

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 MODELOVÉM POVODÍ VÝPOČTEM CN KŘIVEK

Autor diplomové práce: **Eva Nováková**

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

2010

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra pozemkových úprav
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva NOVÁKOVÁ**

Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**

Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Řešení protierozní ochrany na modelovém povodí
výpočtem CN křivek.**

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 modelovém povodí.
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 řešenou oblast .

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

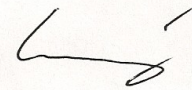
Seznam odborné literatury:

- 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
Časopis Soil and Water.

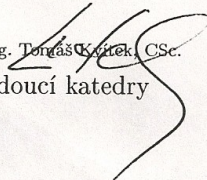
Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Ondr, CSc.
Katedra pozemkových úprav

Datum zadání diplomové práce: 13. března 2008

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2010

V.2 
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

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


doc. Ing. Tomáš Křítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 13. března 2008

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s §47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (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, 30.04. 2010

Eva Nováková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Pavlu Ondrovi, CSc. za jeho ochotu a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych chtěla poděkovat všem ostatním, kteří mi vyšli maximálně vstříc a umožnili mi přístup ke všem potřebným informacím.

ANOTACE

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení erozních jevů a odtokových poměrů na části povodí Zubčického potoka, do které zasahuje pozemková úprava Věžovatá Pláně. Popis území jsem vyhotovila pro toto povodí z pohledu geomorfologického, geologického, pedologického, klimatického a fyto geografického. Pro vyhodnocení erozních jevů na území řešeném pozemkovou úpravou byla použita univerzální rovnice ztráty půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe a na ploše mikropovodí metoda čísel odtokových křivek a následně upravená univerzální rovnice ztráty půdy dle Williamse a Berndta. Dále byly odtokové poměry posouzeny za použití Čerkašinoва vzorce pro výpočet velkých vod na malých povodích. Výsledkem diplomové práce je zhodnocení erozních a odtokových poměrů, návrh protierozních opatření a vyhodnocení jejich vlivu na erozní a odtokové poměry v mikropovodí.

Klíčová slova: eroze; ztráta půdy; pozemková úprava; povodí; CN křivky; transport splavenin.

ANNOTATION

The goal of this thesis is to evaluate erosion processes and runoff conditions in a part of catchment Zubčický potok containing the land arrangement Věžovatá Pláně. I drew up the area description for this catchment in terms of geomorphological, geological, pedological, climatic and phytogeographical aspect. For the evaluation of erosion processes in the solved area was used the universal soil loss equation by Wischmeier and Smith and in the microcatchment was used the CN method. Further, flow conditions was evaluated using Čerkašin equation. The result of this thesis is evaluation of erosion and runoff conditions, concept of erosion control measures and evaluation their impact on erosion and runoff conditions in the microcatchment.

Key words: erosion; soil loss; land arrangement; catchment; CN method; sediment transport.

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
2.1 Eroze.....	10
2.1.1 Formy eroze.....	11
Vodní eroze.....	11
Ledovcová eroze.....	12
Sněhová eroze.....	13
Větrná eroze.....	13
Zemní eroze.....	14
Antropogenní eroze.....	14
2.1.2 Intenzita eroze.....	15
2.1.3 Následky vodní eroze.....	15
2.1.4 Eroze v České republice.....	19
2.1.5 Určení ohroženosti pozemků erozí.....	19
2.1.6 Ochrana proti vodní erozi.....	26
3 CÍL A METODIKA PRÁCE.....	38
3.1 Cíl práce.....	38
3.2 Metodika.....	38
3.2.1 Univerzální rovnice ztráty půdy.....	38
3.2.2 Čerkašinův vzorec pro výpočet velkých vod na malých povodích.....	42
3.2.3 Metoda čísel odtokových křivek.....	43
3.2.4 Kulminační průtok.....	44
3.2.5 Výpočet transportu splavenin.....	47
4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI.....	49
4.1 Geomorfologie.....	49
4.2 Geologie.....	50
4.3 Pedologie.....	52
4.4 Popis povodí Zubčického potoka.....	54
4.5 Klimatické podmínky.....	55

4.6 Fytogeografické aspekty vegetace.....	56
4.7 Přírodní park Poluška.....	58
5 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	60
5.1 Wischmeier-Smithova univerzální rovnice ztráty půdy.....	60
5.1.1 Faktor erozní účinnosti deště R.....	61
5.1.2 Faktor náchylnosti půdy k erozi K.....	61
5.1.3 Faktor délky svahu L.....	61
5.1.4 Faktor sklonu svahu S.....	62
5.1.5 Faktor ochranného vlivu vegetace C.....	62
5.1.6 Faktor účinnosti protierozních opatření P.....	64
5.2 Čerkašinův vzorec pro výpočet velkých vod na malých povodích.....	66
5.3 Metoda čísel odtokových křivek.....	67
5.3.1 Přímý odtok.....	67
5.3.2 Kulminační průtok.....	69
5.4 Výpočet transportu splavenin.....	70
6 ZÁVĚR.....	71
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	73
8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	78
9 SEZNAM PŘÍLOH.....	79

1 ÚVOD

Eroze půdy je všudypřítomný přírodní proces, který díky činnosti člověka získává na síle. Půda je neobnovitelným zdrojem a proto ji musíme chránit a zachovat pro další generace. Mezi následky vodní eroze můžeme zařadit ochuzování půdního profilu o živiny, jeho zeslabování, znečištění vod vyplavenými živinami a chemickými látkami ze zemědělsky využívaných ploch a také zanášení vodních nádrží splaveninami. Odstranění následků erozní činnosti je finančně i časově náročné. Úroveň erozního ohrožení můžeme podstatně snížit některým ze tří typů protierozních opatření, které se od sebe liší jednak náklady potřebnými na jejich provedení a také jejich účinností. Výhodou organizačních a agrotechnických opatření je oproti technickým jejich menší finanční náročnost a realizace bez nutnosti stavebního povolení. Nevýhodou agrotechnických opatření je, že se jedná pouze o doporučení a zeměděle nelze donutit tato navržená opatření respektovat.

Ve své diplomové práci jsem se zabývala vyhodnocením erozních jevů a odtokových poměrů na části povodí Zubčického potoka, do které zasahuje pozemková úprava Věžovatá Pláně.

Nejprve jsem řešila erozní ohrožení u pozemků, kterými se zabývali i projektanti pozemkové úpravy. Pomocí univerzální rovnice ztráty půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe jsem vypočetla průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy na těchto pozemcích, navrhla protierozní opatření a vypočetla ztrátu půdy, jaká by byla na erozně ohrožených pozemcích po jejich realizaci.

Dále jsem dle Čerkašina vypočetla hodnoty průtoků s různou dobou opakování pro území mikropovodí Zubčického potoka, ve kterém se nachází i území řešené pozemkovou úpravou. Důvodem, proč jsem neřešila celé území povodí Zubčického potoka byla jeho relativně velká rozloha, díky které by se neprojevila případná změna kultur, vyplývající z protierozní ochrany v rámci komplexní pozemkové úpravy, vůbec nebo jen velmi málo.

Posledním krokem byl na tomtéž mikropovodí výpočet kulminačního průtoků pomocí metody čísel odtokových křivek a následně výpočet hodnoty transportu splavenin pomocí upravené univerzální rovnice dle Williamse a Berndta.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Eroze

Hlavními problémy půd v Evropské unii jsou kontaminace a nevratné ztráty v důsledku zvyšující se eroze. Předpokládá se, že se bude půda v Evropě i nadále znehodnocovat, pravděpodobně v důsledku změn klimatu, využitím půdy a lidskou činností obecně. Půdní eroze je považována za jednu z hlavních a nejrozšířenějších forem degradace půdy a jako taková přináší přísná omezení udržitelného využití zemědělské půdy. Eroze snižuje úrodnost půd a přispívá k problémům kvality vody tím, že způsobuje hromadění sedimentů a agrochemikálií ve vodních tocích. Dlouhotrvající eroze způsobuje postupem doby nevratné ztráty půdy a snižuje ekologické funkce půdy. (Gobin et al., 2004)

Procesy působící erozi půdy jsou součástí rozsáhlého komplexu exogenních reliéfových procesů, které nepřetržitě formují a přetvářejí povrch naší planety. Tyto procesy postupují pozvolna, dlouhodobě. Výsledkem nevhodných zásahů člověka do krajiny je zvýšená až katastrofální eroze, mající za následek poškození až zničení úrodné půdy. (Pasák a kol., 1984)

Ztráta půdy při erozních procesech postihuje nejvíce zemědělství. Uvolňování a odnos půdních částic se často děje ve velkém měřítku. Mnohdy se při intenzivních srážkách smyje mělká půdní vrstva a obnaží se půdní podklad, což má při dlouhodobém procesu tvorby nové půdy pro zemědělskou i lesní výrobu velmi nepříznivé důsledky. (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. (Pasák a kol., 1984)

2.1.1 Formy eroze

Podle činitele, který způsobuje vznik a působí na průběh erozních procesů, rozeznáváme erozi vodní, ledovcovou, sněhovou, větrnou, zemní a antropogenní. (Zachar, 1970)

Vodní eroze

Dešťové kapky dopadající na nechráněný půdní povrch rozrušují svou kinetickou energií půdní agregáty a uvolňují půdní částice. Je-li intenzita a úhrn deště větší než vsakovací schopnost půdy, dochází po zaplnění mikroakumulačních prostor na povrchu půdy k povrchovému odtoku. Na nerovných a svažitéch pozemcích se stékající voda postupně soustřeďuje a na vegetací dostatečně chráněné půdě působí erozně a vytváří v ní drobné rýžky, rýhy až strže. Snížením sklonu terénu nebo rozptýlením povrchového odtoku klesá jeho unášecí síla a dochází k sedimentaci unášených půdních částic. Vzhledem k tomu, že se nejdříve usazují nejhmotnější půdní částice, bývají dolní části pozemků pokrývány hrubozrnným materiálem, zatím co nejjemnější minerální a zejména organické částice a rozpuštěné látky vnikají do stálé hydrografické sítě – toků. (Janeček a kol., 1992)

Plošná eroze se projevuje smyvem půdy poměrně rovnoměrně na celé ploše. Selektivně postihuje přemísťování nejjemnějších půdních částic. Vyskytuje se i při méně intenzivních deštích. Větší intenzitou deště dochází k postupnému soustřeďování tekoucí vody do stružek a rýh; plošná eroze přechází v erozi rýhovou. Rýhy se dále postupně prohlubují, až stékající voda nabývá charakter soustředěného odtoku se stále větší vymílající schopností. Na delších svazích může rýhová eroze vyvolat tvorbu výmolů a strží (eroze výmolová). (Pasák a kol., 1984)

Kromě suchých oblastí teče voda, která prosakuje do půdy, napříč a dolů do blízkého toku nebo jiného vodního tělesa jako podpovrchový tok. Tento proud vody s sebou může nést řadu látek. Rozpuštěné látky jako minerální živiny jsou přítomny vždy, stejně jako malé organismy a rostlinná rozmnožovací tělíska. (Forman - Godron, 1993)

Podzemním vymýváním vodou se vytvářejí primární a sekundární sufozní útvary. K primárním počítáme takové, které se tvoří přímo v podzemí, kdežto sekundární se tvoří na povrchu terénu jeho sesedáním nad podzemními prostory. Působením těchto procesů se v terénu vytvářejí bezodtoké mísy tvaru krasových závrťů a na svazích se tvoří deprese, které se stávají základem pro koncentrovaný odtok vody, a tím mohou predisponovat povrchovou erozi. (Buzek, 1983)

Stojatá voda mořská, jezerní a rybníční způsobuje erozi pobřeží; podzemní vody, zejména vody v krasových útvarech, vyvolávají kromě mechanické eroze i chemickou erozi. Mechanickou erozní činnost vody označujeme jako korazi, chemickou jako korozi. Při vymílání hornin krouživým pohybem vody hovoříme o evorzi. Obrušování skalního podkladu na dně vodních toků, jezer a moří se nazývá abraze. (Holý, 1978)

Vodní erozí jsou ohroženy nejvíce půdy v kraji Jihomoravském, Východočeském a Severočeském. (Pasák a kol., 1984)

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 zamrzlými v ledu. Ledovec strhuje a unáší do nižších poloh velké množství horninných zvětralin, jež po uložení vytvářejí morény. Ledovcová eroze se omezuje na velehorské polohy (Alpy, Kavkaz). (Holý, 1978)

Ledovcová eroze je doprovázena erozí vodní, takže odlišení intenzity glaciální eroze od spolupůsobící eroze vodní je obtížné. (Buzek, 1983)

Sněhová eroze

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

Větrná eroze

Větrná eroze spočívá v rozrušování půdní hmoty kinetickou energií větru, v přemisťování uvolněných částic a jejich ukládání při poklesu energie vzdušného proudu. 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)

Větrná eroze působí zpravidla plošně, výjimečně v pruzích ve směru proudění větrů. Hlavními faktory ovlivňujícími větrnou erozi jsou klimatické poměry (větrné charakteristiky, srážky, výpar) , půdní poměry (obsah tzv. neerodovatelných částic nad 0,8 mm, obsah jílovitých částic do 0,01 mm, vlhkost) a způsob využití krajiny včetně vegetačního krytu. (Sklenička, 2003)

Pohyb půdních částic při větrné erozi může probíhat ve třech formách:

- pohyb nejjemnějších půdních částic ve formě suspenze, které jsou větrem zvedány a přenášeny na velké vzdálenosti; vznikají tak prašné bouře;
- pohyb půdních částic skokem, při němž dochází k přemisťování největšího množství půdní hmoty;
- pohyb půdních částic sunutím po povrchu půdy, kterým se pohybují větší a těžší částice.

(Janeček a kol., 2007)

Procesem větrné eroze jsou tedy působeny škody na zemědělské půdě odnosem ornice, při zemědělské výrobě odnosem hnojiv, osiv a ničením plodin a další škody vznikají zanášením komunikací, vodních toků a dalších objektů, znečišťováním ovzduší apod. (Dumbrovský – Mezera, 2000)

Četnost výskytů větrné eroze je oproti četnosti výskytů vodní eroze menší. Větrná eroze se nejvíce projevuje v krajích Jihomoravském a Východočeském. (Pasák a kol., 1984)

Zemní eroze

Zemní erozí nazýváme podle D. Zachara (1970) erozní činnost suťových proudů, jež jsou tvořeny suťovým materiálem prosyceným vodou. Při svém pohybu do údolí rozrušují suťové proudy půdu i její podklad a vytvářejí hluboké rýhy. Materiál suťových proudů ohrožuje údolní polohy, osady, komunikace, technické stavby atd. Známé jsou suťové proudy na Kavkaze, zvané šely, a v Alpách, zvané mury. (Holý, 1978)

Antropogenní eroze

Člověk má vliv na vznik a průběh erozních procesů svými zásahy do přírody; je výrazným činitelem při vzniku zrychlené eroze a na erozní procesy působí nepřímo i přímo. Nepřímý vliv se projevuje ničením přirozeného vegetačního krytu půdy a jeho nahrazením vegetací s nízkým ochranným účinkem, zhoršením fyzikálních, chemických i biologických vlastností půdy, soustředováním povrchového odtoku různými úpravami území, znečištěním půdy odpady atd., přímý vliv se projevuje zejména realizací technických staveb a urbanizací. Mezi nejvýznačnější druhy antropogenní eroze patří eroze vyvolaná intenzifikací zemědělské výroby, výstavbou komunikací a urbanizací. (Holý, 1978)

2.1.2 Intenzita eroze

Intenzita eroze se vyjadřuje obvykle отноsem půdy v hmotnostních nebo objemových jednotkách (někdy ve výšce odnesené hmoty) z jednotky plochy za jednotku času. Jako měřítko intenzity výmolové eroze se často používá hustota rýh, výmolů a strží, vyjádřená jejich délkou na jednotku plochy. Podle intenzity rozlišujeme erozi normální a abnormální, neboli zrychlenou. Při normální erozi probíhají erozní procesy s malou intenzitou, ztráta půdních částic je doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu. Mocnost půdního profilu se nesnižuje, mění se však zrnitostní složení vrchního půdního horizontu, který se stává hrubozrnějším. Při zrychlené erozi se smývají půdní částice v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem z půdního podkladu. Vzniká ostře modelovaný tvar povrchu. (Holý, 1978)

2.1.3 Následky vodní eroze

Pro zemědělství představuje smyv půdy, hnojiv, pesticidů a ostatních látek, ztrátu cenných surovin, zhoršení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy a jejího vodního režimu; výsledkem je snížení úrodnosti půdy nebo zpomalení tempa jejího zvyšování. Proto zájem ochrany životního prostředí a zamezení odtoku těchto látek do povrchových a podzemních vod, je v podstatě totožný se zájmem zemědělské výroby. (Janeček, 1978)

