

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

VYHODNOCENÍ PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ  
POPSANÝCH V GAEC II POMOCÍ HYDROLOGICKÉHO  
MODELOVÁNÍ

Studijní program: B 4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr. CSc.

Autor práce

Bc. Filip Hrdina

Vedoucí práce

Ing. Václav Bystřický Ph.D.

2015

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Filip HRDINA**  
Osobní číslo: **Z13549**  
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
Název tématu: **Vyhodnocení protierozních opatření popsaných v GAEC II pomocí hydrologického modelování**  
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

V lednu 2010 vstoupily v platnost nové standardy GAEC (Dobry zemědělský a environmentální stav). Standardů je celkem 11 a jsou rozděleny do 5 tématických okruhů, přičemž GAEC 1 a GAEC 2 se týkají erozní ohroženosti půd. Cílem práce je ověření účinnosti zavedených opatření hydrologickým modelem na vybraném povodí.

Rešerše na dané téma.  
Výběr vhodného povodí a jeho popis.  
Výběr hydrologického modelu a jeho popis.  
Zpracování problematiky na konkrétních datech.  
Vyhodnocení, diskuze a závěr.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **50 stran textu**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**GAEC I a II**

Daňhelka, J., Krejčí, J., Šálek, M., Šercl, P., Zezulák, J. Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území ČR. ČZU Praha, Praha, 2002, 214 s.

Manuály programů pro hydrologické modelování.

Kovář, P. Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků na malých povodích. ČZU Praha, Praha, 2000, 136 s.

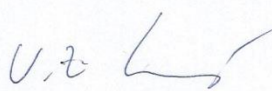
časopisy: Journal of hydrology, Physics and chemistry of the earth, Water science and technology, Soil and water research, atd.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav BYSTRICKÝ, Ph.D.**  
Katedra krajinného managementu

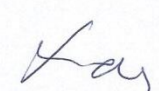
Datum zadání diplomové práce: **17. března 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2015**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Stužentská 18  
370 05 Česká Budějovice

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 17. března 2014

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 24.4.2015

Bc. Filip Hrdina

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval především svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Václavu Bystřickému, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost, ochotu, cenné rady a připomínky při psaní této práce. Také bych chtěl poděkovat všem členům katedry krajinného managementu.

## Abstrakt

Eroze je problematikou, která způsobuje obrovské škody nejen na zemědělské půdě.

Tato diplomová práce pojednává o praktickém zhodnocení protierozních opatření (využití ponechání posklizňových zbytků, přerušovacích pásů, vrstevnicového řádkování), které jsou zahrnuty ve standardu Dobrého zemědělského a environmentálního stavu, které byly vydány Evropskou unií. Také je modelována účinnost využití úzkořádkových a širokořádkových plodin.

Jednotlivá opatření byla hodnocena ve dvou modelovacích programech, a to v programu HydroCad a pro kalibraci a porovnání výsledků také v programu ERCN. Oba tyto programy pracují na základě metody SCS-CN. V práci je využito 7 scénářů. Jako modelová oblast je využito subpovodí P6 na povodí Kopaninského toku.

Literární rešerše pojednává o srážko-odtokovém procesu, problematice eroze a ochraně zemědělské půdy před vodní erozí a také o standardech GAEC (dnes DZES).

**Klíčová slova:** Dobrý zemědělský a environmentální stav, GAEC, DZES, eroze, hydrologické modelování, CN křivky, srážko-odtokový proces

## **Abstract**

Erosion is an issue, which causes huge damages not only on agricultural land.

This diploma thesis describes practical evaluation of erosion control measures (usage of leaving crop residue, circuit strips, contour tillage), which are include in Good Agriculture and Environmental Condition standart, which was issued by European union. Efficiency of usage of narrow-row and wide-row crops is also modeled.

Each measures were evaluated in two different modeling programmes – HydroCad for calibration and ERCN for results comparison. Seven different scripts are used in the thesis. Subcatchment area P6 in catchment area of Kopaninský creek is used as model area.

Literature review describes the precipitation and runoff process, issue of erosion, and agriculture land protection against water erosion. Is also describes GAEC standards (today – DZES).

**Key words:** Good agriculture and environmental condition, GAEC, DZES, erosion, hydrologic modeling, CN lines, precipitation-runoff process

# OBSAH

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....   | <b>11</b> |
| 2.1      | <i>Srážko-odtokový (S-O) proces</i> .....                                  | 11        |
| 2.1.1    | Průběh srážko-odtokového procesu .....                                     | 11        |
| 2.1.2    | Faktory ovlivňující srážko-odtokový proces.....                            | 12        |
| 2.1.3    | Povrchový odtok .....  | 15        |
| 2.2      | <i>Hydrologické modelování</i> .....                                       | 15        |
| 2.2.1    | Klasifikace hydrologických modelů .....                                    | 16        |
| 2.2.2    | Výběr vhodného modelu .....  | 18        |
| 2.2.3    | Metoda CN křivek.....  | 18        |
| 2.3      | <i>Eroze</i> .....   | 21        |
| 2.3.1    | Vodní eroze .....  | 21        |
| 2.3.2    | Faktory ovlivňující vodní erozi.....                                       | 22        |
| 2.3.3    | Důsledky vodní eroze .....   | 24        |
| 2.3.4    | Ochrana před vodní erozí .....   | 25        |
| 2.4      | <i>Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC)</i> ... | 26        |
| 2.4.1    | Cross Compliance (Kontroly podmíněnosti).....                              | 28        |
| 2.4.2    | Klasifikace opatření .....   | 28        |
| 2.4.3    | Standardy GAEC I a II.....   | 29        |
| 2.4.4    | Vymezení ohroženosti v rámci GAEC .....                                    | 32        |
| <b>3</b> | <b>MATERIÁL</b> .....  | <b>33</b> |
| 3.1      | <i>Povodí Kopaninského toku</i> .....                                      | 33        |
| 3.1.1    | Subpovodí P6 .....   | 36        |
| <b>4</b> | <b>METODY</b> .....  | <b>38</b> |
| 4.1      | <i>Metoda SCS-CN</i> .....   | 38        |
| 4.1.1    | Řešené charakteristiky přímého odtoku .....                                | 38        |
| 4.2      | <i>Výpočet eroze</i> .....   | 40        |
| 4.2.1    | Modifikovaná univerzální rovnice ztráty půdy (MUSLE) .....                 | 40        |
| 4.2.2    | Stanovení erozní ohroženosti v prostředí GIS .....                         | 40        |
| 4.3      | <i>Charakteristika použitých scénářů</i> .....                             | 41        |



|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>                 | <b>45</b> |
| 5.1      | <i>Hydrologické charakteristiky.....</i>       | 45        |
| 5.1.1    | Program ERCN .....                             | 45        |
| 5.1.2    | Program HydroCad .....                         | 47        |
| 5.2      | <i>Erozní ohroženost .....</i>                 | 53        |
| 5.2.1    | Stanovení v prostředí GIS .....                | 53        |
| 5.2.2    | Stanovení pomocí rovnice MUSLE .....           | 55        |
| <b>6</b> | <b>ZÁVĚR.....</b>                              | <b>57</b> |
| <b>7</b> | <b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>          | <b>58</b> |
| <b>8</b> | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ.....</b> | <b>60</b> |
| <b>9</b> | <b>PŘÍLOHOVÁ ČÁST .....</b>                    | <b>68</b> |
| 9.1      | <i>Příloha č.1 .....</i>                       | 68        |
| 9.2      | <i>Příloha č.2.....</i>                        | 69        |
| 9.3      | <i>Příloha č.3.....</i>                        | 70        |
| 9.4      | <i>Příloha č.4.....</i>                        | 71        |
| 9.5      | <i>Příloha č.5.....</i>                        | 73        |
| 9.6      | <i>Příloha č. 6.....</i>                       | 74        |
| 9.7      | <i>Příloha č. 7.....</i>                       | 75        |
| 9.8      | <i>Příloha č. 8.....</i>                       | 79        |

# 1 ÚVOD

Půda je neobnovitelným přírodním zdrojem, která plní spoustu pozitivních funkcí, a proto je třeba ji chránit před její degradací.

Předním faktorem, způsobující degradaci půd je eroze, což je jev, v přírodě, přirozeně se vyskytující. Problémem se stává tehdy, je-li urychlován nevhodnou antropogenní činností (ŠARAPATKA A KOL., 2010). Eroze je celosvětovým problémem, který způsobuje nevratné škody na životním prostředí, a proto je nutno jí věnovat zvýšenou pozornost. V podmínkách České republiky působí největší problémy eroze vodní.

Vodní eroze je procesem, který začíná působením kinetické energie dopadajících kapek, které rozrušují půdní povrch. Pokračuje odnosem půdních částic do nižších poloh, kde sedimentují. Je způsobována mnoha činiteli, nejdůležitějšími jsou voda, vítr, led a také člověk.

Důsledky vodní eroze se neustále zhoršují, a to především kvůli špatnému využívání půdního fondu, pěstováním monokultur a mnohými dalšími faktory.

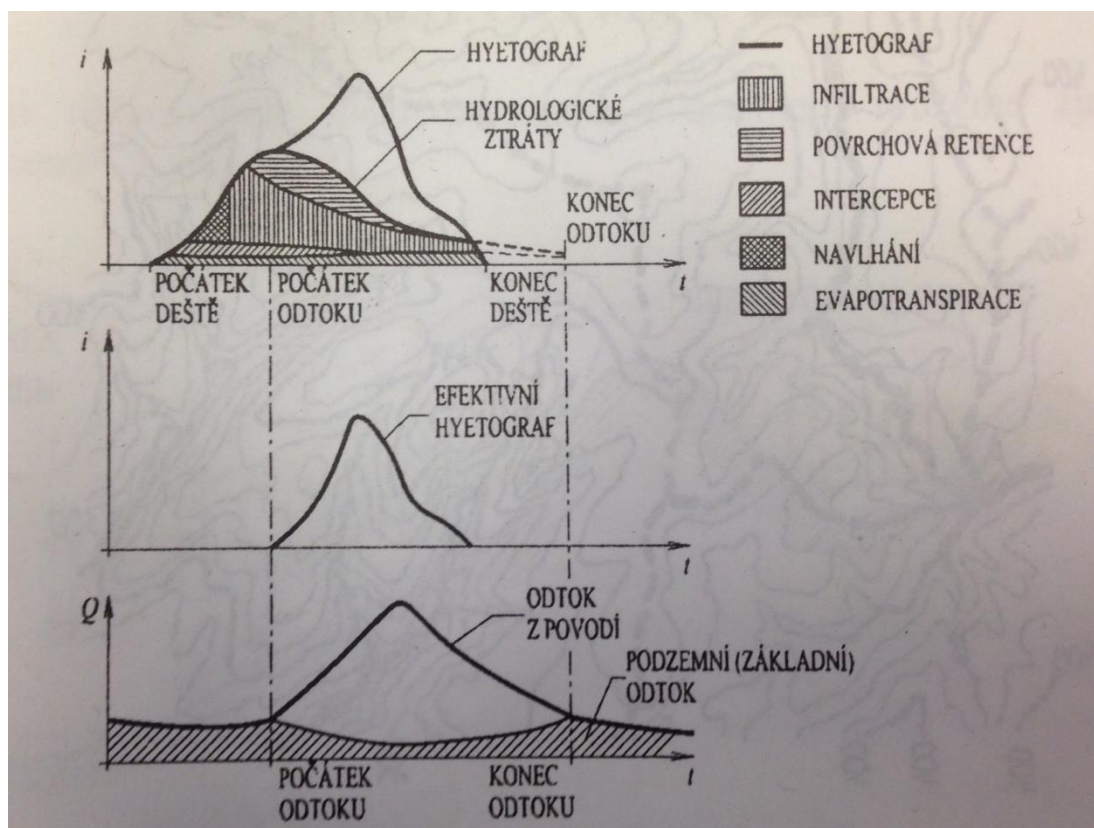
Tato diplomová práce pojednává o protierozních opatřeních vydaných Evropskou unií, která mají zajišťovat zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Tato opatření spadají do standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu.

V práci je hodnocena účinnost opatření na snížení povrchového odtoku a také jejich vliv na celkovou erozní ohroženost v modelovém území.

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Srážko-odtokový (S-O) proces

Srážko-odtokový proces výrazně ovlivňuje distribuci vody v krajině, jeho tvorba je velice složitý mechanismus, na který má vliv mnoho faktorů, jako nejdůležitější se jeví faktory, klimatické, hydrologické, fyzicko-geografické a v neposlední řadě antropogenní (ROŽNOVSKÝ, 2013). Srážko-odtokový proces je graficky znázorněn na obr. č. 1.



Obr. č. 1: Schéma srážko-odtokového procesu, (Zdroj: JANDORA A KOL., 2002).

#### 2.1.1 Průběh srážko-odtokového procesu

Srážko-odtokový proces vyjadřuje transformaci dopadlé srážky na povodí až k dosažení místa výtoku z povodí (uzávěrového profilu), kterým vytéká veškerá voda spadlá na povodí (STARÝ, 2005).

Část spadlé srážky je nejprve zachycována vegetací, tomuto jevu se říká intercese, která má vliv zejména na počátku deště (DAŇHELKA, 2007). A je závislá na

druhu vegetace, jejím stáří, teplotě a vlhkosti vzduchu a na větru (DUB A NĚMEC, 1969). Po dopadu srážky na povrch se začínají nejprve plnit mikrodeprese zemského povrchu, tudíž část této srážky nepřispívá k odtoku (DAŇHELKA, 2007).

Po vyčerpání intercepční kapacity se vsakují srážky přímo do půdního povrchu (STARÝ, 2005). V případě, že okamžitá intenzita deště začne být větší než vsakovací schopnost půdy (CABLÍK A JŮVA, 1963) nebo pokud srážka dopadne na nepropustný povrch, začne se tvořit povrchový odtok (DAŇHELKA, 2007). Který se nejprve tvoří procesem nesoustředěného povrchového odtoku ve formě souvislé vrstvy a později se souvislá vrstva transformuje do jednotlivých brázd, kterými odtéká do říční sítě, tato fáze se nazývá soustředěný povrchový odtok (BUMERL, 2003).

Paralelně k povrchovému odtoku vzniká také, jak uvádí SOUKUP A HRÁDEK (1999), hypodermický odtok  $O_h$  a podzemní odtok  $O_z$ .

### **2.1.2 Faktory ovlivňující srážko-odtokový proces**

#### **Fyzicko-geografické faktory**

Fyzicko-geografické vlastnosti mají rozhodující vliv především na intenzitu, časové a plošné rozdělení srážek a odtoku (KEMEL, 1996).

Dle DAŇHELKY (2007) ovlivňuje srážko-odtokový proces především *plocha a tvar povodí* a to tak, že s rostoucí velikostí povodí roste hodnota kulminačního průtoku. KEMEL (1996) dodává, že tyto dvě charakteristiky rozhodují o čase, který je potřebný k tomu, aby voda dopadla na různých místech povodí, dotekla do uzávěrového profilu. Další charakteristikou mající významný vliv je *Land use*, který ovlivňuje především velikost intercepce daného území a jeho infiltrační vlastnosti.

## Klimaticko-hydrologické faktory

- Srážky

Srážky společně s výparem jsou nejdůležitějším klimatickým faktorem ovlivňujícím velkou měrou odtok. Velikost odtoku je především závislý na druhu srážek, na jejich velikosti a na ploše, kterou zasáhnou, také na plošném a časovém rozložení srážek, čímž se dle *BERANA (2009)* myslí výskyt srážek v určitých časových obdobích- v roce, ve vegetačním období, v měsíci. Plošným rozdělením srážek se rozumí výskyt srážek v různých geografických oblastech s tím, že úhrn srážek v určité oblasti je dán především nadmořskou výškou, vzdáleností od moře a také situováním krajiny (*KEMEL, 1996*).

- Výpar (evaporace)

Výpar je dalším z důležitých klimatických faktorů ovlivňující proces odtoku. Výpar obecně stoupá s teplotou vzduchu, to znamená, že se v letním období projevuje tak, že snižuje nasycenost povodí až k okamžiku, kdy přijde příčinný déšť a tak ovlivňuje procentuální podíl části deště, která bude přispívat k povrchovému odtoku (*KEMEL, 1996*).

Velikost výparu závisí na:

- Teplotě vzduchu a půdy
- ročním období
- poměru zastoupení jednotlivých kultur
- expozici
- druhu pěstovaných plodin (*BERAN, 2009*).

- Transpirace

Transpirace je celkové množství odpařené vody, která je zachycena na povrchu rostlin, odebrána z půdy jejich kořenovým systémem a vydechována do atmosféry. V transpiraci není zahrnut výpar z povrchu půdy (KEMEL, 1996).

- Infiltrace

Dle DAŇHELKY (2007), je infiltrace základním procesem, který ovlivňuje tvorbu odtoku. RAWLS (2002) uvádí, že infiltraci z efektivní srážky ovlivňují především dvě charakteristiky, a to infiltrační rychlost a infiltrační kapacita. Při překročení jedné z těchto charakteristik vzniká povrchový odtok.

- Odtok

Odtok je množství vody, které proteče uzávěrovým profilem (HUBAČÍKOVÁ, 2009). Celkový odtok  $O_c$  rozděluje SOUKUP A HRÁDEK (1999) na tři části:

- povrchový odtok  $O_p$ , který podle ČSN 736530 odtéká z povodí do sítě vodních toků po povrchu terénu (blíže se povrchovému odtoku věnuji v kapitole 2.1.3 Povrchový odtok)
- hypodermický odtok  $O_h$
- podzemní odtok  $O_z$ .

JANEČEK A KOL (1998) dodává, že vodní eroze je spojena především se silou povrchového odtoku  $O_p$ .

DAŇHELKA (2007) uvádí, že z hlediska správného fungování hydrologického modelování je potřeba rozdělit dvě složky odtoku, a to složku pomalou, která je stále přítomna, reprezentovanou základním odtokem, a složku rychlou, která je vyvolána intenzivní srážkou, kterou tvoří povrchový a hypodermický odtok. V procesu hydrologického modelování, je třeba určit kolik odtékající vody pochází z jedné a kolik z druhé uvedené složky. K odlišení slouží metody separace hydrogramu.

### 2.1.3 Povrchový odtok

Povrchový odtok je gravitační pohyb vody po svahu nebo soustředěný odtok říční sítí k uzávěrovému profilu povodí. Proces povrchového odtoku lze rozdělit na 3 fáze (HRÁDEK A KUŘÍK, 2002):

- *Fáze nasycování půdy*, převyšuje-li intenzita infiltrace intenzitu srážky. V této fázi ještě nevzniká povrchový odtok, dochází k úplnému zadržení srážky vlivem infiltrace, akumulace v povrchových depresích a také intercepce (BERAN, 2009).
- *Fáze plošného odtoku*, převyšuje-li intenzita deště intenzitu infiltrace. Po saturaci ztratí intercepce a akumulaci, voda stéká po svahu v drobných stružkách.
- *Fáze soustředěného odtoku v říční síti*, která nastává, když se začíná odtok soustřeďovat do hydrografické sítě. V této fázi se kromě povrchového odtoku uplatňuje také odtok hypodermický.

DÝROVÁ A SOUKALOVÁ (1978) uvádí, že pouze povrchový odtok z celkového odtoku je erozně účinný. CABLÍK A JŮVA, (1963) dodává, že jeho vznik je ovlivněn především povahou deště, půdními poměry a také vegetačním krytem a jeho vývojovým stavem.

## 2.2 Hydrologické modelování

Definicí hydrologického modelu podle DAŇHELKY (2003) je, že hydrologický model je zjednodušeným kvantitativním vztahem mezi vstupními a výstupními proměnnými určitého hydrologického procesu.

Proces hydrologického modelování má podle DAŇHELKY (2007) tři části, tou první je příprava a zpracování vstupních dat potřebných pro samotné modelování. Ve druhé části se vytváří hydrologická předpověď požadovaných ukazatelů. V poslední třetí fázi probíhá zpracování a interpretace dosažených výsledků, které jsou dále

využity pro určité účely (protipovodňová či protierozní ochrana, výzkum nebo řízení vodohospodářských systémů).

Matematické modelování srážko-odtokového procesu je velmi složitým problémem, jelikož ne vždy lze jít při řešení tohoto problému do detailů. Přílišná podrobnost při řešení vede k velmi složitým modelům, které mají problém především se vstupními daty, kdy nelze poskytnout veškeré potřebné informace, a proto je potřeba tato data mnohdy odhadovat, čímž se snižuje kvalita výstupu. Na druhou stranu zjednodušené modely poskytují velmi hrubé odhady. Proto je potřeba vždy hledat přijatelnou formu zjednodušení (JANDORA A KOL., 2002).

### 2.2.1 Klasifikace hydrologických modelů

Modely srážko-odtokového vztahu jsou vyvíjeny pro různé účely využití, a proto velmi často využívají různé přístupy k vyjádření sledovaných procesů.

