

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH**

Zemědělská fakulta

Katedra pozemkových úprav

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody
nemovitostí

Řešení protierozní ochrany na modelovém povodí –
Zvíkovský potok

Vedoucí diplomové práce
Ing. Pavel Ondr, CSc.

Autor
Jan Řehout

2009

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra pozemkových úprav
Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ŘEHOUT**

Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**

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

Název tématu: **Řešení protierozní ochrany na modelovém povodí -
Zvíkovský potok.**

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 Zvíkovského potoka.
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 GIS v návrhu protierozních opatření.
Navrhnout zobecnění a upřesnění jednotlivých faktorů pro řešenou oblast .

Rozsah grafických prací: Mapové podklady
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 Pozemkové úpravy.

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

Datum zadání diplomové práce: 28. března 2007

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2009

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



prof. Ing. Martin Křížek, CSc.
děkan

L.S.



doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2007

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Řešení protierozní ochrany na modelovém povodí – Zvíkovský potok vypracoval samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb. v plném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 26.dubna 2009

Jan Řehout

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce za trpělivost a ochotu odpovídat na mé dotazy a vedení při práci k úspěšnému konci.

Abstrakt

Téma mé diplomové práce je řešení protierozní ochrany na modelovém povodí – Zvíkovský potok. Cílem práce je provést průzkum povodí Zvíkovského potoka z hlediska pedologického, hydrogeologického, klimatického a vypočítat odnos půdy z pozemků v důsledku vodní eroze. Použil jsem rovnici ztráty půdy z pozemku podle Wischmeiera a Smitha a stanovení transportu splavenin podle Williamse a Berndta, který byl vypočten s pomocí programu ERCN – výpočty potřebné pro návrh protierozních opatření. Pro popis povodí jsem použil portál veřejná správa České republiky. Mapový podklad této práce je základní mapa České republiky 1:10 000 a základní vodohospodářská mapa České republiky 1:50 000.

Klíčová slova: eroze, povodí, Wischmeier a Smith, Williams a Berndt, základní mapa

Abstract

The theme of my graduation theses is a solution of the soil protection from erosion on the model catchment of the Zvíkovský stream. The aim of this work is canvass of the catchment Zvíkovský stream in the view of the pedology, hydrogeology, climatology and calculate the soil loss from the areas in consequence of the water erosion. I used the equation losses of the soils from the area according Wischmeier and Smith and the assesment of the transporting the sediment runoff according Williams and Berndt which was calculated with the help of the programme ERCN – the enumerations required for the suggestion of the precautions from erosion. The map basis of this work is the basic map of the Czech republic 1: 10 000 and the water utilization map of the Czech republic 1:50 000.

Key words: erosion, catchment, Wischmeier a Smith, Williams a Berndt, basic map

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1. Eroze obecně	10
2.1.1. Pojem eroze půdy	10
2.1.2. Druhy eroze	12
2.1.3. Intenzita půdní eroze	14
2.1.4. Rozšíření eroze	14
2.2. Vodní eroze	16
2.2.1. Vodní eroze obecně	16
2.2.2. Příčiny vodní eroze	17
2.2.3. Rozdělení vodní eroze	22
2.2.4. Přípustná mez eroze	24
2.2.5. Rozšíření vodní eroze	26
2.3. Přívalový déšť	28
2.3.1. Voda z atmosféry	28
2.3.2. Mimořádně vydatné deště	28
2.3.3. Zdroj vydatných dešťů	29
2.3.4. Závislost intenzity deště na velikosti zasažené plochy	30
2.3.5. Místní znaky prudkých bouří	30
2.4. Využití geograficko informačního systému	32
2.4.1. Využití a aplikace DMT	32
2.4.2. Digitální modelování krajiny	32
2.4.3. Hydrologické analýzy	33
2.4.4. Erozní analýza	33
3. METODIKA	35
3.1. Výpočet vodní eroze	35
3.1.1. Rovnice ztráty půdy z pozemku podle Wischmeiera a Smitha	35
3.1.2. Rovnice ztráty půdy z pozemku podle Williamse a Berndta ..	38
4. PRAKTICKÁ ČÁST	42
4.1. Popis povodí	42
4.1.1. Terénní průzkum	42
4.1.2. Geologie	48
4.1.3. Geomorfologie	49
4.1.4. Fytogeografické členění	49
4.1.5. Potenciální přirozená vegetace	50
4.1.6. Typologie české krajiny	51
4.1.7. Pedologie	52
4.1.8. Doprava	56

4.1.9. Teplota vzduchu.....	57
4.1.10. Srážky	58
4.1.11. Nebezpečné atmosférické jevy	59
4.1.12. Klimatická klasifikace	59
4.2. Výsledky.....	60
4.2.1. Výpočet smyvu půdy z pozemku podle Wischmeiera a Smitha	60
4.2.2. Stanovení transportu splavenin podle Williamse a Berndta....	66
5. ZÁVĚR	71
SEZNAM LITERATURY	73
PŘÍLOHY	76

1. ÚVOD

Diplomovou práci na téma řešení protierozní ochrany na modelovém povodí – Zvíkovský potok jsem si vybral, protože mě toto téma zaujalo a povodí Zvíkovského potoka je nedaleko vesnice, kde jsem vyrůstal a prožil dětství.

Půda je jeden z hlavních zdrojů biosféry a dle definice OSN „omezený a nenahraditelný přírodní zdroj, v případě postupující degradace a její ztráty se stává tento zdroj v mnoha částech světa hranicí dalšího rozvoje lidské společnosti. Jestliže by půda přestala existovat, přestane existovat biosféra s ničivými následky pro lidstvo“. Eroze půdy vede ke ztrátě nejurodnější vrstvy půdy, která se obnoví až za několik stovek let.

Eroze je přirozený proces rozrušování, transportu a následného usazování půdy, horniny a skal. Erozi způsobuje mechanické působení pohybujících se látek především větru, vody proudící a vlnící, ledu a jiných. S erozí se lidstvo potýká odnepaměti, protože je a bude existujícím přírodním procesem. Nejstarší zmínky jsou více než 7 000 let staré. Až v nynější době si lidé uvědomují, že zrychlená eroze, která je způsobená člověkem nás může ohrozit. Zrychlená eroze se objevila ve chvíli, kdy člověk začal porušovat přirozený kryt půdy, který byl většinou tvořen lesními společenstvy. Proto se tomuto tématu v posledních 100 letech začíná věnovat potřebná pozornost. Jedná se o poznání eroze a protierozní ochranu.

V minulosti se například eroze projevovala v Mezopotámii zanášením závlahových kanálů. Velký dopad mělo odlesnění pobřeží Středozemního moře na degradaci půdy. Voda pomáhala udržovat půdu úrodnou a velké množství splavenin přinášených vodními toky sloužilo za přírodní hnojení.

První zmínky o protierozní ochraně jsou terasy v Číně ke snížení splavenin odnášených Žlutou řekou.

Eroze zemědělských půd je celosvětovým problémem, který každoročně způsobí úbytek tisíců km² zemědělské půdy. V České republice je ohroženo 50 % orné půdy vodní erozí.

