

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra krajinného managementu

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
**ŘEŠENÍ PROTIEROZNÍ OCHRANY NA ROZHŘANÍ POVODÍ**  
**V RŮZNÝCH PROJEKTECH POZEMKOVÝCH ÚPRAV**

Autor diplomové práce: **Filip Hakl**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Ondr, CSc.**

**2011**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Katedra pozemkových úprav  
Akademický rok: 2008/2009

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

Jméno a příjmení: **Filip HAKL**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Řešení protierozní ochrany na rozhraní povodí v různých projektech pozemkových úprav**

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

Cílem práce je posoudit a vyhodnotit erozní jevy na rozhraní modelových povodí.  
Vybrat modelové projekty pozemkových úprav a vyhodnotit zpracování hlavních územních systémů.  
Provést průzkum povodí z hlediska pedologického, hydrogeologického a klimatologického.  
Vyhodnotit srážkové úhrny pro nejbližší meteorologické stanice.  
Vyhodnotit a propočítat erozní parametry pro místní podmínky.  
Posoudit možnosti využití softwarového modelování v návrhu protierozních opatření.  
Navrhnout zobecnění a upřesnění jednotlivých faktorů pro řešené oblasti.

Rozsah grafických prací: mapové podkady  
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Forman, R.T., Godron, M.: Landscape ecology. J.Wily and sons, New York, 1986  
Sklenička, P.: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 2003  
Dumbrovský, M.: Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace. VÚMP Praha, 2000  
Holý, M.: Protierozní ochrana. SNTL, Praha, 1978  
Janeček, M.: Základy erodologie. ČZU Praha, Praha, 2008  
Časopis Soil and Water

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Ondr, CSc.  
Katedra pozemkových úprav

Datum zadání diplomové práce: 25. března 2009

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13 ④  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. března 2009

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s §47 zákona č. 111/1998 sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 29/4 2011.

Filip Hakl

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. za cenné rady, ochotu a trpělivost při vedení mé diplomové práce.

## **ANOTACE**

Eroze je přirozený přírodní proces. Člověk však svou činností erozní jevy urychluje a tím ohrožuje jednu z nejcennějších složek životního prostředí – půdu, která se obtížně tvoří po stovky a tisíce let.

V České republice je vodní erozí ohrožena více než třetina a větrnou erozí asi desetina zdejších půd . Když k tomuto objemu připočteme půdy, které jsou zabírány novými stavbami, vyjde nám, že kvalitní půdy poměrně rychle ubývá.

Tato práce se zabývá výpočty a řešením vodní eroze v katastru obce Protivec, pomocí univerzální rovnice USLE, modifikované rovnice MUSLE a metody CN křivek. Výsledné hodnoty jsou porovnány s hodnotami z projektu komplexní pozemkové úpravy a jsou navržena protierozní opatření.

## **ANNOTATION**

Erosion is a natural life process. But man its activities and accelerating erosion phenomena that threatens one of the most valuable components of the environment - soil, which is difficult to make up for hundreds and thousands of years.

The Czech Republic is threatened by water erosion over the third and wind erosion, about one-tenth of the local soil. When we add to the volume of soil that are occupied by new buildings, it turns out that the soil relatively quickly disappearing.

This work deals with the calculation and solution of water erosion in the village Protivec, using the universal equation USLE, the modified equation MUSLE and CN curves method. The resulting values are compared with the values of a land adjustment project, landscaping and erosion control measures are proposed.

## **OBSAH**

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. ÚVOD                           | 9  |
| 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED              | 10 |
| 2.1 Eroze                         | 10 |
| 2.1.1 Druhy eroze podle činitele  | 12 |
| Vodní eroze                       | 12 |
| Větrná eroze                      | 12 |
| Formy větrné eroze                | 13 |
| Ledovcová eroze                   | 14 |
| Sněhová eroze                     | 14 |
| Abraze                            | 14 |
| Eroze říční                       | 14 |
| Zemní eroze                       | 15 |
| Antropogenní eroze                | 15 |
| 2.1.2 Rozdělení eroze podle formy | 15 |
| Formy povrchové vodní eroze       | 16 |
| Formy podpovrchové vodní eroze    | 17 |
| 2.2 Výpočty                       | 17 |
| 2.2.1 Výpočet vodní eroze         | 17 |
| Univerzální rovnice USLE          | 17 |
| Revidovaná rovnice RUSLE          | 19 |
| Další metody výpočtu              | 20 |
| 2.2.2 Výpočet větrné eroze        | 20 |
| WEQ                               | 20 |
| RWEQ                              | 20 |
| 2.3 Protierozní opatření          | 21 |
| 2.3.1 Opatření proti vodní erozi  | 21 |
| 2.3.2 Opatření proti větrné erozi | 21 |
| Větrolamy                         | 21 |
| 2.4 Účinky eroze                  | 22 |
| 2.5 Rozšíření vodní eroze v ČR    | 24 |
| 2.6 Pozemkové úpravy              | 25 |
| 2.6.1 Historie a vývoj            | 25 |
| 2.6.2 Formy pozemkových úprav     | 25 |

|   |    |
|---|----|
| Jednoduché pozemkové úpravy                     | 25 |
| Komplexní pozemkové úpravy                      | 26 |
| 2.6.3 Stav pozemkových úprav v ČR               | 26 |
| 2.7 Hydrologie                                  | 27 |
| 2.7.1 Fyzickogeografické charakteristiky povodí | 27 |
| 2.7.2 Zjišťování povrchového odtoku             | 29 |
| 3. CÍL A METODIKA PRÁCE                         | 30 |
| 3.1 Cíl práce                                   | 30 |
| 3.2 Metodika                                    | 30 |
| 3.2.1 Univerzální rovnice USLE                  | 30 |
| 3.2.2 Metoda CN křivek                          | 36 |
| 3.2.3 Modifikovaná rovnice MUSLE                | 38 |
| 4. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI              | 39 |
| 4.1 Poloha                                      | 39 |
| 4.2 Klima                                       | 39 |
| 4.3 Hydrologie                                  | 40 |
| 4.4 Geomorfologie                               | 40 |
| 4.5 Geologie                                    | 41 |
| 4.6 Pedologie                                   | 42 |
| 4.7 Fytogeografie                               | 43 |
| 5. VÝSLEDKY                                     | 45 |
| 5.1 Výpočet půdního smyvu dle rovnice USLE      | 45 |
| Faktor erozní účinnosti deště R                 | 45 |
| Faktor erodovatelnosti půdy K                   | 45 |
| Faktor délky svahu L                            | 46 |
| Faktor sklonu svahu S                           | 47 |
| Faktor ochranného vlivu vegetace C              | 48 |
| Faktor účinnosti protierozních opatření P       | 50 |
| Výpočet G a protierozní opatření                | 50 |
| 5.2 Odhad transportu splavenin – MUSLE          | 52 |
| 6. ZÁVĚR A DISKUZE                              | 55 |
| 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY                    | 57 |
| Přílohy   | 60 |



## 1. ÚVOD

Eroze je přirozený přírodní proces, který modeluje povrch planety Země již od jejího vzniku. Základními činiteli v procesu eroze jsou vítr a voda, sluneční záření a teplotní změny. Dalšími významnými činiteli jsou též živočichové, rostliny a v neposlední řadě též člověk.

Od té doby co člověk začal provozovat zemědělství výrazně přispívá ke zrychlení erozních jevů a zvyšování jejich intenzity. Již první zemědělci mýtili lesy aby získali potřebnou plochu pro pěstování rostlin a tím aniž by si to uvědomovali připravovali prostor pro zvýšenou erozi a degradaci půdy.

Dnešní člověk má tu výhodu, že si již plně uvědomuje následky svého počínání. Eroze je zkoumána vědeckými týmy, existuje mnoho metod pro její výpočet, bylo objeveno mnoho opatření jak erozi čelit. Přesto však nelze tvrdit, že by se člověk z těchto poznatků dostatečně poučil a využíval jich k maximální ochraně životního prostředí. Vždyť jen v České republice je ohroženo asi 31% půd vodní erozí (40% orných půd) a asi 9% půd větrnou erozí (10% orných půd).

Erozní ohroženost půd je řešena v rámci komplexních pozemkových úprav (KPÚ). V rámci projektů KPÚ jsou zemědělské pozemky posuzovány z hlediska jejich ohroženosti erozí a jsou navrhována protierozní opatření.

## 2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Eroze

Půda je přírodním zdrojem nanejvýš cenným a nenahraditelným. Je stanovištěm našich sídlišť a výrobních pracovišť, umožňuje život suchozemských rostlinných a živočišných společenstev a jako základní výrobní prostředek v zemědělství a lesnictví zajišťuje naši výživu a produkci důležité dřevní suroviny. Je proto nutno ji chránit před jakýmkoliv poškozováním a trvale pečovat o její trvale nejlepší stav v jakosti a úrodnosti. (Jůva, Hrabal, Tlapák, 1977)

Eroze, z latinského výrazu erodere, tj. rozhlodávat, značí rozrušování zemského povrchu působením exogenních sil, zejména působením vody, ledu, větru a člověka, jako významného antropogenního činitele. Rozrušování půdního povrchu je doprovázeno přemísťováním uvolněné hmoty působením kinetické energie některých činitelů (zejména vody a větru) a ukládáním hmoty při poklesu energie. (Holý 1978).

Vznik a průběh erozních procesů závisí na mnoha faktorech, a to jak přírodních (geologických, půdních, terénních, klimatických), tak i faktorech vyplývajících z hospodářské činnosti člověka (pěstování plodin, agrotechniky, organizace území, organizace půdního fondu apod.). Tyto faktory nepůsobí izolovaně, ale vždy komplexně, přičemž vliv jednoho faktoru může být převažující. Faktory přírodní jsou prakticky neměnné, naopak faktory antropogenní jsou měnitelné a zvyšují nebo snižují ohroženost půd erozí. (Pasák a kol., 1984)

Přirozený proces eroze půd dosahoval v naší původně zalesněné krajině celkem nepatrných hodnot. Hospodaření na zemědělských půdách, zejména na orné půdě, chmelnicích či vinicích však uvolnilo cestu mnohonásobně intenzivnější erozi půd. Odhaduje se, že je dnes v české republice erozně ohrožena více než polovina ploch zemědělského půdního fondu a to zejména vodní erozí. (Půda v ČR, kolektiv autorů, 2009).

Základní podmínkou pro vznik erozního procesu je existence povrchového odtoku, jehož předpokladem je větší úhrn deště, než je schopen povrch půdy včetně vrstvy vegetace zadržet a vyšší intenzita deště, než je současná intenzita vsaku. (Pasák, 1984)

Erozi můžeme rozdělit na přirozenou (také někdy označovanou jako geologickou a zrychlenou. Nejprve se zmíníme o přirozené erozi.

Eroze je proces přeměny půdy na sediment. Půdní eroze, která probíhá přirozeně bez vlivu lidské činnosti se nazývá geologická eroze. Je to přirozeně probíhající proces. Neúprosně odírá kopce a hory a následně ukládá sedimenty v údolích, jezerech a zátokách. Mnoho součástí krajiny, které vidíme kolem nás – kaňony, kopce, údolí řek, delty nebo roviny jsou výsledkem geologické eroze a ukládání sedimentů. (Brady, Weil, 2002)

Za erozi normálního typu se považuje ta, při níž úbytek půdy může být nahrazen přírodními pedogenetickými procesy. To znamená že množství půdy erozí odnesené je menší, než může půdotvornými procesy vzniknout. (Švehlík, 2002)

Zrychlená eroze se objeví, když člověk narušuje půdu nebo přírodní vegetaci pastvou dobytka, kácením lesů pro zemědělské účely, orbou svahů nebo narušuje zemi za účelem konstrukce silnic a staveb. Zrychlená eroze je často 10krát až 1000krát ničivější než eroze geologická (přirozená), zvláště v kopcovitých územích v oblastech s vysokými srážkami. Hodnota větrné a vodní eroze na zemědělské půdě v Africe, Asii a Jižní Americe je uváděna v průměru asi od 30 do 40 t/ha za rok. Ve Spojených státech je průměrný erozní poměr na orné půdě asi 12 t/ha – 7 t vodní eroze a 5 t větrná. Hodnoty eroze na některých obdělávaných půdách jsou desetkrát vyšší. Pro srovnání se eroze v nenarušených humidních oblastech luk a lesů pohybuje na hodnotě pod 0,1 t/ha. (Brady, Weil, 2002).

Stupeň poškození půdy vodní erozí nazýváme její intenzitou a můžeme ji podle D.Zachara (1970) vyjádřit takto:

Tabulka č.1: Intenzita vodní eroze (Zachar, 1970)

| Stupeň | Intenzita erozního odnosu v m <sup>3</sup> z 1 ha za rok | Slovní hodnocení |
|--------|--|------------------|
| 1      | Do 0,5   | Žádná, nepatrná  |
| 2      | 0,5 – 1,5  | Slabá            |
| 3      | 5 – 15   | Střední          |
| 4      | 15 – 50  | Silná            |
| 5      | 50 – 200   | Velmi silná      |
| 6      | Nad 200  | Katastrofální    |

V našich podmínkách dosahuje vodní eroze stupně slabá až velmi silná eroze, ale v některých oblastech může dosahovat při silných srážkách, zejména bouřkových, i stupně katastrofální eroze.

Eroze se v naší republice projevila výrazně zejména v posledních padesáti letech minulého století, kdy se při velkoplošném hospodaření v zemědělské krajině nedodržovaly základní principy a zásady protierozní ochrany půdy, neboť převládala honba za vysokými výnosy. (Švehlík, 2005)

### **2.1.1 Druhy eroze podle činitele**

#### **Vodní eroze**

Vodní eroze je vyvolána kinetickou energií dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody. Povrchový odtok vzniká z přívalových nebo dlouhotrvajících srážek, ze sněhových vod při jarním tání a také koncentrací vod v přirozené i umělé hydrografické síti. Stojatá voda mořská, jezerní a rybníční způsobuje erozi pobřežní. Podzemní vody, zejména vody v krasových útvarech, vyvolávají kromě mechanické eroze i chemickou erozi. (Holý 1978).

Vodní eroze je proces odstraňování hmoty částic z povrchu půdy tekoucí vodou. Vrchní vrstvy půdy jsou většinou bohaté na nerozložené organické látky, jako odpad a humus, a tyto látky se erozí odstraňují nejdříve. S pokračující erozí se splavuje minerální část půdy a odstraňují se stále větší množství anorganických hmot. Konečným stadiem eroze je odstranění celé vrstvy půdy a obnažení skalního podloží. (Forman, Godron, 1993)

#### **Větrná eroze**

Povrch půdy je rozrušován také působením větru. Silou větru je pak vyvolán pohyb půdních částic, někdy i na značné vzdálenosti. Podle velikosti půdních částic můžeme rozlišit tři druhy jejich pohybu. Velmi jemné částice o průměru menším než 0,1 mm se pohybují ve formě suspenze. Pokud jsou již tyto částice ve vznosu, turbulence a vířivé proudy větru je po dlouhou dobu udržují v proudícím vzduchu. Půdní částice střední velikosti se pohybují v občasném kontaktu s povrchem, takže se v podstatě skokem přemisťují z místa na místo. Částice jsou dostatečně lehké, aby

byly zdviženy do vzduchu, ale příliš malé na to, aby se dostaly do stálého vznosu ve formě suspenze. Pohyb skokem je doprovázen převrácením částic, jakoby částice prováděla salta. V odborné terminologii se také používá označení – pohyb saltací. Největší a tedy i nejtěžší částice půdy vítr pouze posouvá po povrchu. Sunutím se obvykle pohybují částice o průměru 0,5 až 2 mm, ovšem velmi záleží na rychlosti větru a charakteru povrchu. Největší působení větrné eroze lze očekávat na rovinatém povrchu nechráněném vegetací. (Půda v ČR, kolektiv autorů, 2009)

Větrná eroze je typickým jevem v aridních a semiaridních zemích, s jejími projevy se však setkáváme i v humidních zemích, zejména v sušších oblastech na půdě s nepříznivými fyzikálními vlastnostmi a nekryté vegetací. (Holý, 1978)

Zachar (1970) uvádí, že je-li intenzita větrné eroze větší než 0,5 m<sup>3</sup> z hektaru za rok (tj.vrstva o síle 0,05mm), pak se větrná eroze považuje za zrychlenou.

