



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

## VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI KOMPLEXNÍCH OCHRANNÝCH OPATŘENÍ K.Ú. JERLOCHOVICE V POVODÍ HUSÍHO POTOKA

*EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF COMPLEX PROTECTION MEASURES IN CADASTRAL  
AREA JERLOCHOVICE IN HUSÍ POTOK WATERSHED*

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. PETR MATOUŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Petr Matoušek
<b>Název</b>	Vyhodnocení účinnosti komplexních ochranných opatření k.ú. Jerlochovice v povodí Husího potoka
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2014
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

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

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

## Podklady a literatura

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček M, a kol. : Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika ČZU Praha, 2012
3. Dumbrovský M , - Mezera J, Střítecký L.: Metodický návod pro projektování pozemkových úprav, metodika ČMKPU 2005
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, VUMOP Praha 1997

## Zásady pro vypracování

S využitím digitálních podkladů, v daném území proveďte výpočet erozního smyvu a pro vybraná dílčí povodí vypočítejte potencionální retenci, objem přímého odtoku, kulminační průtok a transport splavenin. K hodnocení odtokových poměrů využijte metodu čísel odtokových křivek CN a model DeSQ podle Prof. Hrádka. Výpočty zpracujte pro stávající stav povodí, pro různé varianty navržených opatření a pro různé stavy druhu pozemků v povodí. Na základě podrobné analýzy přírodních podmínek navrhnete variantní ochranu a organizaci řešeného povodí. Po návrhu variantních opatření proveďte vyhodnocení účinnosti navržených opatření.

## Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

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

## ABSTRAKT

Předmětem práce je návrh komplexního systému opatření v ploše povodí, které má sloužit jako podklad pro KPÚ obce Jerlochovice. Na základě analýzy a průzkumu území, bylo navrženo možné řešení pomocí hydrologických a erozivních nástrojů ArcGIS. Pro identifikaci erozně ohrožených ploch a odtokových poměrů byla k výpočtu eroze použita univerzální rovnice ztráty půdy Wischmeier-Smith v modifikaci gridu. Na základě vypočtených hodnot byla navržena vhodná protierozní technická a agrotechnická opatření. Jednotlivé prvky byly dimenzovány na hodnoty  $Q_n$  získané z modelu DesQ. Následně byla vyhodnocena účinnost navržených opatření srovnáním výsledků erozních a odtokových poměrů před a po aplikaci opatření.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Jerlochovice, GIS, Usle2D, Usle, R-faktor, CN-křivka, Erozní smyv, Povrchový odtok, Geografické informační systémy, Digitální model terénu, Organizační protierozní a protipovodňová opatření, Technická protierozní a protipovodňová opatření

## ABSTRACT

A subject of this Thesis is the design of the complex system of measures of soil conservation in given catchment area, which will serve as a concept of complex land consolidation in cadaster Jerlochovice. Based on the analysis and the land survey, a feasible solution was designed using the hydrological and erosive tools of ArcGIS. For the identification of areas endangered by erosion and for the identification of runoff conditions, the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier-Smith was used (in grid modification). Based on the calculated values, the suitable technical and agrotechnical measures of soil erosion control were designed. Each component was designed for the values of  $Q_n$  from the model DesQ. Subsequently the effectivity of the designed measures was evaluated by the comparison of results of erosive and runoff conditions before and after the application of the soil and water conservation measures.

## KEYWORDS

Jerlochovice, GIS, Usle2D, Usle, R-factor, CN-curve, Erosion wash, Runoff, Geographic information system, Digital model of elevation, Organizational erosion and flood control measures, Technical erosion and flood control measures

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Petr Matoušek *Vyhodnocení účinnosti komplexních ochranných opatření k.ú. Jerlochovice v povodí Husího potoka*. Brno, 2014. 106 s., 5 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 16. 12. 2014

.....

Podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Úvodem bych rád poděkovat vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, Csc. a to především za trpělivost, množství odborných rad, připomínky a vedení při zpracování daného tématu. Poděkování patří rovněž mým rodičům, kteří mě podporovali po léta studií.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>POVODNĚ V JERLOCHOVICÍCH .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>PROTIPOVODŇOVÁ A PROTIEROZNÍ OCHRANA KRAJINY.....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>POPIS ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>14</b>
4.1	Obecná charakteristika .....	14
4.2	Hydrologické poměry.....	15
4.3	Pedologické poměry .....	15
4.4	Hydropedologické poměry.....	18
4.5	Klimatické poměry.....	21
4.6	Morfologické poměry .....	23
4.7	Rozbor vegetačních poměrů.....	23
4.8	Geologické poměry.....	25
<b>5</b>	<b>OHROŽENOST PŮDY VODNÍ EROZÍ A VYUŽITÍ HYDROLOGICKÝCH NÁSTROJŮ A GIS NÁSTROJŮ PRO JEJÍ URČNÍ.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Metoda USLE dle Wischmeier - Smith.....</b>	<b>27</b>
5.1.1	FAKTOR EROZNÍ ÚČINNOSTI PŘÍVALOVÉHO DEŠTĚ (R) .....	28
5.1.2	FAKTOR ERODOVATELNOSTI PŮDY (K) .....	30
5.1.3	FAKTOR DÉLKY A SKLONU SVAHU (L, S).....	31
5.1.4	FAKTOR OCHRANNÉHO VLIVU VEGETACE (C) .....	33
5.1.5	FAKTOR ÚČINNOSTI PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ (P).....	34
5.1.6	VÝPOČET PRŮMĚRNÉ ROČNÍ ZTRÁTY PŮDY .....	34
5.1.7	POSTUP VÝPOČTU EROZNÍHO SMYVU.....	35
<b>5.2</b>	<b>Univerzální rovnice W-S v modifikaci GRIDU.....</b>	<b>42</b>
5.2.1	Vstupní Data .....	44
5.2.2	Teoretická východiska metody USLE 2D.....	45
5.2.3	GIS nástroje .....	45
<b>6</b>	<b>METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK CN .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1</b>	<b>Stanovení čísel odtokových křivek CN v povodí.....</b>	<b>49</b>
6.1.1	Objem odtoku.....	50
6.1.2	Kulminační průtok .....	52
<b>6.2</b>	<b>Odhad transportu splavenin .....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>HYDROLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>56</b>
<b>7.1</b>	<b>Teoretické aspekty tvorby povrchového odtoku .....</b>	<b>56</b>
<b>7.2</b>	<b>Charakteristika hydrologického modelu DesQ .....</b>	<b>56</b>
7.2.1	Metodika výpočtu modelu DesQ 4.1 .....	57
7.2.2	Využití modelu DesQ .....	62
7.2.3	Vstupní veličiny.....	63
7.2.4	Výstupní veličiny .....	63
7.2.5	Postup výpočtu .....	64
7.2.6	Výpočet odtokových poměrů před návrhem PEO .....	66

<b>8</b>	<b>NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ.....</b>	<b>79</b>
<b>8.1</b>	<b>Organizační opatření .....</b>	<b>80</b>
8.1.1	Ochranné zatravnění .....	80
8.1.2	Protierozní rozmísťování plodin .....	81
<b>8.2</b>	<b>Biotechnická opatření.....</b>	<b>82</b>
8.2.1	Protierozní průlehy.....	82
8.2.2	Travnaté zasakovací pásy (TZP) .....	84
8.2.3	Ochranná suchá nádrž .....	85
<b>9</b>	<b>VYHODNOCENÍ EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PO NÁVRHU PEO .....</b>	<b>91</b>
9.1	Erozní smyvy po návrhu PEO dle univerzální rovnice Wischmeier – Smith (ERCN) .....	91
9.2	Stanovení erozního smyvu po návrhu PEO metodou Gridu (USLE 2D) .....	93
9.3	Odtokové poměry po návrhu PEO .....	94
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>99</b>
<b>11</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>100</b>
	<i>Seznam tabulek.....</i>	<i>101</i>
	<i>Seznam obrázků .....</i>	<i>102</i>
	<i>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</i>	<i>104</i>
	<i>Seznam příloh.....</i>	<i>105</i>
	<i>Přílohy.....</i>	<i>106</i>

# 1 ÚVOD

Předmětem práce je vyhodnocení účinnosti komplexního systému opatření k.ú. Jerlochovice v povodí Husího potoka. Na základě analýzy a průzkumu území, bylo navrženo možné řešení pomocí hydrologických nástrojů GIS. Pro identifikaci erozně ohrožených ploch a odtokových poměrů byla k výpočtu eroze použita univerzální rovnice Wischmeier-Smith v modifikaci gridu. Na základě vypočtených hodnot byla navržena vhodná protierozní technická a agrotechnická opatření. Jednotlivé prvky byly dimenzovány na hodnoty  $Q_N$  získané z modelu DesQ. Následně byla vyhodnocena účinnost navržených opatření srovnáním výsledků erozních a odtokových poměrů před a po aplikaci opatření.

Pozemkové úpravy jako organizaci půdního fondu si vynucují politické poměry a ekonomická úroveň společnosti. První historické zmínky o takovéto činnosti nacházíme již ve starověké literatuře. Důsledkem původního osídlování krajiny je neupravenost pozemkové držby, která je charakterizována zejména rozptýleností pozemků, jejich nevhodným tvarem, nepřístupností a nepravidelnými tvary katastrálních hranic. Předmětem současných pozemkových úprav jsou všechny pozemky v obvodu pozemkové úpravy bez ohledu na dosavadní způsob využívání a existující vlastnické vztahy k nim. Pozemkovými úpravami se ve veřejném zájmu prostorově a funkčně uspořádávají pozemky. Pozemky se scelují nebo dělí a zabezpečuje se jejich přístupnost a využití. Je zapotřebí vyrovnání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. V těchto souvislostech se k nim uspořádávají vlastnická práva a s nimi související věcná břemena. Současně se jimi zajišťují podmínky pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav dále slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako závazný podklad pro územní plánování. Pokud se nejedná pouze o lokální problém, jsou pozemkové úpravy zpravidla prováděny formou komplexních pozemkových úprav. Součástí každé komplexní pozemkové úpravy je návrh plánu společných zařízení. Ten obsahuje především návrh nové čestní sítě, protierozních a protipovodňových opatření spolu s návrhem prvků územního systému ekologické stability. [11]

## 2 POVODNĚ V JERLOCHOVICÍCH

Více než stoletá voda zasáhla dne 7. července 1997 obec Jerlochovice. Tato událost se bezprostředně dotkla více než poloviny občanů a jejich majetku.



**Obr. 2.1 záplavy v Jerlochovicích červenec 1997**

Další významná povodeň je z 2. července 2009, kdy došlo v důsledku velmi silného přivalového deště k rychlému vzestupu hladiny Husího potoka až na 3. stupeň povodňové aktivity. Došlo k vylití potoka a zatopení domů ve Vlčovicích, Jerlochovicích, Fulneku, Stachovicích a Hladkých Živicích. Další domy a pozemky byly zatopeny vodou tekoucí z polí.



**Obr. 2.2 záplavy v Jerlochovicích červenec 2009**

### 3 PROTIPOVODŇOVÁ A PROTIEROZNÍ OCHRANA KRAJINY

V druhé polovině minulého století prodělal obor protierozní ochrany prudký vývoj. Ekonomická aktivita společnosti, projevující se zvýšeným využíváním přírodních zdrojů, by měla vést společnost ke snaze využívat těchto zdrojů účelně a ekonomicky a chránit je pro příští generace. Erozní jevy, vedoucí k výraznému poškození dvou základních přírodních zdrojů - půdy a vody, se dostaly do popředí pozornosti světové veřejnosti, která hledala možnosti jak je omezit nebo zabránit jejich nepříznivým důsledkům. Vývoj společnosti je determinován možností využívat zdrojů biosféry. Některé z těchto zdrojů mohou být postupně vyčerpány nebo znehodnoceny. Půda, jako jeden z hlavních zdrojů biosféry je podle definice OSN omezený a nenahraditelný přírodní zdroj. V případě postupující degradace a ztráty půdy se stává tento zdroj v mnoha částech světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. Intenzivní využívání půdy pro zemědělskou výrobu a realizace investiční výstavby porušila postupně přirozený kryt půdy a vystavila její povrch působení erozních sil. Rozvinula se eroze, spočívající v destrukčním účinku vody a větru na půdní povrch. Došlo k rozrušování a odnosu půdní hmoty zemského povrchu a k jejímu ukládání v místech poklesu účinnosti erozních faktorů. Činnost vody, větru i ledovců. Jež v přirozených podmínkách probíhala pozvolna, z hlediska lidské generace nepozorovatelně, se v intenzivně využívané krajině výrazně zrychlila a přinesla pro společnost řadu nepříznivých důsledků. Historická eroze, jež se v minulých geologických obdobích účastnila vytváření formy zemského reliéfu, byla vystřídána zrychlenou erozí, jež dále modeluje zemský povrch. Při normální erozi probíhají erozní jevy zvolna při stavu rovnováhy v přírodě. Opačně tomu je u eroze abnormální neboli zrychlené, která nastává při porušení přírodní rovnováhy. Zrychlená eroze je příčinou nebezpečného uvolňování a transportu půdních částic a chemických látek. Při normální erozi je ztráta půdních částic doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu, transportní procesy jsou nevýrazné. Při zrychlené erozi dochází k takovému smyvu půdních částic a živin, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem. Chemické látky dodané půdě jsou často odneseny v plném množství. Nepříznivé důsledky zrychlené eroze, zvláště industrializačními a urbanizačními procesy, se projevují nejen v ohrožení půdy, ale i v ohrožení dalšího základního přírodního zdroje - vody, a to znečištěním uvolněnými a transportovanými látkami. Ztráta půdy postihuje nejvíce zemědělství. Uvolňování a odnos půdních částic se často děje ve velkém měřítku. Mnohdy se při intenzivních srážkách smyje mělká půdní vrstva a obnaží se půdní podklad, což má při dlouhodobém procesu tvorby nové půdy pro zemědělskou výrobu velmi nepříznivé důsledky. Ztráta rostlinných živin znamená vedle snížení výnosu i zhoršení kvality sklizně. Při erozních procesech s nižší intenzitou dochází ke ztrátě jemných půdních částic. Tím se mění půdní textura i struktura a snižuje se vodní kapacita půdy. Při procesech vodní eroze s vyšší intenzitou, při nichž dochází ke smyvu značné části vrchního půdního horizontu, nepřijímá nižší horizont, obvykle s menším obsahem organické hmoty a s menší propustností, v dostatečné míře srážkovou vodu. Půdní profil je ochuzen o zásobu vláhy, což má v suchých obdobích výrazný vliv na vývoj vegetace. Uvolněné půdní částice jsou ukládány na úpatí svahů. Jemný materiál je však transportován vodou do hydrografické sítě, v níž tvoří část splavenin. Splaveniny zanášejí vodní toky, vodní nádrže a stavby na tocích a

zmenšují tak jejich kapacitu. Nebezpečí je o to větší, když se půda dostává do styku s velkým množstvím chemických látek ve formě průmyslových hnojiv a pesticidů, Chemické látky jsou transportovány spolu s půdními částicemi a pronikají do povrchových a podzemních vod, čímž ohrožují jejich využití. Chemické látky z půdního povrchu se objevují v povrchových i podzemních vodách a mají značný vliv na kvalitu vody. Vysoký obsah dusíku spolu s fosforem způsobuje eutrofizaci mnoha vodních nádrží. [12]

Z výše zmíněných důvodů je protierozní ochrana při snaze účelně a hospodárně využívat přírodních zdrojů nezbytná. Jejím úkolem je chránit dva nejcennější z těchto zdrojů - půdu a vodu - a zabránit nepříznivým důsledkům. [12]

K zajištění podmínek pro ochranu a zúrodnění půdního fondu (mimo jiné) slouží dnes pozemkové úpravy (dále jen PÚ). Pozemkové úpravy jako organizaci půdního fondu si vynucují politické poměry a ekonomickou úroveň společnosti. První historické zmínky o takovéto činnosti nacházíme již ve starověké literatuře. Důsledkem původního osídlování krajiny je neupravenost pozemkové držby, která je charakterizována zejména rozptýleností pozemků, jejich nevhodným tvarem, nepřístupností a nepravidelnými tvary katastrálních hranic. Proto bylo původním cílem PÚ scelování půdy a úprava vlastnických vztahů. Po druhé světové válce byl přijat zákon o jednotných zemědělských družstvech, který dal PÚ zcela nový politický směr - co nejrychleji zavést socialistickou zemědělskou výrobu. Důsledkem bylo nekoordinované a násilné vytvoření půdních celků neodbornými zásahy do krajiny. Období třetí etapy socializace vesnice po roce 1974 vyústilo v násilné slučování podniků do seskupení o výměře několika tisíc hektarů. Posledním druhem socialistických projektů, které se tragicky podílely na vytváření zemědělské krajiny, byly souhrnné pozemkové úpravy. Ty měly řešit nejen organizaci půdního fondu, ale i ochranu a tvorbu krajinného prostředí. I přes probíhající výzkumy eroze, kterými se v té době zabývala již řada odborníků, však většinou v projektech převládalo jednostranné hledisko maximální využitelnosti mechanizace a snaha respektovat další ekonomické (nikoli ekologické) ukazatele. Většina navrhovaných opatření k revitalizaci krajiny zůstávala pouze v návrzích. [11]

Protierozní (dále jen PE) opatření dále dělíme na organizační, agrotechnická a technická. Organizační opatření zahrnují změnu tvaru a velikosti pozemku, delimitaci kultur, ochranná zatravnění či zalesnění, PE rozmísťování plodin, PE osevní postupy, PE směr výsadby či pásové střídání plodin. Agrotechnická opatření jsou prováděna formou PE agrotechnologií, hrázkování, důlkování, mulčování nebo hrázkování apod. Biotechnická PEO tvoří PE meze, PE průlehy, PE příkopy, stabilizace drah soustředěného povrchového odtoku, PE hrázky, PE nádrže, terasování a polní cesty s PE funkcí. [13]

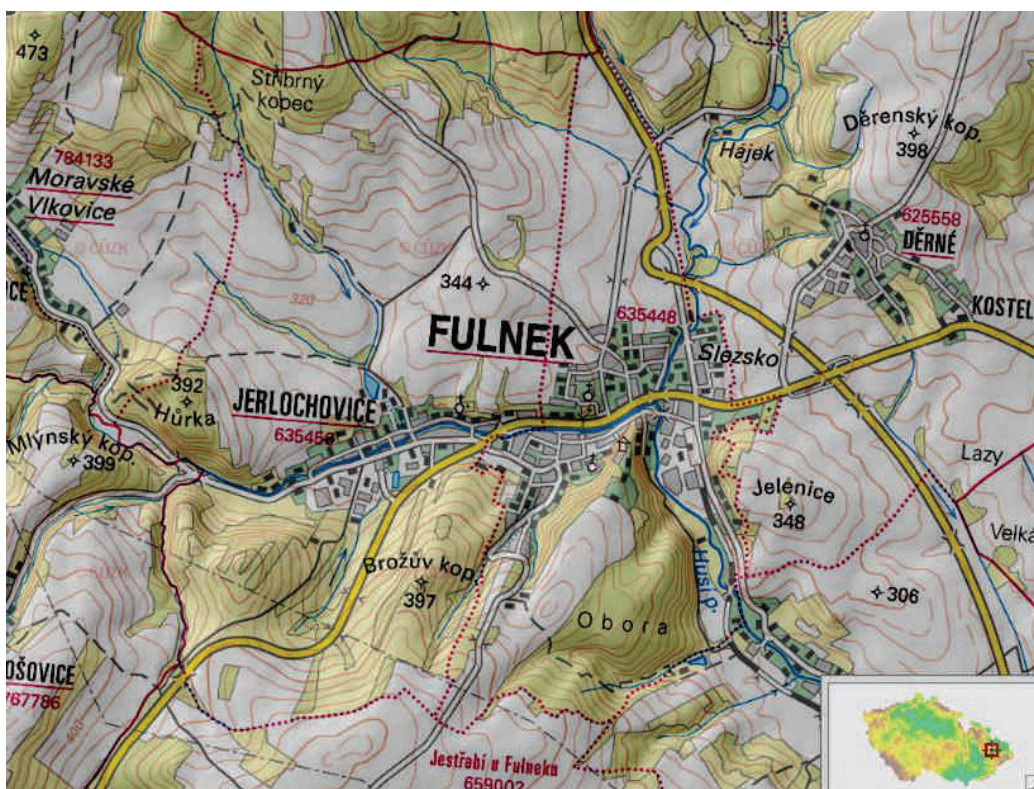
Protipovodňová ochrana je v rámci PÚ obvykle prováděna pomocí suchých retenčních nádrží (tzv. poldrů). Ochranné retenční nádrže patří k základním vodohospodářským opatřením určeným k ochraně krajiny, objektů a zařízení před nepříznivými účinky velkých vod. Jejich hlavním úkolem je zachycení povodňové vlny a splavenin v retenčním prostoru nádrže a její transformaci na přípustnou hodnotu. Začlenění ochranných nádrží do krajiny, jejich uspořádání a provoz úzce souvisí s řešením PÚ. [14]

## 4 POPIS ŘEŠENÉHO ÚZEMÍ

### 4.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA

Jerlochovice, je část města Fulnek v okrese Nový Jičín a zároveň jedno z katastrálních území města. Katastrální území Jerlochovic, jehož zástavba těsně sousedí se zástavbou vlastního Fulneku, má rozlohu 8,76 km<sup>2</sup>. Obcí protéká Husí potok, jenž je přítokem řeky Odry. Zástavba Jerlochovic, jakož i téměř celý katastr leží na Moravě, ale několik parcel u zaniklého meandru Husího potoka původně náleželo k Tošovicím a leží tudíž ve Slezsku.

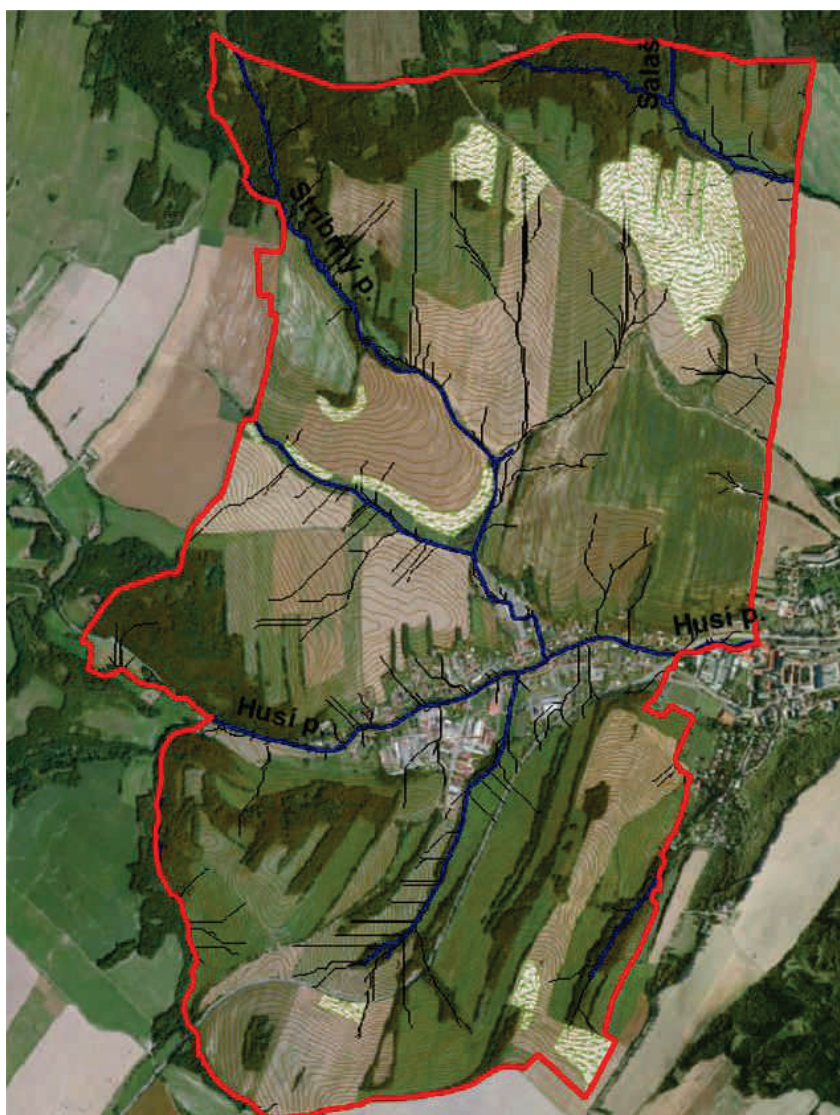
Prochází zde silnice I/47. V roce 2009 zde bylo evidováno 158 adres. V roce 2001 zde trvale žilo 653 obyvatel. [3] Obec spadá pod správu Olomouckého kraje. Průměrná nadmořská výška je 367 m n. m. [4]



Obr. 4.1 Situace řešeného území [5]

## 4.2 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Zájmovým územím protéká Husí potok, jenž pramení v moravskoslezském kraji v nadmořské výšce 500 m n.m., je přítokem řeky Odry a jeho délka je od pramene k ústí 19km, katastrálním územím Jerlochovice protékají 2km. Na území povodí se dále nachází Stříbrný potok a potok Salaš. Celková plocha povodí je 8,76km<sup>2</sup>. Celé zájmové území přísluší do hydrologického pořadí 2-01-01-081. [6]



Obr. 4.2 Vymezení zájmového území

## 4.3 PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Půdní a klimatické podmínky území, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení, byly odvozeny z mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek. Jak lze vyčíst z první číslice kódu BPEJ, zájmové území

spadá do mírně teplého, vlhkého, nížinného klimatického regionu 7 (MT4). Průměrné roční teploty se pohybují okolo 7,5 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 830 mm.

Druhá a třetí číslice kódu BPEJ vymezuje příslušnost k určité hlavní půdní jednotce (těch je v ČR 78). Hlavní půdní jednotka je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu.

Území charakterizuje průměrná hodnota faktoru erodovatelnosti půdy K rovna 48. Faktor erodovatelnosti půdy (náchylnosti půdy k erozi) je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřená v  $t \cdot ha^{-1}$  na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R.

#### **V povodí Husího potoka jsou zastoupeny tyto hlavní půdní jednotky:**

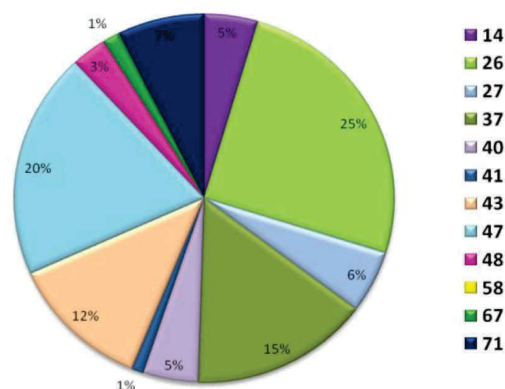
- 14 Luvizemě modální, hnědozemě luvické včetně slabě oglejených na sprašových hlínách (prachovicích) nebo svahových (polygenetických) hlínách s výraznou eolickou příměsí, středně těžké s těžkou spodinou, s příznivými vláhovými poměry
- 26 Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně 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
- 40 Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici
- 41 Půdy jako u HPJ 40 avšak zrnitostně středně těžké až velmi těžké s poněkud příznivějšími vláhovými poměry
- 43 Hnědozemě luvické, luvizemě oglejené na sprašových hlínách (prachovicích), středně těžké, ve spodině i těžší, bez skeletu nebo jen s příměsí, se sklonem k převlhčení
- 47 Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, kambizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření
- 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 podložím teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vláhové poměry po odvodnění příznivé
- 67 Gleje modální na různých substrátech často vrstevnatě uložených, v polohách širokých depresí a rovinných celků, středně těžké až těžké, při vodních tocích závislé na výšce hladiny toku, zaplavované, těžko odvodnitelné
- 71 Gleje fluvické, fluvizemě glejové, stejných vlastností jako HPJ 70, avšak výrazně vlhčí při terasových částech úzkých niv

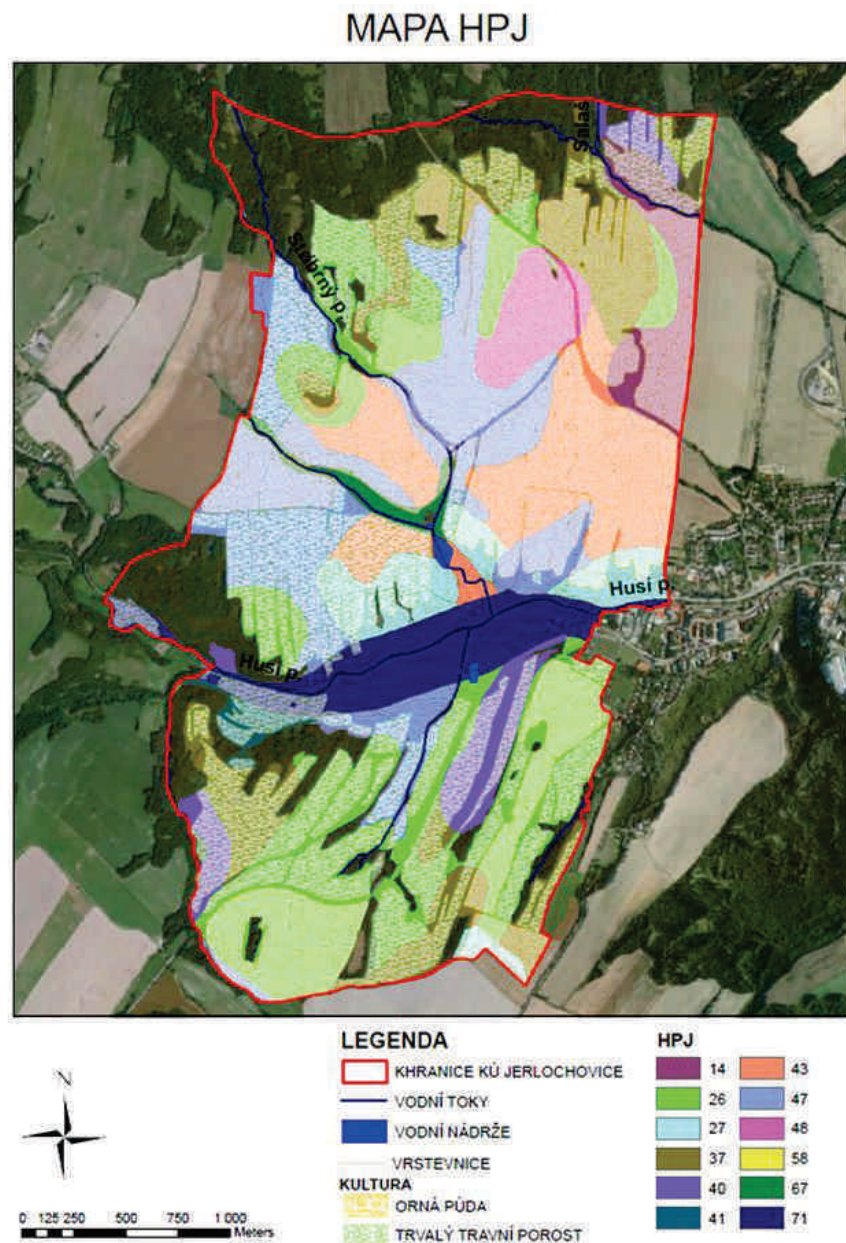
**Tab. 4.1 Charakteristika pedologických poměrů**

HPJ	plocha [km <sup>2</sup> ]	zastoupení [%]
14	0,328	4,6
26	1,804	25,2
27	0,389	5,4
37	1,089	15,2
40	0,335	4,7
41	0,073	1,0
43	0,866	12,1
47	1,418	19,8
48	0,217	3,0
58	0,0002	0,0
67	0,102	1,4
71	0,529	7,4

**Graf 2. Procentuelní zastoupení podle HPJ**



**Obr. 4.3 Procentuelní zastoupení podle HPJ**



Obr. 4.4 Mapa hlavních půdních jednotek

## 4.4 HYDROPEDOLOGICKÉ POMĚRY

Území dominuje hydrologická skupina půd (HSP) třídy B se zastoupením 56,06%, jsou to půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité.

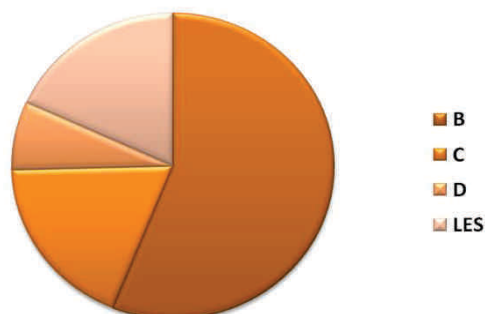
Dále zde jsou zastoupeny půdy třídy C a to 18,54%, jsou to půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.

Jako třetí zastoupenou hydrologickou skupinou půd je třída D, jež představuje 7,21%. Jsou to půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,02 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.