Převážná část splavenin pochází z eroze zemědělských půd, nicméně významně se podílí i eroze v důsledku stavební činnosti, eroze okrajů cest, koryt a břehů vodních toků, vymílání zaplavené půdy, těžební a průmyslové odpady ukládané do vodních toků nebo ponechávané v polohách náchylných k erozi a ztráty hmoty sesuvy půdy. V některých povodích může smyv pocházející z těchto zdrojů daleko převažovat nad smyvem z obdělávané půdy. Obdělávaná půda sice neprodukuje největší množství erodované hmoty na jednotku plochy, ale v důsledku velké plochy vytváří jako celek více smyvů než jakýkoliv jiný zdroj. (Janeček, 1978)

Při erozních procesech na orné půdě s aplikovanými minerálními hnojivy mívá hmota uvolněná erozí téměř vždy vyšší koncentraci živin než půda erodovaná. Je to způsobeno větším obsahem živin v orniční vrstvě, vázaných na jemné půdní částice (nejdříve uvolňované) s velkým účinným povrchem, který adsorbuje chemické látky. Poměr mezi obsahem rostlinných živin v uvolněné hmotě a živinami v erodované půdě se nazývá poměr obohacení. (Holý, 1978)

Ztráta minerálních živin v povrchovém odtoku může být v určitých lokalitách a v nepřítliž častých intervalech značná. Minerální živiny se ale v podpovrchových tocích odnášejí mnohem více než v povrchových. (Forman - Godron, 1993)

Závažnost znečištění vody minerálními hnojivy v důsledku jejich uvolňování a transportu při erozních procesech se posuzuje podle toho, k čemu se voda má používat. (Holý, 1978)

Největší problém způsobuje znečištění pitné vody, neboť některé látky zejména fosfáty, dusičnany a chloridy, působí přímo na lidské zdraví a mohou zavinit závažné poruchy; např. nitráty vyvolávají u dětí methemoglobinemii. (Stibral, 1975)

V závlahové vodě může být přiměřený obsah dusíku a fosforu výhodou. Pro průmysl, kromě průmyslu potravinářského, nejsou obvykle vody s běžnými koncentracemi látek z minerálních hnojiv závadné. (Holý, 1978)

Nejčastější problém je vliv vody znečištěné minerálními hnojivy na biologickou rovnováhu v tocích a nádržích. Nastává výrazný růst řas, jež dodávají pitné vodě nežádoucí chuť a zápach, mohou zhoršovat účinnost filtrů a snížit obsah kyslíku ve vodě do té míry, že je ohrožen život ryb a jiné vodní fauny. Eutrofizované vodní toky a nádrže jsou nevhodné pro rekreaci. (Holý, 1978)

Eutrofizace je proces, při kterém se vodní tělesa stávají více eutrofními díky zvýšenému přítoku živin. I když se tento termín obvykle nejvíce používá pro sladkovodní jezera a nádrže, může být použit také pro tekoucí vody. (Edmondson, 1995)

Vnější dodávky N a P do vodních ekosystémů pocházejí z celé řady zdrojů, které zahrnují podzemní vodu, povrchově tekoucí vodu a atmosféru. Souhrn těchto tří zdrojů je možné nazvat externí zátěží. Tyto dodávky živin do vodních těles mohou pocházet jednak z bodových zdrojů, které jsou snadněji lokalizovatelné, lze je snadněji sledovat a kontrolovat a rovněž z plošných zdrojů, které nejsou ohraničené, jsou mnohem obtížněji monitorovatelné a regulovatelné. Poměrné příspěvky těchto dvou typů zdrojů se mohou podstatně lišit od povodí k povodí v závislosti na hustotě obyvatelstva a způsobu, jakým je půda v povodí využívána. (Smith – Tilman – Nekola , 1999)

Celkový obsah dusíku v orniční vrstvě dosahuje 0,1 – 0,2 % (tj. 3 – 6 t N/ha). (Kvítek, 2003)

Fosfor může být transportován jako částice P prostřednictvím eroze nebo jako rozpuštěný P prostřednictvím vyplavování a povrchového odtoku. (Kim – Gilley, 2008)

Odhaduje se, že vsakem se dostává do podzemních vod 0,5 kg P₂O₅ ha⁻¹ ročně, smyv do povrchových vodotečí je odhadován na 20% dodaných fosforečných hnojiv. (Holý, 1978)

Přítomnost dusíku v povrchových vodách může být znepokojující. Nejčastější forma dusíku, NH₄ – N, může vznikat z biologického rozkladu hnojiv. Jejich ztráta vyplavením povrchově tekoucí vodou může mít za následek otravu vodních organismů, pokud by koncentrace byla vyšší než 2,5 mg/l. (USEPA, 1986)

Hydrologické faktory jako srážky, intenzita a doba trvání deště, objem odtoku a stupeň promrznutí půdy mají velký význam pro vznik eroze a zátěže způsobené nerozpuštěným fosforem. (Rekolainen – Posch, 1993)

Účinek těchto faktorů je zvláště silný, je-li půda zemědělsky intenzivně využívána, je-li půda bez ochranného vegetačního krytu a je-li svah strmý. (Puustinen et al., 2007)

Před znečištěním minerálními hnojivy lze půdu teoreticky chránit určením dávek hnojiv, jež by vegetace plně využila. V praxi však dojde vždy k vyluhování látek dodaných do půdy, neboť tyto látky jsou vegetací spotřebovávány postupně a v období hnojení se často vyskytují srážky. Jediným řešením je snížit množství povrchového odtoku a tím zeslabit intenzitu erozních procesů. Před znečištěním pesticidy lze půdu chránit zákazem používání velmi toxických a rezistentních druhů, jako tomu bylo např. s DDT v USA a ve většině zemí Evropy. Nejlepším opatřením proti šíření těchto látek do oblastí mimo jejich aplikaci jsou účinná protierozní opatření; potom ovšem infiltrací povrchové vody do půdy se rozpustné látky vnašejí do hlubších částí půdního profilu. (Holý, 1978)

V zájmovém území se mohou vyskytovat zemědělské odvodňovací stavby (podpovrchová trubková drenáž), které mohou významně ovlivňovat vodní a živinný režim území a z hlediska vývoje jakosti vod působit převážně negativně. Obecně lze prohlásit, že drenáže přispívají k zatížení povrchových vod živinami. (Kvítek, 2008)

Důležitou funkcí eroze je mimo obnažení určitých oblastí i uložení sedimentu pod svahy. Tyto sedimenty tvoří převážně jíl a naplaveniny, které mohou pokrýt přijímací složku krajiny a obohatit ji živinami. V oblastech s nevhodným obhospodařováním krajiny se značná část těchto usazenin unáší proudem vody v toku a ukládá se přímo v něm nebo dalších vodotečích. Na dnech toků se vytváří vrstva sedimentů, které pak zaplňují jezera a rybníky za hrázemi. (Forman – Godron, 1993)

Sediment je výsledkem selektivního procesu, při němž jemnější a lehčí částice půdy jsou snáze odnášeny proudící vodou a aktivní povrchová vrstva jemného sedimentu umožňuje vazbu ostatních látek. Proto také půda smytá erozí obsahuje zpravidla vyšší koncentrace živin, těžkých kovů (Hg, Pb, Cd, Cr), reziduí pesticidů apod. než původní půda. (Pasák a kol., 1984)

2.1.4 Eroze v České republice

Podmínky pro výskyt erozních procesů v České republice jsou specifické, neboť při přechodu na velkovýrobní způsob zemědělského obhospodařování půd byl problém eroze značně podceňen. Zemědělské využívání oraných pozemků přináší sebou několikanásobné zvýšení intenzity erozních procesů. Následky zrychlené eroze vážně ohrožují nejen úrodnost půd, ale působí mnohamilionové škody v intravilánech obcí, v tocích a vodních nádržích. Podle Pasáka, V. (1983) je v České republice ohroženo celkem 42% zemědělských půd erozí z toho 31% erozí vodní, přičemž je nejvíce v ČR ohrožena vodní erozí orná půda – 54%. (Toman, 1996)

2.1.5 Určení ohroženosti pozemků erozí

V souvislosti s nutností řešení ochrany půdy a vody, vyvstává potřeba používání vhodných metod k zjišťování množství a vlastností erozních smyvů. Výzkum eroze však naráží na četné těžkosti především proto, že eroze je jev přerušovaný a je proto mimořádně obtížné sledovat samotné erozní procesy a tak se převážně zkoumají následky eroze – erodované půdy a z půdy odstraněné látky – sedimenty. (Janeček, 1978)

Současná praxe používá pro vyhodnocení odtokových a erozních procesů většinou metody, které vycházejí převážně z empirických základů, např. metodu čísel odtokových křivek, univerzální rovnici ztráty půdy, poměr odnosu splavenin apod. (Váška, 1996)

V současné době je snaha empirický základ hodnocení intenzity erozních procesů (Universální rovnici) nahradit kvalitativně vyššími metodami. Je to dáno zejména současnou úrovní znalostí v oborech, které zkoumají vztahy způsobující erozi, rozvojem výpočetní techniky včetně GIS, ale zejména změnou v prioritách protierozní ochrany, kdy je třeba posuzovat erozi nejen ve vztahu k ochraně půdy, ale i k ostatním ekologickým dopadům. Vznikají proto simulační modely erozních procesů, které řeší erozní jevy na základě fyzikálních popisů jednotlivých procesů.

Při metodě simulačního modelování se složitý erozní proces rozděluje na základní, snadněji definovatelné procesy, kterými jsou: uvolnění půdních částic deštěm, přemístění půdních částic deštěm, uvolnění půdních částic povrchovým odtokem a transport půdních částic povrchovým odtokem. (Podhrázká – Dufková, 2005)

Empirické modely byly a stále jsou používány z důvodu jejich jednoduché konstrukce a snadné aplikace, ale protože jsou založeny na koeficientech vypočtených nebo kalibrovaných na základě měření a nebo pozorování, nelze popsat ani simulovat erozní proces jako soubor fyzikálních jevů. (Amore et al., 2004)

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE)

Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) je nejvíce využívaný empirický model eroze (Wichsmeier a Smith, 1965). Tento model odhaduje půdní erozi v oblasti jednoduše jako produkt empirických koeficientů, které proto musejí být přesně vyhodnoceny. Původní hodnoty těchto koeficientů byly odvozeny z terénních pozorování v různých oblastech ve východní části USA, ale časem byly rozšířeny pomocí informací, shromážděných vědeckými pracovníky, kteří používali USLE (a odvozené modely) v různých zemích světa. (Amore et al., 2004)

Pomocí univerzální rovnice lze vypočítat celkovou plošnou a rýhovou erozi, nikoli však usazování. Rovněž není možné podle ní vypočítat množství smyvu z výmolové eroze, z eroze břehů a koryt a při tání sněhu. „Poměr odnosu sedimentu“ je parametr, který vyplňuje mezeru mezi údaji o erozi na svahu a množstvím smyvů

z povodí a poskytuje metodu, jak vzít v úvahu ztráty a přírůstky sedimentů, k nimž dochází pod pozemky, kde byla použita univerzální rovnice. Poměr odnosu se obvykle odhaduje z přirozených parametrů povodí a proto nebere v úvahu usazování v uměle vybudovaných zařízeních (nádržích, kanálech). (Janeček, 1978)

Údaje o hodnotách erozních faktorů a výsledky výpočtu se blíží skutečnosti za předpokladu, že vyšetřovaný pozemek je za všech okolností dokonale chráněn před cizí vodou (z komunikací, lesa, výše položených pozemků atd.). (Pasák a kol., 1984)

Faktor erozní účinnosti přívalového deště představuje jeho schopnost erozně působit na povrch půdy, tj. uvolňovat půdní částice z povrchu půdy a rozrušovat půdní agregáty. Erozní účinnost deště je určena kvalitativními charakteristikami deště (kinetickou energií, intenzitou, resp. jejich kombinací). (Kvítek, 2008)

Deště o vydatnosti do 12,5mm, oddělené od předchozích a následných dešťů šestihodinovou či delší přestávkou a deště, pokud jejich maximální intenzita nepřekročí 24 mm/h, se nepočítají (Wischmeier et Smith, 1978) a předpokládá se, že při nich nedochází k odtoku vody po povrchu pozemku. (Podhrázská – Dufková, 2005)

Pro získání reprezentativních údajů o průměrné roční hodnotě faktoru R je třeba zpracovat úplné údaje za období 50 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 hodnotou 16 vykazují např. Jihozápadní Čechy, nejvyšší hodnotu 30 nejteplejší území mezi Znojmem a Břeclaví). (Pasák a kol., 1984)

Vztah mezi produkcí erozních smyvů a průměrnými ročními dešťovými srážkami byl zkoumán ve světovém měřítku Langbeinem a Schumem (1958) a Fournierem (1969). Ve velmi suchých podmínkách neexistuje povrchový odtok a tedy ani erozní smyv; při vysokých srážkách vegetace zabraňuje erozi, takže vrchol

je při průměrných hodnotách srážek. Podobně uvádí Wischmeier (1975), že intenzita eroze pod přirozenou vegetací dosahuje maxima tam, kde jsou průměrné roční srážky mezi 254 až 381 mm. Při vyšších srážkách zhuštěná vegetace brzdí erozi; při srážkách menších než 254 mm není odtok odnášející sediment tak častý. (Janeček, 1978)

Průměrná roční hodnota faktoru R je vlastně hodnotou faktoru R za vegetační období, protože v našich klimatických podmínkách přicházejí přívalové deště, vyvolávající na poli smyv půdy, pouze od konce dubna do začátku října. (Pasák a kol., 1984)

Největší pravděpodobnost výskytu erozně nebezpečných dešťů připadá na měsíce červen až srpen. Tato okolnost musí být zohledněna z pohledu rozdílného účinku pěstovaných plodin pro dosažení maximálního stupně ochrany půdy. (Podhrázká – Dufková, 2005)

Faktor erodovatelnosti půdy (K) představuje náchylnost půdy k erozi, tzn. schopnost půdy odolávat působení erozních činitelů (srážek, povrchového odtoku). (Kvítek, 2008)

Faktor erodovatelnosti půdy, resp. náchylnosti půdy k erozi, je v univerzální rovnici definován jako odnos půdy v t/ha na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o délce 22,13 m (na svahu o sklonu 9 %), který je udržován jako kypřený černý úhor kultivací ve směru sklonu. (Janeček a kol., 1992)

Délka a sklon svahu mají velmi podstatný vliv na smyv půdy. Objektivním kritériem není jen hustota, ale hlavně poloha umístěných odtokových linií na pozemku. Při umisťování odtokových linií je nutno zájmovou plochu rozdělit na menší území - „celky erozně uzavřené“ (EUC). Každý EUC je ohraničen dílčí rozvodnicí a dílčí údolnicí. Odtokové linie uvnitř každého EUC jsou vedeny vždy kolmo na vrstevnice, od rozvodnice k nejbližší údolnici v místě největší délky a sklonu svahu. (Podhrázká – Dufková, 2005)

Za účinné přerušení délky pozemku po spádnicí nelze považovat mez, ale pouze sběrný či záchytný průleh nebo příkop, zamezující přetékání vody na níže ležící plochu. (Podhrázská – Dufková, 2005)

Přírodní svahy jsou však zpravidla nepravidelné, a proto je určení topografického faktoru LS uvedeným způsobem nepřesné. Rozdíly mezi výpočty topografického faktoru LS pro konkávní, přímé, kombinované a konvexní svahy byly využity Castrem a Zobeckem (1986) k sestavení tabulek opravných součinitelů. (Janeček a kol., 1992)

Pro konkávní svahy jsou hodnoty součinu faktorů L a S nižší než pro přímé. Kombinované a konvexní svahy mají hodnotu LS vyšší než přímé svahy, resp. faktor LS za předpokladu přímého sklonu dává na konkávních svazích hodnoty vyšší, na konvexních a kombinovaných svazích nižší. (Podhrázská – Dufková, 2005)

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje jednak přímo ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a jednak nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména pórovitost a propustnost včetně omezení možnosti zanášení porů rozplavenými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem. (Janeček a kol., 1992)

Příznivý vliv rostlinného krytu se projevuje několika faktory:

- mírný přímý dopad deště na půdu (tzv. intercepce),
 - zpevňuje půdu kořenovým systémem,
 - zastíňuje půdu a tím ji chrání před vysoušením,
 - mírní působení větru, chrání půdu před přímým odnosem,
 - podporuje vsakování vody do půdy,
 - obohacuje půdu rostlinnými zbytky jako součástí humusu,
 - esteticko krajinnářsky ovlivňuje území, zejména rozptýlená trvalá zeleň.
- (Dýrová, 1988)

Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době přívalového deště (IV-IX). Proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco, běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, ovocné výsadby a vinice) chrání půdu nedostatečně. (Janeček a kol., 1992)

Metoda čísel odtokových křivek – CN

Poměrně jednoduchým a dostatečně přesným modelem je tzv. „metoda čísel odtokových křivek – CN“, pomocí níž lze prognózovat objem povrchového odtoku a velikost kulminačního průtoku z povodí o ploše do 5 – 10 km². Metodu nelze použít pro výpočet odtoku z tání sněhu. (Janeček a kol., 1992)

Používá ale četná zjednodušení, která její využití limitují (předpokládá stejnoměrné rozložení srážky v čase i prostoru, nezohledňuje klasické teorie proudění vody v nenasycené zóně půdního profilu, jedná se o model typu saturation - excess, případné překročení infiltrační kapacity – model typu infiltration-excess – není zohledňováno). Přesto je hojně využívána jak v Česku, tak v zahraničí. (Jeníček, 2007)