Přehled a posouzení intenzity zrychlené větrné eroze podává následující tabulka: (Švehlík, 2002)

Tabulka č. 2: Posouzení intenzity zrychlené větrné eroze (Švehlík, 2002)

| Označení zrychlené eroze | Odnos půdy [m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ] |
|--------------------------|---|
| Slabá                    | 0,5 až 5  |
| Střední                  | 5 až 15   |
| Silná                    | 15 až 50  |
| Velmi silná              | 50 až 200   |
| Katastrofální            | Nad 200   |

## Formy větrné eroze

### Deflace

Deflace je odnos uvolněných půdních částic silou větru, jenž má za následek přemístování půdní hmoty na různé vzdálenosti a vznik písečných přesypů, zejména na mořských březích a ve vnitrozemských pouštích. (Holý, 1978)

## Koraze

Koraze spočívá v obrušování hornin půdními částicemi podléhajícími deflaci. Intenzita koraze je dána odolností materiálu, druhem a tvarem částic nesených větrem a rychlostí větru. (Holý, 1978)

## Ledovcová eroze

Ledovcovou erozi způsobují ledovce pohybující se působením tíže do údolí. Při pohybu vynakládá ledovec převážnou část energie na erodování skalního podloží, které jednak obrušuje a vyhlazuje, jednak rýhuje valouny zamrzými v ledu. Ledovec strhuje a odnáší do nižších poloh velké množství horninových zvětralin, jež po uložení vytvářejí morény. Ledovcová eroze se omezuje na velehorské polohy (Alpy, Kavkaz, Skalisté hory aj.), v podmínkách ČR se v současné době nevyskytuje. (Holý, 1978).

O její existenci na našem území svědčí například morénové sedimenty a ledovcová jezera na Šumavě.

## Sněhová eroze

Sněhová (nivální) eroze vzniká pohybem sněhu ve formě lavin, jejichž erozní činnost probíhá při velkých tlacích a rychlostech sněhu, ale pomalým pohybem vrstvy sněhu po neumrzlém půdním povrchu při jarním tání. Projevuje se zejména v podhorských oblastech. (Holý, 1978)

## Abraze

Abraze je erozní jev, který probíhá na větších vodních plochách. Vlivem větru dochází k rozvlnění vodní hladiny a při dopadu vlny na břeh dochází k erodování břehu, postupnému podemílání jeho hrany. V místě sedimentace rozrušeného materiálu vzniká obrazní srub. (Holý, 1978)

## Eroze říční

Tato eroze je vyvolána energií proudu pohybující se vody, probíhá v korytech vodních toků a rozděluje se na dnovou a břehovou. Projevuje se prohlubováním a rozšiřováním řečišť či podemíláním břehů a také zanášením koryta toku. Zřetelně viditelná je hlavně v době zvýšených průtoků a v úsecích toku s větším podélným spádem. (Holý, 1978)

## **Zemní eroze**

Zemní eroze představuje pohyb větších zemních hmot vlivem gravitace po spádnici nebo v již vytvořené údolnici. Rychlost pohybu zemní hmoty může dosahovat hodnoty až v km/h, tento pohyb zeminy smíšené s vodou se nazývá bahnotok.

Voda se podílí často na rychlých a dramatických svahových pohybech. Rozšíření sesuvů podmiňují geologické a geomorfologické poměry území a hydrologické podmínky. Nejvíce sesuvů u nás vzniká na flyšových pohořích Západních Karpat (např. v Beskydech), kde snadné nasycení hornin vodou často vychyluje stabilitu svahů. Na příkrých svazích mohou v případě vysokého nasycení srážkami nastat proudy hmoty, tvořené směsí hlíny, úlomků a vody. Tyto „zemní laviny“ (mury) se pohybují rychlostí až několika km/ha a zanechávají po sobě na svahu mohutnou vyhloubenou rýhu (murovou dráhu).

(Půda v ČR, kolektiv autorů, 2009)

## **Antropogenní eroze**

Nejvýznačnější druhy antropogenní eroze je eroze vyvolaná: intenzifikací zemědělské výroby, výstavbou komunikací a urbanizací.

Člověk je výrazným činitelem při vzniku zrychlené eroze. Nepřímo člověk ovlivňuje erozi ničením přirozeného vegetačního krytu půdy a jeho nahrazováním vegetací s nízkým ochranným účinkem, zhoršováním fyzikálních a biologických vlastností půdy, soustředěním povrchového odtoku různými úpravami území. Znečištěním půdy odpady atd. Příмым vlivem člověka na erozi spočívá především ve stavební činnosti a urbanizaci.

### **2.1.2 Rozdělení eroze podle formy**

Formy eroze jsou odvozeny z působení exogenních činitelů na půdním povrchu – eroze povrchová a pod půdním povrchem – eroze podpovrchová.

Eroze povrchová může být plošná, výmolová nebo proudová.

## **Formy povrchové vodní eroze**

### **Plošná vodní eroze**

Při plošné vodní erozi je rozrušována a smývána půdní hmota z celé plochy území. Má dvě fáze:

- 1. selektivní eroze,
- 2. vrstevná eroze.

Selektivní erozní proces odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické látky, probíhá zvolna a lze jej zjistit podle jemného materiálu akumulovaného v dolních částech svahů po přívalovém dešti. Důsledkem je změna půdní textury a obsahu živin v půdě. Tento druh eroze způsobuje nestejný vývoj vegetace, který se projevuje rozdílným růstem, barvou a kvalitou .

Vrstevná eroze vzniká při větší kinetické energii povrchově stékající vody a nepříznivě utvářeném půdním profilu (střídání málo a více odolných vrstev) a dochází ke smyvu půdní hmoty ve vrstvách. Projevuje se na celé ploše svahu nebo probíhá v širokých pruzích v závislosti na reliéfu povrchu a dochází většinou ke ztrátě celé orniční vrstvy. (Holý, 1978)

### **Výmolová vodní eroze**

Tento typ vodní eroze vzniká postupným soustředěním povrchově stékající vody , která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy.

První fází výmolové eroze je eroze rýžková a brázdová. Z rýžek a brázd vznikají pokračujícím soustředěním povrchově stékající vody hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně spojují a prohlubují a tak vzniká rýhová eroze a její vyšší stupeň eroze výmolová, která může vyvrcholit a ž v erozi stržovou. Výsledkem těchto erozních procesů jsou hluboké výmoly a strže, které často zasahují do podzemních vodonosných horizontů, z nichž odvádějí vodu, čímž snižují hladinu podzemní vody a vysušují okolní území. (Holý, 1978)

### **Proudová vodní eroze**

Tento druh eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Jestliže je rozrušováno jen dno, pak ji nazýváme erozí dnovou, která je formou podélné eroze, jsou-li narušovány břehy, potom erozí břehovou, která je formou příčné eroze (probíhá kolmo na osu toku). (Holý, 1978)



## **Formy podpovrchové vodní eroze**

### **Tunelová eroze**

Vymílací činností vody, která se hromadí na nepropustném podloží, v půdách podléhajících snadno destrukčním účinkům, například ve spraších, dochází ke tvorbě tunelů, u nichž dochází často k proboření jejich stropu. Vznikají tak hluboké výmoly a proto se tunelová eroze někdy zařazuje do eroze výmolové. (Holý, 1978)

## **2.2 Výpočty**

Podle Vrány (2009) prokazuje odhad transportu půdních částic v povodí před a po realizaci protierozních opatření význam navržených protierozních opatření a vliv erozních procesů na zanášení průtočných vodních nádrží v povodí.

Metodika pro řešení transportních procesů v povodí slouží ke stanovení celkového průměrného ročního množství erozních smyvů ze zemědělského půdního fondu v daném povodí a určení množství půdních částic, které mohou být transportovány vodními toky, případně sedimentovat v průtočných nádržích v povodí.

Metoda pro odhad transportu sedimentu z erozních procesů v povodí vychází z určení ročního množství půdních částic uvolněných vodní erozí metodou Univerzální rovnice ztráty půdy. Tato ztráta se určuje pro každý zemědělský pozemek. Vzhledem k tomu, že všechny částice uvolněné erozními procesy nejsou transportovány do vodních toků a těmi pak dále po povodí, redukuje se množství uvolněných půdních částic takzvaným poměrem odnosu. Tento poměr závisí jednak na ploše povodí, dále na morfologii povodí a jednak na procentuálním podílu vegetačního krytu v povodí. (Vrána, 2009)

### **2.2.1 Výpočet vodní eroze**

#### **Univerzální rovnice pro výpočet ztráty půdy (USLE)**

Tento výpočet se provádí na základě empirického modelu erozního procesu Wischmeiera a Smithe, který je založen na velkém množství informací o erozních procesech na území USA, získaných v průběhu 50letého výzkumného programu a rozšířil se nejen v USA, ale i v mnoha zemích, kde se upravuje pro místní podmínky.

Pomocí rovnice, odvozené z tohoto modelu můžeme vypočítat roční ztrátu půdy z daného pozemku v  $t \cdot ha^{-1}$ . Tato rovnice má tvar:

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

kde S je roční ztráta půdy v  $t \cdot ha^{-1}$ , R dešťový faktor, K faktor erodovatelnosti půdy, L faktor délky svahu, S faktor sklonu svahu, C faktor vyjadřující vliv osevního postupu a agrotechniky a P faktor vyjadřující vliv protierozních opatření.

Nyní se blíže podíváme na podstatu jednotlivých symbolů. Roční ztráta půdy (S) je v případě, že se rovnice používá pro návrh protierozních opatření tzv. tolerance ztráty půdy, kterou lze při zavedení zvolených protierozních opatření připustit, neboť při ní nedojde ke ztrátě produktivity pozemku.

Dešťový faktor R je definován jako součin kinetické energie deště a jeho největší 30 minutové intenzity. Hodnoty faktoru R jednotlivých dešťů lze buď tříditi podle četnosti jejich výskytu, nebo sčítat a průměrovat po stanovení pro stanovení průměrné roční (měsíční) hodnoty faktoru R. Pro získání reprezentativních údajů o průměrné roční hodnotě faktoru R, je třeba zpracovat úplné údaje za období padesáti let. Pokud nelze z ombrogramů stanovit průměrnou roční hodnotu faktoru R platnou pro místní podmínky, lze počítat pro české kraje s průměrnou hodnotou 20 (nejnižší hodnotu 16 vykazují například jihozápadní Čechy, nejvyšší hodnotu 30 nejteplejší území mezi Znojmem a Břeclaví). (Pasák, 1984)

Faktor erodovatelnosti půdy K vyjadřuje náchylnost půdy k erozi a udává ztrátu půdních částic v tunách z 1 ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku (kypřený černý úhor se sklonem 9% a délkou svahu 22,13m). (Holý, 1978)

Faktor délky svahu L vyjadřuje poměr ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a ztráty půdy z jednotkového pozemku o délce 22,13 m.

Faktor sklonu svahu S vyjadřuje poměr ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a ztráty půdy z jednotkového pozemku o sklonu 9 %.

Faktor vyjadřující vliv osevního postupu a agrotechniky udává poměr ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a ztráty půdy z jednotkového pozemku (trvalý úhor), předpokládá se konstantní působení ostatních faktorů. Protože se ochranné účinky vegetace i způsob agrotechnika v průběhu roku mění, rozdělili autoři vztahu rok na pět období:

- 1. hrubý úhor, orba až setí,
- 2. období do jednoho měsíce po setí,
- 3. období od jednoho měsíce do dvou měsíců po jarním nebo letním zasetí,
- 4. růst a zrání osevu, od konce 3. období do sklizně,

- 5. zbytky plodin nebo strniště, od sklizně do orby nebo podmítky.

Faktor vyjadřující vliv protierozních opatření udává poměr ztráty půdy z vyšetřovaného pozemku a ztráty půdy z jednotkového pozemku, obdělávaného ve směru sklonu svahu.

Tento model erozního procesu je vhodný pro přímý svah. U svahu s proměnným sklonem doporučují autoři rozdělit svah na úseky o stejném sklonu. (Holý, 1978).

Přípustné hodnoty ztráty půdy erozí z 1 ha za rok udává následující tabulka:

*Tabulka č.3: Přípustné hodnoty ztráty půdy erozí*

| Hloubka půdy [cm]       | roční ztráta půdy [t.ha <sup>-1</sup> ] |
|-------------------------|---|
| Mělká do 30             | < 1                                     |
| Středně hluboká 30 - 60 | < 4                                     |
| Hluboká > 60            | < 10                                    |

Dostál (2009) uvádí, že rovnice USLE byla odvozena a následně byla a je používána pro posouzení ztráty půdy na jednotlivém svahu, charakterizovaném jedním charakteristickým profilem. Jedná se o velmi zjednodušený, ryze empirický a celistvý koncept metody, která byla odvozena pro řešení výhradně ztráty půdy, nikoliv transportu sedimentu.

### **RUSLE - Revidovaná rovnice pro výpočet ztráty půdy vodní erozí**

Rovnice USLE byla používána od 70. let 20. století. Na začátku let devadesátých byla základní rovnice USLE počítačově přepracována pro vytvoření nástroje pro předpověď eroze. Tak vznikla revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy. RUSLE používá stejné základní faktory jako USLE, ale některé jsou lépe definovány čímž se zlepšila přesnost předpovědi ztráty půdy. RUSLE je počítačový program, který je stále zlepšován a modifikován podle toho, jak jsou do něho vkládány informace z celého světa. (Brady, Weil, 2002).

## Další metody výpočtu vodní eroze

Nedostatky výpočtů založených na rovnici USLE se přibližně od konce 80. let dvacátého století snažily odstranit nejrůznější matematické simulační modely, z nichž ty vyspělejší byly fyzikálně založené. Charakteristickým znakem pro tyto modely byl v celku překotný vývoj a pro většinu z nich vcelku krátký život, omezený víceméně na sféru vědy a výzkumu. Do praxe tyto modely začaly výrazněji pronikat až s rozvojem výpočetní techniky a vytvoření jednoduchých uživatelských rozhraní. Jen zlomek matematických modelů však prošel sítím normotvůrců a metodik a byl doporučen pro praktické využití. V ČR je takovým příkladem model SMODERP (Holý a kol., 1989), v sousedním Německu model EROSION 3D (Schmidt et al., 1999).

### 2.2.2 Výpočet větrné eroze

#### WEQ

Rovnice pro výpočet větrné eroze (WEQ – wind erosion prediction equation) je používána od šedesátých let dvacátého století.

$$E = f(ICKLV)$$

Výpočet větrné eroze je funkcí: I = faktor náchylnosti půdy k erozi souvisí s vlastnostmi půdy a se sklonem pozemku; C = faktor klimatu; K = faktor povrchu půdy, L = faktor šířky pozemku, šířka pozemku je uvažována ve směru větru, protože se směr větru mění, je zde uvažován převládající směr větru; V = faktor vegetačního krytu, nesouvisí jen se stupněm pokrytí půdy zbytky, ale zda je vegetační kryt živý či mrtvý, stále stojící nebo ležící na zemi.