Klasifikace modelů zlepšuje orientaci při hledání vhodného modelu k potřebným účelům pro řešení určité vodohospodářské problematiky (DAŇHELKA A KOL., 2003).

Srážko-odtokové modely se dají klasifikovat z mnoha různých hledisek, DAŇHELKA A KOL. (2003) je klasifikuje takto:

#### 1. Dle účelu a způsobu aplikace

Z tohoto hlediska se S-O modely dělí do dvou skupin, a to oblast **operativní hydrologie**, kdy se většinou model využívá pro předpověď odtoku z povodí, a oblast **návrhu a plánování**. Další skupinou z hlediska účelu jsou modely, které se využívají pro **výzkum a režimovou hydrologii**, kde se modely využívají především pro odhady změn v povodí, studie vývoje klimatu nebo sledování vodních bilancí.

#### 2. Dle typu systému a subsystému, který má být simulován

Modely spadající do tohoto rozdělení uvádí ZEMAN (1994):

- modely sněhové
- modely srážko-odtokového procesu
- modely nádrží



- modely simulující pohyby vody v korytě
- komplexní systémy

### 3. Dle typu a míry komplexnosti hydrologického procesu

Z tohoto hlediska se modely dělí na **komplexní**, které zahrnují většinou celé hydrologické povodí a **elementární**, které řeší pouze určitou část povodí, například nádrž či říční síť (DAŇHELKA A KOL., 2003).

### 4. Dle hloubky a komplikovanosti vazeb simulovaného procesu

Směrnice WMO (1994) rozlišuje následující kategorie modelů:

- black-box
- koncepční
- hydrodynamické
- stochastické

Obecně platí, že modely koncepční a hydrodynamické využívají deterministických principů. **Deterministické** modely jsou založeny na principu jednoznačné závislosti vstupní veličiny (srážka, parametry povodí) na výstupní závislé veličině (odtok). Tyto modely také předpokládají opakovatelnost hydrologického jevu. Mezi hlavní deterministické modely patří modely hydrodynamické, black-box a grey-box modely (JENÍČEK, 2012).

Modely **stochastické** jsou charakteristické absencí vazby vstupní a výstupní proměnné veličiny, tedy mezi příčinnou a důsledkem. Tyto modely se dělí na dvě základní podskupiny, a to modely pravděpodobnostní a modely pro generování časových řad (DAŇHELKA A KOL., 2003).

## 5. Dle požadovaného rozsahu časové a prostorové diskretizace

Časová diskretizace vychází z časové kontinuity výpočtů, podle které se modely dělí na modely **kontinuální**, které modelují delší i víceleté časové období. A modely **událostní**, které modelují pouze jednu povodňovou událost (MÁČA, 2010).

Z hlediska prostorové diskretizace se modely dělí na **celistvé**, které vztahují určující parametry k celému nebo dílčímu povodí. Kdežto modely **distribuované** jsou schopny brát v úvahu variabilitu dat v prostoru (CONNOLLY A KOL., 1997).

### 2.2.2 Výběr vhodného modelu

JANEČEK (2005) uvádí několik kritérií, které je nutno brát v úvahu při výběru vhodného modelu, souhrn těchto kritérií je uveden níže:

- Přizpůsobivost místním podmínkám a úkolu na který je model aplikován
- Schopnost simulovat odtokový proces v prostoru a čase, který odpovídá velikosti povodí
- Dostupnost dat potřebných pro model
- Vazba na podpůrné programy (pro zpracování dat, vytváření grafických výstupů)
- Komerční dostupnost modelu
- Dostupná systémová podpora, reference

### 2.2.3 Metoda CN křivek

Ve světě bylo vytvořeno mnoho srážko-odtokových modelů, které ale bývají využitelné spíše pro větší povodí, neoddělují povrchový odtok, neuvažují půdní vlastnosti a vegetační pokryv (MOCKUS, 1972). S ohledem na tyto vlastnosti se metoda CN křivek jeví jako velmi vhodná, avšak její nevýhodou je neuvažování doby trvání a intenzity příčinného deště (KOVÁŘ, 2000).

Metoda SCS-CN je vhodná zejména díky své jednoduchosti a dostupnosti vstupních dat, ale používá mnohá zjednodušení a její aplikace je proto omezená. Předpokládá homogenní rozložení srážek a to jak v čase, tak v prostoru. I přesto je

tato metoda často aplikována a to jak v České Republice, tak ve světě (JANEČEK A KOVÁŘ, 2010).

Je využitelná pro jeden svah či pro celé povodí do velikosti 10 km<sup>2</sup> (SOUKUP A HRÁDEK, 1999). Je vhodná pro stanovení kulminačního průtoku a objemu přímého odtoku z návrhového příčinného deště o určité pravděpodobnosti výskytu (PODHRÁZSKÁ, 2009).

Metoda CN křivek předpokládá, že odtok je závislý na pedologických a meteorologických charakteristikách a také na zpracování půdy (KREŠL, 2001; SCS, 1986).

Metodu CN křivek poprvé podrobně popsal CHOW (1964). V podmínkách České Republiky metodu popisují (její využití a postup stanovení) především PASÁK A KOL. (1984) a JANEČEK A KOL. (2002).

Teoretické rozmezí hodnot CN je mezi 1-100. Hodnota 1 charakterizuje zcela propustné podloží, hodnota 100 zcela nepropustné podloží, avšak v reálu se hodnoty CN pohybují přibližně mezi 30-100 (URBAN A PÁCL, 2011).

Dle GALLAYE (2010) se hodnoty CN stanovují na základě následujících charakteristik:

- *Hydrologických vlastností půd*, které získáme interpretací zrnitosti, skeletovitosti a půdního subtypu a zatříděním do čtyř skupin- A, B, C, D, které znázorňuje tab. č. 1.

| <b>Hydrologické vlastnosti</b>  | <b>HSP</b> |
|---|------------|
| Půdy s vysokou rychlostí infiltrace (>0,12 mm.min <sup>-1</sup> ) i při úplném nasycení. Zahrnují převážně půdy hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo šterky                                | <b>A</b>   |
| Půdy se střední rychlostí infiltrace (0,06-0,12 mm.min <sup>-1</sup> ) i při úplném nasycení. Zahrnují půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité | <b>B</b>   |

|   |   |
|---|---|
| Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02-0,06 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení. Zahrnují půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité.   | C |
| Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $<0,02 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení. Zahrnují jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod povrchem a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím | D |

Tab. č. 1: Hydrologické skupiny půd a jejich charakteristika, (Zdroj: JANEČEK A KOL., 1992)

- *Vlhkostního stavu půdy*, vyjádřeného indexem předcházejících srážek (IPS), který stanovujeme na základě celkového srážkového úhrnu za posledních pět dní před hodnocenou srážkovou událostí. Stav IPS 2 je charakterizován jako středně nasycené povodí vodou. Oproti tomu při stavu IPS 1 je nasycenost povodí nižší, tudíž jednotlivé plochy mají vyšší retenční schopnost, proto se jejich hodnota CN snižuje. Při stavu IPS 3 je povodí velmi nasycené vodou a retenční schopnost území je nízká. Jednotlivé IPS znázorňuje tab. č. 2.

| IPS | Celkový úhrn srážek za posledních pět dní |                      |
|-----|---|----------------------|
|     | mimo vegetační období                     | ve vegetačním období |
| 1   | <13 mm                                    | <36 mm               |
| 2   | 13-28 mm                                  | 36-53-mm             |
| 3   | >28 mm                                    | >53 mm               |

Tab. č. 2: Stanovení indexu předchozích srážek, (Zdroj: GALLAY, 2010)

- *Způsobu využití půdy*, který má vliv především na to jaké množství vody bude schopna plocha zachytit nebo převést na podpovrchový odtok. Z tohoto hlediska jsou nejučinnější kvalitní lesní porosty, které mají tím pádem nejnižší hodnoty CN, naopak zpevněné plochy jsou z tohoto hlediska nejhorší, tudíž mají nejvyšší hodnoty CN (Příloha č. 4).

## 2.3 Eroze

Eroze je proces, při kterém dochází k rozrušování a odnosu půdní hmoty do jiných poloh. Je způsobována mnoha činiteli, nejdůležitějšími jsou voda, vítr, led a také člověk (*VÚMOP, 1995*).

Vznik a průběh eroze je ovlivňován mnoha faktory, a to přírodními, mezi které patří faktory geologické, klimatické, pedologické a mnoho dalších, a také antropogenními, které vycházejí především z hospodářské činnosti člověka (pěstované plodiny, využívaná agrotechnika, organizace půdních bloků). Na rozdíl od faktorů přírodních, které jsou v podstatě neměnné, tak faktory antropogenní jsou měnitelné a mohou špatným využíváním půdního fondu erozi zvyšovat nebo naopak snižovat (*PASÁK, 1984*).

### 2.3.1 Vodní eroze

V globálním měřítku je vodní eroze největším problémem, je převažující v humidních oblastech, kde je dostatek srážek, ale způsobuje problémy i v aridních oblastech, kde se srážky vyskytují většinou jako intenzivní bouře a půda je bez rostlinného krytu (*BLANCO A LAL, 2008*).

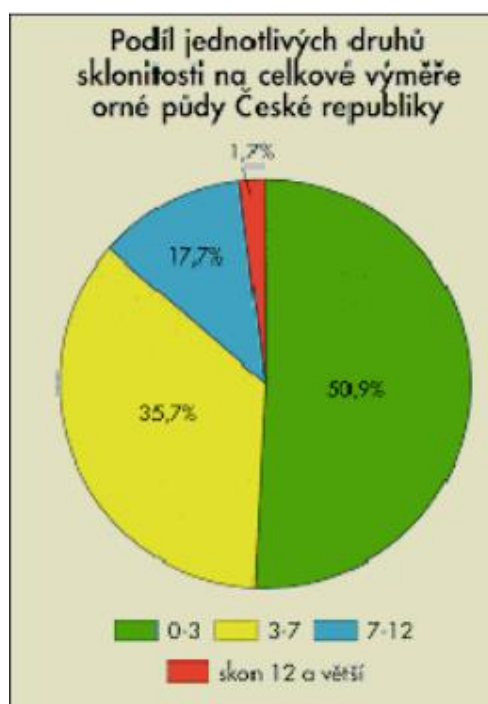
*MZE (2011b)* definuje vodní erozi jako komplexní proces, který zahrnuje rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením energie vody, *SLAVÍK (2000)* dodává, že vodní eroze vzniká působením přívalových srážek a z nich vzniklého povrchového odtoku a také odtokem vody z tajícího sněhu, což znamená, že vznik povrchového odtoku je základní podmínkou pro vznik vodní eroze (*PASÁK, 1984*).

Projevem vodní eroze je zejména selekce půdních částic, vznik odtokových drah různých rozměrů a na níže položených plochách pak zvýšená sedimentace půdních částic (*JANEČEK A KOL., 2012*). V praxi to způsobuje především ztrátu organické hmoty, snížení schopnosti půdy vázat živiny, snížení sorpční kapacity (*KLIMENT, 2003*).

Vodní eroze se vyvíjí z plošné eroze, při které dochází ke smyvu půdních částic na celé ploše svahu, k erozi rýžkové až brázdové, kdy se na svahu vytváří hustá síť úzkých zářezů v půdním povrchu, do kterých se soustřeďuje povrchový

odtok. Z eroze rýhové se v extrémních případech může vytvářet eroze výmolová, při které vznikají v zemském povrchu zářezy o hloubce a šířce až několika metrů, kterým se říká erozní strže (SLAVÍK, 2000).

V České republice je vodní erozí ohroženo 54 % orných půd (SLAVÍK, 2000, JANEČEK, 2012). Orná půda se sklonem nad 3° je ohrožena vodní erozí, na území našeho státu se nachází 35,7% orné půdy se sklonem 3-7°, téměř 18% se sklonem 7-12° a 1,7% se sklonem nad 12°. Graficky to znázorňuje obr. č. 2.



Obr. č. 2: Podíl sklonitostí na celkové výměře orné půdy v České republice, (Zdroj: JANEČEK A KOL., 1992)

### 2.3.2 Faktory ovlivňující vodní erozi

#### Přírodní poměry

Jak uvádí BLAŽEK (2006), vodní erozi ovlivňují především přírodní podmínky a to zejména intenzita srážek, sklony svahů, erozní náchylnost půd a také vegetační kryt. Nepřímo je vodní eroze ovlivňována také větrem, teplotou a vlhkostí vzduchu a dalšími faktory, které podmiňují účinek srážkové vody: změnou kinetické energie dešťových kapek, změnou ekologických podmínek (KREŠL A SEREDA, 1989).

### **Morfologie území**

Dalším důležitým faktorem, který má vliv na intenzitu vodní eroze je morfologie území, a to především sklon a délka svahu, s nárůstem sklonu a délky se přímo úměrně zvyšuje rychlost stékající vody a tím také její destrukční schopnost na půdu (HOLÝ, 1994).

### **Geologické a půdní poměry**

Intenzita vodní eroze je také závislá na půdních poměrech, a to zejména na infiltrační schopnosti půd, textuře, struktuře a obsahu humusu. Nejméně příznivé půdy z hlediska erozní ohroženosti jsou spraše a sprašové hlíny, které mají malou vsakovací schopnost.

Z hlediska struktury HOLÝ (1994) uvádí, že strukturní půdy mají vyšší erozní odolnost než půdy nestrukturní.

Geologické poměry mají na erozní odolnost nepřímý vliv tím, že mateční hornina ovlivňuje některé půdní vlastnosti (CABLÍK A JŮVA, 1963).

### **Biologické poměry**

Z hlediska biologických podmínek na intenzitu eroze působí především vegetační kryt, který půdu chrání před přímým dopadem dešťových kapek, podporuje vsakování vody a svým kořenovým systémem půdu zpevňuje. Nejlépe půdu chrání trvalé travní porosty a přirozené lesní porosty, naopak nejnepříznivější vliv na erozní odolnost půdy mají širokořádkové plodiny, které nemají tak dobře vyvinutý vegetační kryt (KOSTELANSKÝ A KOL., 1997).

Eroze je jev, který funguje bez vlivu člověka- eroze přirozená nebo spojena s vlivem činnosti člověka- eroze zrychlená, kterou podmiňují následující faktory: odlesňování, preference pěstování některých plodin, zvětšování půdních bloků, délka svahu pozemků, nevhodné agrotechnické postupy). Úkolem protierozních opatření je snížit zrychlenou erozi na úroveň eroze přirozené (SKLENIČKA, 2003).

Erozní jevy jsou v našich podmínkách zapříčiněny především výskytem přívalových dešťů a jarním táním sněhu (JANEČEK A KOL., 1992).

V České republice se zvýšily důsledky vodní eroze především kvůli intenzifikaci zemědělské výroby v minulosti (HLAVÁČKOVÁ, 2011). Tím, že byly odstraňovány krajinné prvky, které mají protierozní funkci, mezi které patří především meze, polní cesty s protierozní funkcí, solitérní zeleň a zatravněné údolnice (MZE, 2011b).

### 2.3.3 Důsledky vodní eroze

Hlavními důsledky vodní eroze jsou podle CABLÍKA A JŮVY (1963):

- Ztráta půdy
- Transport a sedimentace půdní hmoty a chemických látek
- Zanášení vodní zdrojů

Eroze ochuzuje zemědělské půdy, a to především ornou půdu o její nejúrodnější část, kterou je ornice, ta obsahuje především jemné částice, které jsou velice důležité pro úrodnost půdy (BLANCO A LAL, 2008). Zhoršuje agrochemické vlastnosti půd, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah humusu a živin, poškozuje pěstované plodiny. Tím je soustavně snižována produkční schopnost půd. Eroze je schopna zemědělskou půdu zcela znehodnotit (SLAVÍK, 2000). Erodovaná půda také ztrácí svou přirozenou vsakovací schopnost, což zvyšuje povrchový odtok (CABLÍK A JŮVA, 1963).

Jedním z následků vodní eroze je snížení výnosů pěstovaných plodin na ohrožené půdě, tomuto tématu se věnuje například MORGAN (2005), který uvádí, že u mírně erodovaných půd, ŠARAPATKA (2013) tyto půdy definuje odnosem orniční vrstvy v hloubce 5-15 cm, se může výnos snížit o 15-20%, u středně erodovaných půd o 40-50% a na silně erodovaných pozemcích, kde dojde k úplnému odnosu orniční vrstvy, může být výnos snížen až o 75%.

Nejrozšířenější metodou, která se zabývá stanovením finančních dopadů eroze je "replacement cista", která je založena na principu výpočtu nákladů na odstranění škod, které eroze způsobí (WINPENNY, 1991).

Projevy zvýšené eroze mají také negativní vliv na vodohospodářské poměry v povodí. Transportovaná erodovaná hmota a na ní vázané látky zanášejí a znečišťují



vodní zdroje a vodní tok, snižují jejich průtočnou kapacitu, způsobují zakalení povrchových vod a zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu sedimentů (SLAVÍK, 2000). Zanesené vodní toky mají vyšší niveletu, což zapříčiňuje inundaci a zvyšování hladiny podzemní vody (HPV) v okolí vodní toku (HOLÝ, 1978).

Vodní eroze je také spojena s eutrofizací a to proto, že při erozi je z půdy vyplavován fosfor a dusík a je splavován do vodních zdrojů (KVÍTEK A TIPPL, 2003).

#### **2.3.4 Ochrana před vodní erozí**

Nejdůležitějším principem jak chránit půdu před vodní erozí je zpomalení či zadržení povrchového odtoku a to zejména zvýšením infiltrace, snížením sklonu a zkrácením spádnice pozemků, což lze uskutečnit díky protierozním opatřením, které lze rozdělit následujícím způsobem (JANEČEK A KOL., 1992):

- *Organizační opatření*

Základním prostředkem pro ochranu půdy před vodní erozí je účelná organizace zemědělských pozemků a celkově půdního fondu. Také výběr pěstovaných plodin vede ke snížení či zvýšení intenzity eroze. JÚVA A KOL. (1977) uvádí, že každá kultura, díky svému kořenovému systému, povrchovému krytu, vláhovými potřebami, vytváří různé podmínky pro vsakování srážkové vody a pro povrchový odtok, což se výrazně projevuje v protierozní odolnosti.

A proto je podstatou organizačních protierozních opatření preference pěstování plodin s vysokým ochranným vlivem především na pozemcích, které jsou ohroženy erozí (MRKVIČKA, 1998).

- *Agrotechnická opatření*

Hlavním účelem agrotechnických opatření je zajištění ochrany povrchu půdy, zvýšení infiltrační schopnosti půdy a to hlavně v období přívalových srážek. Mezi tato opatření spadají opatření nazývané conservation tillage, nebo-li půdoochranné technologie, které ve většině případů vyžadují použití speciálních strojů či přípravků na ochranu rostlin (KVÍTEK A TIPPL, 2003).

*KVÍTEK A TIPPL (2003)* uvádí některá z těchto opatření: mulčování, výsev do ochranné plodiny, konturové či vrstevnicové obdělávání půdy.

- *Technická opatření*

K technickým opatřením se přistupuje až v případě, že organizační a agrotechnická opatření nejsou schopna zajistit dostatečnou ochranu před erozí a také v případě, že eroze a s tím související povrchový odtok může ohrožovat významnou měrou intravilán obce (*JANEČEK A KOL., 2012*).

Tato opatření jsou oproti organizačním a agrotechnickým opatřením technicky i finančně značně náročnější, a proto se k nim přistupuje až v odůvodněných případech (*KVÍTEK A TIPPL, 2003*).

*KVÍTEK A TIPPL (2003)* uvádí některá z těchto opatření: ochranné nádrže, terasování, polní cesty s protierozní funkcí, terénní urovnávky, protierozní meze, hrázky a příkopy, průlehy a zatravněné údolnice, hydrografické prvky.

*JANEČEK A KOL. (2012)* uvádí, že hlavní možností umožňující ochranu půdy před vodní erozí jsou pozemkové úpravy, zejména komplexní pozemkové úpravy v plánu společných zařízení. Pozemkové úpravy jsou základními opatřeními, při kterých lze nejlépe uplatňovat zásady protierozní ochrany.

## **2.4 Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC)**

*MZE* definuje standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC) jako standardy, které mají zajišťovat zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí (*MZE, 2014*). Zároveň jsou součástí Kontroly podmíněnosti (Cross Compliance).

Od začátku roku 2015 je nahrazen pojem GAEC pojmem DZES, problematika vodní eroze je částečně řešena standardem DZES 4 (opatření na ochranu půdy na svažitých pozemcích nad 5°, což byl dříve GAEC I) a standardem

DZES 5 (zásady pěstování určitých plodin na erozně ohrožených pozemcích, dříve GAEC II) (*VÚMOP, 2015*).

Hospodaření v souladu se standardy GAEC je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb, některých podpor z osy II Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem.

Plnění standardů GAEC kontroluje Státní zemědělský intervenční fond (SZIF) díky využití dálkového průzkumu Země (DPZ). Také přímo v terénu kontroluje stav zemědělské půdy obhospodařované žadatelem.