**Tab. 4.2 Charakteristika hydropedologických poměrů**

HSP	B	C	D	LES
plocha [km <sup>2</sup> ]	4,90	1,62	0,63	1,59
zastoupení [%]	56,06	18,54	7,21	18,19

**Graf 1. Procentuelní zastoupení podle HSP**



**Obr. 4.5 Procentuelní zastoupení podle HSP**



Obr. 4.6 Mapa HSP

Tab. 4.3 Hydrologické skupiny půd [2]

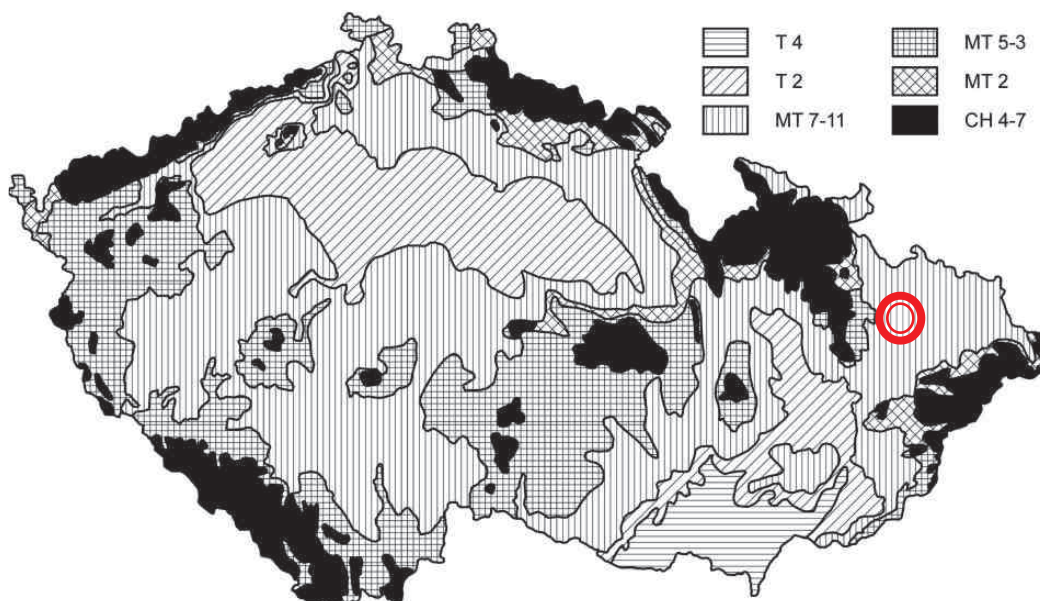
Hydrologická skupina	Charakteristika hydrologických vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrné odvodněné písky nebo štěrky
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující především jíly s vysokou bobrnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím

## 4.5 KLIMATICKÉ POMĚRY

V roce 1971 bylo E. Quittem zpracováno klimatickogeografické členění Československa, ve kterém vymezil na našem území 3 základní klimatické oblasti - teplou, mírně teplou a chladnou. Řešené území spadá v rámci mírně teplé klimatické oblasti do podoblasti teplejšího a suššího charakteru. [7]

Tato podoblast je obklopena mírně teplou podoblastí (MT10 a MT11), která má poněkud vlhčí léto, delší přechodné období a delší trvání sněhové pokrývky.

Průměrná roční teplota je 7,5 °C a průměrný roční srážkový úhrn se pohybuje okolo 830 mm za rok. Stoletá denní srážka v okolí zájmového území je 83 mm. [7]

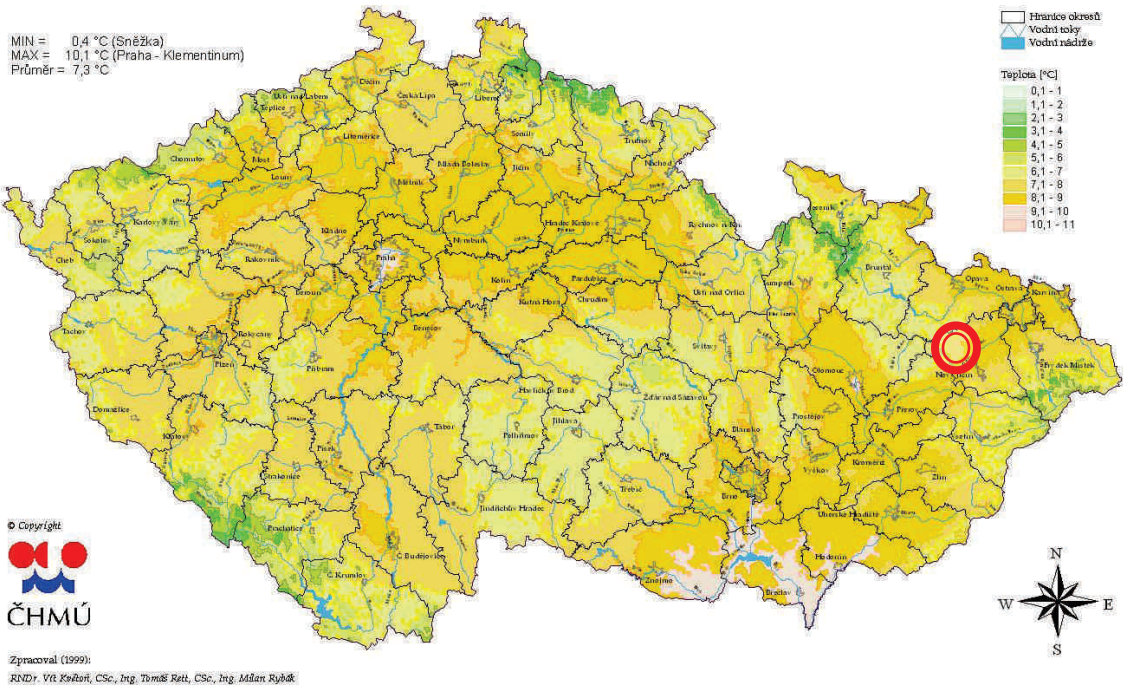


Obr. 4.7 Mapa klimatických oblastí dle Quitta [7]

Tab. 4.4 Klimatické charakteristiky pro oblast povodí Odry – období 1992 – 2003 [8]

Prvek	Jednotka	Hodnota	Rok / Datum	Stanice
Průměrný úhrn srážek	mm	830,5	-	
Max. úhrn srážek	mm	2063,6	1997	Lysá hora
Min. úhrn srážek	mm	373,8	1993	Jindřichov ve Slezsku
Průměrná teplota vzduchu	°C	7,5	-	
Max. průměrná teplota vzduchu	°C	11,0	2000	Bohumín
Min. průměrná teplota vzduchu	°C	2,3	1996	Lysá hora
Prům. roční výška nového sněhu	cm	142,6		
Max. výška sněhové pokrývky	cm	244,0	30.3.1992	Praděd

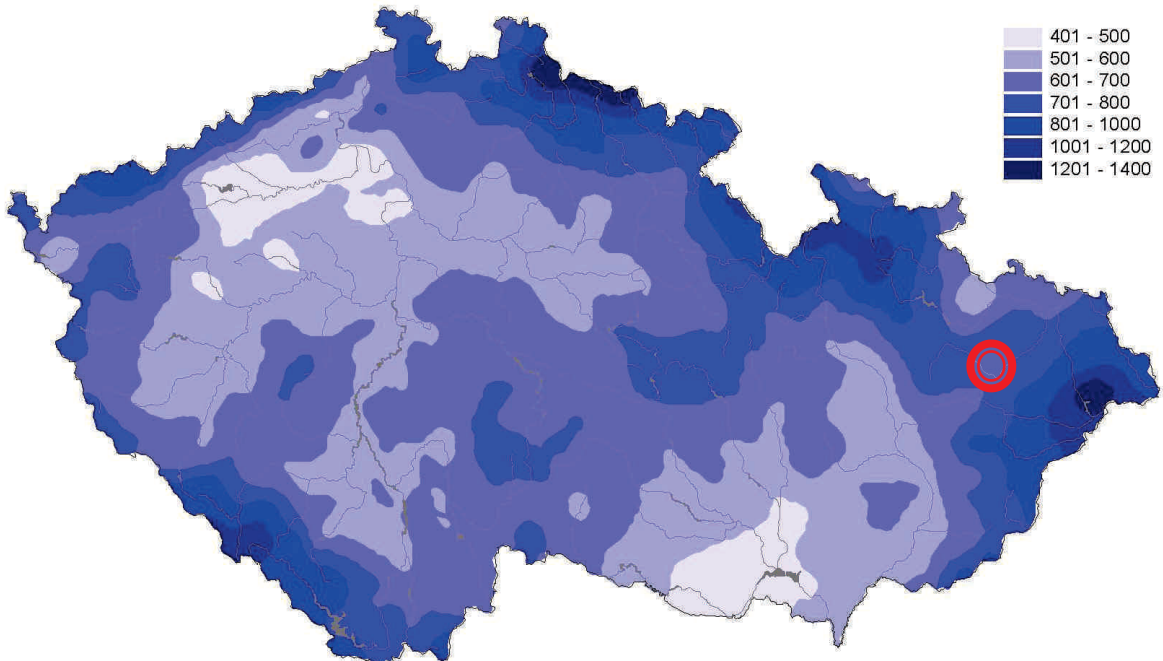
Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961-1990 [°C]. Česká republika.



Obr. 4.8 Mapa průměrných ročních teplot ČR [7]

Normály ročních srážkových úhrnů 1961 - 90 [mm]

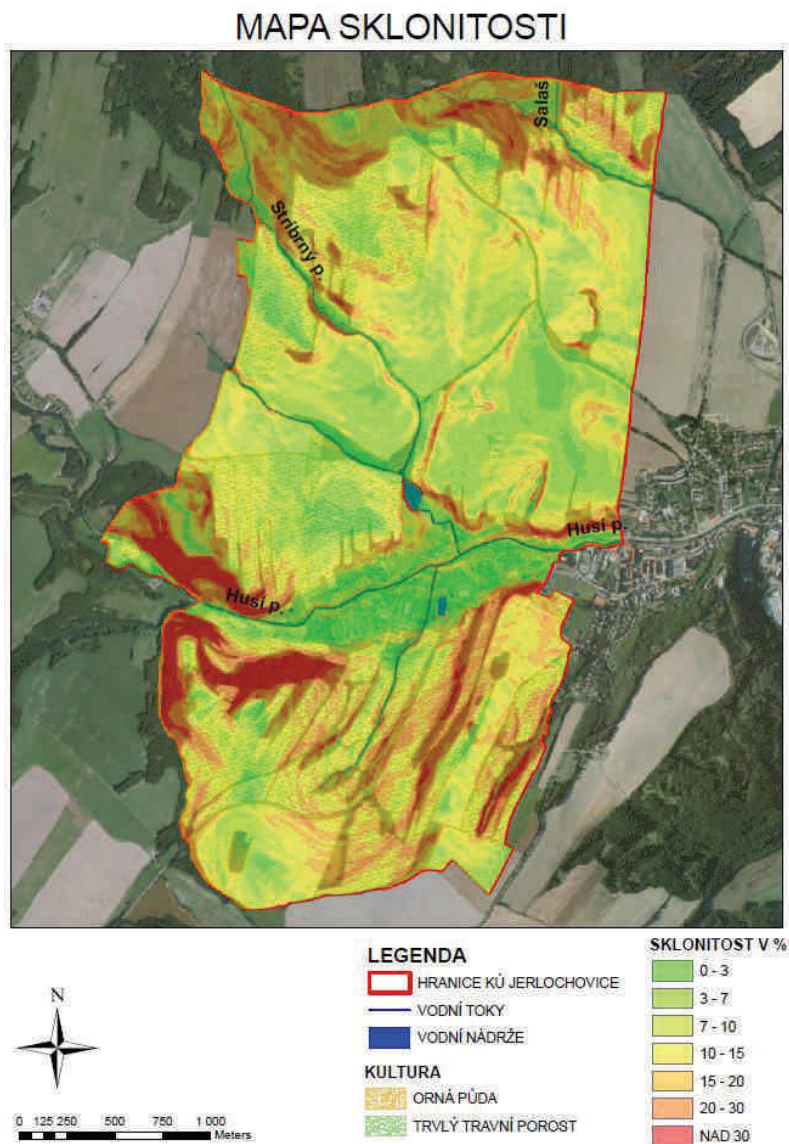
(Metoda spliningu dr. Kočtoně a ing. Řeřt)



Obr. 4.9 Mapa průměrných ročních srážkových úhrnů ČR [7]

## 4.6 MORFOLOGICKÉ POMĚRY

Terén celého území je rovinatý až mírně členitý s převládající sklonitostí od 7 do 15 % procent. Na obr 2.8 je vidět mapa sklonitosti celého zájmového území. Území leží na rozhraní systémů Hercynského a Alpinského.



Obr. 4.10 Mapa sklonitosti

## 4.7 ROZBOR VEGETAČNÍCH POMĚRŮ

Rozloha katastrálního území činí 876 ha. Přirozenou lesní vegetaci tvoří porosty jehličnatých stromů a to převážně smrků. Lesní plocha tvoří 22,2% z celkové plochy zájmového území. Orná půda je zde zastoupena 43,2% a zbytek tvoří trvalý travní porost, jako jsou louky a pastviny.

## MAPA KRAJINNÉHO POKRYVU

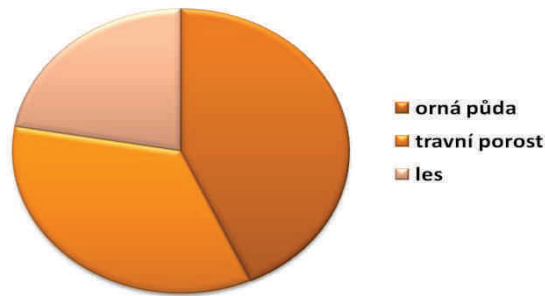


Obr. 4.11 Mapa krajinného pokryvu

Tab. 4.5. Charakteristika vegetačních poměrů

vegetace	orná půda	travní porost	les
plocha [km <sup>2</sup> ]	3,09	2,47	1,59
zastoupení [%]	43,2	34,5	22,2

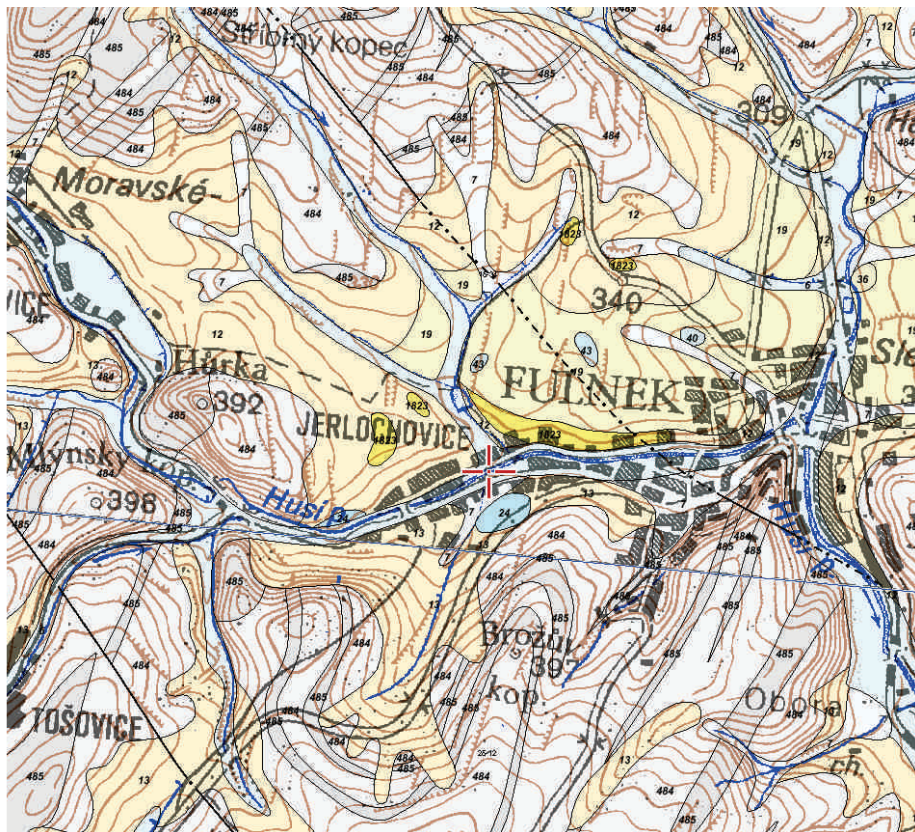
Graf 3. Procentuelní zastoupení vegetace



Obr. 4.12 Procentuelní zastoupení vegetace

## 4.8 GEOLOGICKÉ POMĚRY









Z geologického hlediska v řešeném území zaujímají největší plochu sedimenty spodnopaleozoického stáří. Jedná se o tektonicky postižené droby, břidlice a jen velmi ojediněle se v těchto horninách nacházejí slepence. Lokalita v regionálním členění leží v Karpatech - karpatská předhlubeň - severní část. Stratigraficky patří do neogénu.



Obr. 4.13 Geologická mapa zájmového území [2]

Legenda:

 písčito-hlinitý až hlinito-písčítý sediment [ID: 12]

-  kamenitý až hlinito-kamenitý sediment [ID: 13]
-  sprašová hlína [ID: 19]
-  vápnitý jíl (tégel), místy s polohami písků [ID: 1823]
-  písek, štěrk [ID: 24]
-  jíl, písek [ID: 43]
-  jíl, varvy [ID: 40]
-  droby [ID: 485]
-  jílovité břidlice, prachovce, droby [ID: 484]

Součástí obce Jerlochovice je pískovcové těleso, které lemuje severní stěny a úpatí svahu husího potoka a směrem k západu vyúsťuje do dnes již opuštěné pískovny. Těleso se skládá z pískovců a jílovitých pískovců, které se usadily asi před 15 miliony lety v okrajové části mělkého moře, které zaplavilo staré údolí vybíhající z poslední, nejmladší karpatské předhlubně. Pískovce Jerlochovických stěn jsou dnes jedinou, dobře zachovalou přístupnou ukázkou těchto uloženin na celém ostravsku.

Výška stěn je 7-12 m, délka odkryvu 150m. Jemné až středně zrnité písky vytváří vrstvy o mocnosti 10-95 cm.



**Obr. 4.14 Opuštěná pískovna u Jerlochovic [2]**

## 5 OHROŽENOST PŮDY VODNÍ EROZÍ A VYUŽITÍ HYDROLOGICKÝCH NÁSTROJŮ A GIS NÁSTROJŮ PRO JEJÍ URČENÍ

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

Vodní eroze se na povrchu půdy projevuje selekcí půdních částic a vznikem odtokových drah různých rozměrů (rýžek, rýh, výmolů), v místech výrazné koncentrace povrchového odtoku se mohou vytvářet strže. V depresích a na místech sníženého sklonu dochází zpravidla pod pozemky k ukládání půdních částic. Částice transportované za hranice pozemků se dostávají do hydrografické sítě, kde vytvářejí splaveniny. Ty sedimentují v nádržích a v úsecích toků se sníženou transportní schopností. Z hlediska objemu splavenin je jejich největším zdrojem smyv orné půdy.

Ohroženost řešeného území vodní erozí byla vyhodnocena několika způsoby a následně porovnána. V prvním případě byla použita klasická univerzální rovnice Wischmeier-Smithova, která je součástí programu ERCN. Dále byla tato rovnice použita v modifikaci gridu. Výpočet eroze byl také proveden metodou USLE 2D. Následně byl proveden rozbor odtokových poměrů metodou čísel odtokových křivek CN v modifikaci modelu DesQ dle Hrádka.

### 5.1 METODA USLE DLE WISCHMEIER - SMITH

K určování ohroženosti zemědělských půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření se podobně jako v jiných zemích používá v České republice tzv. univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE (Universal Soil Loss Equation) dle Wischmeiera a Smitha (1978). Jedná se o empirický model, vycházející z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalem dešti mechanicky kultivován ve směru sklonu svahu jako úhor. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje trvale a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy.

Při výpočtu erozního smyvu pomocí této rovnice se bere v úvahu všechny klimatické, vegetační, geologické, půdní a hydrologické poměry. Ty jsou zastoupeny v šesti faktorech, jež svým charakterem ovlivňují velikost erozního smyvu podle vztahu:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (3.1)$$

Kde:

- G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy [t .ha-1.rok-1],
- R faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>],
- K faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu [t.h.MJ<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>],
- L faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikosti ztráty půdy erozí
- S faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí
- C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice
- P faktor vlivu protierozních opatření

Jednotlivé faktory univerzální rovnice byly stanoveny na základě těchto podkladů:

- mapy s vyznačením izohyet faktoru erozní účinnosti deště R,
- stanovení faktoru ochranného krytu vegetace se provedlo s ohledem na dlouhodobou strukturu pěstovaných plodin vztažených ke klimatickým regionům BPEJ řešeného území a byl stanoven na hodnotu C = 0,254 a C = 0,229
- státních map 1:10 000 - ZABAGED pro zjištění L a S faktorů,
- BPEJ 1:5 000 pro určení faktoru K,
- Registr PB IACS pro stanovení rozmístění druhů pozemků.

Dosazením odpovídajících hodnot faktorů šetřených pozemků daného území do univerzální rovnice pro vybrané odtokové linie (viz tab. č. 5) se určila dlouhodobá průměrná ztráta půdy vodní erozí v t.ha-1.rok-1 z těchto pozemků při uvažovaném způsobu jejich využívání a porovnávala se s přípustnou ztrátou půdy dle metodiky PEO [15].

### 5.1.1 FAKTOR EROZNÍ ÚČINNOSTI PŘÍVALOVÉHO DEŠTĚ (R)

Faktor erozní účinnosti deště R byl v USA odvozen na základě velkého množství dat o dešťových srážkách. Data ukazují, že jsou-li ostatní faktory USLE konstantní, je ztráta půdy z obdělávaného pozemku přímo úměrná součinu celkové kinetické energie přívalového deště (E) a jeho maximální 30-ti minutové intenzity (i<sub>30</sub>):

$$R = \frac{E \cdot i_{30}}{100} \quad (3.2)$$

Kde:

R - faktor erozní účinnosti deště [MJ.ha<sup>-1</sup>.cm.h<sup>-1</sup>]

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

$i_{30}$  - maximální 30minutová intenzita deště [ $cm \cdot h^{-1}$ ]

**Celková kinetická energie deště se určí ze vztahu:**

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

Kde:

$E_i$  - kinetická energie  $i$ -tého úseku deště [ $J \cdot m^{-2}$ ]

$n$  - počet úseků deště

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

Kde:

$i_{si}$  - intenzita deště  $i$ -tého úseku [ $cm \cdot h^{-1}$ ]

$H_{si}$  - úhrn deště v  $i$ -tém úseku [ $cm$ ]

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

Roční hodnota faktoru  $R$  se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přivalových dešťů, které se v daném roce vyskytly, přičemž se neuvažují deště s úhrnem menším než 12,5 mm a pokud v průběhu 15ti-minut nespadlo alespoň 6,25 mm a musí být oddělené od ostatních dešťů dobou delší než 6 hodin. [15]

Pro Českou republiku byla původně průměrná roční hodnota faktoru erozní účinnosti deště  $R = 20 MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$  určena na základě dlouhodobé řady pozorování srážek na 3 stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (Klementinum, Tábor a Bílá Třemešná) s tím, že k výpočtu  $R$ -faktoru byly použity deště s úhrny sníženými o 12,5 mm.

S ohledem na problémy meteorologického a podkladového charakteru, které stanovení  $R$  faktoru provázejí, nezdá se být zatím účelné  $R$  faktor pro území České republiky regionalizovat, ale používat v USLE – pro naprosto převažující plochu zemědělské půdy České republiky průměrnou hodnotu  $R$  faktoru =  $40 MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ , tedy dvojnásobku oproti hodnotě dříve doporučené. [15]

**Tab. 5.1 Průměrné rozdělení faktoru  $R$  přivalových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR**

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

Z rozložení v Tab 5.1 vyplývá, že v období červen – srpen se vyskytuje téměř 80% erozně nebezpečných dešťů a proto je ochrana půdy zejména vegetačním pokryvem v těchto měsících nejdůležitější.

### 5.1.2 FAKTOR ERODOVATELNOSTI PŮDY (K)

Reprezentuje půdní poměry, především pak infiltrační schopnost půdy a odolnost jednotlivých půdních zrn proti eroznímu rozrušování dopadajících kapek a následnému odnosu po povrchu. Definuje se jako odnos půdy v t/ha vztaženého na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku délky 22,13 m udržovaný jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu. Pro přibližné hodnoty lze využít tabulku, kde je faktor odvozen od hlavní půdní jednotky. [15]

Faktor erodovatelnosti půdy lze stanovit třemi postupy:

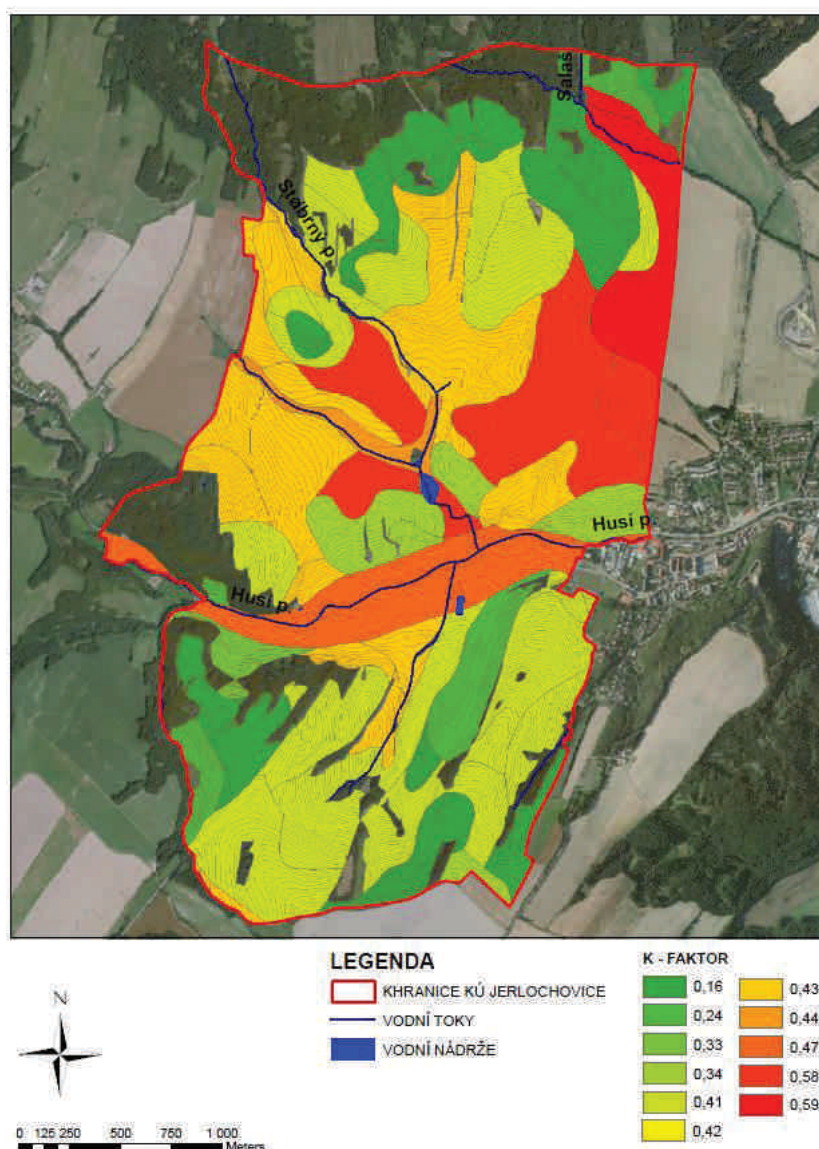
1. podle vztahu odvozeného pro faktor K
2. podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu
3. přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd

U prvních dvou postupů stanovení je třeba mít k dispozici základní údaje o dané půdě, případně výsledky rozborů přímo v terénu odebraných směsných půdních vzorků z šetřeného pozemku. [15]

K faktor pro potřeby diplomové práce byl stanoven podle hlavních půdních jednotek BPEJ. K určení hodnoty K faktoru je nutno znát HPJ (hodnota 2 a 3 čísla kódu BPEJ). Faktor erodovatelnosti půdy pro dané povodí je dán součtem hodnot K jednotlivých půd, vážených plochami připadajícími na dané půdy.

**Tab. 5.2 Hodnoty faktoru K podle HPJ**

HPJ	K-faktor
1	0,41
2	0,46
8	0,49
10	0,53
11	0,52
12	0,50
14	0,59
15	0,51
20	0,28
26	0,41
27	0,34
40	0,24
62	0,35



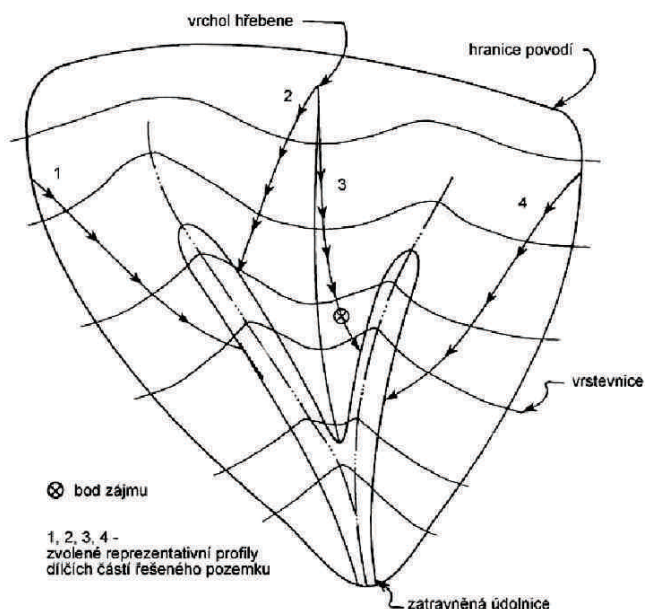
Obr. 5.1 Mapa K faktoru

### 5.1.3 FAKTOR DÉLKY A SKLONU SVAHU (L, S)

Vliv sklonu a délky svahu na velikost půdního smyvu vyjádřili Wischmeier a Smith (1965) topografickým faktorem LS v charakteristických odtokových drahách na vyšetřovaném pozemku, který představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 metrů se sklonem 9 %. L- faktor délky svahu vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí, S – faktor sklonu vyjadřuje vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí. [15]

LS faktor se stanoví na základě situování odtokových výpočtových linií, které se navrhnou v rámci celků erozně uzavřených, případně na jednotlivých pozemcích kolmo na vrstevnice tam, kde se předpokládá nejvyšší hodnota kombinace LS. K rozdělení území na celky erozně uzavřené a k návrhu průběhu linií bylo využito DMT.

Nepřerušovaná délka svahu je měřena od rozvodnice nebo od horní hrany pozemku (pokud se nepředpokládá povrchový odtok z vyšších partií), vždy však od prvku přerušujícího povrchový odtok (cesta s příkopem, příkop, průleh, hrázka, apod.). Změna plodin nebo změna technologie na pozemku bez přerušujícího prvku není důvodem pro přerušování výpočtové délky. Výpočtové linie mají být stanoveny variantně v drahách předpokládaného plošného povrchového odtoku. Příklad volby rozmístění reprezentativních drah povrchového odtoku na pozemku je uveden na obr. 4.2.



**Obr. 5.2 Schéma umístění reprezentativních drah plošného povrchového odtoku na pozemku pro určení topografického faktoru [15]**

### **Faktor délky svahu (L):**

Intenzita eroze se zvyšuje s rostoucí délkou svahu, která je definována jako horizontální vzdálenost od místa vzniku povrchového odtoku k bodu, kde se sklon svahu snižuje natolik, že dochází k ukládání erodovaného materiálu nebo se plošný odtok soustředí do odtokové dráhy. Hodnota faktoru délky svahu L se stanoví ze vztahu WISHMEIERA a SMITHE (1978) se zahrnutím přístupu použitého v tzv. RUSLE (Revidované universální rovnice ztráty půdy) takto:

$$L = (l/22,13)^m \quad (3.7)$$

Kde:

22,13 je délka svahu standardního pozemku [m]

l horizontální projekce délky svahu (uvažuje se nepřerušovaná délka svahu), není to vzdálenost rovnoběžná s povrchem půdy [m]

m exponent sklonu svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

Nízký poměr rýžkové eroze k plošné se vyskytuje na pastvinách a jiných ulehlých půdách s vegetačním pokryvem. Střední poměr rýžkové eroze k plošné se vyskytuje na pozemcích s řádkovými plodinami nebo na středně ulehlých půdách s řídkým nebo

středním pokryvem. Vysoký poměr rýžkové eroze k plošné se vyskytuje na nově vytvořených antropogenních půdách a na velmi zkrpřených půdách. Pokud jsou sklony svahu vyšší než 15%, uvažuje se pouze vysoký poměr rýžkové eroze k plošné. [15]

#### **Faktor sklonu svahu (S):**

Ztráta půdy se zvyšuje se vzrůstajícím sklonem svahu, a to rychleji než je tomu u délky svahu. Vliv délky a sklonu svahu na smyv půdy se posuzuje v navržených trasách výpočtových odtokových linií na pozemku. Linie se určily na základě DMT generovaného z topografických podkladů ZABAGED v prostředí ArcGIS a ATLAS DMT.