Na území našeho státu se dříve hospodařilo na co největších pozemcích, což mělo za následek ohromnou ztrátu půdy. Po roce 1989 se začalo od tohoto stylu zemědělského hospodaření postupně upouštět. Začala se uplatňovat protierozní ochrana ve velkém.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Eroze obecně

2.1.1. Pojem eroze půdy

Slovo "eroze" je latinského původu a je odvozené od slova "erodere" - rozhlodávat. V nejširším smyslu slova pojmem "eroze" rozumíme rozrušování litosféry, resp. pedosféry pohybující se hmotou erogenního původu. V současné době se eroze definuje jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů (JANEČEK 2008).

Erozi lze charakterizovat jako přírodní proces, při kterém působením vody, větru, ledu, příp. jiných činitelů dochází k rozrušování povrchu půdy a transportu půdních částic. Eroze je proces reliéfový starší než pohoří tvořená sedimentárními horninami. Záznamy o degradaci půdy erozí jsou staré více než 7000 let. Poznání, že člověkem zrychlená eroze jej může ohrozit, je však relativně nové a věda o protierozní ochraně byla ještě před začátkem dvacátého století téměř neznámá (DUFKOVÁ A TOMAN 2005).

Eroze je rozrušování zemních částic v přírodě. Obvykle se vyskytuje v důsledku působení větru, vody nebo ledu. Vyvolává to např. sklon svahů, kdy je hlavní působením gravitační síly země, nebo živých organismů, jako jsou volná pastva zvířat v případě dobytka (MONTGOMERY 2007).

Erozní procesy nejsou procesem vyskytujícím se jen při kultivaci půdy, ale vznikají i při různých přírodních jevech, kdy dochází k odnášení půdního povrchu a ztrátě vegetačního krytu (požáry, sesuvy apod.) Odhaduje se, že využíváním velkoplošného systému hospodaření se erozní procesy zvětšily více jak desetkrát (JANEČEK A KOL. 1998).

Kvítek 2006 píše o půdní erozi, že je to proces oddělování, transportu a ukládání materiálu erozními většinou abiotickými činiteli. Eroze se vyskytuje jako dlouhodobý činitel, který modeluje povrch planety ve všech geologických dobách. Je to historická eroze, která byla vystřídána v současné epoše soudobou erozí, jež dále modeluje zemský povrch. Projevuje se jako eroze normální, při níž erozní jevy probíhají zvolna

při stavu rovnováhy v přírodě, a jako eroze abnormální neboli zrychlená, při porušení přírodní rovnováhy. Zrychlená eroze je příčinou nebezpečného uvolňování a transportu půdních částic a chemických látek. Při normální erozi je ztráta půdních částic doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu, transportní procesy jsou nevýrazné. Při zrychlené erozi dochází k takovému smyvu půdních částic a živin, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem, chemické látky jsou dodané půdě jsou často odneseny v plném množství. Nepříznivé důsledky zrychlené eroze, v poslední době silně zvýrazněné industrializačními a urbanizačními procesy, se projevují nejen v ohrožení půdy, ale i v ohrožení dalšího základního přírodního zdroje – vody, a to znečišťováním uvolněnými a transportovanými látkami. Erozi můžeme nejčastěji dělit na erozi vodní, větrnou, ledovcovou, sněhovou, zemní, antropogenní. V našich podmínkách působí největší škody v zemědělství eroze vodní, méně pak větrná.

Míra eroze je závislá na mnoha faktorech. Klimatické faktory zahrnují množství a intenzitě srážek, průměrnou teplotu, stejně jako typické teplotní rozsahy a sezónnost, rychlosti větru, bouřkovou frekvenci. Mezi geologické faktory patří druhy sedimentů nebo hornin, její pórovitost a propustnost a zda se jedná o horniny na svahu. Mezi biologické faktory patří pokrytí půdy vegetací (BOARDMAN, POESEN 2006).

Půdní eroze ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část - ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulací prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin. Velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků apod. V případě větrné eroze jde o narušování zejména klíčících rostlin, znečišťování ovzduší, škody navátím ornice apod. (JANEČEK 2008).

Problém eroze zemědělsky využívaných půd vyžaduje patřičnou pozornost, protože se stal problémem celosvětovým. Každým rokem se na Zemi v důsledku eroze ztratí tisíce km² zemědělské půdy. V poslední době se na prohlubování problému erozní ohroženosti půd výrazně podílí také globální změny klimatu, které ovlivňují celkový způsob využívání půdy a krajiny (DUFKOVÁ A TOMAN 2005).

Erozně je ohroženo a každoročně devastováno erozí 50% orné půdy, což je cca 1 500 000 ha. Jsou orány i mělké půdy, které mohou být již zcela smyté nebo u kterých lze naměřit posun o jeden stupeň hloubky půdy (z 60 cm na 30 a méně) (VÁCHAL, MAZÍN, DUMBROVSKÝ 2005).

2.1.2. Druhy eroze

Podle erozních činitelů je možné erozi třídit na erozi vodní (akvatickou, či fluviální), větrnou (eolickou) ledovcovou (glaciální), sněhovou (nivální) atd.

Působením exogenních činitelů eroze vznikají na svazích, resp. na zemském povrchu určité útvary. Třídění erozních jevů podle těchto útvarů, tzv. forem, naráží na celou řadu překážek, neboť eroze je jen jednou z forem modelování území. I přes tyto těžkosti lze podle formy erozních útvarů usuzovat na původ, intenzitu, vývoj a možnosti ochrany půd před erozí (JANEČEK 2008).

Eroze půdy se dělí podle různých hledisek:

- činitele (faktorů)
- formy
- intenzity
- škodlivosti eroze

Podle činitele, který vznik eroze způsobuje a který určuje její průběh, se rozlišuje:

1. vodní eroze
2. větrná eroze
3. ledovcová eroze
4. zemní eroze
5. sněhová eroze
6. abraze
7. eroze říční
8. antropogenní eroze

Uvedené druhy eroze se mohou vyskytovat buď samostatně nebo ve vzájemných kombinacích. Podle toho jsou vznik, průběh, intenzita, forma a škodlivost erozních

procesů různé. V podmínkách ČR způsobuje největší škody vodní a větrná eroze, obě ovlivněné a často zesílené činností člověka (antropogenní činnosti) (HOLÝ 1994).

Ledovcová eroze se projevuje postupným pohybem ledovce směrem do údolí vlivem gravitace. Pohyb ledovce je poměrně pomalý. Vlastní erozní projevy ledovcové eroze jsou na styku ledu a povrchu svahu, kde dochází vlivem hmotnosti a pohybu ledu k erodování původního podloží. V ČR se v současné době tato eroze nevyskytuje. O ledovcové erozi ve čtvrtohorách svědčí morénové sedimenty například v Krkonoších nebo ledovcová jezera Černé a Čertovo na Šumavě. Stopy eroze na svahu pak nazýváme ledovcový kar a materiál tlačенý na čele ledovce nazýváme ledovcová moréna, která tvoří hráz ledovcového jezera. Projevy této eroze ve světě jsou pozorovatelné ve všech větších pohořích, kde se ledovce vyskytují (VÁCHAL, MAZÍN, DUMBROVSKÝ 2005).