Standardy GAEC se netýkají všech zemědělských subjektů, nýbrž pouze těch, kteří čerpají dotační prostředky. Což znamená, že podnikatel, který plní podmínky opatření v rámci GAEC získá finanční podporu, ale v případě porušení nebude postihován (*MZE, 2014*).

Standardy DZES individuálně definují členské země Evropské unie na základě rámce stanoveného v příloze č. II nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1306/2013.

V období 2005-2009 v České republice platilo 5 standardů GAEC. Tyto standardy se rámcově týkaly (*MZE, 2011c*):

- Zákazu rušení nebo narušování krajinných prvků (meze, terasy, skupiny dřevin, stromořadí a travnaté údolnice).

- Zákazu pěstování kukuřice, brambor, řepy, bobu setého, soji či slunečnice na půdních blocích nebo jejich dílech s průměrnou sklonitostí nad 12°.

- Zapřavování kejdy či močůvky na půdních blocích nebo jejich dílech s ornou půdou o průměrné sklonitosti nad 3° do 24 hodin či použití hadicových aplikátorů k jejich aplikaci.

- Zákazu změny kultury z travního porostu na ornou půdu.

- Zákazu pálení rostlinných (bylinných) zbytků na půdních blocích či jejich dílech.

K 1. lednu 2010 vstoupilo v platnost dalších pět nových standardů. A 1. ledna 2012 přibyl jedenáctý standard GAEC (*MZE, 2011c*). Všechny standardy znázorňuje tab. č. 3. V roce 2014 byl zaveden standard GAEC 12 převedením požadavků SMR 2 (ochrana podzemních vod před znečištěním nebezpečnými látkami) mezi standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (*MZE, 2014*).

#### 2.4.1 Cross Compliance (Kontroly podmíněnosti)

*IREAS (2005)* Cross Compliance (CC) překládá jako tzv. křížový soulad. Jedná se o soubor pravidel a standardů, jejichž dodržování je podmínkou pro získání podpor ze Single Payment Scheme (SPS).

Cross Compliance se skládá ze dvou základních složek (*MZE, 2011a*):

- GAEC- Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu
- SMR- Zákonné požadavky na hospodaření (aktuální označení je PPH)

#### 2.4.2 Klasifikace opatření

| Opatření GAEC |  |                       |
|---------------|--|-----------------------|
| <b>GAEC 1</b> | Minimální pokryv půdy  | Eroze půdy            |
| <b>GAEC 2</b> | Minimální úroveň obhospodařování půdy odrážející specifické místní podmínky                        |                       |
| <b>GAEC 3</b> | Obdělávání orné půdy se strništěm  | Organické složky půdy |
| <b>GAEC 4</b> |  |                       |
| <b>GAEC 5</b> | Používání vhodných strojů  | Struktura půdy        |
| <b>GAEC 6</b> | Zachování krajinných prvků včetně mezí, příkopů, stromořadí, ve skupině nebo zvláště a hranic polí | Minimální úroveň péče |
| <b>GAEC 7</b> | Zabránění šíření nežádoucí vegetace na zemědělskou půdu  |                       |
| <b>GAEC 8</b> | Ochrana stálých pastvin  |                       |

|                |  |                                 |
|----------------|--|---------------------------------|
| <b>GAEC 9</b>  |  |                                 |
| <b>GAEC 10</b> | Schválení postupů pro využívání vody k zavlažování           | Ochrana vody a hospodaření s ní |
| <b>GAEC 11</b> | Zřízení ochranných pásem podél vodních toků                  |                                 |
| <b>GAEC 12</b> | Ochrana podzemních vod před znečištěním nebezpečnými látkami | Ochrana podzemních vod          |

Tab. č. 3: Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu GAEC v ČR (Zdroj: VOPRAVILA KOL., 2010)

### 2.4.3 Standardy GAEC I a II

Problematika boje proti vodní erozi je řešena dvěma standardy GAEC, a to GAEC I, který řeší pozemky s průměrnou sklonitostí nad 5°, a GAEC II, který řeší zásady pěstování některých plodin na mírně a silně erozně ohrožených pozemcích (MZE, 2014).

#### **GAEC I**

Standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy na svažitéch pozemcích, jejichž průměrná sklonitost přesahuje 5°. Žadatel na ploše dílu půdního bloku s druhem zemědělské kultury standardní orná půda, jehož průměrná sklonitost přesahuje 5°, zajistí po sklizni plodiny založení porostu ozimé plodiny, nebo uplatní alespoň jedno z níže uvedených opatření:

- a) ponechání strniště sklizené plodiny na dílu půdního bloku do založení porostu následné jarní plodiny,
- b) podmítnutí strniště sklizené plodiny a jeho ponechání bez orby až do založení porostu následné jarní plodiny, nebo
- c) díl půdního bloku je nejpozději do 20. září oset meziplodinou a tento porost plodiny je zachován nejméně do 31. října (MZE, 2014).

Tato opatření se neuplatní v případě, kdy je v rámci agrotechnického postupu provedeno zapravení statkových hnojiv, svýjimkou hnojiv zchovu drůbeže, nebo organických hnojiv nejméně v dávce 10 tun na hektar a nejvýše v dávce 50 tun na hektar.

Tato uvedená opatření jsou podle *MZE (2014)* minimální z hlediska omezení smyvu půdy, zvýšení retence vody v krajině a zpomalení povrchového odtoku.

## **GAEC II**

Tento standard se zabývá problematikou protierozní ochrany půdy tak, že stanovuje požadavky na způsob pěstování vybraných plodin na silně erozně ohrožených pozemcích.

Vstoupil v platnost 1. ledna 2010, jeho cílem je zejména ochrana půdy před vodní erozí a také snaha omezit negativní důsledky eroze (*MZE, 2014*).

Od 1. července 2011 se standard rozšířil také na půdy mírně erozně ohrožené. Pro vymezení těchto kategorií je využito kritéria sklonitosti svahu, délky svahu po spádnici, erodovatelnosti půdy a faktoru přívalových dešťů (*MZE, 2011b*).

Aktuální znění tohoto standardu uvádí *MZE (2013)*:

Žadatel na ploše půdního bloku, popřípadě jeho dílu, označené v evidenci půdy od 1. července příslušného kalendářního roku do 30. června následujícího kalendářního roku jako půda:

**a) mírně erozně ohrožená**, zajistí, že širokořádkové plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a **čirok** budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií,

**b) silně erozně ohrožená**, zajistí, že se nebudou pěstovat širokořádkové plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a **čirok**. Porosty obilnin a řepky olejné na takto označené ploše budou zakládány s využitím půdoochranných technologií. V případě obilnin nemusí být dodržena podmínka půdoochranných

technologií při zakládání porostů pouze v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin **nebo jetelotravních směsí**.

*MZE (2013)* navíc dodává, že tyto podmínky nemusí být dodrženy na souvislé ploše s výměrou nižší než 0,4 ha zemědělské půdy, jejíž delší strana je orientována ve směru vrstevnic s maximální odchylkou od vrstevnice do 30° a pod níž se nachází pás zemědělské půdy o minimální šíři 24 m, jež přerušuje odtokové linie procházející plochou širokořádkové plodiny a na kterém je žadatelem pěstován travní porost, víceletá pícnina nebo jiná než širokořádková plodina, s tím, že žadatel může tento postup uplatnit pouze na jedné takto vymezené ploše nebo součet takových ploch nepřesáhne výměru 0,4 ha zemědělské půdy.

**Obecné půdoochranné technologie pro mírně erozně ohrožené půdy jsou definovány takto *MZE (2014)*:**

- bezorebné setí/sázení (technologie přímého setí do nezpracované půdy)
- setí/sázení do mulče
- setí/sázení do mělké podmítky s ponecháním části rostlinných zbytků na povrchu půdy
- setí/sázení do ochranné plodiny (např. do vymrzající meziplodiny – svazenkavradičolistá, hořčice bílá)

**Specifické půdoochranné technologie pro mírně erozně ohrožené půdy *MZE (2014)* definuje takto:**

- přerušovací pásy
- zasakovací pásy
- osetí souvratí
- setí/sázení po vrstevnici o odkameňování
- podrývání u cukrové řepy
- pěstování luskoobilných směsí (LOS)
- důlkování a hrázkování
- pásové zpracování půdy (strip-till)
- pěstování kukuřice s šířkou řádku do 45 cm bezorebným způsobem.

## **Půdoochranné technologie pro silně erozně ohrožené půdy MZE (2011d)**

**definuje takto:**

- bezorebné setí/sázení (technologie přímého setí do nezpracované půdy)
- setí/sázení do mulče
- setí/sázení do mělké podmítky s ponecháním části rostlinných zbytků na povrchu půdy
- setí/sázení do ochranné plodiny (např. do vymrzající meziplodiny – svazenkavratičolistá, hořčice bílá)

Úplné aktuální znění standardu GAEC II je stanoveno v nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor a některých souvisejících nařízení.

### **2.4.4 Vymezení ohroženosti v rámci GAEC**

Podle šetření Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy se na území České republiky nachází 53 % orné půdy se sklonem vyšším než 3°, což je půda, která je ohrožena vodní erozí. Konkrétně půda se sklonem 3-7° se nachází na 43 % orné půdy, téměř 10 % se sklonem 7-12° a 0,7 % se sklonem nad 12° (BLAŽEK, 2006).

Pro potřeby plnění standardu GAEC II byla v roce 2009 vytvořena vrstva erozní ohroženosti půda České republiky vodní erozí. Tato vrstva identifikuje plochy silně erozně ohrožené (SEO), plochy mírně erozně ohrožené (MEO) a plochy neohrožené, což znázorňuje příloha č. 5.

Tato vrstva je vytvořena na základě mapy Maximálních přípustných hodnot faktoru ochranného vlivu vegetace  $C_p$ , kterou vytvořil VÚMOP, v.v.i. a slouží jako podklad pro vhodný způsob hospodaření na pozemcích nebo jejich částech.

Hodnoty  $C_p$  jsou vyjádřeny maximální hodnotou faktoru ochranného vlivu vegetace (faktor C), která by neměla být překročena a vypočítá se dle osevního postupu. V případě, že je hodnota  $C_p$  překročena, měla by být hodnota C snížena zařazením některého z povolených protierozních opatření nebo změnou osevního postupu. Výpočet  $C_p$  vychází z Univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Wischmeier, Smith 1978) (MZE, 2014).



## 3 MATERIÁL

### 3.1 Povodí Kopaninského toku

Povodí Kopaninského potoka je tokem 4. řádu, jeho hydrologické číslo je 1-09-02-031, zaujímá plochu 8,73 km<sup>2</sup>. Je součástí povodí Hejlovky, která je přítokem Želivky. Je levostranným přítokem Janovského potoka. Patří tedy do povodí Vltavy.

Tok je dlouhý 5,9 km a protéká katastrálním územím Velký Rybník, Strměchy, Žirov a Kletečná. Povodí leží severovýchodně od Pelhřimova, tudíž se nachází v okrese Pelhřimov.

Rozmezí nadmořských výšek povodí je 467-578 m. n. m. Průměrná nadmořská výška Kopaninského toku je 523 metrů.

*PODHRÁZSKÁ A UHLÍŘOVÁ (2005)* uvádí, že v tomto území převládá zemědělská půda, pěstované plodiny odpovídají přírodním podmínkám. V území se pěstují obilniny, řepka, kukuřice a hrách. Méně se zde pěstují okopaniny a krmné směsky. *MORA VCOVÁ A KOL. (2008)* dodává, že zemědělská výroba se zde zaměřuje na tradiční agrotechnické postupy.

Povodí je od roku 1985 sledováno Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy v.v.i. (VÚMOP v.v.i.). Základní charakteristiky povodí Kopaninského toku jsou v tab. č. 4.

| Kopaninský tok                          |                               |
|---|-------------------------------|
| Nadmořská výška [m]<br>Min-max (průměr) | 467-578<br>(523)              |
| Plocha [km <sup>2</sup> ]               | 8,73                          |
| Hydrologické pořadí                     | 1-09-02-031                   |
| Nadřazené vodní toky                    | Želivka, Sázava, Vltava, Labe |
| % orné půdy                             | 52%                           |
| % luk a pastvin                         | 14%                           |
| % lesů                                  | 30%                           |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| % odvodněných ploch                                | -                          |
| Průměrné roční srážky [mm]<br>/stanice<br>/období  | 665<br>Humpolec<br>1901-50 |
| Průměrná roční teplota [°C]<br>/stanice<br>/období | 7,0<br>Humpolec<br>1901-50 |
| Hlavní matečná hornina                             | Pararula                   |
| Měření začala v roce                               | 1985                       |

Tab. č. 4: Základní charakteristiky pokusného povodí VÚMOP v.v.i., (Zdroj: DOLEŽAL A KOL., 2002)

### Klimatické poměry

Zájmové území spadá do klimatické oblasti B5, charakteristické jako mírně teplá, mírně vlhká a vrchovinová (*HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 1958*).

Dle Quittova rozdělení se zájmové povodí nachází ve dvou klimatických oblastech, a to MT4, kterou charakterizuje krátké léto, mírné, suché až mírně suché, přechodné období krátké s mírným jarem a mírným podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně teplá a suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. A v oblasti MT7, která je charakteristická dlouhým, mírným, mírně suchým létem, přechodné období je krátké, s mírným jarem a mírně teplým podzimem, zima je normálně dlouhá, mírně teplá, suchá až mírně suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky (*QUITT, 1971*).

Průměrná roční teplota vzduchu je 7°C. Průměrná teplota ve vegetačním období (IV - IX) je 13°C. Průměrný roční úhrn srážek je 650 mm. Průměrný úhrn srážek ve vegetačním období (IV-IX) je 400 mm. Roční průměrná oblačnost činí 60 %. Průměrné trvání slunečního svitu v roce činí 1800 hodin a průměrný počet dnů s boufkou v roce je 25. Průměrný počet letních dnů je 40 a mrazových dnů 130. Tato data potvrzují měření na observatoři Košetice (*VÁŇA, HOLOUBEK., 2001*).

## Geologické poměry

Zájmové území spadá do hydrogeologického rajonu 652 Krystalinikum v povodí Sázavy. Horniny Krystalinika se vyznačují tím, že mají nízkou puklinovou propustnost, která je závislá především na charakteru zvětralin. V území jsou charakteristické mělké zvodně vázané na povrchovou zónu kvartérních uloženin, zónu zvětrávání, případně přípovrchového rozpojení hornin. Oběh vody zde má lokální charakter. Infiltrace probíhá v celé ploše kolektoru v závislosti na propustnosti zvětralinového pláště. Geologickým podkladem Krystalinika je pararula (PODHRÁZSKÁ, UHLÍŘOVÁ, 2005).

Dle geologickomorfologického členění spadá povodí Kopaninského toku do provincie Česká Vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava, oblasti Českomoravská vrchovina, celku Křemešnická vrchovina, podcelku Želivská pahorkatina, okrsku Hořepnická pahorkatina.

## Půdní poměry

Plošně v zájmovém území převládají kambizemě modální na rulách, středně těžké až lehčí. Výrazně jsou také zastoupeny kambizemě oglejené a pseudogleje modální na rulách.

V zamokřených oblastech, zpravidla s výskytem svahových pramenišť, převládají pseudogleje modální.

V některých místech se také vyskytují gleje modální (PODHRÁZSKÁ, UHLÍŘOVÁ, 2005).

Tab. č. 5 znázorňuje zastoupení jednotlivých BPEJ, půdních typů a hydrologických skupin (HSP).

| BPEJ    | Půdní typ                        | Výměra [ha] | Výměra [%] | HSP |
|---------|----------------------------------|-------------|------------|-----|
| 7.29.01 | Kambizemě modální                | 38,1        | 6          | B   |
| 7.29.04 | eubazické až mezobazické na rule | 7,4         | 1          |     |
| 7.29.11 |                                  | 166,5       | 28         |     |

|         |  |       |     |   |
|---------|--|-------|-----|---|
| 7.29.14 |  | 222,6 | 37  |   |
| 7.29.44 | Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variant | 5,6   | 1   |   |
| 7.37.16 | Kambizemě litické, modální, rančerové a rankery modální                    | 1,8   | 0,3 | B |
| 7.50.01 | Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na rule                           | 0,6   | 0   | C |
| 7.50.11 |  | 63,7  | 11  |   |
| 7.67.01 | Gleje modální na různých substrátech                                       | 13,0  | 2,1 | C |
| 7.73.11 | Kambizemě oglejené a pseudogleje glejové                                   | 85,9  | 14  | C |

Tab. č. 5: Zastoupení BPEJ, půdních typů a hydrologických skupin v povodí Kopaninského toku (Zdroj: VÚMOP, 2011)

### 3.1.1 Subpovodí P6

Pro potřeby diplomové práce bylo vybráno subpovodí P6, které zaujímá rozlohu 15,7 ha a nachází se jihozápadně od obce Velký Rybník (Příloha č. 1).

Většinu plochy subpovodí zaujímá orná půda, což znázorňuje tab. č. 7 a graficky příloha č. 2. Výskyt jednotlivých BPEJ a půdních typů v subpovodí znázorňuje tab. č. 6 a graficky příloha č. 3.

Vzhledem k ohroženosti půd v rámci Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC) se v subpovodí nachází plocha neohrožená na 11,4 ha a půda mírně ohrožená na 4,3 ha což je 27% z celkové plochy subpovodí. Plocha silně erozně ohrožená se v zájmovém subpovodí nenachází. Modelový půdní blok, na kterém se nachází dle GAEC mírně erozně ohrožená půda má podle LPIS průměrnou sklonitost 3,6°, jeho průměrná nadmořská výška je 506,68 m. (Příloha č. 6).

| <b>BPEJ</b> | <b>Půdní typ</b>  | <b>Výměra [ha]</b> | <b>Výměra[%]</b> | <b>HSP</b> |
|-------------|---|--------------------|------------------|------------|
| 7.29.11     | Kambizemě<br>modální eubazické<br>až mezobazické na<br>rule | 6,8                | 43               | B          |
| 7.29.01     |   | 2,8                | 18               |            |
| 7.29.14     |   | 1,1                | 7                |            |
| 7.73.11     | Kambizemě<br>oglejené a<br>pseudogleje glejové              | 5,0                | 32               | C          |

Tab. č. 6: Zastoupení jednotlivých BPEJ, půdních typů a HSP v subpovodí P6 (Zdroj: VÚMOP, 2011)

| <b>Využití půdy</b> | <b>Výměra [ha]</b> | <b>Výměra [%]</b> |
|---------------------|--------------------|-------------------|
| Orná půda           | 15                 | 95                |
| TTP                 | 0,4                | 3                 |
| Ostatní plocha      | 0,3                | 2                 |
| Celkem              | 15,7               | 100               |

Tab. č. 7: Landuse v subpovodí P6 (Zdroj: VÚMOP, 2011)

## 4 METODY

### 4.1 Metoda SCS-CN

Pro zhodnocení účinnosti protierozních opatření v rámci GAEC jsou v této práci využity výpočty hydrologických charakteristik přímého odtoku, a to objem přímého odtoku  $O_{pH}$ , kulminační průtok  $Q_{pH}$ , doba koncentrace  $T_c$ . Pro modelaci byl využit program HydroCad, který splňuje požadavky pro účely této práce, především rozdělení doby doběhu  $T_{tb}$  na více částí a také zvolit příslušnou návrhovou srážku. Program HydroCad vyvinula americká služba ochrany přírodních zdrojů (US NRCS).

Pro kalibraci a porovnání výsledků byl využit program ERCN, který stehně jako program HydroCad pracuje na principech metody SCS-CN. Uvedené hydrologické charakteristiky jsou v metodě CN počítány na základě následujících vztahů.

#### 4.1.1 Řešené charakteristiky přímého odtoku

##### Přímý odtok

Metoda CN křivek určuje výšku přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr výšky odtoku k výšce přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potencionálnímu objemu, který může být zadržen (KOVÁŘ A KOL, 2013). Přímý odtok dle JANEČKA (2012) zahrnuje povrchový a hypodermický odtok. Podíly těchto odtoků jsou vyjádřeny CN křivkami.

##### Objem přímého odtoku

Metoda CN používá pro odhad objemu přímého odtoku podle PASÁKA A KOL. (1984) následující vztah:

$$O_{pH} = 1000 * H_o * F$$

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

kde:

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

$F$  = plocha povodí [ $km^2$ ]

$H_o$  = výška přímého odtoku [mm]

$H_s$  = výška srážky z přívalové deště [mm]

$A$  = potenciační retence určovaná na základě čísla křivky (CN) podle

vztahu:  $A = 25,4 * \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$

### Kulminační průtok

Metoda CN vychází z principu bezrozměrného jednotkového hydrogramu.

