nebo vsakována. Vsakovací průlehy tak mohou mít nulový podélný sklon.

Základní parametry:

- min hloubka 30 cm
- max hloubka 100 cm
- sklon 0-3 %
- min šířka 30 cm
- max délka 600 m
- sklon svahu 1:10 až 1:5

V rámci této práce byly navrženy vsakovací průlehy se sklonem svahů 1:5 a šířkou dna 30 cm.

Svodné příkopy (SP)

Slouží k odvádění vody ze záchytných průlehů. Protože většinou kopírují povrch a mají tak velký podélný sklon, musí být jejich svahy opevněny.

Základní parametry:

- max hloubka 100 cm
- min hloubka 40 cm
- sklon podle terénu
- max délka 800 m
- sklony svahů 1:1,5 až 1:2

V této práci byly navrženy svodné příkopy se šířkou dna 60 cm a sklony svahů 1:2.

Stabilizace drah soustředěného odtoku (SDSO)

Cílem stabilizace je odvést povrchový odtok vzniklý morfologickým tvarováním krajiny. Tyto prvky mají charakter průlehů s vegetačním krytem, který chrání dráhu při jarních přívalových

deštích. V rámci této práce byly prvky SDSO pojaty jako liniové trvalé travní porosty.

Zasakovací pásy

Principem této ochrany je rozdělení velkých ploch pomocí ochranných pásů. Tyto pásy pak slouží ke vsakování přitéklé vody z chráněných ploch. Návrh vychází ze sklonu, tvaru pozemku a typu chráněné plodiny.

V rámci této práce byl na jednom bloku LPIS navržen systém ochranných pásů. Vliv tohoto opatření se na tomto bloku projevil snížením faktoru P na 0,9.

Trvalé travní porosty (TTP)

Trvalé zatravnění se obvykle navrhuje v místech velkých sklonů. Může se jednat buď o samostatné pozemky nebo liniové prvky.

Tyto prvky se navrhují obvykle tam kde:

- sklony přesahují 20 %
- se vyskytují mělké půdy (do 30 cm) na svazích se sklonem 10-20%
- zamokřené půdy

Vyloučení erozně ohrožených plodin (VENP)

Toto opatření patří mezi základní organizační opatření. Smyslem je určení ploch na kterých bude vyloučeno pěstování širokořádkových plodin.

V rámci této práce byly plochy s aplikací VENP navrženy na svazích, které se svažují směrem do intravilánu.

4. Výsledky

4.1. Rozbor erozních poměrů po navržení PEO

Rozbor erozního smyvu byl zpracován před a po navržení protierozních opatření. Rozbor byl proveden pomocí dvou způsobů. První způsob pracuje s absolutními čísly průměrného erozního smyvu. Druhá kategorizace hodnotí erozní smyv podle tzv. stupňů erozní ohroženosti půd. Erozní smyv byl počítán s faktorem erozní účinnosti deště $R=45$

4.1.1. Průměrný erozní smyv a suma erozního smyvu

Statistika byla provedena jak pro celé katastrální území tak pro 28 vybraných bloků LPIS. Při výběru bloků byl brán ohled na velikost bloků.

Tab.15 Erozní smyv pro celé řešené území po navržení PEO

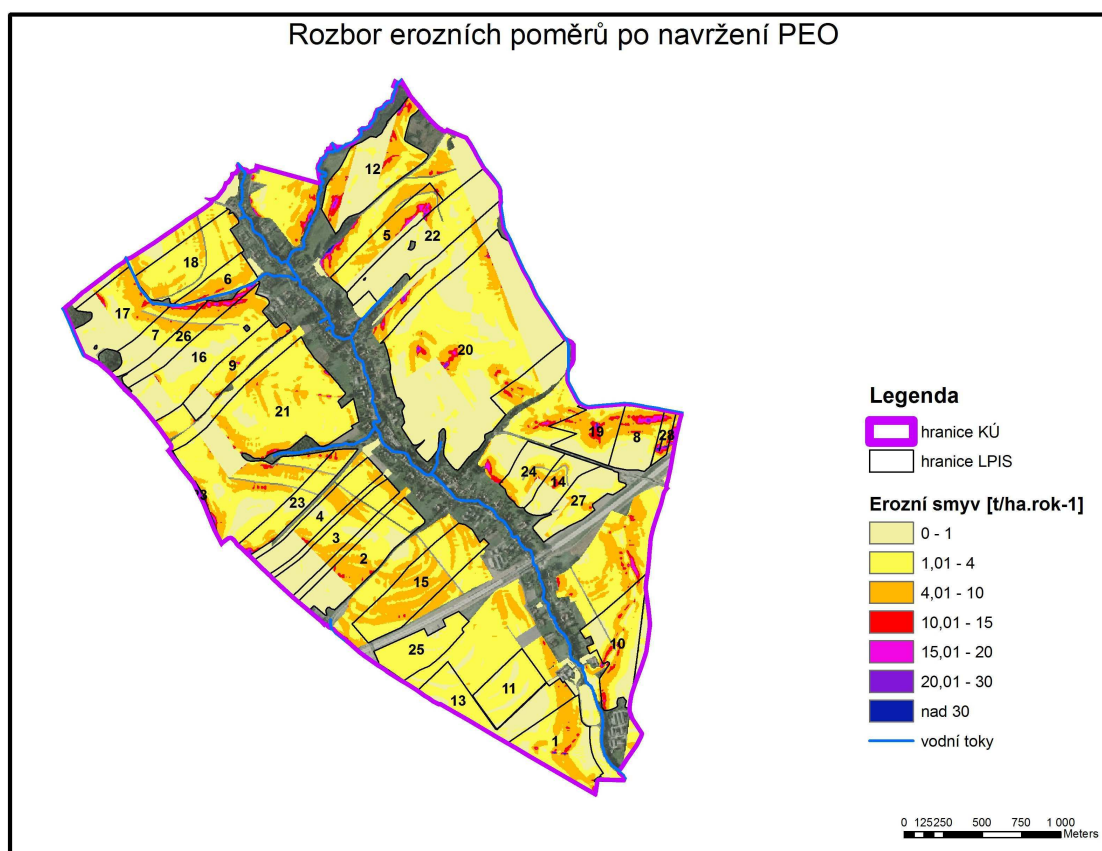
KÚ	Plocha [km ²]	Průměrný erozní smyv [t/ha.rok ⁻¹]	Suma erozního smyvu [t/rok]
Kujavy	9,58	2,8	2027

Tab.16 Výměry jednotlivých kategorií erozního smyvu po navržení PEO

KÚ	0-1 [t/ha.rok]	1-4 [t/ha.rok]	4-10 [t/ha.rok]	10-15 [t/ha.rok]	15-20 [t/ha.rok]	20-30 [t/ha.rok]	nad 30 [t/ha.rok]
	[km2]	[km2]	[km2]	[km2]	[km2]	[km2]	[km2]
Kujavy	2,24	3,4	1,52	0,14	0,03	0,01	0

Tab.17 Erozní smyv na vybraných blocích LPIS po navržení PEO

LPIS	POČET BUNĚK	PLOCHA (m2)	MIN (t/ha)	MAX (t/ha)	ROZPTYL	PRŮMĚR	Standartní odchyška	SUMA (t)	Eroze G/LPIS
1	7590	189750	0,1	50,4	50,3	3,6	3,2	27648,2	69,1
2	7194	179850	0,0	13,5	13,5	2,6	2,6	18962,4	47,4
3	5382	134550	0,0	9,7	9,7	2,4	2,2	12726,3	31,8
4	5239	130975	0,0	12,1	12,1	2,3	2,2	12273,0	30,7
5	4784	119600	0,0	22,6	22,6	4,8	3,9	22886,1	57,2
6	2603	65075	0,7	15,5	14,8	4,6	2,1	12082,8	30,2
7	3519	87975	0,0	21,2	21,2	3,1	3,7	11049,6	27,6
8	4284	107100	0,1	23,6	23,5	4,0	4,7	17055,4	42,6
9	4519	112975	0,0	17,8	17,8	2,6	2,1	11764,9	29,4
10	7297	182425	0,1	35,4	35,3	3,3	3,1	23847,0	59,6
11	4639	115975	0,2	3,5	3,3	1,3	0,5	6095,7	15,2
12	9614	240350	0,0	41,9	41,9	3,5	4,0	33643,2	84,1
13	6522	163050	0,2	10,7	10,5	1,7	1,7	11285,4	27,3
14	2848	71200	0,0	16,2	16,2	1,8	2,6	5007,2	12,5
15	8823	220575	0,6	11,3	10,7	4,3	1,6	37952,6	94,9
16	9846	246150	0,0	18,0	17,9	2,1	2,2	20412,1	51,0
17	7297	182425	0,0	18,0	18,0	2,3	2,9	17044,3	42,6
18	7476	186900	0,8	13,2	12,4	3,2	1,3	24147,1	60,4
19	4587	114675	0,1	49,2	49,1	4,5	4,1	20751,7	51,9
20	38289	957225	0,0	26,4	26,4	1,5	2,1	58646,4	146,6
21	29636	740900	0,1	37,2	37,2	3,0	2,3	88611,2	221,5
22	10042	251050	0,0	25,7	25,6	1,0	1,4	10066,1	25,2
23	4904	122600	0,2	26,9	26,7	3,2	2,7	15808,6	39,5
24	3440	86000	0,1	19,4	19,3	2,4	2,5	8173,3	20,4
25	4532	113300	0,6	3,8	3,2	1,9	0,6	8477,5	21,2
26	3702	92550	0,0	22,7	22,7	4,3	4,8	15849,0	39,6
27	4370	109250	0,1	11,4	11,4	1,4	1,5	6230,7	15,6
28	1010	25250	0,4	37,7	37,3	7,5	6,0	7594,9	19,0



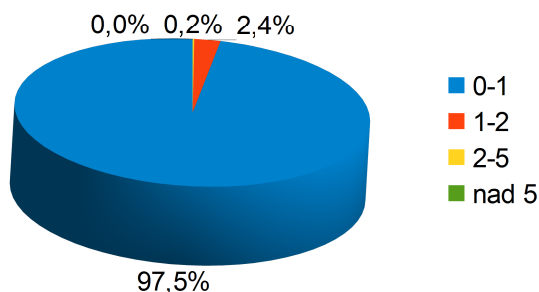
Obr.25 Rozbor erozních poměrů po navržení PEO