Zemní eroze je pohyb větších zemních hmot vlivem gravitace po spádnicí nebo v již vytvořené údolnici. Pohyb zemní hmoty může být značně rychlý až km/h. Tento rychlý pohyb zeminy smíšené s vodou se nazývá bahnotok a často se řadí mezi přírodní katastrofy. V ČR se nevyskytuje (HOLÝ 1978).

Sněhová eroze vzniká při pohybu velkých sněhových hmot směrem do údolí. Je možno ji pozorovat při výskytu lavin, kdy společně při pohybu sněhu dochází i k erodování hornin a jejich transportu. U nás je možno tento jev pozorovat v pohořích, kde se laviny vyskytují např. v Krkonoších (HOLÝ 1994).

Abraze je erozní jev spojený s většími vodními plochami, kde vlivem větru dochází k rozvlnění vodní hladiny. Vlastní erozní činnost probíhá na břehu nádrže při dopadu vlny na břeh. Dochází k erodování břehu, postupnému podemílání původní břehové hrany. Jako další produkt této eroze je abrazní srub, který vzniká v místě sedimentace naerodovaného materiálu z původního břehu. Řešení abraze spočívá v technické a biologické rekultivaci břehu nádrže nebo ve zmírnění dopadové energie vlny na břeh. Problematiku abraze je nutno řešit např. u vytěžených pískoven na Třeboňsku (VÁCHAL, MAZÍN, DUMBROVSKÝ 2005).

Eroze říční probíhá v korytech toků. Je možno ji rozdělit na erozi dnovou a břehovou. Projevuje se prohlubováním a rozšiřováním řečišť, podemíláním břehů a možnými svahovými sesuvy. Je vyvolána proudem pohybující se vody. Je účinná především v době zvýšených průtoků a v úsecích toku s větším podélným spádem. Při změnách energie proudící vody dochází k postupnému třídění velikosti transportovaných částic a také k zanášení koryta toku (KVÍTEK 2006).

2.1.3. Intenzita půdní eroze

Intenzita eroze se vyjadřuje obvykle odnosem půdy v hmotnostních nebo objemových jednotkách (někdy ve výšce odnesené hmoty) z jednotky plochy za jednotku času. Jako měřítko intenzity výmolné eroze se často používá hustota rýh, výmolů a strží, vyjádřená jejich délkou na jednotku plochy.

Podle intenzity rozlišujeme erozi normální a abnormální nebo-li zrychlenou (HOLÝ 1994).

Normální eroze

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 hrubozrnnějším.

K normální erozi se řadí eroze sezónní, která se projevuje v části území v sezóně, v níž je půda kryta erozně málo chránící plodinou, a mikroeroze, při níž dochází k uvolňování půdních částic a rostlinných živin z místních vyvýšenin a k jejich přemístění na malé vzdálenosti. Sezónní eroze se projevuje snížením úrodnosti půdy, mikroeroze se projevuje nestejnorodostí sklizně.

Zrychlená eroze

Při zrychlené erozi se smývají půdní částice v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem z půdního podkladu. Vzniká ostře modelovaný tvar povrchu území (KVÍTEK 2006).

2.1.4. Rozšíření eroze

Obecně se uznává, že zrychlená eroze půdy je vážným světovým problémem. Obtížné však je určit rozsah, velikost a rychlost půdní eroze a její důsledky pro hospodářství a životní prostředí. Odhaduje se, že množství sedimentů odnášených do oceánů vzrostlo z 10 miliard t . rok⁻¹ před zavedením intenzivního zemědělství (pastvy) na 25 až 50 miliard t . rok⁻¹ v současnosti. Za tu dobu bylo zničeno erozí 430 mil. ha produktivních ploch. Současná degradace půdy erozí a jinými faktory vede k nevratné ztrátě produkce na ploše 6 mil. ha . rok⁻¹ úrodné půdy. Ztráta zemědělské půdy erozí se odhaduje na 3 mil. ha . rok⁻¹. Podle OSN produkce plodin na 20 mil. ha klesne na nulu

nebo se stane neekonomickou z důvodu degradace půdy erozí. Odhady průměrných ztrát půdy erozí ve světovém měřítku kolísají podle různých autorů mezi 0,088 mm . rok⁻¹ do 0,3 mm . rok⁻¹. Tato varující statistika je zatížena nepřesnostmi použitých metod k získávání údajů a jejich extrapolací, neboť globální extrapolace založená na několika údajích zjištěných různými metodami může být chybná (JANEČEK 2008).

V humidních oblastech převažuje plošná eroze, zatím co v aridnějších oblastech, kde se dešťové srážky vyskytují jako krátkodobé intenzivní přívaly, je zdrojem největších ztrát půdy výmolná eroze. Materiál smytý plošnou erozí je zpravidla jemné zrnitosti, unášený v suspendovaném stavu. Eroze výmolná je obvykle zdrojem materiálu větší zrnitosti a může být z hlediska ukládání nánosů významnější než eroze plošná (MONTGOMERY 2007).

Větrná eroze (eolická) působí škody rozrušováním půdního povrchu mechanickou silou větru (abrazí), odnášením rozrušených půdních částic větrem (deflací) a ukládáním těchto částic na jiném místě (akumulací). Procesem větrné eroze jsou na zemědělské půdě působeny škody odnosem ornice, odnosem hnojiv, osiv a ničením plodin. Další škody vznikají zanášením komunikací, vodních toků a jiných objektů, včetně znečištění ovzduší, neboť nejjemnější půdní částice se větrem dostávají do ovzduší a mohou být příčinou i vzniku tzv. prашných bouří. Jemný prach pak vniká do místností, vyvolává plicní onemocnění, vyřazuje z provozu stroje apod.

Eroze půdy je přírodní proces, jehož intenzitu lze výrazně omezit a tak umožnit trvalé využívání půd k pěstování zemědělských plodin. V našich podmínkách je protierozní ochrana zvláště nutná na svazích s mělce uloženým skalním podložím a s vysokým obsahem štěrku. Na území naší republiky je téměř polovina ploch orné půdy různým stupněm ohrožena erozí a vyžaduje důslednou protierozní ochranu. Kromě toho se odhaduje, že asi 7,5 % orných půd je ohroženo větrnou erozí.

Podmínky pro výskyt erozních procesů v naší republice jsou specifické, neboť při přechodu na velkovýrobní způsob zemědělského obhospodařování a při další intenzifikaci zemědělské výroby byl problém eroze u nás značně podceněn a následky zrychlené eroze zemědělských půd vážně ohrožují jejich úrodnost, včetně mnohamiliónových škod v intravilánech měst a obcí, způsobovaných povrchovým odtokem a smyvem půdy ze zemědělských pozemků. Přehlížet nelze ani časté škody větrnou erozí (JANEČEK 2004).