SCS-CN (Soil Conservation Curve Number) je model, pomocí něhož můžeme odhadnout množství vody (mm) odtékající z povodí nebo z jeho části. (Crăciun – Haidu – Bilaşco, 2007)

Tato metoda vychází z předpokladu, že objem a výška odtoku závisí na meteorologických (úhrnu srážek), pedologických charakteristikách (druhu půdy) a půdním krytu povodí. Výpočet odtoku vyžaduje určení indexu, který reprezentuje tyto činitele a odpovídá číslu odtokové křivky (CN – curve number). (Krešl, 2001)

Přípustná ztráta půdy vodní erozí

S vyhodnocením očekávané velikosti smyvu půdy souvisí stanovení přípustné

ztráty půdy vodní erozí nemá-li nastat snižování úrodnosti půdy následkem vodní eroze je nutné, aby její intenzita nepřesáhla mez, při které dochází k soustavnému zhoršování půdních vlastností a snižování výnosů. Při neškodné erozi je ztráta půdy stejná nebo menší než intenzita tvorby půdy v daných podmínkách. Na našem území je pro vznik 10mm vrstvy půdy potřebná doba přibližně 80-150 let. (Toman, 1996)

Přípustné hodnoty ztráty půdy:

Hloubka půdy	Mocnost ornice	Hodnota Gmax (t/ha)
Mělká	>30 cm	1
Středně hluboká	30-60 cm	4
Hluboká	<60 cm	10

Tabulka č. 1 Přípustná ztráta půdy vodní erozí. (Kender, 2000)

Vyskytují-li se však v zájmovém území vodní zdroje, je nutno k tomuto problému přistupovat individuálně v souladu s principem předběžné opatrnosti. Stejně individuální posouzení vyžaduje i ochrana intravilánu obcí, příp. jiných objektů. (Kender, 2000)

Pozemky s mělkými půdami s hloubkou do 30 cm by neměly být využívány pro polní výrobu a z hlediska zachování jejich trvalé úrodnosti se doporučuje jejich převedení do kategorie trvalých travních porostů. (Janeček a kol., 2007)

Stanovení limitů smyvu půdy z hlediska kvality vody ve vodárenských tocích a nádržích je složitým problémem. Musí vycházet z normativů požadované kvality vody v toku, z posouzení zatížení toku jednotlivými zdroji znečištění a z průběhu předpokládaných transportních procesů v povodí. V typizační směrnici (TS 06-868, 1984) byla stanovena přípustná roční ztráta půdy v PHO vodních zdrojů max. 4 t.ha⁻¹. Někteří experti doporučují v PHO vodních zdrojů používat přísnější limity pro přípustnou ztrátu půdy. (Dumbrovský – Mezera, 2000)

2.1.6 Ochrana proti vodní erozi

K erozi přispívají hlavně:

- intenzívně obdělávané zemědělské pozemky, na nichž se používají herbicidy,
- plochy silně zašlapávané nebo intenzívně spásané,
- těžba dřeva, stavba silnic a jiné narušení strmých svahů.
- (Forman – Godron, 1993)

Eroze probíhá v několika fázích, je to denudace, transport a akumulace půdy. V kterékoliv fázi můžeme zasáhnout, je ale rozdíl v prostředích a také finančních nákladech. Nejvhodnější je omezit denudaci (smyv) půdy, pak i látky vázané na půdu (průmyslová hnojiva i toxické pesticidy) nebudou přecházet do fáze druhé, tj. transportu, takže se šetří již při dávkování. (Dýrová, 1988)

Předpokladem pro trvale udržitelný rozvoj zemědělství je realizace ochrany půdy před erozí. Protierozní opatření představují soubor opatření, která kromě prioritní funkce omezení ztrát půdy, významnou měrou ovlivňují i vodohospodářské poměry v krajině. Jisté možnosti řešení protierozní ochrany půdy skýtají komplexní pozemkové úpravy, respektující vlastnické, ekologické a hospodářské poměry. (Toman, 1996)

Protierozní ochrana povodí se v souvislosti s jeho organizací řeší v zásadě ve dvou úrovních:

- rozhodovací – řešení celkové koncepce využití povodí včetně systému protierozní ochrany, kdy cílem řešení je vyhodnocení kritických míst v území z hlediska vzniku extrémních povrchových odtoků, erozních a transportních procesů a posouzení různých scénářů využití území a jeho ochrany;
- návrhové – podrobný technický návrh jednotlivých prvků (organizačních, agrobiologických a technických opatření) protierozního systému.

(Váška, 1996)

Nejlepším a nejjednodušším způsobem omezování produkce smyvů je prevence působení eroze v jejím zdroji. Další metodou je zachycování smytých půdních částic před jejich přívodem do toku nebo vodní nádrže, nebo minimalizování množství, které zůstává ve vodní nádrži. (Janeček, 1978)

Postup při navrhování protierozních opatření lze rozdělit do osmi fází projektové přípravy:

1. vyhodnocení území,
 2. posouzení současného smyvu půdy a odtokových poměrů,
 3. návrh organizačních opatření,
 4. posouzení smyvu půdy po návrhu organizačních opatření,
 5. návrh agrotechnických opatření,
 6. posouzení smyvu půdy po návrhu agrotechnických opatření,
 7. návrh technických a protipovodňových opatření,
 8. posouzení smyvu půdy po návrhu komplexních protierozních opatření.
- (Hovorka, 1990)

Zpracování 5. - 8. fáze následuje v případech, kdy se předcházejícími opatřeními nedosáhne snížení smyvu půdy pod přípustní hodnoty. V rámci druhé fáze je nutné v případech složitějších hydrologických poměrů vypracovat hydrologickou studii. Navrhovaný sled fází není taxativní a závisí na konkrétních poměrech řešeného území. (Janeček a kol., 1992)

Organizační opatření

Základem organizačních opatření jsou návrhy změn druhů pozemků a protierozní rozmísťování plodin. Podle rozdílného stupně ochrany půdy proti vodní erozi lze rámcově rozdělit některé pěstované plodiny do těchto skupin:

- plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetace (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny),
- plodiny s dobrým protierozním účinkem půdy po větší část vegetačního

období (obilniny, meziplodiny, luskoviny),

- plodiny s nedostatečným protierozním účinkem půdy po převážnou část vegetačního období (kukuřice, brambory, cukrovka).

(Dumbrovský – Mezera, 2000)

Ve srovnání s půdou bez vegetace je v porostech okopanin a kukuřice smyv půdy poloviční, obiloviny snižují smyv na čtvrtinu až desetinu podle doby výsevu a sklizně, jeteloviny na padesátinu a víceleté travní porosty až na dvou setinu. (Dumbrovský – Mezera, 2000)

Přitom je nutno brát v úvahu svahovou dostupnost mechanizačních prostředků a vhodnost půdních podmínek pro navrhované opatření a protierozní organizaci pastvy. (Hovorka, 1990)

Organizační opatření:

- velikost a tvar pozemku
- delimitace kultur:
 - a) Ochranné zatravnění
 - b) Ochranné zalesnění
- protierozní rozmísťování plodin:
 - a) protierozní osevní postupy
 - b) pásové střídání plodin
- protierozní směr výsadby ve speciálních kulturách.

(Podhrázská – Dufková, 2005)

Základním principem zajišťujícím ochranu půdy proti vodní erozi je pěstování plodin nedostatečně chránících půdu před erozí (okopanin, kukuřice a ostatních širokořádkových plodin) na pozemcích rovinných nebo mírně sklonitých (do 8 %). Na orné půdě středně erozí ohrožené, se sklonem do 15% je nutno nedostatečný

protierozně ochranný účinek širokořádkových plodin zvýšit buď střídáním vrstevnicových pásů okopanin a víceletých píceňin (okopaniny, kukuřice a víceleté píceňiny ve smíšených honech), zatímco obilninami je možné osévat celé pozemky. (Janeček a kol., 1992)

Změnou druhu pozemku do TTP nebo zalesněním lze vyřešit erozi zejména na mělkých a svažitéch půdách, zamokřených půdách a v lokalitách vodohospodářsky významných. (Podhrázská a kol., 2008)

Trvalými travními porosty by měly být chráněny plochy:

- svahových luk a pastvin v půdních poměrech vylučujících orbou při svažitosti 25 – 50 %,
- údolnice, které odvádějí z pozemků soustředěný povrchový odtok (způsob posouzení rozměrů těchto pásů je popsán v části pojednávající o technických protierozních opatření),
- pozemky, které sice odpovídají kritériu svažitosti orné půdy, nelze je však orat pro vysoký stav podzemní vody nebo terénní překážky, zamokřené údolní louky s nebezpečím záplav (podél vodních toků, v okrajích rybníků apod.),
- pozemky nad výškovou hranicí pěstování polních plodin.

Lesní půda by se měla vyskytovat na všech svazích se sklonem vyšším než 50 %, podle kvality půdy a stupně ohrožení erozí i na menších sklonech. (Janeček a kol., 1992)

Účinek pásového střídání plodin je dán principem, kdy se vkládají různě široké pásy s plodinami snižujícími erozní účinky (travní porost, jetel, vojtěška) na pozemek s plodinou, která erozi nezabraňuje. Pásy jednotlivých plodin mohou být stejně široké (při shodném osevním postupu) nebo různě široké. (Kender, 2000)

Pásové pěstování plodin je asi dvakrát účinnější protierozní opatření než vrstevnicové obdělávání. Při vrstevnicovém pásovém hospodaření jsou plodiny uspořádány v pruzích podél vrstevnic. Při tzv. polním pásovém hospodaření mají

pásky jednotnou šířku a jsou umístěny napříč sklonu, ale nezakřivují se podél vrstevnic. Vrstevnicové pásky mohou být uspořádány i tak, že mezi stejně široké pásky plodin v pravidelném osevním postupu jsou umísťovány zpravidla nestejně široké pásky travních porostů či jetelovin, zajišťující s ohledem na proměnlivý sklon terénu nutnou „opravu“ v zájmu zachování stejné šířky plodinových pásů. (Janeček a kol., 1992)

Pásové obdělávání po vrstevnicích snižuje ztráty půdy o 50 – 70 %. (Janeček, 1978)

Osevní postup znamená rozmístění zemědělských kultur do honů tak, aby se pravidelně za určitý počet let vystřídal. Obiloviny, okopaniny, píceňiny a technické plodiny se střídají v rotaci tak, aby se zachovala úrodnost půdy a zajistily se vysoké výnosy se zřetelem na předplodinu. Vhodná základní struktura polního osevního postupu v našich podmínkách je dána 45 až 50 % zastoupením obilovin, 25 až 30 % zastoupením okopanin a 25 až 30 % zastoupením pícnin a luštěnin. (Holý, 1994)

Ornou půdu výrazně erozí ohroženou se sklonem do 25 % lze chránit osevními postupy bez okopanin a bez plodin, které nedostatečně chrání půdu v období přívalových dešťů tj. od poloviny května do počátku září (kukuřice, len, ozimá řepka, ozimý ječmen). Z těchto důvodů je vhodné upustit od podmínky nebo ji provádět až v září, protože na podmínuté půdě dochází k povrchovému odtoku i při nižších intenzitách přívalových dešťů a smyv půdy je podstatně vyšší než ze strniště. Do osevních postupů je pak možné přednostně zařazovat ozimou a jarní pšenici, ozimé a jarní žito, jarní ječmen, oves na zrno a na siláž s podsevem víceleté pícniny nebo jílku a především víceleté pícniny. (Janeček a kol., 1992)

Velikost, tvar i umístění zemědělských pozemků se řídí ve vyspělých zemích požadavkem uplatnění velkovýrobní technologie a mechanizace. Nejlépe vyhovují souvislé pravidelné územní celky se stejnými poměry sklonu a stejnými půdními podmínkami. (Holý, 1994)

Z hlediska protierozní ochrany je žádoucí, aby rozměr pozemků orné půdy ve směru sklonu nepřevyšoval přípustnou délku stanovenou na základě vypočtené přípustné ztráty půdy erozí. Tato podmínka platí jak pro rozměr pozemku obdělávaného jako jeden celek, tak pro skupinu pozemků, které od sebe nejsou odděleny hranicemi, které by měly charakter protierozního opatření schopného zachycovat stékající vodu, např. skupina pozemků individuálních hospodářství. (Janeček a kol., 1992)

Lze tedy konstatovat, že pro návrh tvaru a velikosti pozemku platí níže uvedené zásady:

- Ideální tvar je obdélník o jistém poměru délky a šířky, který je situován delší stranou podél vrstevnic.
- Vhodným tvarem je i n-úhelník, který má však dvě protější strany rovnoběžné a zbývající strany zalomené, avšak tak, aby žádná z těchto hranic nesvírala s úhlem obdělávání menší úhel než 60 - 70 %. (Kender, 2000)

Vhodný poměr délky nebo průměrné délky u nepravidelných pozemků a šířky pozemku závisí na jeho velikosti. Pozemky menší než 4 - 5 ha jsou z hlediska mechanizovaného obdělávání málo efektivní, při velikosti kolem 30 ha jsou všechny druhy agregátů již využity v dostatečné míře. Vytvářet pozemky větší než cca 70 ha nemá praktický význam. (Janeček a kol., 1992)

Agrotechnická opatření

Po organizačních opatřeních se provede znovu posouzení smyvu půdy v úrovni navržených opatření a s porovnáním s limitními hodnotami. Pokud navrhovaná opatření organizační se ukáží nedostatečnými, přistoupí se k další fázi projektového procesu – návrhu agrotechnických opatření. Agrotechnická opatření navazují na navržená organizační opatření a mají prvořadý význam v omezení eroze za použití minimálních finančních nákladů. Navrhují se na orné půdy, ve speciálních kulturách a při obnovách trvalých porostů s ohledem na mechanizační prostředky a jejich svahovou dostupnost. (Hovorka, 1990)

Erozí ohrožená orná půda by neměla zůstat bez dostatečného vegetačního krytu, anebo alespoň bez krytu z posklizňových zbytků (strniště), zejména v období častého výskytu přívalových dešťů (od poloviny května do počátku září). (Dumbrovský – Mezera, 2000)

Při tání sněhu dochází ke značným smyvům půdy z pozemků s pozdním výsevem ozimé pšenice. Povrch půdy je předseťovou přípravou a setím rozmělněný a urovnaný, což jsou rozhodující předpoklady pro intenzivní odnos zeminy z půdního povrchu, zatímco ochranný účinek pozdě vzešlé pšenice je nepatrný. Z této situace vyplývá požadavek vysévat ozimou pšenicí na svazích přednostně na počátku agrotechnické lhůty. Odolnost půdy, která je přes zimu v hrubé brázdě, lze poněkud zvýšit zvýrazněním hřebenů zorané půdy úpravou (protažením) odhrnovaček pluhů a především vrstevnicovou orbou (Janeček a kol., 1992).

Mezi základní doporučená agrotechnická opatření patří:

- protierozní agrotechnologie na orné půdě:
 - a) výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče či posklizňových zbytků
 - b) hrázkování a důlkování povrchu půdy
- protierozní agrotechnologie ve speciálních kulturách:
 - a) zatravnění meziřadí
 - b) krátkodobé porosty v meziřadí
 - c) mulčování
 - d) hrázkování a důlkování povrchu půdy v meziřadí.

(Dumbrovský – Mezera, 2000)

Účinnost protierozní orby je přímo závislá na sklonu a délce svahu a nejvyšší je v oblastech, kde se vyskytují srážky s nízkou intenzitou. Na prachových a jemných písčitých půdách je však vhodnější zadržování vody, než dovolit její odtok a chránit povrch před jeho účinky. (Kender, 2000)

Nejmenší ochranu půdy proti erozi ze širokořádkových plodin poskytují porosty kukuřice. Existuje celá řada použitelných protierozních technologií při pěstování této plodiny. (Podhrázská – Dufková, 2005)

Omezení erozního ohrožení půdy při pěstování brambor může zajistit zlepšující předplodina v podobě jetele nebo jetelotrávy. (Janeček a kol., 1992)

K pěstování brambor lze využít i mulčování slámou. Zatímco předplodina chrání povrch půdy v jarním období, slámový mulč (z ozimé obiloviny) chrání půdu v zimním období před nadměrně rychlým odtáváním sněhu.

Velmi účinným opatřením, které je možno uplatnit ihned po výsadbě je hrázkování, které je však nutno provádět až do doby zapojení porostu. Hrázkování je na základě výše uvedených poznatků účinné v přímých řádcích po spádnicí na svazích do 12 % a při maximální délce pozemku do 300 m. (Kender, 2000)

Technická opatření

Po využití návrhu agrotechnických opatření, v kombinaci s již navrženými organizačními opatřeními se provede znovu posouzení smyvu v úrovni navržených opatření s limitními hodnotami smyvu. Pokud navržená opatření a jejich kombinace nejsou dostatečná, přistoupí se k další fázi řešení, k návrhu technických opatření. (Hovorka, 1990)

Používají se k vyrovnání terénních příčných nerovností a snížení podélného sklonu velmi svažitéch pozemků, k ochraně pozemků před vodou přitékající z lesních porostů na zemědělské pozemky, k neškodnému odvedení povrchových vod z povodí, k ochraně intravilánů obcí a komunikací před škodami povrchovým odtokem a smytou zeminou. (Kvítek – Tippl, 2003)

Doporučená opatření charakteru technického:

- terénní urovnávky,
- protierozní příkopy a průlehy,
- zatravněné protierozní průlehy,
- protierozní meze,
- terasování pozemku,
- protierozní hrázky,
- protierozní cesty.