4.1.2.SEOP

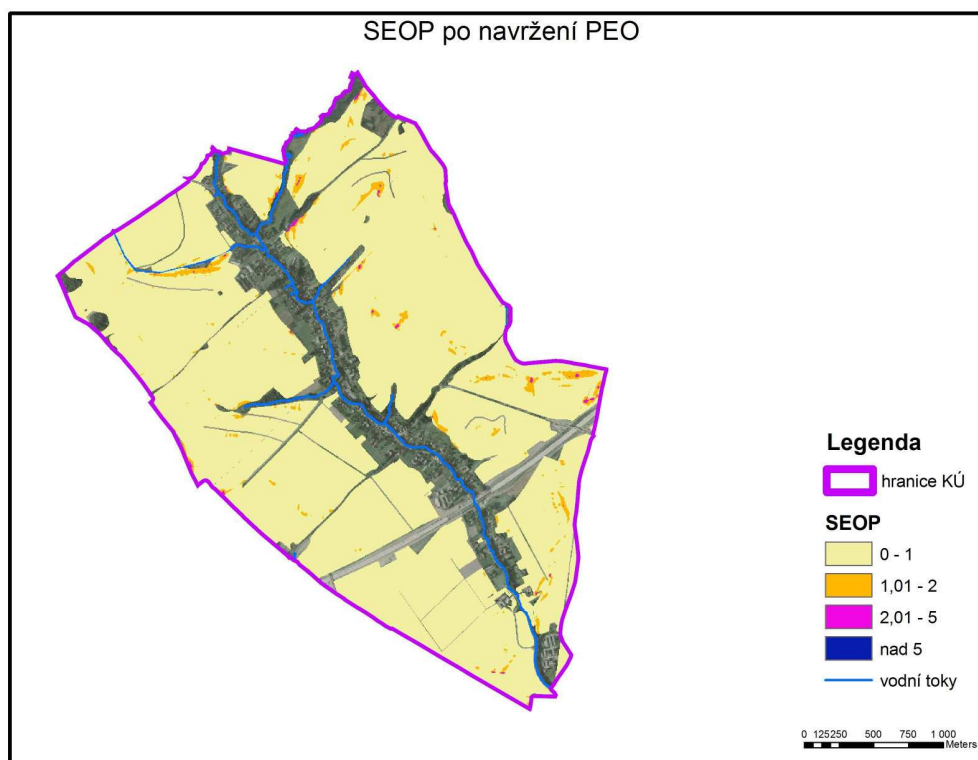
Druhým způsobem je zpracování podle stupňů erozní ohroženosti půdy, kdy je erozní smyv rozříděn podle násobků přípustného smyvu. V řešeném území platí pro přípustný smyv hodnota 10 t/ha.rok⁻¹. Stupně mají hodnotu 1,2 a 5 násobku přípustného smyvu.

Tab.18 Klasifikace SEOP erozního smyvu po navržení PEO

KÚ	Násobky erozního smyvu			
	0-1	1-2	2-5	nad 5
	[km2]	[km2]	[km2]	[km2]
Kujavy	7,16	0,17	0,01	0



Graf 6 Klasifikace SEOP erozního smyvu po navržení PEO



Obr.26 SEOP po navržení PEO

4.2. Rozbor odtokových poměrů po návržení PEO

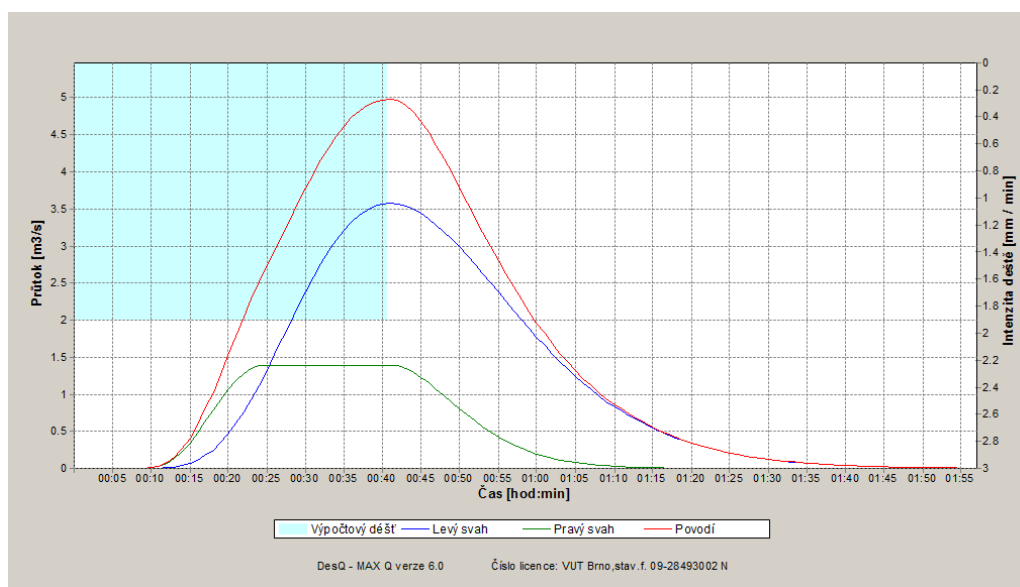
V rámci protierozní ochrany byly v řešeném území navrženy změny druhů pozemků, čímž došlo ke změně čísel CN. V tab.19 jsou uvedeny hodnoty max. průtoků po této změně.

Tab.19 Celkové výsledky odtokových poměrů

Označení KB	Plocha [km ²]	N-leté max. průtoky				
		5 [m ³ /s]	10 [m ³ /s]	20 [m ³ /s]	50 [m ³ /s]	100 [m ³ /s]
1	0,29	0,997	1,61	2,49	3,83	5,03
2	0,68	1,79	2,91	4,44	6,76	8,82
3	0,6	1,12	1,81	2,73	4,06	5,22
4	0,26	0,564	0,916	1,39	2,09	2,71
5	0,52	1,19	1,93	2,92	4,36	5,67
6	0,47	0,64	1,06	1,61	2,43	3,14
7	0,17	0,319	0,521	0,789	1,18	1,52
8	0,51	1,07	1,74	2,65	3,97	5,15

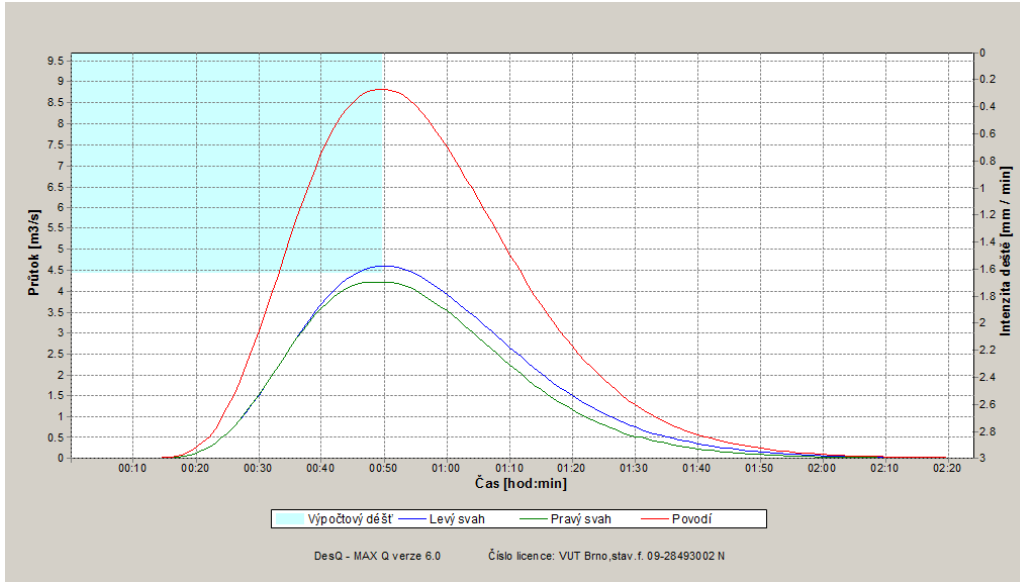
SPKB 1

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,997	1,61	2,49	3,83	5,03	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	4,64	5,9	7,33	9,14	10,4	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	9,56	11,9	14,1	16,6	18,7	[10 ³ .m ³]



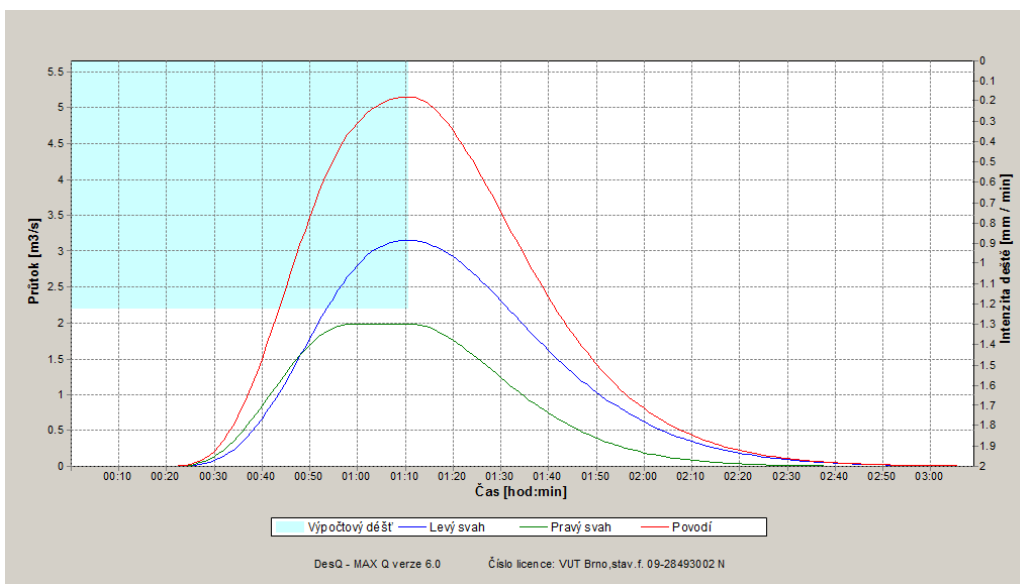
SPKB 2

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	1,79	2,91	4,44	6,76	8,82	[m ³ ·s ⁻¹]
W_{PVT}	9,96	12,3	15,2	19	22	[10 ³ ·m ³]
$W_{PVT,1d}$	19,9	24,9	29,4	34,4	38,5	[10 ³ ·m ³]



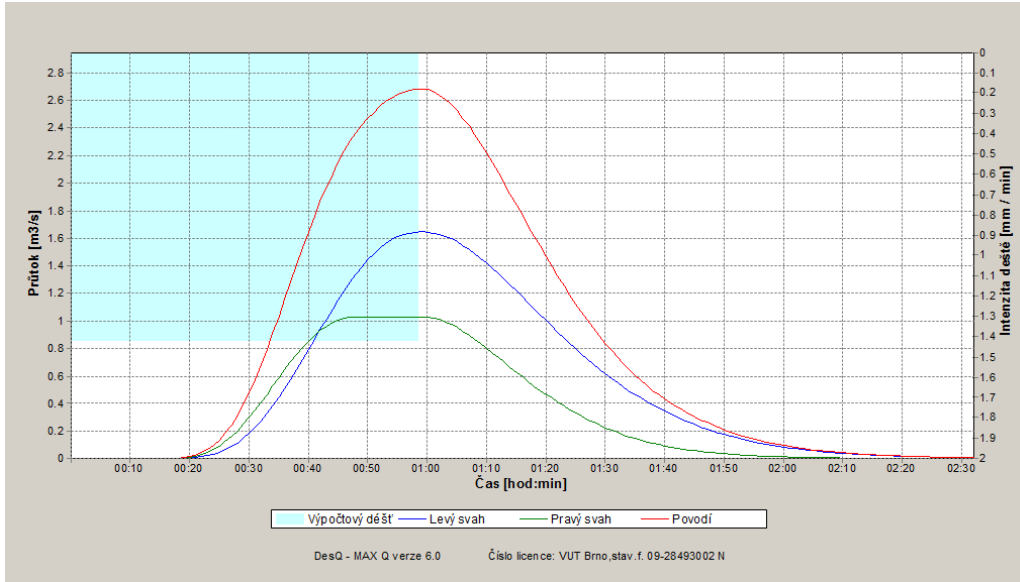
SPKB 3

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	1,12	1,81	2,73	4,06	5,22	[m ³ ·s ⁻¹]
W_{PVT}	7,95	10,1	12,5	15,1	17,3	[10 ³ ·m ³]
$W_{PVT,1d}$	15,1	18,8	22	25,3	28	[10 ³ ·m ³]