2.2. Vodní eroze

2.2.1. Vodní eroze obecně

Svahy hor, zářezy strží, kaňony i široká údolí s koryty vodních toků jsou výsledkem dlouhodobé přirozené modulační činnosti tekoucí vody. Voda rozrušuje povrch, aby uvolněný materiál odnesla do nižších poloh, kde ho zanechává v podobě sedimentů. Tento proces, nazývaný vodní eroze, probíhá většinou nepozorovaně, ale následkem intenzivních dešťů se může proměnit v pohyb hmoty katastrofálních rozměrů.

Vodní erozi ovlivňují přírodní podmínky, především intenzita srážek, sklony svahů, erozní náchylnost půd a vegetační pokryv. Ve srovnání se světem má naše přírodní krajina poměrně nízký erozní potenciál. Nemáme příkré velehorské svahy, ani tropické přívalové srážky a navíc přirozená lesní vegetace původní krajiny poskytovala před nadměrnou erozí značnou ochranu. Převládající zemědělský ráz krajiny s často vysokým podílem orné půdy, nevhodné způsoby lesního hospodaření a nové antropogenní tvary však zvýšili erozní náchylnost naší krajiny. Přirozená míra odnosu pevných i rozpuštěných látek je v dnešních podmínkách značně překračována a stala se nebezpečným procesem (BLAŽEK AT AL. 2006).

Procesy vodní eroze jsou těsně svázány s povrchovým odtokem vody a s povodněmi. Koncem minulého století docházelo k častým povodním i v malých, zejména horských a podhorských oblastech, ale často i v nižších krajinných hustě obydlených oblastech. V roce 1884 byl vydán zákon k neškodnému svádění horských vod, který byl základem k řešení protipovodňových a protierozních opatření v celé krajině. Byl podnětem k založení služby na realizaci technických opatření, a to jak před vodní tak větrnou erozí. Tato služba byla různými organizačními zásahy postupně omezována a v roce 1977 legislativně zrušena. Neexistující činnost této služby lesnicko-technických meliorací v zemědělsko-průmyslové krajině je příčinou chátrání vybudovaných objektů, především na drobných tocích (JANEČEK A KOL. 1998).

Vodní eroze ochuzuje zemědělské půdy o jejich nejúrodnější podíl, zhoršuje fyzikální vlastnosti půd. Eroze dále zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, způsobuje ztráty osiva a sadby a znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích rozrušených erozními rýhami. V důsledku snížení počáteční akumulace a infiltrace srážkové vody se zvyšuje povrchový odtok, který následně ohrožuje níže ležící území (pozemky, budovy, komunikace). Chemické

látky jež jsou vázány na sedimenty, zhoršují jakost povrchových vod. Zanedbání protierozní ochrany má proto za následek, vedle nevratné degradace půdního fondu a ostatních škod (zejména v intravilánech obcí), také zvýšené náklady ve vodním hospodářství, spojené s odtěžováním nánosů a úpravou vody.

Podmínky pro působení vodní eroze zemědělských půd jsou v České republice mimořádné také tím, že v minulosti při kolektivizaci a intenzifikaci zemědělské výroby došlo ke zcelování pozemků do velkých celků, navíc v morfoloicky rozmanitém terénu a tento stav víceméně přetrvává dodnes. Podle výzkumu VÚMOP Praha je více než polovina plochy zemědělské půdy v ČR ohrožena v různé míře vodní erozí (SOUKUP 2006).

2.2.2. Příčiny vodní eroze

Vodní eroze probíhá jako následek intenzivních srážek. V první fázi erozního procesu působí kinetická energie dopadajících vodních kapek tím, že rozrušuje povrch nechráněné půdy a rozplavuje vodní agregáty. Vzniká tak povrchová vrstvička půdy, která omezuje vsakování, takže voda začne brzy stékat po povrchu. Začíná transport materiálu spojený s dalším rozrušováním proudící vodou. Erozně působí i odtok půdní vody (tzv. hypodermický odtok) probíhající blízko pod povrchem. Příčinou eroze půdy může být i intenzivní odtok po rychlém tání sněhu.

Z plošné eroze, při níž dochází ke smyvu půdní vrstvy na ploše svahu, se vyvíjí rýhová až brázdová eroze, kdy se na svahu vytváří hustá síť úzkých zářezů v půdním povrchu, do kterých se pak soustřeďuje povrchový odtok vody. Koncentrovaný odtok může vést ke vzniku erozních výmolů až strží značných rozměrů (BLAŽEK 2006).

Vznik, průběh a intenzita erozního procesu je ovlivněna kombinovaným působením řady přírodních a člověkem ovlivněných podmínek. Tyto tzv. faktory eroze lze rozdělit na:

Klimatické a hydrologické

- zeměpisná poloha
- nadmořská výška
- množství, rozdělení a intenzita srážek
- teplota, oslunění, výpar, odtok
- výskyt, směr a síla větrů

Morfologické

- sklon území
- délka a tvar svahu
- expozice, návětrnost

Geologické a půdní

- povaha horninového substrátu
- půdní druh a typ
- textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu

Vegetační

- hustota a délka trvání pokryvu

Způsob využívání a obhospodařování půdy

- poloha a tvar pozemků
- směr obdělávání
- střídání plodin

(JANEČEK 2008)

Klimatické faktory

Mezi nejdůležitější klimatické faktory, které ovlivňují vodní erozi, patří srážky, teplota a vlhkost vzduchu, vítr a sluneční záření.

Zatímco teplota a vlhkost vzduchu, vítr a sluneční záření ovlivňují proces eroze více méně nepřímo, prostřednictvím působení na evapotranspiraci, vztah mezi charakteristikami srážek (intenzita, trvání, forma apod.) a erozí půdy je přímý.

Deště vyvolávající erozní procesy na půdě se řadí mezi přívalové srážky, kdy je množství vody větší nežli je rychlost vsakování vody do půdy. Při přívalové srážce se vyskytují relativně velké kapky vody, které při dopadu na půdní povrch rozbíjí půdní agregáty a připravují tak půdu k transportu povrchově odtékající vodou. Voda, která nebyla zadržena nadzemními částmi rostlin nebo vsáknuta do půdy, pak povrchově odtéká a unáší půdní částice.

V současné době se vzájemný vztah mezi charakteristikami srážek a intenzitou vodní eroze nejčastěji vyjadřuje erozní účinností deště R , tj. schopností deště způsobit

erozi půdy. Erozní účinnost deště se definuje jako součin kinetické energie deště E a jeho největší 30-ti minutové intenzity I_{30} .

Jestliže jednou z podmínek vzniku plošné eroze je pohyb srážkové vody po povrchu půdy, je možno jednoznačně tvrdit, že jestliže platí vztah

$$i_z \leq v_i$$

kde i_z ... intenzita deště ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

v_i ... intenzita infiltrace vody do půdy ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),

pak vodní eroze nevznikne.