(Kender, 2000)

Při terénních urovnávkách jde především o odstranění vertikálních nerovností přesunem zeminy na orné půdě, k dosažení snížení sklonu na jednotlivých částech pozemku, a tím ovlivnění povrchového odtoku a snížení nebezpečí erozního smyvu. Terénní urovnávky je možné provádět jen na půdách hlubokých (zejména sprašových). Výsledný sklon pozemku by neměl přesáhnout 18 %. (Janeček a kol., 1992)

Výstavba teras se ponejvíce uplatňuje na pozemcích s extrémním sklonem (nad 20 %) a s hlubokým půdním profilem. Terasy se budují jako zemní, kde sklon svahu je determinován přirozenou soudržností zeminy a následně jsou zpevněny vegetačně nebo jsou budovány jako terasy s opěrnými zdmi. Tento druh teras se pak buduje ve zvlášť velkých sklonech (nad 30 %) a vzhledem ke značným ekonomickým nákladům jsou zcela výjimečné. (Kender, 2000)

Hlavní parametry teras jsou:

- šířka terasové plošiny, její délka, podélný a příčný sklon,
- sklon svahu terasy, jeho délka a výška,
- způsob zpevnění terasového svahu,
- způsob odvodnění terasové plošiny
- dopravní a agrotechnická přístupnost terasové plošiny. (Janeček a kol., 1992)

Průleh je mělký široký příkop (buď zatravněný nebo lokálně zpevněný kamenem) s mírným sklonem svahů a založený téměř s nulovým podélným profilem. Zde se povrchově stékající voda zachycuje, popř. je neškodně odváděna na místa kde nemůže erozně působit. Průlehy jsou použitelné na svazích s hlubšími půdami do sklonů nejvýše 15 %, výjimečně 18 %. Potenciální dráhy soustředěného odtoku je nutno chránit zatravněním. (Kender, 2000)

Příčné průlehování pozemků je považováno za jedno z nejdůležitějších podpůrných ochranných opatření na orné půdě. Spočívá v rozdělení dlouhého svahu příčnými průlehy na řadu menších. Vzdálenosti mezi průlehy jsou závislé na sklonu pozemku, hydrologické charakteristice půd, úhrnu a intenzitě přívalových srážek. Průlehy s nulovým nebo malým podélným sklonem slouží k zasakování veškeré po povrchu stékající vody. Průlehy s větším podélným sklonem musí být trvale zatravněny a slouží k odvádění po povrchu tekoucí vody. Sběrné průlehy jsou zaústovány zpravidla do zatravněných údolnic nebo zpevněných příkopů. (Janeček a kol., 1992)

Z hlediska začlenění do krajiny jsou protierozní meze velmi vhodným protierozním prvkem. Optimální je jejich návrh s průlehy, což vytváří překážku liniím soustředěného odtoku. Tyto meze by se měly v každém případě sestávat ze:

- zasakovacího pásu nad zemí
- vlastního tělesa meze
- prvků odvádějících vodu (u mezí k tomu určených).

(Kender, 2000)

Vedle základní protierozní funkce (trvalá překážka povrchovému odtoku) mají meze a dřevinná zeleň na nich rostoucí velký význam také z hlediska krajinně estetického i jako hnízdiště a migrační zóny drobné zvěře, hmyzu, rostlin a všech živých organismů, zvyšují zároveň průchodnost krajiny (neboť v důsledku neúměrně velkých celků vzniklých dříve se zemědělská krajina stala pro člověka neprůchodná). Navržený systém protierozních mezí včetně navržené zeleně s protierozní funkcí

může fungovat v krajině i jako nezbytná součást lokálních biokoridorů – územních systémů ekologické stability. (Dumbrovský, 1996)

V zásadě však můžeme rozlišovat dva typy protierozních mezí: mez bez zemních prací a protierozní mez s aplikací zemních prací. V prvním případě se jedná o meze, jejichž směr je vytýčený vrstevnicovitě nebo pouze s mírným odklonem od něj, tak aby bylo zajištěno nejen zadržetí povrchového odtoku, ale i jeho neškodné odvedení do vhodného recipientu. Poté je vhodné začít s výsadbami dřevin (v druhově autochtonním spektru, různých rychlostí růstu a forem), které budou následně určovat směr obdělávání pozemku. Následně je vhodné vybudovat mělký průleh (tři až čtyři metry široký a 0,3 - 0,5 m hluboký) a neustálým odoráváním ze svahu bude vytvořena mez mezi záchytným a odváděcím prvkem. (Kender, 2000)

Protierozní hrázky jsou často budovány na okrajích, resp. na úpatích zemědělských pozemků, především k ochraně důležitých objektů před jejich zatopením přívalovými srážkami. Prostor před hrázkou a její výška musí vyhovovat potřebě retence vody, včetně objemu usazených splavenin. Hrázky se budují především jako zemní, vysoké max. 1,0 - 1,5m nejčastěji se zatravněným povrchem. (Kender, 2000)

Protierozní cesty nacházejí uplatnění v místech, kde je nutno přerušit souvislou spádnici, jejíž délka přesahuje výše uvedené limitní délky a zároveň, kde je žádoucí zpřístupnění pozemku (např. pro mechanizaci). Niveleta cesty musí proto kromě dopravních požadavků odpovídat současně i požadavkům hydrologickým a trasa cesty musí být volena v návaznosti na celou cestní síť v lokalitě. (Kender, 2000)

Technickými opatřeními k úpravě soustředěného odtoku jsou: výstavba protierozních nádrží, úprava výmolů a strží, hrazení bystřin. (Holý, 1978)

Nádrže jsou jedním z velmi účinných opatření regulujících odtok vody

a zachycujících transportované splaveniny. Tyto nádrže by měly být navrhovány všude tam, kde i přes opatření provedená v povodí dochází ke zvýšenému transportu látek, zejména do povrchových zdrojů vody pro vodárenské účely. V zájmu jejich maximální účinnosti při zachycování splavenin je nutné, aby jejich záchytný prostor byl tak velký, aby zachytil objem vody odtékající z přívalového deště, popř. z jarního tání, s průměrnou dobou opakování alespoň 50 let. Z hlediska vlivu na kvalitu vody jsou výhodnější tzv. suché nádrže, jejichž dno je možné obhospodařovat jako louku. (Janeček a kol., 1992)

Po komplexním návrhu protierozních opatření se posoudí vliv na zachování úrodnosti půdy (smyv půdy) a vliv na charakteristiky povrchového odtoku a odtokové poměry. Navržená opatření by měla zajistit pokles smyvu půdy pod přípustné hodnoty. Přitom se zváží další možnosti variant protierozní ochrany s cílem dosažení efektivnějšího řešení. (Hovorka, 1990)

3 CÍL A METODIKA PRÁCE

3.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit pomocí univerzální rovnice ztráty půdy erozní ohrožení pozemků v obvodu komplexní pozemkové úpravy Věžovatá Pláně a porovnat je s výsledky, ke kterým dospěli projektanti této pozemkové úpravy.

Dalším cílem je vyhodnotit změnu odtokových poměrů před a po zatravnění erozně ohrožených pozemků v obvodu pozemkové úpravy za použití Čerkašinoва vzorce pro výpočet velkých vod na malých povodích.

Posledním z cílů je pomocí metody čísel odtokových křivek – CN vyhodnotit kulminační průtok a následně erozní jevy na základě výpočtu transportu splavenin univerzální rovnicí v úpravě Williamsově-Berndtově.

3.2 Metodika

3.2.1 Univerzální rovnice ztráty půdy

Univerzální rovnicí ztráty půdy (USLE) dle Wischmeiera a Smithe (1978) se stanoví ztráta půdy vodní erozí pro danou lokalitu jako součin šesti erozních faktorů:

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

kde:

G je průměrná roční ztráta půdy v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$,

R - faktor erozní účinnosti deště,

K - faktor náchylnosti půdy k erozi,

L - faktor délky svahu,

S - faktor sklonu svahu,

C - faktor ochranného vlivu vegetace,

P - faktor účinnosti protierozních opatření.

Faktor erozní účinnosti deště R:

Tento faktor definovali Wischmeier a Smith (1958) vztahem:

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

kde:

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

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

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

kde E_i je kinetická energie i-tého úseku deště,

n - počet úseků deště,

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

kde i_{si} je intenzita deště i-tého úseku ($\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$),

H_{si} - úhrn deště v i-tém úseku (cm).

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

Pro podmínky České republiky je průměrná hodnota $R = 20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$.

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

Tabulka č. 2 Průměrné rozdělení faktoru R do jednotlivých vegetačních měsíců ČR - dle pozorování ČHMÚ na 13 stanicích. (Janeček a kol., 2007)

Faktor náchylnosti půdy k erozi K:

Lze ho stanovit třemi způsoby:

- z rovnice pro výpočet faktoru K:

Nepřekročí-li obsah prachu a práškového písku 70 %:

$$100K = 2,1M^{1,14}10^{-4}(12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3)$$

kde : M je (% prachu + % práškového písku) . (100 - % jílu),

a - % organické hmoty (humusu),

b - třída struktury ornice,

c - třída propustnosti půdního profilu. (Podhrázská – Dufková, 2005)

- z nomogramu, který je grafickou obdobou této rovnice,

- přibližně podle 2. a 3. číslice kódu BPEJ.

Pro použití rovnice pro výpočet faktoru K je nutné znát % obsahu prachu, práškového písku, jílu a humusu v ornici, třídu struktury ornice a třídu propustnosti. U třetího způsobu ale není faktor K uveden pro všechny hodnoty HPJ a pak se musí určit z rovnice nebo nomogramu.

Faktor délky svahu L:

Lze určit z tabulky nebo ze vzorce: $L = (l / 22,13)^m$

kde: l je délka svahu měřená od rozvodnice (m),

m - exponent o hodnotě 0,3 až 0,6; pro svahy o sklonu do 10 % včetně je $m = 0,6$. (Holý, 1994)

Faktor sklonu svahu S:

Lze určit z tabulky nebo ze vzorce:

$$S = 10,8 \sin s + 0,03 \quad \text{pro } s < 9 \%$$

$$S = 16,8 \sin s - 0,50 \quad \text{pro } s \geq 9 \%$$

kde s je sklon svahu (rad). (Janeček a kol., 2007)

Faktor ochranného vlivu vegetace C:

Stupeň ochranného účinku plodin a jejich posklizňových zbytků rozdělili Wischmeier a Smith (1978) do 5 období:

- období podmínky a hrubé brázdy,
- období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení,
- období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30.4.,
- období od konce 3. období do sklizně,
- období strniště.

Váhu hodnot faktoru C v těchto pěti obdobích je nutné upravit procentickým rozdělením faktoru R v průběhu roku.

Průměrná roční hodnota faktoru C plodiny:

$$C_{\text{plodiny}} = \sum (C \cdot \%R)$$

kde: C je faktor vegetačního krytu a agrotechniky podle pěstebních období,

%R je procentické rozdělení faktoru R v průběhu roku. (Janeček a kol., 2007)

Průměrná hodnota faktoru C za osevní postup:

$$C = \sum C_n / n$$

kde: C_n je roční hodnota faktoru C n-té plodiny a n je počet let osevního postupu.

Faktor účinnosti protierozních opatření P:

Jestliže nelze předpokládat, že by byly dodrženy vyznačené podmínky maximálních délek a počtu pásů, nelze s uvedenou účinností příslušného opatření vyjádřenou hodnotami faktoru P počítat a faktor $P = 1$. (Janeček a kol., 1992)

Přípustná ztráta půdy erozí podle hloubky půdy:

Hloubka půdy	5. číslice kódu BPEJ	Přípustná ztráta půdy erozí (t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)
Středně hluboká (30 – 60 cm)	1, 4, 7	4
Hluboká (nad 60 cm)	0, 2, 3	10

Tabulka č. 3 Přípustná ztráta půdy erozí podle hloubky půdy. (Janeček a kol., 2007)

Přesáhne-li ztráta půdy G na pozemku hodnotu přípustné ztráty půdy erozí, je nutné ji snížit některým protierozním opatřením nebo jejich kombinací. (Janeček a kol., 2007)

Všechny potřebné tabulky a nomogramy lze najít v metodice od M. Janečka (2007).

3.2.2 Čerkašinův vzorec pro výpočet velkých vod na malých povodích

Čerkašinův vzorec pro výpočet velkých vod na malých povodích (1958):

$$Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \beta \cdot v^{2/3} \cdot Sp}{\psi \cdot L^{2/3}}$$

kde:

Q_{100} je průtok s opakováním v dlouhodobém průměru $N = 100$ let v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,

β - objemový součinitel odtoku, který se určí podle polohy povodí na mapě izolinií,

v - průměrná rychlost dobíhání, která je závislá na průměrném sklonu údolnice toku a procentu lesnatosti povodí. Hodnota $v^{2/3}$ se stanoví podle nomogramu přičemž se louky počítají jako lesy.

ψ - koeficient závislý na tvaru povodí a určí se jako funkce koeficientu tvaru povodí ($L^2 \cdot Sp^{-1}$). Jeho hodnotu lze odečíst z nomogramu.

Sp - plocha povodí v km^2 ,

L - délka údolnice (hlavního toku) v km.

Čerkašin doporučuje dodržovat tyto zásady:

- Délka údolí by se měla měřit na mapách v měřítku 1:75 000 nebo 1:25 000 bez započítání drobných meandrů.
- Jestliže se tok rozvětňuje na dvě nebo více ramen, považuje se za délku toku to rameno, které je nejdelší. Vyskytnou-li se na toku velké meandry, měří se délka údolnice.
- Nemá-li povodí zřetelně vyvinutý tok, zvětšuje se součinitel ψ 1,3 – 1,6 krát.
- Je-li tok umístěn výstředně při jedné straně povodí, zvětšuje se koeficient ψ 1,1 až 1,5 krát.
- Jestliže se povodí v dolní části náhle zužuje, provede se výpočet jen pro širokou část a výsledná hodnota se přiměřeně zvětší o příspěvek z úzké části povodí.
- U profilů pod soutokem dvou nebo více menších toků se Q_{100} počítá pro tu část povodí s nejdelším tokem. S tím se pak počítá pro celé povodí. Při

nápadně různé délce přítoků je nutné zmenšit výsledek o 10 – 20%.

Pro převod Q_{100} na Q_N pro dobu opakování kratší než 100 let lze použít koeficientů a_N typických „čar opakování“ Q_N , kde:

$$a_N = Q_N/Q_{100}$$

$$Q_N = Q_{100} \cdot A_N$$

Vyskytují-li se v povodí vodní nádrže, je třeba alespoň hrubě vyjádřit jejich retenční vliv opravným součinitelem o_r :

$$o_r = 1 - \log(1 + a)$$

$$\text{kde } a = Pr/P \cdot 100 \%$$

Pr je plocha rybníků,

P je celková plocha povodí.

(Němec, 1964)

Všechny obrázky a tabulky lze najít například v knize Inženýrská hydrologie od J. Němce (1964).

3.2.3 Metoda čísel odtokových křivek

Srážkoodtokový vztah používaný v metodě čísel křivek pro odhad přímého odtoku z přívalového deště:

$$O_{pH} = 1000 \cdot H_o \cdot F$$

$$H_o = \frac{(H_s - 0,2 \cdot A)^2}{H_s + 0,8 \cdot A} \quad \text{pro } H_s \geq 0,2A$$

kde O_{pH} je přímý odtok v m^3 ,

F - plocha povodí v km^2 ,

H_o - výška přímého odtoku v mm

H_s - výška srážky z přívalového deště v mm

A - potenciální retence určovaná na základě čísla křivky (CN) podle vztahu:

$$A = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (\text{Pasák a kol., 1984})$$

Čísla odtokových křivek - CN jsou tabelizována podle: hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin: A, B, C, D na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení a využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření. (Dumbrovský - Mezera, 2000)

Obsah vody v půdě je odvozen z indexu předchozích srážek (IPS), určeném na základě součtu srážek za 5 dnů před přívalovým deštěm. Tyto indexy jsou pouze hrubým odhadem, neboť v sobě nezahrnují vlivy evapotranspirace a infiltrace na vlhkost půdy. (Pasák a kol., 1984)

Obvykle jsou v povodí plochy, reprezentované různými čísly odtoku „CN“, tj. různě využívané i obdělávané; pak stanovíme průměrné číslo odtoku, které se vypočítá ze vzorce:

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i \cdot F_i}{F}$$

kde CN_i je číslo odtoku i -té plochy,

F_i - velikost plochy se stejným číslem odtoku,

F - celková plocha povodí.