Pro výpočet kulminačního odtoku je použit následující vztah dle JANEČKA (2012):

$$Q_{pH} = 0,00043 * q_{pH} * P * H_o * f$$

kde:

$Q_{pH}$  = kulminační průtok [ $m^3/s$ ]

$q_{pH}$  = jednotkový kulminační průtok  $P$ =plocha povodí

$H_o$  = výška přímého odtoku [mm]

$f$ = opravný koeficient pro rybníky a mokřady

### Doba koncentrace

Doba koncentrace je součtem jednotlivých dob doběhu, které definuje JANEČEK (2007) jako čas, za který se přemístí voda z jednoho místa v povodí na jiný.

**Doba koncentrace ( $T_c$ )**= plošný povrchový odtok ( $T_{ta}$ ) + soustředěný odtok o malé hloubce ( $T_{tb}$ ) + soustředěný odtok v otevřeném korytu ( $T_{tc}$ ):

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

Doba koncentrace je definována dle *JANEČKA (2007)* jako čas odtoku z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu povodí do jeho uzávěrového profilu.

## 4.2 Výpočet eroze

### 4.2.1 Modifikovaná univerzální rovnice ztráty půdy (MUSLE)

Pro stanovení erozní ohroženosti na vybraném území je využita Modifikovaná univerzální rovnice ztráty půdy, která jak uvádí *VÁŇOVÁ A KRISTENOVÁ (2013)* využívá principů Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) a je založena na zahrnutí charakteristik povrchového odtoku konkrétní srážko-odtokové události. Tato metoda je vhodná pro výpočet množství splavenin v povodích, které mají plochu do 10 km<sup>2</sup>.

Tato rovnice má tvar:

$$G_m = 11,8 \times (O_{pH} \times Q_{pH})^{0,56} \times K \times L \times S \times C_m \times P_m$$

$G_m$ ..množství splavenin z přívalového deště (t)

$O_{pH}$ ..objem přímého odtoku z přívalového deště (m<sup>3</sup>)

$Q_{pH}$ ..velikost kulminačního průtoku (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>)

K, L, S..faktory USLE

$C_m, P_m$ ..faktory C a P pro konkrétní událost

### 4.2.2 Stanovení erozní ohroženosti v prostředí GIS

#### 1. Vytvoření vrstev C a K faktoru

- Přiřazení hodnoty K faktoru jednotlivých bonitovaným půdně ekologickým jednotkám v subpovodí.
- Přiřazení hodnoty C faktoru k jednotlivým kulturám v atributové tabulce Landuse.
- Převedení vrstev K a C faktoru do rastru.

#### 2. Vytvoření digitálního modelu terénu



- Vytvoření DMT pomocí funkce Topo to raster. Vytvořený DMT je přílohou č. 6.
- Zjemnění vytvořeného digitálního modelu terénu pomocí funkce Fill.
- Výpočet sklonu pomocí funkce Slope (nastavení jednotek výstupu v procentech).
- Výpočet směru odtokové linie pomocí funkce Flow Direction, kdy vstupem je zjemněný DMT.
- Výpočet délky odtokové linie pomocí funkce Flow length, kdy vstupem je výstup Flow Direction.

### 3. *Raster calculator*

- Vytvoření vrstvy Temp 1= vrstva Slope x vrstva Slope
- Vytvoření vrstvy Temp 2= Temp 1 x 0,00138
- Vytvoření vrstvy Temp 3=vrstva Slope x 0,0097
- Vytvoření vrstvy Temp 4=0,0138 x Temp 3 x Temp 2
- Vytvoření vrstvy Temp 5= funkce Power (vrstva Flowlength, 0,5)
- Vytvoření vrstvy LS faktoru= Temp 4 x Temp 5
- Převedení vrstvy LS faktoru do rastru

### 4. *Vypočtení Wischmeyer-Smithovy rovnice pomocí Raster Calculatoru*

- $G= R \times K \times LS \times C \times P$
- Faktor R=40
- Faktor K, LS, C vypočten v prostředí GIS
- Faktor P=1

## 4.3 Charakteristika použitých scénářů

Pro modelace bylo využito 7-mi scénářů, které znázorňuje tab. č. 8. Scénáře jsou nastaveny tak aby splňovali požadavky standardů GAEC pro mírně erozně ohrožené půdy.

|               |                          | Název   | Označení      |
|---------------|--------------------------|---|---------------|
| Scénář<br>č.1 | Úzkořádkové plodiny      | Přímé řádkování                                 | PŘ/ÚP         |
|               | Reálný stav              |   | PŘ/RS         |
|               | Širokořádkové plodiny    |   | PŘ/ŠP         |
| Scénář<br>č.2 |                          | Přímé<br>řádkování+Posklizňové<br>zbytky        | PŘ+PZ         |
| Scénář<br>č.3 | Zasakovací pás 12 m      | Přímé<br>řádkování+Přerušovací pásy             | PŘ+PP 12 m    |
|               | Zasakovací pás 24 m      |   | PŘ+PP 24 m    |
|               | Zasakovací pás 36 m      |   | PŘ+PP 36 m    |
| Scénář<br>č.4 | Úzkořádkové plodiny      | Vrstevnicové řádkování                          | VŘ/ÚP         |
|               | Reálný stav              |   | VŘ/RS         |
|               | Širokořádkové plodiny    |   | VŘ/ŠP         |
| Scénář<br>č.5 | Úzkořádkové plodiny      | Vrstevnicové<br>řádkování+Posklizňové<br>zbytky | VŘ+PZ/ÚP      |
|               | Širokořádkové plodiny    |   | VŘ+PZ/ŠP      |
| Scénář<br>č.6 | Úzkořádkové<br>plodiny   | Zasakovací<br>pás 12 m                          | VŘ+PP 12 m/ÚP |
|               |                          | Zasakovací<br>pás 24 m                          | VŘ+PP 24 m/ÚP |
|               |                          | Zasakovací<br>pás 36 m                          | VŘ+PP 36 m/ÚP |
|               | Reálný stav              | Zasakovací<br>pás 12 m                          | VŘ+PP 12 m/RS |
|               | Širokořádkové<br>plodiny | Zasakovací<br>pás 12 m                          | VŘ+PP 12 m/ŠP |

|            |                       |                     |  |                  |
|------------|-----------------------|---------------------|--|------------------|
|            |                       | Zasakovací pás 24 m |  | VŘ+PP 24 m/ŠP    |
|            |                       | Zasakovací pás 36 m |  | VŘ+PP 36 m/ŠP    |
| Scénář č.7 | Úzkořádkové plodiny   | Zasakovací pás 12 m | Vrstevnicové řádkování+Posklizňové zbytky+Přerušovací pásy | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP |
|            |                       | Zasakovací pás 24 m |  | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP |
|            |                       | Zasakovací pás 36 m |  | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP |
|            | Reálný stav           | Zasakovací pás 12 m |  | VŘ+PZ+PP 12 m/RS |
|            | Širokořádkové plodiny | Zasakovací pás 12 m |  | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP |
|            |                       | Zasakovací pás 24 m |  | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP |
|            |                       | Zasakovací pás 36 m |  | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP |

Tab. č. 8: Popis použitých scénářů

**Scénář č. 1:** Je přímé řádkování, kdy jsou řádky vedeny bez ohledu na sklon pozemku. V tomto scénáři není využito žádných půdoochranných technologií. Je rozdělen na tři varianty, a to variantu s předpokladem pěstování pouze úzkořádkových plodin (obilniny), variantu pěstování plodin podle reálného stavu pěstovaných plodin (ozimá pšenice, kukuřice, brambory) a variantu pěstování pouze širokořádkových plodin (brambory, kukuřice).

**Scénář č. 2:** Je přímé řádkování, kdy jsou řádky vedeny bez ohledu na sklon pozemku. Je využito půdoochranné technologie ponechání posklizňových zbytků nejméně na 5 % povrchu po celý rok.

**Scénář č. 3:** Je přímé řádkování, kdy jsou řádky vedeny bez ohledu na sklon pozemku. Je využita půdoochranná technologie přerušovacích pásů, která spadá do standardů GAEC. Pásy jsou použity ve třech variantách šíře, a to 12, 24 a 36 m, jsou

použity vždy 2, tak aby byla splněna podmínka délka odtokové linie na půdním bloku.

**Scénář č. 4:** Je vrstevnicové řádkování, kdy jsou řádky vedeny přesně ve směru vrstevnic. Tato technologie spadá do půdoochranných technologií v rámci standardů GAEC. Scénář je opět řešen ve třech variantách- využití pouze úzkořádkových plodin, reálný stav a využití pouze širokořádkových plodin.

**Scénář č. 5:** Je kombinací technologií vrstevnicového řádkování a ponechání posklizňových zbytků. Je řešen ve třech variantách- využití pouze úzkořádkových plodin, reálný stav a využití pouze širokořádkových plodin.

**Scénář č. 6:** Je kombinací využití vrstevnicového řádkování a přerušovacích pásů. Je řešen v sedmi variantách.

**Scénář č. 7:** Je kombinací využití všech půdoochranných technologií hodnocených v této práci, a to použití vrstevnicového řádkování, ponechání posklizňových zbytků a také přerušovacích pásů.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Hydrologické charakteristiky

Výpočty proběhly v 7-mi scénářích v programu HydroCad s návrhovými úhrny s pravděpodobností opakování 50, 20, 10, 2 let. Pro výpočet s návrhovým úhrnem s pravděpodobností opakování 100 let byl využit jak program HydroCad tak program ERCN pro možnost srovnání výsledků a také kalibrace modelu HydroCad.

#### 5.1.1 Program ERCN

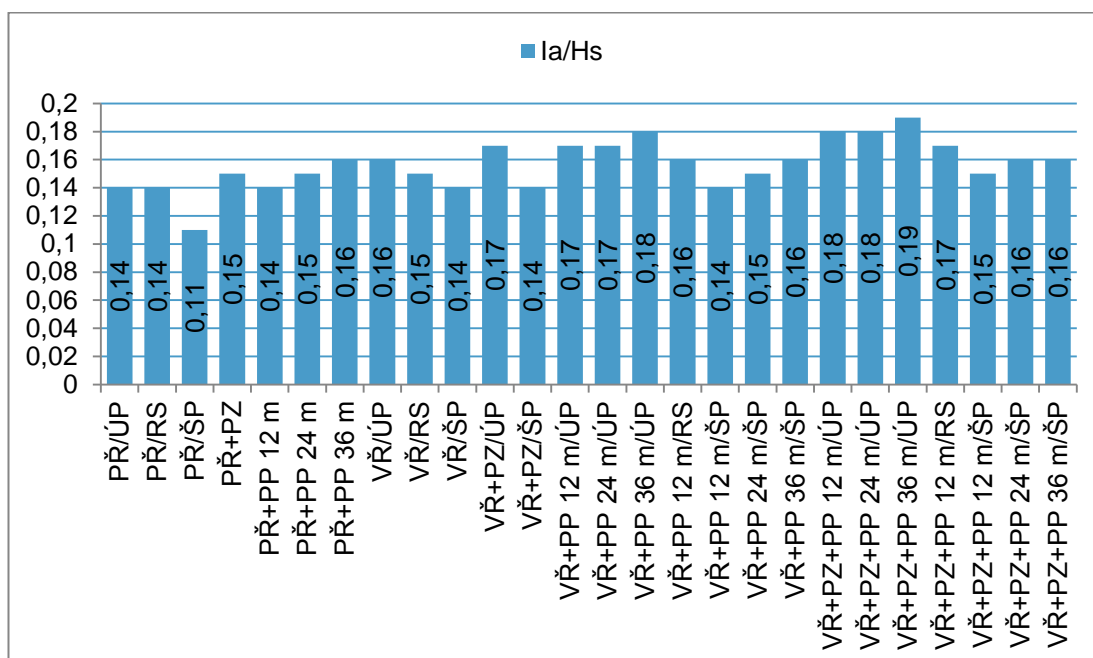
| ERCN 100               |                  | Přímý odtok [mm] | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | I <sub>s</sub> /H <sub>s</sub> | T <sub>c</sub> [min] |
|------------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 47               | 7325                              | 1,87                                | 0,14                           | 21,4                 |
|                        | PŘ/RS            | 48               | 7551                              | 1,94                                | 0,14                           |                      |
|                        | PŘ/ŠP            | 55               | 8571                              | 2,25                                | 0,11                           |                      |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 45               | 7030                              | 1,79                                | 0,15                           |                      |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 47               | 7325                              | 1,87                                | 0,14                           |                      |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 45               | 7030                              | 1,79                                | 0,15                           |                      |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 43               | 6741                              | 1,70                                | 0,16                           |                      |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 43               | 6741                              | 1,70                                | 0,16                           |                      |
|                        | VŘ/RS            | 44               | 6957                              | 1,77                                | 0,15                           |                      |
|                        | VŘ/ŠP            | 49               | 7627                              | 1,96                                | 0,14                           |                      |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 41               | 6459                              | 1,62                                | 0,17                           |                      |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 47               | 7325                              | 1,87                                | 0,14                           |                      |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 41               | 6459                              | 1,62                                | 0,17                           |                      |
|                        | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 41               | 6459                              | 1,62                                | 0,17                           |                      |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 39               | 6182                              | 1,54                                | 0,18                           |                      |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 43               | 6698                              | 1,69                                | 0,16                           |                      |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 47               | 7325                              | 1,87                                | 0,14                           |                      |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 45               | 7030                              | 1,79                                | 0,15                           |                      |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 43               | 6741                              | 1,70                                | 0,16                           |                      |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 39               | 6182                              | 1,54                                | 0,18                           |                      |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 39               | 6182                              | 1,54                                | 0,18                           |                      |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 38               | 5912                              | 1,46                                | 0,19                           |                      |

|  |                  |    |      |      |      |
|--|------------------|----|------|------|------|
|  | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 41 | 6459 | 1,62 | 0,17 |
|  | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 45 | 7030 | 1,79 | 0,15 |
|  | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 43 | 6741 | 1,70 | 0,16 |
|  | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 43 | 6741 | 1,70 | 0,16 |

Tab. č. 9: Hydrologické charakteristiky při srážkovém úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let v programu ERCN (Zdroj: program ERCN, upraveno autorem)

Výsledky dosažené programem ERCN znázorňuje tab. č. 9. Jsou použity stejné scénáře jako u programu HydroCad, rozdíly v jednotlivých výsledcích nejsou nikterak významné.

Hodnoty doby koncentrace se ve výsledcích z tohoto programu neliší z důvodu, že program ERCN neumožňuje rozdělit dobu doběhu  $T_{tb}$  na více částí.



Graf č. 1: Hodnoty  $I_a / H_s$  při srážkovém úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let v programu ERCN (Zdroj: program ERCN, upraveno autorem)

Graf č. 1 graficky znázorňuje hodnoty  $I_a / H_s$ , což je poměr počáteční ztráty vody v milimetrech / úhrnu přivalové srážky v milimetrech. Hodnota toho parametru se zvyšuje se zavedením protierozních opatření, nejnižší hodnoty dosahuje scénář č. 1 s využitím pouze širokořádkových plodiny, naopak nejvyšší hodnoty dosahuje podle předpokladu scénář č. 7 s využitím pouze úzkořádkových plodin a zavedeným přerušovacím pásem v šíři 36 metrů.

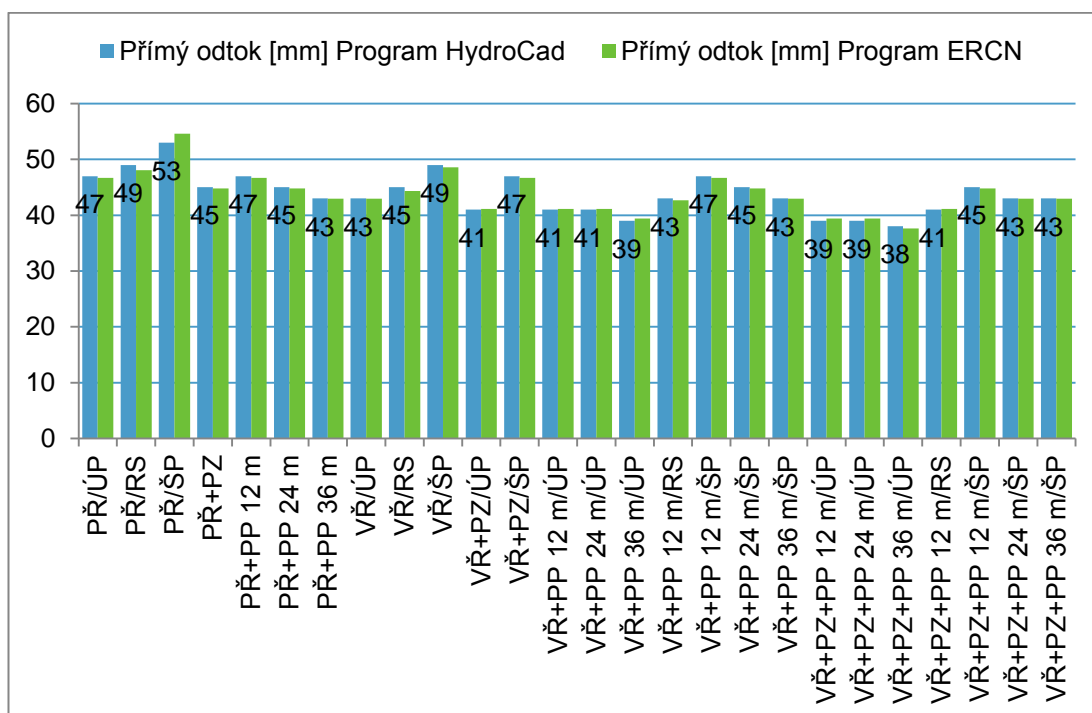
Výsledky ukazují, že na tento parametr má vliv i šířka přerušovacího pásu, jak je vidět, scénář s přerušovacím pásem v šíři 24 m zvyšuje hodnotu  $I_a / H_s$  oproti scénáři s přerušovacím pásem o šíři 12 m o 7%.

### 5.1.2 Program HydroCad

| HydroCad 100           |                  | Přímý odtok [mm] | $O_{ph}$ [m <sup>3</sup> ] | $Q_{ph}$ [m <sup>3</sup> /s] | $T_c$ [min] |
|------------------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 47               | 7325                       | 1,62                         | 29,1        |
|                        | PŘ/RS            | 49               | 7627                       | 1,98                         | 29,1        |
|                        | PŘ/ŠP            | 53               | 8249                       | 2,12                         | 29,1        |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 45               | 7030                       | 1,86                         | 30,0        |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 47               | 7325                       | 1,85                         | 30,9        |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 45               | 7030                       | 1,78                         | 31,1        |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 43               | 6741                       | 1,72                         | 31,1        |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 43               | 6741                       | 1,80                         | 31,1        |
|                        | VŘ/RS            | 45               | 7030                       | 1,78                         | 31,1        |
|                        | VŘ/ŠP            | 49               | 7627                       | 1,99                         | 31,1        |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 41               | 6459                       | 1,73                         | 30,5        |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 47               | 7325                       | 1,93                         | 30,5        |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 41               | 6459                       | 1,66                         | 32,7        |
|                        | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 41               | 6459                       | 1,66                         | 33,0        |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 39               | 6182                       | 1,60                         | 33,0        |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 43               | 6741                       | 1,66                         | 32,7        |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 47               | 7325                       | 1,85                         | 32,7        |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 45               | 7030                       | 1,78                         | 33,0        |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 43               | 6741                       | 1,72                         | 33,0        |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 39               | 6182                       | 1,60                         | 33,7        |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 39               | 6182                       | 1,60                         | 33,9        |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 38               | 5912                       | 1,53                         | 33,9        |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 41               | 6459                       | 1,66                         | 33,7        |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 45               | 7030                       | 1,79                         | 33,7        |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 43               | 6741                       | 1,72                         | 33,9        |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 43               | 6741                       | 1,72                         | 33,9        |

Tab. č. 10: Hydrologické charakteristiky při srážkovém úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let v programu HydroCad (Zdroj: program HydroCad, upraveno autorem)

Tab. č. 10 obsahuje výsledky všech sledovaných hydrologických charakteristik ve všech modelovaných scénářích. Jednotlivé odtokové parametry graficky znázorňují následující grafy:



Graf č. 2: Hodnoty přímého odtoku při srážkovém úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let v programu HydroCad a ERCN (Zdroj: program HydroCad a ERCN, upraveno autorem)

Dosažené výsledky, které znázorňuje graf č. 2, ukazují skutečnost, že výška přímého odtoku závisí na číslu CN, čím je toto číslo vyšší tím je pravděpodobnější vyšší výskyt povrchového odtoku. Což je vidět u porovnání scénáře č. 1 s přímým řádkováním a pěstováním širokořádkových plodin s hodnotou výšky přímého odtoku 53 mm a hodnotou CN 81 se scénářem č. 6 s vrstevnicovým řádkováním, ponecháním posklizňových zbytků a zavedeným přerušovacím pásem v šířce 36 m s hodnotou výšky přímého odtoku 38 mm a hodnotou CN 73. Tyto výsledky potvrzuje ve své práci také HEJLOVÁ A KOL., (2013).