### **5.1.4 FAKTOR OCHRANNÉHO Vlivu VEGETACE (C)**

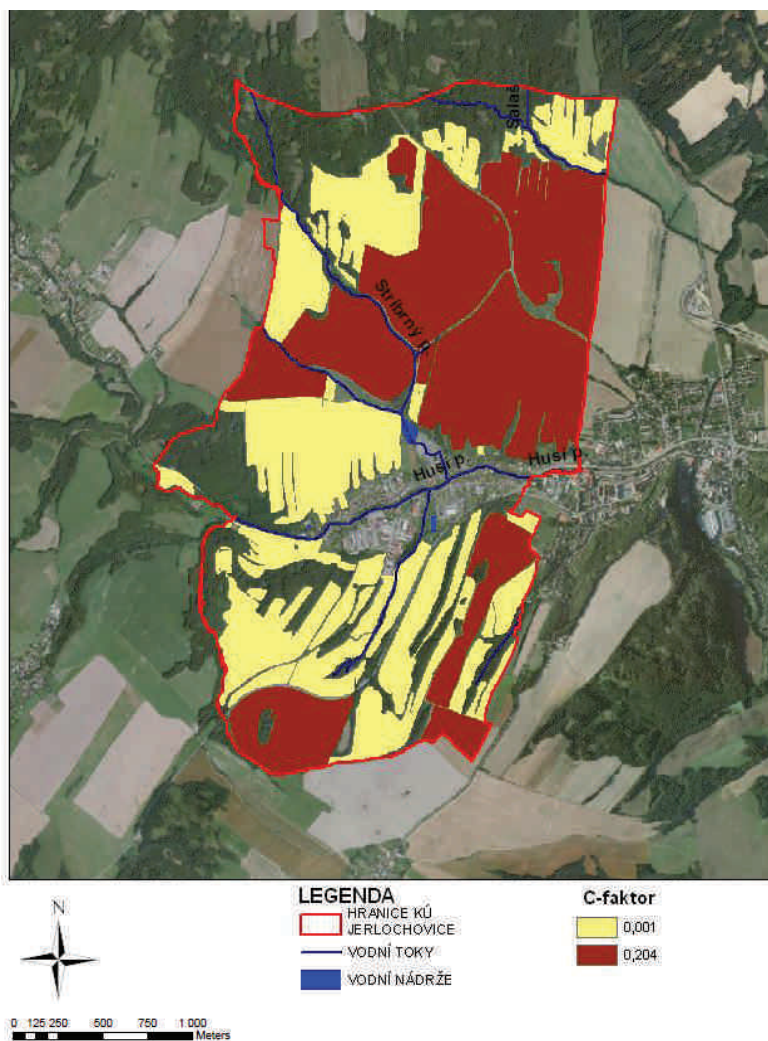
Tento faktor zde reprezentuje vliv druhu vysázených plodin na erozní smyv. Vegetace se projevuje na odnosu dvěma způsoby. Prvním je, že chrání půdu před erozním rozrušováním dešťových kapek a jejich následnému odnosu. Druhým je vliv kořenového systému na půdní vlastnosti. Mezi ně patří hlavně pórovitost a propustnost.

Velikost ochrany je přímo závislá na pokryvnosti a hustotě porostu. Mezi rostliny s nejlepším ochranným účinkem tak patří travní porosty a jeteloviny, z pěstovaných plodin pak obiloviny. Naopak nejmenší ochranu poskytují širokořádkové plodiny. Velmi nevhodná je například kukuřice, jejíž ochrana v období jarních bouřek je velmi nedostatečná. Velikost C faktoru je závislá nejen na druhu plodiny, ale také na ročním období. Wischmeier a Smith proto rozdělili roční období do 5 období, podle toho jak se mění jejich ochranný vliv: [15]

1. podmínka a hrubá brázda
2. příprava před setím a do jednoho měsíce po výsadbě
3. druhý měsíc po výsadbě u rostlin sázených na jaře a u ozimů do 30.4.
4. období od konce 3. období do sklizně
5. strniště

Protože se velikost C faktoru mění během jednotlivých období, jejichž nástup závisí také na geografii, je potřeba provést opravu R faktoru. Zde se postupuje pomocí procentuálního rozdělení. [15]

V rámci analýzy erozního smyvu byla stanovena hodnota C faktoru dle klimatického regionu. V případě klimatického regionu 7, který se na daném území nachází je hodnota C faktoru 0,204 pro ornou půdu a 0,005 pro TTP (trvalý travní porost).



Obr. 5.3 Mapa C faktoru

### 5.1.5 FAKTOR ÚČINNOSTI PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ (P)

P faktor zahrnuje lidskou činností vytvořená protierozní opatření. Ta jsou většinou technického nebo organizačního charakteru. Mezi technické patří průlehy, příkopy, meze, terasování nebo výstavba polních cest. Mezi organizační patří pásové střídání rostlin, obdělávání po vrstevnici a další. Kromě nich je zde možné ještě zařadit agrotechnická opatření, mezi něž patří například bezorebné obdělávání. Pro řešenou oblast byla uvažována hodnota faktoru  $P = 1$ . [15]

### 5.1.6 VÝPOČET PRŮMĚRNÉ ROČNÍ ZTRÁTY PŮDY

Pokud vypočtená průměrná ztráta půdy přesáhne přípustnou hodnotu, je potřeba ochranu pozemku zajistit protierozními opatřeními. Z hlediska úrodnosti půdy byla dlouhodobá průměrná přípustná ztráta půdy stanovena podle hloubky půdy:

- u mělkých půd s hloubkou do 30 cm na  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ,
- u středně hlubokých půd s hloubkou od 30 do 60 cm na  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ ,
- u hlubokých půd s hloubkou přes 60 cm na  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

Pro výpočty erozní ohroženosti jednotlivých linií bylo použito programu ERCN, který byl vyvinut pro Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd Praha. Tento program pro výpočet průměrné roční ztráty půdy (G) zpracovává výše uvedené faktory.

V řešeném území se nachází středně hluboké půdy, uvažovali jsme tedy přípustnou ztrátu půdy  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ .

### 5.1.7 POSTUP VÝPOČTU EROZNÍHO SMYVU

- Mapové podklady
- Rozbor území - rozdělení na dílčí povodí a erozně uzavřené celky – vymezení drah soustředěného odtoku (údolnic) a rozvodnic (hřbetnic).
- Situování odtokových linií pro stanovení topografických faktorů L a S. Odtokové linie byly navrženy v místech, kde se předpokládají nejvyšší hodnoty L, S faktorů. Linie se rozdělily na několik výpočtových úseků. U každého úseku se stanovila jeho délka, převýšení v metrech a K faktor.
- Stanovení hodnoty K faktoru na základě podkladů BPEJ
- Faktor účinnosti protierozních opatření  $P = 1$
- Faktor erozní účinnosti deště  $R = 20$ .
- Stanovení faktoru C na základě znalosti čísla klimatického regionu
- Vypočtený smyv se porovnal se smyvem přípustným a tam kde byl smyv překročen se navrhlo vhodné PEO.



Obr. 5.4 Vyznačení odtokových linií

### Odtoková linie č. 1

Celkový erozní smyv **G = 16,30 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
132	13	0,42	9,85					
109	12	0,42	11,01					
121	11	0,44	9,09					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
362	36	9,94	0,43	4,04	1,15	0,204	1	40

### Odtoková linie č. 2

Celkový erozní smyv **G = 15,7 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
65	4	0,42	6,15					
155	18	0,42	11,61					
193	16	0,42	8,29					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
413	38	9,20	0,42	4,32	1,06	0,204	1	40

### Odtoková linie č. 3

Celkový erozní smyv **G = 4,06 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
33	2,5	0,16	7,85					
147	10	0,16	6,8					
289	8,5	0,58	2,94					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
469	21	4,48	0,42	3,39	0,35	0,204	1	40

### Odtoková linie č. 4

Celkový erozní smyv **G = 9,56 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
85	6,5	0,42	7,65					
104	6	0,42	5,77					
75	7	0,44	9,33					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
264	19,5	7,39	0,43	3,45	0,79	0,204	1	40

### Odtoková linie č. 5

Celkový erozní smyv **G = 15,4 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
83	2,5	0,58	3,01					
72	4	0,58	5,56					
114	13,5	0,44	11,84					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
269	20	7,43	0,52	3,49	1,04	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 6

Celkový erozní smyv **G = 13,7 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
181	19,5	0,42	10,77
227	16,5	0,42	7,27
39	3	0,44	7,69

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
447	39	8,72	0,42	4,49	0,89	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 7

Celkový erozní smyv **G = 18,24 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
42	6	0,42	14,29
88	8	0,42	9,09
182	21,5	0,42	11,81

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
312	35,5	11,38	0,42	3,75	1,42	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 8

Celkový erozní smyv **G = 16,7 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
87	7	0,42	8,05
75	7,5	0,42	10
145	16,5	0,44	11,38

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
307	31	10,10	0,43	3,72	1,28	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 9

Celkový erozní smyv **G = 9,84 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
44	3,5	0,44	7,95
106	12	0,44	11,32
130	6	0,44	4,62

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
280	21,5	7,68	0,44	3,56	0,77	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 10

Celkový erozní smyv **G = 13,16 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
133	5,5	0,58	4,14
99	8	0,58	8,08
58	6	0,44	10,34

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
290	19,5	6,72	0,55	3,62	0,81	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 11

Celkový erozní smyv **G = 10,76 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
30	0,5	0,58	1,67
154	8	0,58	5,19
201	14	0,44	6,97

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
385	22,5	5,84	0,51	4,17	0,62	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 12

Celkový erozní smyv **G = 9,73 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
136	7	0,58	5,15
89	6	0,58	8,33

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
208	13	6,25	0,53	3,07	0,67	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 13

Celkový erozní smyv **G = 17,84 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
187	12,5	0,58	6,68
35	4	0,58	11,43
62	8	0,44	12,9

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
284	24,5	8,63	0,55	3,58	1,11	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 14

Celkový erozní smyv **G = 11,72 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
85	4	0,58	4,71
70	4	0,58	5,71
175	14	0,44	8

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
330	22	6,67	0,51	3,86	0,73	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 15

Celkový erozní smyv **G = 9,14 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]
55	6	0,16	10,91
35	3	0,42	8,57
99	8	0,58	8,08
117	6	0,44	5,13

l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
306	23	7,52	0,43	3,72	0,7	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 16

Celkový erozní smyv **G = 11,94 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
59	4,5	0,42	7,63					
212	15	0,58	7,08					
82	6	0,44	7,08					
16	0,2	0,47	1,25					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
310,59	25,7	8,27	0,52	4,08	0,69	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 17

Celkový erozní smyv **G = 5,59 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
234	11,5	0,58	4,91					
40	2	0,44	5					
23	1	0,47	4,35					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
297	14,5	4,88	0,55	2,83	0,44	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 18

Celkový erozní smyv **G = 11,42 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
205	17	0,44	8,29					
85	6	0,44	7,06					
20	2	0,47	10					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
310	25	8,06	0,44	3,74	0,85	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 19

Celkový erozní smyv **G = 9,08 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
111	8	0,41	7,21					
90	8	0,44	8,89					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
201	16	7,96	0,42	3,01	0,25	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 20

Celkový erozní smyv **G = 15,92 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
224	12	0,58	5,36					
21	1,5	0,58	7,14					
104	12	0,44	11,54					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
349	25,5	7,31	0,54	3,97	0,91	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 21

Celkový erozní smyv **G = 12,38 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
69	6	0,42	8,7					
137	15	0,42	10,95					
51	3	0,44	5,88					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
257	24	9,34	0,42	3,41	1,06	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 22

Celkový erozní smyv **G = 7,22 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
43	3,5	0,42	8,14					
99	5,5	0,44	5,56					
90	6	0,44	6,67					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
232	15	6,47	0,44	3,24	0,62	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 23

Celkový erozní smyv **G = 11,88 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
71	7	0,42	9,86					
42	6	0,42	14,29					
23	2	0,44	7,69					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
136	15	11,03	0,42	2,51	1,38	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 24

Celkový erozní smyv **G = 12,18 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
65	5	0,42	7,69					
130	10	0,58	7,69					
39	4	0,44	10,26					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
234	19	8,12	0,51	3,25	0,9	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 25

Celkový erozní smyv **G = 17,22 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
103	3,5	0,58	3,4					
145	16	0,58	11,03					
70	5	0,58	7,14					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
318	24,5	7,70	0,58	3,79	0,96	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 26

Celkový erozní smyv **G = 24,64 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
41	2,5	0,58	6,1					
129	18,5	0,58	14,34					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
170	21	12,35	0,58	2,77	1,88	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 27

Celkový erozní smyv **G = 17,54 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
175	9,5	0,58	5,43					
33	4	0,58	12,12					
90	10	0,59	11,11					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
298	23,5	7,89	0,58	3,67	1,01	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 28

Celkový erozní smyv **G = 15,42 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
182	10	0,58	5,49					
31	2	0,44	6,45					
117	14	0,34	11,97					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
330	26	7,88	0,48	3,86	1,02	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 29

Celkový erozní smyv **G = 22,50 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
148	19	0,42	12,84					
160	21	0,42	13,13					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
308	40	12,99	0,42	3,73	1,76	0,204	1	40

#### Odtoková linie č. 30

Celkový erozní smyv **G = 19,44 t/ha.rok**

Přípustný smyv 4 t/ha.rok **byl překročen!**

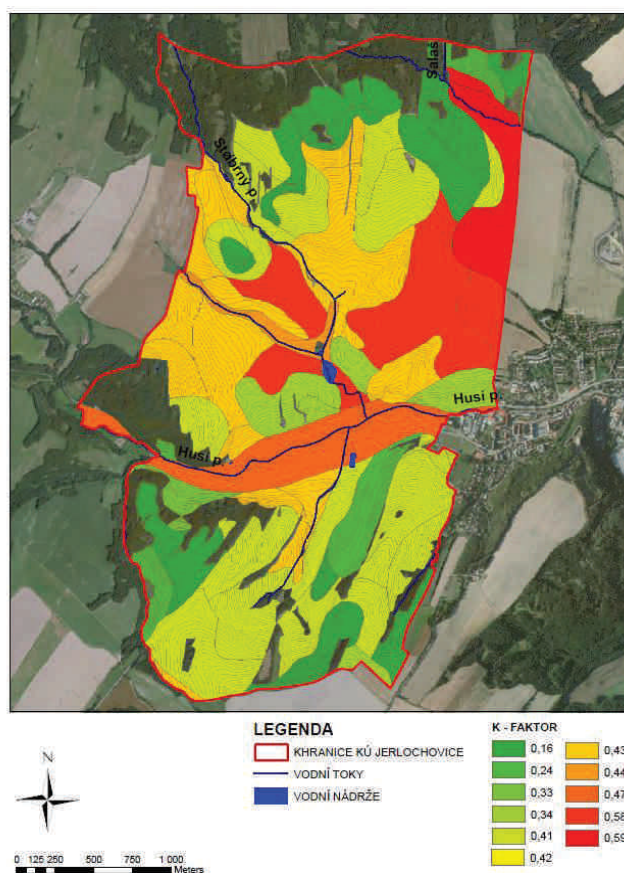
l [m]	h [m]	K [-]	s [%]					
143	17	0,42	11,89					
95	13	0,42	13,68					
l <sub>i</sub> [m]	h <sub>i</sub> [m]	s <sub>i</sub> [%]	K [m]	L [m]	S [m]	C [m]	P [m]	R [MJ/ha.cm/h]
238	30	12,61	0,42	3,28	1,73	0,204	1	40

## 5.2 UNIVERZÁLNÍ ROVNICE W-S V MODIFIKACI GRIDU

V druhém případě byla průměrná roční ztráta půdy stanovena pomocí univerzální rovnice W-S v modifikaci gridu v prostředí ArcGIS 9.3.

Při výpočtu s použitím gridů je nutné vytvořit gridové vrstvy s hodnotami jednotlivých faktorů. Před jejich tvorbou je nutné zvolit velikost gridové buňky podle podkladu s nejmenší přesností, například pomocí linií BPEJ. Velikost buňky se volí dle velikosti dotčeného území. S ohledem na velikost řešeného území byla velikost buňky zvolena 5m.

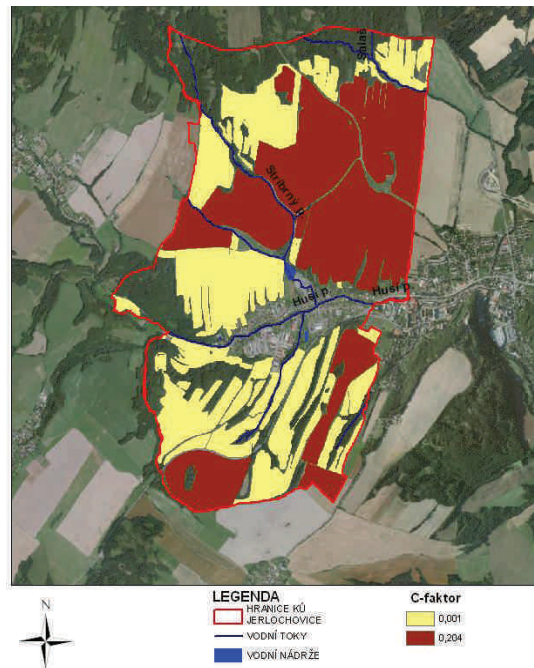
Pro vytvoření gridu faktoru K byla použita vektorová mapa BPEJ. Ta byla klasifikována podle hodnot faktoru K a následně převedena na grid.



**Obr. 5.5 Rozložení K faktoru v území**

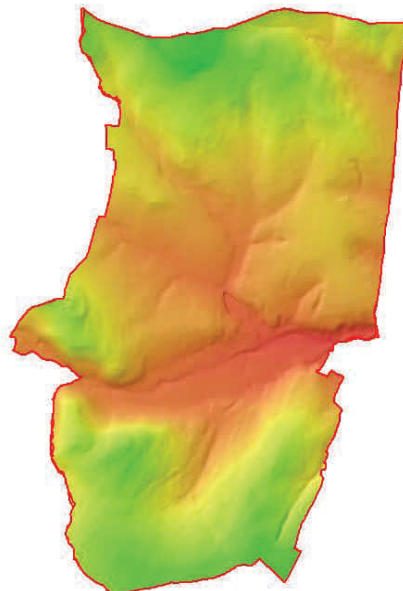
Pro faktor R se používá průměrná hodnota  $R = 40$ , tato hodnota je stejná pro celé území ČR, takže do výpočtu vstupuje jako konstanta pro celé zpracovávané území. V budoucnosti, až bude k dispozici mapa rozložení hodnot faktoru R, bude možné použít grid i pro tuto hodnotu faktoru.

Hodnoty faktoru C pro ornou půdu byly určeny na základě klimatických regionů, které lze zjistit podle prvního čísla kódu BPEJ. V řešené oblasti byly použity hodnoty  $C=0,204$  pro ornou půdu a  $0,005$  pro TTP. Takto klasifikovaná vrstva byla převedena na grid pomocí převáděcích nástrojů GIS.



**Obr. 5.6 Rozložení C faktoru v území**

Tvorba gridu obsahujícího hodnoty topografického faktoru LS je pro celý výpočet erozní ohroženosti klíčová. Vstupními daty je digitální terénní model (DTM) nebo digitální model převýšení (DEM – digital elevation model). Pro převod gridu DTM na grid LS existuje několik metod.



**Obr. 5.7 Grid DMT**

K tvorbě LS faktoru může být použit program USLE 2D, který pracuje pouze s daty ve formátu Idrisi. Podkladem pro tuto tvorbu gridu LS je výškopisné zaměření. Z vektorů vrstevnic se vytvoří seznam souřadnic s výškami, dále grid DTM a na jeho podkladě grid LS faktoru. V programu USLE 2D je faktor LS počítán zvlášť pro každý rastrový element.

Délka odtokové dráhy je nahrazena zdrojovou plochou rastrového elementu. Soubor ve formátu Idrisi (\*.rst) s hodnotami LS-faktoru se převádí programem LS-converter na textový soubor. Textový soubor převedeme do GIS. Metoda USLE 2D teoreticky vychází z rovnice pro výpočet LS odvozené Wischmeierem a Smithem.[9]

Vedle výše popsané metody tvorby LS faktoru pro stanovení erozního smyvu prostřednictvím programu USLE 2D je možno využít metodu stanovení dle Mitášové a Browna [1].

Akumulace odtoku je založena na postupném načítání gridových buněk - pixelů odtékajících do každého pixelu, právě počítaný pixel se do součtu nezahrnuje. Buňky s vysokou hodnotou akumulace představují plochy koncentrace.

Metodou Gridu jsou erozní poměry u stejných odtokových linií posouzeny pomocí výstupů z programu ArcGIS. Vyhodnocení s použitím metody výpočtu LS faktoru v programu USLE 2D.[9]

## 5.2.1 Vstupní Data

### Vstupní data pro grid:

DMT - model, grid K, grid C, P = 1, R = 40 MJ · ha<sup>-1</sup> · cm · h<sup>-1</sup>

(Pro výpočet erozní ohroženosti měla velikost buňky USLE 2D hodnotu 5 \* 5 m.)

### Data pro metodu USLE 2D:

- Rastrová data (grid)
  - DMT (digitální model terénu)
- Vektorová data
  - Hranice povodí (vektor - polygon)
  - Bloky LPIS (vektor - polygon)
  - Vodní toky, nádrže, rybníky (vektor - polygon)
  - Lesy (vektor - polygon)
  - Zastavěné území (vektor - polygon)
  - Silnice, železnice (vektor - polygon)

Program USLE 2D pro výpočet LS-faktoru vyžaduje jako vstupní data DMT (digitální model terénu) a grid tzv. "parcel". Grid parcel převodem z uvedených dat rozčleňuje území na dílčí plochy vkládáním bariér - hranic mezi dílčími plochami, které působí jako překážky pro plošný povrchový odtok a dochází zde k přerušení odtoku. Tím se snižuje délka odtokové dráhy a faktor L délky svahu. V gridu je faktor LS počítán zvlášť pro každý rastrový element. Délka odtokové dráhy je nahrazena zdrojovou plochou rastrového elementu.

Z metod výpočtu byly použity v této práci "Routing Algorithm: flux decomposition" (umožňuje větvení odtokové dráhy) a "LS Algorithm: Mc Cool" (standardní metoda výpočtu LS-faktoru v RUSLE). [9]

## 5.2.2 Teoretická východiska metody USLE 2D

K popisu byl využit překlad manuálu USLE 2D, který provedl Dumbrovský v roce 2010. Podle Foster & Wischmeiera [Foster, G. R., 1974] výpočet faktoru LS, pro nepravidelné svahy se provádí na základě vztahu:

$$LS = \sum_{j=1}^N \frac{S_j \lambda_j^{m-1} - S_j \lambda_{j-1}^{m-1}}{\lambda_j - \lambda_{j-1}} \quad (4.3)$$

$S_j$  - S faktor pro  $j$ -tý segment [ $m \cdot m^{-1}$ ]

$\lambda_j$  - vzdálenost ze spodní hranice  $j$ -tého segmentu k jeho horní hranici [m]

Rovnici (4.3) upravíme pro verzi 3D LS:

$$LS = \sum_{i,j} \frac{S(i,j) \lambda(i,j)_{outlet}^{m+1} - S(i,j) \lambda(i,j)_{inlet}^{m+1}}{\lambda(i,j)_{outlet}^{m+1} - \lambda(i,j)_{inlet}^{m+1}} \quad (4.4)$$

$LS$  - topografický faktor USLE pro pozemek nebo celé sběrné území,

$\sum_{i,j}$  - suma pro všechny gridové buňky pozemku nebo celé sběrné území,

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

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

$S(i,j)$  - S faktor pro gridovou buňku (i,j),

$m$  - exponent délky svahu.

## 5.2.3 GIS nástroje

K vytvoření hydrologických analýz bylo použito výpočetní prostředí programu ArcGis s využitím nástavby Spatial Analyst.

### Základní mapové podklady:

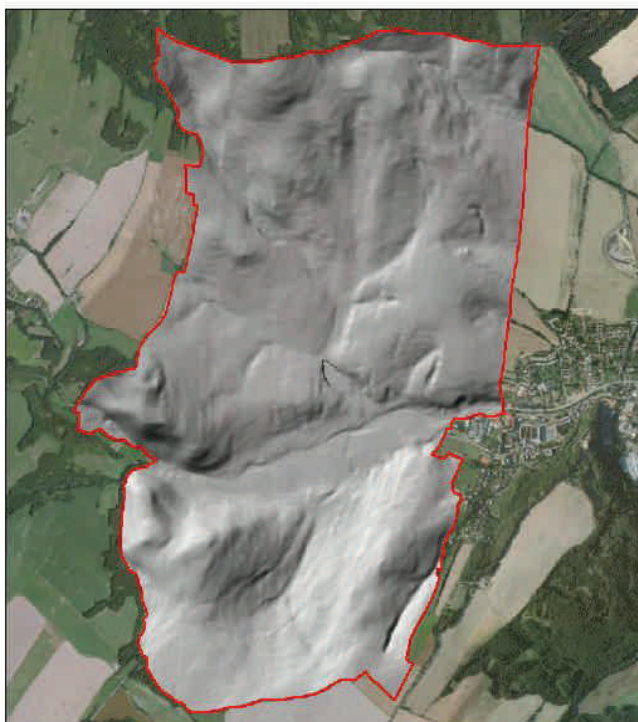
Bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ)

Registr produkčních bloků (LPIS)

Základní báze geografických dat

### Digitální model terénu

Před vlastní tvorbou hydrologických analýz je nutné vytvořit digitální model terénu. K jeho vytvoření byl použit nástroj TopoToRaster. Protože tento model obsahuje různé nedokonalosti, byl následně vyhlazen pomocí nástroje Fill. [9]



**Obr. 5.8 Vyhlazený model terénu**

### **Směry odtoků (Flow Direction)**

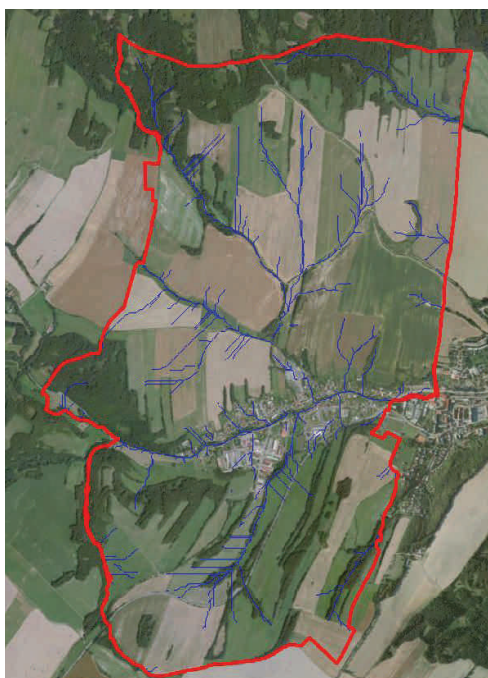
Směr kvalitativních a kvantitativních charakteristik patří k základním hydrologickým charakteristikám zjišťovaným z DMT. Program ArcGis využívá 8 možností odtoku, jež orientuje pomocí světových stran. Jednotlivé směry jsou ohodnoceny 1 až 128. Směry odtoku se vygenerují na základě DMT. Směr odtoku program určuje tak, že se ze sousedních buněk vybere ta s největším sklonem. [9]



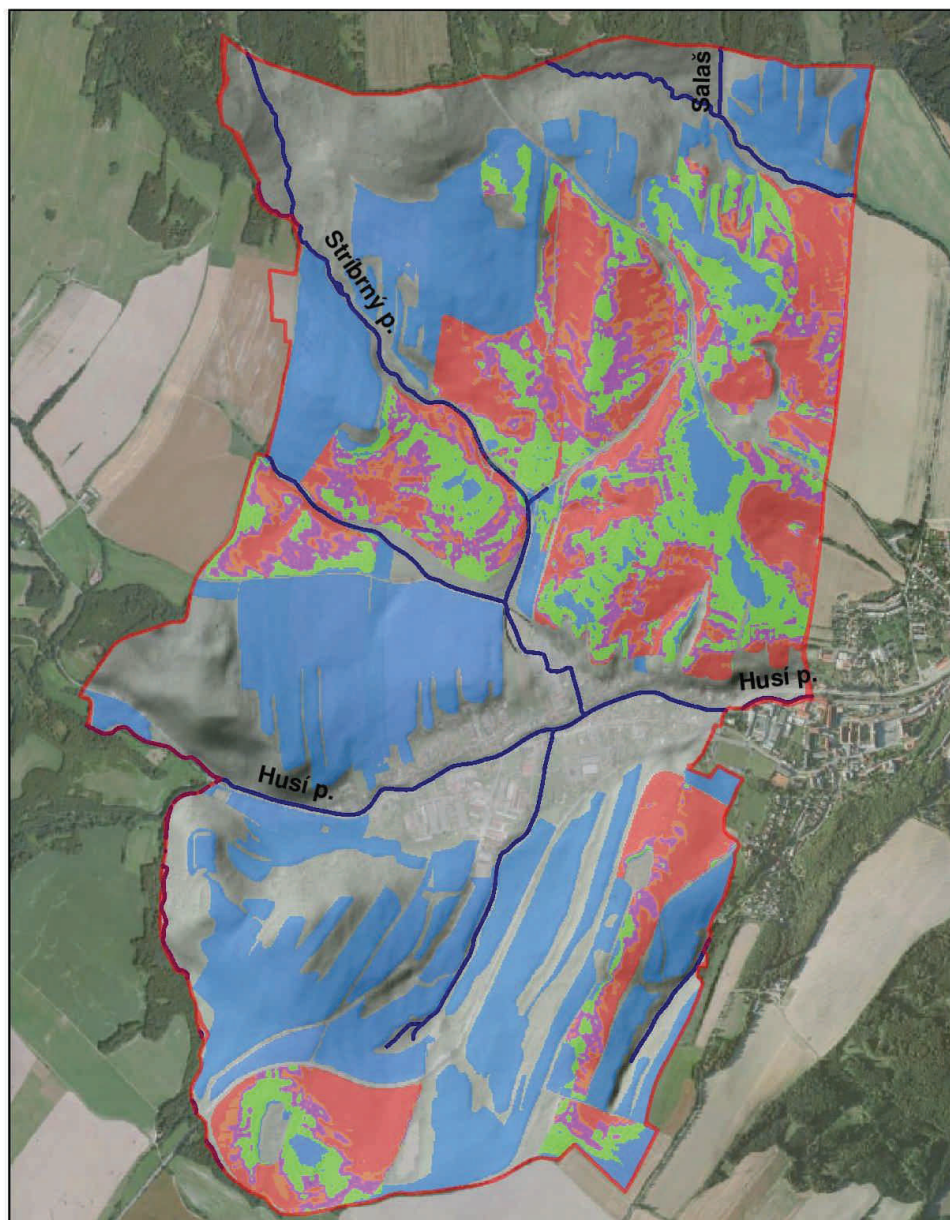
**Obr. 5.9 Směry odtoků**

### **Akumulace odtoku (Flow Accumulation)**

Akumulace odtoku se určí z postupného načítání buněk přitékajících do právě počítané buňky. Buňky s vysokou hodnotou akumulace představují plochy koncentrace odtoku a buňky s nulovou nebo nízkou hodnotou vyjadřují hřebeny terénu. [9]



**Obr. 5.10 Akumulace odtoku**



### LEGENDA

- HRANICE KÚ JERLOCHOVICE
- VODNÍ TOKY

### EROZNÍ SMYV

- do 4 t/ha za rok
- 4 - 10 t/ha za rok
- 10 - 15 t/ha za rok
- 15 - 20 t/ha za rok
- nad 20 t/ha za rok

Obr. 5.11 Mapa erozního ohrožení před návrhem PEO

## 6 METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK CN

Metoda čísel odtokových křivek (CN – Curve Number) byla odvozena v USA pro potřeby Služby na ochranu půdy a publikována v roce 1972. Představuje jednoduchý srážkoodtokový model s poměrně snadno zjistitelnými vstupy, dostatečně přesný a použitelný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodích, či jejich částech a velikosti do 10 km<sup>2</sup>. [15]

Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a část odtoku hypodermického. Podíly těchto 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 přívalovém 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.

Odtok je především určen množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, vlhkostí půdy, porostem, nepropustnými plochami a retencí povrchu. Základním vstupem metody CN - křivek je srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je přeměněn na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek - CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepce a povrchové akumulaci.

### 6.1 STANOVENÍ ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK CN V POVODÍ

Základními údaji pro návrh protierozních opatření (zejména technických) jsou hodnoty objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku. Kulminační průtok  $Q_{ph}$  a objem přímého odtoku  $O_{ph}$  je nutno znát pro posuzování a navrhování příčného profilu povrchových hydrolinií. Pro povodí o ploše větší než 10 km<sup>2</sup> je nutno si údaj o  $Q_{ph}$  a  $O_{ph}$  vyžádat od ČHMÚ.

Základním vstupem metody odtokových křivek je srážkový úhrn návrhového deště zvolené doby opakování za předpokladu jeho rovnoměrného rozdělení na ploše povodí. Objem (výška) srážek je transformován na objem (výšku) odtoku pomocí čísel odtokových křivek – CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepce a povrchové retenci. [15]

K tomuto stanovení se na zemědělské části povodí využijí digitální vrstvy BPEJ, LPIS, IASC, na základě kterých se stanoví plošné zastoupení jednotlivých druhů pozemků v řešeném povodí vč. plošného zastoupení hydrologických skupin půd.