#### RWEG

RWEG (revised wind erosion equation) je přepracovaná rovnice větrné eroze. Je to stále empirický model založený na mnohaletém výzkumu charakteristiky vztahu mezi pozorovanými jevy a následky větrné eroze.

Vědci a inženýři po celém světě také spolupracují na mnohem komplexnějším modelu, známém jako WEPS (Wind Erosion Prediction System) - systému pro předpověď větrné eroze. Jedná se o počítačový program, který simuluje všechny základní procesy interakce mezi větrem a půdou. Vědci tento systém, průběžně vyvíjejí a porovnávají s procesy probíhajícími ve světě. (Brady, Wail, 2006)

## **2.3. Protierozní opatření**

### **2.3.1 Opatření proti vodní erozi**

Zemědělskou půdu na svazích se snažíme před vodní erozí chránit souborem opatření, která se vzájemně doplňují a respektují současné požadavky ochrany přírody a krajiny a možnosti zemědělské výroby.

Protierozní opatření, můžeme rozdělit na organizační, agrotechnická a technická. Mezi organizační opatření patří například delimitace kultur, protierozní rozmístění plodin, pásové hospodaření nebo komplexní pozemkové úpravy. Agrotechnická opatření zahrnují například vrstevnicové obdělávání (konturová orba), půdoochranné postupy při obdělávání pozemků nebo protierozní technologie pěstování vybraných plodin. Do skupiny technických opatření patří například terénní urovnávky, protierozní meze či terasování. (Hauptman, Kukul, Pošmourný, 2009)

### **2.3.2 Opatření proti větrné erozi**

Podstatou těchto opatření je snaha o zmírnění rychlosti větru. Základem je vhodná organizace půdního fondu a vytvoření vhodných tvarů, uspořádání a velikost pozemků. Pozemky by měly mít obdélníkový tvar s delší stranou orientovanou kolmo na směr převládajícího větru. Ochrana půdy snížením rychlosti větru je založena na předpokladu, že rychlost větru byla snížena na hodnotu nižší než je kritická rychlost. Vzdálenost po směru větru, ve které se účinně sníží rychlost větru, kolísá podle výšky a propustnosti větrné překážky. (Pasák, 1984)

## **Větrolamy**

Větrolamy jsou různě široké pásy stromů orientované kolmo na převládající směr větru. (Pasák, 1984)

Větrolamy se zakládají nejčastěji v rovinných polohách, které jsou vystaveny působení prudkých výsušných větrů, odnášejících půdní částice a sněh a zmenšující vláhovou zásobu půdy. (Holý, 1978)

Větrolamy dělíme na:

- nepropustné,
- polopropustné,
- propustné.

Nepropustné mají hustý větvový zápoj v celé výšce větrolamu, nižší patro tvoří keře. Jejich nevýhodou je v zimním období hromadění sněhu uvnitř lesního pásu a

v létě značný vzestup teploty na závětrné straně. Hodí se pro zadržování sněhu podél komunikací, tlumení hluku a zachycování tuhých příměsí ovzduší.

Polopropustné mají řidší zápoj (asi 20% otvorů celkové lesní kulisy), takže propouštějí část větru. Tento typ větrolamu je v průměrných podmínkách nejúčinnější, protože účinně snižuje rychlost přízemního větru do značné vzdálenosti na závětrné straně a pomáhá stejnoměrnému rozdělení sněhu na mezilehlých pozemcích.

Propustné větrolamy jsou zavětřeny jen v korunovém patru, v dolní části propouštějí vítr. (Holý, 1978)

Ochrana půdy před větrem pomocí překážek je založena na požadavku, aby rychlost větru byla snížena na hodnotu menší, než je kritická rychlost.

Pro výpočet vzdálenosti větrolamů je používána rovnice:  $L = (a \cdot H \cdot m \cdot v) / (v - v_o)$ , kde

L = vzdálenost větrolamů v m

H = výška větrolamu v m

m = kompaktnost větrolamu

$v_o$  = kritická rychlost větru v  $m \cdot s^{-1}$

v = rychlost větru v nechráněné krajině v  $m \cdot s^{-1}$

a = koeficient -  $3,61 \cdot H^{0,25}$

(Pasák, 1984)

## 2.4 Účinky eroze

Cablík a Jůva (1963) uvádí, že zrychlená eroze se projevuje ve všech svých podobách škodlivými účinky, jež jsou nebezpečné pro zemědělství, lesnictví, vodní hospodářství, technické stavby apod. Tyto účinky jsou různé povahy, hlavně podle toho, je-li jejich příčinou erozní odnos půdy splachem a vymíláním (denudace) nebo odvátím (deflace) nebo naopak hromaděním (akumulace) erozních produktů ve formě nánosů (náplavu, návěje).

Nebezpečnost eroze pro zemědělství vyplývá z toho, že vodní splach nebo větrné odvívání odnáší půdní hmotu, jež je pro tyto obory lidské činnosti základním a nenahraditelným výrobním prostředkem. Odnos nastává i při erozi na první pohled nepozorovatelné a ochuzuje půdu především o nejjemnější zemité částice, které jsou pro půdní úrodnost zvláště důležité.

Splachovací účinek se zvětšuje s množstvím stékající vody, s délkou i sklonem svahu a stává se zvláště nebezpečným, přejde-li plošný splach v erozi rýhovou a výmolovou.

Přímá ztráta půdní hmoty může činit 250 – 500 t z jednoho hektaru, ve zvláště nepříznivých případech i více. Přitom se současně z půdy vyluhují rozpustné živiny a humusové látky, což vyvolává také škodlivé změny v chemickém složení půdy.

Splachem stržené hmoty a živiny jsou pak částečně odnášeny soustředěným odtokem do povrchových toků, částečně ukládány na úpatí svahů a v přilehlých údolích jako jemnozrný i hrubší nános. Ten často zanáší pole i vyrůstající plodiny a projevuje se neméně škodlivě jako odnos. Prudké snášky prsti z úbočí k úpatí svahu se vyskytují zejména v kopcovitých krajinách. Avšak již jenom silný přesun živin z úbočí do údolí může působit nepříznivě tím, že přesycuje údolní půdy zejména dusíkem, což má za následek poléhání a slabší výnos obilnin. Spolu se zeminou stéká také voda, která nadměrně zatěžuje roviny pod úpatím erodovaných svahů. V erozi zasaženém území tak vznikají vláhové extrémy, protože svahy jsou suché, ale údolí zamokřená. (Cablík, Jůva, 1963)

S odtékající vodou se přirozeně spolu s částicemi také odnášejí některé rozpustné látky. Ztráta minerálních živin v povrchovém odtoku může být v určitých lokalitách a v nepřilíš častých intervalech značná. Minerální živiny se ale v podpovrchových tocích odnášejí mnohem více než v povrchových. (Forman, Godron, 1993)

Podle Holého (1978) se závažnost znečištění vody minerálními hnojivami v důsledku jejich uvolňování a transportu při erozních procesech se posuzuje podle toho, k čemu se voda bude používat.

Nejčastějším problémem je vliv vody znečištěné minerálními hnojivami na biologickou rovnováhu ve vodních tocích a nádržích. Nastává výrazný růst řas, jež dodávají pitné vodě nežádoucí chuť a zápach, mohou snižovat účinnost filtrů a snížit obsah kyslíku ve vodě do té míry, že je ohrožen život ryb a jiné vodní fauny. Eutrofizované vodní toky nejsou vhodné pro rekreaci. (Holý, 1978)

## 2.5 Rozšíření vodní eroze v České republice

Území naší republiky je intenzivně postihováno vodní erozí. Je to podmíněno zejména členitostí územního reliéfu, půdními podmínkami a zejména intenzivní zemědělskou výrobou.

M.Holý (1978) dělí vodní erozi dle plošného účinku do následujících kategorií:

- I. kategorie = vodní erozí je ohroženo 25% zemědělské půdy,
- II. kategorie = vodní erozí je ohroženo 25 až 50% zemědělské půdy,
- III. kategorie = vodní erozí je ohroženo 50 až 75% zemědělské půdy,
- IV. kategorie = vodní erozí je ohroženo 75% zemědělské půdy.

Rozsah oblastí ohrožovaných vodní erozí podle jednotlivých stupňů je patrný z následující tabulky:

*Tabulka č.4: Oblasti ohrožené vodní erozí a její stupeň (Švehlík 2005)*

| Území               | I. kategorie | II. kategorie | III. kategorie | IV. kategorie |
|---------------------|--------------|---------------|----------------|---------------|
| Čechy               | 218 300      | 632 500       | 96 200         | -             |
| Morava a<br>Slezsko | 400 300      | 154 900       | 114 000        | -             |
| ČR celkem           | 618 600      | 787 400       | 107 600        | -             |
| %                   | 14,05        | 17,89         | 2,44           | -             |

Z celkové výměry zemědělské půdy v České republice (4 409 000 ha) je tedy vodní erozí postiženo celkem 35%, tj. více než třetina zemědělské půdy. (Švehlík, 2005)



## **2.6 Pozemkové úpravy**

### **2.6.1 Historie a vývoj**

Zájem o úpravu rozdrobených pozemků se projevil v Evropě prakticky až v 18.století a byl provázen snahami o vědecké řešení tohoto problému.

V českých zemích patřících do tehdejšího Rakouska-Uherska, se realizovaly první snahy o pozemkové úpravy při aboliční pozemkové reformě v letech 1775 – 1785 jako tzv. arabizace, tj. rozdělení komorních, jezuitských a některých panských velkostatků na jednotlivé usedlosti mezi poddané za plnou náhradu všech důchodů.

Rozvíjely se i další způsoby pozemkových úprav, zejména separace, konsolidace, arondace a komasace. Separace znamenala slučování pozemkové držby jednotlivých hospodářství v samostatné dvorce, konsolidace řešila zpřístupnění pozemků z veřejných cest a úpravu tvaru pozemků. Arondace byla dobrovolná výměna pozemků mezi dvěma nebo několika sousedícími zemědělci vytvářející větší a souvislejší pozemkové celky. (Jonáš, 1990)

Pozemkové úpravy představují soubor činností, při kterých se ve veřejném zájmu prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo dělí a zabezpečuje se jimi přístupnost a využití pozemků a vyrovnání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. (zákon 139/2002). V rámci těchto činností se uspořádávají také vlastnická práva a věcná břemena k pozemkům. Zároveň se zajišťují podmínky pro zlepšení životního prostředí ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako nezbytný podklad pro územní plánování.

### **2.6.2 Formy pozemkových úprav**

#### **Jednoduché pozemkové úpravy (JPÚ)**

Představují účelové řešení s omezeným rozsahem (část určitého katastrálního území, vyřešení přídělů apod.). Zahajují se nejčastěji za účelem vyřešení některých hospodářských potřeb (například urychlené scelení pozemků, zpřístupnění pozemků) nebo určitých ekologických potřeb v krajině (například lokální protierozní nebo protipovodňová opatření) nebo když se pozemkové úpravy mají týkat jen části katastrálního území (např. v důsledku stavební činnosti). Jednoduchými

pozemkovými úpravami lze provést i upřesnění nebo rekonstrukci přidělu půdy přidělené ve smyslu dekretů prezidenta republiky. (Dumbrovský, 2004)

### **Komplexní pozemkové úpravy (KPÚ)**

Na rozdíl od JPÚ je výsledkem KPÚ celkové řešení daného území. Jejich rozsah je větší a zpracování bude rozhodně složitější. Jejich rozsah musí splňovat veškeré náležitosti definované zákonem. Řeší komplexní prostorové a funkční uspořádání pozemků a vlastnických práv k nim, opatření na podporu vodohospodářských a dopravních poměrů, opatření na ochranu a rozvoj životního prostředí. Komplexní pozemkové úpravy též zabezpečují protierozní ochranu, ÚSES, provázanost území a vazby na investiční výstavbu nebo programy obnovy venkova. (Váchal, J., Mazín, V., Dumbrovský, M. a kol. 2005)

### **2.6.3 Stav pozemkových úprav v České republice**

K 31.12.2009 bylo v ČR ukončeno celkem 2438 jednoduchých pozemkových úprav o celkové výměře 202 711,60 ha a rozpracováno bylo 295 JPÚ o celkové výměře 75 534,29 ha.

V případě KPÚ bylo ke stejnému datu ukončeno v ČR 1010 KPÚ o celkové výměře 441 698,74 ha, zapsáno do katastru nemovitostí bylo 991 KPÚ o celkové výměře 430 412,22 ha a rozpracovaných KPÚ bylo 747 o celkové výměře 395 446,43 ha.

Na pozemkové úpravy bylo v roce 2009 vynaloženo celkem (JPÚ+KPÚ) 1 846 805 079,- Kč.

Na rok 2010 je připraveno celkem 2,33 miliard korun na pozemkové úpravy, což představuje zatím rekordní objem peněz. Zdroje pro financování pozemkových úprav a příslušné částky jsou uvedeny v následující tabulce. (www.eagri.cz)

Tabulka č.5: Zdroje financování pozemkových úprav (www.eagri.cz)

| <b>Zdroje</b>   | <b>2010–2013</b> | <b>z toho r. 2010</b> |
|---|------------------|-----------------------|
| Státní rozpočet (VPS)                                     | 3 600 000        | 700 000               |
| Státní rozpočet – OSFA (protipovodňové konto)             | 780 000          | 400 000               |
| Pozemkový fond ČR   | 1 000 000        | 350 000               |
| Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD)                         | 900 000          | 180 000               |
| Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova (EAFRD – PRV) | 2 580 000        | 700 000               |
| <b>Celkem</b>   | <b>8 860 000</b> | <b>2 330 000</b>      |

## 2.7 Hydrologie

Pro účely této práce je nejprve třeba definovat některé základní pojmy. Nejprve povodí. Podle Šilara je povodí území, které je soustavně a soustředěně odvodňováno vodním tokem a soustavou jeho přítoků. V území tvořeném nepropustnými horninami, je omezeno rozvodnicí, která probíhá po hřebtech a vyvýšeninách, jež oddělují povodí od povodí sousedního. Takové povodí nazýváme povodím orografickým nebo též geografickým.

V územích s propustným povrchem zasahuje skutečné povodí toku za hranice orografického povodí, protože voda ze srážek se dostává do vodního toku i z území ležícího za rozvodnicí a to infiltrací a podzemními vodními cestami. Takové území nazýváme povodím podzemní vody nebo povodím geologickým nebo hydrogeologickým. K jeho vymezení je zapotřebí znát geologickou stavbu území. (Šilar, 2006)

Rozvodnice je myšlená čára probíhající po obvodových nejvyšších místech, úbočích, vrcholech, hřebenech a sedlech tak, že odděluje sousední povodí. Rozvodnici rozdělujeme na orografickou (povrchových vod) a hydrogeologickou (viz. předchozí odstavec).