(KVÍTEK 2006)

Topografické faktory

Vodní erozi podmiňuje povrchový odtok vody po svažitém území. Stékající voda nabývá s nárůstem sklonu a délky svahu – za předpokladu trvání deště – vyšší rychlost a vyšší tangenciální napětí, což má za následek její vyšší destrukční účinek na půdní povrch. Intenzita erozních procesů se zmenšováním sklonu značně snižuje, až dokud rychlost vody a její tangenciální napětí neklesne na hranici, při které už nastává usazování půdních částic transportovaných po povrchu území.

Z průběhu erozních procesů vyplývá, že členitý reliéf území erozní činnost vody zvyšuje protože podporuje soustředění povrchově stékající vody a způsobuje její rychlejší odtok.

Všeobecně může topografický faktor ovlivňovat vodní erozi především prostřednictvím:

- sklonu svahu
- délky svahu,
- tvaru svahu,
- expozice svahu,
- velikosti a tvaru povodí.

Z teoretického rozboru vlivu sklonu a délky svahu na vodní erozi vyplývá, že sklon a délka svahu patří mezi nejdůležitější erozní faktory, jejichž vliv na vznik a průběh eroze mohou sice ostatní faktory zmenšit, ale nikdy ne zcela potlačit.

V konkrétních podmínkách závisí hodnoty kritického sklonu a kritické délky svahu na klimatických, půdních a vegetačních poměrech zkoumaného území.

Velikost a tvar povodí ovlivňují procesy eroze prostřednictvím povrchového odtoku (VÁCHAL, MAZÍN, DUMBROVSKÝ 2005).

Půdní a geologické faktory

Z půdních charakteristik mají pro vznik a průběh eroze největší význam ty, které ovlivňují:

infiltraci vody do půdy, která je především funkcí

- zrnitostního složení půdy,
- půdní struktury,
- vlhkosti půdy,

odolnost půdy proti destrukční činnosti vody je především funkcí

- obsahu humusu v půdě,
- nasycenosti sorpčního komplexu půdy

odolnost půdy proti transportní činnosti vody závisí zejména na

- zrnitostním složením půdy

Při zkoumání vlivu zrnitostního složení půdy na erozní procesy se dokázalo, že nejméně náchylné na vodní erozi jsou písčité půdy, které mají velkou infiltrační schopnost a vysoký obsah těžkých půdních částic, odolávajících transportní schopnosti vody.

V pořadí na druhém místě jsou z tohoto hlediska jílovité půdy a to i navzdory tomu, že mají velmi nízkou infiltrační schopnost. Jejich odolnost proti destrukční a transportní schopnosti vody vyplývá z vysokého obsahu koloidních částic, který má za následek značnou soudržnost těchto půd ve vlhkém stavu.

Méně odolné vůči vodní erozi jsou hlinité půdy, které mají průměrnou vsakovací schopnost, ale jsou málo soudržné, protože obsahují vysoké procento prachových částic.

Nejnepříznivější vlastnosti mají z hlediska erozní odolnosti nehumózní spraše a sprašové hlíny, protože obsahují málo koloidních částic a mají malou vsakovací schopnost.

Z hlediska vlivu struktury na odolnost půdy proti vodní erozi je třeba uvést, že strukturální půdy odolávají účinkům vody lépe než půdy nestrukturní. Půdní agregáty přijímají srážkovou vodu, jsou kompaktnější a voda je hůře rozruší.

Intenzita vodní eroze závisí i od vlhkosti půdy, která ovlivňuje např. infiltrační schopnost a soudržnost půdy. Čím je půda vlhčí, tím menší má infiltrační schopnost a naopak.

Jestliže celkové vlastnosti půdy souvisí i s půdním typem, je možno sestavit přibližné pořadí půdních typů podle jejich odolnosti proti vodní erozi. Z hlavních půdních typů odolává erozi za stejných ostatních podmínek nejlépe černozem, méně hnědozem a nejméně podzol.

S půdními faktory úzce souvisí geologické faktory, které erozní procesy ovlivňují buď přímo (odolnost jednotlivých hornin proti účinkům erozních činitelů), nebo nepřímo (vlivem na vlastnosti půdy, které vznikli půdotvorným procesem z jednotlivých hornin, jako i vlivem na vodní režim území) (KVÍTEK 2006).

Vegetační faktory

Vliv vegetace na vznik a průběh eroze se projevuje těmito hlavními účinky

- intercepcí dešťových kapek nadzemními částmi rostlin a tím i zmenšování povrchového odtoku,
- absorpcí kinetické energie dešťových kapek a tím i zmírnění erozního účinku srážek na půdu,
- retardací erozních procesů prostřednictvím zmenšování rychlosti povrchového odtoku,
- mechanickým zpomalováním pohybu půdních částic,
- zlepšováním struktury a pórovitosti půdy vlivem kořenů rostlin a rostlinných zbytků,
- zvyšováním biologické aktivity půdy,
- transpirací, která snižuje půdní vlhkost, což má za následek zvýšení infiltrační schopnosti půdy (VÁCHAL, MAZÍN, DUMBROVSKÝ 2005).

Antropogenní faktory

Lidská činnost může v podstatě ovlivnit účinnost všech faktorů kromě klimatických. Nejvíce se však projevuje při úpravě:

- délky svahu
- sklonu svahu
- vegetačního krytu – výběrem pěstovaných plodin a volbou agrotechniky
- návrhu protierozních opatření.(KVÍTEK 2006)

2.2.3. Rozdělení vodní eroze

Podle toho, jak se projevuje vodní eroze na povrchu půdy se rozlišují formy eroze:

1. plošná eroze
2. rýhová eroze
3. výmlová eroze
4. proudová eroze
5. podpovrchová eroze

Plošná eroze

Je možno tento jev charakterizovat jako rozrušování a transport půdní hmoty na celé ploše erodovaného území.

Prvním stupněm plošné eroze je selektivní eroze, při které povrchový odtok odnáší nejjemnější půdní částice a spolu s nimi i chemické a organické látky. Erodované půdy se tak stávají hrubozrnnější, s výrazně nižším obsahem živin a humusu. To má za následek snížení úrodnosti půdy. Selektivní eroze je o to nebezpečnější, že na povrchu půdy nezanechává viditelné stopy a že ji lze spolehlivě dokázat jen zrnitostním a chemickým rozborem.

Dalším projevem plošné eroze může být za určitých podmínek (střídání málo odolných a odolných vrstev v půdním profilu) vrstevná eroze, při které voda odnáší půdní hmotu po vrstvách. Obvykle způsobuje ztrátu celé orniční vrstvy. Vyskytuje se zejména v případech přívalových dešťů, po plošných záplavách a někdy i při nesprávném zavlažování zemědělské půdy (HOLÝ 1994).

Rýhová eroze

Při déle trvajících srážkách a na dlouhých svazích se povrchově odtékající voda postupně soustředí a v půdním povrchu vytváří hustou síť úzkých zářezů (rýh), ve kterých transportuje rozrušené půdní částice. Tento stupeň plošné eroze se označuje termínem rýhová eroze. Při zvyšování objemu a rychlosti povrchově odtékající vody se rýhy spojují, přičemž vzniká řidší síť mělkých, ale širších zářezů v půdním povrchu - síť brázd. Tento stupeň eroze se označuje termínem brázdová eroze.