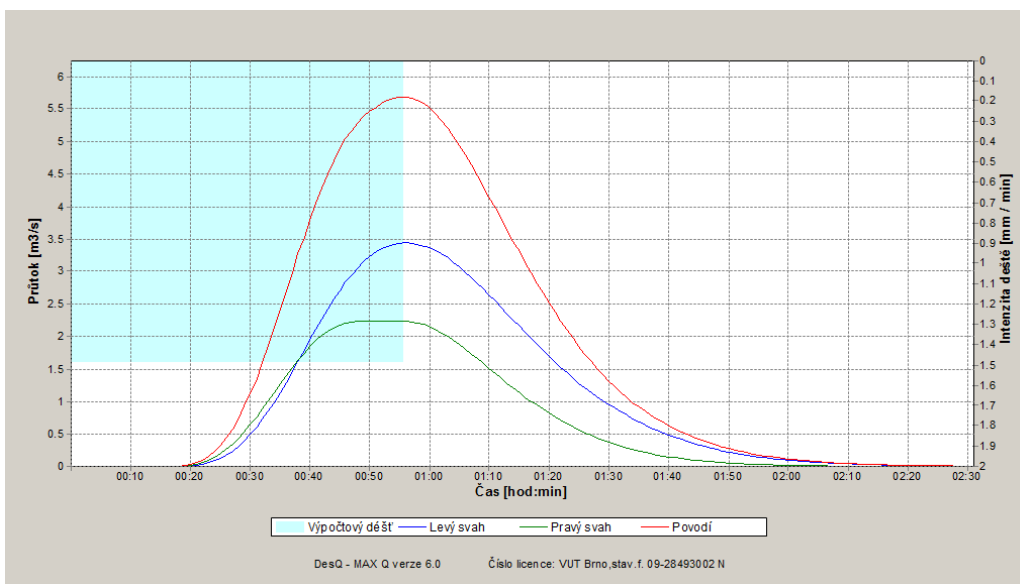
SPKB 4

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,564	0,916	1,39	2,09	2,71	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	3,45	4,39	5,4	6,63	7,56	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	6,8	8,5	10	11,6	12,9	$[10^3 \cdot m^3]$



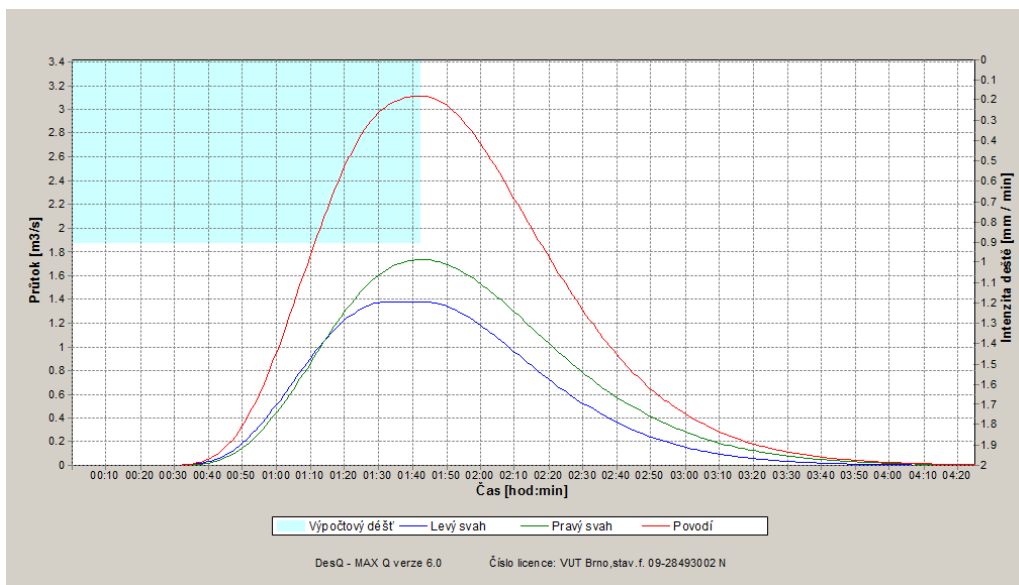
SPKB 5

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	1,19	1,93	2,92	4,36	5,67	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	6,87	8,76	10,8	13,2	15	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	13,8	17,3	20,3	23,5	26,1	$[10^3 \cdot m^3]$



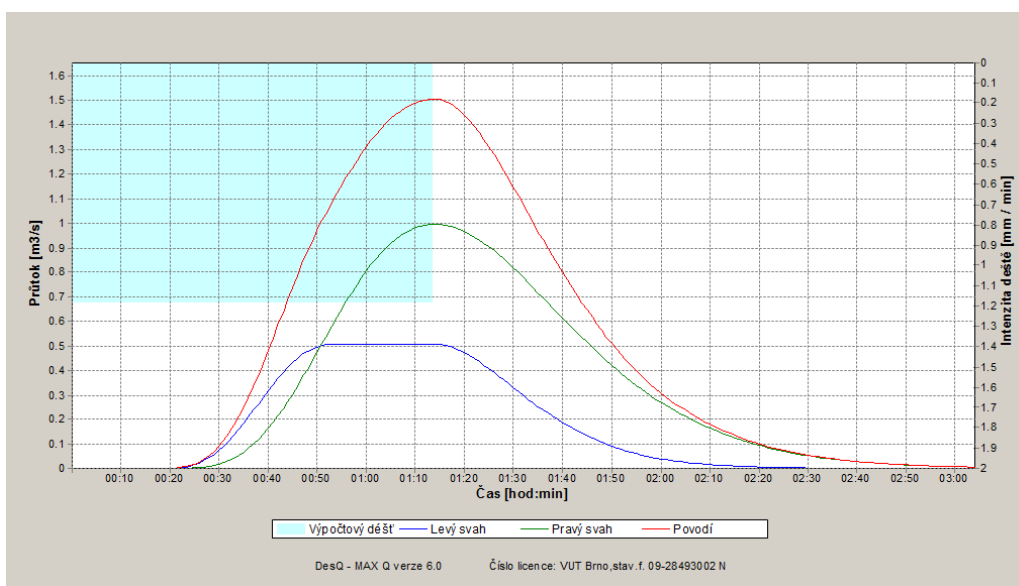
SPKB 6

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,64	1,06	1,61	2,43	3,14	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	6,53	8,38	10,8	13,4	15,3	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	11,6	14,5	17	19,5	21,5	$[10^3 \cdot m^3]$

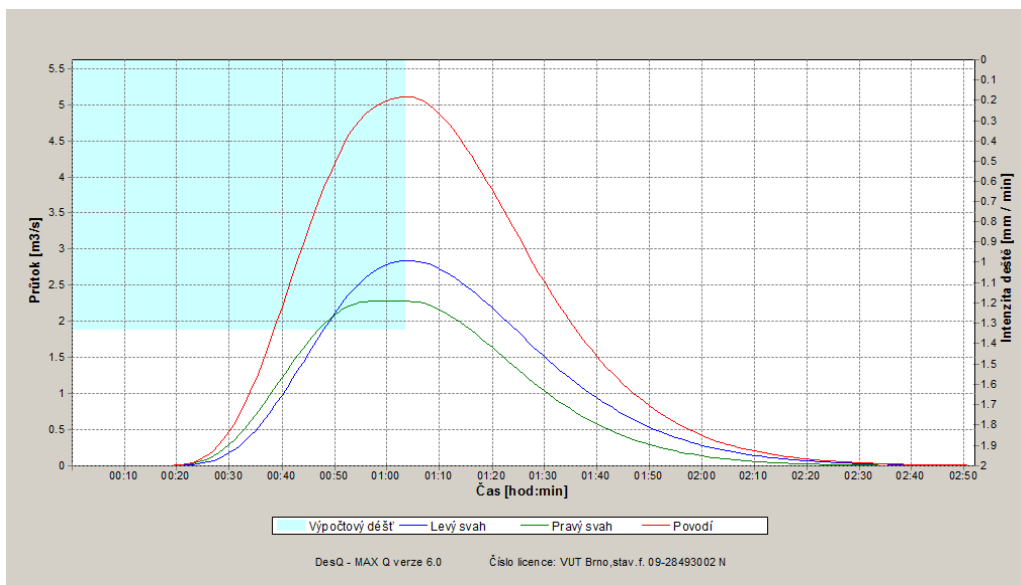


SPKB 7

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,319	0,521	0,789	1,18	1,52	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	2,44	3,12	3,84	4,72	5,35	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	4,51	5,63	6,61	7,61	8,46	$[10^3 \cdot m^3]$



N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	1,07	1,74	2,65	3,97	5,15	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	7,16	9,14	11,3	13,8	15,8	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,1d}$	13,7	17,1	20,1	23,3	26	[10 ³ .m ³]



4.3. Protierozní ochrana

Cílem této práce dále bylo navrhnout protierozní opatření ke snížení erozního smyvu. Byly navrženy jak organizační opatření, tak především opatření technického charakteru, u jednoho bloku LPIS došlo ke změně P faktoru na 0,9. Podrobně jsou všechna opatření popsána v následujících tabulkách.

4.3.1. Návrh průlehů a příkopů

Průlehy byly navrženy na déšť s opakováním 100 let. Výpočet hydrologických charakteristik byl proveden v programu DesQ-MaxQ.

Záchytné průlehy

Záchytné průlehy byly navrženy se šířkou ve dně 30 cm a sklony svahů 1:5.