### 2.7.1 Fyzickogeografické charakteristiky povodí

Plocha povodí – je jednou z nejdůležitějších charakteristik, vytváří představu o významu toku. Definována je jako plocha půdorysného průmětu povodí do vodorovné roviny. Udává se zpravidla v km<sup>2</sup>. (Kvítek a kol., 2006)

Tvar povodí – ovlivňuje dobu, za kterou se soustředí voda z celé plochy povodí v uzavírajícím profilu povodí. (Kvítek a kol., 2006)

Tvar povodí posuzujeme podle velikosti hodnoty charakteristiky tvaru povodí  $\alpha$ . Je-li  $\alpha \leq 0,24$  označujeme povodí jako protáhlé, je-li  $\alpha > 0,25$  označujeme povodí jako vějířovité. (Krešl, 2001)

$$\alpha = S_p / L^2$$

L – délka údolnice hlavního toku v km

S<sub>p</sub> – plocha povodí v km<sup>2</sup>

Zeměpisná poloha – udává se zeměpisnými souřadnicemi, mezi kterými se povodí rozkládá a zeměpisnými souřadnicemi uzavírajícího profilu povodí. Udává se

rovněž poloha povodí vzhledem k významným geomorfologickým útvarům. (Kvítek a kol., 2006).

Orografické poměry – výškové a sklonové poměry povodí.

Průměrný sklon povodí:

$$I_p = (\sum_i^n I_i S_i) / S_p$$

Kde:  $I_i$  je střed volených intervalů sklonu

$S_i$  je plochy jednotlivých dílčích plošek v povodí se sklony  $I_i$

$S_p$  je plocha povodí

Při dopadu srážkové vody na zemský povrch je její část zachycena vegetačním krytem, část se vsákne do půdy, část je zadržována na povrchu půdy a část odtéká povrchovým odtokem.

Na povrchu vegetačního krytu jsou dopadající dešťové kapky zadržovány molekulárními silami. Část zachycené srážkové vody se odpaří, část stéká, popř. skapává na zem. Toto zadržování srážek vegetačním krytem nazýváme intercepcí.

Srážková voda po dopadu na půdu je jednak bezprostředně vázána na jejím povrchu, jednak při srážkové intenzitě větší než intenzita vsaku se hromadí v terénních mikrosníženinách. Retence srážkové vody na povrchu půdy se pohybuje v rozmezí 1,0 – 7,5 mm.

Velikost povrchové akumulace lze stanovit podle vztahu (ex Linsley, R.K. a kol. 1962):

$$H_{\text{SpC}} = 0,017182 \cdot k_A \cdot i^{1/3} \cdot L_o^{4/3} \text{ (m}^3 \text{ na m šířky)}$$

$$\text{Kde: } k_A = (0,00165 \cdot i + c) \cdot I^{-1/3}$$

$i$  – intenzita deště v mm.min-1

$I$  – podélný sklon povrchu

$L_o$  – délka úseku povrchu (m)

$c$  – koeficient kvality povrchu

nezpevněný povrch  $c = 0,030$

asfalt  $c = 0,007$

beton  $c = 0,012$

krátce střižený drn  $c = 0,046$

hustý travní porost  $c = 0,060$

Vsak – infiltrace srážkové vody

Při posuzování erozní ohroženosti pozemku nás zajímá kolik vody z jejího celkového množství, které dopadne na dané území odeče povrchovým odtokem.

Povrchový odtok a jeho vznik

Srážky dopadající na povrch Země jsou jednak zadržovány na povrchu vegetace a půdy, jednak vsakují do půdy nebo se vypařují zpět do atmosféry. Při intenzitě deště větší než je intenzita vsaku stéká srážková voda nejprve v souvislé vrstvě jako nesoustředěný povrchový odtok (také svahový) a až poté se rozčleňuje erozivními rýhami do stružek a jimi odtéká do bystřin, potoků, řek, které vytvářejí říční hydrografickou síť. Tuto fázi odtoku vodní sítí nazýváme soustředěný povrchový odtok. Úsek oběhu vody od dopadu srážkové vody až k jejímu soustředování ve vodním toku představuje rozhodující etapu utváření odtoku v povodích malé plošné výměry. (Krešl, 2006)

### **2.7.2 Zjišťování povrchového odtoku**

#### **Metoda čísel odtokových křivek – CN**

Maximální povrchový odtok z malého povodí můžeme vypočítat pomocí metody čísel odtokových křivek neboli CN křivek, rozpracované r. 1964 v USA. Tato metoda vychází z předpokladu, že objem a výška odtoku závisí na meteorologických charakteristikách (úhrn srážek), pedologických charakteristikách (druh půdy) a půdním krytu povodí. Výpočet odtoku vyžaduje určení indexu, který reprezentuje tyto činitele a odpovídá číslu odtokové křivky CN (curve number). Při stanovování indexu je nutno především určit hydrologickou skupinu půd, které jsou z hydrologického hlediska charakterizovány minimální vsakovací schopností.

Povrch půdy je hodnocen podle druhu povrchu půdy, způsobu využívání půdy a podle hydrologických podmínek odtoku, které mohou být špatné, průměrné nebo dobré. (Krešl, 2001)

### 3. CÍL A METODIKA PRÁCE

#### 3.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit erozní ohroženost pozemků v obvodu komplexní pozemkové úpravy Protivec a na rozhraní obvodu PÚ a sousedního území, pomocí výpočtu CN křivek - modifikované rovnice MUSLE pro odhad transportu splavenin a univerzální rovnice pro výpočet ztráty půdy podle Wischmeiera a Smithe a vypočtené hodnoty porovnat s výsledky uvedenými v projektu KPÚ Protivec a navrhnout protierozní opatření.

#### 3.2 Metodika

##### 3.2.1 Univerzální rovnice pro výpočet ztráty půdy (USLE)

Pomocí této rovnice, kterou odvodili roku 1978 pánové Wischmeier a Smith, lze na základě součinu jednotlivých erozních faktorů stanovit roční průměrnou ztrátu půdy z daného pozemku.

Rovnice má tvar  $G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$

##### **Faktor R – faktor erozní účinnosti deště**

Je definován jako součin kinetické energie deště a jeho maximální třicetiminutové intenzity.

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

Kde:

R - faktor erozní účinnosti deště ( $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ )

E - celková kinetická energie deště ( $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ )

$i_{30}$  - max. 30minutová intenzita deště ( $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

##### **Faktor K – faktor erodovatelnosti půdy**

Tento faktor můžeme stanovit několika způsoby:

##### **a) výpočtem z rovnice:**

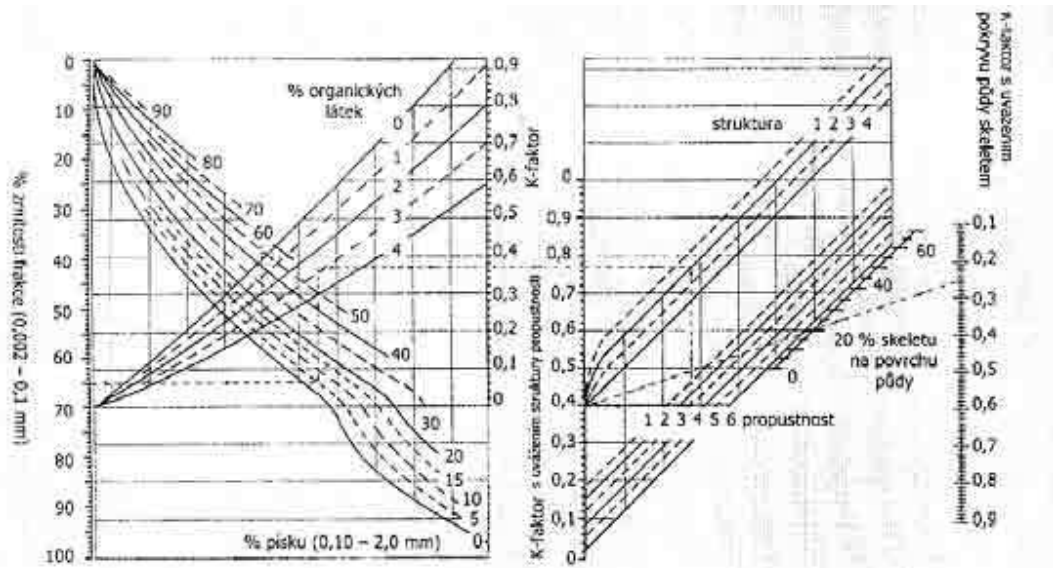
Lze použít pouze pokud obsah prachu a práškového písku (0,002 - 0,1 mm) nepřekročí 70 %.  $100 K = 2,1M^{1.14}10^{-4} (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3)$ , kde:

M je (% prachu + % práškového písku) x (100 - % jílu)

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

**b) Odečtením z nomogramu**

Obrázek č.1: nomogram pro určení faktoru K



Třídy propustnosti c se vztahují na půdní profil, ostatní vstupní hodnoty platí pro ornici. Třída struktury ornice:

- Zrnitá - 1
- Drobtovitá - 2
- Hrudkovitá - 3
- Deskovitá, slitá - 4

Hodnotu faktoru K stanovenou podle rovnice, jakož i určenou z nomogramu je nutno převést na jednotky SI vynásobením součinitelem 1,32.

### c) z tabulky podle kódu BPEJ

Tabulka č.6: Faktor K dle HPJ

| Druhé a třetí místo pětímístného kódu BPEJ | Faktor K ornice | Druhé a třetí místo pětímístného kódu BPEJ | Faktor K ornice |
|--|-----------------|--|-----------------|
| 01   | 0,41            | 28   | 0,35            |
| 02   | 0,46            | 29   | 0,34            |
| 03   | 0,39            | 30   | 0,26            |
| 04   | 0,17            | 31   | 0,21            |
| 05   | 0,40            | 32   | 0,30            |
| 06   | 0,30            | 33-s-t                                     | 0,45 - 0,30     |
| 07   | 0,29            | 34   | 0,26            |
| 08   | 0,65 a)         | 35   | 0,24            |
| 09   | 0,53            | 36   | 0,22            |
| 10   | 0,52            | 37 - 39 c)                                 |                 |
| 11   | 0,55            | 40 - 41 d)                                 |                 |
| 12   | 0,48            | 42   | 0,52            |
| 13   | 0,55 b)         | 43   | 0,61            |
| 14   | 0,66            | 44   | 0,57            |
| 15   | 0,60            | 45   | 0,48            |
| 16   | 0,30            | 46   | 0,55            |
| 17   | 0,29            | 47   | 0,50            |
| 18   | 0,42            | 48   | 0,39            |
| 19-s-t                                     | 0,49 - 0,42     | 49   | 0,49            |
| 20   | 0,34            | 50   | 0,33            |
| 21   | 0,16            | 51   | 0,20            |
| 22   | 0,20            | 52   | 0,34            |
| 23   | 0,18            | 53   | 0,36            |
| 24-s-t                                     | 0,52 - 0,43     | 54   | 0,35            |
| 25   | 0,49            | 55 - 63 e)                                 |                 |
| 26   | 0,49            | 64 - 76 f)                                 |                 |
| 27   | 0,30            | 77 - 78 g)                                 |                 |

- veškeré uvedené hodnoty jsou střední (průměrné) hodnoty pro danou jednotku,  
 - při velké šíři vymezení některých jednotek jsou uvedeny průměrné hodnoty krajních

mezí (s - střední, t - těžké),

- nivní, lužní - černicové a půdní společenstva se zastoupením hydromorfních půd vyžadují vyhledání faktoru K z nomogramu.

a) velká variabilita - odvodit z nomogramu,

b) obvykle na překryvech teras, ne na svazích,

c) použít údaje z půd 18 - 36, v jejichž areálu se nacházejí,

d) použít údajů z ostatních půd, v jejichž areálu se nacházejí,

e) pokud jsou na agradačních valech či jiných svažitéch prvcích nivy, použít nomogram,

f) u svahových půd mozaik a katén hydromorfismu použít nomogram (velká variabilita, zejména v obsahu humusu),

g) vyčlenit ze ZPF.

(převzato z metodiky MŽP)



### **Topografický faktor – součin faktorů L a S**

Hodnotu faktoru L.S pro přímé svahy můžeme vypočítat ze vztahu:

$$LS = 1,0,5 ( 0,0138 + 0,0097 s + 0,00138 s^2)$$

Kde

$l_d$  ... nepřerušená délka svahu [m]

s ... sklon svahu [%]

Pro samostatné určení délky svahu platí vztah:

$$L = (l_d / 22,13)^\alpha$$

$l_d$  ... nepřerušená délka svahu [m]

$\alpha$  ... exponent zahrnující délku sklonu svahu

Hodnoty faktoru S můžeme vypočítat ze vztahu:

$$S = (0,43+0,30s+0,043s^2) / 6,613$$

Kde s ... sklon svahu [%].

### **Faktor ochranného faktoru vegetace – C**

Dešťové kapky působí při svém dopadu na povrch půdy kinetickou energií. Při dopadu kapky na nechráněný povrch půdy dochází dle vlastností konkrétní půdy dříve či později k rozrušování půdních agregátů na drobnější částice, která jsou následně unášeny povrchově stékající vodou pryč z pozemku.

Pokud je povrch půdy chráněn nadzemními částmi rostlin (zejména listy), jsou dešťové kapky zachycovány a je tak zabráněno destruktivnímu působení jejich kinetické energie. I když pak voda stéká po listech na povrch půdy, nemůže již působit takové škody, jelikož půdní agregáty nebyly rozrušeny a transport částic je tak znesnadněn.

Faktor ochranného vlivu vyjadřuje vliv vegetačního pokryvu na ochranu půdního povrchu. Ochranný vliv vegetace závisí na hustotě porostu. Velký ochranný vliv mají trávy a jeteloviny, zatímco širokořádkové plodiny jako například kukuřice či okopaniny chrání půdu nedostatečně. Wischmeier a Smith rozdělili období obdělávání půdy na následující etapy.

1. Období podmínky a hrubé brázdy.
2. Období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí či zasazení.
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního či letního setí nebo sázení (u ozimů do 30/4).

4. Období od konce 3.období do sklizně.
5. Období strniště.

Hodnoty faktoru C pro nejčastěji pěstované plodiny a různou agrotechniku jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab.č.7: Hodnoty faktoru C pro různé plodiny (Metodika MŽP)

| Plodina                        | Zařazení v osevním postupu          | Použitá agrotechnika         | Hodnoty faktoru vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období |                |                |                |                |                |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                |                                     |                              | 1  | 2              | 3              | 4              | 5a             | 5b             |
| Obilniny                       | po 1. roce po jetelovinách          | OP                           | 0,50   | 0,55           | 0,30           | 0,05           | 0,20           | 0,04           |
|                                |                                     | St                           | 0,02   | 0,02           | 0,02           | 0,02           | 0,02           | 0,02           |
|                                | po obilninách                       | OP                           | 0,65   | 0,70           | 0,45           | 0,08           | 0,25           | 0,04           |
|                                |                                     | St                           | 0,25   | 0,25           | 0,20           | 0,08           | 0,25           | 0,04           |
|                                | po okopaninách a kukuřici           | OP                           | 0,70   | 0,75           | 0,50           | 0,08           | 0,25           | 0,04           |
|                                |                                     | St                           | 0,70   | 0,70           | 0,45           | 0,08           | 0,25           | 0,04           |
| Kukuřice                       | sláma předplodiny sklizena          | OP                           | 0,70<br>O K  | 0,90<br>O K    | 0,70<br>O K    | 0,35           | 0,70           | 0,40           |
|                                |                                     | St                           | 0,25 -<br>0,70   | 0,25 -<br>0,70 | 0,25 -<br>0,55 | 0,25           | 0,60           | 0,30           |
|                                | sláma předplodiny nesklizena        | OP                           | 0,60<br>O K  | 0,75<br>O K    | 0,55<br>O K    | 0,25<br>O K    | 0,60<br>O K    | 0,30<br>O K    |
|                                |                                     | St                           | 0,04 -<br>0,30   | 0,04 -<br>0,25 | 0,04 -<br>0,20 | 0,05 -<br>0,20 | 0,25 -<br>0,40 | 0,15 -<br>0,30 |
|                                | do herbicidem umrtveného drnu       | víceletých pícnin            | 0,02   | 0,02           | 0,03           | 0,03           | 0,05           | 0,03           |
|                                |                                     | jílku jako ozimé meziplodiny | 0,05   | 0,05           | 0,05           | 0,05           | 0,15           | 0,10           |
| <b>Brambory,<br/>Cukrovka</b>  | v přímých řádcích libovolného směru |                              | 0,65   | 0,80           | 0,65           | 0,30           | 0,70           |                |
| <b>Vojtěška</b>                |                                     |                              | 0,02   |                |                |                |                |                |
| <b>Jetel červený dvousečný</b> |                                     |                              | 0,015  |                |                |                |                |                |
| <b>Víceletá tráva, louky</b>   |                                     |                              | 0,005  |                |                |                |                |                |

Pozn.: 5a - sláma sklizena, 5b - sláma ponechána, O - po obilovině, K - po kukuřici, OP – setí do zorané půdy, St - setí do strnišť

Faktor C je bezrozměrné číslo, které vyjadřuje míru vlivu vegetačního pokryvu na smyv půdy a představuje poměr smyvu půdy na pozemku s pěstovanými plodinami ku smyvu půdy na kypřeném černém úhoru.