(Dýrová, 1988)

3.2.4 Kulminační průtok:

Doba koncentrace a doba doběhu

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

Voda z povodí stéká z horních částí jako plošný povrchový odtok, přechází v soustředěný odtok o malé hloubce a končí soustředěným odtokem v otevřeném korytě. (Janeček a kol., 1992)

Plošný povrchový odtok:

Pro plošný povrchový odtok kratší než 100 m se doporučuje pro výpočet doby doběhu T_{ta} používat Manningovu kinematickou rovnici:

$$T_{ta} = \frac{0,007 \cdot \left(\frac{n \cdot l}{0,3048} \right)^{0,8}}{\left(\frac{Hs_2}{25,4} \right)^{0,5} \cdot s^{0,4}}$$

kde T_{ta} je doba doběhu (h),

n - Manningův součinitel drsnosti

l - délka proudění (m),

Hs_2 - dvouletý 24hodinový déšť (mm),

s - hydraulický sklon povrchu ($\text{tg}\alpha$).

Soustředěný odtok o malé hloubce:

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

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

kde T_{tb} je doba doběhu (h),

l - délka proudění (m),

v - průměrná rychlost ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), pro nezpevněný povrch: $v = 4,918 \cdot s^{0,5}$,

pro zpevněný povrch $v = 6,196 \cdot s^{0,5}$, kde s je sklon odtokového prvku ($\text{m}\cdot\text{m}^{-1}$).

(Janeček a kol., 1992)

Otevřená koryta:

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

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

kde v je průměrná rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

R - hydraulický poloměr (m), $R = F/O$,

F - plocha příčného profilu (m^2),

O - omočený obvod (m),

s - sklon koryta toku ($\text{tg}\alpha$),

n - Manningův drsnostní součinitel pro průtok otevřeným korytem.

(Janeček a kol., 2007)

Doba doběhu T_c (hod) se pak vypočte podle již uvedeného vztahu:

$$T_c = \frac{l}{3600 \cdot v}$$

Doba koncentrace (T_c) je součtem dob doběhu (T_t) pro různé po sobě následující úseky proudění. (Janeček a kol., 1992)

Kulminační průtok

Kulminační průtok se vypočte ze vztahu:

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

kde q_{pH} je jednotkový kulminační průtok (m^3/s), lze ho stanovit pomocí poměru počáteční akumulace k jednodennímu maximálnímu srážkovému úhrnu I_a/H_s ,

P_p = plocha povodí (km^2),

H_o = odtok (mm),

f = opravný součinitel pro nádrže, rybníky a bažiny. Používá se, jestliže se v povodí vyskytují nádrže, rybníky a mokřady mimo hydraulickou dráhu

povrchového odtoku, takže s nimi není počítáno při určování doby doběhu, resp. doby koncentrace.

(Janeček a kol., 1992)

Potřebné tabulky a nomogramy můžeme nalézt v metodice od M. Janečka (2007).

3.2.5 Výpočet transportu splavenin

Pokud nejsou k dispozici jiné přesnější podklady, je možné k odhadu transportu splavenin z povodí použít univerzální rovnici v úpravě Williamsově-Berndtově (1972):

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

kde G je transport splavenin z přívalového deště v tunách,

O_{pH} - objem přívalového odtoku v m^3 ,

Q_{pH} - velikost kulminačního průtoku v m^3/s ,

K - faktor erodovatelnosti půdy,

L - faktor délky povrchového toku po svahu,

S - faktor svažitosti povodí,

C - faktor ochranného vlivu vegetace,

P - faktor protierozních opatření. (Pasák a kol., 1984)

Faktor erodovatelnosti půdy K: Pro dané povodí je dán sumací hodnot K jednotlivých půd, vážených plochou připadající na danou půdu.

Pro stanovení L-faktoru se předpokládá povodí obdélníkového tvaru s tokem uprostřed:

$$l = \frac{P_p}{2 \cdot \sum l_v}$$

kde l je délka povrchového toku po svahu (m),

P_p - celková plocha povodí (m^2),

l_v - celková délka všech toků v povodí (m).

Průměrná svažitosť povodí (s):

$$s = \frac{\sum_{j=1}^n (b \cdot \Delta h)}{P_p} \cdot 100$$

kde s - průměrný sklon povodí (%),

n - počet ploch mezi jednotlivými vrstevnicemi,

P_p - celková plocha povodí (m^2),

Δh - výškový rozdíl mezi vrstevnicemi (m),

b_j - délka j-té vrstevnice (m), $b = \frac{1}{2} (b_j + b_{j+1})$

Hodnota topografického faktoru LS pro povodí se určí ze vztahu:

$$LS = l^{0,5} \cdot (0,0138 + 0,0097s + 0,00138s^2)$$

Faktor ochranného vlivu vegetace (C): je určován průměrováním hodnot C každé kultury a plodiny podle velikosti plochy daným způsobem obdělávané. (Janeček a kol., 1992)

4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉ OBLASTI

4.1 Geomorfologie

Z hlediska regionálního členění reliéfu ČSSR (Balatka – Sládek, 1980), patří jihočeské území provincii Česká vysočina, zastoupené zde dvěma subprovinciemi Šumavskou a Českomoravskou. Šumavská subprovincie zasahuje do popisované oblasti svou jihovýchodní částí, a to oblastí Šumavské hornatiny, kterou je možno rozdělit na 4 celky: Šumavu, Šumavské podhůří, Novohradské hory a Novohradské podhůří.

Zájmové území zasahuje do dvou podcelků. Prvním je podcelek Českokrumlovská vrchovina, která náleží do Šumavského podhůří a druhým je Kaplická brázda patřící do Novohradského podhůří.

Českokrumlovská vrchovina

Jihovýchodní část Šumavského podhůří zabírá Českokrumlovská vrchovina. Její západní část patří pestré sérii moldanubika, východní jihočeskému svorovému pásmu. Českokrumlovská vrchovina měří 519 km², dosahuje největší výšky 1 066 m (Velký Plešný), nejnižší místo je 477 m, střední nadmořská výška 719,3 m a střední sklon 6° 45'.

V členité Českokrumlovské vrchovině (převládá výšková členitost 150 - 400 m) vystupují na mnoha místech výrazné, strukturně podmíněné hřbety.

Od náčepního lokte Vltavy se táhne po obou stranách řeky svorová Rožmberská vrchovina. Největší výšky dosahuje na severu při západní hranici Kaplické brázdy v tzv. Rojovském hřbetu svorová Poluška [919 m] a také nedaleká Kraví hora přesahuje vrstevnici 900 m [909 m]. (Chábera a kol., 1985)

Kaplická brázda

Západní část podhůří Novohradských hor, zhruba mezi řekou Malší a Českokrumlovskou vrchovinou, zabírá Kaplická brázda (dříve označovaná jako

Kaplická vrchovina), příčná sníženina mezi Šumavou a Novohradskými horami. Představuje 5 – 12 km široký pruh území, protažený na vzdálenost téměř 30 km severojižním směrem, od státní hranice v prostoru Dolního Dvořiště až k jižnímu zlomovému omezení Českobudějovické pánve nedaleko Českých Budějovic. Celková rozloha Kaplické brázdy je 259 km², největší výšky dosahuje Třebonínská hora (651 m), nejnižší výška (která je současně nejnižším bodem celého Novohradského podhůří) je 405 m, střední výška 568,5 m, střední sklon 3° 37'.

Kaplická brázda zahrnuje několik rozličných geomorfologických okrsků. Území na severozápadě patří Kroclovské pahorkatině, pro niž jsou typické zbytky akumulčních plošin, kryté mladotřetihorními a staropleistocenními štěrky, v průměrné nadmořské výšce necelých 500 m, rozdělené hlubokým kaňonovitým údolím Vltavy. Směrem na jih od Kamenného Újezda je již reliéf členitější a přechází do Velešínské pahorkatiny. SZ – JV směrem protažený, více než 600 m vysoký Netřebický práh, omezuje na severu neogenními sedimenty zčásti zaplněnou Stradovskou (Kaplickou) kotlinu v západním okolí Kaplice. Širší okolí Dolního Dvořiště zabírá 4 – 6 km široká Dolnodvořišská sníženina o průměrné nadmořské výšce 650 m. Jihovýchodní pohraniční část Kaplické brázdy patří Cetvinské kotlině, ve které vystupuje z nadmořské výšky kolem 600 m několik osamocených vrchů přesahujících 700 m. (Chábera a kol., 1985)

4.2 Geologie

Moldanubikum

Zaujímá velkou část jižních Čech a západní část Moravy. Je komplexem různě starých metamorfovaných hornin a granitových plutonů. (Kukal, Němec, Pošmourný, 2005).

V jihočeském moldanubiku se rozlišují dvě základní litostratigrafické jednotky: jednotvárná a pestrá série.

Jednotvárná série vznikla polymetamorfózou mořských jílovitých břidlic s drobovou příměsí a drob. Vznikly z nich jednotvárné muskoviticko-biotitické,

biotitické a sillimaniticko-biotitické pararuly, popřípadě cordieriticko-biotitické a biotitické migmatity. Horniny jednotvárné série tvoří převážnou část jihočeského moldanubika.

Pestrá série je tvořena biotitickými, muskoviticko-biotitickými, sillimaniticko-biotitickými i cordieriticko-biotitickými pararulami a migmatity. Na jednotku, v níž se předpokládá opakované vrásnění a složitá tektonická, popřípadě až příkrovová stavba, mají pruhy pestré série v jižních Čechách překvapivě souvislý průběh. Hlavní pruhy lze sledovat jednak v tzv. sušicko-votické pestré sérii a druhý významný pruh pestré série, tzv. krumlovské, lze sledovat od státní hranice jižně od Horní Plané přes Černou, Český Krumlov k Rudolfovu a v podloží Třeboňské pánve ke Kolencům, Novosedlům a přes Novou Včelnici a Častrov až k Novému Rychnovu a Jihlavě. Mezi oběma hlavními pruhy pestré série jsou dosti výrazné rozdíly v zastoupení některých hornin. V krumlovské pestré sérii jsou hojnější granulity a leptynity. Spolu s nimi se vyskytují i ultrabazické horniny a část eklogitů (Fediuková, Dudek, 1979). Pro tento pruh jsou také charakteristické páskované ruly a nepravidelně porfyroblastické ruly, které považujeme za metatufy a metatufity. (Chábera a kol., 1985)

V jihočeském moldanubiku můžeme rozlišit tři základní metamorfní jednotky, které vznikly prolínáním vlivů několika metamorfních etap.

V zóně dvojslídých rul jsou reliktu stauroliticko-kyanitové metamorfózy nejvíce zachovány. Patří k ní chýnovská zóna a kaplická zóna. Na Kaplicku i Chýnovsku jsou v těchto horninách křemen a křemenoživcové vytavené čočky, často s velkými krystaly kyanitu, andalusitu, rutilu a dalších minerálů. (Chábera a kol., 1985)

Český masiv

Naše republika se rozkládá na území dvou velkých geologických jednotek, lišících se vřadě důležitých vlastností, rozhodujících o oživení (stáří, reliéf, chemismus, půdy). Český masiv, vzniklý již v předprvohorním období, prošel (po poslední sedimentaci, následované ústupem křídového moře) dlouhým pevninským

geomorfologickým vývojem. Karpaty vznikly až během druhohor a třetihor alpským vrásněním a zasahují do ČR pouze svým vnějším okrajem (Bílé Karpaty, Beskydy). (Rajchard – Balounová - Vysloužil, 2002)

V Českém masivu rozlišujeme z regionálně geologického hlediska oblasti krystalinika, starých zvrásněných sedimentů, permokarbonských sedimentů, českého útvaru křídového, třetihorních sedimentů a sopečných pohoří, konečně pak oblasti převládajících čtvrtohorních pokryvů.

Názvem krystalinikum označujeme komplexy metamorfovaných hornin prostoupených hlubinnými horninami vyvřelými. Půdy na krystaliniku mají vzhledem k převládajícímu lehčímu rázu i k poměrně menší hloubce omezenou schopnost udržet vodu. Také v matečních horninách se vyskytuje jen málo puklinové vody. Krystalinikum jižní části Českého masivu, jihočeské krystalinikum – Kaplické mezihoří, má na západě vrchovinu Krumlovskou (ruly s vložkami krystalických vápenců), ve střední části vrchovinu Kaplickou (svory) a na jihovýchodě podhůří Novohradských hor (žuly a svory). Vlastní Novohradské hory nemají zemědělský význam. (Stejskal, 1958)

4.3 Pedologie

Na ploše povodí Zubčického potoka převažují středně hluboké půdy (30 – 60 cm) a nejčastěji zde najdeme tyto půdní typy:

- Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variant, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry
- Kambizemě modální eubazické až mezobazické na hrubých zvětralinách, propustných, minerálně chudých substrátech, žulách, syenitech, granodioritech, méně ortorulách, středně těžké lehčí s vyšším obsahem grusu, vláhově příznivější ve vlhčím klimatu

- Kambizemě dystrické, kambizemě modální mezobazické i kryptopodzoly modální na žulách, rulách, svorech a fylitech, středně těžké lehčí až středně skeletovité, vláhově zásobené, vždy však v mírně chladném klimatickém regionu
- Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovostí, vláhově závislé na klimatu a expozici
- Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření. (Vyhláška 546/2002 Sb.)

Méně často se zde vyskytují:

- Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorničí od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách
- Pseudogleje pelické planické, kambizemě oglejené na těžších sedimentech limnického terciéru (sladkovodní svrchnokřídové a tercierní uloženiny), středně těžké až těžké, pouze ojediněle středně skeletovité, málo vodopropustné, periodicky zamokřené
- Gleje modální na různých substrátech často vrstevnatě uložených, v polohách širokých depresí a rovinných celků, středně těžké až těžké, při vodních tocích závislé na výšce hladiny toku, zaplavované, těžko odvodnitelné
- Gleje modální i modální zrašelinělé, gleje histické, černice glejové zrašelinělé na nivních uloženinách v okolí menších vodních toků, půdy úzkých depresí včetně svahů, obtížně vymežitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim
- Gleje fluvické, fluvizemě glejové, stejných vlastností jako HPJ 70, avšak

výrazně vlhčí při terasových částech úzkých niv

- Kambizemě oglejené, pseudogleje glejové i hydroeluviální, gleje hydroeluviální i povrchové, nacházející se ve svahových polohách, zpravidla zamokřené s výskytem svahových pramenišť, středně těžké až velmi těžké, až středně skeletovité.

(Vyhláška 546/2002 Sb.)

4.4 Popis povodí Zubčického potoka

Povodí Zubčického potoka se nachází v okrese Český Krumlov a jedná se o povodí IV. řádu s číslem hydrologického pořadí 1-06-01-190 a rozlohou 22,6 ha. Zubčický potok pramení v Chucheleckém lese v nadmořské výšce 795 m n. m.

Má několik přítoků, z nichž nejvýznamnější jsou: Rejtský potok, Markvartický potok a Pláňský potok, který je z nich jediným levostranným přítokem.

V povodí se nachází několik malých vodních nádrží a můžeme zde také najít rybník Šindelář, Borský rybník a Velký a Malý záhorkovický rybník.

Povodí Zubčického potoka zasahuje do těchto katastrálních území: Chodeč, Chodeč – Zvíkov, Mojné, Mojné – Skřidla, Netřebice, Střítež u Kaplice, Věžovatá Pláně, Záhorkovice, Zahrádka, Zubčice a Žaltice a je lemován lesními a trvalými travními porosty. Téměř polovina sledovaného mikropovodí je zalesněna a necelou čtvrtinu pokrývají trvalé travní porosty.

Zubčický potok je pravostranným přítokem Jíleckého potoka, do kterého se vlévá za obcí Mirkovice v nadmořské výšce 503 m. Jílecký potok se o několik kilometrů dále vlévá z pravé strany do řeky Vltavy za obcí Přísečná.

V povodí Zubčického potoka se nacházejí tato sídla: obec Věžovatá Pláně s vesnicí Dolní Pláně, obec Střítež, Rejty, Netřebice a obec Zubčice s částmi Zubčice, Zubčická Lhotka a Markvartice a se samotou Pflegrův Mlýn, dále vesnice Žaltice se skupinou samot Žaltické samoty, spadající pod obec Mirkovice, malá vesnice Záhorkovice, patřící pod obec Mojné a také Bor, jenž je částí města Velešín.

Dopravní síť je tvořena silnicí II. třídy č. 157, silnicemi III. třídy a železniční tratí vedoucí z Českých Budějovic do Dolního Dvořiště. Je zde přítomna cyklostezka

č.1199 (Práčov – Velešín) vedoucí přes Zubčice a Markvartice a cyklostezka č. 1200 (Rožmitál na Šumavě - Rozpoutí), vedoucí přes Věžovatou Pláň a Střítež a také několik turistických tras.

4.5 Klimatické podmínky

Dle Quitta (1971) lze na základě klimatických rozdílů v naší republice rozlišit tři klimatické oblasti – teplou (T), mírně teplou (MT) a chladnou (CH).

Povodí zasahuje do tří rajonů mírně teplé oblasti: MT3 pokrývá jižní část povodí Zubčického potoka, MT4 střední část a MT5 severní část.