Při rýhové a brázdové erozi se vytvářejí zářezy v půdním povrchu značných rozměrů, nelze je tedy zahradit běžnou agrotechnickou operací např. orbou. Nápravné zásahy je možno zařadit již do prací rekultivačního charakteru. Poškození půdy je

značné, stále se ale provádějí opatření na zachování zemědělské půdy (VÁCHAL, MAZÍN, DUMBROVSKÝ 2005).

Výmolová eroze

Je možným pokračováním brázdové a rýhové eroze může vznikat i samostatně. Často ji zapříčiňují nezatravněné údolnice, v kterých se koncentruje povrchový odtok z kapalných i sněhových srážek, jako i nevhodně založené cesty, příkopy nebo koleje vyhloubené při jízdách zemědělské mechanizace po rozmočených pozemcích. Vzniká erozní strž, často takových hloubek a rozměrů, kdy již není možné navrátit plochu zemědělské výrobě a provádí se pouze asanace strží, tak aby erozní činnost nepokračovala (KVÍTEK 2006).

Proudová vodní eroze

Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Je-li rozrušováno pouze dno, mluvíme o erozi dnové, jsou-li rozrušovány břehy, o erozi břehové. Dnová eroze je formou podélné eroze, probíhající směrem podélné osy toku, břehová eroze je formou eroze příčné, probíhající kolmo na osu toku.

Nejvýrazněji se projevuje proudová eroze v bystřinách, jež nesou obvykle velké množství splavenin (HOLÝ 1978).

Formy podpovrchové vodní eroze

Podpovrchovou erozí se někdy označuje přemísťování půdních částic a živin z vrchních půdních horizontů do nižších, a to působením infiltrující srážkové vody. Tento proces však patří k normálním půdotvorným procesům a není vhodné označovat ho jako erozi.

V půdách podléhajících lehce destruktivnímu účinku vody, zejména ve spraších, dochází k vymílací činnosti podzemních vod, jež se hromadí na nepropustné vrstvě. Vznikají tunely, jež snižují stabilitu nadložních vrstev. Činnost vody vedoucí ke vzniku tunelů se označují jako tunelová eroze. Poněvadž dochází často k proboření stropu tunelů, čímž vznikají hluboké výmoly, zařazuje se tunelová eroze někdy do eroze výmolné (HOLÝ 1994).

2.2.4. Přípustná mez eroze

Eroze by měla probíhat pouze s takovou intenzitou, aby způsobená ztráta půdy byla nahrazena přirozenou tvorbou nové. Dalším požadavkem je, aby transport chemických látek probíhající vlivem erozních procesů nezpůsobil znečištění vodních zdrojů nad povolenou mez (je určeno pro různé druhy použití vody příslušnými směrnici), aby nedocházelo k nežádoucímu zanášení nádrží, vodních toků a kanálů a aby se omezily na přijatelnou míru škody způsobenou větrnou erozí (HOLÝ 1994).

Určit rovnovážný stav mezi ztrátou a tvorbou půdy je obtížné, neboť tvorba nové půdy je tak pomalá, že je neskutečně těžké tento proces časově definovat. S. W. Buol, F. D. Hole a R. J. McCracken udávají, že celosvětově kolísá hodnota nově vytvořené půdy od 0,01 do 7,7 mm za rok, v průměru se uvažuje hodnota 0,1 mm za rok.

K této hodnotě dospěl i Z. Kukul na základě různých údajů o intenzitě zvětrávání v rozličných podmínkách. Podle něho se rychlost tvorby půdy na zemském povrchu pohybuje okolo hodnoty 100 cm za 1 000 let, což se shoduje s údajem, který uvádějí S. W. Buol, F. D. Hole a R. J. McCracken (HOLÝ 1978).

Podobné hodnoty udává i D. Zachar. Stanovení přípustné meze eroze musí brát v úvahu i ekonomiku zemědělské výroby, požadavky na zachování kvality vodních zdrojů, ochranu nádrží a hydrografické sítě před zanášením a zachování, případně i zlepšení kvality životního prostředí.

Podle údajů v literatuře, např. R. P. C. Morgan, lze vzhledem k zemědělské produkci připustit roční ztrátu půdy (tzv. Toleranci ztráty půdy) 11 t/ha jako maximální hodnotu; nižší hodnoty od 2 do 5 t/ha jsou doporučeny pro území s malou mocností lehce erodovatelných půd. Uvedené hodnoty, i když je možné uvažovat je jako směrné, nemusejí vyhovovat v územích s intenzivními procesy, zejména v horských oblastech s vysokými srážkami. Při půdách hlubších než 2 m, na nichž se snížení úrody neprojeví v příštích 50 letech, připouštějí někteří autoři mezní hodnotu ztráty půdy 15 nebo dokonce 20 t/ha za rok.

Metodika ochrany zemědělské půdy před erozí doporučuje v podmínkách bývalého ČSFR přípustnou ztrátu půdy u mělkých půd s mocností do 30 cm 1 t/ha za rok, u středně hlubokých půd s mocností od 30 do 60 cm 4 t/ha za rok, u hlubokých půd s mocností od 60 cm nemá smysl přesáhnout 10 t/ha za rok. Tyto hodnoty se však zdají být v našich podmínkách příliš vysoké a ozývají se hlasy žádající jejich snížení (HOLÝ 1994).

Při požadavku ochrany vodních zdrojů před znečištěním jsou přípustné ztráty půdy nižší. Nemají podle W. C. Moldenhauera a G. R. Fostera přesáhnout 1 t/ha za rok. Tyto hodnoty se však zdají být v našich podmínkách příliš vysoké a ozývají se hlasy žádající jejich snížení.

Při požadavku ochrany vodních zdrojů před znečištěním jsou přípustné ztráty půdy nižší. Typizační směrnice uvádí pro povodí vodárenských toků přípustnou mez eroze hodnotou do 4 t/ha za rok.

Pro ochranu vodních zdrojů před erozí se však musí stanovit kritéria, která vezmou v úvahu množství splavenin uvolněných v příslušném povodí nebo jeho části, mechanismus jejich transportu a vliv splavenin na vodní zdroj (zmenšování prostoru nádrže, zanášení toků, možnost uvolňování chemických látek z usazených splavenin, množství nerozpuštěných látek ve vodním prostředí atd.). Uvážen musí být taky vliv rozhodujících chemických látek a jejich transportu na vodní zdroj (procesy eutrofizace, překračování přípustné koncentrace určitých látek – volba robustního faktoru) (HOLÝ 1978).