Vegetace působí na půdu jednak svými nadzemními částmi tím, že zachycuje dopadající dešťové kapky a zpomaluje povrchový odtok vody. Dále kořínky rostlin ovlivňují vlastnosti půdy, jako například pórovitost či propustnost půdy a také půdu mechanicky zpevňují.

Při určování faktoru C je třeba váhu rozdělení hodnot faktoru C v jednotlivých pěstebních obdobích korigovat procentickým rozdělením faktoru R v průběhu roku, což je ukázáno v následující tabulce: (Metodika MŽP)

Tabulka č.8: Výpočet faktoru C (Metodika MŽP)

| Období vývoje plodiny                                    | Období            | C . R                |
|--|-------------------|----------------------|
| 1. období podmínky a hrubé brázdy                        | od 1.8. do 20.9.  | 0,65 . 0,208 = 0,135 |
| 2. období od přípravy pozemku k setí do 1.měs. po zasetí | od 21.8. do 30.9. | 0,70 . 0,123 = 0,086 |
| 3. období od konce 2.období do 30.4.                     | od 1.10. do 30.4. | 0,45 . 0,009 = 0,004 |
| 4. období od konce 3.období do sklizně                   | od 1.5. do 20.7.  | 0,08 . 0,552 = 0,044 |
| 5. období strniště                                       | od 21.7. do 31.7. | 0,25 . 0,108 = 0,027 |
| <b>Roční hodnota faktoru C ozimé řepky .....</b>         |                   | <b>= 0,30</b>        |

### Faktor účinnosti protierozních opatření – P

Hodnoty tohoto faktoru udává následující tabulka.

Tabulka č.9: Hodnoty faktoru P (Metodika MŽP)

| Protierozní opatření   | Sklon svahu (%) |        |             |        |
|--|-----------------|--------|-------------|--------|
|  | 2-7             | 7-12   | 12-18       | 18-24  |
| <b>Maximální délka pozemku po spádnici při konturovém obdělávání</b> | 120 m           | 60 m   | 40 m        | -      |
|  | 0,6             | 0,7    | 0,9         | 1,0    |
| <b>Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání</b>             | 40 m            | 30 m   | 20 m        | 20 m   |
|  | 6 pásů          | 4 pásy | 4 pásy      | 2 pásy |
| - okopanin s víceletými pícninami                                    | 0,30            | 0,35   | 0,40        | 0,45   |
| - okopanin s ozimými obilovinami                                     | 0,50            | 0,60   | 0,75        | 0,90   |
| <b>Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic</b>      |                 |        |             |        |
|  | 0,25            | 0,30   | 0,40        | 0,45   |
| <b>Terasování</b>  |                 |        | 0,05 – 0,20 |        |

Jestliže není jisté že budou dodrženy jednotlivé parametry protierozních opatření jako například max. délka pozemku po spádnicí nebo max. šířka a počet pásů, nemůžeme s účinností takového protierozního opatření počítat a hodnota faktoru P bude 1.

### 3.2.2 Metoda CN křivek

Janeček (2008) uvádí, že tato metoda určuje objem přímého odtoku na základě předpokladu, že poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadržen. Toto vyjadřuje následující rovnice:

$$H_o / H_s = R / A$$

kde  $H_o$  – výška odtoku  
 $H_s$  – úhrn srážky  
 $R$  – objem vody zadržené v půdě  
 $A$  – potenciální retence

Odtok začíná po počáteční ztrátě, která je součtem intercepce (zachycení vody povrchem rostlin), infiltrace (vsak vody) a povrchové retence (zadržení vody). Tato počáteční ztráta byla stanovena na základě experimentálních měření na 20% potenciální retence:

$$I_a = 0,2A$$

kde  $A$  – potenciální retence  
 $I_a$  – počáteční ztráta

Po následných úpravách předchozích rovnic dostaneme rovnici pro výpočet přímého odtoku:

$$H_o = (H_s - 0,2A)^2 / [A + (H_s - 0,2A)]$$

kde  $H_o$  – přímý odtok [mm]  
 $H_s$  – úhrn návrhového deště [mm]  
 $A$  – potenciální retence [mm]

Potenciální retence A je vyjádřena pomocí čísel odtokových křivek CN:

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

Objem přímého odtoku lze vypočítat podle následujícího vztahu:

$$O_{PH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o$$

kde  $O_{PH}$  – objem přímého odtoku [ $m^3$ ]

$P_p$  – plocha povodí [ $km^2$ ]

Čísla odtokových křivek CN jsou určována podle:

a) hydrologických vlastností půd

Půdy jsou rozděleny do čtyř skupin A, B, C, D podle minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém syčení, do kterých můžeme konkrétní půdu zařadit podle čísla hlavní půdní jednotky (HPJ), viz. následující tabulka.

b) vlhkosti půdy,

která je určována na základě pětidenního úhrnu předcházejících srážek a vyjádřena třístupňovým indexem předchozích srážek (IPS). IPS I umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou a IPS II značí střední nasycení půdy vodou.

c) využití půdy

Rozhodující je vegetační pokryv, způsob obdělávání a uplatnění protierozních opatření. (Janeček, 2008)

Tabulka č.10.:Hydrologické skupiny půd dle HPJ (Janeček, 2008).

| HPJ | Hydrologická půdní skupina | HPJ | Hydrologická půdní skupina |
|-----|----------------------------|-----|----------------------------|
| 1   | B                          | 40  | B                          |
| 2   | B                          | 41  | B                          |
| 3   | C                          | 42  | B                          |
| 4   | A                          | 43  | B                          |
| 5   | A                          | 44  | C                          |
| 6   | C                          | 45  | C                          |
| 7   | D                          | 46  | C                          |
| 8   | B                          | 47  | C                          |
| 9   | B                          | 48  | C                          |
| 10  | B                          | 49  | D                          |
| 11  | B                          | 50  | C                          |
| 12  | B                          | 51  | C                          |
| 13  | B                          | 52  | C                          |
| 14  | B                          | 53  | D                          |
| 15  | B                          | 54  | D                          |
| 16  | B                          | 55  | A                          |
| 17  | A                          | 56  | B                          |
| 18  | B                          | 57  | C                          |
| 19  | B                          | 58  | C                          |
| 20  | D                          | 59  | D                          |
| 21  | A                          | 60  | B                          |
| 22  | B                          | 61  | D                          |
| 23  | C                          | 62  | C                          |
| 24  | B                          | 63  | D                          |
| 25  | B                          | 64  | C                          |
| 26  | B                          | 65  | C                          |
| 27  | B                          | 66  | D                          |
| 28  | B                          | 67  | D                          |

|    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| 29 | B | 68 | D |
| 30 | B | 69 | D |
| 31 | A | 70 | D |
| 32 | A | 71 | D |
| 33 | B | 72 | D |
| 34 | B | 73 | D |
| 35 | B | 74 | D |
| 36 | B | 75 | C |
| 37 | B | 76 | D |
| 38 | B | 77 | C |
| 39 | C | 78 | C |
| 40 | B |    |   |

### 3.2.3 Modifikovaná rovnice MUSLE – odhad transportu splavenin

Pro odhad transportu splavenin z jednotlivého přívalového deště lze použít modifikovanou rovnici MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) Williams, Berndt (1972), kde je hodnota faktoru R nahrazena součinem objemu a kulminačního průtoku vypočtených metodou CN křivek a ostatní faktory jsou vyjádřeny průměrnými hodnotami faktorů USLE pro povodí. (Janeček, 2008).

$$G = 11,8 \cdot (O_{pH} \cdot Q_{pH})^{0,56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

kde G – transport splavenin z přívalového deště [t]

$O_{pH}$  – objem přímého odtoku [ $m^3$ ]

$Q_{pH}$  – velikost kulminačního průtoku [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

## 4. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI

### 4.1 Poloha

Katastrální území Protivec (okres Prachatice) 757110 se nachází v Jihočeském kraji a spadá pod správu obce Strunkovice na Blanicí (550540), má rozlohu 293 ha a leží asi 10 km severovýchodně od města Prachatice. Obec Protivec má 1203 obyvatel a leží asi 2 km východně od Strunkovic nad Blanicí.

### 4.2 Klima

Dle Quittovy klasifikace se k.ú. Protivec nachází v mírně teplé oblasti – označení MW7. Tato oblast je charakterizována následujícími parametry:

Tabulka č.11: Klimatické charakteristiky mírně teplé oblasti (Atlas podnebí Česka, 2007)

| Parametr                                    | Klimatické charakteristiky |
|---|----------------------------|
| Počet letních dní                           | 30 – 40                    |
| Počet dní s průměrnou teplotou 10 °C a více | 140 – 160                  |
| Počet dní s mrazem                          | 110 – 130                  |
| Počet ledových dní                          | 40 – 50                    |
| Průměrná lednová teplota                    | -2 až -3 °C                |
| Průměrná červencová teplota                 | 16 – 17 °C                 |
| Průměrná dubnová teplota                    | 6 – 7 °C                   |
| Průměrná říjnová teplota                    | 7 – 8 °C                   |
| Průměr. počet dní se srážkami 1mm a více    | 100 – 120                  |
| Suma srážek za vegetační období             | 400 – 450 mm               |
| Suma srážek v zimním období                 | 250 – 300 mm               |
| Počet dní se sněhovou pokrývkou             | 60 – 80                    |
| Počet zatažených dní                        | 120 – 150                  |
| Počet jasných dní                           | 40 – 50                    |

Quittova klasifikace klimatu rozlišuje 23 jednotek ve třech oblastech – teplá, mírně teplá a chladná, které jsou určeny kombinacemi hodnot 14 klimatologických charakteristik. (Atlas podnebí Česka, 2007)

### 4.3 Hydrologie

Řešené území náleží k povodí hydrologického pořadí č. 1-08-03-058. Od jihozápadu k severovýchodu protéká územím v délce 1858 m Zlatý potok, který ze severozápadu obtéká obec Protivec.

Po jižní hranici k.ú. je východo-západním směrem veden otevřený meliorační kanál, který je zaústěn do Zlatého potoka.

Na jihovýchod od obce Protivec se nachází skupina šesti vodních nádrží, z nichž nejnižněji je umístěna největší - Protivecký rybník o výměře 19 408 m<sup>2</sup>.

### 4.4 Geomorfologie

Horopisné členění České republiky zahrnuje 2 systémy, 4 subsystemy, 4 provincie, 10 subprovincií, 28 oblastí a 94 celků.

Podle Czudka (1972), se území České republiky z geomorfologického hlediska člení na dva systémy – Hercynský a Alpsko-Himalájský systém. Jihočeský kraj se nachází v systému Hercynském, subsystemu Hercynská pohoří, v provincii Česká vysočina. Katastrální území Protivec pak dále spadá do Šumavské subprovincie (II), oblasti IIB – Šumavská hornatina a celku IIB-2 Šumavské podhůří.

#### **Šumavské podhůří**

Celek Šumavské podhůří má rozlohu 2 407 km<sup>2</sup>, střední výška dosahuje 634,4 m n.m. a nejvyšším bodem je hora Libín (1 096 m n.m.)

Tuto oblast tvoří členitá vrásno-zlomová vrchovina, vyskytují se zde krystalinické horniny moldanubika (ruly, pararuly, svory). Převládá zde selektivní eroze a denudace, je zde patrný i vliv tektonických pohybů. Reliéf je tvořen oblými strukturální hřbety ve směru SZ-JV, tj. kolmo na hlavní směr odvodňování (Otava, Blanice, Vltava).

Šumavské podhůří se dále člení na tyto podcelky: Strážovská vrchovina, Svatoborská vrchovina, Vimperská vrchovina, Prachatická hornatina (v ní Blanský les), Českokrumlovská vrchovina a Bavorovská vrchovina, do které patří i k.ú. Protivec.

(<http://www.zemepisari.wi.cz/>)



## **Bavorovská vrchovina**

Bavorská vrchovina zaujímá oblast, která sahá na západě až k Sušici a Horažďovicím a na východě za Bavorov až k Vodňanům. Na severu sousedí s Českobudějovickou pánví.

Tento podcelek má rozlohu 678 km<sup>2</sup> a zaujímá 5,9 % Jihočeského kraje. Nejvyšším bodem je hora Na Stráži (700 m n.m.) a nejnižším je místo o nadmořské výšce 398 m. Střední výška je 510,7 m, střední sklon je 4°50′.

Bavorovská vrchovina se ještě dále člení na Budětickou pahorkatinu (mezi Sušicí a Horažďovicemi), Prácheňskou pahorkatinu (jižně od Horažďovic), Miloňovickou pahorkatinu (jihovýchodně od Strakonice), Volyňskou vrchovinu (okolí Volyně), Husineckou vrchovinu, Netonickou vrchovinu (podél hranice s Českobudějovickou pánví) a Netolickou pahorkatinu.

(Chábera a kolektiv, 1985)

## **4.5 Geologie**

Z hlediska geologické stavby můžeme jižní Čechy rozdělit na moldanubikum a paleozoikum. Tyto geologické útvary tvoří základ celého území Jihočeského kraje.

(Chábera a kolektiv, 1985)

### **Moldanubikum**

Na stratigrafické stavbě moldanubika se podílejí tzv. jednotvárná a pestrá série. Jednotvárná série vznikla polymetamorfózou mořských jílovitých břidlic s drobovou příměsí a drob. Vznikly z nich jednotvárné pararuly, případně migmatity. Horniny této série tvoří převážnou část jihočeského moldanubika.

Pestrou sérii tvoří pararuly a migmatity s hojnými vložkami amfibolitů, kvarcitů, erlanů, skarnů a grafitických hornin. (Chábera a kolektiv, 1985)

### **Paleozoikum**

Oblast jižních Čech sekundárně stoupala již od staršího paleozoika a na Šumavě vystupuje dodnes.