PZ1

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,174	0,279	0,436	0,676	0,868	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	0,972	1,24	1,54	1,91	2,19	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,10}$	1,9	2,37	2,81	3,31	3,72	$[10^3 \cdot m^3]$

Plocha dílčího povodí: 0,06 km²

Návrhový průtok: 0,87 m³/s

Hloubka průlehu: 0,42 m

Kapacitní průtok: 0,95 m³/s

PZ2

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,064	0,104	0,16	0,247	0,323	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	0,489	0,625	0,778	0,963	1,11	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,10}$	871	1,09	1,29	1,51	1,7	$[10^3 \cdot m^3]$

Plocha dílčího povodí: 0,03 km²

Návrhový průtok: 0,32 m³/s

Hloubka průlehu: 0,30 m

Kapacitní průtok: 0,40 m³/s

PZ3

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,341	0,545	0,856	1,27	1,64	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	1,43	1,83	2,26	2,82	3,16	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	3,06	3,82	4,53	5,33	5,98	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,10 km²

Návrhový průtok: 1,64 m³/s

Hloubka průlehu: 0,52 m

Kapacitní průtok: 1,66 m³/s

PZ4

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,287	0,467	0,687	0,949	1,21	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	0,842	1,06	1,28	1,54	1,74	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	2,03	2,53	3	3,53	3,97	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,06 km²

Návrhový průtok: 1,21 m³/s

Hloubka průlehu: 0,47 m

Kapacitní průtok: 1,30 m³/s

PZ5

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,253	0,413	0,593	0,83	1,06	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	0,758	0,966	1,17	1,39	1,59	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	1,81	2,25	2,67	3,14	3,53	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,06 km²

Návrhový průtok: 1,06 m³/s

Hloubka průlehu: 0,45 m

Kapacitní průtok: 1,16 m³/s

PZ6

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,185	0,299	0,439	0,635	0,78	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	0,576	0,736	0,895	1,07	1,22	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	1,35	1,69	2	2,35	2,65	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,04 km²

Návrhový průtok: 0,78 m³/s

Hloubka průlehu: 0,40 m

Kapacitní průtok: 0,84 m³/s

PZ7

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,138	0,224	0,341	0,498	0,643	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	0,505	0,644	0,797	0,956	1,08	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	1,13	1,41	1,67	1,96	2,2	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,04 km²

Návrhový průtok: 0,64 m³/s

Hloubka průlehu: 0,38 m

Kapacitní průtok: 0,73 m³/s

PZ8

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,371	0,599	0,902	1,31	1,64	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	1,29	1,65	2,06	2,44	2,75	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	2,94	3,66	4,34	5,1	5,73	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,09 km²

Návrhový průtok: 1,64 m³/s

Hloubka průlehu: 0,52 m

Kapacitní průtok: 1,66 m³/s

PZ9

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,195	0,308	0,454	0,628	0,803	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	0,537	0,683	0,816	0,979	1,11	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	1,32	1,65	1,95	2,3	2,58	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,04 km²

Návrhový průtok: 0,80 m³/s

Hloubka průlehu: 0,40 m

Kapacitní průtok: 0,84 m³/s

PZ10

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,24	0,388	0,591	0,888	1,14	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	0,966	1,23	1,53	1,87	2,12	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	2,1	2,61	3,1	3,64	4,09	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,07 km²

Návrhový průtok: 1,14 m³/s

Hloubka průlehu: 0,46 m

Kapacitní průtok: 1,21 m³/s

PZ11

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,494	0,807	1,23	1,9	2,51	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	3,08	3,92	4,88	6,05	6,94	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	5,81	7,24	8,59	10,1	11,4	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,18 km²

Návrhový průtok: 2,51 m³/s

Hloubka průlehu: 0,62 m

Kapacitní průtok: 2,66 m³/s

PZ12

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,155	0,25	0,377	0,549	0,684	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	0,539	0,69	0,858	1,02	1,15	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	1,23	1,53	1,81	2,13	2,39	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,04 km²

Návrhový průtok: 0,68 m³/s

Hloubka průlehu: 0,37 m

Kapacitní průtok: 0,70 m³/s

PZ13

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,083	0,129	0,183	0,264	0,317	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	169	210	252	301	342	[m ³]
$W_{PVT,10}$	484	603	715	841	945	[m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,01 km²

Návrhový průtok: 0,32 m³/s

Hloubka průlehu: 0,30 m

Kapacitní průtok: 0,40 m³/s

PZ14

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	0,307	0,498	0,759	1,09	1,41	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	1,13	1,43	1,78	2,17	2,45	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,10}$	2,52	3,14	3,72	4,37	4,91	[10 ³ .m ³]

Plocha dílčího povodí: 0,08 km²

Návrhový průtok: 1,41 m³/s

Hloubka průlehu: 0,38 m

Kapacitní průtok: 1,47 m³/s

Svodné příkopy

Tab.20 Parametry svodných příkopů

Příkop	Návrhový průtok	Hloubka příkopu	Kapacitní průtok
	[m ³ /s]	[m]	[m ³ /s]
PS1	5,06	0,78	5,11
PS2	3,65	0,68	3,74
PS3	1,64	0,5	1,82
PS4	1,06	0,4	1,09
PS5	1,19	0,42	1,21
PS6	1,64	0,5	1,82
PS7	4,94	0,78	5,11
PS8	0,8	0,38	1,01

4.3.2. Výkaz výměř Tab.21 Navržené záchytné průlehy

č.	označení	délka [m]
1	PZ 1	323
2	PZ 2	134
3	PZ 3	599
4	PZ 4	481
5	PZ 5	583
6	PZ 6	266
7	PZ 7	210
8	PZ 8	630
9	PZ 9	488
10	PZ 10	364
11	PZ 11	569
12	PZ 12	169
13	PZ 13	155

Tab.22 Navržené svodné průlehy

č.	popis	délka [m]
1	PS 1	662
2	PS 2	164
3	PS 3	80
4	PS 4	174
5	PS 5	401
6	PS 6	249
7	PS 7	779
8	PS 8	488
9	PS 9	599

Tab.23 Navržené trvalé travní porosty

č.	popis	plocha [km ²]
1	TTP 1	0,026
2	TTP 2	0,172
3	TTP 3	0,182
4	TTP 4	0,109
5	TTP 5	0,060
6	TTP 6	0,244
7	TTP 7	0,189
8	TTP 8	0,317
9	TTP 9	0,057

Z organizačních opatření byly v řešeném území navrženy plochy s vyloučením erozně nebezpečných plodin. Celková výměra těchto ploch dosahuje 4,2 km².

Tab.24 Navržené stabilizace drah soustředěného odtoku

č.	popis	délka [m]
1	SDSO 1	1230
2	SDSO 2	209
3	SDSO 3	800
4	SDSO 4	314

Dále byla na jednom kritickém profilu provedena studie návržení nádrže. Nádrž je navržena na stoletý maximální průtok ze svodného příkopu PS 7, který je do ní sveden.

Charakteristika nádrže:

Kulminační odtok Q_0 1,47 m³/s

Kulminační přítok Q_{ph} 7,27 m³/s

Plocha povodí S 0,53 km²

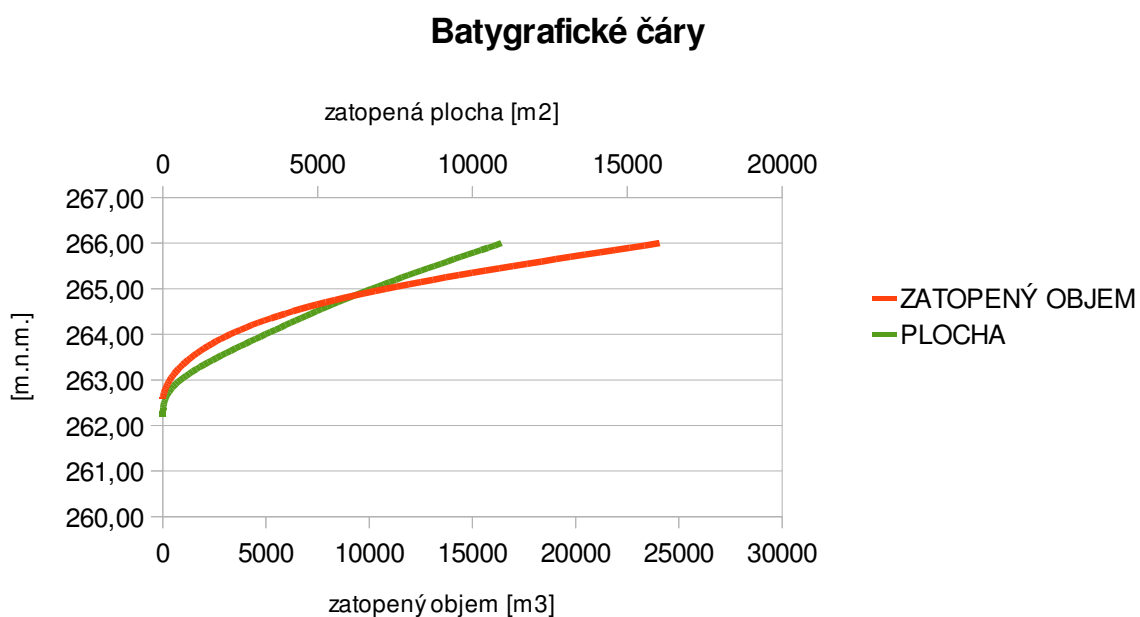
Objem přítoku O_{ph} 31000 m³

Objem nadržení V_s 13950 m³

Tab.25 Batygrafické čáry

H [m.n.m.]	plocha [m ²]	zatopený objem [m ³]
262,2	0	0
263	862	345
264	4972	3262
265	10114	10805
266	16403	24063

Graf 7 Batygrafické čáry



Ekonomické zhodnocení nádrže

objem nádrže

koruna hráze a 4 m
základna b 22 m
výška hráze h 3,8 m
délka hráze l 151 m

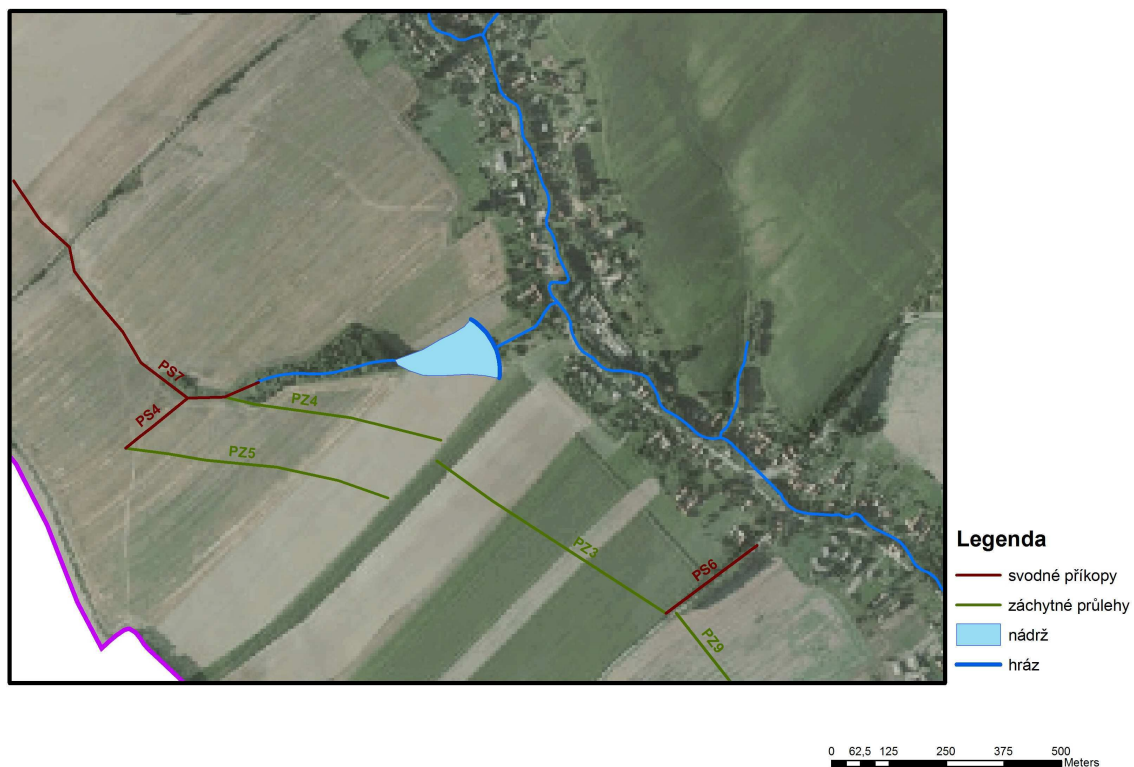
objem hráze V 3764 m³
objem nádrže V_n 24063 m³
objem nádrže včetně vybagrování V_c 27827 m³

Porovnání:

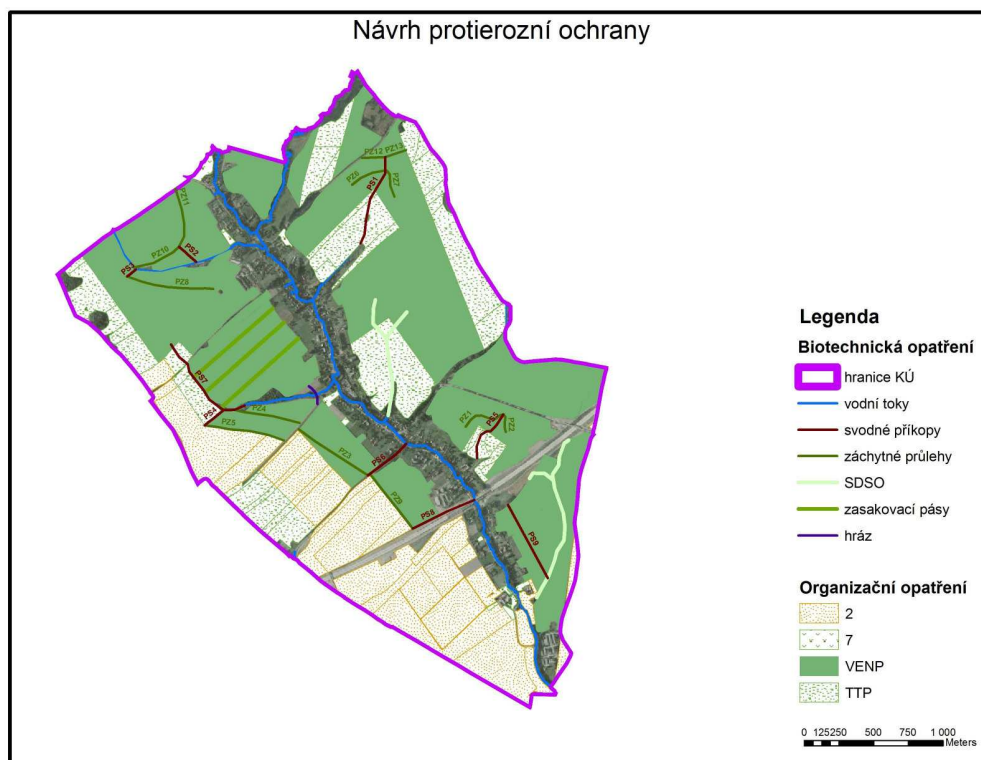
27827 : 3764

7,39 : 1

Nádrž



Obr.27 Umístění nádrže

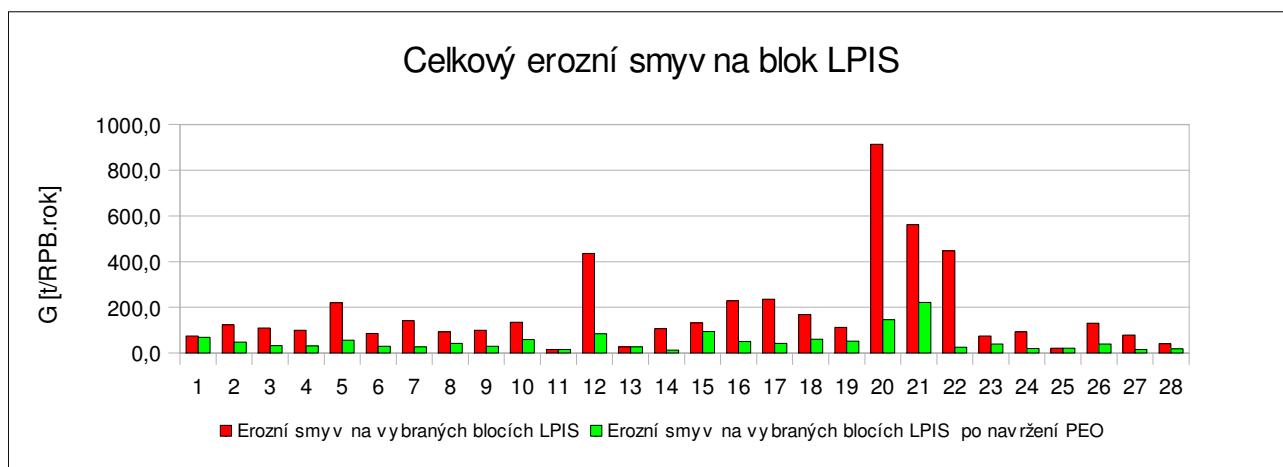


Obr.28 Návrh protierozních opatření

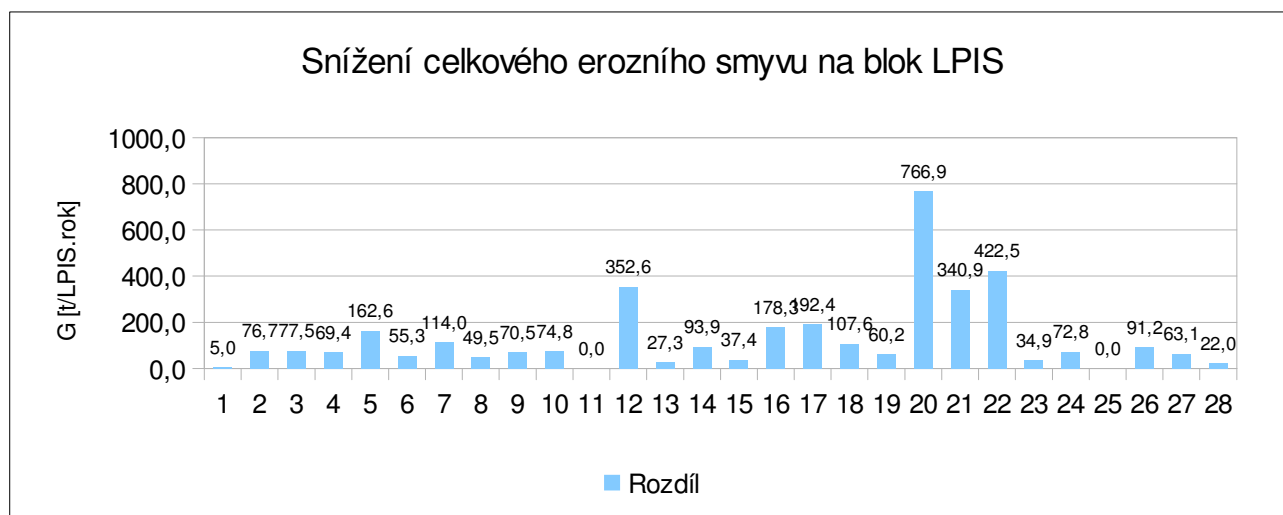
4.4.Hodnocení účinnosti

Následující grafy znázorňují porovnání celkové a průměrné vodní eroze před a po navržení protierozní ochrany na vybraných blocích LPIS. Údaje pro o erozním smyvu pro celé území jsou popsány v kapitole 4.5.Ekonomika.