MT3 – MT5 jsou charakterizovány krátkým, mírným až mírně chladným, suchým až mírně suchým létem, mírným jarem a mírným podzimem, s normálně dlouhou zimou. (Neuhäuslová a kol., 1998)

Klimatická oblast	MT3	MT4	MT5
Počet letních dnů	20 - 30	20 - 30	30 - 40
Počet dnů s teplotou alespoň 10°C	120 - 140	140 - 160	140 - 160
Počet mrazových dnů	130 - 160	110 - 130	130 - 140
Počet ledových dnů	40 - 50	40 - 50	40 - 50
Průměrná teplota v lednu	- 3 -- 4	- 2 -- 3	- 4 -- 5
Průměrná teplota v dubnu	6 - 7	6 - 7	6 - 7
Průměrná teplota v červenci	16 - 17	16 - 17	16 - 17
Průměrná teplota v říjnu	6 - 7	6 - 7	6 - 7
Počet dnů se srážkami alespoň 1 mm	110 - 120	110 - 120	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 450	350 - 450	350 - 450
Srážkový úhrn v zimním období	350 - 450	350 - 450	350 - 450
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 100	60 - 80	60 - 100
Počet jasných dnů	120 - 150	150 - 160	120 - 150
Počet zatažených dnů	40 - 50	40 - 50	50 - 60

Tabulka č. 4: Charakteristické vlastnosti mírně teplých oblastí. (Quitt, 1971)

4.6 Fytogeografické aspekty vegetace

Díky značné geologické a morfologické členitosti území ČR je zdejší vegetace relativně různorodá. Tato různorodost, která se odráží ve vegetaci rekonstruované, potenciální a koneckonců i aktuální, má základ v přítomnosti „reliktních“ stanovišť, kde se uchovaly rozmanité chronoelementy i migroelementy. (Neuhäuslová a kol., 1998)

Povodí Zubčického potoka náleží do hercynské podprovincie a spadá do dvou typů potenciální přirozené vegetace. Jižní část povodí tvoří bučina s kyčelnicí devítilistou (*Dentario enneaphylli* - *Fagetum*) a severní část biková a/nebo jedlová doubrava (*Luzulo albidae* - *Quercion*).

Hercynská podprovincie

Hercynská podprovincie, je na našem území vyvinuta ve své úplnosti, neboť zasahuje do všech teoreticky možných vegetačních stupňů. Je řazena do středoevropského regionu, který je charakterizován úplným gradientem vegetačních stupňů a plošnou převahou stupně bučin. Pestrá geologická stavba podmiňuje značnou mozaikovitost vegetace, ačkoli geomorfologicky je většina podprovincie spíše jednotvárná. (Neuhäuslová a kol., 1998)

Bučina s kyčelnicí devítilistou

Je vázána hlavně na montánní stupeň. Vyskytuje se převážně v nadmořských výškách 500 – 1000 m, kde osidluje zejména svahové polohy bez ohledu na orientaci svahů. Osidluje půdy na zvětralinách jak krystalických tak sedimentárních, minerálně středně silných hornin. Výjimečně se vyskytuje na odvápněných svahových hlínách na křídových sedimentech. Půdy patří k více či méně skeletovité kambizemi (mezotrofní až eutrofní varietě). Půdy na křídových sedimentech odpovídají mulové pararendzině.

Dobře vyvinuté, dospělé porosty představují v přirozeném složení vysokokmenné jedlobučiny, popř. bučiny. Jejich hospodářsky nejvýznamnější

složkou je buk dosahující výšky až 30 m. Pravidelnou příměs tvoří klen a jedle, která v nižších hornatinách vymírá. Část plochy je využívána zemědělsky (louky a pastviny).

Náhradní lesní společenstva většinou tvoří smrkové monokultury, řidčeji modřínové nebo sosnové. Nelze však doporučit opakované pěstování čistých smrkových kultur, které vede k degradaci půdy (zejména humusových horizontů) a k poklesu bonity porostů.

Bučina s kyčelnicí devítilistou se zachovala v řadě přirozených až polopřirozených porostů, z nichž některé jsou chráněny v přírodních rezervacích. Mimo rezervace je ohrožena především převodem na kultury jehličnatých dřevin, zejména smrku, které jsou labilnější a ovlivňují negativně půdu a koloběh živin. Kromě své funkce v produkci dřeva hraje významnou roli ve vodním hospodářství (vyskytuje se na rozvodích a v pramenných oblastech) a v ekologické stabilitě krajiny (protierozní ochrana půdy). Pro zachování výše uvedených funkcí nutno zajistit obnovu těchto fytoocenóz po vytěžení dospělých porostů. (Neuhäuslová a kol., 1998)

Biková a/nebo jedlová doubrava

Biková a/nebo jedlová doubrava představují edafický klimax na živinami chudých substrátech (ruly, žuly, svory, kyselá břidlice aj.) v planárním a zvláště kolinním stupni se subkontinentálním klimatem. Často však stoupají i výše, zejména jedlová doubrava, vázaná na relativně chladnější a vlhčí polohy než biková doubrava. Tato společenství osidlují různé reliéfové formy. Půdy odpovídají zpravidla mezooligotrofním 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.

Náhradními lesními společenstvy jsou smrkové, modřínové (zvl. v polohách jedlových doubrav) a borové monokultury, březové lesíky, druhově chudé porosty dubu červeného a akátu.

Většina poloh těchto lesů je v současné době odlesněna a využívána jako pole, méně pastviny nebo louky. Středně bonitní až nízkobonitní lesy blízké přirozeným

zaujímají < 1% mapové plochy. Jsou zpravidla jen maloplošně zachovány uvnitř větších lesních komplexů nebo na zemědělsky málo vhodných stanovištích. Značná část lesů je přeměněna na jehličnaté kultury, zřídka i akátiny či kultury dubu červeného. Borovice dosahuje zejména v první generaci dobré bonity. V borových kulturách na písčitéch silikátových substrátech dochází vlivem hromadění surového humusu k degradaci svrchní vrstvy půdy. Pěstování smrku není rentabilní. Jeho přírůst bývá na vlhčích stanovištích jedlových doubrav sice dobrý, trpí však houbovými chorobami.

Na polích bývají pěstovány brambory, pšenice, oves, žito, kukuřice (středně kvalitní porosty), řepka olejka, bob nebo vojtěška. Louky jsou často obhospodařovány jako tzv. „travní pole“, tj. rozorány a znovu osety travní směsí.

Význam lesních porostů přirozeného složení spočívá jak v jejich produkčních, tak mimoprodukčních funkcích. Na svazích chrání půdu před erozí, v městské zástavbě slouží jako hojně navštěvované lesy rekreační. Jsou útočištěm zvěře a mají též vodohospodářský a estetický význam. V zemědělsky využívané krajině přispívají ke zvýšení její biodiverzity. Přirozené porosty bikových doubrav patří mezi vzácné typy vegetace, ustupující vlivem lidské činnosti. (Neuhäuslová a kol., 1998)

4.7 Přírodní park Poluška

Přírodní park Poluška byl zřízen okresním úřadem k 1.10. 1999. Je nejmenším ze všech čtyř přírodních parků Českokrumlovsko. Hranice přírodního parku prochází obcemi a osadami Přídolí, Záhořánky, Silniční Domky, Zahrádka, Omlenička, Lannovy Domky, Rejty, Střítež, Dolní Pláně, Věžovatá Pláně a Sedlice. (Dolanský, 2000)

Posláním přírodního parku Poluška je ochrana krajinného rázu s přírodní a estetickou hodnotou, s harmonicky utvářenou krajinou s takřka nedotčeným lesním ekosystémem (s výjimkou lesního hospodaření) vrchoviny Poluška s nejvyššími vrcholy Hůra (799 m n. m.), Poluška (919 m n. m.) a Kraví hora (909 m n. m.), dále s lučními ekosystémy, mezemi a remízky, s porosty dřevin a dochovanou tradiční

architekturou obytných a hospodářských stavení, vísek a samot šumavského předhůří před rušivými vlivy. (Nařízení Jihočeského kraje č. 5/2004)

Rozsáhlý lesní ekosystémem je regionálním biocentrem územního systému ekologické stability krajiny a probíhá jím nadregionální biokoridor K170, spojující biocentrum Poluška mj. s nadregionálním biocentrem Žofín. (Dolanský, 2000)

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Wischmeier-Smithova univerzální rovnice ztráty půdy

Erozní ohroženost pozemků byla zkoumána v obvodu pozemkové úpravy Věžovatá Pláně. Plocha řešeného území v KPÚ činila 291,5 ha.

Ztráta půdy vodní erozí byla vypočítána pro sedmáct odtokových linií, které jsem spolu s údaji o hlavních půdních jednotkách, délkách a sklonech svahů převzala z mapy erozního ohrožení (měřítko 1 : 5000), která byla součástí přílohy projektu KPÚ Věžovatá Pláně (2004).

Úsek odtokové linie	HPJ	Délka [m]	Sklon [%]	Úsek odtokové linie	HPJ	Délka [m]	Sklon [%]
1a	34	70	10,00	8	34	155	13,55
1b	34, 50	150	8,00	9a	40, 34, 50	75	4,67
1c	50	130	5,85	9b	50	90	5,56
2a	34	65	10,80	10a	34	40	5,75
2b	34, 50	105	7,26	10b	34	125	11,20
2c	50	135	5,92	10c	34, 73	50	4,00
2d	50	100	4,80	11a	40, 50	85	12,94
3a	50	145	8,28	11b	50	135	10,37
3b	50	70	5,71	12	34	130	8,46
4	34	220	9,55	13a	34	105	11,43
5	40	110	15,50	13b	34	75	8,00
6a	40	160	13,75	14	34, 50	185	12,43
6b	40, 34	90	10,67	15	34, 50	125	12,00
7a	40	93	13,98	16	34, 50	160	8,75
7b	40, 34, 50	85	16,47	17a	34, 50	215	7,81
7c	50	107	9,35	17b	50	80	4,38

Tabulka č. 5: Délka, sklon a HPJ vyskytující se na hodnocených svazích. Hodnoty byly převzaty z projektu KPÚ.

5.1.1 Faktor erozní účinnosti deště R

Pro výpočet jsem zvolila průměrnou roční hodnotu faktoru R 20 MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹.

5.1.2 Faktor náchylnosti půdy k erozi K

Faktor K jsem přibližně stanovila z tabulky podle HPJ.

Odtoková linie	Faktor K	Odtoková linie	Faktor K	Odtoková linie	Faktor K
1	0,30	7	0,28	13	0,26
2	0,31	8	0,26	14	0,30
3	0,33	9	0,31	15	0,30
4	0,26	10	0,30	16	0,30
5	0,24	11	0,31	17	0,32
6	0,25	12	0,26		

Tabulka č. 6: Hodnoty faktoru K pro jednotlivé odtokové linie.

Na svazích se nejčastěji vyskytují hodnoty faktoru K 0,30, 0,26 a 0,31.

5.1.3 Faktor délky svahu L

Hodnoty faktoru L jsem získala také z tabulky.

Odtoková linie	Faktor L	Odtoková linie	Faktor L	Odtoková linie	Faktor L
1	3,99	7	3,59	13	2,86
2	4,30	8	2,65	14	2,90
3	3,13	9	2,73	15	2,37
4	3,16	10	3,13	16	2,69
5	2,23	11	3,16	17	3,65
6	3,38	12	2,42		

Tabulka č. 7: Hodnoty faktoru L pro jednotlivé odtokové linie.

Jedná se o relativně dlouhé odtokové linie. Ztráty půdy by šlo alespoň u některých erozně ohrožených pozemků snížit přerušením svahů vhodně umístěným systémem cestní sítě.

5.1.4 Faktor sklonu svahu S

Hodnoty faktoru sklonu svahu S jsem stanovila z tabulky.

Odtoková linie	Faktor S	Odtoková linie	Faktor S	Odtoková linie	Faktor S
1	0,83	7	1,81	13	1,12
2	0,73	8	1,87	14	1,64
3	0,70	9	0,46	15	1,55
4	1,09	10	0,70	16	0,96
5	2,34	11	1,48	17	0,58
6	1,58	12	0,91		

Tabulka č. 8: Hodnoty faktoru S pro jednotlivé odtokové linie.

Průměrný sklon pozemku se pohybuje od 5,12 % u odtokové linie číslo 9, kde by se tedy dala předpokládat nejnižší hodnota ztráty půdy, až do 15,5 % u odtokové linie číslo 5.

5.1.5 Faktor ochranného vlivu vegetace C

Uvažovaný osevní postup:

1. jetel
2. ozimý ječmen
3. řepka ozimá
4. ozimá pšenice
5. kukuřice na siláž
6. jarní ječmen

Jetel:

1.období: 15.07. - 01. 09.

$$C_{\text{jetel}} = 0,003$$

Ozimý ječmen:

1. období: 01.09. - 15.09., $C \cdot \%R = 0,018$

2. období: 16.09. - 31.10., $C \cdot \%R = 0,022$

3. období: 01.11. - 30.04., $C \cdot \%R = 0,002$

4. období: 01.05. - 31.07., C . %R = 0,033
5. období: 01.08. - 15.08., C . %R = 0,026
 $C_{OJ} = 0,101$

Řepka ozimá:

1. období: 01.08. - 20.08., C . %R = 0,113
2. období: 21.08. - 30.09., C . %R = 0,116
3. období: 01.10. - 30.04., C . %R = 0,005
4. období: 01.05. - 20.07., C . %R = 0,043
5. období: 21.07. - 31.07., C . %R = 0,029
 $C_{OŘ} = 0,306$

Ozimá pšenice:

1. období: 01.09. - 15.09., C . %R = 0,023
2. období: 16.09. - 31.10., C . %R = 0,028
3. období: 01.11. - 30.04., C . %R = 0,002
4. období: 01.05. - 31.07., C . %R = 0,052
5. období: 01.08. - 15.08., C . %R = 0,033
 $C_{OP} = 0,138$

Kukuřice na siláž:

1. období: 01.08. - 20.04., C . %R = 0,244
2. období: 21.04. - 31.05., C . %R = 0,092
3. období: 01.06. - 30.06., C . %R = 0,161
4. období: 01.07. - 20.09., C . %R = 0,223
5. období: 21.09. - 30.09., C . %R = 0,016
 $C_K = 0,736$

Jarní ječmen:

1. období: 21.09. - 15.03., C . %R = 0,028
2. období: 16.03. - 30.04., C . %R = 0,004

3. období: 01.05. - 31.05., $C \cdot \%R = 0,050$

4. období: 01.06. - 15.07., $C \cdot \%R = 0,031$

$C_{II} = 0,113$

Průměrný faktor $C = 0,23$.

Faktor C pro obilniny, je sice poměrně nízký, ale hodnotu průměrného faktoru C za osevní postup zvyšuje zejména kukuřice a v menší míře ozimá řepka.

5.1.6 Faktor účinnosti protierozních opatření P

Ve sledované oblasti nebyla před pozemkovou úpravou realizována žádná protierozní opatření. Hodnota faktoru P se tedy rovná jedné.

Průměrná dlouhodobá ztráta půdy G

Dosažením výše uvedených hodnot do univerzální rovnice jsem získala tyto hodnoty:

Odtoková linie	Průměrné G [t . ha ⁻¹ . rok ⁻¹]	Odtoková linie	Průměrné G [t . ha ⁻¹ . rok ⁻¹]
1	4,57	10	3,02
2	4,48	11	6,67
3	3,33	12	2,63
4	4,12	13	3,83
5	5,76	14	6,56
6	6,14	15	5,07
7	8,37	16	3,56
8	5,93	17	3,12
9	1,79		

Tabulka č. 9: Průměrná ztráta půdy G vodní erozí. Červeně jsou označeny hodnoty překračující přípustnou ztrátu půdy erozí.

V této oblasti se nacházejí středně hluboké půdy. Hodnota přípustné ztráty půdy vodní erozí tedy činí $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a byla překročena u pozemků číslo 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14 a 15. Projektanti pozemkové úpravy dospěli k podobnému závěru, ale ztráta půdy u pozemků č. 1 a 2 je podle jejich výpočtů nižší než hodnota přípustné ztráty půdy. Naše výsledky se v průměru lišily o $0,51 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, což bylo způsobeno zejména odlišnou hodnotou zvoleného faktoru R a jinak zvoleným osevním postupem. Nejvyšší hodnota ztráty půdy byla dosažena na pozemku č. 7, což bylo způsobeno vyšším sklonem v kombinaci s větší délkou svahu.

Odtoková linie	Průměrné G při přerušovaném brázdování podél vrstevnic při pěstování řepky [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]	Průměrné G po zatravnění [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]
1	1,82	0,10
2	1,77	0,10
4	1,33	0,09
5	3,07	0,13
6	3,27	0,13
7	4,45	0,18
8	3,75	0,13
11	2,66	0,14
14	3,49	0,14
15	2,70	0,11

Tabulka č. 10: Průměrná ztráta půdy pro řepku při brázdování podél vrstevnic a průměrná ztráta půdy po zatravnění.

Z výše uvedené tabulky je zřejmé, že by přerušované brázdování snížilo odnos půdy při pěstování řepky ozimé pod přípustnou mez $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ u všech pozemků, s výjimkou pozemku č. 7. Zatravnění by snížilo u všech pozemků odnos půdy hluboko pod přípustnou mez.