Moldanubický pluton se skládá na území jižních Čech z mnoha masivů, kterévšak spolu pod pláštěm krystalických břidlic v poměrně nevelkých hloubkách souvisí. Patří k nim na Českomoravské vrchovině světelský, centrální a jihlavský masív, v oblasti jihočeských pánví klenovský a ševětínský masív, štěpánovická dioritová

žíla a třebonínský masív a v Pošumaví masívy chlumský, Slepíčních hor, Želnavských hor, lipenský, pleknštejnský, volarský, netolický, lštěnský, vyderský a prášilský. (Chábera a kolektiv, 1985)

#### 4.6 Pedologie

V katastrálním území Protivec se vyskytují nejvíce půdy glejové, hnědé (kambizemě) a okrajově též fluvizemě a pseudogleje.

##### Glejové půdy

Jsou typickým případem hydromorfních půd v jižních Čechách. Vyskytují se ve třech nejdůležitějších reliéfově litologických variantách:

- a) V zamokřených depresních částech širších říčních niv a v úzkých údolích drobných vodních toků, na nivních uloženinách, kde navazují na nivní půdy glejové.
- b) V zalučněných svahových depresích bez výrazněji vytvořené nivy, které na údolí řek a potoků navazují a kde půdotvorným substrátem jsou smíšené aluviálně deluviální sedimenty.
- c) V rovinných polohách, v terénních sníženinách a rybníčních pánvích, kde nabazují na hnědé půdy oglejené a stagnoglejové půdy a kde půdotvorným substrátem jsou deluvia vyvěřelých a metamorfovaných hornin a sedimenty jihočeských pánví, převážně křídové a terciární.

Typickým znakem v genezi glejových půd je intenzivní hydromorfní vývoj, podmíněný vysoko položenou stagnující nebo málo pohyblivou hladinou podzemní vody. V podmínkách dlouhodobého zamokření dochází k extrémnímu rozvoji glejového půdotvorného procesu. Probíhající chemické a biochemické reakce mají převážně redukční charakter.

Profily glejových půd jsou převážně hluboké a bez skeletu. Zrnitostní složení je podle povahy substrátu značně proměnlivé, nejčastěji jde o lehké až středně těžké půdy (hlinitopísčité, písčitohlinité a hlinité), lokálně i těžké půdy.

Výška hladiny podzemí vody je různá, v extrémních případech se nachází těsně pod povrchem. (Chábera a kolektiv, 1985)

## 4.7 Fytogeografie

### Acidofilní bikové, jedlové, březové a borové doubravy

Druhově chudé, listnaté, nebo smíšené doubravy s jedlí nebo borovicí, s převahou trav, sítinovitých nebo kečřků, na živinami chudých substrátech v planárním a kolinním stupni, místy až submontánním stupni.

(Neuhäuslová a kolektiv, 1998)

### Biková a jedlová doubrava

Biková doubrava s dominantním dubem zimním se vyznačuje slabší příměsí až absencí méně či více náročných listnáčů – břízy, habru, buku, jeřábu, lípy srdčité, na sušších stanovištích i s přirozenou příměsí borovice. Dub letní se objevuje jen na poměrně vlhčích místech, zejména v jižní polovině Čech. Zmlazené dřeviny stromového patra jsou nejdůležitější složkou slabě vyvinutého patra keřového.

Z ekologického hlediska představuje biková a jedlová doubrava edafický klimax na živinami chudých substrátech (ruly, žuly, svory, kyselé břidlice apod.) v planárním a zvláště kolinním stupni se subkontinentálním klimatem. Často však stoupají i výše, zejména jedlová doubrava, vázaná na poměrně chladnější a vlhčí polohy než biková doubrava. V jihozápadních Čechách, například v oblasti Strakonicka, ji lze konstruovat až do výšek přes 700 m n.m. Tato společenstva osidlují různé reliéfové formy – v pahorkatinách převládá kopcovitý reliéf, jinde víceméně vyrovnané, ploché nebo mírně zvlněné tvary, vzácně i ostřejší svahy říčních kaňonů. Půdy odpovídají zpravidla mezo-oligotrofním až oligotrofním kambizemím typickým nebo luvizemím, pod jedlovými doubravami místy pseudooglejeným. Jejich reakce je kyselá až velmi silně kyselá. Biková doubrava osidluje i půdy občas vysýchavé, jedlová doubrava vlhké až čerstvě vlhké substráty.

V současnosti jsou většinou potenciální stanoviště těchto lesů využívána nejčastěji jako pole, méně pastviny či louky. Lesy blízké lesům přirozeným zaujímají méně než 1% sledované plochy. Většinou jsou zachovány pouze malé plochy, v rámci větších lesních celků. Podstatná část je přeměněna na jehličnaté kultury, zřídka i akátiny nebo kultury dubu červeného.

Příměs 50% borovice sosny je únosná, pokud jsou v porostu přimíseny meliorační dřeviny. Pěstování smrku není příliš vhodné, jeho přírůstky bývají sice na vlhčích stanovištích jedlových doubrav dobré, ale trpí houbovými chorobami.

Lesní porosty přirozeného složení mají významný přínos pro ochranu přírody. Chrání svahy před erozí, jsou útočištěm zvěře a mají také vodohospodářský a estetický význam. V zemědělsky obhospodařované krajině zvyšují biodiverzitu, v městské krajině slouží jako lesy rekreační. (Neuhäuslová a kolektiv, 1998)

## 5. VÝSLEDKY

### 5.1 Výpočet půdního smyvu dle rovnice USLE Wischmeier-Smith

Na posuzovaných pozemcích je uplatňován následující osevňovací postup (dle projektu KPÚ).

1. Pšenice ozimá
2. Ječmen jarní
3. Řepka
4. Kukuřice
5. Jetel

#### Faktor erozní účinnosti deště R

Pro tento faktor jsem použil průměrnou hodnotu odpovídající dané lokalitě  $R=28,35$  (převzato z programu ERCN), která je použita i v projektu KPÚ. Průměrné rozdělení faktoru R do měsíců vegetačního období v ČR jsem použil dle Janečka (2008).

Tabulka č.12 : Rozdělení faktoru R (Janeček, 2008)

| Měsíc       | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. | IX. | X.  |
|-------------|-----|----|-----|------|-------|-----|-----|
| % faktoru R | 0,5 | 10 | 23  | 32   | 27    | 7   | 0,5 |

#### Faktor erodovatelnosti půdy K

Hodnoty tohoto faktoru jsem odečetl z tabulky za pomoci čísel hlavních půdních jednotek (HPJ) zjištěných ze serveru Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Na řešeném území se vyskytovaly převážně HPJ číslo 29, 32 a 50. Odpovídající hodnoty faktoru K uvádím v následující tabulce:

Tabulka č.13: Faktor K

| HPJ | faktor K |
|-----|----------|
| 29  | 0,21     |
| 32  | 0,20     |
| 50  | 0,39     |

## Faktor délky svahu L

Pro určení tohoto faktoru jsem z mapy ZM10 odečetl délky jednotlivých svahů a pomocí tabulky uvedené v metodice stanovil hodnotu faktoru L.

Tabulka č.14: Délky svahů a faktor L

| Odtoková dráha | Délka [m] | Faktor L | Odtoková dráha | Délka [m] | Faktor L |
|----------------|-----------|----------|----------------|-----------|----------|
| <b>1</b>       | 420       | 4,37     | <b>19</b>      | 270       | 3,5      |
| <b>2</b>       | 150       | 2,61     | <b>20</b>      | 160       | 2,69     |
| <b>3</b>       | 250       | 3,38     | <b>21</b>      | 220       | 3,16     |
| <b>4</b>       | 90        | 2,02     | <b>22</b>      | 200       | 3,02     |
| <b>5</b>       | 80        | 1,91     | <b>23</b>      | 100       | 2,13     |
| <b>6</b>       | 210       | 3,09     | <b>24</b>      | 160       | 2,69     |
| <b>7</b>       | 200       | 3,02     | <b>25</b>      | 170       | 2,77     |
| <b>8</b>       | 260       | 3,44     | <b>26</b>      | 290       | 3,62     |
| <b>9</b>       | 120       | 2,32     | <b>27</b>      | 420       | 4,37     |
| <b>10</b>      | 220       | 3,16     | <b>a</b>       | 540       | 4,95     |
| <b>11</b>      | 200       | 3,02     | <b>b</b>       | 660       | 5,47     |
| <b>12</b>      | 210       | 3,09     | <b>c</b>       | 460       | 4,57     |
| <b>13</b>      | 170       | 2,77     | <b>d</b>       | 290       | 3,62     |
| <b>14</b>      | 130       | 2,42     | <b>e</b>       | 460       | 4,57     |
| <b>15</b>      | 410       | 4,32     | <b>f</b>       | 650       | 5,43     |
| <b>16</b>      | 300       | 3,68     | <b>g</b>       | 800       | 6,04     |
| <b>17</b>      | 220       | 3,16     | <b>h</b>       | 750       | 5,84     |
| <b>18</b>      | 180       | 2,86     | <b>i</b>       | 700       | 5,64     |

### Faktor sklonu svahu S

Pomocí vrstevnic jsem z mapy ZM 10 odečetl převýšení, z něj jsem pomocí délky svahu spočítal sklon svahu (převýšení / délka svahu) . 100 a dle sklonu vyhledal v tabulce příslušné hodnoty faktoru S. Hodnoty sklonu svahů a jim odpovídající hodnoty faktoru S uvádím v následující tabulce:

Tabulka č15.: Sklon svahu a faktor S

| Odtoková dráha | Sklon [%] | Faktor S | Odtoková dráha | Sklon [%] | Faktor S |
|----------------|-----------|----------|----------------|-----------|----------|
| 1              | 2,5       | 0,22     | 19             | 10,4      | 1,24     |
| 2              | 6,7       | 0,66     | 20             | 16,9      | 2,60     |
| 3              | 4,0       | 0,35     | 21             | 7,3       | 0,74     |
| 4              | 17,8      | 2,94     | 22             | 6,5       | 0,64     |
| 5              | 12,5      | 1,65     | 23             | 14,0      | 1,97     |
| 6              | 14,3      | 2,04     | 24             | 15,0      | 2,21     |
| 7              | 13,0      | 1,75     | 25             | 8,2       | 0,87     |
| 8              | 6,9       | 0,69     | 26             | 5,5       | 0,51     |
| 9              | 16,7      | 2,64     | 27             | 7,9       | 0,83     |
| 10             | 10,5      | 1,26     | a              | 2,2       | 0,20     |
| 11             | 11,0      | 1,35     | b              | 2,4       | 0,21     |
| 12             | 6,7       | 0,66     | c              | 2,0       | 0,18     |
| 13             | 2,9       | 0,25     | d              | 8,6       | 0,94     |
| 14             | 5,4       | 0,50     | e              | 6,7       | 0,66     |
| 15             | 3,9       | 0,34     | f              | 7,4       | 0,76     |
| 16             | 6,7       | 0,66     | g              | 7,8       | 0,81     |
| 17             | 7,3       | 0,74     | h              | 7,5       | 0,77     |
| 18             | 7,8       | 0,81     | i              | 5,4       | 0,50     |

## Faktor ochranného vlivu vegetace C

Období vývoje plodin jsem rozdělil takto:

- I. 1.9.-15.9.
- II. 16.9.-1.11.
- III. 1.11-30.4.
- IV. 1.5.-31.7.
- V. 1.8.-15.8.

## Pšenice ozimá

Tabulka č.16: faktor C ozimé pšenice

| Období                  | R faktor | C faktor | R.C          |
|-------------------------|----------|----------|--------------|
| I.                      | 0,038    | 0,500    | 0,019        |
| II.                     | 0,038    | 0,550    | 0,021        |
| III.                    | 0,095    | 0,300    | 0,029        |
| IV.                     | 0,677    | 0,050    | 0,034        |
| V.                      | 0,076    | 0,200    | 0,015        |
| <b>C pšenice celkem</b> | -        | -        | <b>0,117</b> |

## Ječmen jarní

Tabulka č.17: faktor C jarního ječmene

| Období                  | R faktor | C faktor | R.C          |
|-------------------------|----------|----------|--------------|
| I.                      | 0,038    | 0,650    | 0,025        |
| II.                     | 0,038    | 0,700    | 0,027        |
| III.                    | 0,095    | 0,450    | 0,043        |
| IV.                     | 0,677    | 0,080    | 0,054        |
| V.                      | 0,076    | 0,250    | 0,019        |
| <b>C ječmene celkem</b> | -        | -        | <b>0,167</b> |



## Řepka

Tabulka č.18: faktor C řepky

| Období                | R faktor | C faktor | R.C          |
|-----------------------|----------|----------|--------------|
| I.                    | 0,038    | 0,650    | 0,025        |
| II.                   | 0,038    | 0,700    | 0,027        |
| III.                  | 0,095    | 0,450    | 0,043        |
| IV.                   | 0,677    | 0,080    | 0,054        |
| V.                    | 0,076    | 0,250    | 0,019        |
| <b>C řepky celkem</b> | -        | -        | <b>0,167</b> |

## Kukuřice

Tabulka č.19: faktor C ozimé kukuřice

| Období                   | R faktor | C faktor | R.C          |
|--------------------------|----------|----------|--------------|
| I.                       | 0,038    | 0,700    | 0,027        |
| II.                      | 0,038    | 0,900    | 0,034        |
| III.                     | 0,095    | 0,700    | 0,067        |
| IV.                      | 0,677    | 0,350    | 0,237        |
| V.                       | 0,076    | 0,700    | 0,053        |
| <b>C kukuřice celkem</b> | -        | -        | <b>0,417</b> |

## Jetel

Tabulka č.20: faktor C ozimé jetele

| Období                 | R faktor | C faktor | R.C          |
|------------------------|----------|----------|--------------|
| I.                     | 0,038    | 0,015    | 0,001        |
| II.                    | 0,038    | 0,015    | 0,001        |
| III.                   | 0,095    | 0,015    | 0,001        |
| IV.                    | 0,677    | 0,015    | 0,010        |
| V.                     | 0,076    | 0,015    | 0,001        |
| <b>C jetele celkem</b> | -        | -        | <b>0,014</b> |

**Průměrný faktor C pro celý osevní postup je C = 0,177.**

## Faktor účinnosti protierozních opatření P

Vzhledem k tomu že v zájmovém území nebyla realizována žádná protierozní opatření, zvolil jsem faktor  $P = 1$ .

## Výpočet G a protierozní opatření

Po dosazení do rovnice  $G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$  jsem získal hodnoty průměrného ročního smyvu půdy z jednotlivých odtokových drah.