## 6.1.1 Objem odtoku

Metoda CN - křivek vychází z předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadrženo. Odtok zpravidla začíná až po určité akumulaci srážek, tedy po určité počáteční ztrátě, která je součtem intercepce, infiltrace a povrchové akumulace, jež byla odhadnuta na základě experimentálních měření na 20 % potenciální retence ( $I_a = 0,2 A$ ). Z uvedených souvislostí byl odvozen základní vztah:

kde:

$H_0$     přímý odtok [mm]

$H_s$     úhrn přívalové (návrhové) srážky [mm]

$A$       potenciální retence vyjádřená pomocí křivek CN [mm]

Po dosazení do vzorce získáme objem přímého odtoku:

kde:

$Q_{ph}$     objem přímého odtoku [ $m^3$ ]

$H_0$     přímý odtok [mm]

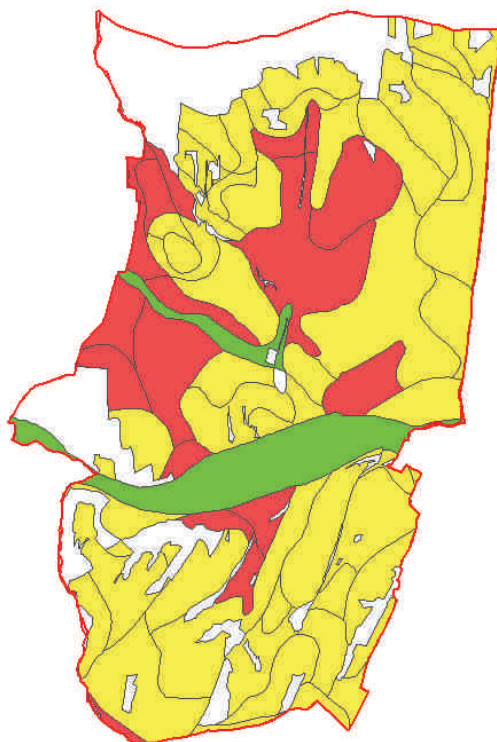
$P_p$     plocha povodí [ $km^2$ ]

O hodnotu úhrnu návrhového deště pro vyšetřovanou lokalitu je nutné požádat ČHMÚ. Rámcově lze použít hodnoty úhrnů maximálních 24-hodinových srážek s návrhovou četností výskytu pro nejbližší stanici ČHMÚ

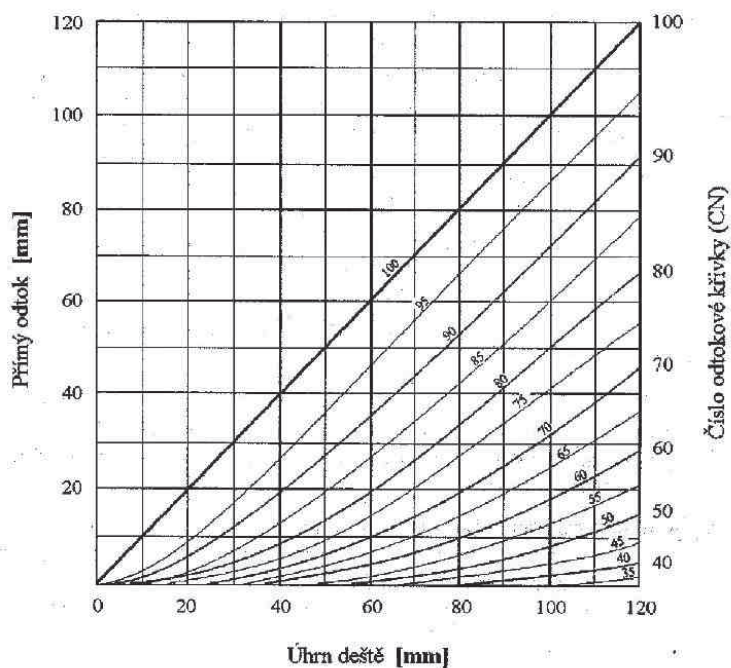
Čísla odtokových křivek (CN) jsou tabelována podle:

- a) *hydrologických vlastností půd* rozdělených do 4 skupin: A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody bez pokryvu po dlouhodobém sycení
- b) *vlhkosti půdy* určované na základě 5-ti denního úhrnu předcházejících srážek, resp. indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kdy IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II pro středně nasycené půdy vodou.
- c) *využití půdy*, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření

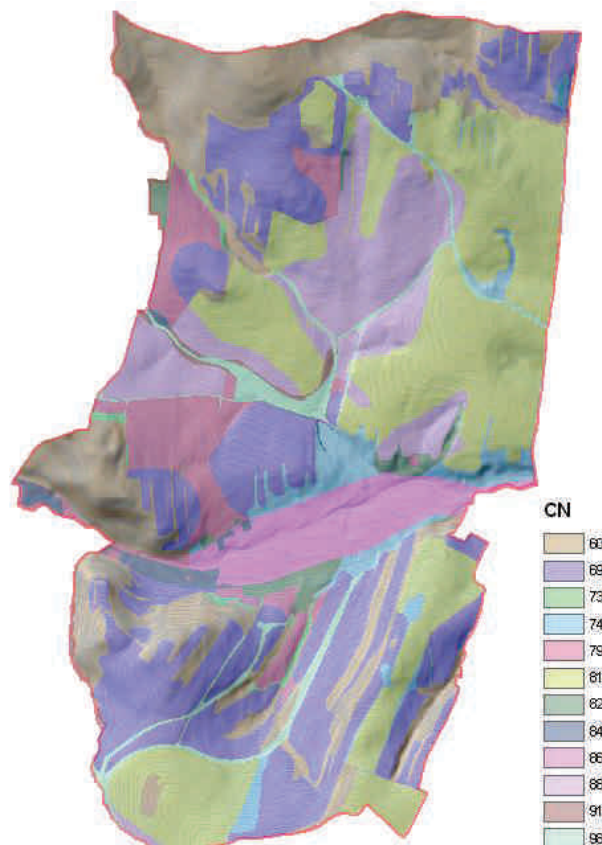
Dobré nebo špatné hydrologické podmínky na zemědělské půdě závisí především na hustotě zapojení povrchu během roku, procentickém zastoupení jetelotrav v osevním postupu, množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a na drsnosti povrchu.



Obr. 6.1 Grid HSP



Obr. 6.2 Závislost výšky přímého odtoku ( $H_0$ ) na úhrnu deště ( $H_s$ ) a čísel odtokových křivek [15]



Obr. 6.3 Mapa CN před návrhem PEO

### 6.1.2 Kulminační průtok

Určení kulminačního průtoku  $Q_{pH}$  je obtížnou částí nepřímých hydrologických metod. Povodí s podstatně rozdílnými čísly CN a dobou koncentrace povrchového odtoku v důsledku různé sklonitosti svahů, půd a způsobů jejich využití je nutné rozdělit na dílčí povodí.

Při výpočtu kulminačního průtoku se v metodě odtokových křivek používá poměru počáteční akumulace k jednodennímu maximálnímu srážkovému úhrnu  $I_a/H_s$ . Pro poměr  $I_a/H_s$  se podle doby koncentrace určí jednotlivý kulminační průtok  $q_{pH}$  z nomogramu. Kulminační průtok se stanoví ze vztahu:

$$Q = 0,00043 \cdot q_{pH} \cdot P_p \cdot H_o \cdot f$$

kde

$q_{pH}$  je jednotkový kulminační průtok

$P_p$  plocha povodí [ $\text{km}^2$ ]

$H_o$  výška odtoku[mm]

$f$  opravný součinitel pro rybníky a mokřady

### *Doba doběhu a doba koncentrace*

Doba doběhu ( $T_t$ ) je čas, který potřebuje voda k přemístění z jednoho místa povodí na jiné. Je to část doby koncentrace ( $T_c$ ), jež je časem, který je potřebný pro odtok z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu v povodí do uzávěrového profilu povodí; počítá se jako součet dílčích dob doběhu ve zvolené odtokové dráze. Doba koncentrace ovlivňuje tvar a kulminaci hydrogramu odtoku. Intenzifikace zemědělského využití pozemků v krajině obvykle zkracuje dobu koncentrace, čímž se zvyšuje vrcholový průtok.

### *Plošný povrchový odtok*

Voda z povodí stéká z horních částí jako plošný (svahový) povrchový odtok, přechází v soustředěný odtok o malé hloubce a končí soustředěným odtokem v otevřeném korytě.

Pro plošný (svahový) povrchový odtok kratší než 100 m lze použít pro výpočet doby doběhu  $T_{ta}$  Manningovu kinematickou rovnici.

$$T_{ta} = 0,007 (n \cdot l / 0,3048)^{0,8} / \sqrt{H_{s2} / 25,4}^{0,5} \cdot s^{0,4}$$

kde:

$T_{ta}$  je doba doběhu [h]

$n$  Manningův součinitel drsnosti

$l$  délka proudění [m]

$H_{s2}$  úhrn 24 hod. deště s dobou opakování 2 roky [mm]

$s$  hydraulický sklon povrchu

### *Soustředěný odtok o malé hloubce*

Po cca 100 m se plošný odtok zpravidla mění na soustředěný odtok o malé hloubce. Doba doběhu ( $T_{tb}$ ) je dána podílem délky proudění a jeho rychlosti:

$$T_{tb} = l / 3600 \cdot v$$

kde:

$T_{tb}$  je doba doběhu [h]

$l$  délka proudění [m]

$v$  průměrná rychlost [ $m \cdot s^{-1}$ ]

### *Otevřená koryta*

Otevřená koryta začínají tam, kde lze zaměřit příčný profil nebo kde jsou zakreslena na mapách. Průměrná rychlost proudění se obvykle stanoví pro průtok otevřeným korytem podle rovnice Manninga:

$$v = l / n \cdot R^{2/3} \cdot s^{1/2}$$

kde:

- v je průměrná rychlost [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]
- R hydraulický poloměr [m]
- F plocha příčného profilu [ $\text{m}^2$ ]
- O omočený obvod [m]
- s sklon koryta toku [ $\text{m}\cdot\text{m}^{-1}$ ]
- n Manningův součinitel drsnosti pro průtok otevřeným korytem

Doba doběhu ( $T_{tc}$ ) se vypočítá podle vztahu

$$T_{tc} = l / 3600 \cdot v \quad [\text{h}]$$

Doba koncentrace povrchového odtoku ( $T_c$ ) je součinitelem doby doběhu pro různé po sobě následující úseky proudění

$$T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc} \quad [\text{h}]$$

## 6.2 ODHAD TRANSPORTU SPLAVENIN

Půdní částice uvolněné vodní erozí z pozemků se částečně usazují v depresích a v místech se zmenšeným sklonem, část z nich pozemek opouští a přechází do hydrografické sítě, kde tvoří splaveniny. Jestliže množství splavenin je větší než transportní schopnost toku, splaveniny se usazují a způsobují řadu problémů jako je zanášení nádrží, přísun chemických látek vázaných na povrchu splavenin, ale i rozpuštěných v povrchovém odtoku.

K odhadu průměrného ročního množství splavenin v určitém profilu povodí lze použít metodu tzv. poměru odnosu (SDR), který je definován jako poměr ročního množství splavenin v tomto profilu k celkové erozi v povodí. Celková eroze v povodí je nejen eroze ze zemědělské a příp. lesní půdy, ale i z dalších možných zdrojů v povodí, jako jsou aktivní strže, velká staveniště, zemní tělesa liniových dopravních staveb, ale i v důsledku proudové eroze toků. Poměr odnosu může nabývat hodnoty 1 v případě transportu veškerých částic uvolněných erozí z povodí, až po hodnoty 0 při zachycení veškerých částic v povodí.

Pro stanovení poměru odnosu je možné orientačně použít vztah WILLIAMSE (1977):

$$SDR = 1,366 \cdot 10^{-11} \cdot A^{-11} A^{-0,0998} s_r^{0,3629} \cdot CN^{5,444}$$

kde:

- SDR je poměr odnosu
- A plocha povodí [ $\text{km}^2$ ]
- $s_r$  reliéfový poměr [ $\text{m}\cdot\text{km}^{-1}$ ]

## CN číslo odtokové křivky

Vztah byl odvozen a testován pro povodí o velikosti 30 - 100 km . Průměrné roční množství splavenin ve vyšetřovaném profilu povodí se stanoví redukcí hodnoty celkové roční eroze v povodí poměrem odnosu SDR. Za celkovou roční erozi v povodí lze považovat ztráty půdy erozí dle USLE. Ztráty půdy z ostatních významných zdrojů eroze v povodí je nutno určit odborným odhadem.

Pro odhad transportu splavenin zjednotlivého přivalového deště lze použít modifikovanou rovnici dle WILLIAMS, BERNDT<sup>a</sup> (1972), kde je hodnota R-faktoru nahrazena součinem objemu a kulminačního průtoku a ostatní faktory jsou vyjádřeny průměrnými hodnotami faktorů USLE pro povodí. [15]

## 7 HYDROLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Na okraji intravilánu obce Jerlochovice se nachází místa, na nichž je, nebo v blízké budoucnosti bude, vybudována nová výstavba rodinných domů. Ty jsou zejména při přívalových deštích ohroženy transportem splavenin z okolní zemědělské půdy. Proto je třeba se na tyto sběrné plochy zaměřit a dostatečně je zajistit proti odnosu půdy a povrchovému odtoku a tak i následným škodám v intravilánu.

Proto byly pro tato povodí stanoveny maximální průtoky  $Q_N$  v určených kritických profilech. K tomuto účelu byl použit výpočtový model DesQ vyvinutý profesorem Hrádkem, který zohledňuje specifické charakteristiky malých povodí v jejich nepozorovaných profilech.

Kritické profily nad intravilánem byly dimenzovány na  $Q_{100}$ . Pro výpočet byla použita varianta I, tzn. max N-letý průtok, při zadané době trvání deště  $td$  a době opakování  $N$ ,  $id = f(td)$ .

### 7.1 TEORETICKÉ ASPEKTY TVORBY POVRCHOVÉHO ODTOKU

Na rozvoj erozních procesů v řešeném území má zásadní vliv povrchový odtok, jehož základní charakteristiky (zejména charakteristiky přímého odtoku) byly v rámci řešení testovány.

Předpoklady pro matematické vyjádření základních souvislostí povrchového odtoku:

- povrch svahu je rovina svírající s vodorovnou rovinou úhel  $\alpha$ ,
- intenzita dopadajících srážek je na celém svahu stejná, je pouze funkcí času,
- intenzita infiltrace vody do půdy je pouze funkcí času.

Povrchově stékající voda na svahu podléhá základním principům zachování hmoty a zachování hybnosti, platí tedy rovnice continuity a rovnice pohybová. [13]

### 7.2 CHARAKTERISTIKA HYDROLOGICKÉHO MODELU DESQ

Pro návrh opatření proti vodní erozi jsou základním hydrologickým podkladem maximální N-leté průtoky, vyvolané v malých nesledovaných povodích přívalovými srážkami. Metodika výpočtu  $Q_N$  v nepozorovaných profilech povodí je založena na odvození hodnot  $Q_N$  z hydrometrických pozorování ve vodoměrných stanicích. A to na základě regresních vztahů k fyzicko - geografickým charakteristikám povodí. Povodí příslušná k vodoměrným stanicím jsou však většinou řádově vyšší než zájmová povodí zemědělsky a lesnický využívána a vyznačují se mnohem členitější hydrografickou sítí. Vliv specifických charakteristik velmi malých povodí není dle této metodiky v potřebné míře zohledňován. Vhodnější metodikou pro velmi malá povodí jsou výpočtová schémata a hydrologické modely, zohledňující specifické charakteristiky malých povodí. V praxi ještě někdy užívané empirické vzorce (dle Čerkašina či Sokolovského) jsou velmi hrubým

výpočtovým schématem. Pro potřeby diplomové práce byl proto použit hydrologický model DesQ (Design Q) - Hrádek (1998).

Model DesQ umožňuje 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. Při zvolených scénářích výpočtu je možné 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, protierozní opatření).

Maximální průtoky  $Q_N$  jsou ovlivňovány příčinnými srážkami a charakteristikami povodí:

1. geometrické charakteristiky,
2. sklonové poměry,
3. geologické a půdní poměry,
4. způsob využívání pozemků,
5. vegetační kryt,
6. agrotechnické zásahy,
7. protierozní opatření.

Maximální průtok v údolnici je odezvou na maximální přítok ze svahů, který je ovlivňován výše uvedenými charakteristikami svahů povodí.

Pomocí programu hydrologického modelu DesQ - verze 4.1, Hrádek (1998) byly v malých povodích vypočteny N-leté objemy, tvary povodňových vln a kulminační průtoky, vyvolané maximálním N-letým jednodenním srážkovým úhrnem. Zmíněná verze umožňuje výpočet maximálního odtoku z povodí, tvořeného dvěma svahy. Metodika předpokládá schematizaci přírodního povodí, které se nahrazuje jedním nebo více modelovými povodími. Modelové povodí má tvar otevřené knihy s rovinnými svahy. [13]

## 7.2.1 Metodika výpočtu modelu DesQ 4.1

### 7.2.1.1 Maximální odtok ze svahu

#### **Předpoklady řešení**

- svah je zasažen „výpočtovým“ deštěm konstantní intenzity v době jeho trvání
- přírodní svah je schematizován rovinnou plochou, obecně ve tvaru rovnoběžníku (kosodélník, kosočtverec, obdélník, čtverec), sklon dráhy svahového odtoku je průměrný sklon přírodního svahu

#### **Přítok na svah**

Pro zjednodušení analytického řešení odtoku ze svahu je uvažován přítok na svah ve formě „efektivního“ deště, jehož objem  $S_e$  je rovný objemu odtoku  $O$ .

$$S_e = S - Z = O$$

kde:

S     objem deště [m]

$S_e$      objem efektivního deště [m]

Z celkové ztráty na povodí [m]  
O objem odtoku [m]

Celkové „ztráty“ na povodí zahrnují:

- intercepce
- akumulaci vody v povodí (v depresích, nádržích, v pokryvu a půdě)
- infiltraci
- evapotranspiraci

Výška odtoku ze svahu

$$H_{so} = H_{se} = k \cdot \frac{O}{F_s}$$

kde:

k rozměrový součinitel,  $k = 10^{-3}$   
 $H_{se}$  výška efektivního deště [mm]  
 $H_{so}$  výška odtoku [mm]  
 $F_s$  plocha svahu [km<sup>2</sup>]

Odvození výšky odtoku  $H_{so}$ :

**a) Dle metodiky SCS (1972)**

$$H_{so} = \frac{(H_s - R_1)^2}{H_s + R_p - R_1}$$

kde:

$H_s$  výška výpočtového deště [mm]  
 $R$  potenciální retence povodí [mm]

$$R_p = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

kde:

CN číslo odtokové křivky [ - ]  
 $R_p$  retence povodí v bezodtokové fázi [mm]

odhad dle metodiky SCS:  $R_1 = 0,2R_p$

**b) Bilancí celkových ztrát, vyjádřenou objemovým součinitelem odtoku**

$$\varphi = \frac{H_s - V_i - R_a}{H_s} \quad \text{Hrádek (1981)}$$

kde:

$\varphi$  objemový součinitel odtoku,  $\varphi = \frac{H_{so}}{H_s}$  [ - ]

$V_i$  velikost infiltrace (uvažuje se v době trvání deště) [mm]  
 $R_a$  aktuální retence povodí (celkové ztráty bez infiltrace) [mm]

$$H_{so} = \varphi \cdot H_s$$

### **Odvození charakteristik přítoku**

#### Výška přítoku na svah $H_{sp}$

$$H_{sp} = H_{se}$$

#### Doba trvání přítoku na svah $t_{sp}$

$$t_{sp} = t_d - t_j$$

kde:

$t_d$  doba trvání výpočtového deště [min]

$t_j$  délka bezodtokové fáze [min]

$$t_1 = \frac{R_1}{i_d}$$

kde:

$R_1$  celkové ztráty v bezodtokové fázi [mm]

$i_d$  intenzita výpočtového deště [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

#### Intenzita přítoku na svah $i_{sp}$

$$i_{sp} = \frac{H_{sp}}{t_{sp}}$$

#### Přítoková křivka $D^*$

vyjadřuje závislost  $i_{sp} = f(t_{sp})$

#### Doba koncentrace na svahu $t_{sk}$

je doba, potřebná k ustálení hladiny vody na celé délce svahu. V této době dochází k soustředění odtoku z celé plochy svahu v jeho patě (uzavírajícím profilu), kde se vytvoří maximální výška vrstvy vody a jí odpovídá maximální (největší možný) odtok ze svahu.

Doba koncentrace na svahu závisí na intenzitě přítoku na svah, délce svahu, průměrném sklonu svahu  $I_s$  a drsnostní charakteristice povrchu svahu  $m$ .

$$t_{sk} = f(i_{sp}, A_s)$$

kde:

$t_{sk}$  doba koncentrace [min]

$i_{sp}$  intenzita přítoku [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

$A_s$  hydraulická charakteristika svahu [ $\text{mm} \cdot \text{min}$ ]

$$A_s = a^{-1} \cdot L_s$$

$L_s$  půdorysný průmět dráhy svahového odtoku [km]

$$a = m \cdot I_s^{\frac{1}{2}}$$

$I_s$  průměrný sklon svahu [ - ]

m drsnostní charakteristika

$$\text{dle Bazina: } m = \frac{87}{\gamma} m \quad [\text{s}^{-1}]$$

$$\text{dle Manninga: } m = \frac{1}{n} \quad [\text{m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Vzorec pro výpočet doby koncentrace na svahu byl odvozen na základě analýzy svahového odtoku dle Eaglesona - HRÁDEK (1990):

$$t_{sk} = A_s^{\frac{1}{b}} \cdot i_{sp}^{\frac{1-b}{b}}$$

kde:

b = 2 při vyjádření drsnostní charakteristiky svahu dle Bazina

b = 5/2 při vyjádření drsnostní charakteristiky svahu dle Manninga

Intenzita odtoku v době koncentrace  $i_{sk}$

$$t_{sk} = A_s^{\frac{1}{b-1}} \cdot t_{sk}^{\frac{b}{1-b}}$$

V době koncentrace platí:

$$i_{sk} = i_{sp}$$

Křivka koncentrace  $K_s$ :

vyjadřuje závislost  $i_{sk} = f(t_{sk})$

### **Řešení maximální intezity odtoku ze svahu**

Rozlišují se 3 varianty řešení, pro účel diplomové práce byla použita pouze varianta S1:

#### **VARIANTA S1:**

Výpočet maximální největší možné intezity odtoku ze svahu, zvolené doby opakování. Předpokládá se, že maximální odtok je vyvolán přívalovým deštěm „kritické doby trvání“  $t_{dk}$  - Kritická doba trvání přítoku na svah  $t_{spk}$  je doba trvání „efektivního deště“ v odtokové fázi. Podmínkou vzniku maximální intezity odtoku ze svahu je rovnost doby trvání přítoku a doby koncentrace na svahu:

$$t_{sp} = t_{spk} = t_{sk}$$

#### Řešení

Kritická doba trvání přítoku  $t_{spk} = t_{sk}$  a odpovídající maximální intezita odtoku  $i_{so} = i_{sk}$  se vypočtou řešením soustavy rovnic, vyjadřujících závislosti  $i_{sp} = f(t_{sp})$

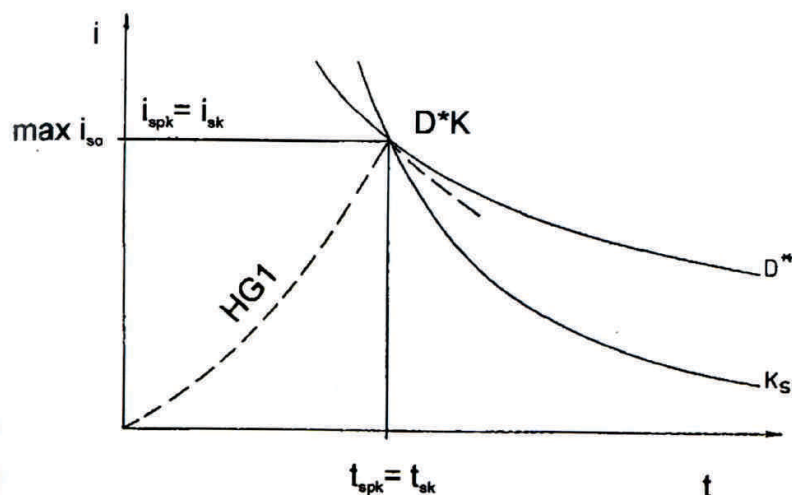
a  $i_{sk} = f(t_{sk})$ .

Závislost  $i_{sp} = f(t_{sp})$  lze odvodit např. metodou redukce maximálních 1-denních srážkových úhrnů - Hrádek (1994).

Uvedené závislosti jsou na obr. 6.2. znázorněny „přítokovou křivkou“  $D^*$  a „křivkou koncentrace“  $K_s$ . Řešením soustavy rovnic je průsečík obou křivek, označený  $D^*K$ , o souřadnicích  $[\max i_{so}, t_{sk}]$ .

Hydrogram odtoku ze svahu je označený HG1.

Maximální intenzita odtoku nastává v době ukončení přítoku  $t_{sp} = t_{spk} = t_{sk}$ .



Obr. 7.1 Řešení maximální intenzity ze svahu – VARIANTA S1 [16]

#### Hydrogram HG1

je výsledkem řešení dle VARIANTY S1, kdy je maximální intenzita odtoku ze svahu vyvolána přívalovým deštěm kritické doby trvání,  $t_d = t_{dk}$ ,  $t_{sp} = t_{spk}$

Maximální intenzita odtoku  $\max i_{so1}$ , vypočtená dle VARIANTY S1 je nej větší možnou intenzitou odtoku z daného svahu, která je vyvolána přívalovým deštěm zvolené doby opakování.

#### Maximální průtok ze svahu

$$Q_N = k \cdot \max i_{so} \cdot F_s$$

kde:

$Q_N$  N-letý maximální průtok [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

$k$  rozměrový součinitel,  $k = 16,67$

$F_s$  plocha svahu [ $km^2$ ]

$\max i_{so}$  max. intenzita odtoku doby opakování  $N$  [ $mm \cdot min^{-1}$ ]

Pro výpočet maximálního průtoku ze svahu byl odvozen hydrologický model Des Q (Design Q), jehož verze 4.1 umožňuje kromě uvedených variant výpočtu maximálního odtoku ze svahu i výpočet maximálního odtoku z povodí, tvořeného dvěma svahy.

#### **7.2.1.2 Maximální odtok z povodí**

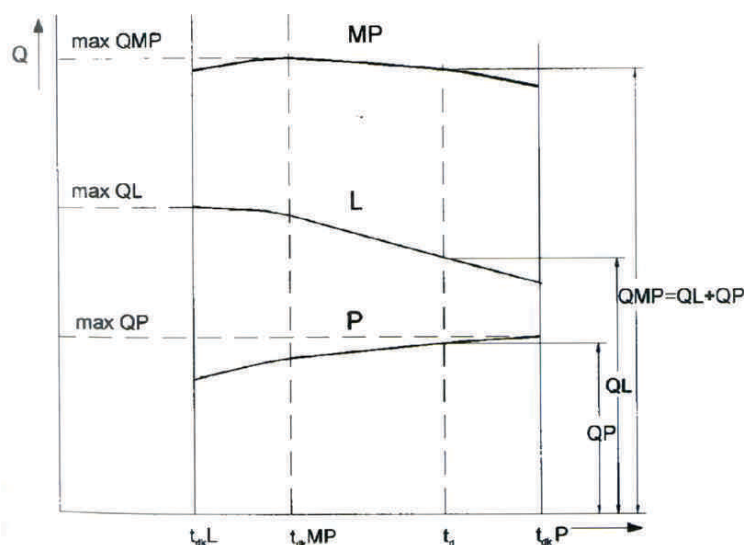
Metodika výpočtu maximálních průtoků v uzavírajícím profilu povodí předpokládá schematizaci přírodního povodí, které se nahrazuje jedním nebo více modelovými povodími (MP). Modelové povodí má tvar otevřené knihy s rovinnými svahy.

„Kritická“ doba trvání deště, vyvolávající maximální odtok z jednotlivých svahů MP se odvozuje dle metodiky.

Vzhledem k tomu, že nelze předpokládat zasažení každého svahu MP příslušným deštěm „kritické“ doby trvání, je potřebné odvodit „kritickou“ dobu trvání deště pro celé povodí. Tato doba se označuje jako „výpočtová“ doba trvání deště.

### Odvození výpočtové doby trvání deště pro modelové povodí a výpočet maximálního průtoku

„Výpočtová“ doba trvání deště  $t_{dkMP}$  je obecně v intervalu  $(t_{dkL}; t_{dkP})$ . Může být rovná kritické době trvání deště, odvozené pro levý svah  $t_{dkL}$  nebo pravý svah  $t_{dkP}$ , případně může ležet uvnitř uvedeného intervalu, viz Obr. 6.3.



Obr. 7.2 Odvození výpočtové doby trvání deště  $t_d$  pro modelové povodí [16]

Čára na Obr. 6.3, označená L znázorňuje průtoky z levého svahu, při volbě výpočtových dešťů pro levý svah v intervalu  $(t_{dkL}, t_{dkP})$ . Podobně čára, označená P platí pro pravý svah. Součet vypočtených průtoků je znázorněn křivkou označenou MP.

Maximální pořadnice křivky MP představuje maximální odtok z povodí max QMP, který byl vyvolán příslušným výpočtovým deštěm doby trvání  $t_{dkMP}$ .

Naznačená metodika výpočtu maximálního (návrhového) průtoku z povodí je zpracována v programech systému hydrologického modelu DesQ - verze 4.1, Hrádek, F. (1998) a Zezulák, J. (1998). [16]

### 7.2.2 Využití modelu DesQ

Pro výpočet maximálních průtoků v nepozorovaných profilech malých povodí, vyvolaných přivalovými dešti:

- maximální N-letý průtok (návrhový), vyvolaný deštěm kritické doby trvání (Varianta pro námi využívaný výpočet),

- 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 charakteristik povodí na maximální průtok (zohlednění agrotechnických a technických opatření v povodí, urbanizace, aj.).

### 7.2.3 Vstupní veličiny

DesQ ID	Popis	Jednotka
F	plocha povodí	[km <sup>2</sup> ]
Fs	plocha svahu	[km <sup>2</sup> ]
Is	průměrný sklon svahu	[%]
gammaS	drsnostní charakteristika	[sec]
CN_type	typ odtokové křivky	[...]
CN	číslo odtokové křivky	[...]
Hs_1d_N	1-denní max. srážkový úhrn	[mm]
t_dMAX	max. reálná doba trvání deště	[min]
Lu	délka údolnice	[km]
lu	průměrný sklon údolnice	[%]

### 7.2.4 Výstupní veličiny

DesQ ID	Popis	Jednotka
CNpr	přepočtené číslo CN	[...]
Rp	potenciální retence povodí	[mm]
Ls	střední délka svahu	[km]
Lso	délka dráhy svahového odtoku	[km]
As	hydraulická charakteristika	[mm.min]
t_d	doba trvání výpočtového deště	[min]
i_d	intenzita výpočtového deště	[mm.min]
Hd	výška výpočtového deště	[mm]
t_sp	doba trvání přítoku na svah	[min]
i_sp	intenzita přítoku na svah	[mm.min]
Hsp	výška přítoku na svah	[mm]
Os	objem hydrogramu odtoku	[m <sup>3</sup> ]
maxi_so	max. intenzita odtoku ze svahu	[mm/min]
Qs_max	max. odtok ze svahu	[m <sup>3</sup> /sec]
Qs_maxtot	max. odtok z povodí	[m <sup>3</sup> /sec]
t_vh	doba vzestupu hydrogramu	[min]
t_ph	doba poklesu hydrogramu	[min]
t_kh	doba trvání kulminace	[min]
t_ch	celková doba trvání odtoku	[min]
WpvN	návrhový objem povodňové vlny ze svahu	[m <sup>3</sup> ]
WpvN_tot	návrhový objem povodňové vlny z povodí	[m <sup>3</sup> ]

## 7.2.5 Postup výpočtu

- a) Provedení schematizace výpočtových povodí a rozdělení na levou a pravou stranu. Stanovení plochy a průměrného sklonu těchto ploch.
- b) Určení délky a sklonu údolnice.
- c) Identifikace ploch dle HSP a druhů pozemků.
- d) Stanovení CN pro vybrané plochy dle HSP a druhů pozemků. Poté výpočet průměrné hodnoty CN pro levou a pravou část povodí.
- e) Typ povodí - dva svahy a varianta výpočtu - varianta 1.