4.4.1.Celkový erozní smyv na vybraných blocích LPIS

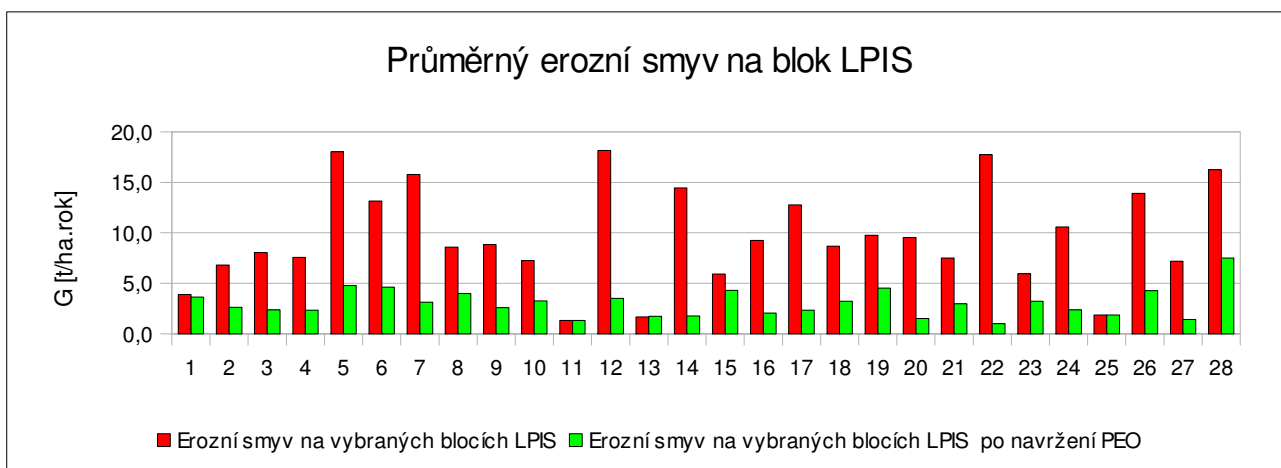


Graf 8 Celkový erozní smyv na vybraných blocích LPIS

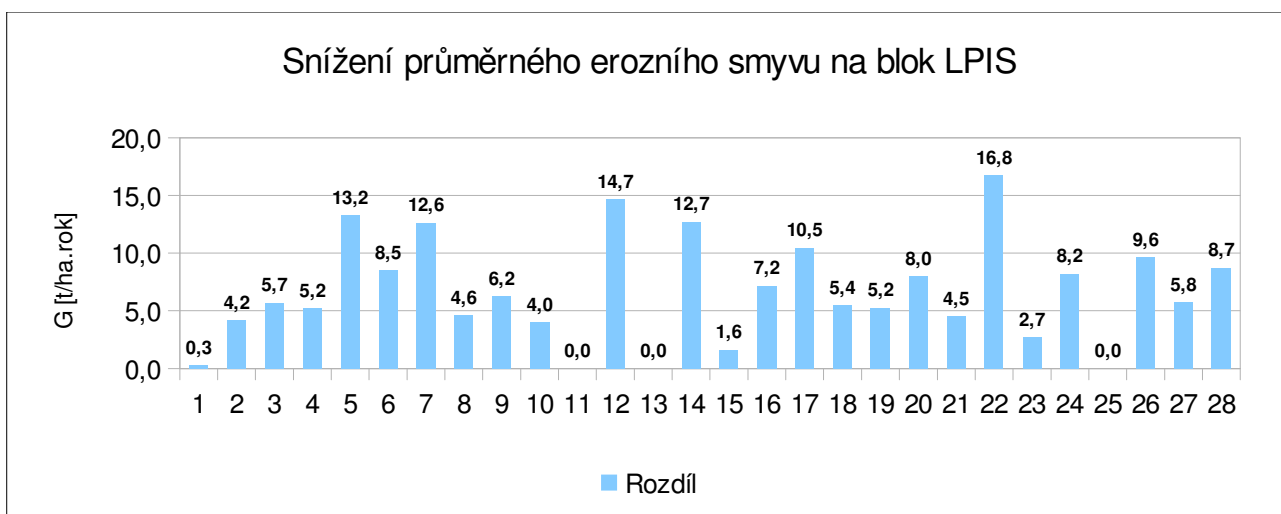


Graf 9 Snížení celkového erozního smyvu na vybraných blocích LPIS

4.4.2. Průměrný erozní smyv na blocích LPIS



Graf 10 Průměrný erozní smyv na vybraných blocích LPIS



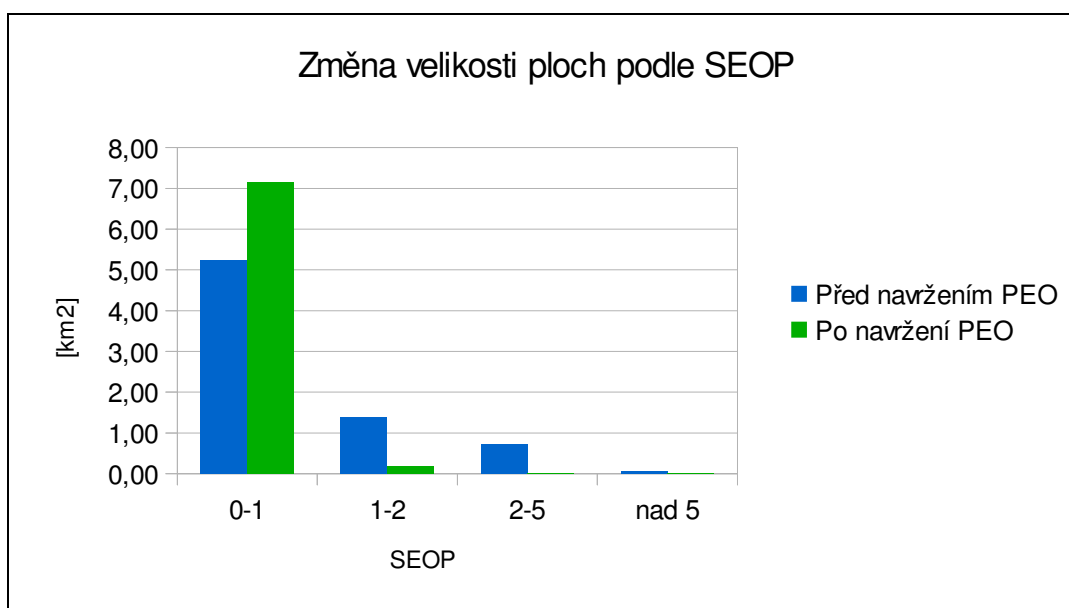
Graf 11 Snížení průměrného erozního smyvu na vybraných blocích LPIS

4.4.3. SEOP

Po navržení protierozní ochrany došlo k významné změně zastoupení jednotlivých stupňů SEOP. Prakticky dojde k vymizení ploch s hodnotou 2 a vyšší, na nichž dochází ke snížení zemědělské produkce (dále kapitola 4.5. Ekonomika). Naopak dojde k nárůstu ploch s hodnotou menší než 1, kde není překročen přípustný smyv.

Tab.26 Změna zastoupení ploch podle SEOP

SEOP	Před navržením PEO		Po navržení PEO	
	[km ²]	[%]	[km ²]	[%]
0-1	5,24	70,9	7,16	97,5
1-2	1,39	18,7	0,17	2,4
2-5	0,71	9,6	0,01	0,2
nad 5	0,06	0,8	0,00	0,0



Graf 12 Změna velikosti ploch podle SEOP

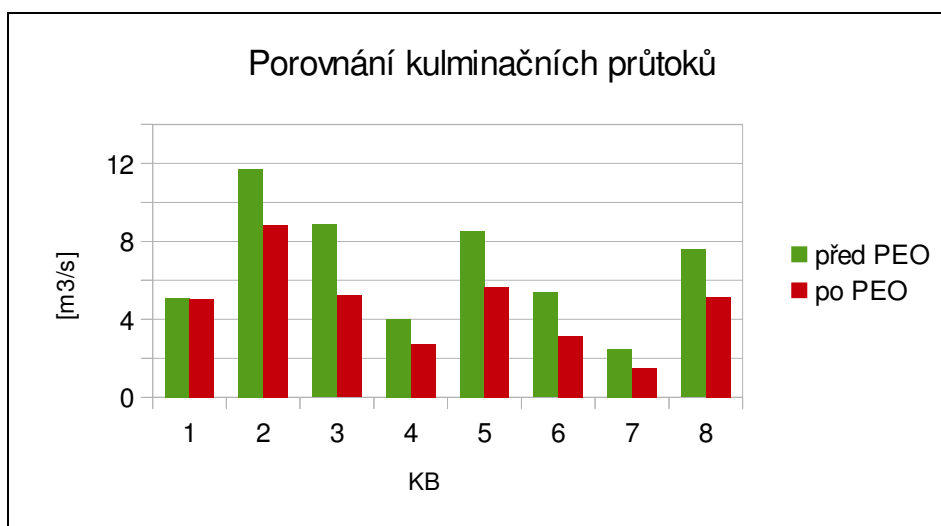
4.4.4.Odtokové poměry

V řešeném území bylo navrženo značné množství změn využití pozemků. Jedná se především o změnu orné půdy na plochy s aplikací VENP. Tím dojde ke změně čísel odtokových křivek, jež se projeví v množství povrchového odtoku.

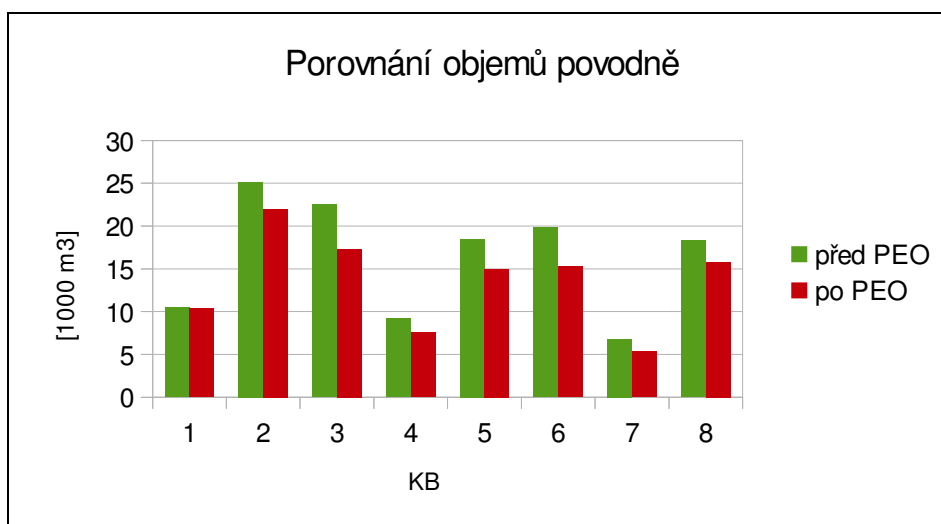
Tab.27 Změna kulminačních průtoků a objemů povodně z výpočtového deště

Výstup	KB	1	2	3	4	5	6	7	8
Kulminační průtoky [m ³ /s]	před PEO	5,1	11,7	8,86	4,02	8,51	5,38	2,49	7,58
	po PEO	5,03	8,82	5,22	2,71	5,67	3,14	1,52	5,15
	rozdíl	0,07	2,88	3,64	1,31	2,84	2,24	0,97	2,43
Objemy povodně [10.m ³]	před PEO	10,5	25,1	22,5	9,19	18,5	19,8	6,81	18,3
	po PEO	10,4	22	17,3	7,56	15	15,3	5,35	15,8
	rozdíl	0,1	3,1	5,2	1,63	3,5	4,5	1,46	2,5

Graf 13 Porovnání kulminačních průtoků



Graf 14 Porovnání objemů povodně



4.5. Ekonomika

Při vyčíslování nákladů bylo uvažováno s životností jednotlivých opatření. U opatření technického charakteru a změny využití pozemků jsou brány náklady na realizaci opatření. Výjimkou je aplikace VENP, kde náklady zahrnují snížení výnosu z produkce. Ekonomické zhodnocení zahrnuje pouze částky, jež vycházejí z vlivu PEO na erozní smyv.

Tab.28 Náklady na realizaci PEO

opatření	plocha [ha]	délka [m]	jednotkové	celkové [Kč]	každoroční [Kč]
TTP	135,6		10000 Kč/ha/10 let	1356000	135600
SDSO	5,11		10000 Kč/ha/10 let	51100	5110
ZP		5570	800 Kč/m/50 let	4456000	89120
SP		2997	800 Kč/m/50 let	2397600	47952
VENP	418,8		1500 Kč/ha	628200	628200
			Σ	8888900	905982

Úspory jsou vyčísleny ve dvou rovinách. První zahrnuje cenu erodované půdy. Před aplikací PEO dochází v řešeném území k celkovému smyvu 6548 tun za rok. Vlivem PEO se tento stav sníží na 2027 tun. Úspory jsou vypsány v následující tabulce.

Tab.29 Úspora na odnosu zeminy

celkový odnos	[t/rok]	[m3/rok]	jednotková	celková [Kč]
před PEO	6548	4093	400 Kč/m ³	1145929
po PEO	2027	1267	400 Kč/m ³	354650
			roční úspora=	791279

Druhou rovinou při výpočtu úspor je snížení ztrát na zemědělské produkci. Klíčové pro tento výpočet je plocha, na které je přípustný smyv překročen dvakrát (SEOP=2). Vyčíslení je rozepsáno v následující tabulce.

Tab.30 Úspory na zemědělské produkci

SEOP 2	plocha [ha]	ztráta [Kč/ha]	celková ztráta [Kč]
před PEO	76,83	3000	230497,5
po PEO	1,11	3000	3322,5
		roční úspora=	227175

Celkové roční úspory činí 1,018 mil. Kč. Při odečtu ročních nákladů na realizaci PEO tak činí čistá úspora 112tis. Kč.

5. Diskuze

V této části je zhodnocena sumarizace všech výsledků

5.1. Rozbor erozních poměrů

Rozbor byl proveden pomocí dvou způsobů. První způsob pracuje s absolutními čísly průměrného erozního smyvu. Výsledky podle tohoto postupu jsou uvedeny v kapitole 3.1.8.1. V tab. 6 je uveden celkový erozní smyv pro celé území. V tab.7 jsou hodnoty vodní eroze průměrného smyvu kategorizovány, přičemž hraniční hodnotou je 10 t/ha.rok^{-1} , jež udává přípustný smyv. Vedle stanovení smyvu pro celé území byl proveden také rozbor pro 28 vybraných bloků LPIS. Výsledky tohoto rozboru jsou uvedeny v tab.8. Obr.13 znázorňuje rozbor erozního smyvu před navržením PEO.

Druhým způsobem je zpracování podle stupňů erozní ohroženosti půdy, kdy je erozní smyv roztříděn podle násobků přípustného smyvu. Výsledky jsou popsány v kapitole 3.1.8.2. V řešeném území platí pro přípustný smyv hodnota 10 t/ha.rok^{-1} . Stupně mají hodnotu 1, 2 a 5 násobku přípustného smyvu. Výsledky podle tohoto postupu jsou uvedeny v tab.9 a dále pro větší názornost zobrazeny v grafu 9. Obr.14 pak znázorňuje mapu SEOP.

5.2. Rozbor odtokových poměrů

Rozbor je uveden v kapitole 3.1.9. Základem rozboru je identifikace tzv. kritických bodů, kde dochází k odtoku srážkové vody do intravilánu. K těmto profilům byly určeny přispívající sběrné plochy, na kterých byly provedeny hydrologické charakteristiky. K výpočtu byl použit model DesQ-MaxQ. V řešeném území bylo nalezeno 8 významných kritických bodů. V obrázku 15 jsou znázorněny nalezené kritické body a jim příslušející sběrné plochy. Dále jsou v tabulce 10 pro jednotlivé kritické body uvedeny N-leté kulminační průtoky.