Tabulka č.21.: Průměrná roční ztráta půdy – srovnání projektu a výpočtu

| Odtok. dráha | G [t/ha]<br>Průměrná roční ztráta půdy – z projektu | G' [t/ha]<br>Průměrná roční ztráta půdy - vypočteno | Odtok. dráha | G[t/ha]<br>Průměrná roční ztráta půdy – z projektu | G'[t/ha]<br>Průměrná roční ztráta půdy - vypočteno |
|--------------|---|---|--------------|--|--|
| 1            | 1,07  | 1,88  | 19           | <b>6,09</b>  | <b>4,58</b>  |
| 2            | 2,19  | 1,82  | 20           | <b>11,78</b>                                       | <b>7,39</b>  |
| 3            | 2,53  | 1,31  | 21           | 3,88   | 2,47   |
| 4            | <b>10,25</b>  | <b>5,95</b>   | 22           | 0,07   | 2,89   |
| 5            | <b>6,32</b>   | 3,32  | 23           | <b>5,58</b>  | <b>4,21</b>  |
| 6            | <b>8,77</b>   | <b>6,97</b>   | 24           | <b>7,78</b>  | <b>5,97</b>  |
| 7            | <b>8,69</b>   | <b>5,57</b>   | 25           | <b>5,34</b>  | 3,64   |
| 8            | 3,53  | 2,49  | 26           | <b>5,06</b>  | 3,61   |
| 9            | <b>9,33</b>   | <b>6,46</b>   | 27           | <b>9,88</b>  | <b>7,06</b>  |
| 10           | <b>5,53</b>   | <b>4,20</b>   | a            | -  | 1,02   |
| 11           | <b>7,33</b>   | <b>4,30</b>   | b            | -  | 1,22   |
| 12           | 2,55  | 2,15  | c            | -  | 0,87   |
| 13           | 0,79  | 0,77  | d            | -  | 3,57   |
| 14           | 1,27  | 1,27  | e            | -  | 3,18   |
| 15           | 1,59  | 1,48  | f            | -  | <b>4,33</b>  |
| 16           | 3,98  | 2,44  | g            | -  | <b>5,17</b>  |
| 17           | 3,31  | 2,36  | h            | -  | <b>4,74</b>  |
| 18           | 3,93  | 2,44  | i            | -  | 2,96   |

Červeně jsou vyznačeny hodnoty překračující hranici 4 t/ha.

Z tabulky je patrné, že mezní hodnota 4 t/ha byla překročena u odtokových drah 4, 6, 7, 9-11, 19, 20, 23, 24, 27, f-h. Na těchto pozemcích je proto nutno zavést protierozní opatření. Nejprve jsem navrhnul protierozní osevňovací postup, který spočívá v nahrazení kukuřice ozimým ječmenem a vypadal by takto:

1. Jetel
2. Ječmen ozimý
3. Řepka
4. Pšenice ozimá
5. Ječmen jarní

U tohoto osevního postupu se hodnota faktoru C snížila z 0,177 na 0,127 a po dosazení do rovnice vyšel smyv půdy takto:

Tabulka č.22.: Snížení ztrát půdy po uplatnění protierozního osevního postupu

| Odtoková dráha | G [t/ha] | Odtoková dráha | G [t/ha] |
|----------------|----------|----------------|----------|
| 4              | 4,27     | 20             | 5,30     |
| 6              | 5,00     | 23             | 3,02     |
| 7              | 4,00     | 24             | 4,28     |
| 9              | 4,64     | 27             | 5,07     |
| 10             | 3,01     | f              | 3,10     |
| 11             | 3,08     | g              | 3,71     |
| 19             | 3,29     | h              | 3,40     |

Červeně jsou vyznačeny hodnoty překračující hranici 4 t/ha.

Průměrná roční ztráta půdy se snížila v průměru o 0,99 t/ha, avšak u odtokových drah 4, 6, 9, 20, 24, 27 stále zůstává nad limitem 4 t/ha. Na těchto pozemcích proto navrhuji buď zatravnění, které by spolehlivě zabránilo zvýšeným ztrátám půdy (viz. tabulka č.) nebo bezorebné zpracování půdy se setím do strniště. Vzhledem k tomu že jsou některé pozemky orány po spádnici, doporučuji uplatňovat konturovou orbu, která by též mohla významně napomoci omezení zvýšené eroze.

Tabulka č.23 : Hodnoty smyvu půdy na ohrožených pozemcích po zatravnění

| Odtoková dráha | G [t/ha] | Odtoková dráha | G [t/ha] |
|----------------|----------|----------------|----------|
| 4              | 0,17     | 20             | 0,21     |
| 6              | 0,20     | 23             | 0,12     |
| 7              | 0,16     | 24             | 0,17     |
| 9              | 0,18     | 27             | 0,20     |
| 10             | 0,12     | f              | 0,12     |
| 11             | 0,12     | g              | 0,15     |
| 19             | 0,13     | h              | 0,13     |

Po zatravnění těch pozemků, kde byla překročena maximální přípustná ztráta půdy se hodnoty smyvu dostanou hluboko pod stanovenou hranici 4 t/ha.

## 5.2 Odhad transportu splavenin – MUSLE

### Určení čísel odtokových křivek CN

Pomocí půdní mapy ČR 1:50 000 jsem určil půdní typy vyskytující se v zájmovém území. Tyto půdní typy jsem potom na základě HPJ pomocí tabulky č. x přiřadil k příslušné hydrologické půdní skupině. Nakonec jsem na základě využití půdy, způsobu obdělávání a hydrologických skupin přiřadil jednotlivým odtokovým plochám čísla odtokových křivek CN (dle tabulky č.Y).

### Výpočet objemu přímého odtoku a velikosti kulminačního průtoku

Na základě údajů o srážkových úhrnech z meteorologických stanic Husinec a Chelčice poskytnutých pobočkou ČHMÚ v Č.Budějovicích z let 2006 až 2010 jsem stanovil osm návrhových srážek.

Tabulka.č.24: Vybrané návrhové srážky (údaje ČHMÚ, 2006-2010)

| Datum            | Úhrn [mm] |
|------------------|-----------|
| 29/6 – 30/6 2006 | 42,4      |
| 7/7 2006         | 46,3      |
| 12/7 2006        | 57,3      |
| 28/5 2007        | 18,5      |
| 6/9 2007         | 52,5      |
| 25/6 2008        | 10,5      |
| 26/5 2009        | 17,3      |
| 22/7 – 23/7 2010 | 22,9      |

Pro výpočet těchto dvou parametrů jsem použil program ERCN (VÚMOP).

Obrázek č.2: Program ERCN

**Výpočet kulminačního průtoku pomocí CN - křivek**

Zadání vstupních hodnot:

Plocha povodí : 22,228 ha

Průměrné CN : 82

Max. 24-h srážkový úhrn : 42,4 mm

Opravný koef. nádrží : 1,00 mm

**Přímý odtok : 11,22 mm**

**la / Hs : 0,26**

**OpH : 2494,73 m<sup>3</sup>**

**qpH = 1,02**

**QpH = 0,70 m<sup>3</sup>/s**

C:\Users\fil\Documents\škola\diplomka\vypočty\A.tc

**Celková doba koncentrace**

Plošný povrchový odtok

Délka : l = 163 m **Hydraulický sklon : s = 0,129 tg α**

Drsnost : n = 0,06 **Dvouletý 24-h déšť : Hs2 = 37,9 mm**

**Tta = 0,208 h**

Soustředěný odtok o malé hloubce

Délka : l = 163 m **Hydraulický sklon : s = 0,129 tg α**

Povrch na zájmovém území

Nedlážďený **Rychlost : v = 1,766 m / s**

Dlážďený **Ttb = 0,026 h**

Soustředěný odtok v otevřeném korytě

Délka : l =  m **Hydraulický sklon : s =  tg α**

Drsnost : n =  **Plocha příč. profilu : F =  m<sup>2</sup>**

Rychlost : v =  m / s **Omezený obvod : D =  m**

**Ttc =  h** **Hydraulický poměr : R =  m**

**Tc = 0,234 h**

Do příslušných políček jsem postupně pro každou odtokovou plochu vyplnil její výměru, průměrné CN, návrhovou srážku, délku a sklon a poté vypočítal objem přímého odtoku a kulminační průtok. Tento postup jsem u každé odtokové plochy opakoval pro každou z osmi návrhových srážek.

### Odhad transportu splavenin

Vypočtené hodnoty jsem spolu s hodnotami parametrů K, L, S, C a P dosadil do modifikované rovnice MUSLE a vypočítal odhad transportu splavenin pro každou odtokovou plochu a každou návrhovou srážku. Jako příklad uvádím hodnoty za rok 2006, kdy se vyskytlo nejvíce přívalových srážek ve sledovaném období.

Tabulka č.25: Odhad transportu splavenin za rok 2006

| Odtoková plocha | $G_2$ [t.ha <sup>-1</sup> ]<br>Ztráta půdy při<br>návrhové<br>přívalové srážce | Odtoková plocha | $G_2$ [t.ha <sup>-1</sup> ]<br>Ztráta půdy při<br>návrhové<br>přívalové srážce |
|-----------------|--|-----------------|--|
| <b>A</b>        | 39,49  | <b>F</b>        | 18,67  |
| <b>B</b>        | 5,82   | <b>G</b>        | 20,76  |
| <b>C</b>        | 7,61   | <b>H</b>        | 53,95  |
| <b>D</b>        | 23,85  | <b>I</b>        | 14,98  |
| <b>E</b>        | 31,63  | <b>J</b>        | 37,90  |
| <b>-</b>        | -  | <b>K</b>        | 40,26  |

V dalším kroku jsem potom sečetl ztrátu půdy z jednotlivých odtokových linií, které se nacházejí na konkrétních odtokových plochách a údaje sestavil pro porovnání do tabulky.

Tabulka č.26: Porovnání erozního smyvu dle různých metod výpočtu

| Odtoková plocha | 1<br>Erozní smyv dle<br>USLE [t.ha <sup>-1</sup> ] | 2<br>Erozní smyv dle<br>MUSLE [t.ha <sup>-1</sup> ] | 2-1<br>Rozdíl<br>[t.ha <sup>-1</sup> ] |
|-----------------|--|---|--|
| <b>A</b>        | 24,44  | 39,49   | 15,05                                  |
| <b>B</b>        | 1,94   | 5,82  | 3,88                                   |
| <b>C</b>        | 4,48   | 7,61  | 3,13                                   |
| <b>D</b>        | 26,53  | 23,85   | -2,68                                  |
| <b>E</b>        | 5,53   | 31,63   | 26,1                                   |
| <b>F</b>        | 14,72  | 18,67   | 3,95                                   |
| <b>G</b>        | 7,35   | 20,76   | 13,41                                  |
| <b>H</b>        | 20,53  | 53,95   | 33,42                                  |
| <b>I</b>        | 14,87  | 14,98   | 0,11                                   |
| <b>J</b>        | 10,70  | 37,90   | 27,20                                  |
| <b>K</b>        | 4,67   | 40,26   | 35,59                                  |

Plochy I, J a K se nacházejí mimo obvod pozemkové úpravy a při přívalovém dešti z nich voda odtéká do otevřeného melioračního kanálu, který protéká po jižní části obvodu pozemkové úpravy a vlévá se do Zlatého potoka, který protéká směrem od jihu na sever řešeným územím. Příklady objemu vody odtékající z těchto pozemků při návrhovém přívalovém dešti jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka č.27: Objem vody odtékající z pozemků ze sousedního kat. území

| Odtoková plocha | Objem přímého odtoku [m <sup>3</sup> ] |
|-----------------|--|
| <b>I</b>        | 1894                                   |
| <b>J</b>        | 6513                                   |
| <b>K</b>        | 3093                                   |

## 6. ZÁVĚR A DISKUZE

Ve své diplomové práci jsem posoudil erozní ohroženost pozemků v katastru obce Protivec prostřednictvím univerzální rovnice na výpočet splavené půdy USLE (Wischmeier, Smith, 1965) a metodou CN křivek a vypočtené hodnoty porovnat s výsledkem ke kterému dospěli projektanti KPÚ Protivec.

Nejprve jsem s pomocí mapy ZM 10 stanovil potřebné faktory pro výpočet 27 potenciálních odtokových drah uvnitř obvodu pozemkové úpravy (dle projektu KPÚ) a 9 odtokových drah na rozhraní se sousedními katastrálními územími. Dále jsem stanovil pomocí tabulek hodnoty všech ostatních faktorů a vypočetl průměrnou roční ztrátu půdy z jednotlivých pozemků. Při srovnání výsledků s hodnotami uvedenými v projektu KPÚ jsem zjistil, že projektanti stanovili jako erozně ohrožené 14 odtokových drah, zatímco dle mých výpočtů vyšlo těchto drah pouze 11 a 3 dráhy nově navržené. Tento rozdíl přičítám rozdílně zvolenému faktoru C, jelikož v projektu KPÚ byla použita hodnota 0,271 a já jsem použil hodnotu 0,177.

Pro pozemky, na nichž se nacházely odtokové dráhy, které vykazovaly překročení limitu smyvu půdy (4 t/ha pro středně hluboké půdy) jsem navrhl a spočítal protierozní opatření. V první fázi protierozní osevnický postup, který spočíval ve vyřazení pěstování kukuřice a jejím nahrazení ozimým ječmenem. Po tomto zásahu došlo ke snížení smyvu půdy pod stanovený limit 4 t/ha u většiny z ohrožených odtokových drah, ale u 6 z nich byla hodnota smyvu stále nadlimitní. Proto jsem dále navrhl zatravnění nejvíce ohrožených pozemků, výsledkem čehož bylo snížení smyvu půdy pod limitní hodnotu i u zbylých odtokových drah.

V poslední fázi jsem pomocí metody CN křivek a modifikované univerzální rovnice pro odhad transportu splavenin (MUSLE) vypočítal množství splavené půdy při návrhovém přívalovém dešti. Zabýval jsem se 11 lokalitami, které jsem zakreslil do digitalizované mapy ZM 10. Abych mohl srovnat výsledky vypočtené pomocí univerzální rovnice USLE a modifikované rovnice MUSLE, přepočítal jsem oboje výsledky na t/ha za rok a tyto hodnoty potom porovnal v tabulce. Výsledky se lišily v průměru o 14,47 t/ha a to tak že smyv půdy vypočítaný pomocí metody CN křivek a rovnice MUSLE vycházel kromě jednoho případu podstatně větší.

Oblast KPÚ Protivec jsem osobně navštívil a pořídil odtud fotodokumentaci (viz. příloha). Zjistil jsem že některé svažité pozemky jsou zde orány po spádnicí, což samozřejmě napomáhá procesu vodní eroze. Doporučil bych tedy začít s konturovou orbou, avšak ta může být pouze doporučena, nikoliv nařízena, stejně

jako protierozní osevní postup. Nejjistější cestou zabránění vodní erozi na nejohroženějších pozemcích by byla delimitace kultur a zatravnění, což však bude zcela jistě v rozporu s okamžitými zájmy hospodařících zemědělců. K určitému omezení rozvoje vodní eroze však určitě dojde v souvislosti s budováním nové cestní sítě, která způsobí zkrácení nepřerušené délky některých pozemků.

S ohledem na výsledky mých výpočtů bych doporučil při posuzování erozní ohroženosti pozemků a návrhu protierozních opatření využívat nejen univerzální rovnici pro výpočet splavené půdy (USLE), ale také metodu CN křivek a výpočty z ní vycházející.



## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Brady, N. C.; Weil, R. R. *The Nature and Properties of Soils*, 13th ed.; Pearson Education: New Jersey, 2002. ISBN 0-13-016763-0

[2] Bílek, M.; Kálal, J.; Bílek, J.; et al. Jižní Čechy a Šumava.  
<http://www.jiznicechy.org/cz/index.php?path=prir/sumpodh.htm> (accessed Feb 08, 2011).

[3] Cablík, J.; Jůva, K. *Protierozní ochrana půdy*, 2nd ed.; Státní zemědělské nakladatelství: Praha, 1963.

[4] Doležal, P.; Pavlík, M.; Střítecký, L.; Dumbrovský, M.; Martének, J. *Metodický návod k provádění pozemkových úprav*, 1st ed.; Praha, 2010.

[5] Dostál, T. Protierozní ochrana jako součást krajinného inženýrství. *Pozemkové úpravy* **2009**, 69, 20–23.

[6] Forman, R. T.; Godron, M. *Krajinná ekologie*, 1st ed.; Academia: Praha, 1993.

[7] Hauptman, I., Kukul, Z., Pošmourný, K., Eds. *Půda v České republice*, 1st ed.; Consult: Praha, 2009.