J. Váška navrhuje uvážit pro povodí každého vyšetřovaného vodního zdroje:

- mechanismus transportu, tzn. Stanovení množství splavenin, které se ze zájmového území, tj. povodí, dostávají do vyšetřovaného místa (vodní nádrž, odběrný profil ve vodním toku atd.).
- stanovení vlivu nerozpuštěných látek v tomto místě (rychlost zanášení retenčního prostoru vzhledem k jeho životnosti a funkci, koncentrace rozpuštěných látek vzhledem k povoleným hodnotám, vytváření vrstvy sedimentu v nádrži vzhledem k možnosti uvolňování chemických látek apod.)
- stanovení vlivu chemických látek transportovaných do vyšetřovaného místa v odtoku nebo ve vazbě na splaveniny (možnost vzniku eutrofizačních procesů překročení povolených hodnot koncentrace látek ve vodě – N, P atd.).

Limity přípustné intenzity eroze je nutno stanovit rovněž ve vztahu k zabezpečení ochrany vodního zdroje. Zatím co u velkých zdrojů (nádrží) bude patrně vzhledem k transformačním schopnostem nádrže možno pracovat s průměrnými hodnotami odhadu transportu splavenin, u malých vodních zdrojů, resp. přímých odběrů z toku bude třeba zavést hledisko pravděpodobnosti výskytu návrhové situace ve vztahu k možnosti vyřazení zdroje z provozu. Podobná hlediska je třeba zavést při řešení ochrany intravilánu.

Ve vztahu k přírodnímu prostředí je nutno uvážit, že je v přirozených podmínkách relativně stálé a k zachování tohoto stavu by neměla ztráta půdy překročit množství půdy vznikající přirozenou cestou.

Otázka přípustné meze eroze však vyžaduje podrobnější úvahy založené na komplexním přístupu (HOLÝ 1994).

K posouzení míry erozního ohrožení pozemků slouží spolu s dalšími kritérii princip přípustné ztráty půdy, která je definována jako maximální hodnota ztráty půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy. Při určování mezi přípustné ztráty půdy erozí se uvažovalo se skutečnou mocností půdního profilu, požadovanými vlastnostmi půdy v budoucnu a s předpokládanou ztrátou půdy. Obecně platí, že čím je půda erodovanější, tím je přípustná ztráta menší.

Dosazením odpovídajících hodnot faktorů pro vyšetřovaný pozemek do Univerzální rovnice se určí dlouhodobá průměrná ztráta půdy vodní erozí v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ při uvažovaném způsobu využívání.

Pokud vypočtená ztráta půdy překračuje hodnoty přípustných ztrát stanovených podle hloubky půdního profilu u půd:

mělkých (do 30 cm)	- 1 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$
u středně hlubokých (30 - 60 cm)	- 4 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$
u hlubokých (nad 60 cm)	- 10 $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$

Je zřejmé, že způsob využívání pozemku nezabezpečuje dostatečnou ochranu půdy před erozí. Hloubka půdy je charakterizována mocností půdního profilu, kterou omezuje skalní podklad, rozpad půdy nebo vysoká skeletovitost. Hloubka půdy se určí terénním průzkumem v místech nejsvažitéjší části pozemku. Orientačně lze hloubku půdy zjistit podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Hloubka půdy je v systému BPEJ vyjádřena 5. číslicí sdruženého kódu BPEJ pro skeletovitost a hloubku půdy. Kódy 7, 8, a 9 jsou určeny pro BPEJ pozemků se sklonem $> 12^\circ$ a pro BPEJ nevyvinutých (rankerových) půd (JANEČEK 2008).

2.2.5. Rozšíření vodní eroze

Přes 50 % rozlohy orné půdy v České republice ohrožuje vodní eroze. Erozní ohroženost byla v minulosti zvýšena velkovýrobními systémy zemědělského hospodaření, které si vynutily změnu struktury krajiny spojenou s výrazným prodloužením délek svahů. Délka svahu spolu s jeho sklonem přitom představuje

rozhodující morfologický faktor vzniku eroze na orné půdě. Orná půda se sklonem již nad 3° je ohrožována vodní erozí.

Na území republiky je 43 % orné půdy se sklonem 3-7°, téměř 10 % se sklonem 7-12° a 0,7 % se sklonem nad 12°. Z výsledků šetření Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy byla odvozená potenciální ohroženost zemědělských půd vodní erozí a vypočteny ztráty půdy. Přípustná mez erozní ztráty u středně hlubokých půd v České republice činí 4 t/ha/rok.

Eroze nejvíce ohrožuje zemědělské části Moravy, zvláště na jihu, kde je nepříznivě vysoký podíl erozně náchylné orné půdy. Eroze se ale vyskytuje i v mnoha dalších oblastech našeho území.

Největším zdrojem erozních smyvů je orná půda. Eroze ohrožuje také plochy stavenišť, příkré svahy antropogenních tvarů (komunikační násypy, haldy, navážky) a mechanizovanou těžbou dřeva poškozené lesní půdy.

Vodní eroze ohrožuje asi 5-10 % lesní půdy. V erozně náchylných lokalitách na flyšovém podloží Moravskoslezských Beskyd bylo zjištěno, že používání lesních traktorů pro přibližování dřeva zvyšuje (BLAŽEK AT AL. 2006).

2.3. Přívalový déšť

2.3.1. Voda z atmosféry

Česká republika jako vnitrozemský stát ve střední Evropě, situovaný na rozvodnici tří moří, s orograficky velmi členitým reliéfem, nemá žádnou jinou zdrojovou dotaci vody (až na zanedbatelné výjimky drobných vodních toků v pohraničí), než srážky.

Ročně dopadá na její povrch v dlouhodobém průměru zhruba 54 miliard m³ vody. Ne všechno toto množství je však možné užívat. Většinu z něho vypaří vegetace, volná půda a vodní plochy, velká část se dostává podpovrchovým prostředím anebo jako povrchový odtok do říční sítě a odtéká poměrně rychle na území sousedních států. Navíc srážky se nevyskytují pravidelně a nejsou rozloženy rovnoměrně na ploše státu. Čas od času působí proto starosti lidem vedle nedostatku srážek i opačným extrémem. Jde o situaci, kdy spadne srážek v poměrně krátkém čase nadbytečně mnoho (BLAŽEK AT AL 2006).

2.3.2. Mimořádně vydatné deště

Jsou dvojího typu:

- a) Vydatné srážky značného plošného rozsahu a trvání. Jsou hodnoceny na základě pozorovaných srážek, ze kterých byla sestavena databáze všech srážkových úhrnů vyšších než 20 mm s trváním 1, 2 a 3 dny. Tyto údaje se pak statisticky vyhodnocují a zpracovávají na plochy povodí dle výše uvedených metod. Slouží k výpočtům odtokových koeficientů při zpracování teoretických povodňových vln.
- b) Vydatné krátkodobé (přívalové) srážky místního významu u nichž hodnotíme zejména jejich intenzity. Využívají se ombrografické záznamy srážkových úhrnů a odborné studie zabývající se touto problematikou (viz např. J.Trupl, 1958). Údaje jsou potřebné zejména pro stanovení odtokových množství vody v malých povodí (ŘEHÁNEK A KŘÍŽ 2002).