### Programy systému DesQ

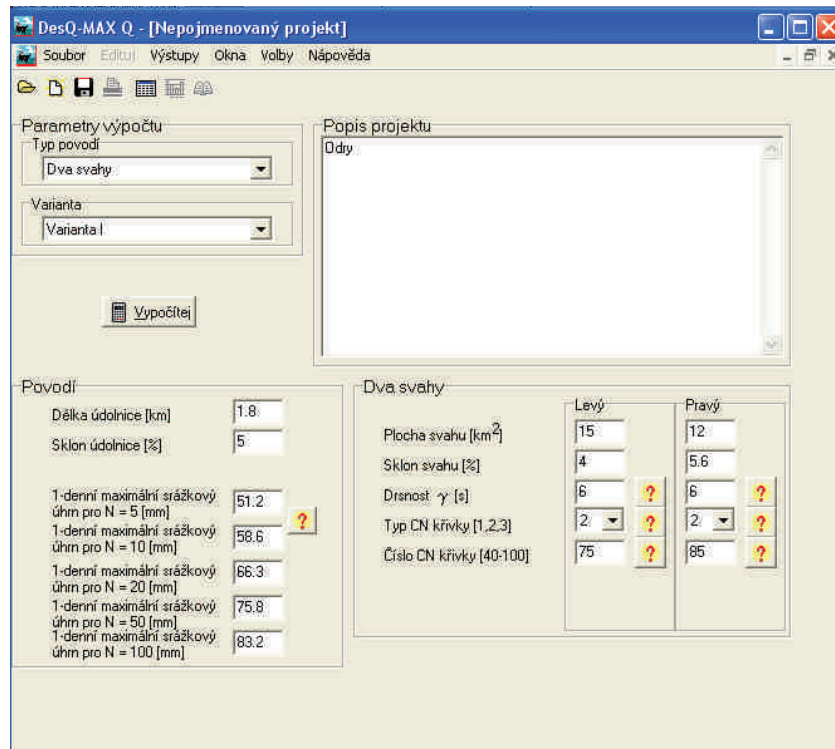
WDS Q1	výpočtový program pro povodí, jehož geometrickou konfiguraci lze schematicky vyjádřit jednou odtokovou plochou - samostatný svah
WDS Q2	výpočtový program pro povodí, jehož geometrickou konfiguraci lze schematicky vyjádřit jednou odtokovou plochou - samostatný svah s údolnicí

WDS Q1: umožňuje 3 scénáře výpočtu:

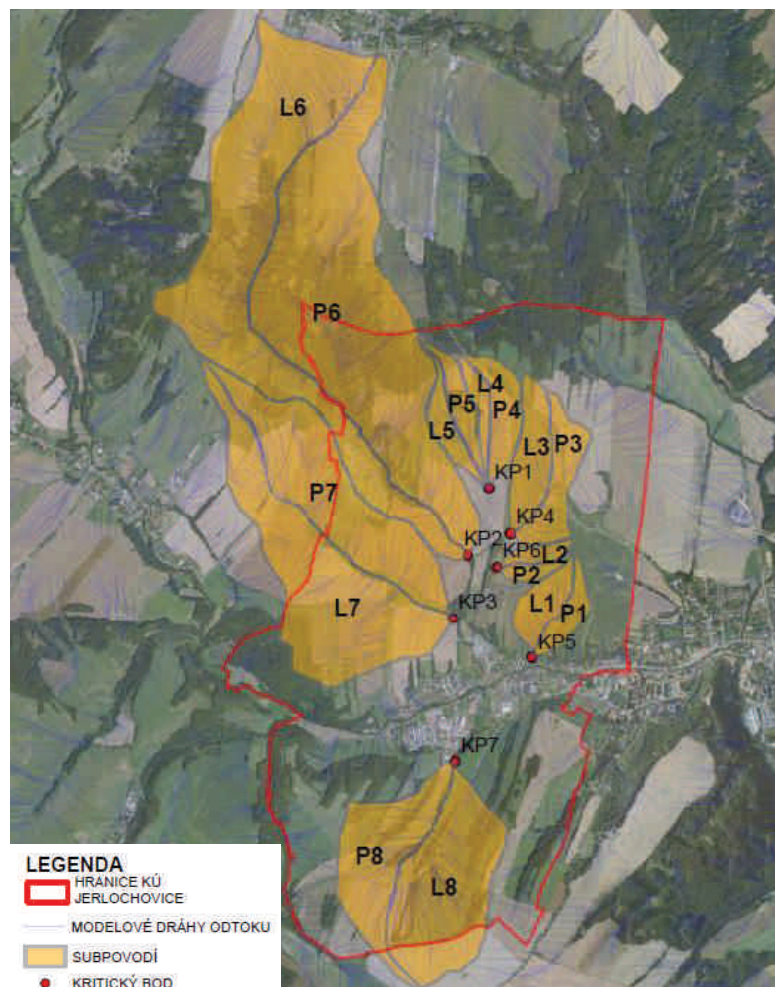
$Q_{\max - \max}$	max. N-letý průtok, vyvolaný deštěm kritické doby trvání
$Q_{\max - \text{varianta I}}$	max. N-letý průtok, při zadané době trvání deště $t_d$ a době opakování N, $i_d = f(t_d)$
$Q_{\max - \text{varianta II}}$	max. průtok při zadané $t_d, i_d$

WDS Q2: umožňuje 4 scénáře výpočtu:

$Q_{\max - \max}$	odvození kritické doby trvání deště pro jednotlivé svahy povodí
$Q_{\max - \text{varianta I}}$	max. N-letý průtok, při zadané době trvání deště $t_d$ a době opakování N, $i_d = f(t_d)$
$Q_{\max - \text{varianta II}}$	max. průtok při zadané $t_d, i_d$
$Q_{\max - \text{varianta III}}$	max N-letý průtok, vyvolaný odvozeným "výpočtovým" deštěm pro povodí



Obr. 7.3 Uživatelské prostředí modelu DesQ



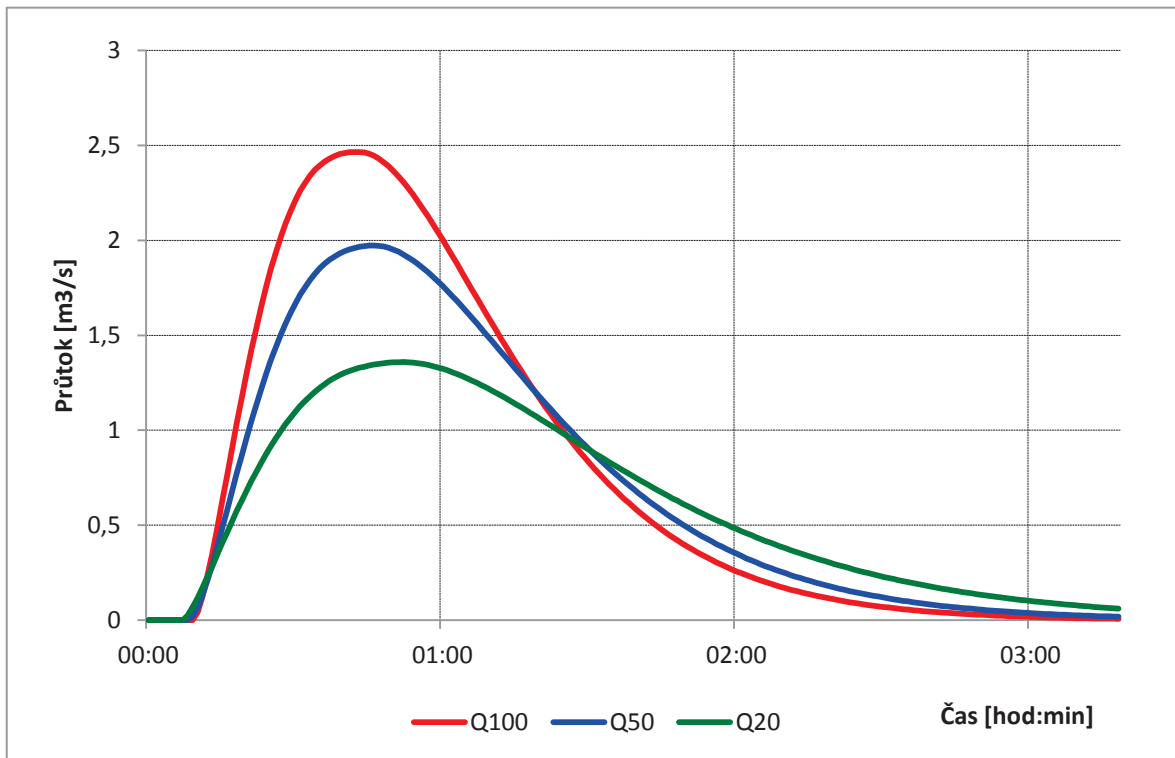
Obr. 7.4 Vyznačení subpovodí a kritických bodů

## 7.2.6 Výpočet odtokových poměrů před návrhem PEO

### SUBPOVODÍ P1

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0,22			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0,13	0,09	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		7,4	8,2	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	0,87			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	5,39			[%]
CN <sub>typ</sub>	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		82,8	83,5	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN <sub>pr</sub>	přepočtené číslo CN - typ		82,8	83,5	[...]
R <sub>p</sub>	potenciální retence povodí		52,7	50	[mm]
L <sub>s</sub>	průměrná délka svahu		0,15	0,1	[km]
L <sub>so</sub>	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,17	0,12	[km]
Kritický dešť					
t <sub>dk</sub>	doba trvání deště		41	31	[min]
i <sub>dk</sub>	intenzita deště		1,413	1,683	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>dk</sub>	výška deště		57,9	52,2	[mm]
t <sub>1dk</sub>	doba bezodtokové fáze		7	6	[min]
t <sub>spk</sub>	doba trvání přítoku		34	25	[min]
i <sub>spk</sub>	intenzita přítoku		0,66	0,771	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>spk</sub>	výška přítoku		22,5	19,3	[mm]
Výpočtový dešť					
t <sub>d</sub>	doba trvání deště	41			[min]
i <sub>d</sub>	intenzita deště	1,413			[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>d</sub>	výška deště	57,9			[mm]
t <sub>1</sub>	doba trvání bezodtokové fáze	7	7	7	[min]
t <sub>sp</sub>	doba trvání přítoku		34	34	[min]
i <sub>sp</sub>	intenzita přítoku		0,66	0,689	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>sp</sub>	výška přítoku		22,5	23,4	[mm]
t <sub>sk</sub>	doba koncentrace		33	26	[min]
i <sub>sk</sub>	intenzita odtoku v době t <sub>sk</sub>		0,675	0,7	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>so</sub>	výška odtoku		22,5	23,4	[mm]
max i <sub>so</sub>	max. intenzita odtoku ze svahu		0,66	0,689	[mm.min <sup>-1</sup> ]
<b>Q<sub>max</sub></b>	<b>maximální průtok</b>	<b>2,52</b>	<b>1,43</b>	<b>1,03</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny	5,03	2,92	2,11	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
t <sub>vh</sub>	doba vzestupu hydrogramu	33	33	26	[min]

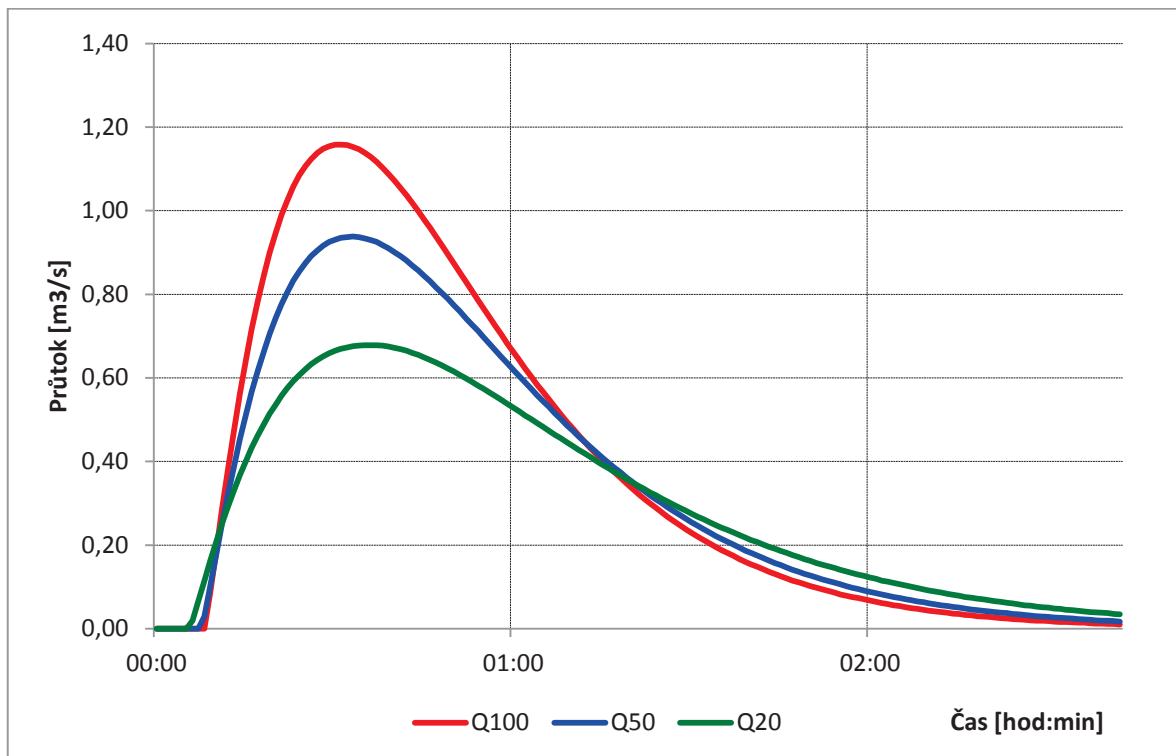
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	65	65	50	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	1	1	8	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	99	99	84	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	9,39	5,48	3,91	[ $10^3 \cdot m^3$ ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	33	33	26	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	157	157	137	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	1	1	8	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	191	191	171	[min]



## SUBPOVODÍ P2

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0,09			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0,05	0,04	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		6,7	7	[%]
$\gamma$	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
$L_u$	délka údolnice	0,59			[km]
$I_u$	průměrný sklon údolnice	5,27			[%]
$CN_{typ}$	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		84	81,7	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
$H_{1d5}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
$H_{1d10}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
$H_{1d20}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]

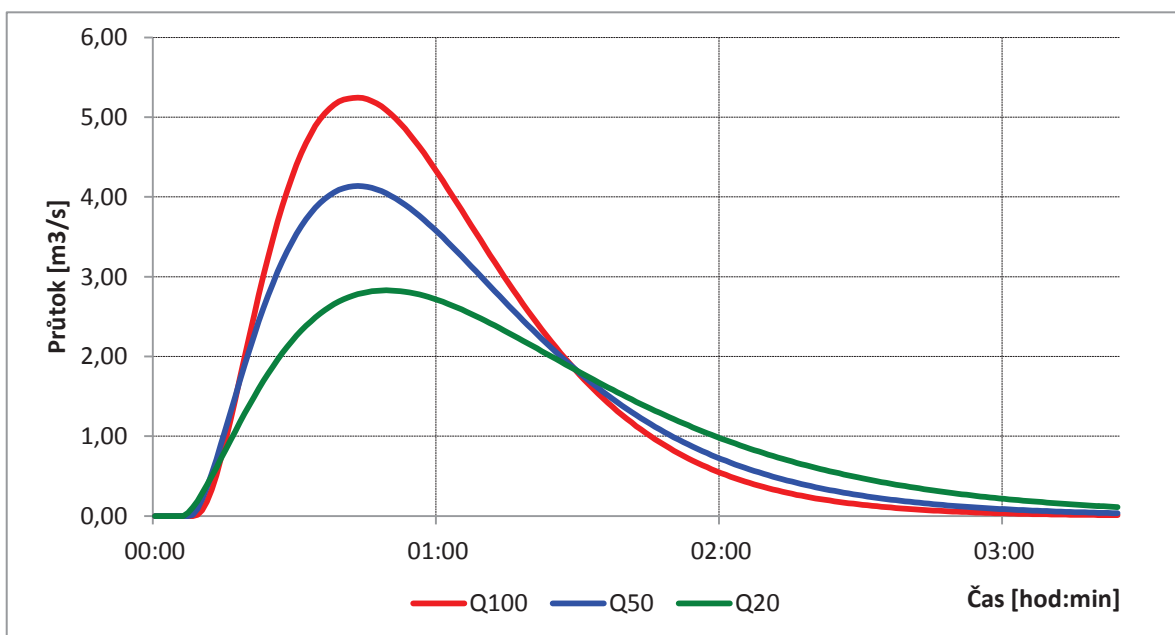
$H_{1d50}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]
$H_{1d100}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
<b>VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let</b>		<b>Povodí</b>	<b>Levý svah</b>	<b>Pravý svah</b>	<b>Jednotky</b>
$CN_{pr}$	přepočtené číslo CN - typ		84	81,7	[...]
$R_p$	potenciální retence povodí		48,3	56,7	[mm]
$L_s$	průměrná délka svahu		0,08	0,07	[km]
$L_{so}$	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,1	0,08	[km]
<b>Kritický déšť</b>					
$t_{dk}$	doba trvání deště		29	29	[min]
$i_{dk}$	intenzita deště		1,755	1,755	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{dk}$	výška deště		50,9	50,9	[mm]
$t_{1dk}$	doba bezodtokové fáze		6	6	[min]
$t_{spk}$	doba trvání přítoku		23	23	[min]
$i_{spk}$	intenzita přítoku		0,825	0,706	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{spk}$	výška přítoku		19	16,2	[mm]
<b>Výpočtový déšť</b>					
$t_d$	doba trvání deště	29			[min]
$i_d$	intenzita deště	1,755			[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_d$	výška deště	50,9			[mm]
$t_1$	doba trvání bezodtokové fáze	6	6	6	[min]
$t_{sp}$	doba trvání přítoku		23	23	[min]
$i_{sp}$	intenzita přítoku		0,825	0,706	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{sp}$	výška přítoku		19	16,2	[mm]
$t_{sk}$	doba koncentrace		23	22	[min]
$i_{sk}$	intenzita odtoku v době $t_{sk}$		0,833	0,709	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{so}$	výška odtoku		19	16,2	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,825	0,706	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$Q_{max}$	<b>maximální průtok</b>	<b>1,15</b>	<b>0,688</b>	<b>0,471</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm</b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	1,6	0,949	0,649	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	23	23	22	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	42	42	38	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	65	65	61	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	3,83	2,22	1,61	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	23	23	22	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	133	132	133	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	1	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	156	155	156	[min]



### SUBPOVODÍ P3

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0,41			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0,21	0,2	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		9	8,5	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	1,09			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	6,24			[%]
CN <sub>typ</sub>	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		86,5	84,7	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN <sub>pr</sub>	přepočtené číslo CN - typ		86,5	84,7	[...]
R <sub>p</sub>	potenciální retence povodí		39,7	46,1	[mm]
L <sub>s</sub>	průměrná délka svahu		0,19	0,18	[km]
L <sub>so</sub>	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,22	0,21	[km]
Kritický déšť					
t <sub>dk</sub>	doba trvání deště		38	41	[min]

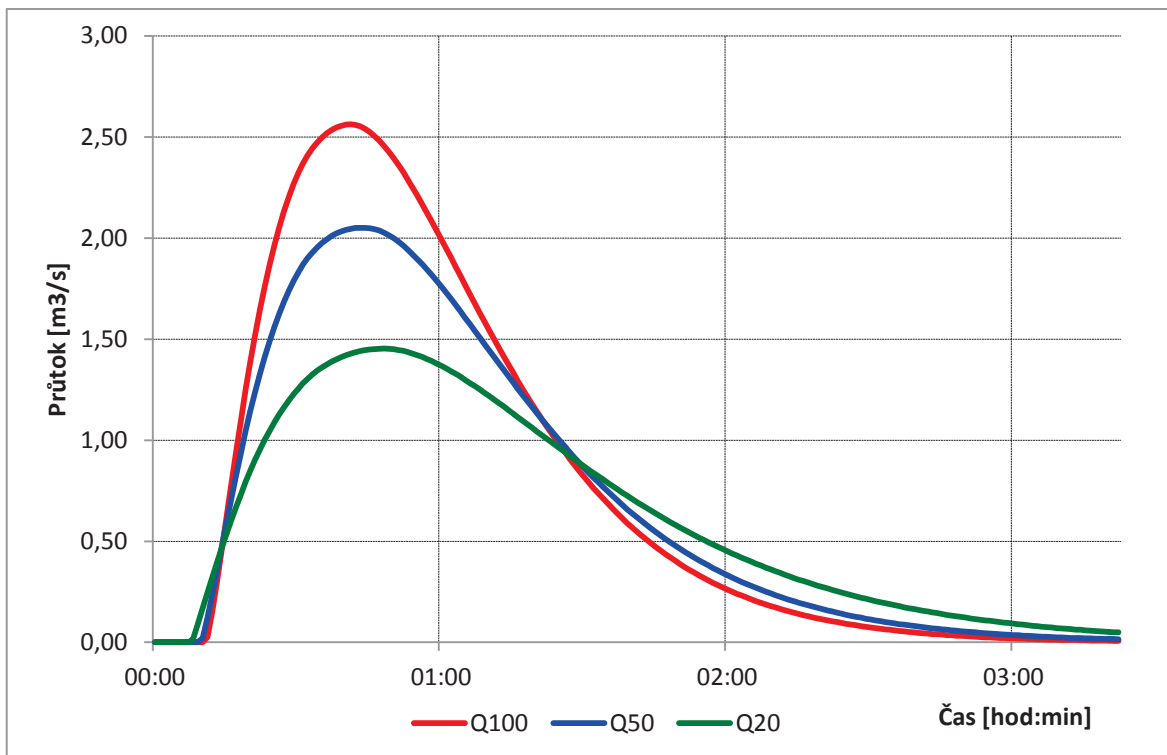
$i_{dk}$	intenzita deště		1,482	1,413	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{dk}$	výška deště		56,3	57,9	[mm]
$t_{1dk}$	doba bezodtokové fáze		5	7	[min]
$t_{spk}$	doba trvání přítoku		33	34	[min]
$i_{spk}$	intenzita přítoku		0,805	0,736	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{spk}$	výška přítoku		26,6	25	[mm]
<b>Výpočtový déšť</b>					
$t_d$	doba trvání deště	41			[min]
$i_d$	intenzita deště	1,413			[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_d$	výška deště	57,9			[mm]
$t_1$	doba trvání bezodtokové fáze	6	6	7	[min]
$t_{sp}$	doba trvání přítoku		35	34	[min]
$i_{sp}$	intenzita přítoku		0,796	0,736	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{sp}$	výška přítoku		27,9	25	[mm]
$t_{sk}$	doba koncentrace		33	34	[min]
$i_{sk}$	intenzita odtoku v době $t_{sk}$		0,778	0,729	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{so}$	výška odtoku		27,9	25	[mm]
max $i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,796	0,736	[mm.min <sup>-1</sup> ]
<b><math>Q_{max}</math></b>	<b>maximální průtok</b>	<b>5,27</b>	<b>2,79</b>	<b>2,46</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm</b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	10,9	5,85	5,01	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	34	33	34	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	72	70	72	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	2	0	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	106	105	106	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	19,5	10,3	9,12	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	34	33	34	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	163	160	163	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	2	0	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	197	195	197	[min]



### SUBPOVODÍ P4

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0,25			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0,08	0,17	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		12,1	10,5	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	1,22			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	9,03			[%]
CN <sub>typ</sub>	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		79,7	81,1	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN <sub>pr</sub>	přepočtené číslo CN - typ		79,7	81,1	[...]
R <sub>p</sub>	potenciální retence povodí		64,8	59,3	[mm]
L <sub>s</sub>	průměrná délka svahu		0,07	0,14	[km]
L <sub>so</sub>	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,08	0,17	[km]
Kritický dešť					
t <sub>dk</sub>	doba trvání deště		27	39	[min]
i <sub>dk</sub>	intenzita deště		1,835	1,458	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>dk</sub>	výška deště		49,5	56,9	[mm]
t <sub>1dk</sub>	doba bezodtokové fáze		7	8	[min]
t <sub>spk</sub>	doba trvání přítoku		20	31	[min]
i <sub>spk</sub>	intenzita přítoku		0,66	0,626	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>spk</sub>	výška přítoku		13,2	19,4	[mm]
Výpočtový dešť					
t <sub>d</sub>	doba trvání deště	39			[min]
i <sub>d</sub>	intenzita deště	1,458			[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>d</sub>	výška deště	56,9			[mm]
t <sub>1</sub>	doba trvání bezodtokové fáze	8	9	8	[min]
t <sub>sp</sub>	doba trvání přítoku		30	31	[min]
i <sub>sp</sub>	intenzita přítoku		0,591	0,626	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>sp</sub>	výška přítoku		17,7	19,4	[mm]
t <sub>sk</sub>	doba koncentrace		21	31	[min]
i <sub>sk</sub>	intenzita odtoku v době t <sub>sk</sub>		0,572	0,616	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>so</sub>	výška odtoku		17,7	19,4	[mm]
max i <sub>so</sub>	max. intenzita odtoku ze svahu		0,591	0,626	[mm.min <sup>-1</sup> ]
<b>Q<sub>max</sub></b>	<b>maximální průtok</b>	<b>2,59</b>	<b>0,788</b>	<b>1,77</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny	4,72	1,42	3,3	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
t <sub>vh</sub>	doba vzestupu hydrogramu	31	21	31	[min]
t <sub>ph</sub>	doba poklesu hydrogramu	63	39	63	[min]
t <sub>kh</sub>	doba trvání kulminace	0	9	0	[min]

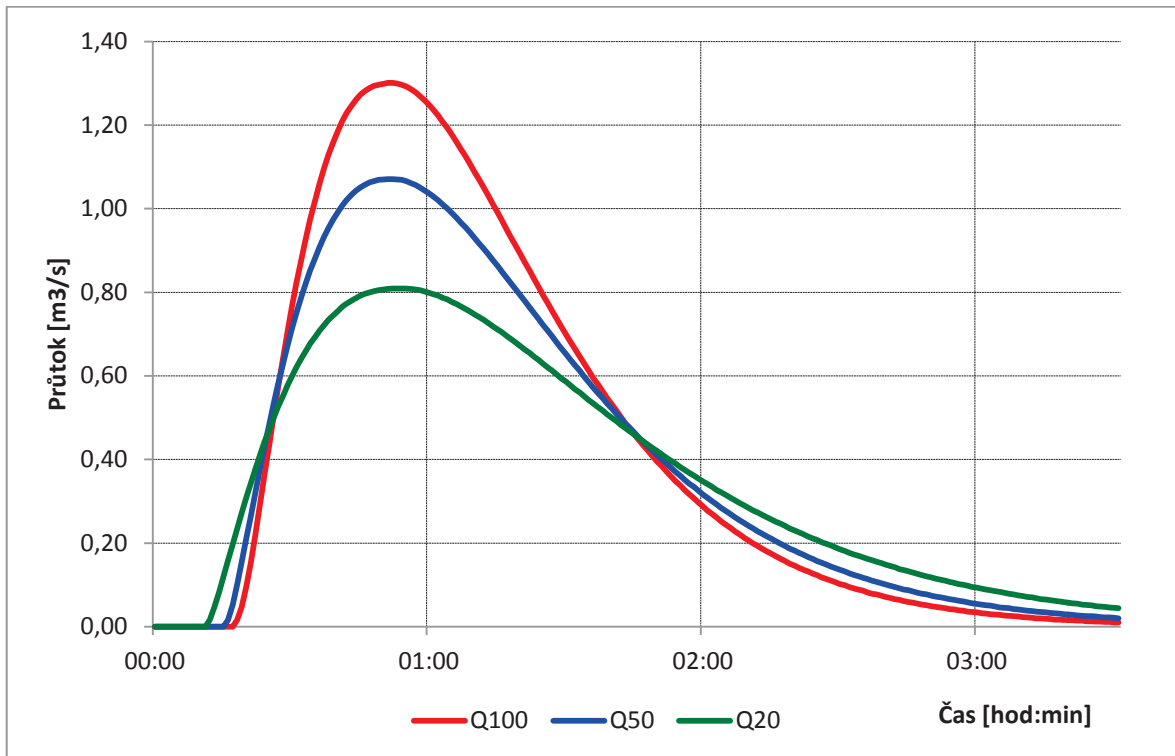
hydrogramu					
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	94	69	94	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	9,54	2,92	6,62	$[10^3 \cdot m^3]$
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	31	21	31	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	163	136	163	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	9	0	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	194	166	194	[min]



### SUBPOVODÍ P5

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0,21			$[km^2]$
$F_s$	plocha svahu		0,1	0,11	$[km^2]$
$I_s$	průměrný sklon svahu		10,5	12,3	[%]
$\gamma$	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
$L_u$	délka údolnice	1,14			[km]
$I_u$	průměrný sklon údolnice	9,98			[%]
$CN_{typ}$	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		71,6	74,2	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
$H_{1d5}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
$H_{1d10}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
$H_{1d20}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]
$H_{1d50}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]

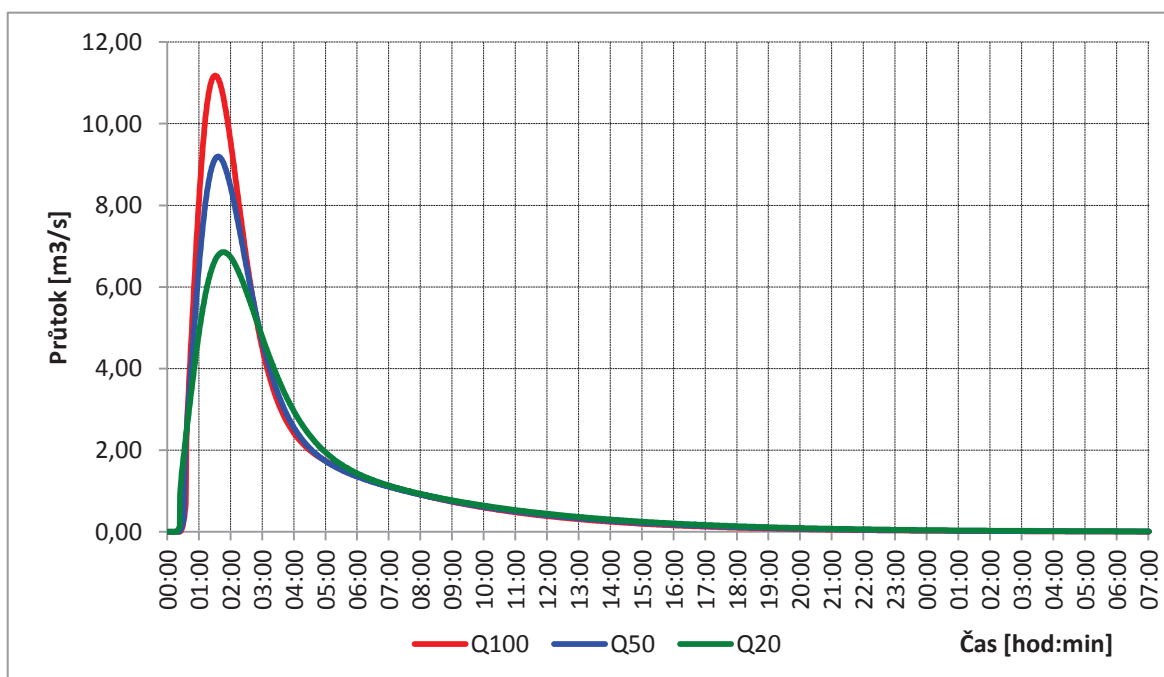
$H_{1d100}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
<b>VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let</b>		<b>Povodí</b>	<b>Levý svah</b>	<b>Pravý svah</b>	<b>Jednotky</b>
$CN_{pr}$	přepočtené číslo CN - typ		71,6	74,2	[...]
$R_p$	potenciální retence povodí		100,9	88,2	[mm]
$L_s$	průměrná délka svahu		0,09	0,1	[km]
$L_{so}$	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,11	0,11	[km]
<b>Kritický déšť</b>					
$t_{dk}$	doba trvání deště		50	43	[min]
$i_{dk}$	intenzita deště		1,205	1,36	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{dk}$	výška deště		60,2	58,5	[mm]
$t_{1dk}$	doba bezodtokové fáze		17	13	[min]
$t_{spk}$	doba trvání přítoku		33	30	[min]
$i_{spk}$	intenzita přítoku		0,345	0,431	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{spk}$	výška přítoku		11,4	12,9	[mm]
<b>Výpočtový déšť</b>					
$t_d$	doba trvání deště	50			[min]
$i_d$	intenzita deště	1,205			[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_d$	výška deště	60,2			[mm]
$t_1$	doba trvání bezodtokové fáze	15	17	15	[min]
$t_{sp}$	doba trvání přítoku		33	35	[min]
$i_{sp}$	intenzita přítoku		0,345	0,396	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{sp}$	výška přítoku		11,4	13,9	[mm]
$t_{sk}$	doba koncentrace		33	31	[min]
$i_{sk}$	intenzita odtoku v době $t_{sk}$		0,347	0,389	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{so}$	výška odtoku		11,4	13,9	[mm]
$\max i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,345	0,396	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$Q_{max}$	<b>maximální průtok</b>	<b>1,3</b>	<b>0,575</b>	<b>0,727</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm</b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	2,66	1,14	1,53	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	33	33	31	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	58	58	56	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	4	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	91	91	91	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	5,5	2,42	3,07	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	33	33	31	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	161	161	158	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	4	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	194	194	193	[min]