[8] Holý, M. *Protierozní ochrana*, 1st ed.; SNTL-Nakladatelství technické literatury: Praha, 1978.

[9] Chábera, S.; et al. *Jihočeská vlastivěda*, 1st ed.; Jihočeské nakladatelství: České Budějovice, 1985.

[10] Janeček, M.; et al. *Nové směry v protierozní ochraně půdy*, 1st ed.; Ústav zemědělských a potravinářských informací: Praha, 1999.

- [11] Janeček, M.; et al. *Základy erodologie*, 1st ed.; Česká zemědělská univerzita v Praze: Praha, 2008.
- [12] Jonáš, F.; et al. *Pozemkové úpravy*, 1st ed.; Státní zemědělské nakladatelství: Praha, 1990.
- [13] Jůva, K.; Hrabal, A.; Tlapák, V. *Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší*, 1st ed.; Státní zemědělské nakladatelství: Praha, 1977.
- [14] Kaulich, K. Pozemkové úpravy a jejich finanční zabezpečení do roku 2013. *Zpravodaj MZe 2/2010* [Online] **2010**.  
<http://denik.obce.cz/GO/clanek.asp?id=6434470> (accessed Oct 07, 2012).
- [15] Kozák, J.; et al. *Atlas půd České republiky*, 2nd ed.; ČZU Praha: Praha, 2009.
- [16] Metodika MŽP k navrhování protipovodňových opatření v ploše povodí, které současně řeší obnovu vodního režimu a snižování vodní eroze, 2008.
- [17] Neuhäuslová, Z.; et al. *Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky*, 1st ed.; Academia: Praha, 1998.
- [18] Pasák, V.; et al. *Ochrana půdy před erozí*, 1st ed.; Státní zemědělské nakladatelství: Praha, 1984.
- [19] Regionální geografie České republiky.  
[http://www.zemepisari.wi.cz/index\\_soubory/download/dalsi/CR\\_popis.pdf](http://www.zemepisari.wi.cz/index_soubory/download/dalsi/CR_popis.pdf) (accessed Feb 08, 2011).
- [20] Statistika, 2009. Pozemkové úřady. [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz) (accessed Oct 07, 2010).
- [21] Švehlík R. 2005: Vodní eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech. – Sborník Přírodovědeckého klubu v Uh. Hradišti, Supplementum 12, 64 pp.

[22] Švehlík R. 2002: Větrná eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech. – Sborník Přírodovědeckého klubu v Uh. Hradišti, Supplementum 8, 80 pp.

[23] Tolasz, R.; et al. *Atlas podnebí Česka*, 1st ed.; Český hydrometeorologický ústav: Praha, 2007.

[24] Vrána, K.; et al. *Revitalizace krajiny*, 1st ed.; Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: České Budějovice, 2009.

[25] Zákon o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech. 139/2002 sb.

### **Mapové podklady**

Půdní mapa ČR 1:50 000, list 22-43 Vodňany

Základní mapa ČR 1 : 10 000, list 22-43-17

Základní vodohospodářská mapa ČR 1 : 50 000, list 22-43 Vodňany

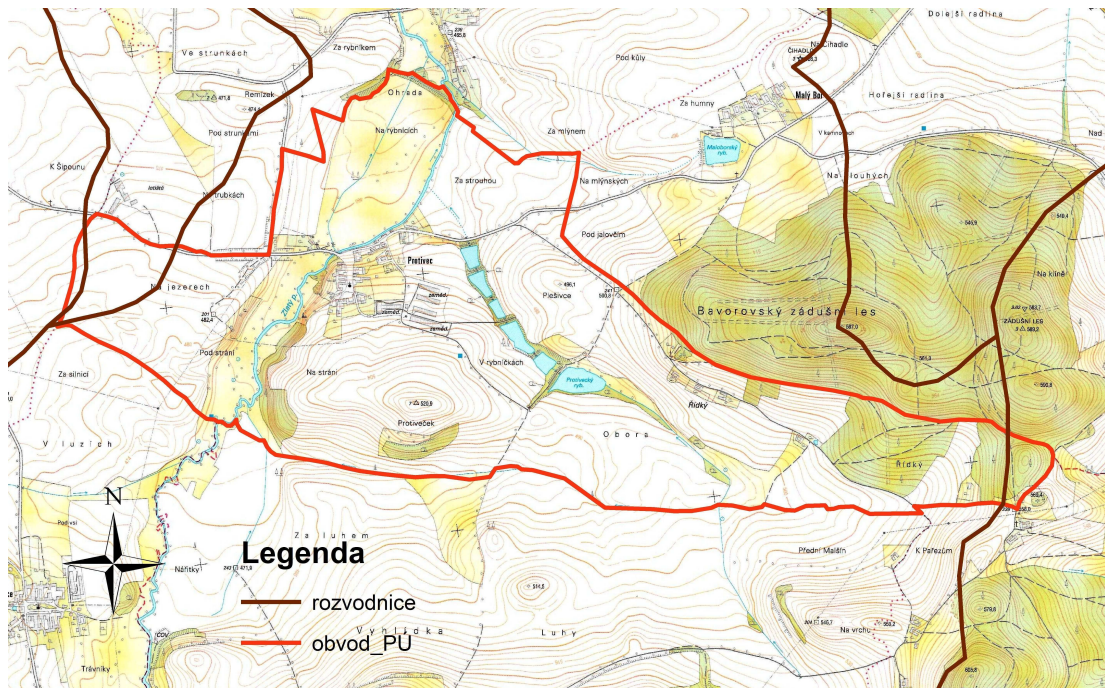
## **Seznam příloh**

Příloha č.1 – obrázky:

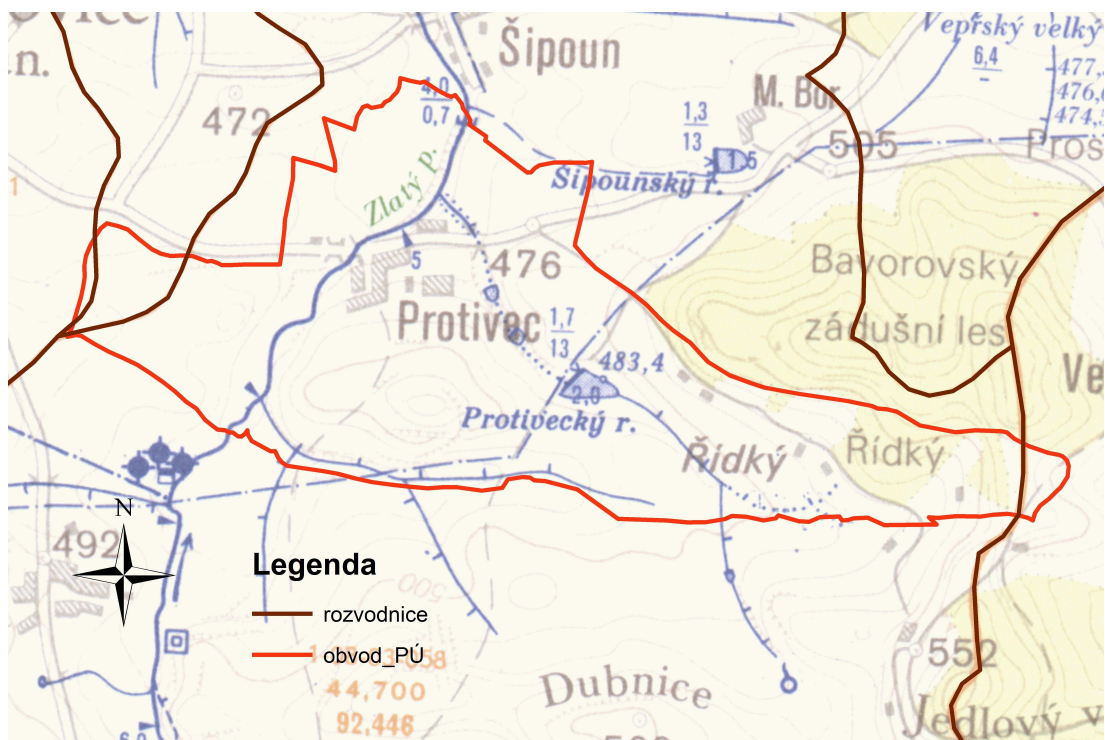
- Obr.č.1 Obvod pozemkové úpravy a rozvodnice na podkladě ZM10
- Obr.č.2 Obvod pozemkové úpravy a rozvodnice na podkladě vodohospodářské mapy 1:50 000

Příloha č.2 - fotodokumentace

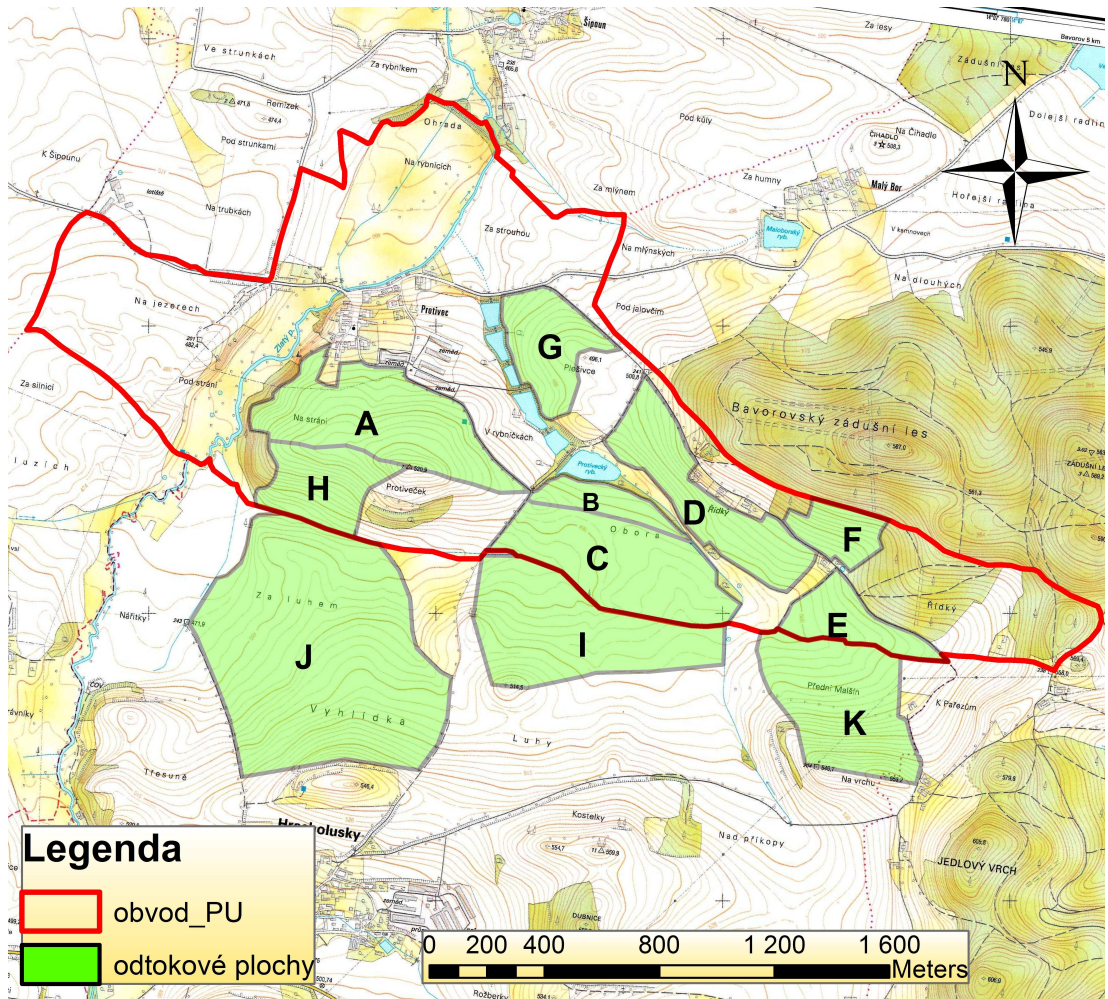
## Příloha č.1



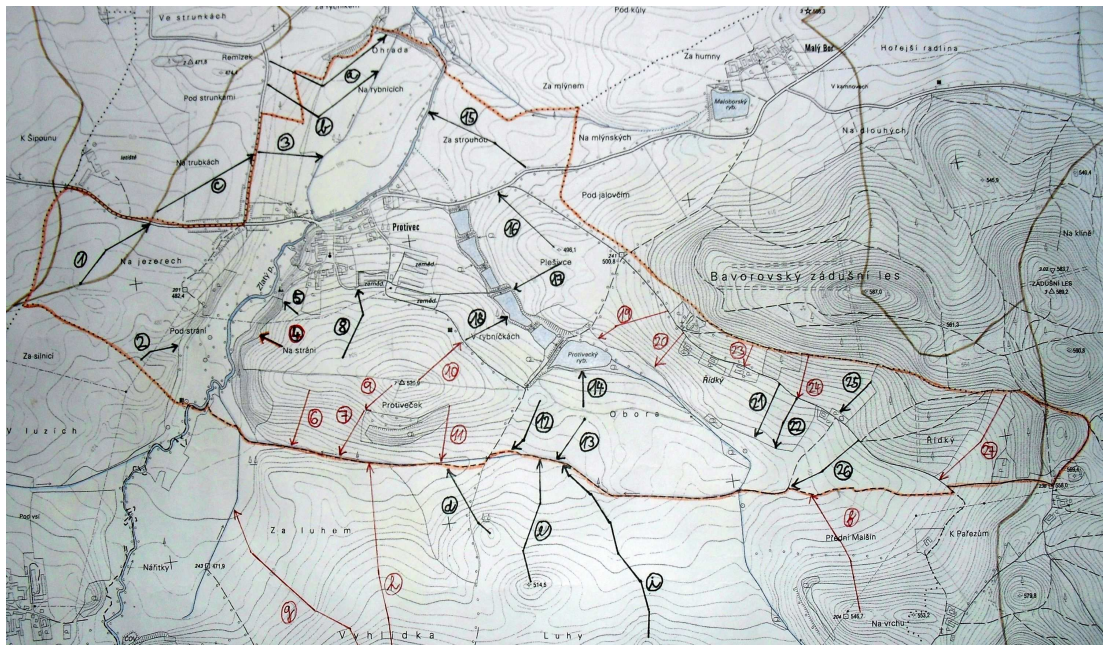
Obvod pozemkové úpravy a rozvodnice na podkladě ZM10



Obvod pozemkové úpravy a rozvodnice na podkladě vodohospodářské mapy 1:50 000



Odtokové plochy



Odtokové dráhy, červeně jsou vyznačeny dráhy u kterých byl překročen limit 4 t/ha

## Příloha č.2



*Foto č.1: Orná půda jižně od obce Protivec*



*Foto č.2: Pohled směrem k Protiveckému rybníku*



*Foto č.3: Orná půda nad obcí protivec v jižní části území*



*Foto č.4: Orná půda nad obcí Protivec v jižní části území*



*Foto č.5: pohled směrem k jižní hranici území*



*Foto č.6: Otevřený meliorační kanál na jižní hranici k.ú.*





*Foto č.7:Protivecký rybník*



*Foto č.8:Orná půda v západní části k.ú.*



*Foto č.9: Pohled ze severní hranice k.ú. na SV*



*Foto č.10: Zlatý potok protékající obcí Protivec*



*Foto č.11: Zlatý potok protékající obcí Protivec*



*Foto č.12: Pohled od Zlatého potoka směrem k návsi*