5.3. Rozbor erozních poměrů po navržení PEO

Tento rozbor byl opět proveden dvěma způsoby. V kapitole 4.1.1. jsou uvedeny výsledky pro průměrný a celkový erozní smyv. V tabulce 15 je uvedeny hodnoty smyvu pro celé území a dále v tab.16 provedena kategorizace průměrného smyvu. V tab.17 jsou pak uvedeny hodnoty průměrného smyvu pro 28 vybraných bloků LPIS.

Kapitola 4.1.2. je věnována kategorizaci erozních poměrů podle SEOP. Stupně opět představují 1, 2 a 5 násobek přípustného erozního smyvu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 18 a grafu 6. Mapa stupňů erozní ohroženosti půdy je pak znázorněna v obrázku 26.

5.4.Rozbor odtokových poměrů po návržení PEO

Rozbor je uveden kapitole 4.2. Výpočet hydrologických charakteristik byl opět modelován pomocí programu DesQ-MaxQ. V tabulce 19 jsou uvedeny pro jednotlivé kritické body N-leté kulminační průtoky. Dále jsou uvedeny pro každý kritický bod charakteristiky pro dobu opakování N=100 let.

5.5.Hodnocení účinnosti

Výsledky jsou uvedeny v kapitole 4.4. V této části jsou porovnávány hodnoty erozního smyvu před a po návržení PEO. Kapitola 4.4.1. se věnuje porovnání celkového erozního smyvu pro vybrané bloky LPIS. Porovnání je znázorněno v grafu 8 a dále v grafu 9 pro lepší názornost zobrazeno snížení tohoto smyvu. V kapitole 4.4.2. jsou pak stejným způsobem porovnány hodnoty průměrného erozního smyvu.

Dále je v kapitole 4.4.3. uvedeno srovnání výsledků podle SEOP. Výsledky jsou uvedeny v tab.26 a opět pro větší názornost zobrazeny v grafu 12.

V kapitole 4.4.4. jsou porovnány kulminační průtoky a objemy povodně z výpočtového deště.

5.6.Ekonomika

Základem ekonomického zhodnocení je porovnání nákladů vynaložených na realizaci protierozní ochrany vůči úsporám na ztrátě půdy a zemědělské produkci. Při vyčíslování byly brány v potaz pouze tyto hlediska.

V tabulce 27 jsou vyčísleny všechny náklady na realizaci protierozních opatření. Celkové náklady jsou děleny jejich životností. V tabulce 28 jsou vyčísleny úspory na odnosu zeminy. V tabulce 29 jsou vyčísleny úspory na zemědělské produkci.

6. Závěr

Na řešeném území byly provedeny rozboru erozních a odtokových poměrů s cílem navržení protierozních opatření.

Rozbor erozních poměrů ukázal, že v řešeném území dochází k výraznému nadlimitnímu eroznímu smyvu. Ten je způsoben především velkými délkami odtoku. Z rozboru odtokových poměrů vyplývá, že do obce Kujavy směřuje několik drah soustředěného odtoku.

Kvůli těmto nepříznivým hydrologickým charakteristikám byl v řešeném území navržen systém protierozní a protipovodňové ochrany. Jejich smyslem je ochrana půdy před přívalovými dešti, které způsobují degradaci svrchních půdních horizontů. Protierozní ochrana tak zamezí nejen odnosu půdy, ale také ztrátám na zemědělské produkci způsobených špatnými vlastnostmi půdy.

Dále bylo vyčísleno ekonomické zhodnocení protierozní ochrany. Z něho vyplývá, že úspory vytvořené na ztrátě půdy a zemědělské produkci převyšují jednoleté náklady na realizaci prvků protierozní ochrany. K těmto úsporám v extravilánu lze dále přičíst omezení škod v intravilánu obce způsobených přívalovými dešti.

Zdroje:

- [1] HOLÝ,M. Protierozní ochrana. SNTL, Praha, VTEL (ALFA), Bratislava,1978,
- [2] HOLÝ,M. a kol. Eroze a životní prostředí. Praha:ČVUT,1994.
- [3] HOLÝ,M., MLS,J.,VÁŠKA,J Modelování erozních procesů. Praha,1982 Praha,Academia. 1982.
- [4] JANEČEK,M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí 2.vyd. Praha,nakladatelství ISV,2005.
- [5] QUITT,E. Klimatické oblasti ČSR,Mapa 1:500 000.Geografický ústav ČSAV Brno,1975
- [6] NEUHÄUSLOVÁ,Z. Mapa potenciálně přirozené vegetace,2001
- [7] Město Přerov Naučná vlastivědná stezka [on line].Dostupné z:<<http://www.mu-prerov.cz/filemanager/files/file.php?file=906>>.
- [8] KOZELSKÝ,P. Nízký Jeseník Vznik a vývoj [on line]. Dostupné z:<<http://www.nizkyjesenik.cz/seznam/vznikavyvoj/vznikavyvoj.htm>>.
- [9] POSPÍŠIL, P. Základy regionální geologie České republiky, učební text FAST VUT,Brno,2004,
- [10] Šamalíková, M., Locker, J., Pospíšil, P. (1994): Geologie, učební text FAST VUT. Brno.
- [11] WISCHMEIER,W.C.,SMITH,D.D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning.Agricultural.Hanbook.No. 537. US Department of Agriculture,Washington,DC. 1978:
- [12] HRÁDEK,F.,KUŘÍK,P. Maximální odtok z povodí. Teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MaxQ. Praha:CZU Praha,2001. 37 s.
- [13] DUMBROVSKÝ,M. Geografické informační systémy,učební text FAST VUT,Brno,2009
- [14] JENSON,S.K.,DOMINQUE,J.O. Extracting topologic structure from digital elevation data for geographical informatic system analysis. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.1998.
- [15] FOSTER,G.R.,WISCHMEIER,W.H. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction,1974
- [16] DESMET,P.J.J.,GOVERS,G.A. GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units.J.Soil Water Conserv. 1996
- [17] MCCOOL,D.K.,FOSTER,G.R.,MUTCHLER,C.K.,MEYER,L.D. Revised slope lenght factor the Universal Soil Loss Wquation.1989
- [18] GOVERS,G. Rill erosion on arableland in central Belgium:rates,control and predictability.
- [19] Manuál k programu ATLAS DMT [on line].Dostupné z:<<http://www.atlasltd.cz/download.php?f=570>>

Seznam obrázků

Obr.1 Schéma plošného povrchového odtoku po svahu	4
Obr.2 Schéma pro odvození pohybové rovnice povrchového odtoku	5
Obr.3 Schéma erozního procesu	6
Obr.4 Situace obce Kujavy	9
Obr.5 Prostorová lokalizace HPJ	13
Obr.6 Prostorová lokalizace HSP	15
Obr.7 Vegetační pokryv mimo intravilán	16
Obr.8 Mapa potenciálně přirozené vegetace	18
Obr.9 Rozbor sklonitostních poměrů	21
Obr.10 Situace řešeného území s jednotlivými povodími	22
Obr.11 Rozbor hydrologických poměrů	23
Obr.12 Geologická mapa	24
Obr.13 Rozbor erozních poměrů	26
Obr.14 Stupně erozní ohroženosti půdy	27
Obr.15 Identifikace kritických profilů	28
Obr.16 Vliv obsahu vody v půdě na změně čísla odtokové křivky	42
Obr.17 Profil znázorňující pokles před a po provedení nástroje Fill.	43
Obr.18 Profil znázorňující vrchol před a po provedení nástroje Fill.	44
Obr.19 Kódy směrů odtoku	44
Obr.20 Příklad směru odtoků v DMT	45
Obr.21 Příklad postupného načítání akumulace	45
Obr.22 Program USLE 2D	47
Obr.23 Okno programu DesQ-MaxQ	47
Obr.24 Výpočtové programy	50
Obr.25 Rozbor erozních poměrů po navržení PEO	55
Obr.26 SEOP po navržení PEO	57
Obr.27 Umístění nádrže	70
Obr.28 Návrh protierozních opatření	70

Seznam grafů

Graf 1 Procentuální zastoupení HPJ	13
Graf 2 Procentuální zastoupení HSP	14
Graf 3 Využití území	16
Graf 4 Sklonitostní poměry v řešeném území	21
Graf 5 Klasifikace SEOP erozního smyvu před navržením PEO	27
Graf 6 Klasifikace SEOP erozního smyvu po navržení PEO	56
Graf 7 Batygrafické čáry	69
Graf 8 Celkový erozní smyv na vybraných blocích LPIS	71
Graf 9 Snížení celkového erozního smyvu na vybraných blocích LPIS	71
Graf 10 Průměrný erozní smyv na vybraných blocích LPIS	72
Graf 11 Snížení průměrného erozního smyvu na vybraných blocích LPIS	72
Graf 12 Změna velikosti ploch podle SEOP	73
Graf 13 Porovnání kulminačních průtoků	74
Graf 14 Porovnání objemů povodně	74

Seznam tabulek

Tab.1 Procentuální zastoupení jednotlivých HPJ	12
Tab.2 Zastoupení HSP	14
Tab.3 Zastoupení HSP v řešeném území	14
Tab.4 Využití území v extravilánu řešeného území	15
Tab.5 Sklonitostní poměry v řešeném území	20
Tab.6 Erozní smyv pro celé řešené území před navržením PEO	25
Tab.7 Výměry jednotlivých kategorií erozního smyvu před navržením PEO	25
Tab.8 Erozní smyv na vybraných blocích LPIS	25
Tab.9 Klasifikace SEOP erozního smyvu před navržením PEO	26
Tab.10 N-leté kulminační průtoky v jednotlivých kritických bodech	28
Tab.11 Vliv sklonu svahu	39
Tab.12 Hodnoty C faktoru podle klimatického regionu	40
Tab.13 HSP	41
Tab.14 Výpočtové programy	50
Tab.15 Erozní smyv pro celé řešené území po navržení PEO	54
Tab.16 Výměry jednotlivých kategorií erozního smyvu po navržení PEO	54
Tab.17 Erozní smyv na vybraných blocích LPIS po navržení PEO	55

Tab.18 Klasifikace SEOP erozního smyvu po navržení PEO	56
Tab.19 Celkové výsledky odtokových poměrů	57
Tab.20 Parametry svodných příkopů	67
Tab.21 Navržené záchytné průlehy	67
Tab.22 Navržené svodné průlehy	67
Tab.23 Navržené trvalé travní porosty	68
Tab.24 Navržené stabilizace drah soustředěného odtoku	68
Tab.25 Batygrafické čáry	69
Tab.26 Změna zastoupení ploch podle SEOP	70
Tab.27 Změna kulminačních průtoků a objemů povodně z výpočtového deště	74
Tab.28 Náklady na realizaci PEO	75
Tab.29 Úspora na odnosu zeminy	75
Tab.30 Úspory na zemědělské produkci	75

Seznam zkratk

BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN	curve number
DMT	digitální model terénu
FAST	fakulta stavební
GIS	geografické informační systémy
HPJ	hlavní půdní jednotka
HSP	hydrologické skupiny půd
KB	kritický bod
KÚ	katastrální území
LPIS	land parcel identification systém
PZ	průleh záchytný
PS	příkop svodný
SDSO	stabilizace dráhy soustředěného odtoku
TTP	trvalé travní porosty
VENP	vyloučení erozně nebezpečných plodin
VUT	vysoké učení technické