Na těchto pozemcích bych nedoporučila pěstování kukuřice vůbec a pěstování ostatních širokořádkových plodin by bylo dle mého názoru vhodné pouze v kombinaci s protierozním opatřením (např. přerušovaným brázdováním) a to s výjimkou pozemku č. 7, kde by byla stále ještě hodnota odnosu půdy relativně vysoká. Nejúčinnějším opatřením by bylo zatravnění pozemků.

5.2 Čerkašinův vzorec pro výpočet velkých vod na malých povodích

Do obvodu pozemkové úpravy zasahovala celkem tři povodí: povodí Zubčického potoka (1-06-01-190), Jíleckého potoka (1-06-01-187) a Žďárského potoka (1-06-02-022), která se nacházejí na listu č. 32-24 Základní vodohospodářské mapy ČR 1 : 50 000. Dvě posledně jmenovaná povodí zasahovala do obvodu pozemkové úpravy jen zanedbatelně. Celková plocha povodí Zubčického potoka činí 22,60 km². Změna způsobu využití erozně ohrožených pozemků v obvodu pozemkové úpravy by se proto na celkovém objemu odtoku téměř neprojevila. Z tohoto důvodu jsem Čerkašinův vzorec pro výpočet velkých vod na malých povodích použila pouze pro mikropovodí Zubčického potoka, nacházející se v horní části povodí.

Plocha sledovaného mikropovodí, jehož uzávěrový profil se nachází u Pflégrova Mlýna, činí 11,66 km². Ze Základní vodohospodářské mapy ČR 1 : 50 000 jsem zjistila, že délka hlavního toku činí 4,71 km a sklon údolí 5,7 %. Lesní pozemky pokrývají přibližně 574 ha a trvalé travní porosty 226 ha, což dohromady činí cca 69 % plochy tohoto mikropovodí. Z mapy izolinií jsem odečetla hodnotu objemového součinitele odtoku β a z nomogramů koeficient závislý na tvaru povodí ψ a hodnotu výrazu $v^{2/3}$.

Dosažením do vzorce pro výpočet velkých vod na malých povodích a následně do vzorce pro převod Q_{100} na Q_N jsem získala hodnoty:

N [let]	1	2	5	10	20	50	100
a_N	0,14	0,21	0,33	0,45	0,60	0,81	1,00
Q_N [m ³ /s]	6,46	9,69	15,22	20,75	27,67	37,36	46,12

Tabulka č. 11: Hodnoty průtoků před zatravněním.

Po zatravnění erozně ohrožených pozemků v obvodu KPÚ by se zatravněná plocha v mikropovodí zvýšila přibližně o 51 ha. Celková zatravněná nebo zalesněná plocha by pak činila 8,51 km², což by odpovídalo 73% plochy mikropovodí. Tím by se v rovnici zmenšil parametr $v^{2/3}$.

Po dosažení do vzorců bych tedy získala nižší hodnoty než před zatravněním:

N [let]	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [m ³ /s]	6,26	9,39	14,75	20,12	26,82	36,21	44,07

Tabulka č. 12: Hodnoty Q_N po zatravnění.

Po zatravnění erozně ohrožených pozemků v katastrálním území Věžovatá Pláň by vzrostla zatravněná nebo zalesněná plocha o 4 %. To by následně vedlo ke snížení průtoku stoleté vody v uzávěrovém profilu přibližně o 2 m³.s⁻¹, což ale stále představuje poměrně vysokou hodnotu.

Takto zjištěné hodnoty průtoků lze využít pro návrh úpravy koryt, dimenzování nádrží a propustků.

5.3 Metoda čísel odtokových křivek

5.3.1 Přímý odtok

Ke stanovení velikosti přímého odtoku je nutné znát hodnoty maximálních denních úhrnů srážek s pravděpodobností opakování za N roků. Nejblíže srážkoměrnou stanicí je stanice Netřebice, která se nachází na hranici mikropovodí.

N roků	2	10	20	50	100
Úhrn srážek v mm	40,3	59,5	67,4	77	84,5

Tabulka č. 13: Maximální denní úhrny srážek s pravděpodobností opakování za N roků.

(Šamaj – Valovič – Brázdil, 1985)

Pro výpočet přímého odtoku jsem použila dvě hodnoty úhrnů návrhového deště: 40,3 mm s pravděpodobností opakování dva roky a 67,4 mm s pravděpodobností opakování dvacet let.

Lesní pozemky pokrývají přibližně 50 % mikropovodí a odpovídá jim číslo odtokové křivky 60.

Trvalé travní porosty se vyskytují na cca 19 % plochy mikropovodí a převážně se zde vyskytují HPJ 34, 40 a 50. Těm odpovídají čísla CN-křivek 69, 69 a 79.

Hodnoty HPJ jsem zjistila na serveru Českého úřadu zeměměřického a katastrálního.

Přibližně 18 % zabírá orná půda, kde převažují stejné HPJ jako u trvalých travních porostů, kterým zde odpovídají čísla CN-křivek 80, 87 a 80, pro širokořádkové plodiny, 75, 83 a 75 pro úzkořádkové plodiny a 72, 81 a 72 pro víceleté pícniny.

Nepropustným plochám odpovídá číslo odtokové křivky 98.

Z těchto hodnot jsem váženým aritmetickým průměrem vypočetla výsledné číslo CN-křivky, které pro širokořádkové plodiny činí 71, pro úzkořádkové plodiny a víceleté pícniny přibližně 70.

Následně jsem zjistila hodnoty přímého odtoku a objemu přímého odtoku z mikropovodí pro návrhový dešť s dobou opakování dva a dvacet let.

Plodina	Přímý odtok pro N=2 [mm]	Přímý odtok pro N=20 [mm]	Přímý odtok pro N=100 [mm]
Širokořádkové plodiny	3,1	14,5	24,3
Úzkořádkové plodiny	2,7	13,5	22,9
Víceleté pícniny	2,7	13,5	22,9

Tabulka č. 14: Hodnoty přímého odtoku v mm.

Plodina	Objem přímého odtoku pro N=2 [m³]	Objem přímého odtoku pro N=20 [m³]	Objem přímého odtoku pro N=100 [m³]
Širokořádkové plodiny	36 146	168 837	283 338
Úzkořádkové plodiny	31 365	157 410	267 014
Víceleté pícniny	31 365	157 410	267 014

Tabulka č. 15: Hodnoty objemu přímého odtoku v m³.

Hodnoty přímého odtoku jsou nejvyšší pro širokořádkové plodiny. Pro úzkořádkové plodiny jsou stejné jako u víceletých pícnin. Důvodem je zaokrouhlení hodnoty čísla CN křivky za celé mikropovodí na celé číslo.

5.3.2 Kulminační průtok

Všechny potřebné hodnoty ke stanovení kulminačního průtoku jsem získala ze Základní mapy ČR 1 : 10 000 a z tabulek uvedených v metodice.

Doba doběhu činí pro plošný povrchový odtok 0,91 h, doba doběhu soustředěného odtoku o malé hloubce 0,12 h a doba doběhu pro otevřená koryta odpovídá 7,70 h.

Doba koncentrace povrchového odtoku je součtem dob doběhu a odpovídá 8,73 h.

Pro určení jednotkového kulminačního průtoku je třeba znát poměr počáteční akumulace k jednodennímu maximálnímu srážkovému úhrnu. Tento poměr I_a/H_s a jednotkový kulminační průtok jsem stanovila z nomogramů.

Dosazením do vzorce pro výpočet kulminačního průtoku jsem tedy získala hodnoty:

Plodina	Jednotkový kulminační průtok			Kulminační průtok [m ³ .s ⁻¹]		
	N = 2	N = 20	N = 100	N = 2	N = 20	N = 100
Širokořádkové plodiny	55	59	63	0,85	4,28	7,68
Úzkořádkové plodiny	53	57	62	0,71	3,86	7,12
Víceleté píceiny	53	57	62	0,71	3,86	7,12

Tabulka č. 16: Hodnoty jednotkového kulminačního průtoku a kulminačního průtoku při pěstování různých plodin v mikropovodí.

Kulminační průtok by samozřejmě byl nejvyšší v případě širokořádkových plodin. U úzkořádkových plodin vyšly stejné hodnoty jako u víceletých pícein. Důvodem bylo zaokrouhlení čísla odtokové křivky odpovídající celému mikropovodí. Rozdíl nezaokrouhlených čísel odtokových křivek byl 0,74, který se zaokrouhlením na celé číslo odstranil.

5.4 Výpočet transportu splavenin

Hodnotu transportu splavenin jsem vypočetla pro tři doby opakování a to pro dva, dvacet a sto let. Pro každou z nich jsem ještě vypočetla, jaký by mělo na hodnotu transportu splavenin vliv pěstování pouze širokořádkových a úzkořádkových plodin a víceletých píceň. Zvláště jsem vypočetla tyto hodnoty pro kukuřici na siláž, která by se v tomto mikropovodí mohla také pěstovat a má mnohem vyšší hodnotu faktoru C než je tomu u širokořádkových plodin obecně.

Váženým aritmetickým průměrem jsem zjistila, že průměrný faktor K má pro toto mikropovodí hodnotu 0,27. Ze Základní vodohospodářské mapy ČR jsem získala potřebné informace pro výpočet faktoru LS, který činí 3,61. Průměrný faktor ochranného vlivu vegetace pro mikropovodí se v závislosti na pěstovaných plodinách mění od 0,007 pro víceleté pícniny do 0,157 pro kukuřici na siláž.

Plodina	Transport splavenin z přívalového deště [t]			Transport splavenin z přívalového deště [t.ha ⁻¹]		
	N = 2	N = 20	N = 100	N = 2	N = 20	N = 100
Kukuřice na siláž	852	4996	9263	0,73	4,28	7,94
Širokořádkové plodiny	369	2164	4012	0,32	1,86	3,44
Úzkořádkové plodiny	127	1444	2735	0,11	1,24	2,35
Víceleté pícniny	32	202	383	0,03	0,17	0,33

Tabulka č. 17: Transport splavenin z přívalového deště.

Nejvyšší transport splavenin z mikropovodí by se vyskytoval při pěstování širokořádkových plodin, obzvláště při pěstování kukuřice. Povrch půdy je při pěstování kukuřice nedostatečně chráněn, voda z něho odtéká podstatně rychleji a nestihne se infiltrovat v takové míře jako je tomu u úzkořádkových plodin a zejména u víceletých pícnin.

Rozhodně bych nedoporučila pěstování širokořádkových plodin, zejména kukuřice, ve velké míře. Nejlepším řešením by bylo pěstovat plodiny v mikropovodí tak, aby se na erozně ohrožených pozemcích širokořádkové plodiny nevyskytovaly buď vůbec, nebo jen za použití protierozních opatření.

6 ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se zabývala vyhodnocením erozních jevů a odtokových poměrů na mikropovodí Zubčického potoka, do kterého zasahuje pozemková úprava Věžovatá Pláně.

Nejprve jsem řešila erozní ohroženost pozemků, kterými se zabývali i projektanti pozemkové úpravy. Pomocí univerzální rovnice ztráty půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe jsem vypočetla průměrnou dlouhodobou ztrátu půdy na celkem sedmnácti pozemcích. Přípustná mez ztráty půdy byla překročena celkem na deseti z těchto pozemků. Projektanti pozemkové úpravy dospěli k podobnému závěru, ale jako erozně ohrožené hodnotili o dva pozemky méně. Naše výsledky se v průměru lišily o $0,51 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, což bylo způsobeno zejména odlišnou hodnotou zvoleného faktoru R a jinak zvoleným osevním postupem. Na těchto pozemcích bych nedoporučila pěstování kukuřice vůbec a pěstování ostatních širokořádkových plodin by bylo, dle mého názoru, vhodné pouze v kombinaci s protierozním opatřením (např. přerušovaným brázdováním) a to s výjimkou pozemku č. 7, kde by byla stále ještě hodnota odnosu půdy relativně vysoká. Nejúčinnějším opatřením by bylo zatravnění pozemků.

Dále jsem pro toto mikropovodí vypočetla hodnoty průtoků s různou dobou opakování dle Čerkašina. Důvodem, proč jsem neřešila celé území povodí Zubčického potoka byla jeho relativně velká rozloha, díky které by se neprojevila případná změna kultur, vyplývající z protierozní ochrany v rámci komplexní pozemkové úpravy vůbec, nebo jen velmi málo. Po zatravnění erozně ohrožených pozemků v katastrálním území Věžovatá Pláně by vzrostla zatravněná nebo zalesněná plocha o 4 % z celkové plochy mikropovodí. To by následně vedlo ke snížení průtoku stoleté vody v uzávěrovém profilu přibližně o 4,5 %. Hodnota tohoto průtoku je ale stále poměrně vysoká.

Posledním krokem byl na tomtéž mikropovodí výpočet kulminačního průtoku pomocí metody čísel odtokových křivek a následně výpočet přibližné hodnoty transportu splavenin pomocí upravené univerzální rovnice dle Williamse a Berndta.

Kulminační průtok a tím i transport splavenin byly nejvyšší v případě širokořádkových plodin. Hodnoty kulminačního průtoku byly u úzkořádkových

plodin totožné s hodnotami víceletých pícein. Důvodem byly nepřesné vstupní hodnoty CN křivek pro tyto plodiny.

Rozhodně bych v mikropovodí nedoporučila pěstovat ve velké míře širokořádkové plodiny, zejména kukuřici. Povrch půdy je při pěstování těchto plodin nedostatečně chráněn, voda z něho odtéká podstatně rychleji a nestihne se infiltrovat v takové míře, jako je tomu u úzkořádkových plodin a víceletých pícein.

Eroze je přírodní proces, který nelze zcela zastavit. Měli bychom se však snažit o její snížení na minimum. Odstranění následků erozní činnosti je finančně i časově náročné.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Amore, E., et al. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 2004, 293, s. 100-114
2. Buzek, L. *Eroze půdy*. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1983. 257 s.
3. Castro, D.D., Zobeck, T. M. Evaluation of the topographic factor in the universal Soil loss equation on irregular slopes. *J. of soil and water conservation*. March-April 1986, s. 113-116.
4. Crăciun, A.I., Haidu, I., Bilașco, Șt. The SCS-CN Model Assisted by G.I.S. - Alternative Estimation of the Hydric Runoff in Real Time. *Geographia Technica*, 2007, 1, s.1-7
5. Čerkašin, A.: Nový vzorec pro výzkum velkých vod na malých povodích. *Vodní hospodářství*, 9, 1958.
6. Dolanský, V. *Přírodní parky*, 2000. Oficiální informační systém Český Krumlov. http://www.ckrumlov.cz/cz1250/region/soucas/i_pripar.htm (citováno 8.3.2010).
7. Dumbrovský, M. Návrh protierozní ochrany v projektu komplexních pozemkových úprav. In: Janeček, M. (ed): *Voda v krajině. sborník přednášek z konference konané 15. - 16. října 1996*. Brno: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 1996. s. 377-384. ISBN 80-02-01113-9.
8. Dumbrovský, M., Mezera, J. *Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace*. Brno: VÚMOP Praha, 2000. 20 s.
9. Dýrová, E. *Ochrana a organizace povodí. Návod ke komplexnímu projektu, výběrovému předmětu a diplomnímu semináři*. Brno: VUT Brno, 1988. 190s.
10. Edmondson, W. T. Eutrophication. *Encyclopedia of Environmental Biology*, vol. 1. Academic Press, New York, 1995, pp. 697 – 703.
11. Fediuková, E., Dudek, A. Almandinové eklogity v centrální části Českomoravské vrchoviny. *Sborník příspěvků ke geol. výzkumu jihozápadní části Českomoravské vrchoviny*. Jihočeské muzeum v Č. Budějovicích, 1979. s. 20-38, Č. Budějovice.
12. Fournier, F. Suspended load transport by streamflows. *Bulletin of the international association of scientific hydrology*, 14, 1969, č.3, s. 7-49.

13. Forman, R. T. T., Godron, M. Krajinná ekologie. Praha: Academia, 1993. 583 s., ISBN 80-200-0464-5.
14. Gobin, A., et al. Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science & Policy*, 2004, 7, s. 25-38.
15. Holý, M. Protierozní ochrana. Praha: SNTL/ALFA, 1978. 288 s.
16. Holý, M. Eroze a životní prostředí. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. 383 s. ISBN 80-01-01078-3.
17. Hovorka, V. Projektová příprava protierozních opatření. Praha: VÚZP, 1990. 28 s.
18. Chábera, S a kol. Jihočeská vlastivěda. Jihočeské nakladatelství, 1985. 269s.
19. Janeček, M. Vliv eroze půdy na znečištění povrchových vod (Studijní zpráva). Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1978. 72 s.
20. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1992. 114s. ISSN 0231-9470.
21. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2007. 76s. ISBN 978 80- 254 - 0973- 2.
22. Jeníček, M. Modelování vlivu krajinného pokryvu na srážkovo-odtokové procesy metodou CN křivek. In Langhammer, J. (ed.): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků semináře Povodně a změny v krajině 5.6.2007. Praha, PřF UK. s. 41-50. ISBN 978-80-86561-87-5.
23. Kender, J. Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2000. 220 s. ISBN 80-7212-148-0.
24. Kim, M., Gilley, J. E. Artificial Neural Network estimation of soil erosion and nutrient concentrations in runoff from land application areas. *Computers and electronics in agriculture*, 2008, 64, 268-275.
25. Komplexní pozemková úprava Věžovatá Pláně – VEST PROJEKT České Budějovice 2004
26. Krešl, J. Hydrologie. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2001. 128s. ISBN 80-7157-513-5.