Na hodnotu přímého odtoku má vliv pěstování plodin dle šířky řádku. Při scénáři, kde se předpokládá pěstování pouze širokořádkových plodin a nezavedení žádné z půdochranných technologií se zvýšila hodnota přímého odtoku oproti scénáři s předpokladem pěstování pouze úzkořádkových plodin o 11%.

Vliv změny hospodaření a využívaných plodin na snížení odtoku potvrzuje ve své publikaci VÁŇOVÁ A KRISTENOVÁ (2013).

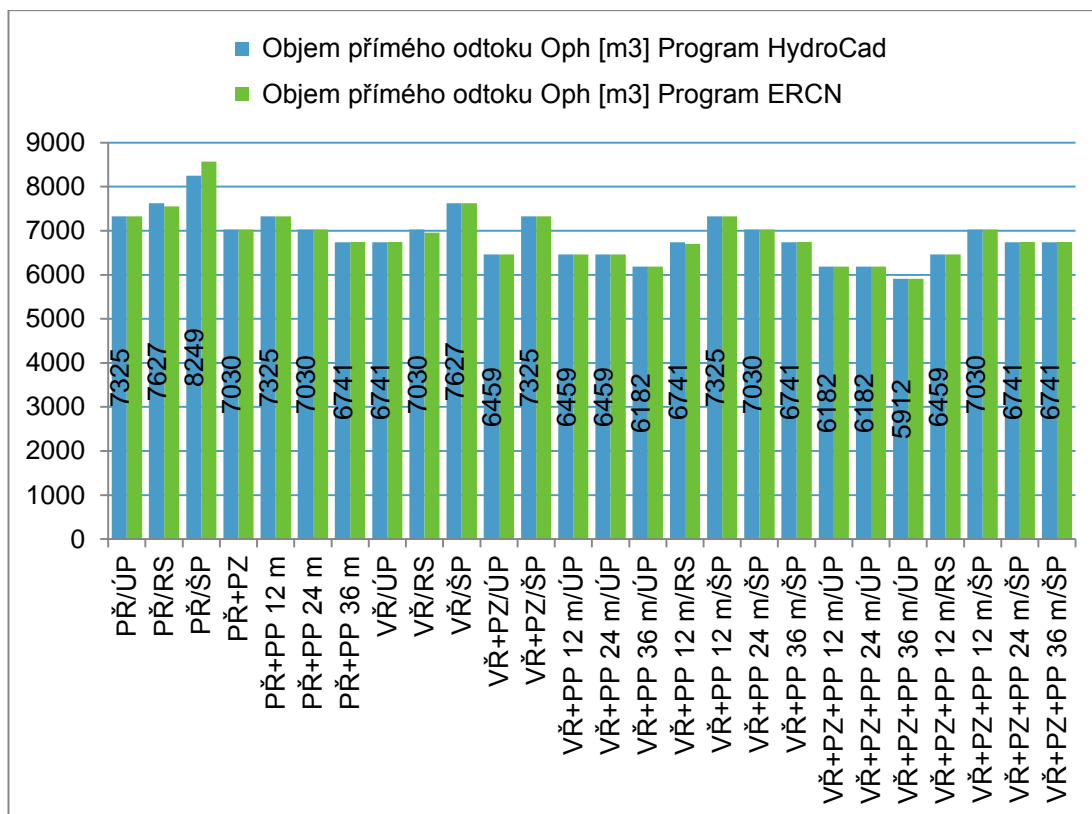


Ponechání posklizňových zbytků na povrchu půdy má také vliv na snížení přímého odtoku, a to o 8%.

Zavedená půdoochranná technologie přerušovacích pásů má příznivý vliv na snížení přímého odtoku, zavedení přerušovacího pásu v šíři 12 m snižuje přímý odtok oproti základnímu scénáři č. 1 o 4%, zavedení přerušovacího pásu v šíři 24 m snižuje hodnotu tohoto parametru o 8% a zavedení pásu v šíři 36 m snižuje přímý odtok o 12%. Tyto skutečnosti ukazují na to, že částečná změna půdního pokryvu, konkrétně zvýšení plochy TTP v území je příčinou snížení přímého odtoku. Tyto výsledky potvrzuje (JENÍČEK, 2007), který prováděl modelování vlivu krajinného pokryvu na srážko-odtokové procesy. HEJDUK A KASPRZAK (2004) svým výzkumem, který proběhl v letech 1965-2003 potvrzují, že travní porost zvýšenou schopnost snižovat výskyt povrchových odtoků z přívalových srážek především v letních obdobích.

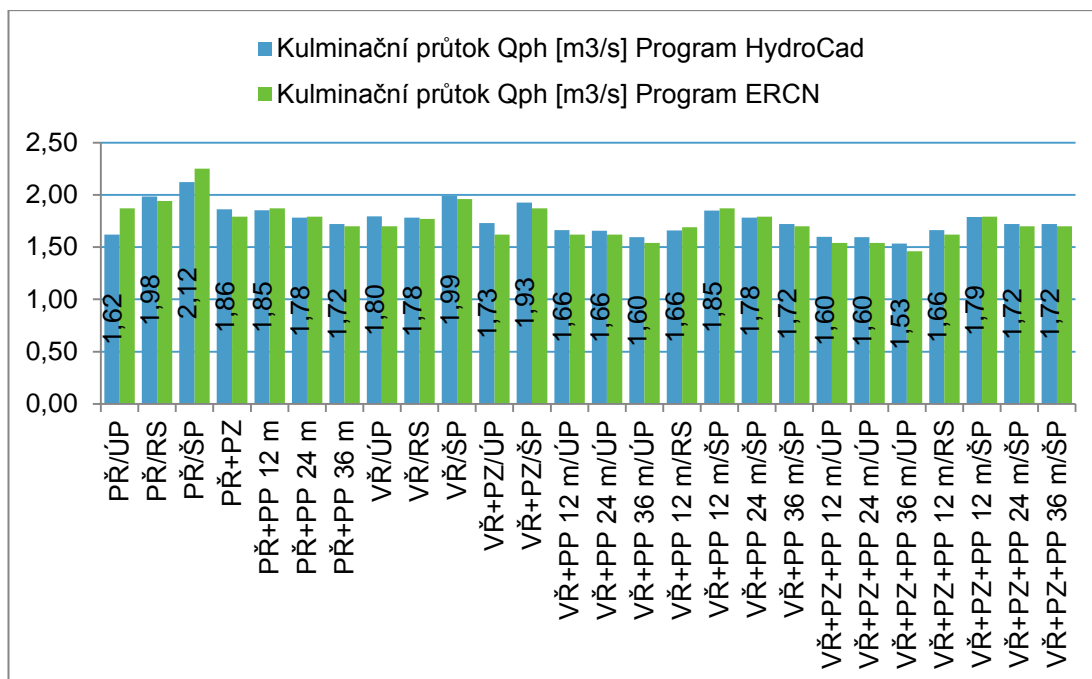
Scénář č. 4, který je kombinací využití vrstevnicového řádkování a pěstování pouze úzkořádkových plodin se projevuje snížením hodnoty přímého odtoku o 12%. Ve scénáři č. 5 se navíc předpokládá ponechání posklizňových zbytků na povrchu půdy, tato modelace snižuje přímý odtok o 16%.

Nejvyššího snížení přímého odtoku dosahuje scénář č. 7, který kombinuje všechny hodnocená protierozní opatření, snížení tímto scénářem při modelaci s přerušovacím pásem a předpokladem pěstování pouze úzkořádkových plodin činí 22%.



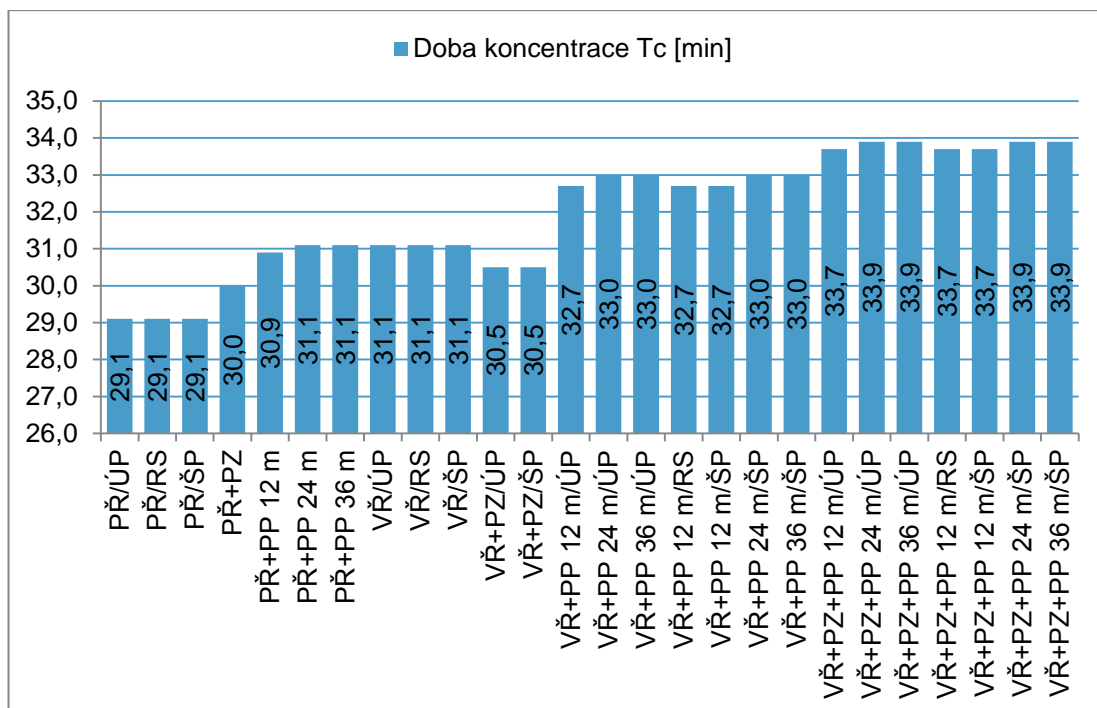
Graf. č. 3: Hodnoty objemu odtoku při srážkovém úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let v programu HydroCad a ERCN (Zdroj: *program HydroCad a ERCN, upraveno autorem*)

Graf č. 3 ukazuje výsledky hodnot objemu přímého odtoku. Jak je z grafu vidět, tak dle předpokladu nejvyšší hodnotu dosahuje scénář č. 1 s předpokladem pěstování pouze širokořádkových plodin. Naopak nejnižší hodnoty dosahuje scénář č. 7 se zavedeným přerušovacím pásem v šíři 36 m a předpokladem pěstování pouze úzkořádkových plodin. Snížení hodnoty objemu odtoku této modelace oproti scénáři č. 1 činí 28%.



Graf č. 4: Hodnoty kulminačního průtoku při srážkovém úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let v programu HydroCad a ERCN (Zdroj: program HydroCad a ERCN, upraveno autorem)

Výsledky hodnot kulminačního průtoku znázorňuje graf č. 4. Opět největšího snížení kulminačního průtoku dosahuje scénář č. 7 se zavedeným pásem v šířce 36 m a s předpokladem pěstování pouze úzkořádkových plodin. Snížení oproti prvnímu scénáři činí 28%.



Graf. č. 5: Hodnoty doby koncentrace při srážkovém úhrnu s pravděpodobností opakování 100 let v programu HydroCad a ERCN (Zdroj: program HydroCad a ERCN, upraveno autorem)

Zavedení hodnocených protierozních opatření příznivě působí také na prodloužení doby koncentrace, což znázorňuje graf č. 5. Podle předpokladu nejkratší dobu koncentrace má scénář č. 1. Také je vidět konstantnost doby koncentrace při využití pouze úzkořádkových či pouze širokořádkových plodin, tato skutečnost je způsobena tím, že program HydroCad nedokáže zavést toto organizační opatření do modelace.

Jak je vidět tak šířka přerušovacího pásu má vliv při porovnání pásu v šíři 12 m a 24 m. Širší přerušovací pás již nemá vliv na prodloužení doby koncentrace.

Nejpříznivějšího výsledku dosahuje scénář č. 7 díky kombinaci všech hodnocených opatření.

Dosažené výsledky využitou metodou nelze rovnat s výsledky, kterých by bylo dosaženo využitím komplexnější metody, avšak přesnější metody jsou podmíněny vysokou náročností na vstupní data (jako jsou denní či hodinové údaje z klimatických stanic, průtoky v uzávěrovém profilu, velké množství údajů o fyzikálních vlastnostech půdy, infiltraci, intercesi, které je potřeba naměřit). Tuto problematiku potvrzuje (GALLAY, 2010).

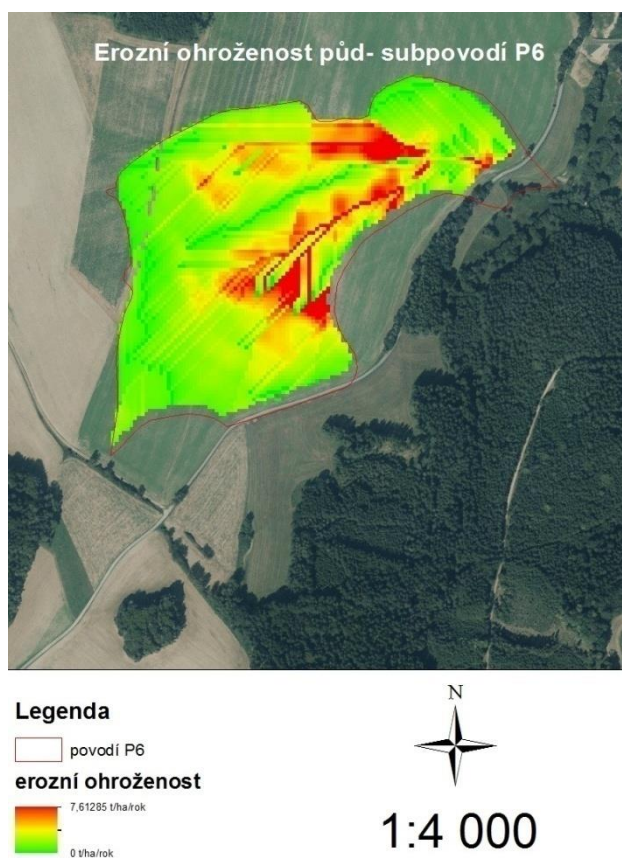
Výsledky jednotlivých hydrologických charakteristik při nižších srážkových úhrnech jsou přílohou č. 7.

## 5.2 Erozní ohroženost

### 5.2.1 Stanovení v prostředí GIS

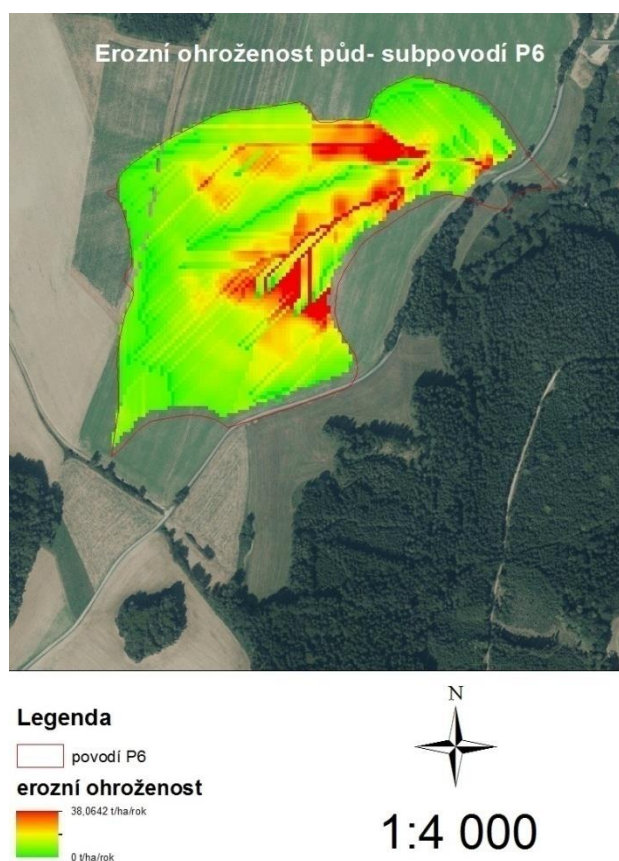
Dle uvedeného postupu v kapitole 4.2.2 Stanovení erozní ohroženosti v prostředí GIS byly vytvořeny výstupy znázorňující erozní ohroženost na modelovém subpovodí P6.

Modelovány byly tři scénáře, a to scénář s předpokladem pěstování pouze úzkořádkových plodin, scénář reálného stavu pěstovaných plodin a scénář, ve kterém jsou využity pouze širokořádkové plodiny. Obr. č. 3 ukazuje výstup modelace tohoto scénáře, maximální hodnota smyvu půdy je 7,6 t/ha/rok a průměrná hodnota smyvu činí 1,19 t/ha/rok.



Obr. č. 3: Erozní ohroženost na subpovodí P6 modelovaná v prostředí GIS (Zdroj:autor)

Při stanovení erozní ohroženosti reálného stavu pěstovaných plodin vychází maximální hodnota smyvu půdy 15,7 t/ha/rok a průměrná hodnota 1,90 t/ha/rok. Obr. č. 4 znázorňuje erozní ohroženost při modelaci s využitím pouze širokořádkových plodin. Maximální odnos půdy při tomto scénáři činí 38,1 t/ha/rok a průměrná hodnota odnosu je 5,93 t/ha/rok.



Obr. č. 4: Erozní ohroženost na subpovodí P6 modelovaná v prostředí GIS (Zdroj:autor)

Uvedené výsledky dosažené při simulaci erozní ohroženosti v prostředí GIS ukazují, že při pěstování pouze úzkořádkových plodin vychází velmi nízké hodnoty erozního smyvu. Také scénář, který předpokládá reálné využití pěstovaných plodin vychází velmi příznivě, oba tyto scénáře splňují obecný požadavek erozního smyvu 4 t/ha/rok. Pouze scénář, při kterém je využito jen širokořádkových plodin vychází vzhledem k tomuto limitu negativně.

HŮLA A KOL., (2010) dosažené výsledky podporuje a ve své publikaci uvádí, že širokořádkové plodiny (kukuřice, cukrovka a slunečnice) nedostatečně chrání

půdu před účinky přívalových dešťů a svými výsledky podporuje využití půdoochranných technologií při pěstování těchto plodin.

### 5.2.2 Stanovení pomoci rovnice MUSLE

Vybraná protierozní opatření v této práci jsou hodnocena také na základě jejich vlivu na erozní ohroženost území. Tab. č. 11 ukazuje výsledky erozní ohroženosti dle univerzální rovnice MUSLE, která využívá parametrů odtoku konkrétní srážkové události.

Jak je vidět z tabulky tak na snížení erozní ohroženosti má vliv využití úzkořádkových plodin, oproti scénáři s předpokladem pěstování pouze širokořádkových plodin je hodnota G snížena o 84%. Zavedení přerušovacího pásu snižuje hodnotu G oproti prvnímu scénáři o 48%. Rozšíření pásu o 24 m snižuje hodnotu G o 14%. Z tohoto výsledku je patrný pozitivní vliv přerušovacích pásů na snížení odnosu zeminy. Což potvrzuje svými výsledky také SOCHOREC A KNOT, (2010), který ověřoval vliv přerušovacích pásů na snížení dlouhodobé ztráty půdy pomocí rovnice USLE v katastrálním území Uherské Hradiště.