### SUBPOVODÍ P6

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	5,1			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		1,61	3,49	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		10	14,8	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	4,29			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	4,29			[%]
CN <sub>typ</sub>	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		77,3	67,1	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN <sub>pr</sub>	přepočtené číslo CN - typ		77,3	67,1	[...]
R <sub>p</sub>	potenciální retence povodí		74,5	124,5	[mm]
L <sub>s</sub>	průměrná délka svahu		0,38	0,81	[km]
L <sub>so</sub>	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,4	0,84	[km]
Kritický déšť					
t <sub>dk</sub>	doba trvání deště		88	263	[min]
i <sub>dk</sub>	intenzita deště		0,765	0,285	[mm.min <sup>-1</sup> ]

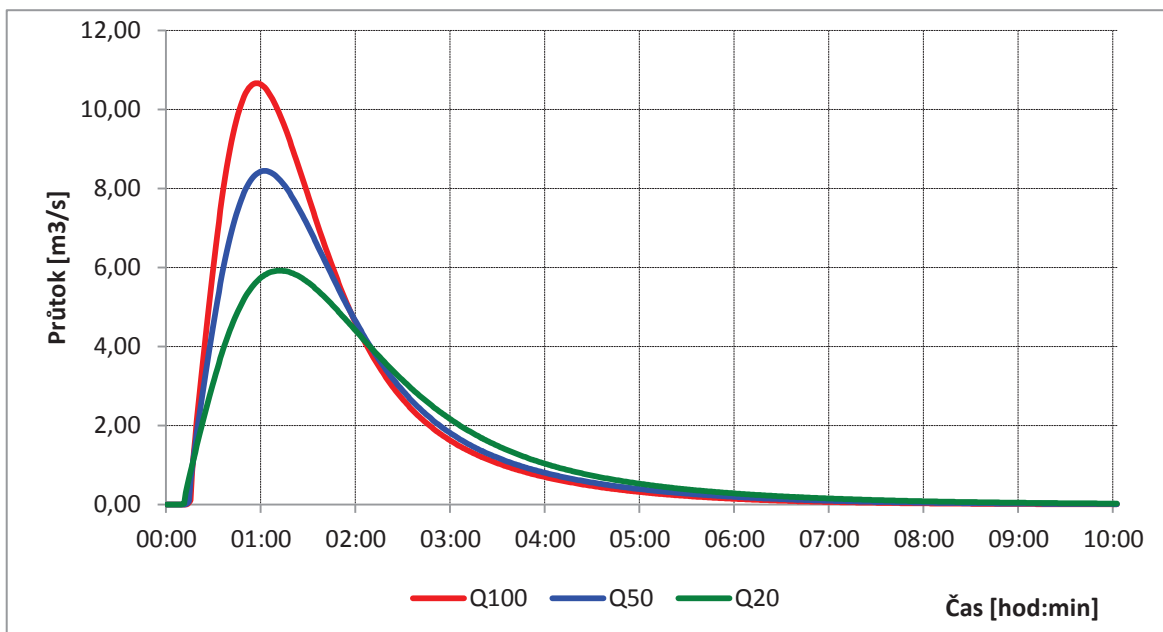
$H_{dk}$	výška deště		67,3	75	[mm]
$t_{1dk}$	doba bezodtokové fáze		19	87	[min]
$t_{spk}$	doba trvání přítoku		69	176	[min]
$i_{spk}$	intenzita přítoku		0,314	0,082	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{spk}$	výška přítoku		21,7	14,4	[mm]
<b>Výpočtový déšť</b>					
$t_d$	doba trvání deště	89			[min]
$i_d$	intenzita deště	0,758			[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_d$	výška deště	67,5			[mm]
$t_1$	doba trvání bezodtokové fáze	20	20	33	[min]
$t_{sp}$	doba trvání přítoku		69	56	[min]
$i_{sp}$	intenzita přítoku		0,315	0,194	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{sp}$	výška přítoku		21,8	10,9	[mm]
$t_{sk}$	doba koncentrace		68	114	[min]
$i_{sk}$	intenzita odtoku v době $t_{sk}$		0,317	0,194	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{so}$	výška odtoku		21,8	10,9	[mm]
max $i_{so}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,315	0,047	[mm.min <sup>-1</sup> ]
<b><math>Q_{max}</math></b>	<b>maximální průtok</b>	<b>11,2</b>	<b>8,46</b>	<b>2,71</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm</b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	72,9	35	37,9	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	68	68	56	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	870	161	870	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	1	0	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	938	230	926	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	117	52,6	64,9	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	68	68	56	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	1772	286	1772	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	1	0	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	1840	355	1828	[min]



### SUBPOVODÍ P7

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	1,77			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		1,01	0,76	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		8,9	8,9	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	2,95			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	4,76			[%]
CN <sub>typ</sub>	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		77,3	82,7	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
CN <sub>pr</sub>	přepočtené číslo CN - typ		77,3	82,7	[...]
R <sub>p</sub>	potenciální retence povodí		74,6	53,1	[mm]
L <sub>s</sub>	průměrná délka svahu		0,34	0,26	[km]
L <sub>so</sub>	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,38	0,28	[km]
Kritický déšť					
t <sub>dk</sub>	doba trvání deště		87	54	[min]
i <sub>dk</sub>	intenzita deště		0,772	1,133	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>dk</sub>	výška deště		67,2	61,2	[mm]
t <sub>1dk</sub>	doba bezodtokové fáze		19	9	[min]
t <sub>spk</sub>	doba trvání přítoku		68	45	[min]
i <sub>spk</sub>	intenzita přítoku		0,317	0,548	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>spk</sub>	výška přítoku		21,5	24,6	[mm]
Výpočtový déšť					
t <sub>d</sub>	doba trvání deště	55			[min]
i <sub>d</sub>	intenzita deště	1,116			[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>d</sub>	výška deště	61,4			[mm]
t <sub>1</sub>	doba trvání bezodtokové fáze	10	13	10	[min]
t <sub>sp</sub>	doba trvání přítoku		42	45	[min]
i <sub>sp</sub>	intenzita přítoku		0,425	0,551	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>sp</sub>	výška přítoku		17,8	24,8	[mm]
t <sub>sk</sub>	doba koncentrace		59	45	[min]
i <sub>sk</sub>	intenzita odtoku v době t <sub>sk</sub>		0,418	0,543	[mm.min <sup>-1</sup> ]
H <sub>so</sub>	výška odtoku		17,8	24,8	[mm]
max i <sub>so</sub>	max. intenzita odtoku ze svahu		0,219	0,551	[mm.min <sup>-1</sup> ]
<b>Q<sub>max</sub></b>	<b>maximální průtok</b>	<b>10,7</b>	<b>3,68</b>	<b>6,98</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm					
W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny	36,9	18	18,9	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
t <sub>vh</sub>	doba vzestupu hydrogramu	45	42	45	[min]
t <sub>ph</sub>	doba poklesu hydrogramu	231	231	105	[min]
t <sub>kh</sub>	doba trvání kulminace	0	0	0	[min]

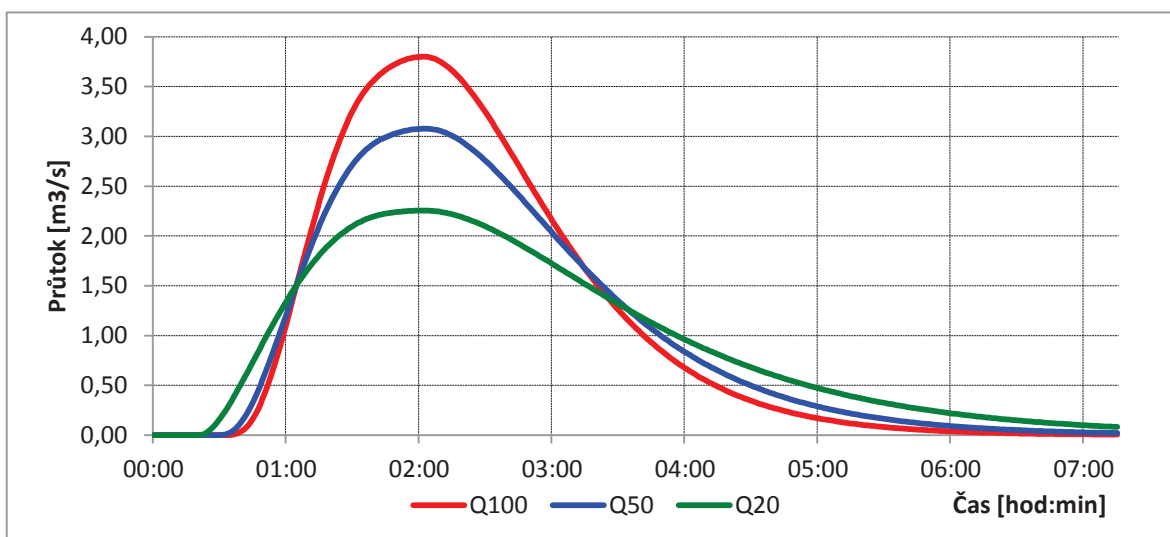
	hydrogramu				
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	276	273	150	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	64,8	33	31,9	$[10^3 \cdot m^3]$
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	45	42	45	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	547	547	218	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	0	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	592	589	263	[min]



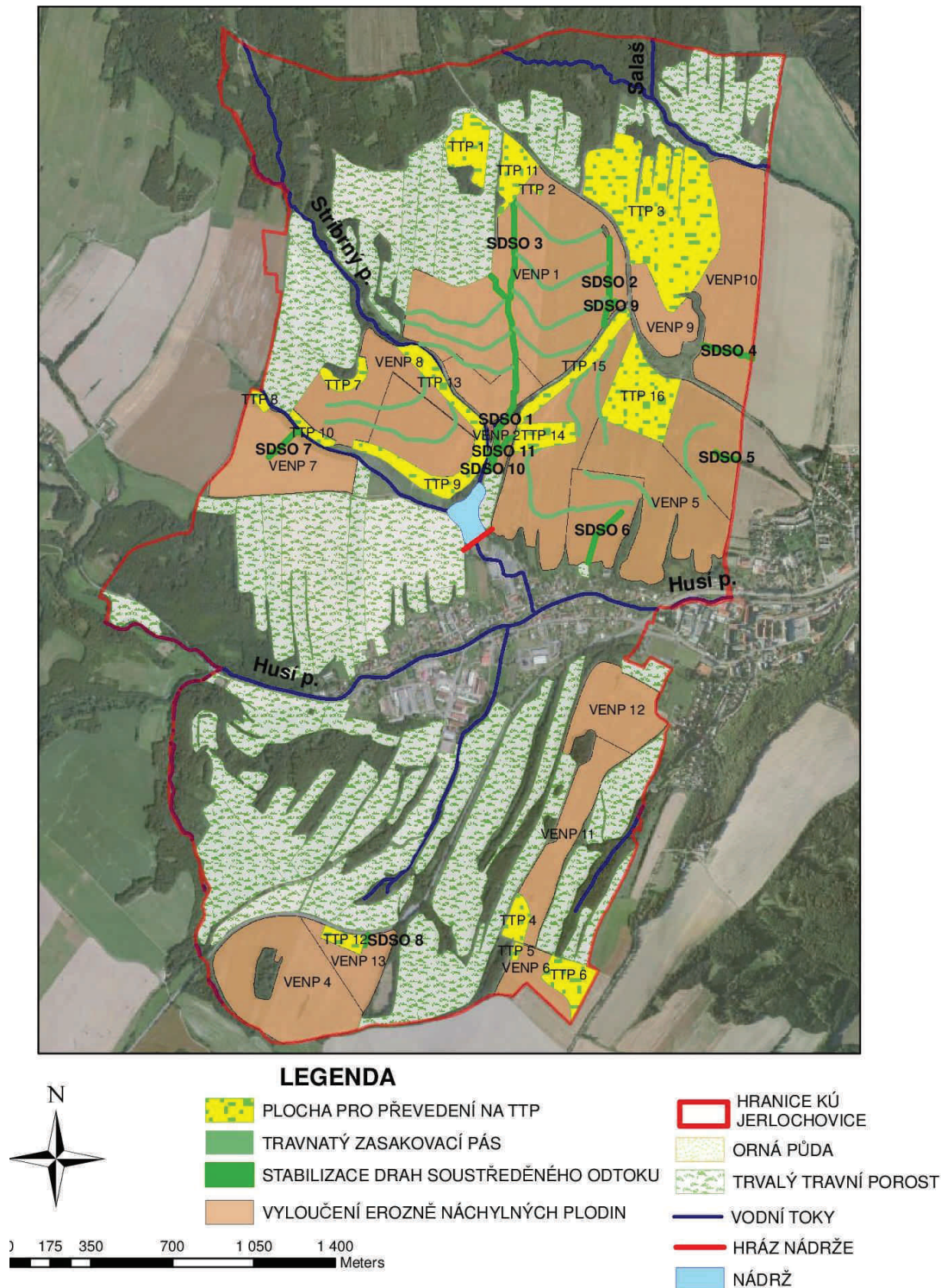
### SUBPOVODÍ P8

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	1,18			$[km^2]$
$F_s$	plocha svahu		0,71	0,47	$[km^2]$
$l_s$	průměrný sklon svahu		13,2	12,4	[%]
g	drsnostní charakteristika		6	6	[sec]
$L_u$	délka údolnice	1,74			[km]
$l_u$	průměrný sklon údolnice	8,85			[%]
$CN_{typ}$	typ odtokové křivky(1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		70,3	74	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
$H_{1d5}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	51,2			[mm]
$H_{1d10}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	58,6			[mm]
$H_{1d20}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	66,3			[mm]
$H_{1d50}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	75,8			[mm]
$H_{1d100}$	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	83,2			[mm]
VÝSTUPNÍ VELIČINY N = 100 let		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
$CN_{pr}$	přepočtené číslo CN - typ		70,3	74	[...]
$R_p$	potenciální retence povodí		107,2	89,2	[mm]
$L_s$	průměrná délka svahu		0,41	0,27	[km]

$L_{50}$	průměrná délka dráhy svahového odtoku		0,47	0,31	[km]
<b>Kritický dešť</b>					
$t_{dk}$	doba trvání deště		131	82	[min]
$i_{dk}$	intenzita deště		0,549	0,81	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{dk}$	výška deště		71,9	66,4	[mm]
$t_{1dk}$	doba bezodtokové fáze		39	22	[min]
$t_{spk}$	doba trvání přítoku		92	60	[min]
$i_{spk}$	intenzita přítoku		0,176	0,285	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{spk}$	výška přítoku		16,2	17,1	[mm]
<b>Výpočtový dešť</b>					
$t_d$	doba trvání deště	120			[min]
$i_d$	intenzita deště	0,596			[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_d$	výška deště	71,6			[mm]
$t_1$	doba trvání bezodtokové fáze	30	36	30	[min]
$t_{sp}$	doba trvání přítoku		84	90	[min]
$i_{sp}$	intenzita přítoku		0,19	0,224	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{sp}$	výška přítoku		16	20,2	[mm]
$t_{sk}$	doba koncentrace		88	67	[min]
$i_{sk}$	intenzita odtoku v době $t_{sk}$		0,191	0,227	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$H_{50}$	výška odtoku		16	20,2	[mm]
$\max i_{50}$	max. intenzita odtoku ze svahu		0,172	0,224	[mm.min <sup>-1</sup> ]
$Q_{\max}$	<b>maximální průtok</b>	<b>3,8</b>	<b>2,04</b>	<b>1,76</b>	<b>[m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>]</b>
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané výpočtovým deštěm</b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	20,8	11,3	9,5	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	84	84	67	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	196	196	135	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	23	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	280	280	225	[min]
<b>Charakteristiky teoretické povodňové vlny vyvolané <math>H_{1d100}</math></b>					
$W_{PVT}$	objem povodňové vlny	29	16	13	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$t_{vh}$	doba vzestupu hydrogramu	84	84	67	[min]
$t_{ph}$	doba poklesu hydrogramu	315	315	233	[min]
$t_{kh}$	doba trvání kulminace hydrogramu	0	0	23	[min]
$t_{ch}$	celková doba trvání odtoku	399	399	323	[min]



## 8 NÁVRH ORGANIZACE A OCHRANY POVODÍ



Obr. 8.1 Mapa navržených opatření

Snahou návrhu je řešení problémových míst v poměrně členitém terénu zájmového území. Návrh protierozních a protipovodňových opatření vycházel z podrobného vyhodnocení klimatických, pedologických, hydrologických a odtokových poměrů, a také z průměrné roční ztráty půdy. Při návrhu těchto opatření bylo využito DMT

jak pro trasování liniových prvků, tak i pro umístění prvků v ploše povodí. Protierozní opatření bylo navrhováno organizační, agrotechnické a biotechnické.

### ***Celková ochrana území sleduje především tři základní cíle:***

- co nejvíce podpořit vsakování vody do půdy,
- omezení odtoku soustřeďovat se do stružek, tzn. podpořit jeho rozptylování,
- zpomalovat a neškodně odvádět povrchový odtok tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu a více podpořit jeho vsak.

## **8.1 ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ**

K nejjednodušším protierozním opatřením se řadí zásahy organizačního charakteru. Vycházejí především ze znalostí příčin erozních jevů a zákonitostí jejich rozvoje a vyúsťují v obecné protierozní zásady:

- včasný termín výsevu plodin,
- výsev víceletých pícnin do krycí plodiny,
- posun podmítky do období s nižším výskytem přívalových dešťů, tzn. na září,
- zařazování bezorebně setých mezipločin,
- rozmístění plodin podle svažitosti pozemku.

Důležitou roli v protierozní ochraně půdy sehrává vegetační pokryv, který působí proti erozi několika směry:

- chrání půdu před přímým dopadem kapek,
- podporuje vsak dešťové vody do půdy,
- svými kořeny zvyšuje soudržnost půdy, která se tak stává odolnější vůči účinkům stékající vody.

### **8.1.1 Ochranné zatravnění**

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

**Tab. 8.1 Zastoupení ochranného zatravnění**

<b>Navržený prvek</b>	<b>Číslo povodí</b>	<b>Plocha (ha)</b>
TTP 1	P4,P5	3,80
TTP 2	P4	0,11
TTP 3	P3	26,39
TTP 4	P8	1,57
TTP 5	P8	0,25
TTP 6	P8	3,18

TTP 7	P7	1,23
TTP 8	P7	0,41
TTP 9	P7	4,43
TTP 10	P7	0,83
TTP 11	P4	3,12
TTP 12	P8	1,17
TTP 13	P6	2,73
TTP 14	P2	2,72
TTP 15	P3	2,95

### 8.1.2 Protierozní rozmístování plodin

Protierozní rozmístování plodin je třeba chápat jako využití přirozené ochrany plodin proti erozi při tradičním způsobu pěstování vybraných plodin na svažitých pozemcích. Protierozní rozmístění plodin na svazích patří k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Vychází z protierozního účinku plodin, který je dán charakteristikou vzrůstu, olistěním, rychlostí vývinu a typem pěstování (úzkoořádkové a širokořádkové).

Jednotlivé plodiny lze na základě protierozní ochrany při tradičním pěstování sestavit do řady se stoupající erozní ohrožeností: travní porost - vojtěška - jetel - obilovina ozimá - obilovina jarní - hrách - řepka ozimá - slunečnice - brambory - cukrovka - kukuřice.

Uvedené skutečnosti byly využity při protierozním rozmístění plodin na svazích, kde se na vybraných lokalitách doporučuje vyloučit pěstování erozně nebezpečných plodin (VENP).

V mapové části jsou plochy s navrženým vyloučením erozně nebezpečných plodin značeny jako VENP.

Protierozní osevňovací postup je velmi důležitým řešením na erozně ohrožených pozemcích, kde nelze z organizačních a technologických důvodů uplatnit jiný způsob rozmístování protierozních plodin.

Protierozní osevňovací postupy se navrhují v případě svažitých pozemků ve velmi sklonitěm, vertikálně a horizontálně vícesměrně členitěm území, kde není možné provádět pracovní operace napříč svahu nebo v případech nepříznivého tvaru a přístupnosti pozemku, jakož i v případech erozního ohrožení vodních zdrojů.

Pozemky silně ohrožené je třeba vyčlenit do samostatného osevňovacího postupu, zabezpečit rostlinný kryt po většinu roku a ochranu půdy i v zimním období. Taková erozní situace na pozemku vyžaduje především zásadní úpravu struktury pěstovaných plodin, tzn.:

- vyloučit plodiny s nízkou protierozní účinností,
- zvýšit zastoupení plodin s vysokým protierozním účinkem,
- zařadit alternativní zlepšující plodiny se středním protierozním účinkem.

Protože se většina orné půdy v zájmovém území nachází ve sklonu větším než 7% je téměř všude doporučeno vyloučit erozně nebezpečné plodiny a pěstování obilovin provádět s využitím půdoochranné agrotechnologie – setí do strniště, případně ponechání slámy. Pozemky se sklonem větším než 20% jsou doporučeny k převedení na trvalý travní porost.

**Tab. 8.2 Plošné zastoupení VENP v povodí**

Navržený prvek	Číslo povodí	Plocha (ha)
VENP 1	P3, P4, P5, P6	57,48
VENP 2	P2	2,00
VENP 3	P6	0,15
VENP 4	P8	22,11
VENP 5	P1, P2, P3	73,69
VENP 6	P8	4,16
VENP 7	P7	15,55
VENP 8	P6, P7	24,53
VENP 9	P3	6,48
VENP 10	P3	21,96
VENP 11	P8	10,04
VENP 12	P8	10,66
VENP 13	P8	5,96

## 8.2 BIOTECHNICKÁ OPATŘENÍ

Celý systém navržených biotechnických opatření slouží jako „kostra protierozních opatření“ v řešeném území, která byla doplněna systémem organizačních, agrotechnických opatření.

Biotechnické liniové prvky protierozní ochrany působí po realizaci jako trvalé překážky napomáhající zejména rozptýlení povrchového odtoku a jsou navrhovány tak, aby svou lokalizací určovaly a pozitivně ovlivňovaly způsob hospodaření uživatelů a vlastníků půdy. Vedle základní funkce - protierozní - mají spolu s doprovodnou dřevinnou zelení na nich rostoucí velký význam i z hlediska krajinně estetického a ekologického. Systém liniových protierozních prvků v kombinaci se zelení může fungovat v krajině i jako nezbytná součást lokálních biokoridorů a tvořit tak základ územních systémů ekologické stability krajiny.

### 8.2.1 Protierozní průlehy

Průlehování pozemků je jedno z nejvhodnějších a nejdůležitějších podpůrných opatření na orné půdě, zejména je-li použito v kombinaci s agronomickými a organizačními protierozními opatřeními.

Průleh je mělký, široký příkop s mírným sklonem svahů, založený s malým, příp. až nulovým podélným sklonem, kde se povrchově stékající voda zachycuje nebo je neškodně odváděna.

Vedle základní protierozní funkce (trvalá překážka povrchovému odtoku) mají průlehy a dřevinná zeleň na nich rostoucí velký význam také z hlediska krajinně estetického i jako hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a všech živých organismů, zvyšují zároveň průchodnost krajiny (neboť v důsledku neúměrně velkých celků vzniklých dříve se zemědělská krajina stala pro člověka neprůchodná). Navržený systém zeleně s protierozní funkcí může fungovat v krajině i jako nezbytná součást lokálních územních systémů ekologické stability.

### ***Zásady pro návrh doprovodné zeleně na průlezích a mezích:***

- při návrhu se vychází z přirozené druhové skladby stávajících zbytků rozptýlené zeleně v daném území,
- kořenový systém musí zajišťovat zpevnění průlehů a podporovat zasakovací funkci
- výsadba dřevin bude jednořadá, v případě keřů jako podsadby maximálně dvouřadá, nesmí zabraňovat práci zemědělských mechanismů, sečení a čištění průlehů,
- zápoj dřevin musí být souvislý, dosahující místy až neprůchodnosti, keřové patro pak umožní osídlení polní zvěří a biologickým predátorům, kteří tak mohou příznivě snížit spotřebu chemických přípravků proti škůdcům,
- dřevinný doprovod protierozních mezí bude znamenat návrat detailu a výrazné estetické obohacení současné "kulturní stepi", která byla zemědělskou velkovýrobou zbavena své identity.

### ***Zásady pro navrhování***

#### **A) Záchytné průlehy**

Budují se na pozemcích o sklonu do 15%, maximálně do 18 % na základě překročené vypočtené limitní délky svahu.

Je možné uplatnit:

- vsakovací průlehy - vhodné pro lehké půdy v sušších oblastech a na pravidelné svahy v terénu,
- kombinované průlehy (vsakovací + odváděcí funkce) - vhodné pro středně těžké půdy, při větším výskytu přívalových dešťů, v terénu s velmi dlouhými svahy nebo při zvláštní ochraně (např. zástavba),
- odváděcí průlehy - pro těžké půdy s minimálním vsakem, ve vlhčích oblastech ve zvládnutém terénu.

Orientační návrhové parametry:

- podélný sklon - 0 - 3 %,
- sklony svahů - 10 - 20% (tj. 1:10 až 1:5),
- max. délka - 600 m,

- max. hloubka - 100 cm,
- min. hloubka - 20 cm.

### B) Svodné průlehy

Navrhují se pro neškodné odvedení vody i erozního smyvu ze záchytných průlehů, zejména pro odvedení odtoků z krátkodobě trvajících přívalových dešťů nebo náhlého tání sněhu.

Orientační návrhové parametry:

- střední průtočná rychlost - pro zatravněné  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,
- pro ostatní podle druhu zpevnění,
- příčný profil - parabolický příp. lichoběžníkový, sklon 1:10 až 1:5,
- max. hloubka - 100 cm,
- min. hloubka - 30 cm,
- min. šířka - 300 cm,
- podélný sklon - 1 - 20 %.

## 8.2.2 Travnaté zasakovací pásy (TZP)

Zasakovací pásy, spolu se zatravněnými údolnicemi, jsou účinné liniové prvky protierozní ochrany, které jsou investičně málo náročné. Z hlediska nového utváření krajiny v rámci komplexních pozemkových úprav a to zejména v pásmech hygienické ochrany v souvislosti s útlumem zemědělské výroby v těchto oblastech.

Zasakovací pásy - travní, křovinné, popř. lesní, se navrhují buď na svažitéch pozemcích podél vrstevnic, kde se střídají s plodinami nedostatečně chránícími půdu před erozí, nebo se budují podél nádrží nebo vodotečí k zabránění vnikání erozních smyvů.

Záchytná účinnost pásu je závislá na charakteru vegetačního krytu, půdě, vlhkosti půdy, sklonu svahu, šířce pásu a intenzitě přívalového deště. Účinnost těchto pásů je možné zvýšit spojením s dalšími technickými protierozními opatřeními, jako jsou zejména průlehy, záchytné příkopy. Pás by neměl být užší než 20 m a šířka chráněného pásu po spádnicí nesmí překračovat přípustnou šířku.

Účinnost zasakovacích pásů spočívá v převedení povrchově odtékající vody, zejména vody přitékající z výše ležících pozemků, v odtok podpovrchový.

**Tab. 8.3 zastoupení TZP v povodí**

Navržený prvek	Číslo povodí	Délka (m)	Šířka (m)	Plocha (ha)
TZP 1	P3, P4	436	20	0,87
TZP 2	P6	475	20	0,95
TZP 3	P6	497	20	0,99
TZP 4	P6	434	20	0,87
TZP 5	P6, P7	714	20	1,43
TZP 6	P6, P7	519	20	1,04
TZP 7	P3	384	20	0,77
TZP 8	P3, P4	516	20	1,03
TZP 9	P3, P4	483	20	0,97

**Tab. 8.4 Zastoupení SDSO v povodí**

Navržený prvek	Číslo povodí	Délka (m)	Šířka (m)	Plocha (ha)
SDSO 1		917	20	1,83
SDSO 2	P3	294	20	0,59
SDSO 3	P4	376	20	0,75
SDSO 4	P5	490	20	0,98
SDSO 5		224	20	0,45
SDSO 6	P1	108	20	0,22
SDSO 7	P7	269	20	0,54
SDSO 8		172	20	0,34
SDSO 9	P3	48	20	0,10
SDSO 10		54	20	0,11
SDSO 11		36	20	0,07

### 8.2.3 Ochranná suchá nádrž

Nádrže jsou jedním z velmi účinných opatření regulujících odtok vody a zachycujících transportované splaveniny. Měly by se navrhovat všude tam, kde i přes opatření provedená v povodí dochází ke zvýšenému transportu látek, zejména do povrchových zdrojů vody pro vodárenské účely. Při navrhování, výstavbě, rekonstrukci a provozu je třeba postupovat v souladu s ČSN 73 6824 "Malé vodní nádrže".

Ochranné nádrže se navrhují jako protierozní a protipovodňová opatření k akumulaci, retenci, retardaci a infiltraci povrchového odtoku a k usazování splavenin.

Navrhují se nejčastěji ve formě závěrečných prvků protierozní a protipovodňové ochrany v systému společných zařízení jako:

- suché ochranné protierozní nádrže, tzv. poldry, které slouží ke krátkodobému zachycení povrchového odtoku a k zachycení splavenin,
- ochranné nádrže s vodním obsahem a vymezeným sedimentačním a retenčním prostorem.

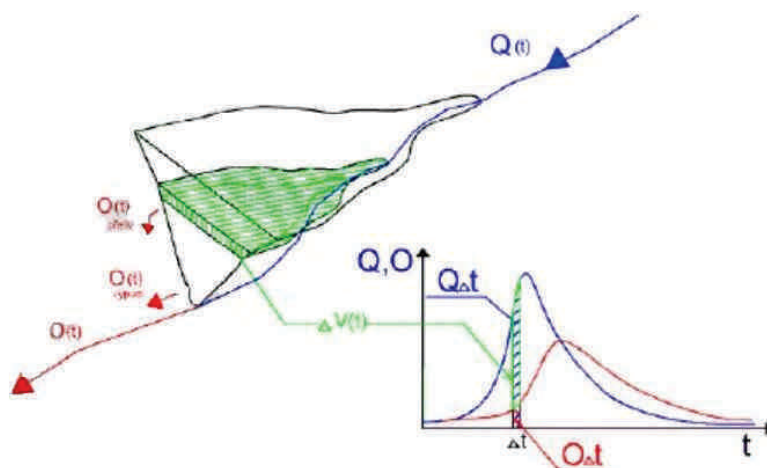
#### **Stanovení objemu ochranného prostoru nádrže $V_r$**

Stanovení objemu ochranného retenčního prostoru vyžaduje řešení transformačního účinku nádrže. Řešení vychází z rovnice nádrže. Cílem je stanovení retenčního prostoru ovladatelného  $V_{ro}$  a neovladatelného  $V_{rn}$ . K řešení je potřebná znalost přítoku do nádrže  $Q(t)$  (hydrogram povodně) a vyřešení odtoku vody z nádrže  $O(t)$ , který je funkcí polohy hladiny v nádrži a parametrů spodních výpustí a bezpečnostního přelivu. Dalším důležitým podkladem je určení neškodného odtoku  $O_{NE}$  pod nádrží. U malých vodních nádrží (dále jen MVN) se předpokládá nahrazený bezpečnostní přeliv. Do výpočtu retenčního účinku jsou započítávány odtoky spodními výpustmi, které bývají u MVN často bez regulačních uzávěrů. Pro suché nádrže musí být kapacita výpustí menší než  $O_{NE}$ . Výsledek je potřeba z pohledu bezpečnosti díla přešetřit při zavřených výpustech a počáteční hladině na kótě koruny přelivu. Bezpečnostní přeliv musí tedy převést

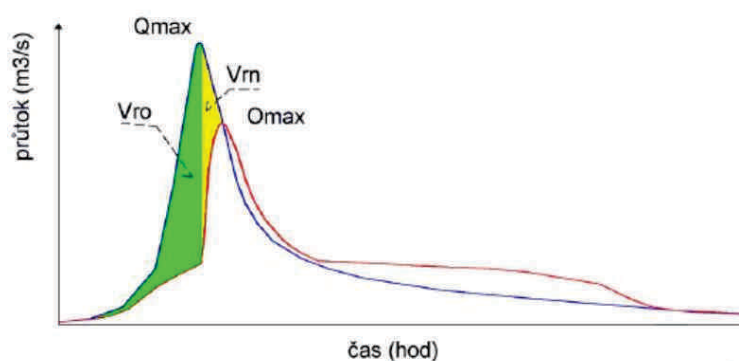
kulminační průtok N-leté povodně, na kterou je nádrž navrhovaná. U MVN se nepředpokládá ve fázi plnění retenčních prostorů řízení odtoku spodními výpustmi. Hledání velikosti objemu retenčních prostorů vede na optimalizační úlohu, kdy pro dané parametry spodní výpusti a bezpečnostního přelivu hledáme optimální rozdělení objemů retenčních prostorů tak, aby jejich velikost byla pro požadovaný retenční účinek minimální. Při řešení je potřeba respektovat určité konstrukční zásady. Plnění ovladatelného retenčního prostoru je funkcí pouze kapacity spodních výpustí, plnění retenčního prostoru neovladatelného závisí též na kapacitě přelivu. [17]

Řešení rovnice nádrže 
$$Q(t) - O(t) = \frac{dV(t)}{dt}; \quad O(t) = O(V(t))$$

bylo provedeno tabelárním výpočtem sestaveným v tabulkovém procesoru MS Excel. Byly simulovány přítoky a odtoky z nádrže při průchodu stoleté povodně pro zadanou polohu a délku přelivné hrany a zvolený průměr spodních výpustí. Časové řady přítoků (hydrogramy povodní) byly získány pomocí hydrologického modelu DesQ.