27. Kukul, Z., Němec, J., Pošmourňý, K. Geologická paměť krajiny. Praha: Česká geologická služba, 2005. 224s. ISBN 80-7075-654-3.
28. Kvítek, T. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. 47 s. ISBN 80-7271-140-7.
29. Kvítek, T., Tippl, M. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. 47 s. ISBN 80-7271-140-7.
30. Kvítek, T. Identifikace potenciálních zdrojových lokalit plošného zemědělského znečištění – standardizovaný podklad pro projektování komplexních pozemkových úprav. Metodika. Praha: VÚMOP, 2008. 36s., ISBN 978-80-904027-3-7.
31. Langbein, W. B., Schum, S. A. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. Transactions of the Am. geophysic union, 1958, č. 39, s. 1076 – 1084.
32. Nařízení Jihočeského kraje č. 5/2004.
33. Němec, J. Inženýrská hydrologie. Praha: SNTL, 1964. 236 s.
34. Neuhäuslová, Z. a kol. Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. Praha: Academia, 1998. 341 s. ISBN 80-200-0687-7.
35. Pasák, V. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1983. 77s.
36. Pasák, V. a kol. Ochrana půdy před erozí. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1984. 164s.
37. Podhrázká, J., Dufková, J. Protierozní ochrana půdy. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005. 99 s. ISBN 80-7157-856-8.
38. Podhrázká, J. a kol. Návrh a hodnocení účinnosti systému komplexních opatření v pozemkových úpravách pro snížení škodlivých účinků povrchového odtoku: metodický návod. Praha: VÚMOP, 2008. 96 s. ISBN 978-80-904027-7-5.
39. Puustinen, M., et al. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. Soil&Tillage Research, 2007, 93, 44-55.

40. Quitt, E. Klimatické oblasti Československa. Praha: Academia, 1971. 73 s.
41. Rajchard, J., Balounová, Z., Vysloužil, D. Ekologie I. České Budějovice: KOPP, 2002. 121s. ISBN 80-7232-189-7.
42. Rekolainen, S., Posch, M. Adapting the CREAMS model for Finnish conditions. *Nordic Hydrol.*, 1993, 24, 309 – 322.
43. Sklenička, P. Základy krajinného plánování. Praha: Naděžda Skleničková, 2003. 321 s., ISBN 80-903-206-1-9.
44. Smith, V. H., Tilman, G. D., Nekola, J. C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 1999, 100, 179 – 196.
45. Stejskal, J. Zemědělská geologie. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1958. 464 s.
46. Stibral, J. Ohrožení podzemních vod zemědělským znečištěním. *Vodní hospodářství*, 1975, řada B, 11-12.
47. Šamaj, F., Valovič, Š., Brázdil, B. Denné úhrny srážok s mimoriadnou vydatnosťou v období 1901 – 1980. Sborník prác SHMÚ. Bratislava: ALFA, 1985. s. 9-112.
48. Toman, F. Ochrana půdy před erozí jako předpoklad trvale udržitelného rozvoje zemědělství. In: Janeček, M. (ed): Voda v krajině. Sborník přednášek z konference konané 15. - 16. října 1996. Brno: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 1996. s. 133-136. ISBN 80-02-01113-9.
49. TS 06-868 Protierozní ochrana zemědělských půd. 1984.
50. USEPA, 1986. Quality criteria for water. Office of Water Regulation and Standards. EPA – 440/586-001.
51. Váška, J. Simulační modely erozních procesů pro rozhodovací činnost v ochraně a organizaci povodí. In: Janeček, M. (ed): Voda v krajině. sborník přednášek z konference konané 15. - 16. října 1996. Brno: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 1996. s. 115-119. ISBN 80-02-01113-9.
52. Vyhláška č. 546/2002 Sb.

53. Williams, J. R., Berndt, H.D. Sediment yield computed with universal equation. In: Journal of the Hydraulics division 1972. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, No. 412, s. 2087-2098.
54. Wischmeier, W. H. Cropland erosion and sedimentation. Control of water pollution from cropland. A manual for guideline development. ARS-USDA-ORDEPA, 1975, s. 31-52.
55. Wischmeier, W. H., Smith, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Am. Geoph. Union Trans., 39., 1958, č. 9, s. 285-291.
56. Wischmeier, W. H., Smith, D. D. Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of Rocky Mountains. Agricultural handbook No. 282. Washington 1965.
57. Wischmeier, W. H., Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses. USDA Agricultural Research Service Handbook 537. USDA, Washington, 1978, DC, 57 pp.
58. Zachar, D. Erózia pôdy. Bratislava: SAV, 1970.

Další zdroje:

1. Základní vodohospodářská mapa ČR 1 : 50 000
2. Základní mapa ČR 1 : 10 000
3. Server Českého úřadu zeměměřického a katastrálního: www.cuzk.cz

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Tabulky:

Tabulka č. 1: Přípustná ztráta půdy

Tabulka č. 2: Průměrné rozdělení faktoru R do jednotlivých vegetačních měsíců ČR

Tabulka č. 3: Přípustná ztráta půdy erozí podle hloubky půdy

Tabulka č. 4: Charakteristické vlastnosti mírně teplých oblastí

Tabulka č. 5: Délka, sklon a HPJ vyskytující se na hodnocených svazích

Tabulka č. 6: Hodnoty faktoru K pro jednotlivé odtokové linie

Tabulka č. 7: Hodnoty faktoru L pro jednotlivé odtokové linie

Tabulka č. 8: Hodnoty faktoru S pro jednotlivé odtokové linie

Tabulka č. 9: Průměrná ztráta půdy vodní erozí

Tabulka č. 10: Průměrná ztráta půdy pro řepku při brázdování podél vrstevnic

a průměrná ztráta půdy po zatravnění

Tabulka č. 11: Hodnoty průtoků před zatravněním

Tabulka č. 12: Hodnoty Q_N po zatravnění

Tabulka č. 13: Maximální denní úhrny srážek s pravděpodobností opakování za

N roků

Tabulka č. 14: Hodnoty přímého odtoku v mm

Tabulka č. 15: Hodnoty objemu přímého odtoku v m³

Tabulka č. 16: Hodnoty jednotkového kulminačního průtoku a kulminačního průtoku

při pěstování různých plodin v mikropovodí

Tabulka č. 17: Transport splavenin z přívalového deště

9 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA Č. 1: Obrázky

PŘÍLOHA Č. 2: Fotodokumentace mikropovodí

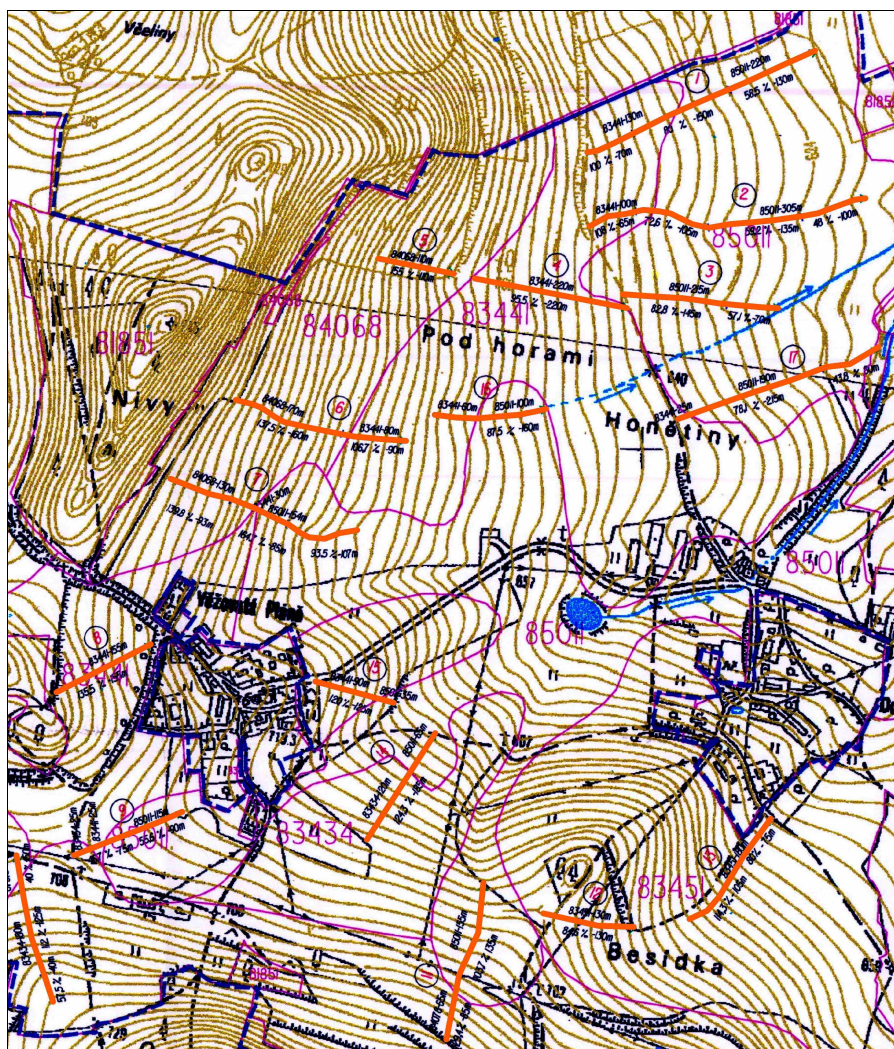
PŘÍLOHA Č. 1:

Obrázky:

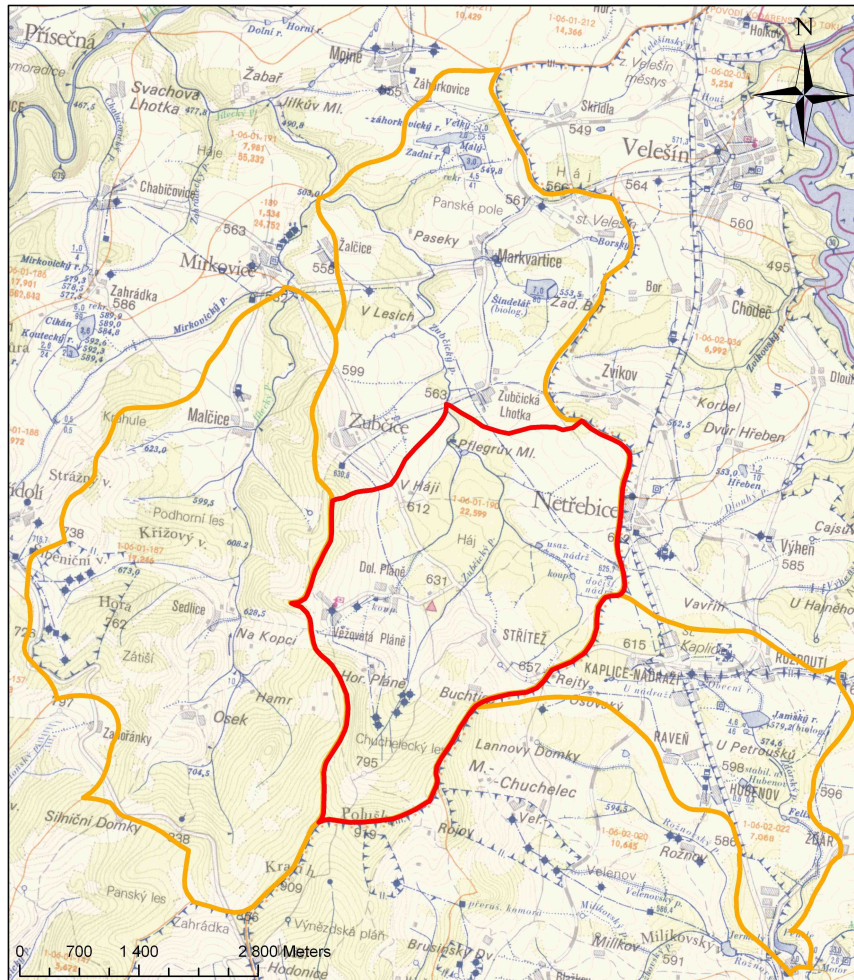
Obrázek č. 1: Výřez z mapy erozního ohrožení

Obrázek č. 2: Výřez ze Základní vodohospodářské mapy

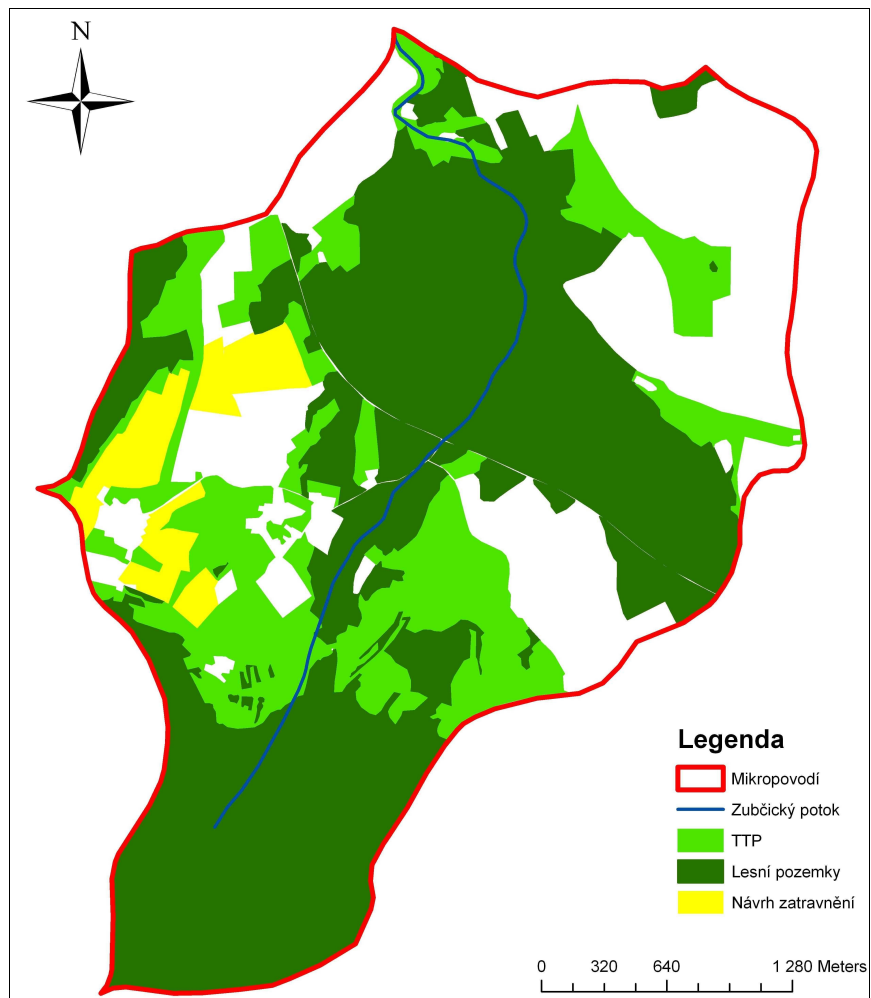
Obrázek č. 3: Lesní pozemky a trvalé travní porosty v mikropovodí



Obrázek č. 1: Výřez z mapy erozního ohrožení, která je přílohou projektu KPÚ Věžovatá Pláně (2004). Odtokové linie jsou zde vyznačeny červeně.



Obrázek č. 2: Výřez ze Základní vodohospodářské mapy. Oranžově jsou zvýrazněné rozvodnice povodí zasahujících do obvodu pozemkové úpravy. Červeně je vyznačené řešené mikropovodí .



Obrázek č. 3: Lesní pozemky a trvalé travní porosty v mikropovodí.

PŘÍLOHA Č. 2:

Fotodokumentace mikropovodí:

Obrázek č. 1: Pohled na pozemek č. 14

Obrázek č. 2: Pohled na pozemky č. 5 a 6

Obrázek č. 3: Propustek pod silnicí číslo 157

Obrázek č. 4: Zubčický potok u Zubčické Lhotky

Obrázek č. 5: Malá vodní nádrž u Pflegrova Mlýna

Obrázek č. 6: Malá vodní nádrž u Pflegrova Mlýna

Obrázek č. 7: Zubčický potok u Pflegrova Mlýna



Obrázek č.1: Pohled na pozemek č. 14.



Obrázek č.2: Pohled na pozemky č. 5 a 6.



Obrázek č.3: Propustek pod silnicí číslo 157.



Obrázek č.4: Zubčický potok u Zubčické Lhotky.



Obrázek č. 5: Malá vodní nádrž u Pflegrova Mlýna.



Obrázek č. 6: Malá vodní nádrž u Pflegrova Mlýna.



Obrázek č. 7: Zubčický potok u Pflegrova Mlýna.