Seznam symbolů a zkratk

a	% organické hmoty	
A_i	velikost plochy vyšetřovaného úseku svahu	$[m^2]$
A_i	velikost plochy vyšetřovaného úseku svahu	$[m^2]$
$A_{s,in}$	jednotka zdrojové plochy na vtoku do gridové buňky	
$A_{s,out}$	jednotka zdrojové plochy na odtoku z gridové buňky	
b	třída struktury ornice	
c	třída propustnosti půdního profilu	
C	faktor ochranného vlivu vegetace	
D	velikost gridu	
D'	šířka buňky gridu přes kterou odtok- flow prochází	
D_F	množství půdních částic uvolněných povrchovým odtokem	$[kg/m^2 \cdot min]$
D_r	množství půdních částic uvolněných deštěm	$[kg/m^2 \cdot min]$
E	celková kinetická energie deště	$[J \cdot m^{-2}]$
E_i	kinetická energie i-tého úseku úseku deště	$[J \cdot m^{-2}]$
F1	tíha vody v elementárním úseku	
F2	tlaková síla působící na vodu v elementárním úseku ve vzdálenosti	$x; x+dx$
F3	tlaková síla působící na vodu v elementárním úseku ve vzdálenosti x	
F4	třecí síla	
F5	síla vyvolaná dopadem dešťových kapek	
h	výška povrchového odtoku; $h=f(x;t)$	$[m]$
H_{si}	úhrn deště v i-tém úseku	$[cm]$
I	sklon svahů	$[%]$
i	intenzita deště	$[mm/min]$
i_{30}	max. 30minutová intenzita deště	$[cm \cdot h^{-1}]$
i_{si}	intenzita deště i-tého úseku	
K	faktor náchylnosti půdy k erozi	
L	faktor délky svahu	
l_d	nepřerušená délka svahu	
LS	topografický faktor	
m	exponent délky svahu	
n	počet úseků	
P	faktor protierozních opatření	
q	velikost povrchového odtoku	$[m^3/s]$

q	velikost povrchového odtoku	[m ³ /s]
R	faktor erozní účinnosti deště	
s	sklon svahu	[%]
S	faktor sklonu svahu	
S(i,j)	S faktor pro gridovou buňku	
S _{DF}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	
S _{DR}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	
S _j	faktor S pro j-tý element	[m/m]
S _{TF}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	
S _{TR}	součinitel závislý na půdních vlastnostech	
t	čas	[s]
T _F	množství půdních částic transportovaných povrchovým odtokem	[kg/m ² .min]
T _r	množství půdních částic přemístěných deštěm	[kg/m ² .min]
x	korekční faktor	
x	osa souřadnic ve směru odtoku vody	
y	osa souřadnic ve směru kolmém k půdnímu povrchu na němž dochází k odtoku vody	
α	exponent zahrnující vliv sklonu svahu	
α	sklon půdního povrchu	[°]
λ(i,j)inlet	délka svahu ke vtoku na gridovou buňku (i,j)	
λ(i,j)outlet	délka svahu k odtoku z gridové buňky (i,j)	
λ _j	vzdálenost od spodní hranice j-tého elementu k horní hranici	[m]
Σ	suma pro všechny gridové buňky	

Seznam příloh

Odtokové poměry

- ⤴ Před úpravou – výstupy z programu DesQ-MaxQ pro kritické profily
- ⤴ Po úpravě – výstupy z programu DesQ-MaxQ pro kritické profily
- ⤴ Hodnocení účinnosti – tabelární porovnání odtokových poměrů před a po navržení úprav

Erozní smyv

- ⤴ Před navržením PEO – tabulární výsledky erozního smyvu
- ⤴ Po navržení PEO – tabulární výsledky erozního smyvu
- ⤴ Hodnocení účinnosti – tabelární porovnání vodní eroze pře a po navržení úprav

Výkresy

- ⤴ PS – příčné a podélné profily svodných příkopů
- ⤴ PZ – příčné a podélné profily záchytných průlehů

Protierozní opatření

- ⤴ PS – návrh svodných příkopů
- ⤴ PZ – návrh záchytných průlehů
- ⤴ Nádrž – návrh nádrže
- ⤴ Ekonomické zhodnocení

Grafické výstupy

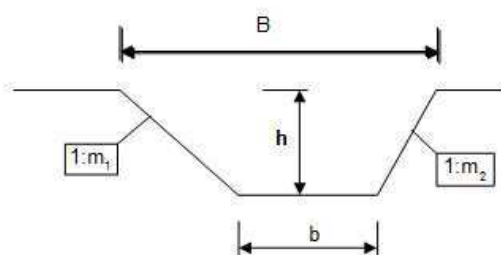
Přílohy

Protože přílohy svým rozsahem překračují náležitosti VŠKP, jsou uloženy na přiloženém CD.

Jako ukázka je uveden návrh záchytného průlehu, odtokové poměry pro kritický profil 1 po navržení opatření s dobou opakování $N=100$ let a mapa s vyobrazením čísel odtokových křivek CN.

Návrh záchytného průlehu PZI

Přirustek hloubky		0,01		Mezní hodnota				80	
Název:									
Označení	Základní údaje							Jednotky	
$Q_0 =$	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	m^3/s	
svah 1: m_1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00		
svah 1: m_2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00		
$b =$	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	m	
$n =$	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033		
$h =$	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	m	
$l =$	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010		
Výpočty									
$S =$	1,01	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	m^2	
$O =$	4,58	4,69	4,79	4,89	4,99	5,09	5,20	m	
$R =$	0,22	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,25	m	
$C =$	20,06	20,06	20,30	20,54	20,54	20,77	20,77		
$v =$	0,94	0,94	0,97	1,01	1,01	1,04	1,04	m/s	
$Q_{vyp} =$	0,95	0,99	1,07	1,16	1,21	1,30	1,35	m^3/s	
Výpočet opevnění									
$\tau =$	21,57	21,57	22,55	23,53	23,53	24,52	24,52	Pa	
$\tau_z =$	21,44	21,44	22,42	23,40	23,40	24,39	24,39	Pa	
$\tau_{max} =$	25,73	25,73	26,90	28,08	28,08	29,27	29,27	Pa	
$t =$	-27,68	-28,33	-26,32	-24,52	-25,07	-23,39	-23,88	m	
$B =$	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00	5,10	m	

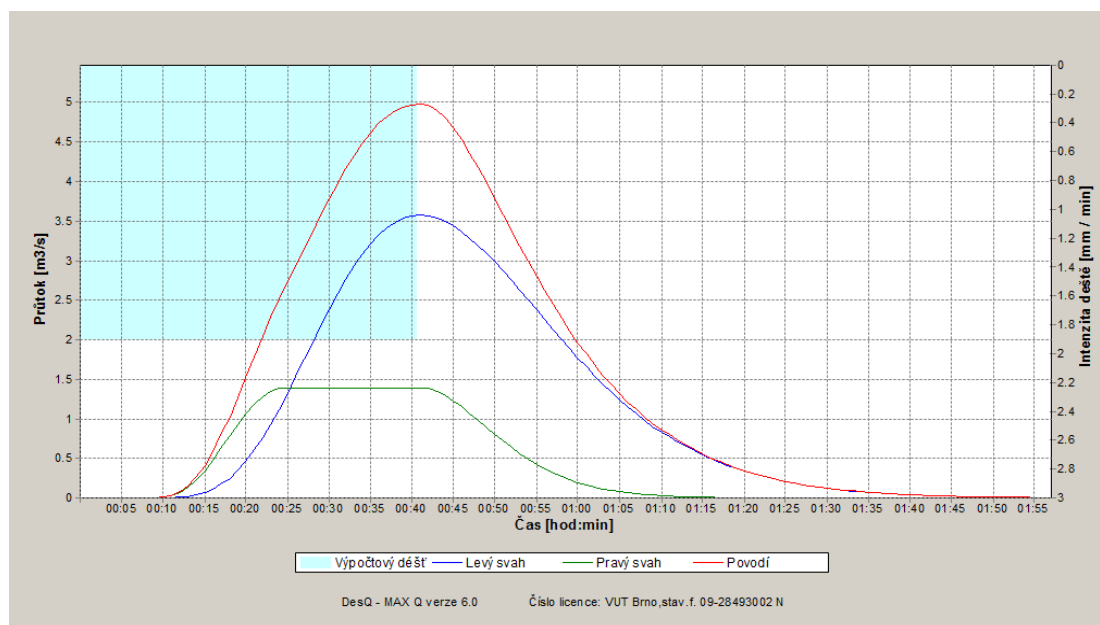


Legenda

- v rychlost vody
- b šířka dna
- h výška vody
- n drsnost
- m sklon svahu
- l spád dna
- Q průtok
- S plocha průtočného profilu
- O omočený obvod
- R hydraulický poloměr
- C rychlostní součinitel
- τ tangenciální napětí
- t délka opevnění
- B šířka koryta v koruně

Odtokové poměry pro SPKB 1 po navržení opatření s dobou opakování $N=100$ let

VÝSTUPNÍ VELICINY $N = 100$ let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN_{pr}	přečíslené číslo CN - typ		81,5	81,8	[...]
R_p	potenciální retence povodí		57,7	56,6	[mm]
L_s	průměrná délka svahu		0,2	0,08	[km]
L_{sp}	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,24	0,09	[km]
Kritický déšť					
t_{ok}	doba trvání deště		41	21	[min]
i_{ok}	intenzita deště		1,907	2,898	[mm.min ⁻¹]
H_{ok}	výška deště		78,2	60,8	[mm]
t_{1ok}	doba bezodtokové fáze		6	4	[min]
t_{spk}	doba trvání přítoku		35	17	[min]
i_{spk}	intenzita přítoku		1,021	1,359	[mm.min ⁻¹]
H_{spk}	výška přítoku		35,7	23,1	[mm]
Výpočtový déšť					
t_d	doba trvání deště	41			[min]
i_d	intenzita deště	1,907			[mm.min ⁻¹]
H_d	výška deště	78,2			[mm]
t_1	doba trvání bezodtokové fáze	6	6	6	[min]
t_{sp}	doba trvání přítoku		35	35	[min]
i_{sp}	intenzita přítoku		1,021	1,034	[mm.min ⁻¹]
H_{sp}	výška přítoku		35,7	36,2	[mm]
t_{sk}	doba koncentrace		35	19	[min]
i_{sk}	intenzita odtoku v době t_{sk}		1,005	1,077	[mm.min ⁻¹]
H_{so}	výška odtoku		35,7	36,2	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		1,021	1,034	[mm.min ⁻¹]
Q_{max}	maximální průtok	5,03	3,57	1,4	[m³.s⁻¹]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	10,4	7,5	2,93	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	35	35	19	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	77	77	38	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	16	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	112	112	73	[min]
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané H_{100}					
W_{PVT}	objem povodňové vlny	18,7	13,5	5,24	[10 ³ .m ³]
t_{vn}	doba vzestupu hydrogramu	35	35	19	[min]
t_{pn}	doba poklesu hydrogramu	171	171	129	[min]
t_{kn}	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	16	[min]
t_{cn}	celková doba trvání odtoku	206	206	164	[min]



Číslo odtokových křivek CN