Obr. 8.2 Transformační účinek izolované nádrže [17]



Obr. 8.3 Účinnost transformačních prostorů [17]

### Popis navržené nádrže

Ochranná suchá nádrž je situována mimo zastavěnou oblast Obce Jerlochovice v místě bývalého rybníka. Staveniště je zasazeno do údolí, kterým protéká Stříbrný potok. Právě tady se jeví jako velmi potřebná. Aby měla pro obec skutečný význam, je potřeba jí

zasadit do celého systému protipovodňových úprav, včetně protierozních opatření nad nádrží, jedním z důvodů je i to, aby se za pár let nezanesla sedimenty.

Nádrž je navržena tak, aby svým tvarem a použitým materiálem byla vhodně začleněna do krajiného rázu okolí. Hráz je navržena jako zemní, homogenní. Objekt zajišťuje převedení a transformaci objemu povodňové vlny přitékající vody po dobu přívalových srážek a zároveň převedení tohoto průtoku prostřednictvím bezpečnostního přelivu.

Výtoková část vypouštěcího zařízení bude upravena jako vývar s výtokovým čelem v návaznosti na stávající koryto toku procházející dnes již bývalým rybníkem.

Pro výstavbu jednotlivých prvků stavby bude použito především přírodního materiálu z okolí města, který vyhovuje jak charakteru a potřebám stavby, tak okolnímu životnímu prostředí.

#### Údaje o nádrži:

Délka hráze	140 m
Kóta koruny hráze	303,30 m n.m.
Kóta přelivu	302,10 m n.m.
Kóta výpusti	296,80 m n.m.
Výška hráze	6,70 m
Šířka koruny hráze	5 m

#### Mahimální nadržení:

Kóta hladiny	302,7 m n.m.
Plocha vodní hladiny	33 933 m <sup>2</sup>
Objem vody při hladině $M_{max}$	71 393 m <sup>3</sup>

#### Retenční prostor ovladatelný:

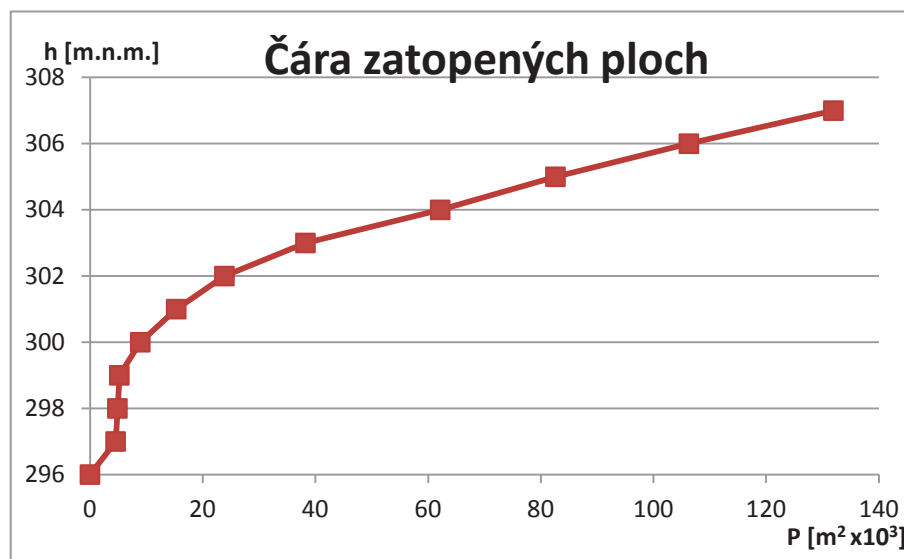
Kóta hladiny $M_{ov}$	302,00 m n.m.
Plocha vodní hladiny	23 870 m <sup>2</sup>
Objem vody při hladině $M_{ov}$	50 805 m <sup>3</sup>

#### Vodní tok:

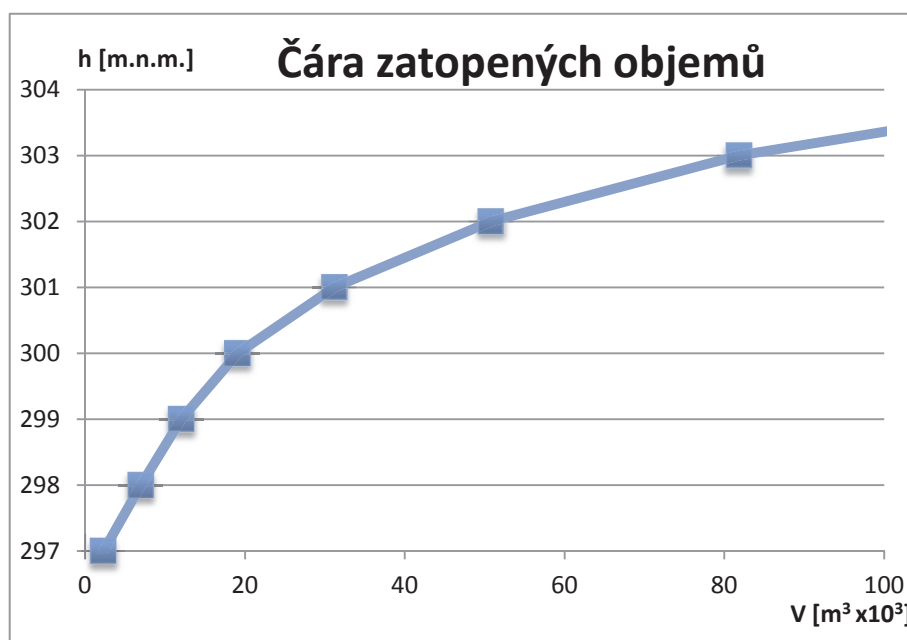
Název vodního toku	Stříbrný potok
Kilometráž toku	km toku 0,400
Číslo hydrologického pořadí	2-01-01-086

**Tab. 8.5 Plochy a objemy nádrže**

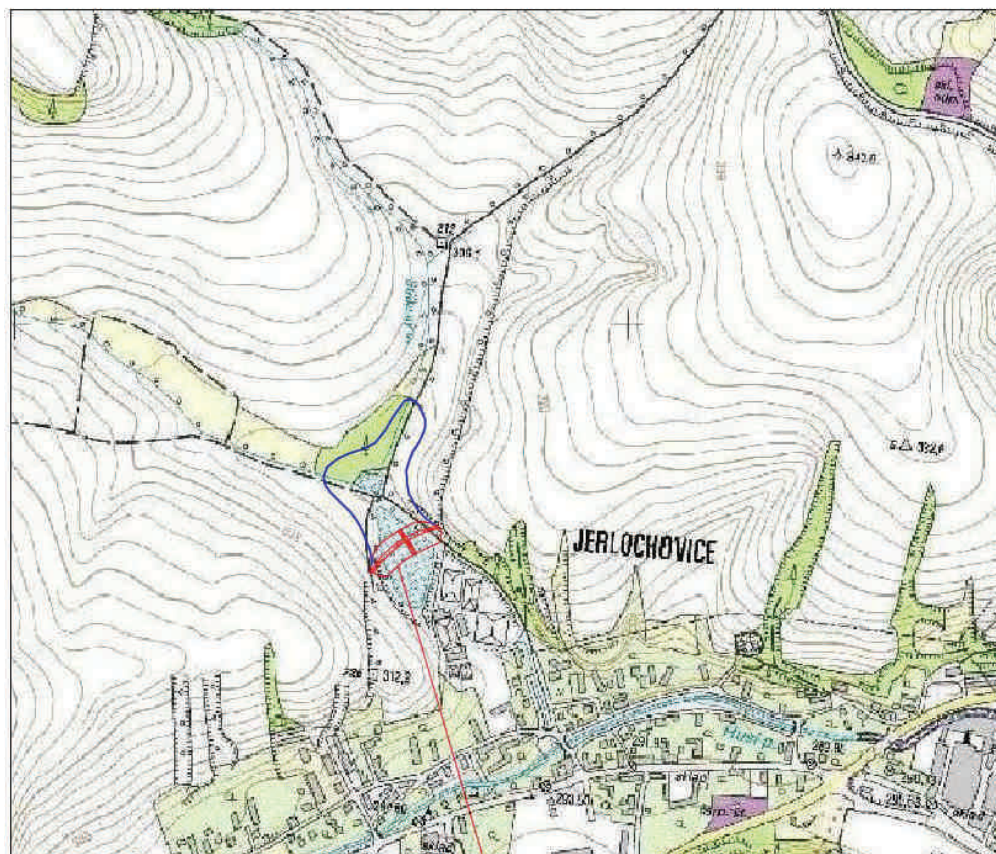
H [m n.m.]	S [m <sup>2</sup> ]	S [Ha]	V <sub>H</sub> [m <sup>3</sup> ] x 10 <sup>3</sup>
296,00	4550	0,46	0,0
297,00	4870	0,49	2,3
298,00	5210	0,52	7,0
299,00	8930	0,89	12,0
300,00	15310	1,53	19,1
301,00	23870	2,39	31,2
302,00	38246	3,82	50,8
303,00	62160	6,22	81,9
304,00	82620	8,26	132,1



**Obr. 8.4 Čára zatopených ploch**

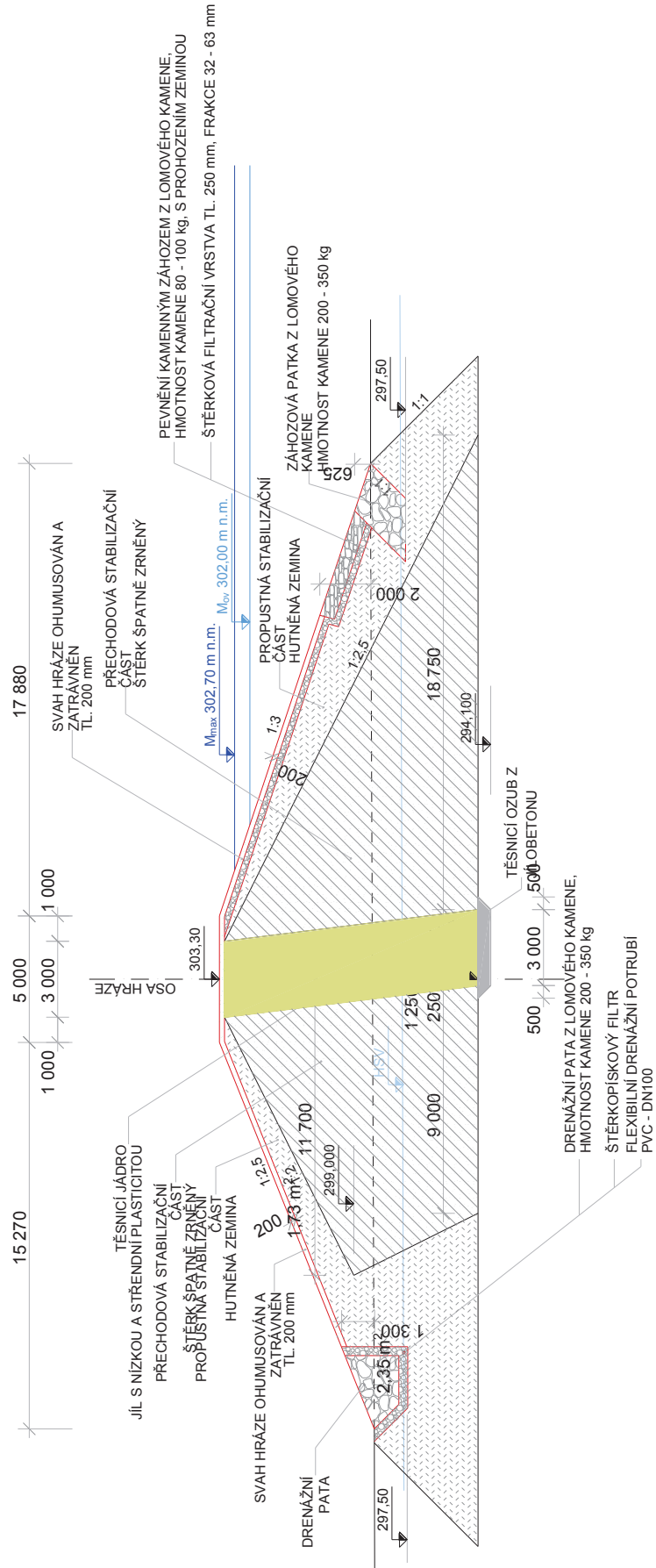


**Obr. 8.5 Čára zatopených objemů**



NÁVRŽENÝ  
POLDR

Obr. 8.6 Přehledná situace



Obr. 8.7 Vzorový příčný řez hráze nádrže

## 9 VYHODNOCENÍ EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PO NÁVRHU PEO

Postup výpočtu u jednotlivých metod byl stejný jako před návrhem PEO. Změnily se pouze hodnoty jednotlivých faktorů - vlivem změny pokryvu došlo ke snížení hodnot C faktoru a vlivem návrhu liniových opatření se snížily hodnoty faktoru L. Byly tedy vytvořeny nové rastry jednotlivých faktorů a následně byly využity pro výpočet erozního smyvu pomocí již dříve zmíněné univerzální rovnice Wischmeier – Smith.

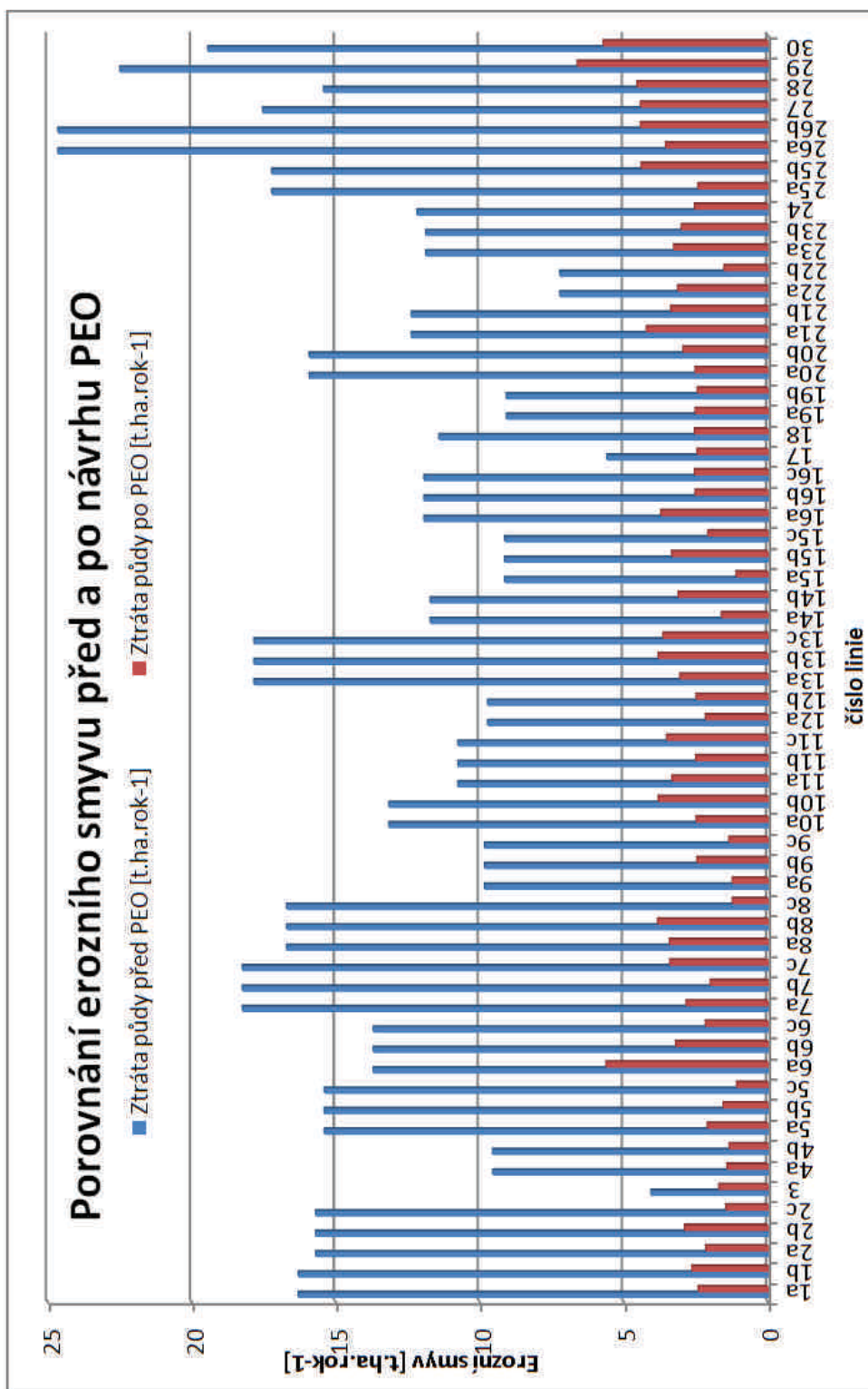
Model DesQ posloužil pro stanovení návrhových průtoků  $Q_{max}$ , které byly následně využity pro návrh suchého poldru. Navržené liniové prvky mají zkrátit délky svahů a tím i snížit kulminační průtoky.

### 9.1 EROZNÍ SMYVY PO NÁVRHU PEO DLE UNIVERZÁLNÍ ROVNICE WISCHMEIER – SMITH (ERCN)

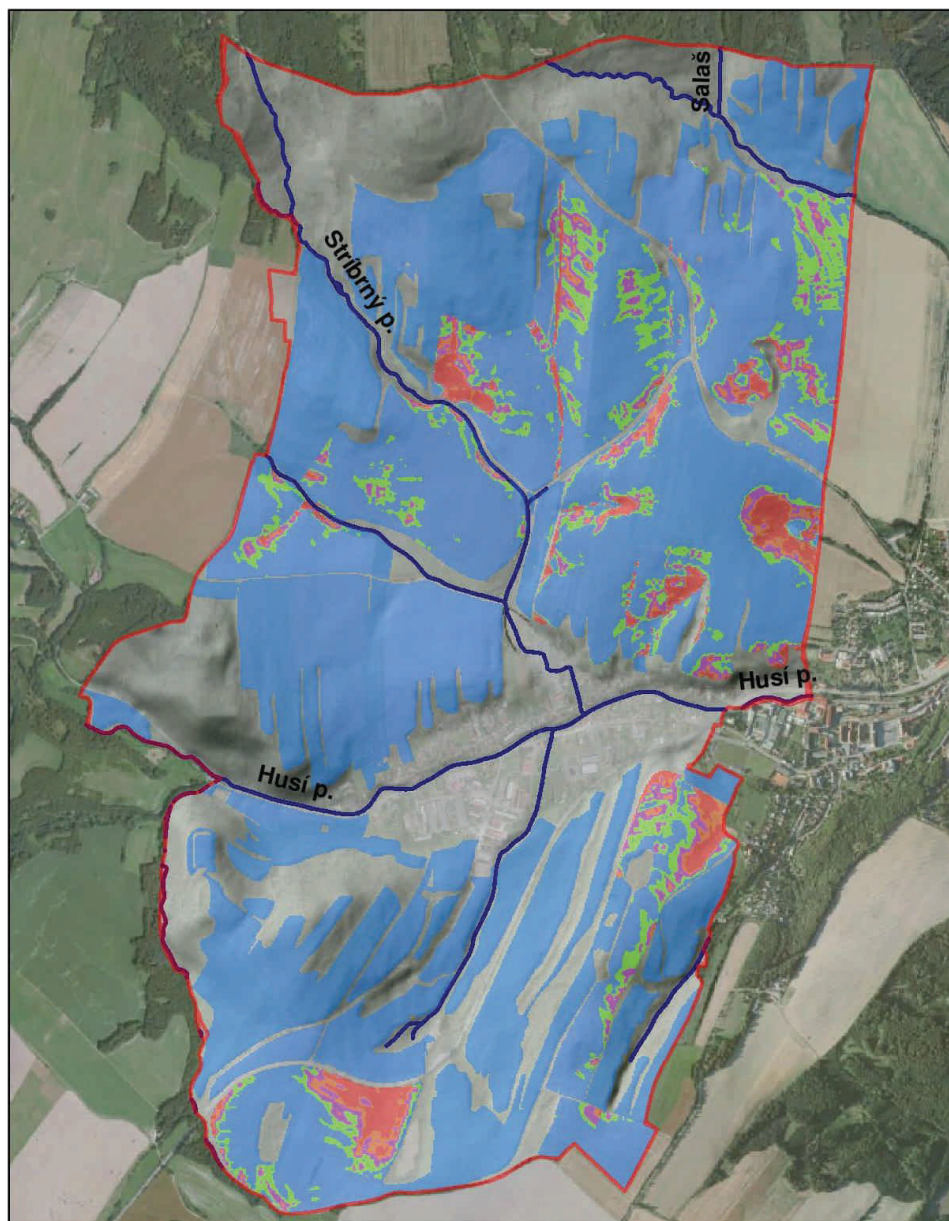
Tab. 9.1 Porovnání ztráty půdy před a po návrhu PEO

odtoková linie	Ztráta půdy před PEO [t.ha.rok <sup>-1</sup> ]	Ztráta půdy po PEO [t.ha.rok <sup>-1</sup> ]	odtoková linie	Ztráta půdy před PEO [t.ha.rok <sup>-1</sup> ]	Ztráta půdy po PEO [t.ha.rok <sup>-1</sup> ]
1a	16,3	2,42	13b	17,84	3,81
1b	16,3	2,64	13c	17,84	3,64
2a	15,7	2,16	14a	11,72	1,61
2b	15,7	2,9	14b	11,72	3,11
2c	15,7	1,46	15a	9,14	1,1
3	4,06	1,7	15b	9,14	3,34
4a	9,56	1,42	15c	9,14	2,08
4b	9,56	1,34	16a	11,94	3,72
5a	15,4	2,1	16b	11,94	2,53
5b	15,4	1,55	16c	11,94	2,55
5c	15,4	1,08	17	5,59	2,46
6a	13,7	5,62	18	11,42	2,55
6b	13,7	3,2	19a	9,08	2,53
6c	13,7	2,17	19b	9,08	2,45
7a	18,24	2,84	20a	15,92	2,53
7b	18,24	2,01	20b	15,92	2,95
7c	18,24	3,41	21a	12,38	4,22
8a	16,7	3,42	21b	12,38	3,37
8b	16,7	3,83	22a	7,22	3,13
8c	16,7	1,24	22b	7,22	1,53
9a	9,84	1,24	23a	11,88	3,27
9b	9,84	2,46	23b	11,88	3
9c	9,84	1,35	24	12,18	2,55
10a	13,16	2,49	25a	17,22	2,43
10b	13,16	3,81	25b	17,22	4,4
11a	10,76	3,33	26a	24,64	3,55

11b	10,76	2,51	26b	24,64	4,43
11c	10,76	3,51	27	17,54	4,42
12a	9,73	2,17	28	15,42	4,54
12b	9,73	2,49	29	22,5	6,62
13a	17,84	3,06	30	19,44	5,72





## 9.2 STANOVENÍ EROZNÍHO SMYVU PO NÁVRHU PEO METOUDOU GRIDU (USLE 2D)



175 350 700 1 050 1 400  
Meters

### LEGENDA

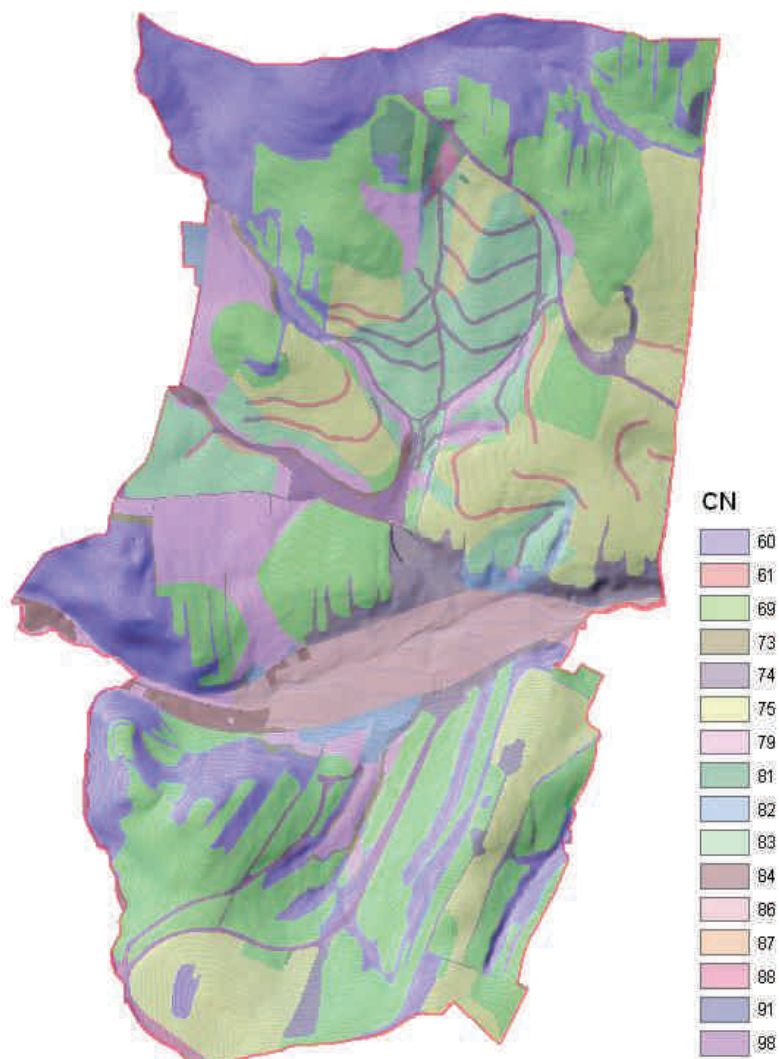
-  HRANICE KÚ JERLOCHOVICE
-  VODNÍ TOKY

### EROZNÍ SMYV

-  do 4 t/ha za rok
-  4 - 10 t/ha za rok
-  10 - 15 t/ha za rok
-  15 - 20 t/ha za rok
-  nad 20 t/ha za rok

Obr. 9.1 Mapa erozního ohrožení před návrhem PEO

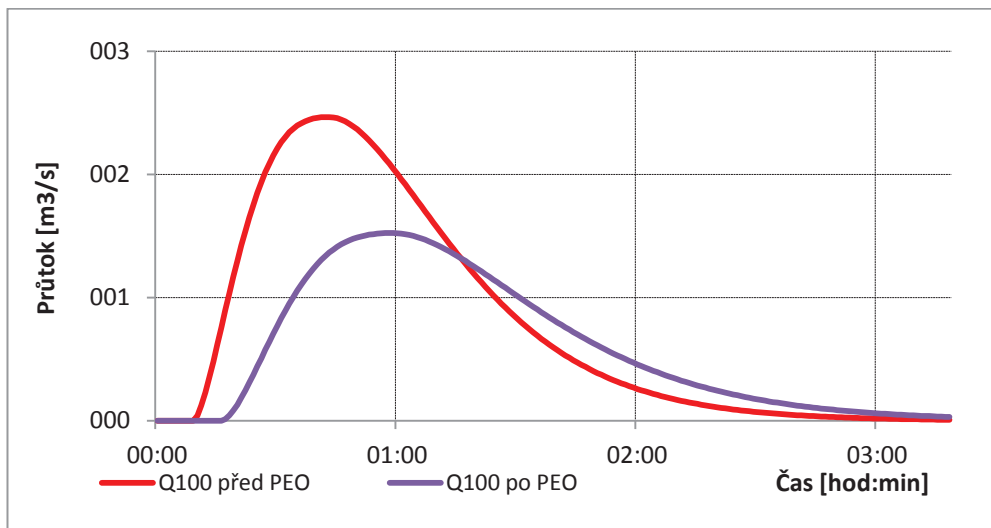
### 9.3 ODTOKOVÉ POMĚRY PO NÁVRHU PEO



Obr. 9.2 Mapa CN po návrhu PEO

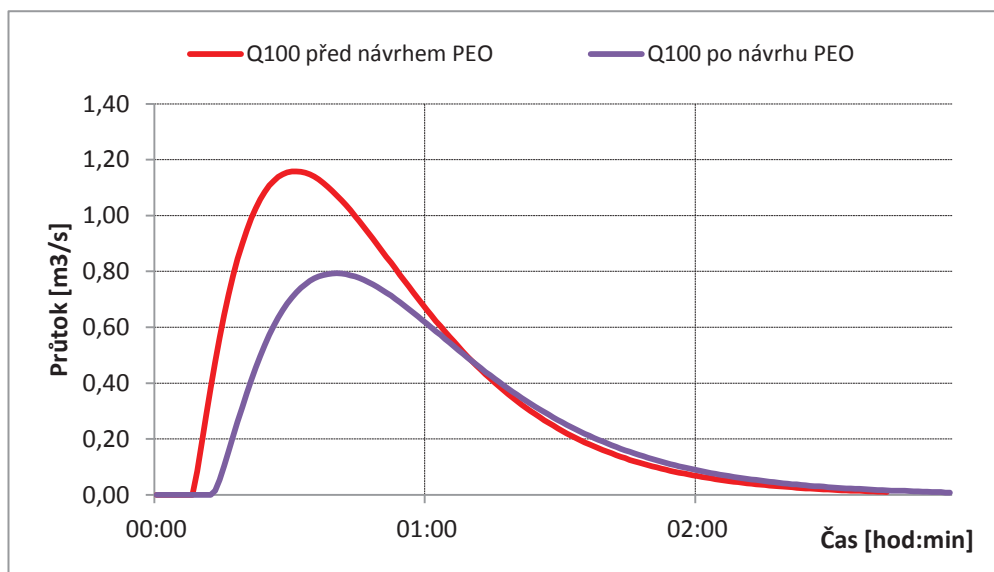
Subpovodí 1

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	0,427	0,626	0,879	1,23	1,55	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$W_{PVT}$	2,05	2,49	2,94	3,49	3,93	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	4,44	5,23	5,88	6,52	7,11	$[10^3 \cdot m^3]$



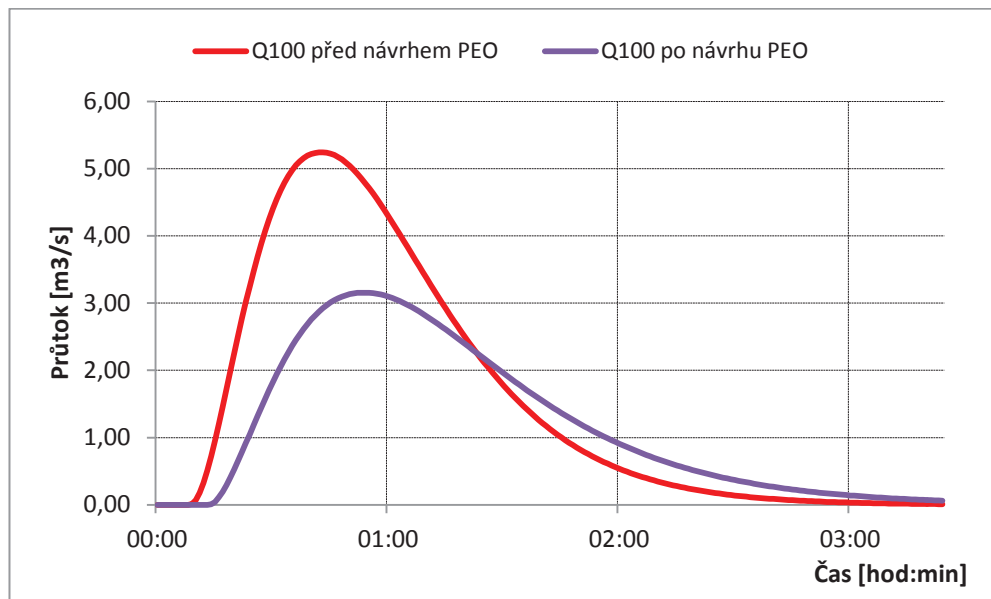
Subpovodí 2

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	0,231	0,337	0,472	0,663	0,788	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$W_{PVT}$	0,724	0,874	1,03	1,22	1,31	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	1,82	2,14	2,4	2,67	2,91	$[10^3 \cdot m^3]$



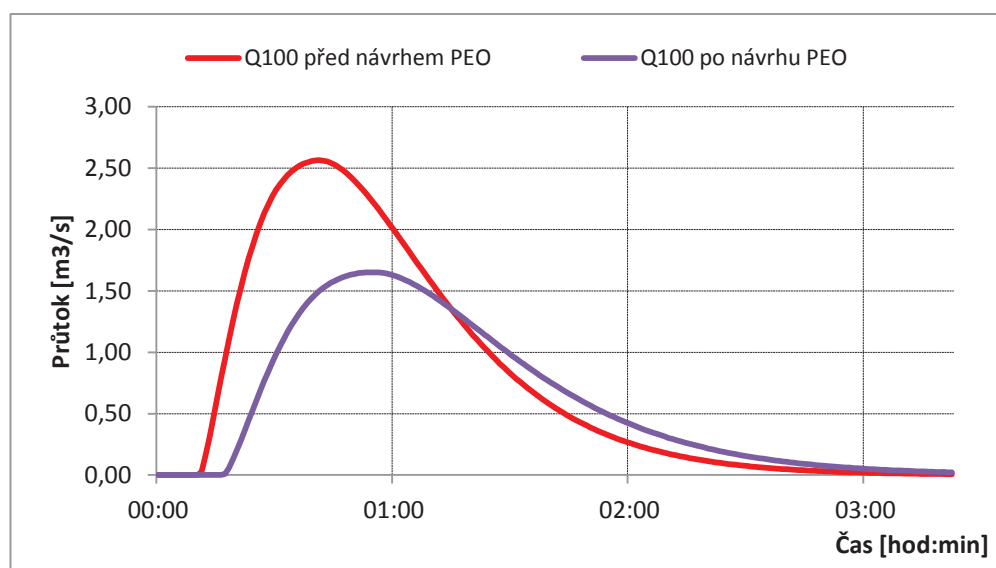
Subpovodí 3

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	0,845	1,24	1,76	2,51	3,16	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$W_{PVT}$	4,18	5,1	6,06	7,2	8,14	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	8,97	10,6	12	13,5	14,8	$[10^3 \cdot m^3]$