Nejpříznivějšího snížení dosahuje opět scénář č. 7, a to o 83%.

| 100 letá srážka     |               | $O_{ph}$ [m <sup>3</sup> ] | $Q_{ph}$ [m <sup>3</sup> /s] | K   | L    | S   | $C_m$ | $P_m$ | $G_m$ [t] | G [t/ha] |
|---------------------|---------------|----------------------------|------------------------------|-----|------|-----|-------|-------|-----------|----------|
| Scénář č.1<br>PŘ    | PŘ/ÚP         | 7325                       | 1,62                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,11  | 1     | 180,19    | 11,48    |
|                     | PŘ/RS         | 7627                       | 1,98                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,24  | 1     | 450,57    | 28,70    |
|                     | PŘ/ŠP         | 8249                       | 2,12                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,57  | 1     | 1161,04   | 73,95    |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ | PŘ+PZ         | 7030                       | 1,86                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,24  | 1     | 415,18    | 26,44    |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP | PŘ+PP 12 m    | 7325                       | 1,85                         | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,23  | 1     | 235,42    | 14,99    |
|                     | PŘ+PP 24 m    | 7030                       | 1,78                         | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,22  | 1     | 215,39    | 13,72    |
|                     | PŘ+PP 36 m    | 6741                       | 1,72                         | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,21  | 1     | 196,84    | 12,54    |
| Scénář č.4<br>VŘ    | VŘ/ÚP         | 6741                       | 1,80                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,11  | 1     | 182,18    | 11,60    |
|                     | VŘ/RS         | 7030                       | 1,78                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,24  | 1     | 405,40    | 25,82    |
|                     | VŘ/ŠP         | 7627                       | 1,99                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,57  | 1     | 1072,24   | 68,30    |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ | VŘ+PZ/ÚP      | 6459                       | 1,73                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,11  | 1     | 174,23    | 11,10    |
|                     | VŘ+PZ/ŠP      | 7325                       | 1,93                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,24  | 1     | 433,17    | 27,59    |
|                     | VŘ+PP 12 m/ÚP | 6459                       | 1,66                         | 0,3 | 5,83 | 0,4 | 0,57  | 1     | 882,79    | 56,23    |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP | VŘ+PP 24 m/ÚP | 6459                       | 1,66                         | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,11  | 1     | 98,60     | 6,28     |

|                                |                  |      |      |     |      |     |      |   |        |       |
|--------------------------------|------------------|------|------|-----|------|-----|------|---|--------|-------|
|                                | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 6182 | 1,60 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,1  | 1 | 85,61  | 5,45  |
|                                | VŘ+PP 12 m/RS    | 6741 | 1,66 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,09 | 1 | 82,74  | 5,27  |
|                                | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 7325 | 1,85 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,23 | 1 | 235,33 | 14,99 |
|                                | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 7030 | 1,78 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,55 | 1 | 538,47 | 34,30 |
|                                | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 6741 | 1,72 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,56 | 1 | 524,91 | 33,43 |
| <b>Scénář č.7<br/>VŘ+PZ+PP</b> | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 6182 | 1,60 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,57 | 1 | 488,81 | 31,13 |
|                                | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 6182 | 1,60 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,11 | 1 | 94,18  | 6,00  |
|                                | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 5912 | 1,53 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,1  | 1 | 81,67  | 5,20  |
|                                | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 6459 | 1,66 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,23 | 1 | 206,52 | 13,15 |
|                                | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 7030 | 1,79 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,55 | 1 | 539,37 | 34,35 |
|                                | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 6741 | 1,72 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,56 | 1 | 524,91 | 33,43 |
|                                | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 6741 | 1,72 | 0,3 | 3,38 | 0,4 | 0,57 | 1 | 534,28 | 34,03 |

Tab. č. 11: Výsledky erozní ohroženosti vypočtené pomocí rovnice MUSLE s použitým srážkovým úhrnem s pravděpodobností opakování 100 let (*Zdroj: autor*)

Faktor P je oceněn hodnotou 1, protože vliv zavedených protierozních opatření je již aplikován v hodnotách objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku.

Výsledky erozní ohroženosti zájmového území při nižších srážkových úhrnech jsou přílohou č. 9.

Výsledky jsou oproti reálným možným odnosům velmi vysoké z důvodu modelace s nejnižším možným srážkovým úhrnem s pravděpodobností opakování 2 roky, který činí 39,7 mm. Avšak průměrné denní srážkové úhrny se v zájmovém území pohybují okolo 4 mm.



## 6 ZÁVĚR

Problematice vodní eroze se věnuje mnoho autorů nejen v České republice mnoho autorů, má práce teoreticky obsahuje popis srážko-odtokového procesu, eroze a také standardů GAEC.

Prakticky je v práci hodnocena účinnost protierozních opatření obsažených v GAEC II (dnes DZES 5). Konkrétně technologie přerušovacích pásů, vrstevnicového řádkování, ponechání posklizňových zbytků na povrchu půdy a kombinace jednotlivých opatření.

Dosažené výsledky ukazují pozitivní vliv hodnocených protierozních opatření jak z hlediska snížení povrchového odtoku, tak z hlediska erozní ohroženosti půdního fondu. Nejlepšího výsledku z obou uvedených hledisek dosáhl podle očekávání scénář č. 7, který kombinuje všechna hodnocená opatření. Avšak *VOPRAVIL A KOL., (2013)* oponuje ve své práci tím, že hmatatelných výsledků vlivu půdoochranných technologií na snížení míry eroze lze dosáhnout pouze polními měřeními a dlouhodobým monitorováním zemědělských ploch.

V porovnání jednotlivých opatření, zavedených samostatně, z hlediska snížení povrchového odtoku vychází scénář s ponecháním posklizňových zbytků, scénář se zavedeným pásem v šířce 24 m a scénář s vrstevnicovým řádkováním naprosto srovnatelně. U scénáře se zavedeným přerušovacím pásem v šířce 36 m dochází vyššímu snížení jak objemu přímého odtoku, tak kulminačního průtoku.

Z hlediska erozní ohroženosti vychází ze srovnání jednotlivých opatření zavedených samostatně nejlépe scénář se zavedeným přerušovacím pásem v šířce 36 m. Scénář s ponecháním posklizňových zbytků a scénář s vrstevnicovým řádkováním vychází srovnatelně.

Využitá metoda SCS-CN použitá v této diplomové práci je velmi vhodná z hlediska účelnosti této práce. Avšak využívá mnohá zjednodušení, proto byly využity dva programy pro porovnání dosažených výsledků. Relativní přesnost hydrologických modelů a s tím související přesnost výsledků přesahuje rámec této diplomové práce.

Vzhledem ke stálému zhoršování negativních důsledků vodní eroze na půdní fond, je využití hydrologických modelů za účelem hodnocení realizovatelných protierozních opatření aktuální otázkou.

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

|      |  |
|------|--|
| BPEJ | Bonitovaná půdně ekologická jednotka           |
| CC   | Cross Compliance (tzv. křížový soulad)         |
| DPZ  | Dálkový průzkum Země                           |
| DZES | Dobry zemědělský a environmentální stav        |
| EU   | Evropská unie                                  |
| GAEC | Good agricultural and environmental conditions |
| GIS  | Geografický informační systém                  |
| HPV  | Hladina podzemní vody                          |
| HSP  | Hydrologická skupina půdy                      |
| IPS  | Index předchozích srážek                       |
| LOS  | Luskoobilná směs                               |
| LPIS | Veřejný registr půdy                           |
| MEO  | Mírně erozně ohrožená půda                     |

|               |  |
|---------------|--|
| MUSLE         | Modifikovaná<br>univerzální rovnice<br>ztráty půdy |
| MZE           | Ministerstvo zemědělství                           |
| PPH           | Povinné požadavky na<br>hospodaření                |
| SCS-CN        | Soil conservation<br>service-Curve number          |
| SEO           | Silně erozně ohrožená<br>půda                      |
| SMR           | Zákonné požadavky na<br>hospodaření                |
| SPS           | Single Payment Scheme                              |
| SZIF          | Státní zemědělská<br>intervenční fond              |
| S-O           | Srážko-odtokový                                    |
| USLE          | Univerzální rovnice<br>ztráty půdy                 |
| VÚMOP, v.v.i. | Výzkumný ústav<br>meliorací a ochrany půdy         |

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] BERAN, J. *Základy vodního hospodářství*. Vyd. 2. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2009. ISBN 978-80-213-1875-5.
- [2] BLANCO, H., LAL, R. *Principles of soil conservation and management*. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2008, 601 s.
- [3] BLAŽEK, V. *Voda v České republice*. Praha: Pro ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006, 253 s. ISBN 80-903-4821-1.
- [4] BUMERL, M. *Hydrologie*. Učební text, Veselí nad Lužnicí, 2003, 56 s.
- [5] CABLÍK, J., JŮVA, K. *Protierozní ochrana půdy*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963, 324 s.
- [6] CONNOLLY R. D., CIESIOLKA C. A. A., SILBURN D. M., CAROLL C. *Distributed parameter hydrology model (Answers) applied to a range of catchment scales using rainfall simulator data*. IV Evaluating pasture catchment hydrology. *Journal of Hydroogy* č. 201, 1997, s. 311-328.
- [7] ČSN 736530. *Vodní hospodářství. Názvosloví hydrologie*. 1983.
- [8] DAÑHELKA, J., KREJČÍ, J., ŠÁLEK, M., ŠERCL, P., ZEZULÁK, J. *Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území ČR*. Praha: ČZU, 2003, 214 s.
- [9] DAÑHELKA, J. *Operativní hydrologie: hydrologické modely a nejistota předpovědí*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007, 104 s.
- [10] DOLEŽAL, F., ČMELÍK, M., KULHAVÝ, Z., KVÍTEK, T., PILNÁ, E., SOUKUP, M., TIPPL, M., 2002: *Základní charakteristika pokusných povodí*. In: F. Doležal (ed.): *Pokusná zemědělsko-lesní povodí VÚMOP ve středočeském*

*krystaliniku. Srovnání základních souborů dat.* Sborník z workshopu, Nové Hrady, 16. října 2001. Praha: VÚMOP Praha., 2002, s. 5-12

[11] DUB, O, NĚMEC, J. *Hydrologie: Technický průvodce 34.* Praha: SNTL, 1969, 378 s.

[12] DÝROVÁ, E., SOUKALOVÁ, E. *Ochrana a organizace povodí.* Brno: VUT, 1978, 285 s.

[13] GALLAY, I. *Využitie modelovania povrchového odtoku pri hodnotení zraniteľnosti krajiny vo vzťahu k vybraným prírodným hrozbám.* Geographical Journal, 2010, roč. 2, č. 62, s. 109-125.

[14] HEJDUK, S, KASPRZAK, K. *Advantage and Risks of Grassland Stands from the Viewpoint of Flood Occurrence.* Brno: Mendelova univerzita In: *Proceedings of EGF General meeting, 'Grassland Sciences in Europe, Vol. 9, Lucern, 2004.* s. 228 – 230.

[15] HEJLOVÁ, V, V PECHANEC a J MIŘIJOVSKÝ. *Monitoring a modelování povrchového odtoku s využitím GIS.* In: GIS Ostrava 2013, Olomouc:Univerzita Palackého, 2013, 11 s.

[16] HLAVÁČKOVÁ, V ., *Eroze půdy a protierozní ochrana půdy.* Sborník z workshopu. Praha: Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s., 2011, 51 s.

[17] HOLÝ, M. *Protierozní ochrana.* Praha: SNTL- Nakladatelství technické literatury, 1978, 269 s.

[18] HOLÝ, M. *Eroze a životní prostředí.* Praha: ČVUT, 1994, 383 s.

[19] HRÁDEK, F, KUŘÍK, P. *Hydrologie.* Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická fakulta ve vydavatelství Credit, 2003. ISBN 80-213-0950-4.

- [20] HŮLA, J, KOVAŘÍČEK, P, KROULÍK, M. *Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin*. Listy cukrovarnické a řepařské, 2010, č. 1, s 22-26.
- [21] HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV. *Atlas podnebí Československé republiky*. Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1958.
- [22] IREAS. *Cross Compliance a jeho pozice v systému Společné zemědělské politiky EU*. 2005, 34 s.
- [23] JANDORA, J, STARA, V, STARÝ, M. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 2002, 186 s. ISBN 80-214-2204-1.
- [24] JANEČEK, M, PASÁK, V, BOHUSLÁVEK, J, SOKOLOVÁ, I, TOMAN, F, FUXA, Z, ŠVEHLA, F. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe*. 1. vyd. Praha: UVTIZ, 1992, 110 s.
- [25] JANEČEK, M., PASÁK, V., TIPPL, M., PIVCOVÁ, J., VÁŠKA, J., TOMAN, F. *Nové směry vprotierozní ochraně půdy: Studijní zpráva*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998, 55 s.
- [26] JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2007, 76 s.
- [27] JANEČEK, M, KOVÁŘ, P. *Aktuálnost "Metody čísel odtokových křivek-CN" k určování Přímého odtoku z malého povodí*. Vodní hospodářství, 2010, roč. 7, č. 60, s. 187-190
- [28] JANEČEK, M. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika*. Praha: ČZU, 2012, 113 s.
- [29] JENÍČEK, M. *Možnosti využití srážko-odtokových modelů na malých a středně velkých povodích*, 2005. In Langhammer, J. *Vliv změn přírodního prostředí povodí a údolní nivy na povodňové riziko*. Praha: PřF UK, s. 112-126.

- [30] JENÍČEK, M. *Modelování vlivu krajinného pokryvu na srážko-odtokové procesy metodou CN křivek*, 2007. In LANGHAMMER, J. *Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině 5.6.2007*. Praha, PřF UK. s. 41-50. ISBN 978-80-86561-87-5.
- [31] JENÍČEK, M. *Klasifikace hydrologických modelů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2012, online: <http://hydro.natur.cuni.cz/jenicek/download.php?akce=dokumenty&cislo=7>, cit. 14.11.2012.
- [32] JÚVA, K., HRABAL, A., TLAPÁK, V. *Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1977, 177 s.
- [33] KEMEL, M. *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996, 289 s. ISBN 80-010-1456-8.
- [34] KLIMENT, Z. *Lineární eroze povodí Manětínského potoka; Geomorfologický sborník, č. 2, 2003, 95-106 s.*,
- [35] KOSTELANSKÝ, F, a KOL. *Obecná produkce rostlinná*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997, 212 s.
- [36] KOVÁŘ, P. *Využití hydrologických modelů pro určování maximálních průtoků na malých povodích*. Praha: ČZU, 2000, 136 s.
- [37] KOVÁŘ, P, JANEČEK, M, HRABALÍKOVÁ, M. *Soubor účelových map k Metodice stanovení vybraných faktorů tvorby povrchového odtoku v podmínkách malých povodí: Případová studie*. Praha: ČZU, 2013, 21 s.
- [38] KREŠL, J, SEREDA, O. *Inženýrské stavby lesnické a protierozní ochrana půdy*. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1989, 254 s.
- [39] KREŠL, J. *Hydrologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 125 s.

- [40] KVÍTEK, T., TIPPL, M. *Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003, 47 s.
- [41] MÁČA P. *Jednotkový hydrogram*. Praha: ČZU, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i., 2010, 104 s.
- [42] MOCKUS, V. *National engineering handbook. Section 4, Hydrology*, 1972.
- [43] MORAVCOVÁ, J., A KOL. *Vliv zemědělského využití území na jakost vody*. Litera Skripta. České Budějovice: VŠTE, 2008, roč. 1, č. 2, s. 149.
- [44] MORGAN, R. *Soil erosion and conservation*. Malden: Blackwell Pub., 2005, 304 s.
- [45] MRKVIČKA, J. *Pastvinářství*. Praha: ČZU, 1998, 81 s.
- [46] MZE. *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011b, 56 s. Dostupné z: [http://www.kis-vysocina.cz/UserFiles/File/Prirucka\\_ochrany\\_proti\\_vodni\\_erozi\[1\].pdf](http://www.kis-vysocina.cz/UserFiles/File/Prirucka_ochrany_proti_vodni_erozi[1].pdf)
- [47] MZE. *Příručka ochrany proti vodní erozi: Aktualizované znění leden 2014*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014, 73 s. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE\\_prirucka\\_vodni\\_eroze.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_vodni_eroze.pdf)
- [48] MZE. *Textový podklad pro příručku Průvodce zemědělce Kontrolou podmíněnosti platný pro rok 2015* [online]. 2014 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/365514/IV\\_Prirucka\\_CC\\_vlastni\\_material\\_web.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/365514/IV_Prirucka_CC_vlastni_material_web.pdf)
- [49] MZE. *Aktuální znění standardu GAEC 2 od 1.1.2013*. In: *Www.eagri.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-pudy/eroze-pudy/aktualni-zneni-standardu-gaec-2-od-1-1.html>



[50] PASÁK, V, JANEČEK, M, ŠABATA, M, DÝROVÁ, E, HEJL, R, ŠVEHLA, F, TINTĚRA, J, ASINGR, J, ŠROT, R. *Ochrana půdy před erozí*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984, 158 s.

[51] PODHRÁZSKÁ, J, UHLÍŘOVÁ, J. Možnosti stanovení účinnosti ochrany před povodněmi retencí krajiny: Výstup etapy 06 výzkumného záměru. Praha: VÚMOP, 2005, 29 s.

[52] PODHRÁZSKÁ, J. Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku: Metodický návod. Praha: VÚMOP, 2009, 96 s.

[53] QUITT, E. *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Československá akademie věd, 1971, 73 s.

[54] RAWLS, W. J.: Infiltration Properties. *Encyclopedia of Soil Science*, 2002, s. 689 – 692.

[55] ROŽNOVSKÝ, J. *Voda, půda a rostliny*: sborník abstraktů a CD s příspěvky z mezinárodní konference : Křtiny 29.6.-30.6.2013. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, 2013, 47 s. ISBN 978-808-7577-172.

[56] SCS. *Urban hydrology for small watersheds*: Technical release 55. 1986.

[57] SLAVÍK, L. *Biotechnické úpravy v krajině*. Vyd. 1. V Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2000. ISBN 80-7044-310-3.

[58] SOCHOREC, M, KNOT, P. *The plan of antierosion measures in the area of Uherské Hradiště*. Brno: Mendelova univerzita, 2010, 7 s.

[59] SOUKUP, M., HRÁDEK, F. Optimální regulace povrchového odtoku z povodí. Praha: VÚMOP, 1999, 98 s.

- [60] SKLENIČKA, P. *Základy krajinného plánování*. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. 321 s. ISBN 80-903206-1-9.
- [61] ST ARÝ, M. *Hydrologie*. Učební text, Praha: Vysoké učení technické v Brně, Stavební fakulta, 2005, 213 s.
- [62] ŠARAPATKA, B. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut, 2010. 440 s. ISBN 978-80-87371-10-7.
- [63] ŠARAPATKA, B. *Vybrané kapitoly z pedologie a ochrany půdy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. 91 s. Skripta. ISBN 978-80-244-3476-6.
- [64] URBAN, F, PÁCL, J. *Přírodě blízká protipovodňová opatření a protipovodňová opatření v pramenné části povodí Hovorčovického potoka: ČÁST A Studie odtokových poměrů v zastavěném území obce Hovorčovice*. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s., 2011, 70 s.
- [65] VÁŇA, M., HOLOUBEK, I. *Quality of the natural environment in the Czech Republic at the regional level: results of the Košetice Observatory*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2001, 189 s.
- [66] VÁŇOVÁ, V, KRISTENOVÁ, H. *Analýzy erozních událostí v rámci monitoringu eroze zemědělské půdy*. Ostrava: VÚMOP, v.v.i., 2013, 8 s.
- [67] VOPRAVIL, J, KHEL, T, KULÍŘOVÁ, P, HAVELKOVÁ, L.. *Nové metody hodnocení vodní eroze na VÚMOP, v.v.i.* Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2013, 7 s.
- [68] VOPRAVIL, J, KHEL, T, VRABCOVÁ, T, HA VELKOVÁ, L, PROCHÁZKOVÁ, E, NOVOTNÝ, I, NOVÁK, P, FUČÍK, P, DUFFKOVÁ, R, JACKO, K, TYLOVÁ, J, HODEK, T. *Vliv činnosti člověka na krajinu českého venkova s důrazem na vodní režim a zadržování vody v krajině*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010, 75 s.

[69] VÚMOP. Voda v krajině: Nové technologie v ochraně půdy před vodní erozí. Praha: Mze, 1995, 52 s.

[70] VÚMOP. *Erozní ohroženost půd ČR vodní erozí ve vztahu ke koncepci DZES*. In: *Www.sowac-gis.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://geoportal.vumop.cz/index.php?projekt=vodni&s=popis>

[71] WINPENNY, J. *Values for the Environment*. Londýn: Overseas Development Institute, 1991, 277 s.

[72] WISCHMEIER, W, SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537, 1978, 58 s.