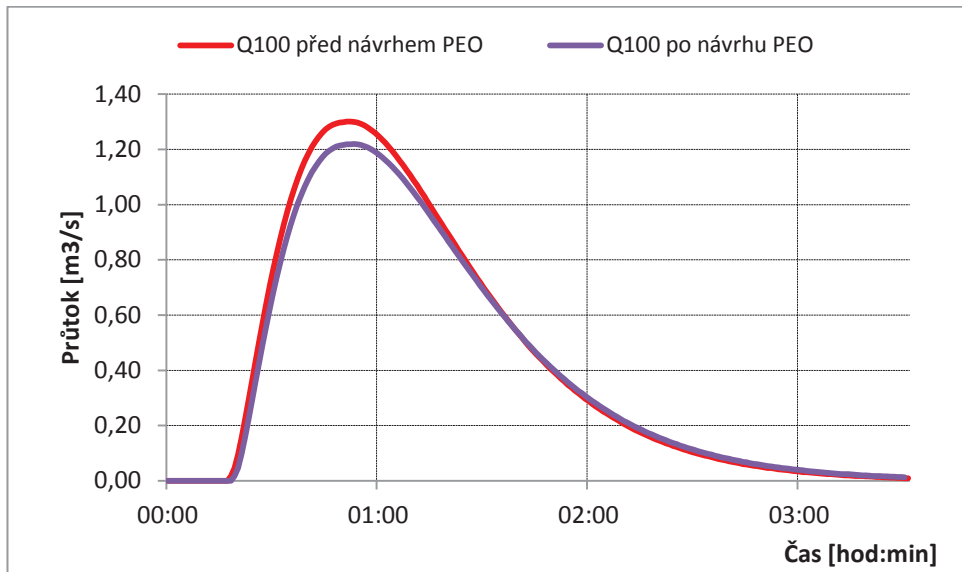
Subpovodí 4

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	0,487	0,709	0,981	1,35	1,69	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$W_{PVT}$	2,07	2,49	2,93	3,42	3,83	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	4,73	5,56	6,2	6,81	7,37	$[10^3 \cdot m^3]$



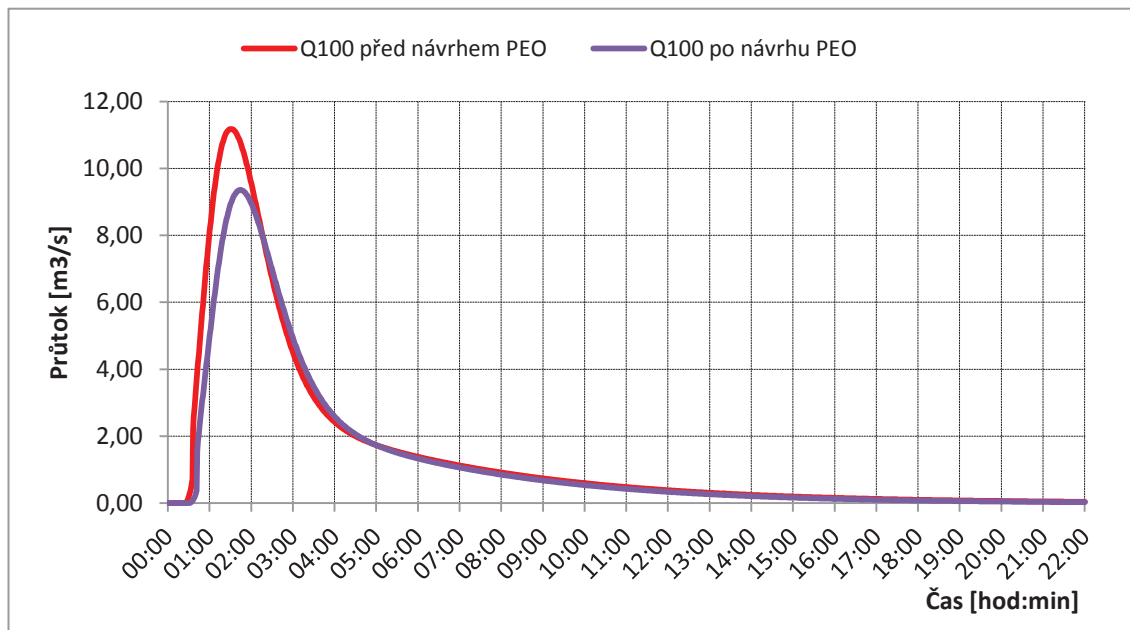
Subpovodí 5

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	0,41	0,583	0,773	1,01	1,22	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$W_{PVT}$	1,39	1,66	1,94	2,3	2,55	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	3,58	4,18	4,59	4,94	5,28	$[10^3 \cdot m^3]$



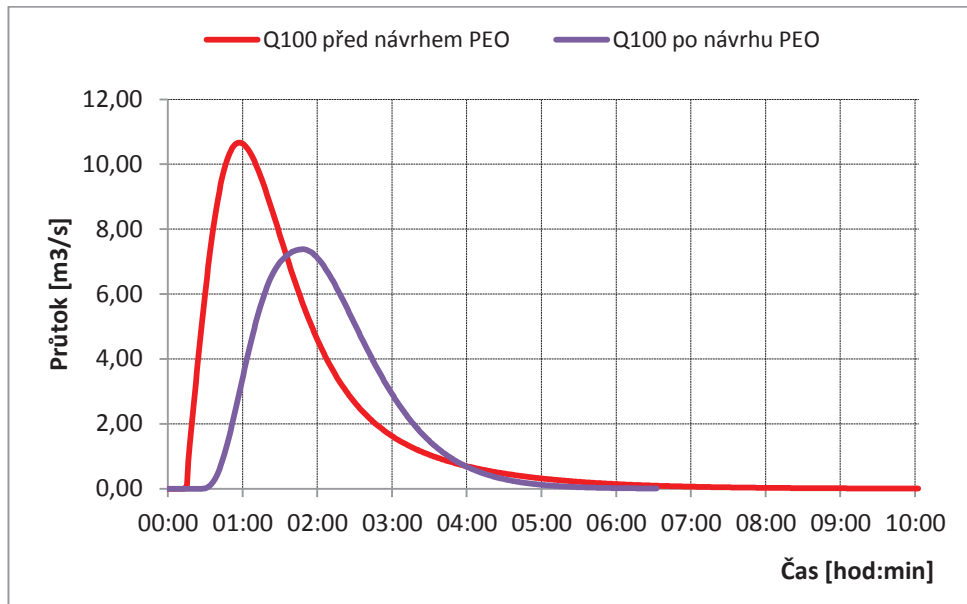
Subpovodí 6

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	3,05	4,38	5,91	7,76	9,36	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$W_{PVT}$	41,4	49,1	56,6	63,1	67,8	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	77,2	89,2	96	100	105	$[10^3 \cdot m^3]$



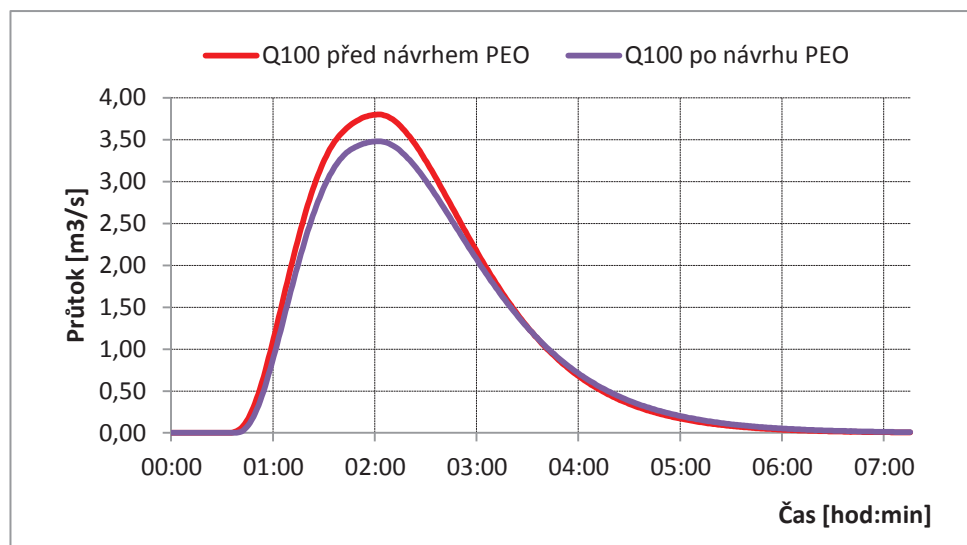
Subpovodí 7

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	2,08	3,03	4,25	5,93	7,37	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$W_{PVT}$	16,7	21,6	26,5	31,6	35,3	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	32,8	38,5	42,8	46,9	50,6	$[10^3 \cdot m^3]$



Subpovodí 8

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
$Q_N$	1,08	1,55	2,1	2,83	3,48	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$W_{PVT}$	9,68	11,9	14,4	17,2	19,3	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
$W_{PVT,1d}$	19	22,2	24,1	25,6	27,2	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]



## 10 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byly vytyčeny jednotlivé kritické profily ohrožující intravilán a následně analyzovány odtokové a erozní poměry. V současnosti je zájmové území náchylné na povodně vzniklé z extrémních přívalových dešťů, rovněž dochází k výrazné erozi půdy v povodí. V závislosti na provedené analýze byl v k.ú. Jerlochovice navržen komplexní systém organizačních, biotechnických a technických opatření, který má chránit území před nepříznivými účinky přívalových dešťů a jarního tání sněhu. Tato opatření se pozitivně projeví nejen na zemědělské půdě, ale i v rámci zastavěného území obce a snížením znečištění vodních toků, kdy dojde k omezení škod způsobených transportem splavenin a povrchovým odtokem.

Navržený systém opatření zajistí bezpečné odvedení vody v krajině, eliminaci nepříznivých účinků povrchového odtoku, zvýšení retence krajiny a omezení škod na pozemcích, kde vlivem navržených opatření dojde ke snížení vyplavování látek z půdního profilu. Dalším efektem je omezení škod na vegetačním pokryvu a omezení ztrát půdy, které způsobují degradaci produkční schopnosti.

Po návrhu ochranných opatření dojde ke snížení hodnot čísel odtokových křivek CN, s vlivem na optimalizaci základních charakteristik přímého odtoku a zvýšení retenční schopnosti. Ke snížení erozního smyvu došlo vlivem přerušení délky svahu protierozními průlehy vedoucí ke změně L faktoru, a po návrhu ochranného zatravnění ke změně C faktoru.

Kromě ochranných a vodohospodářských efektů mají tato opatření také krajinně ekologický význam. Omezení dotace smyvu do toků se projeví ve zvýšení čistoty vody, což je spojené se zvýšením ekologické stability ve vodním toku. Navržené liniové prvky protierozní ochrany působí pozitivně i z hlediska ekologické stability krajiny.

## 11 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DUMBROVSKÝ, M., MILERSKÝ, R. Vodní hospodářství krajiny II, MODUL 01. Brno, 2005. 233 s. Elektronické studijní opory. Vysoké učení technické v Brně. Stavební fakulta, str27
- [2] Česká geologická služba: Mapová aplikace, verze 1B.2. [online]. [cit. 2014-11-18]. Dostupné z www: <[http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50zj&y=500200&x=1112700&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50zj&y=500200&x=1112700&s=1)>
- [3] Wikipedie oteřená encyklopedie. Jerlochovice. [online]. [cit. 2014-11-18]. Dostupné z www: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Jerlochovice#cite\\_note-Obyvatele-3](http://cs.wikipedia.org/wiki/Jerlochovice#cite_note-Obyvatele-3)>
- [4] *Město Funek oficiální webové stránky* [online]. 22. 8. 2011 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z www: <<http://www.fulnek.cz/jerlochovice/d-1343>>.
- [5] *Mapový aplikační server Marushka® firmy GEOVAP* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z www: <<http://sgj.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?theMeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=2047890804&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>>.
- [6] *Wikipedia Husí potok (přítok Odry)* [online]. 6. 3. 2012 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: www <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Husí\\_potok\\_\(přítok\\_Odry\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Husí_potok_(přítok_Odry))>
- [7] Klimatické poměry České republiky [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z www: <[http://www.herber.kvalitne.cz/FG\\_CR/klima.html](http://www.herber.kvalitne.cz/FG_CR/klima.html)>.
- [8] Plán oblasti povodí Odry [online]. 2007 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: www <[http://www.pod.cz/plan-oblasti-povodi-Odry/a-popis/a-1.html#a\\_1\\_8](http://www.pod.cz/plan-oblasti-povodi-Odry/a-popis/a-1.html#a_1_8)>
- [9] DUMBROVSKÝ, M., MEZERA, J. Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. 2000. 189 s. ISBN: 1211-3972
- [10] DUMBROVSKÝ, M. Geografické informační systémy, MODUL CS02, Brno, 2009. 141 s. Elektronické studijní opory. Vysoké učení technické v Brně. Stavební fakulta
- [11] Jerlochovice, stránky obce. Zápaly 2. 7. 2009 v Jerlochovicích [online]. 10. 7. 2009 [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: <[http://www.jerlochovice.cz/clanky/zaplavy-2009/zaplavy-2\\_7\\_2009-v-jerlochovicich.html](http://www.jerlochovice.cz/clanky/zaplavy-2009/zaplavy-2_7_2009-v-jerlochovicich.html)>
- [12] HOLÝ, Miloš. Protierozní ochrana, 1. Vyd., Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1978, 283 s.
- [13] JANEČEK, M.; DUMBROVSKÝ, M. Ochrana zemědělské půdy před erozí. In Ochrana zemědělské půdy před erozí - metodika. 1. Praha: VÚMOP, v.v.i., 2007. s. 1-76. ISBN: 978-80-254-0973- 2
- [14] ŠÁLEK, Jan a VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. *Rybníky a účelové nádrže*. Brno: VUTIUM, 2001.125s. ISBN 8021418060, 9788021418066.
- [15] JANEČEK, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika, Powerprint, Praha, 1. vyd., 2012, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [16] HRÁDEK, František, Hydrologické podklady pro návrh protierozní ochrany při pozemkových úpravách, Praha
- [17] DOLEŽAL, P., P. GOLÍK, J. ŘÍHA, V. TORNER a S. ŽATECKÝ. *Malé vodní a suché nádrže*. Praha: ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-86364-16-2.

## SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1 Charakteristika pedologických poměrů.....	17
Tab. 4.2 Charakteristika hydropedologických poměrů.....	19
Tab. 4.3 Hydrologické skupiny půd [2].....	20
Tab. 4.4 Klimatické charakteristiky pro oblast povodí Odry – období 1992 – 2003 [8].....	21
Tab. 4.5. Charakteristika vegetačních poměrů.....	24
Tab. 5.1 Průměrné rozdělení faktoru R přívalových dešťů do měsíců vegetačního období v ČR.....	29
Tab. 5.2 Hodnoty faktoru K podle HPJ.....	30
Tab. 8.1 Zastoupení ochranného zatravnění.....	80
Tab. 8.2 Plošné zastoupení VENP v povodí.....	82
Tab. 8.3 zastoupení TZP v povodí.....	83
Tab. 8.4 Zastoupení SDSO v povodí.....	85
Tab. 8.5 Plochy a objemy nádrže.....	88
Tab. 9.1 Porovnání ztráty půdy před a po návrhu PEO.....	91

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 záplavy v Jelochovivích červenec 1997.....	11
Obr. 2.2 záplavy v Jelochovivích červenec 2009.....	11
Obr. 4.1 Situace řešeného území [5].....	14
Obr. 4.2 Vymezení zájmového území.....	15
Obr. 4.3 Procentuelní zastoupení podle HPJ.....	17
Obr. 4.4 Mapa hlavních půdních jednotek.....	18
Obr. 4.5 Procentuelní zastoupení podle HSP.....	19
Obr. 4.6 Mapa HSP.....	20
Obr. 4.7 Mapa klimatických oblastí dle Quitta [7].....	21
Obr. 4.8 Mapa průměrných ročních teplot ČR [7].....	22
Obr. 4.9 Mapa průměrných ročních srážkových úhrnů ČR [7].....	22
Obr. 4.10 Mapa sklonitosti.....	23
Obr. 4.11 Mapa krajinného pokryvu.....	24
Obr. 4.12 Procentuelní zastoupení vegetace.....	25
Obr. 4.13 Geologická mapa zájmového území [2].....	25
Obr. 4.14 Opuštěná pískovna u Jerlochovic [2].....	26
Obr. 5.1 Mapa K faktoru.....	31
Obr. 5.2 Schéma umístění reprezentativních drah plošného povrchového odtoku na pozemku pro určení topografického faktoru [15].....	32
Obr. 5.3 Mapa C faktoru.....	34
Obr. 5.4 Vyznačení odtokových linií.....	35
Obr. 5.5 Rozložení K faktoru v území.....	42
Obr. 5.6 Rozložení C faktoru v území.....	43
Obr. 5.7 Grid DMT.....	43
Obr. 5.8 Vyhlazený model terénu.....	46
Obr. 5.9 Směry odtoků.....	47
Obr. 5.10 Akumulace odtoku.....	47
Obr. 5.11 Mapa erozního ohrožení před návrhem PEO.....	48
Obr. 6.1 Grid HSP.....	51
Obr. 6.2 Závislost výšky přímého odtoku ( $H_o$ ) na úhrnu deště ( $H_s$ ) a čísel odtokových křivek [15].....	51
Obr. 6.3 Mapa CN před návrhem PEO.....	52
Obr. 7.1 Řešení maximální intenzity ze svahu – VARIANTA S1 [16].....	61
Obr. 7.2 Odvození výpočtové doby trvání deště $t_d$ pro modelové povodí [16].....	62
Obr. 7.3 Uživatelské prostředí modelu DesQ.....	65
Obr. 7.4 Vyznačení subpovodí a kritických bodů.....	65

Obr. 8.1 Mapa navržených opatření.....	79
Obr. 8.1 Transformační účinek izolované nádrže [17].....	86
Obr. 8.2 Účinnost transformačních prostorů [17].....	86
Obr. 8.3 Čára zatopených ploch.....	88
Obr. 8.4 Čára zatopených objemů.....	88
Obr. 8.5 Přehledná situace.....	89
Obr. 8.6 Vzorový příčný řez hrází nádrže.....	90
Obr. 9.1 Mapa erozního ohrožení před návrhem PEO.....	93
Obr. 9.2 Mapa CN po návrhu PEO.....	94

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

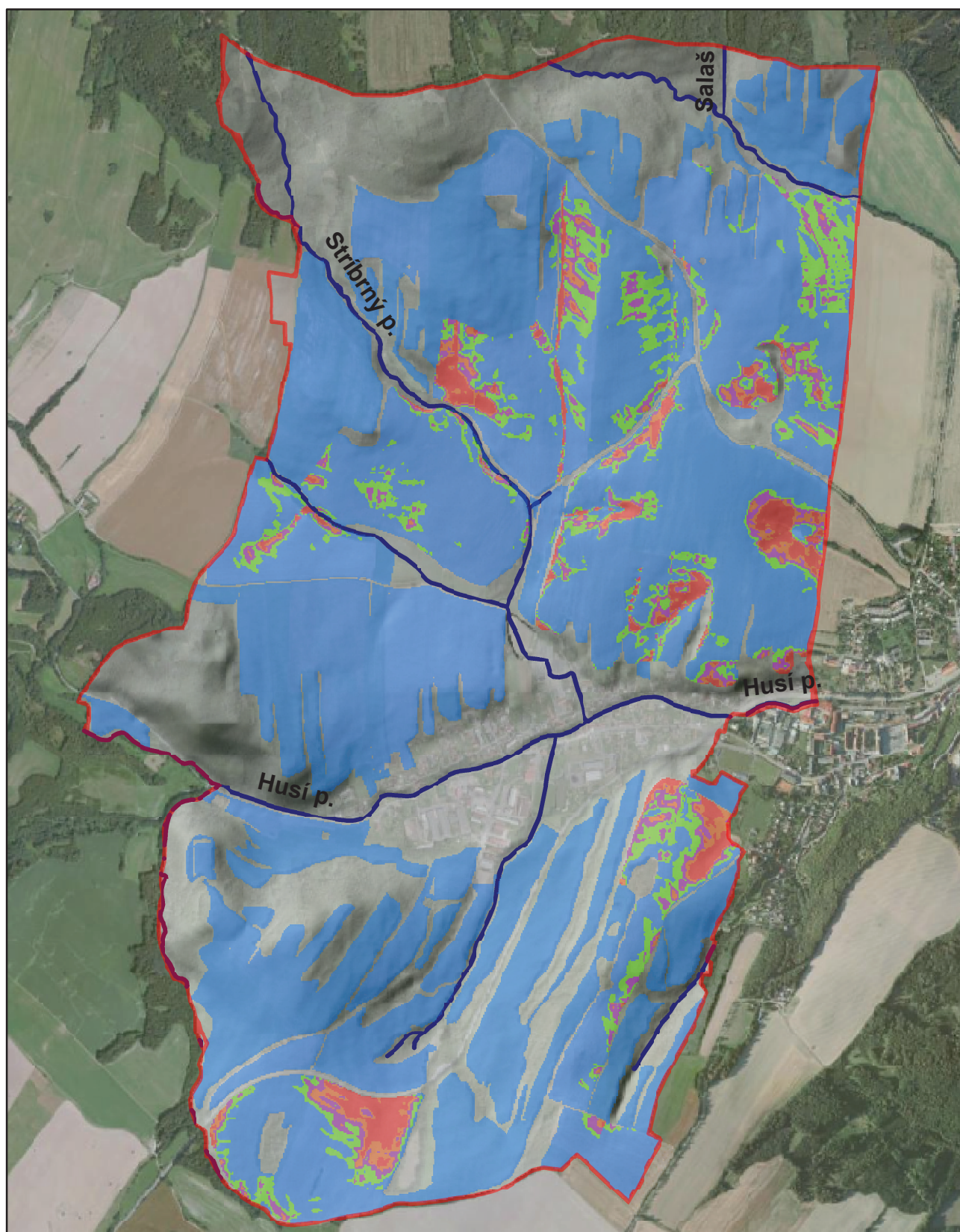
BPEJ	bonitované půdně ekologické jednotky
CN	curve number
DN	diametre nominal
DMT	digitální model terénu
DSO	dráha soustředěného odtoku
GIS	geografický informační systém
HPJ	hlavní půdní jednotka
HSP	hydrologická skupina půd
IPS	index předchozích srážek
KÚ	katastrální území
KPU	komplexní pozemková úprava
MVN	malá vodní nádrž
ERCN	model pro výpočet erozního smyvu
PÚ	pozemková úprava
PEO	protierozní ochrana
LPIS	registr využití zemědělské půdy
RUSLE	revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy
TTP	trvalý travní porost
USLE	univerzální rovnice ztráty půdy
VENP	vyloučené erozně nebezpečných plodin

## **SEZNAM PŘÍLOH**



1. Mapa erozního ohrožení před návrhem PEO
2. Mapa erozního ohrožení po návrhu PEO
3. Mapa návrhu organizace a ochrany povodí
4. Situace ochranné suché nádrže
5. Vzorový příčný řez hrází

## **PŘÍLOHY**






# MAPA EROZNÍHO OHROŽENÍ PO NÁVRHU PEO



## LEGENDA

-  HRANICE KÚ JERLOCHOVICE
-  VODNÍ TOKY

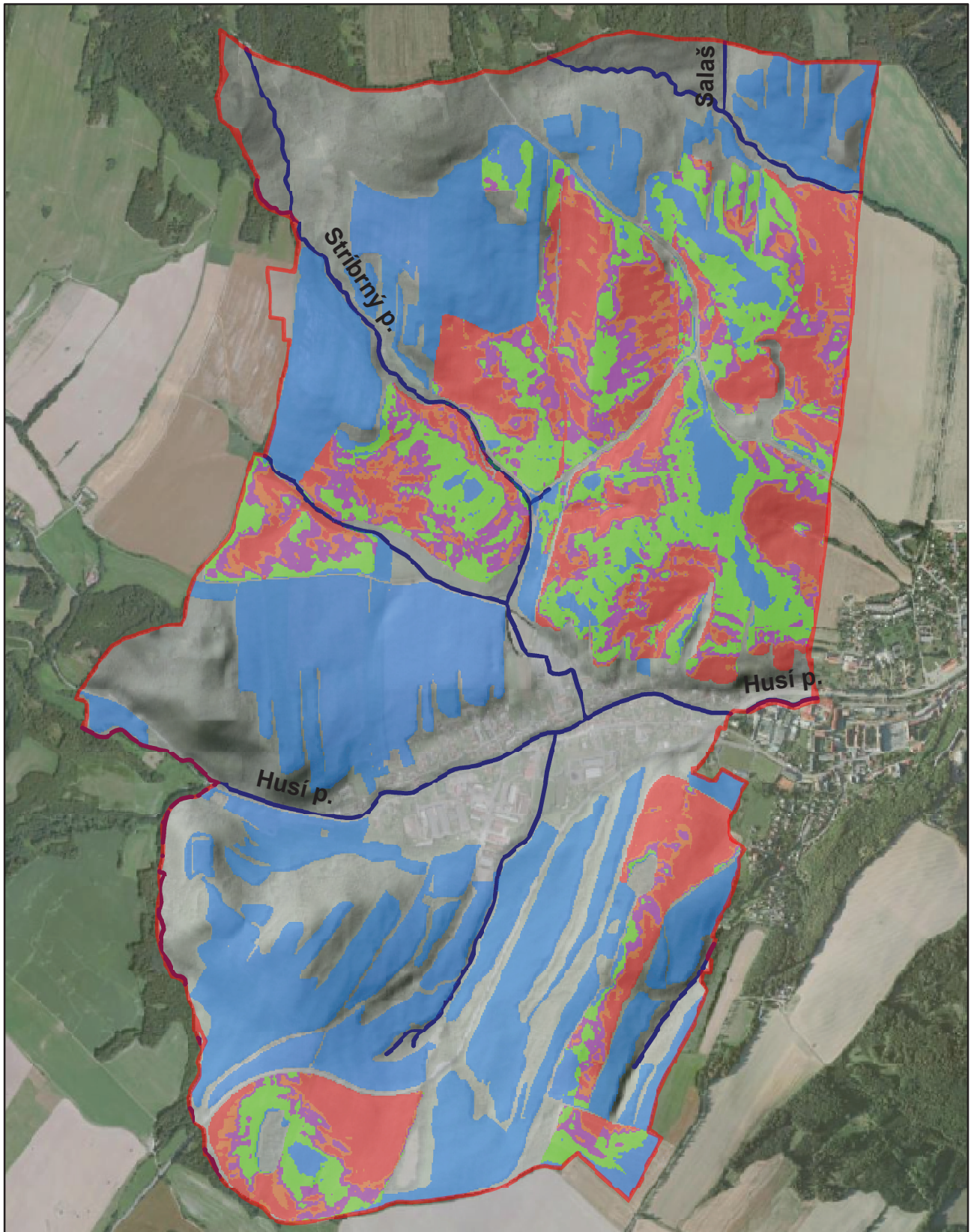
## EROZNÍ SMYV

-  do 4 t/ha za rok
-  4 - 10 t/ha za rok
-  10 - 15 t/ha za rok
-  15 - 20 t/ha za rok
-  nad 20 t/ha za rok




0 175 350 700 1 050 1 400  
Meters

# MAPA EROZNÍHO OHROŽENÍ PŘED NÁVRHEM PEO



0 175 350 700 1 050 1 400  
Meters

## LEGENDA


 HRANICE KÚ  
JERLOCHOVICE

 VODNÍ TOKY

## EROZNÍ SMYV

 do 4 t/ha za rok

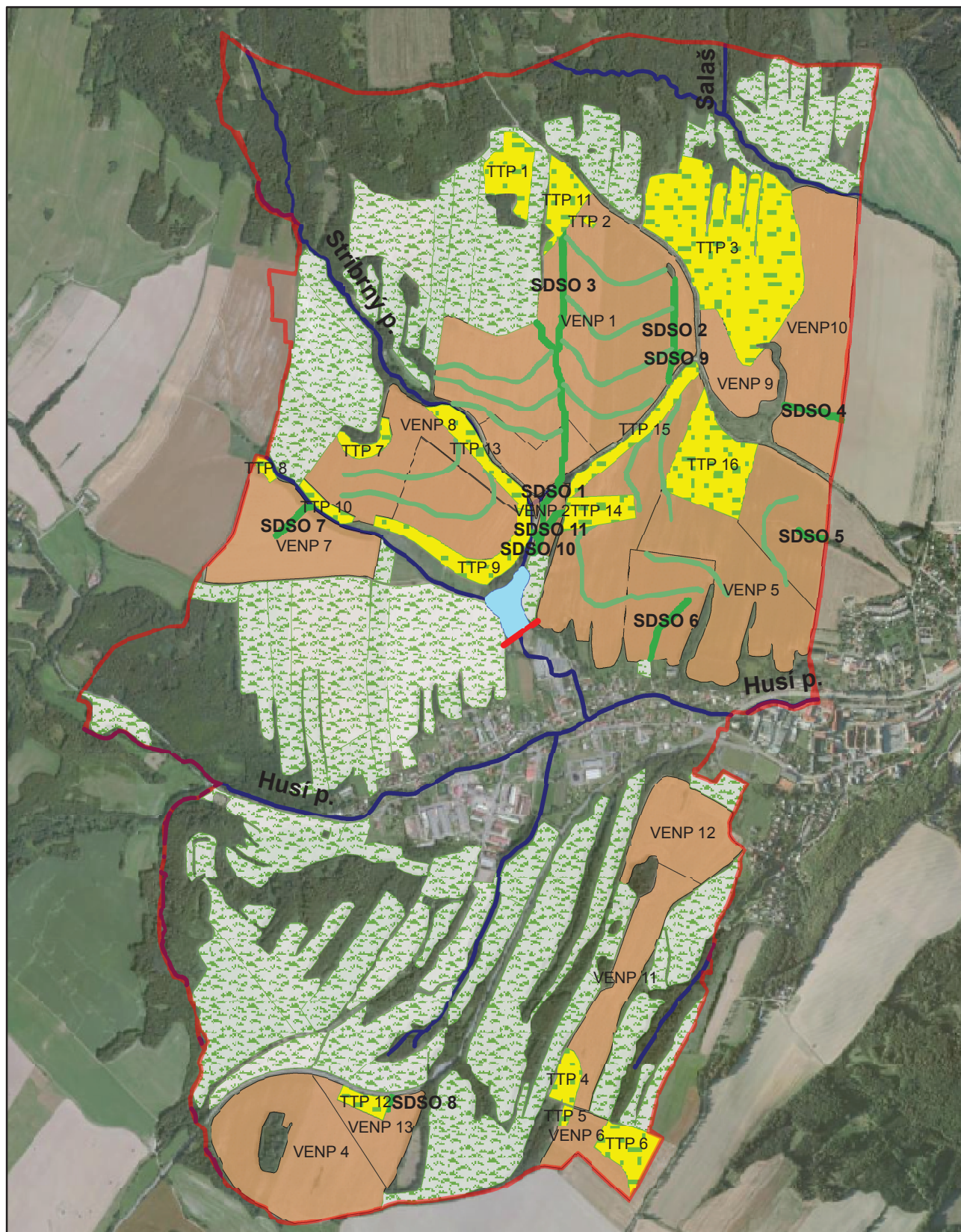
 4 - 10 t/ha za rok

 10 - 15 t/ha za rok











 15 - 20 t/ha za rok

 nad 20 t/ha za rok

# NÁVRH ORGANIZACE A OCHRANY POVODÍ



## LEGENDA

- |                                                                                     |                                       |                                                                                       |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|  | PLOCHA PRO PŘEVEDENÍ NA TTP           |  | HRANICE KÚ JERLOCHOVICE |
|  | TRAVNATÝ ZASAKOVACÍ PÁS               |  | ORNÁ PŮDA               |
|  | STABILIZACE DRAH SOUSTŘEDĚNÉHO ODTOKU |  | TRVALÝ TRAVNÍ POROST    |
|  | VYLOUČENÍ EROZNĚ NÁCHYLNÝCH PLODIN    |  | VODNÍ TOKY              |
|                                                                                     |                                       |  | HRÁZ NÁDRŽE             |
|                                                                                     |                                       |  | NÁDRŽ                   |