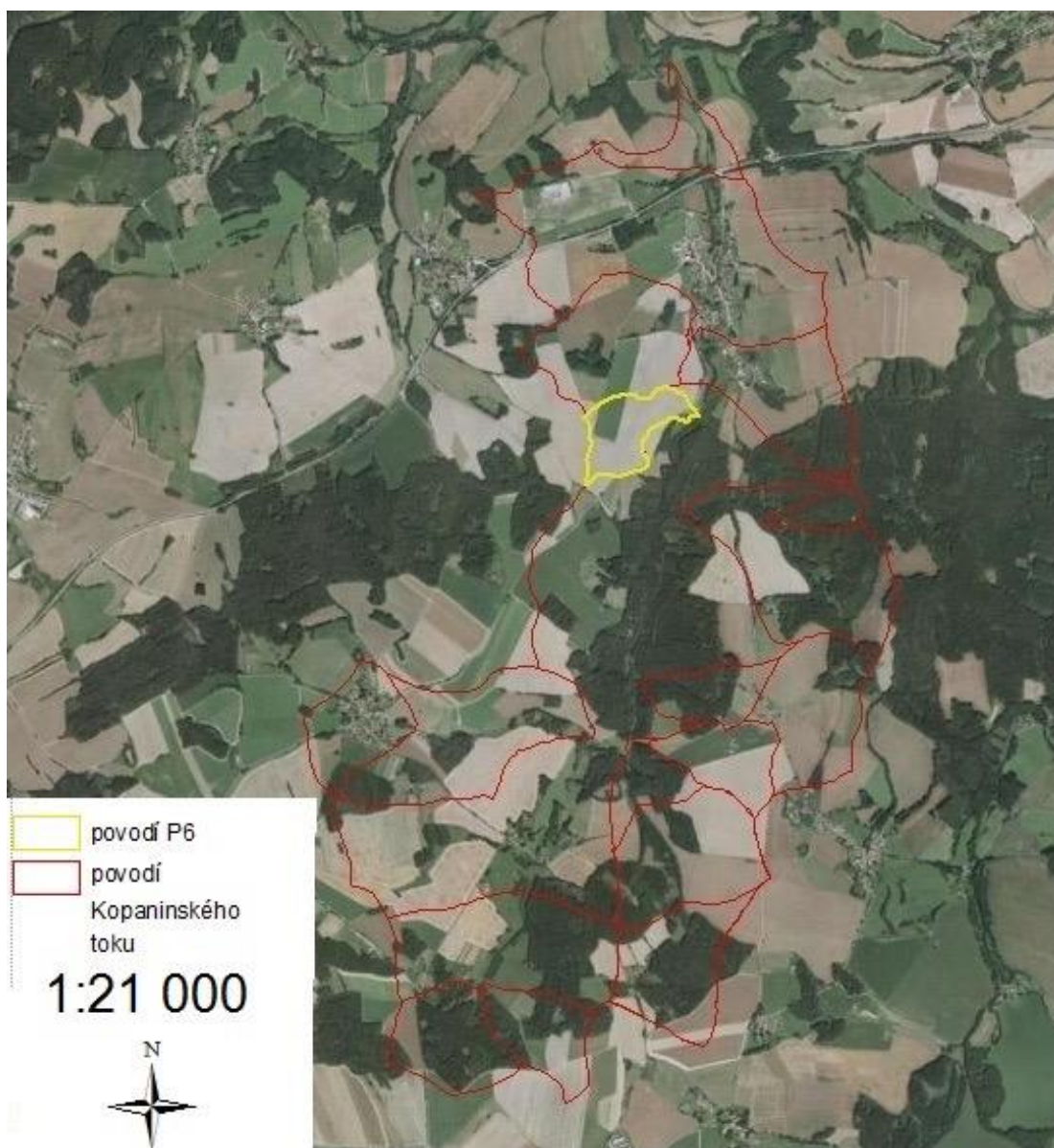
[73] WMO. *Guide to hydrological Practices*. Geneva: WMO, 1994, *WMO Publ. No. 168* In: DAŇHELKA, J., KREJČÍ, J., ŠÁLEK, M., ŠERCL, P., ZEŽULÁK, J. *Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území ČR*. Praha: ČZU, 2003, 214 s.

[74] ZEMAN, E. *Hydroinformatika a hydrologické modely*: Habilitační práce. Praha: ČVUT, 1994, 90 s.

## 9 PŘÍLOHOVÁ ČÁST

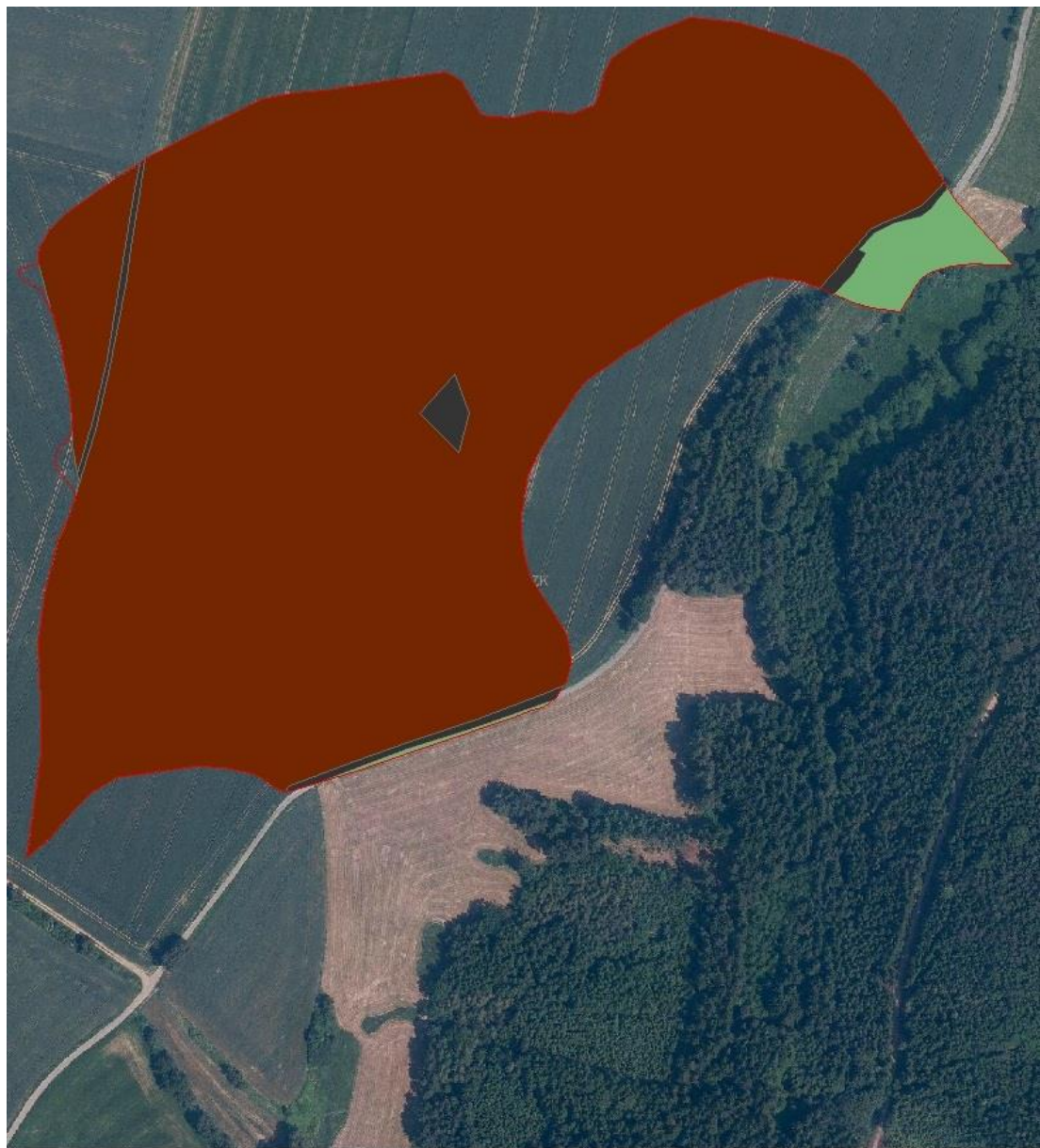
### 9.1 Příloha č.1

#### Povodí Kopaninského toku







## 9.2 Příloha č.2

### Landuse subpovodí P6



#### LAND USE

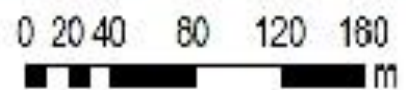
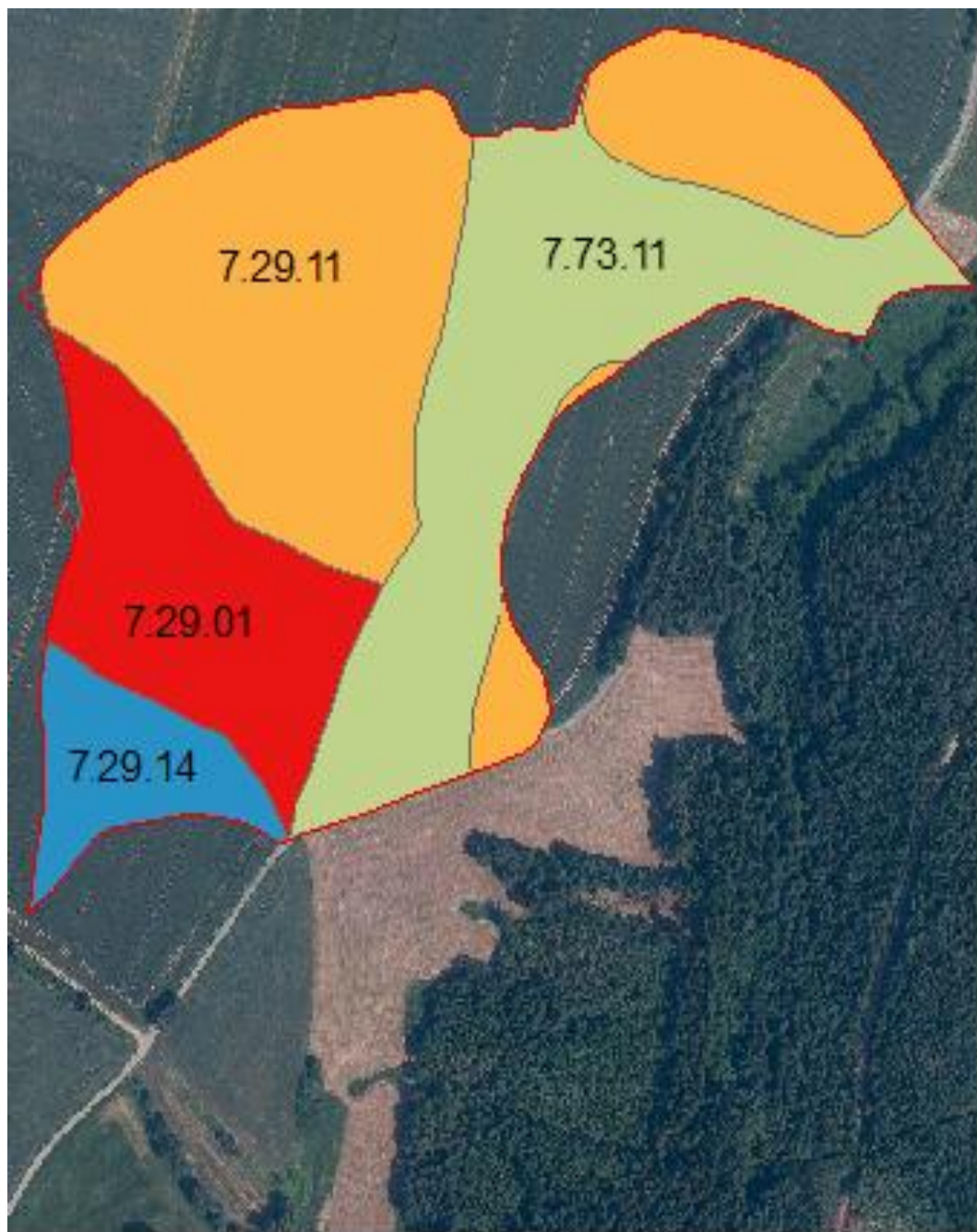
-  povodí P6
-  orná půda (15 ha)
-  TTP (0,4 ha)
-  Ostatní plocha (0,3 ha)

0 20 40 80 120 160  
m



### 9.3 Příloha č.3

#### Přehled bonitovaných půdně ekologických jednotek subpovodí P6



#### Legenda

 povodi\_p6



## 9.4 Příloha č.4

Průměrná čísla CN křivek pro zemědělské pozemky (Zdroj: HOLÝ, 1994)

| Využití půdy                            | Způsob<br>obdělávání | Hydrologické<br>podmínky | Čísla odtokových křivek – CN<br>podle hydrologických skupin půd |    |    |    |
|---|----------------------|--------------------------|---|----|----|----|
|   |                      |                          | A   | B  | C  | D  |
| Úhor                                    | Čerstvě zkyplený     |                          | 77  | 86 | 91 | 94 |
|   | Pz                   | Šp                       | 76  | 85 | 90 | 93 |
|   | Pz                   | Dp                       | 74  | 83 | 88 | 90 |
| Širokořádkové<br>plodiny<br>(okopaniny) | Př                   | Šp                       | 72  | 81 | 88 | 91 |
|   | Př                   | Db                       | 67  | 78 | 85 | 89 |
|   | Př + Pz              | Šp                       | 71  | 80 | 87 | 90 |
|   | Př + Pz              | Db                       | 64  | 75 | 82 | 85 |
|   | Vř                   | Šp                       | 70  | 79 | 84 | 88 |
|   | Vř                   | Db                       | 65  | 75 | 82 | 86 |
|   | Vř + Pz              | Šp                       | 69  | 78 | 83 | 87 |
|   | Vř + Pz              | Dp                       | 64  | 74 | 81 | 85 |
|   | Vř + Pr              | Sp                       | 66  | 74 | 80 | 82 |
|   | Vř + Pr              | Db                       | 62  | 71 | 78 | 81 |
|   | Vř + Pr + Pz         | Šp                       | 65  | 73 | 79 | 81 |
|   | Vř + Pr + Pz         | Db                       | 61  | 70 | 77 | 80 |
| Uzkořádkové<br>plodiny<br>(obilniny)    | Př                   | Šp                       | 65  | 76 | 84 | 88 |
|   | Př                   | Db                       | 63  | 75 | 83 | 87 |
|   | Př + Pz              | Šp                       | 64  | 75 | 83 | 86 |
|   | Př + Pz              | Db                       | 60  | 72 | 80 | 84 |
|   | Vř                   | Šp                       | 63  | 74 | 82 | 85 |
|   | Vř                   | Db                       | 61  | 73 | 81 | 84 |
|   | Vř + Pz              | Šp                       | 62  | 73 | 81 | 84 |
|   | Vř + Pz              | Db                       | 60  | 72 | 80 | 83 |
|   | Vř + Pr              | Sp                       | 61  | 72 | 79 | 82 |
|   | Vř + Pr              | Db                       | 59  | 70 | 78 | 81 |
|   | Vř + Pr + Pz         | Šp                       | 60  | 71 | 78 | 81 |
|   | Vř + Pr + Pz         | Db                       | 58  | 69 | 77 | 80 |
| Víceleté                                | Př                   | Šp                       | 66  | 77 | 85 | 89 |

|                                     |                       |     |    |    |    |    |
|-------------------------------------|-----------------------|-----|----|----|----|----|
| pácniny,<br>haššéniny               | Př                    | Db  | 58 | 72 | 81 | 85 |
|                                     | Vř                    | Šp  | 64 | 75 | 83 | 85 |
|                                     | Vř                    | Db  | 55 | 69 | 78 | 83 |
|                                     | Vř + Pz               | Šp  | 63 | 73 | 80 | 83 |
|                                     | Vř + Pz               | Db  | 51 | 67 | 76 | 80 |
| Pastviny<br>s pokryvem              | < 50 %                | -   | 68 | 79 | 86 | 89 |
|                                     | 50 – 75 %             | -   | 49 | 69 | 79 | 84 |
|                                     | > 75 %                | -   | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Louky                               | Sklizené              | -   | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Křoviny<br>s pokryvem               | < 50 %                | -   | 48 | 67 | 77 | 83 |
|                                     | 50 – 75 %             | -   | 35 | 56 | 70 | 77 |
|                                     | > 75 %                | -   | 30 | 48 | 65 | 73 |
| Sady se<br>zatravněným<br>mezičasím |                       | Šp  | 57 | 73 | 82 |    |
|                                     |                       | Sř. | 43 | 65 | 76 | 82 |
|                                     |                       | Db  | 32 | 58 | 72 | 79 |
| Lesy                                |                       | Šp  | 45 | 66 | 77 | 83 |
|                                     |                       | Sř. | 36 | 60 | 73 | 79 |
|                                     |                       | Db  | 30 | 55 | 70 | 77 |
| Zemědělské<br>dvory                 |                       | -   | 59 | 74 | 82 | 86 |
| Komunikace<br>s příkopy             | Dlažděné, živичné,    |     | 83 | 89 | 92 | 93 |
|                                     | makadamové, šterkové, |     | 76 | 85 | 89 | 91 |
|                                     | nezpevněné, hliněné   |     | 72 | 82 | 87 | 89 |
| Nepropustné plochy                  |                       |     | 98 | 98 | 98 | 98 |

Pozn.:

Pz – posklizňové zbytky nejméně na 5 % povrchu po celý rok

Př – přímé řádky vedené bez ohledu na sklon pozemku, tedy i po spádnicí

Vř – vrstevnicové řádky vedené přesně ve směru vrstevnic – konturově

Pr – pásově pěstované plodiny a příčně průlehované pozemky

Šp – špatné hydrologické podmínky omezující infiltraci vody do půdy a zvyšující odtok

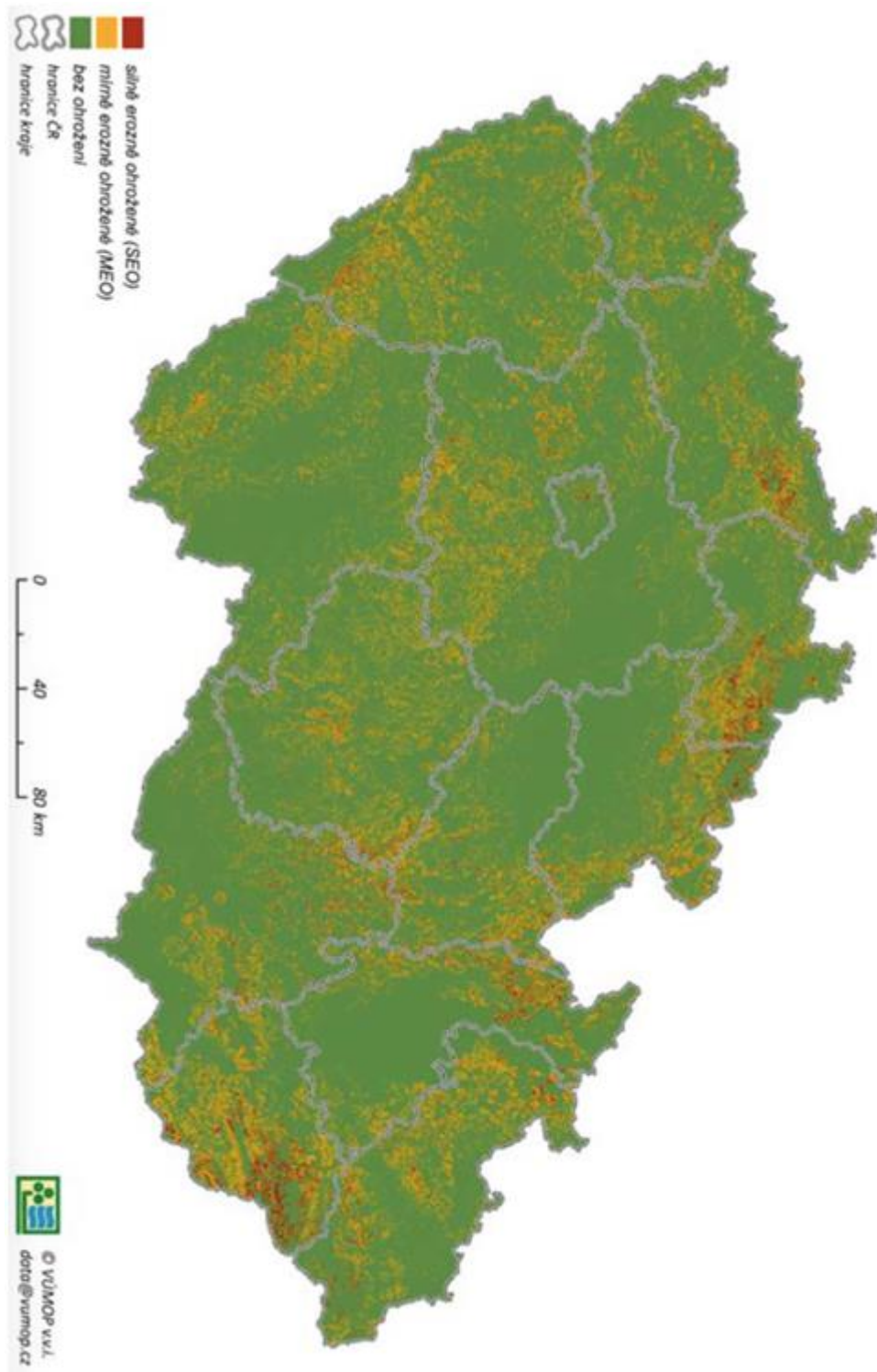
Dp – dobré hydrologické podmínky zvyšující infiltraci a snižující odtok

Sř – střední hydrologické podmínky



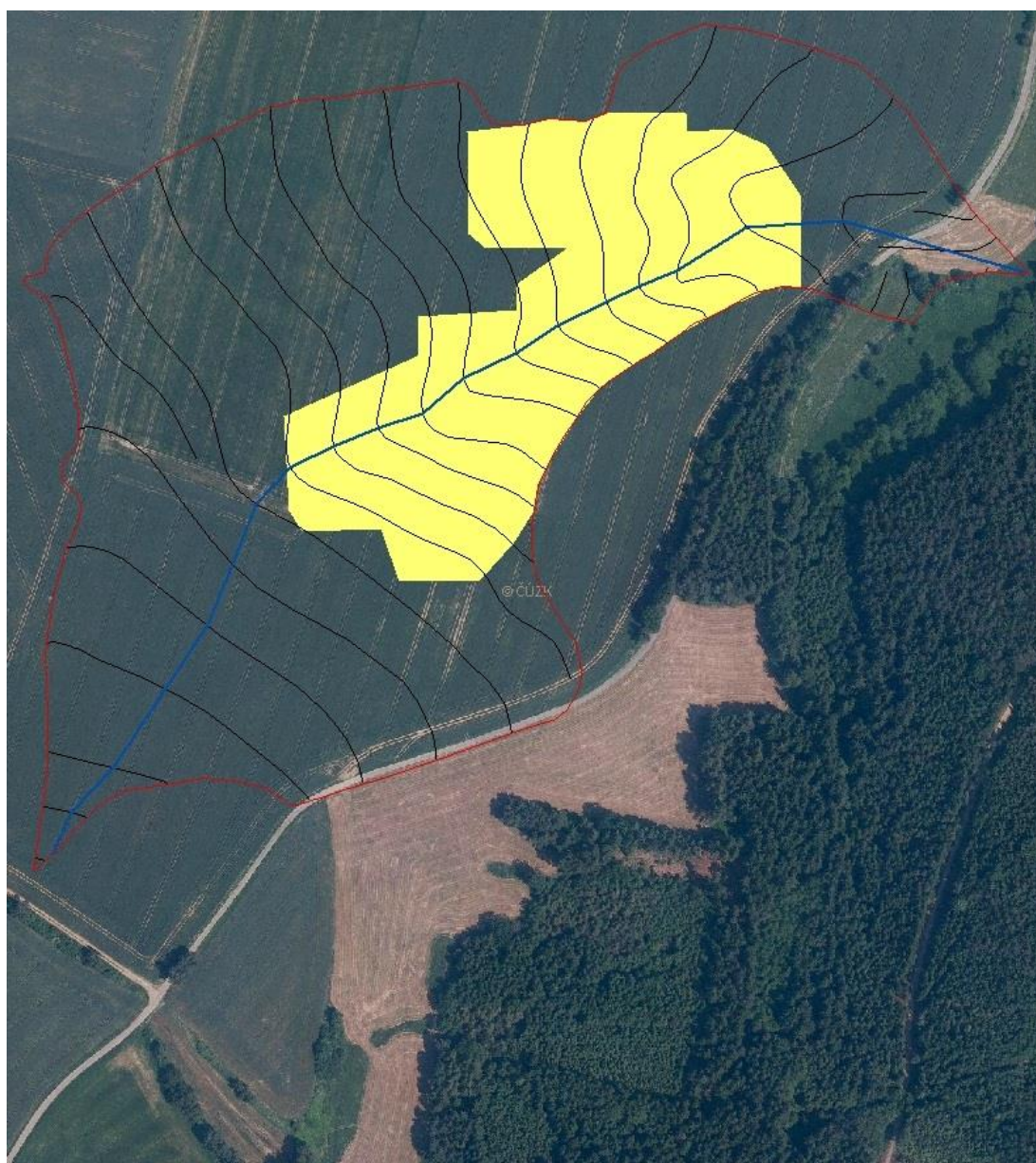
## 9.5 Příloha č.5

Vrstva erozní ohroženosti v rámci GAEC II (Zdroj: MZE, 2014)







## 9.6 Příloha č. 6

### Subpovodí P6 s vyznačenou plochou mírně erozně ohroženou dle GAEC



#### Legenda

-  povodí P6
-  odtoková linie
-  vrstevnice
-  plocha mírně erozně ohrožená (4,3 ha)

0 20 40 80 120 160  
m



## 9.7 Příloha č. 7

### Výsledky hydrologických charakteristik

#### Program HydroCad (srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 50 let)

| HydroCad 50            |                  | Přímý odtok [mm] | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | T <sub>c</sub> [min] |
|------------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 39               | 6103                              | 1,62                                | 29,1                 |
|                        | PŘ/RS            | 41               | 6379                              | 1,68                                | 29,1                 |
|                        | PŘ/ŠP            | 44               | 6953                              | 1,81                                | 29,1                 |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 37               | 5833                              | 1,56                                | 30,0                 |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 39               | 6103                              | 1,56                                | 30,9                 |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 37               | 5833                              | 1,50                                | 31,1                 |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 35               | 5570                              | 1,44                                | 31,1                 |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 35               | 5570                              | 1,44                                | 31,1                 |
|                        | VŘ/RS            | 37               | 5833                              | 1,50                                | 31,1                 |
|                        | VŘ/ŠP            | 41               | 6379                              | 1,69                                | 31,1                 |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 34               | 5314                              | 1,38                                | 30,5                 |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 39               | 6103                              | 1,62                                | 30,5                 |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 34               | 5314                              | 1,38                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 34               | 5314                              | 1,38                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 32               | 5064                              | 1,32                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 35               | 5570                              | 1,39                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 39               | 6103                              | 1,56                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 37               | 5833                              | 1,50                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 35               | 5570                              | 1,44                                | 33,0                 |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 32               | 5064                              | 1,32                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 32               | 5064                              | 1,32                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 31               | 4821                              | 1,26                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 34               | 5314                              | 1,38                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 37               | 5833                              | 1,50                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 35               | 5570                              | 1,44                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 35               | 5570                              | 1,44                                | 33,9                 |

## Program HydroCad (srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 20 let)

| HydroCad 20            |          | Přímý odtok [mm] | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | T <sub>c</sub> [min] |      |
|------------------------|----------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|------|
| Scénář č.1             | PŘ       | PŘ/ÚP            | 29                                | 4591                                | 1,24                 | 29,1 |
|                        |          | PŘ/RS            | 31                                | 4831                                | 1,29                 | 29,1 |
|                        |          | PŘ/ŠP            | 34                                | 5335                                | 1,42                 | 29,1 |
| Scénář č.2             | PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 28                                | 4358                                | 1,86                 | 30,0 |
| Scénář č.3             | PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 29                                | 4591                                | 1,19                 | 30,9 |
|                        |          | PŘ+PP 24 m       | 28                                | 4358                                | 1,14                 | 31,1 |
|                        |          | PŘ+PP 36 m       | 26                                | 4133                                | 1,08                 | 31,1 |
| Scénář č.4             | VŘ       | VŘ/ÚP            | 26                                | 4133                                | 1,13                 | 31,1 |
|                        |          | VŘ/RS            | 28                                | 4358                                | 1,14                 | 31,1 |
|                        |          | VŘ/ŠP            | 31                                | 4831                                | 1,30                 | 31,1 |
| Scénář č.5             | VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 25                                | 3914                                | 1,07                 | 30,5 |
|                        |          | VŘ+PZ/ŠP         | 29                                | 4591                                | 1,24                 | 30,5 |
| Scénář č.6             | VŘ+PP    | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 25                                | 3914                                | 1,03                 | 32,7 |
|                        |          | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 25                                | 3914                                | 1,03                 | 33,0 |
|                        |          | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 24                                | 3702                                | 0,98                 | 33,0 |
|                        |          | VŘ+PP 12 m/RS    | 26                                | 4133                                | 1,05                 | 32,7 |
|                        |          | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 29                                | 4591                                | 1,19                 | 32,7 |
|                        |          | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 28                                | 4358                                | 1,14                 | 33,0 |
|                        |          | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 26                                | 4133                                | 1,08                 | 33,0 |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 24                                | 3702                                | 0,98                 | 33,7 |
|                        |          | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 24                                | 3702                                | 0,98                 | 33,9 |
|                        |          | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 22                                | 3496                                | 0,93                 | 33,9 |
|                        |          | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 25                                | 3914                                | 1,03                 | 33,7 |
|                        |          | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 28                                | 4358                                | 1,14                 | 33,7 |
|                        |          | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 26                                | 4133                                | 1,08                 | 33,9 |
|                        |          | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 26                                | 4133                                | 1,08                 | 33,9 |

## Program HydroCad (srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 10 let)

| HydroCad 10            |                  | Přímý odtok<br>[mm] | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | T <sub>c</sub> [min] |
|------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 22                  | 3399                              | 0,93                                | 29,1                 |
|                        | PŘ/RS            | 23                  | 3605                              | 0,98                                | 29,1                 |
|                        | PŘ/ŠP            | 26                  | 4040                              | 1,09                                | 29,1                 |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 20                  | 3201                              | 0,88                                | 30,0                 |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 22                  | 3399                              | 0,90                                | 30,9                 |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 20                  | 3201                              | 0,85                                | 31,1                 |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 19                  | 3010                              | 0,80                                | 31,1                 |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 19                  | 3010                              | 0,83                                | 31,1                 |
|                        | VŘ/RS            | 20                  | 3201                              | 0,85                                | 31,1                 |
|                        | VŘ/ŠP            | 23                  | 3605                              | 0,98                                | 31,1                 |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 18                  | 2826                              | 0,78                                | 30,5                 |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 22                  | 3399                              | 0,93                                | 30,5                 |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 18                  | 2826                              | 0,75                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 18                  | 2826                              | 0,75                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 17                  | 2649                              | 0,71                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 19                  | 3010                              | 0,77                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 22                  | 3399                              | 0,90                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 20                  | 3201                              | 0,85                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 19                  | 3010                              | 0,80                                | 33,0                 |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 17                  | 2649                              | 0,71                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 17                  | 2649                              | 0,71                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 16                  | 2479                              | 0,66                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 18                  | 2826                              | 0,75                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 20                  | 3201                              | 0,85                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 19                  | 3010                              | 0,80                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 19                  | 3010                              | 0,80                                | 33,9                 |

## Program HydroCad (srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 2 roky)

| HydroCad 2             |                  | Přímý odtok<br>[mm] | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | T <sub>c</sub> [min] |
|------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 7                   | 1063                              | 0,29                                | 29,1                 |
|                        | PŘ/RS            | 7                   | 1172                              | 0,32                                | 29,1                 |
|                        | PŘ/ŠP            | 9                   | 1413                              | 0,39                                | 29,1                 |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 6                   | 961                               | 0,26                                | 30,0                 |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 7                   | 1063                              | 0,28                                | 30,9                 |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 6                   | 961                               | 0,25                                | 31,1                 |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 6                   | 865                               | 0,22                                | 31,1                 |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 6                   | 865                               | 0,23                                | 31,1                 |
|                        | VŘ/RS            | 6                   | 961                               | 0,25                                | 31,1                 |
|                        | VŘ/ŠP            | 7                   | 1172                              | 0,32                                | 31,1                 |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 5                   | 775                               | 0,20                                | 30,5                 |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 7                   | 1063                              | 0,29                                | 30,5                 |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 5                   | 775                               | 0,19                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 5                   | 775                               | 0,19                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 4                   | 692                               | 0,17                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 6                   | 865                               | 0,21                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 7                   | 1063                              | 0,28                                | 32,7                 |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 6                   | 961                               | 0,25                                | 33,0                 |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 6                   | 865                               | 0,22                                | 33,0                 |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 4                   | 692                               | 0,17                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 4                   | 692                               | 0,17                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 4                   | 613                               | 0,14                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 5                   | 775                               | 0,19                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 6                   | 961                               | 0,25                                | 33,7                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 6                   | 865                               | 0,22                                | 33,9                 |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 6                   | 865                               | 0,22                                | 33,9                 |

## 9.8 Příloha č. 8

### Výsledky erozní ohroženosti pomocí rovnice MUSLE

#### Srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 50 let

| 50 letá srážka         |                  | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | K   | L    | S     | C <sub>m</sub> | P <sub>m</sub> | G <sub>m</sub> [t] | G [t/ha] |
|------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----|------|-------|----------------|----------------|--------------------|----------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 6103                              | 1,62                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 162,90             | 10,38    |
|                        | PŘ/RS            | 6379                              | 1,68                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 371,36             | 23,65    |
|                        | PŘ/ŠP            | 6953                              | 1,81                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 965,50             | 61,50    |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 5833                              | 1,56                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 339,05             | 21,60    |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 6103                              | 1,56                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 193,16             | 12,30    |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 5833                              | 1,50                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,22           | 1              | 175,89             | 11,20    |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 5570                              | 1,44                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,21           | 1              | 159,97             | 10,19    |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 5570                              | 1,44                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 144,57             | 9,21     |
|                        | VŘ/RS            | 5833                              | 1,50                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 331,06             | 21,09    |
|                        | VŘ/ŠP            | 6379                              | 1,69                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 883,77             | 56,29    |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 5314                              | 1,38                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 137,56             | 8,76     |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 6103                              | 1,62                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 355,43             | 22,64    |
|                        | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 5314                              | 1,38                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 713,82             | 45,47    |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 5314                              | 1,38                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 79,73              | 5,08     |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 5064                              | 1,32                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 68,87              | 4,39     |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 5570                              | 1,39                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 67,24              | 4,28     |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 6103                              | 1,56                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 193,09             | 12,30    |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 5833                              | 1,50                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 439,74             | 28,01    |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 5570                              | 1,44                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 426,57             | 27,17    |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 5064                              | 1,32                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 393,22             | 25,05    |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 5064                              | 1,32                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 75,76              | 4,83     |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 4821                              | 1,26                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 65,35              | 4,16     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 5314                              | 1,38                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 65,34              | 4,16     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 5833                              | 1,50                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 440,46             | 28,05    |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 5570                              | 1,44                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 426,57             | 27,17    |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 5570                              | 1,44                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 434,19             | 27,66    |

## Srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 20 let

| 20 letá srážka         |                  | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | K   | L    | S     | C <sub>m</sub> | P <sub>m</sub> | G <sub>m</sub> [t] | G [t/ha] |
|------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----|------|-------|----------------|----------------|--------------------|----------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 4591                              | 1,24                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 119,53             | 7,61     |
|                        | PŘ/RS            | 4831                              | 1,29                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 274,61             | 17,49    |
|                        | PŘ/ŠP            | 5335                              | 1,42                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 724,79             | 46,17    |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 4358                              | 1,86                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 317,15             | 20,20    |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 4591                              | 1,19                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 141,72             | 9,03     |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 4358                              | 1,14                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,22           | 1              | 128,03             | 8,15     |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 4133                              | 1,08                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,21           | 1              | 115,48             | 7,36     |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 4133                              | 1,13                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 106,88             | 6,81     |
|                        | VŘ/RS            | 4358                              | 1,14                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 240,97             | 15,35    |
|                        | VŘ/ŠP            | 4831                              | 1,30                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 653,55             | 41,63    |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 3914                              | 1,07                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 100,82             | 6,42     |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 4591                              | 1,24                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 260,79             | 16,61    |
|                        | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 3914                              | 1,03                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 510,82             | 32,54    |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 3914                              | 1,03                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 57,06              | 3,63     |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 3702                              | 0,98                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 48,84              | 3,11     |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 4133                              | 1,05                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 48,54              | 3,09     |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 4591                              | 1,19                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 141,68             | 9,02     |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 4358                              | 1,14                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 320,06             | 20,39    |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 4133                              | 1,08                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 307,95             | 19,61    |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 3702                              | 0,98                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 278,89             | 17,76    |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 3702                              | 0,98                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 53,73              | 3,42     |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 3496                              | 0,93                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 45,90              | 2,92     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 3914                              | 1,03                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 46,76              | 2,98     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 4358                              | 1,14                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 320,60             | 20,42    |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 4133                              | 1,08                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 307,95             | 19,61    |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 4133                              | 1,08                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 313,45             | 19,96    |



## Srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 10 let

| 10 letá srážka         |                  | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | K   | L    | S     | C <sub>m</sub> | P <sub>m</sub> | G <sub>m</sub> [t] | G [t/ha] |
|------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----|------|-------|----------------|----------------|--------------------|----------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 3399                              | 0,93                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 86,04              | 5,48     |
|                        | PŘ/RS            | 3605                              | 0,98                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 199,51             | 12,71    |
|                        | PŘ/ŠP            | 4040                              | 1,09                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 535,82             | 34,13    |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 3201                              | 0,88                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 175,96             | 11,21    |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 3399                              | 0,90                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 102,02             | 6,50     |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 3201                              | 0,85                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,22           | 1              | 91,28              | 5,81     |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 3010                              | 0,80                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,21           | 1              | 81,51              | 5,19     |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 3010                              | 0,83                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 75,44              | 4,80     |
|                        | VŘ/RS            | 3201                              | 0,85                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 171,81             | 10,94    |
|                        | VŘ/ŠP            | 3605                              | 0,98                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 474,83             | 30,24    |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 2826                              | 0,78                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 70,41              | 4,48     |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 3399                              | 0,93                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 187,72             | 11,96    |
|                        | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 2826                              | 0,75                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 356,77             | 22,72    |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 2826                              | 0,75                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 39,85              | 2,54     |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 2649                              | 0,71                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 33,74              | 2,15     |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 3010                              | 0,77                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 34,26              | 2,18     |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 3399                              | 0,90                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 101,99             | 6,50     |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 3201                              | 0,85                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 228,21             | 14,54    |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 3010                              | 0,80                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 217,35             | 13,84    |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 2649                              | 0,71                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 192,63             | 12,27    |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 2649                              | 0,71                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 37,11              | 2,36     |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 2479                              | 0,66                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 31,34              | 2,00     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 2826                              | 0,75                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 32,66              | 2,08     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 3201                              | 0,85                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 228,59             | 14,56    |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 3010                              | 0,80                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 217,35             | 13,84    |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 3010                              | 0,80                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 221,23             | 14,09    |

## Srážkový úhrn s pravděpodobností opakování 2 roky

| 2 letá srážka          |                  | O <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> ] | Q <sub>ph</sub> [m <sup>3</sup> /s] | K   | L    | S     | C <sub>m</sub> | P <sub>m</sub> | G <sub>m</sub> [t] | G [t/ha] |
|------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----|------|-------|----------------|----------------|--------------------|----------|
| Scénář č.1<br>PŘ       | PŘ/ÚP            | 1063                              | 0,29                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 23,42              | 1,49     |
|                        | PŘ/RS            | 1172                              | 0,32                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 57,08              | 3,64     |
|                        | PŘ/ŠP            | 1413                              | 0,39                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 168,16             | 10,71    |
| Scénář č.2<br>PŘ+PZ    | PŘ+PZ            | 961                               | 0,26                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 45,34              | 2,89     |
| Scénář č.3<br>PŘ+PP    | PŘ+PP 12 m       | 1063                              | 0,28                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 27,78              | 1,77     |
|                        | PŘ+PP 24 m       | 961                               | 0,25                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,22           | 1              | 23,53              | 1,50     |
|                        | PŘ+PP 36 m       | 865                               | 0,22                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,21           | 1              | 19,78              | 1,26     |
| Scénář č.4<br>VŘ       | VŘ/ÚP            | 865                               | 0,23                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 18,31              | 1,17     |
|                        | VŘ/RS            | 961                               | 0,25                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 44,29              | 2,82     |
|                        | VŘ/ŠP            | 1172                              | 0,32                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 135,93             | 8,66     |
| Scénář č.5<br>VŘ+PZ    | VŘ+PZ/ÚP         | 775                               | 0,20                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,11           | 1              | 15,99              | 1,02     |
|                        | VŘ+PZ/ŠP         | 1063                              | 0,29                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,24           | 1              | 51,10              | 3,25     |
|                        | VŘ+PP 12 m/ÚP    | 775                               | 0,19                                | 0,3 | 5,83 | 0,415 | 0,57           | 1              | 81,05              | 5,16     |
| Scénář č.6<br>VŘ+PP    | VŘ+PP 24 m/ÚP    | 775                               | 0,19                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 9,05               | 0,58     |
|                        | VŘ+PP 36 m/ÚP    | 692                               | 0,17                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 7,12               | 0,45     |
|                        | VŘ+PP 12 m/RS    | 865                               | 0,21                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 8,32               | 0,53     |
|                        | VŘ+PP 12 m/ŠP    | 1063                              | 0,28                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,23           | 1              | 27,77              | 1,77     |
|                        | VŘ+PP 24 m/ŠP    | 961                               | 0,25                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 58,82              | 3,75     |
|                        | VŘ+PP 36 m/ŠP    | 865                               | 0,22                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 52,76              | 3,36     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ÚP | 692                               | 0,17                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 40,69              | 2,59     |
| Scénář č.7<br>VŘ+PZ+PP | VŘ+PZ+PP 24 m/ÚP | 692                               | 0,17                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,11           | 1              | 7,84               | 0,50     |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ÚP | 613                               | 0,14                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,1            | 1              | 6,09               | 0,39     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/RS | 775                               | 0,19                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,09           | 1              | 7,42               | 0,47     |
|                        | VŘ+PZ+PP 12 m/ŠP | 961                               | 0,25                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,55           | 1              | 58,94              | 3,75     |
|                        | VŘ+PZ+PP 24 m/ŠP | 865                               | 0,22                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,56           | 1              | 52,76              | 3,36     |
|                        | VŘ+PZ+PP 36 m/ŠP | 865                               | 0,22                                | 0,3 | 3,38 | 0,415 | 0,57           | 1              | 53,70              | 3,42     |