V hydrologické praxi, zvláště bystřinařské, mají největší význam krátkodobé deště s vysokou intenzitou, zasahující území malé plošné výměry, které mají rozhodující vliv na vznik extrémních přívalových průtoků na bystřinách a povodích malé plošné výměry vůbec. Podle HELLMANA jsou to deště s dobou trvání do 180 minut a s výškou srážek 10-80 mm.

Intenzita deště během jeho trvání velmi kolísá. Pro hydrotechnické výpočty průběh skutečného deště zjednodušíme a nahrazujeme jej jakýmsi modelovým deštěm konstantní intenzity různé doby trvání, ale tak, aby měl stejný účinek jako původní dešť. Tento modelový dešť nazýváme náhradním deštěm stálé intenzity s různou dobou trvání. Stanoví se z ombrografických záznamů metodou podle REINHOLDA.

Obecně je možno konstatovat, že intenzita deště postupně klesá. Tuto závislost jde vyjádřit nejproduktivnějším vztahem podle Reinholda:

$$i = A / (t + b)^a$$

kde: i – intenzita deště

t – doba trvání (min)

A, a, b – parametry pro jednotlivé srážkoměrné stanice

V ČR pro povodí Labe, Moravy a Odry zpracoval ombrografická zpracování TRUPL (1958) z 98 stanic pro dobu trvání 5-120 minut a periodicitu 2-0,1 (ve zdravotně technické praxi termín periodicitu deště p znamená, že určitý dešť dané doby trvání byl dosažen nebo překročen nkrát za rok; periodicitu $p = 2$ tedy odpovídá dešti, který byl dosažen nebo překročen 2krát za rok, při $p = 0,5$ za 2 roky atd.) (KREŠL 2001).

2.3.3. Zdroj vydatných dešťů

Atmosférické srážky s velkou intenzitou jsou vázány jen na dva druhy oblačnosti (celkově z 10 druhů podle mezinárodní klasifikace oblaků).

Bouřkový oblak (cumulonimbus) patří do kupovité oblačnosti s velkým vertikálním rozsahem. Tento mohutný a hustý oblak, který má na svědomí v důsledku vysokých krátkodobých srážkových intenzit prakticky všechny případy povodní z přívalových dešťů, dosahuje nad územím ČR běžně výšek 5 až 8 km, někdy dosahuje výšky až 15 km. Je-li cumulonimbus dostatečně vzdálen od místa pozorování a není-li zakryt jinou oblačností mezi ním a pozorovatelem, vypadá „neškodně“. Jeho vláknitý vrchol v podobě kvěťáku či kovadliny má často až oslnivě bílou barvu. Jakmile se však základna tohoto oblaku nachází přímo nad místem pozorování v době jeho vrcholného

stádia vývoje, má obloha někdy až hrozivě černomodrou barvu. U plošně rozsáhlých oblaků někdy dojde až k úplnému setmění za dne.

Naprostá většina bouřkových oblaků, ze kterých vypadávají velmi intenzivní přívalové srážky, souvisí s oblastmi ovlivňovanými frontálním rozhraním.

Ani vodohospodářům pozorujícím starostlivě počasí se silnými srážkami neujdou časté případy, kdy přívalové deště s prudkými bouřkami (tedy s oblaky druhu Cb) postupně přecházejí v silný trvalý déšť již bez blesků a hřmění (s oblaky druhu nimbostratus). A naopak, trvalý déšť bez bouřky se náhle změní v prudký liják s bouřkou, krupobitím, nárazy větru apod. V tomto případě se hovoří o vnořených či maskovaných cumulonimbech.

Naprostá většina případů největších srážkových intenzit se vyskytuje při bouřkových přívalových deštích. Všechny tyto případy můžeme označit jako průtrže mračen, které se zpravidla vyskytují v letním pololetí s maximem v červenci (BLAŽEK AT AL 2006).

2.3.4. Závislost intenzity deště na velikosti zasažené plochy

Přívalové deště zasahují malá území. Přitom jejich intenzita na ploše není rovnoměrně rozložena, ale od jádra deště, kde je největší intenzita, k jeho okrajům se snižuje. Obecně je možno konstatovat, že čím je déšť intenzivnější, tím menší území zasáhne. Z toho plyne, že s rostoucí plochou povodí je třeba zjištěnou intenzitu regulovat. Zatím nejsou ve světě vypracovány spolehlivé metody redukce.

Řešení tohoto problému poskytuje Frühlingův vzorec:

$$i_{pr} = i_b (1 - 0,005 L^{0,5})$$

kde: i_{pr} – plošná průměrná intenzita v kruhu o poloměru L (m)

i_b – max. bodová intenzita v jádru deště

Pro ČR je možno přibližně použít Reinholdova závěru, že vypočítanou intenzitu lze pro povodí do 10 km² snížit o 5 %, do 25 km² o 10 % (KREŠL 2001).

2.3.5. Místní znaky prudkých bouří

Bouře v letním pololetí s možnou bleskovou povodní patří v ČR k jednomu z mála meteorologických jevů, které mohou bezprostředně ohrozit i náš život. Proto je důležité znát jejich místní příznaky. Ty se však nemusejí vždy vyskytovat současně, některé z nich mohou i chybět.

- Neustálé hřmění (které je slyšet asi až do vzdálenosti 15-20 km od místa blesku)trvající déle než 1-2 hodiny. Často se dá i dosti přesně určit vzdálenost bouřky od místa pozorování, zjistí-li se doba mezi zábleskem a následným hromem (rychlost zvuku je asi 330 m/s)
- Hřmění či blesky jsou pozorovány na několika stranách, kdy nelze určit tah bouřky (odkud a kam postupuje), bouřky se jakoby vrací
- Silné poryvy větru dosahující až síly orkánu s náhlými změnami jeho směru, což platí i pro tah oblaků.
- Průtrž mračen i s přestávkami
- Silné krupobití po dobu několika minut, které se může opakovat
- Setmění za dne, naopak neustálé osvětlení oblohy blesky v noci

I ten nejmenší potůček, který se jaktěživ nerozvodnil, ale i kdejaká strouha, kde nikdy netekla voda, se může během krátké doby stát dravým potokem. Na potenciálně nebezpečných lokalitách z hlediska místních záplav by se měla udržovat při těchto prudkých bouřích v nejbližším okolí pohotovost. Tyto možné překvapivé okolnosti by měly být rovněž uváděny v povodňových plánech obcí a měst (BLAŽEK AT AL 2006).

2.4. Využití geograficko informačního systému

2.4.1. Využití a aplikace DMT

Využití DMT je v současné době velmi rozsáhlé, protože nástroje pro jejich tvorbu a analýzy jsou téměř běžnou součástí softwaru pro GIS (KLIMÁNEK 2006). Z hlavních oblastí aplikace DTM je možno rozlišit tyto: geoinformační technologie, stavební inženýrství, hospodaření s přírodními zdroji, přírodní vědy, vojenské účely.

Na základě DMT je tedy možné modelovat půdní charakteristiky (např. půdní vlhkost a transport sedimentů), hydrologické charakteristiky (např. odtokové poměry, hranice povodí, erozní ohrožení) a klimatické charakteristiky (např. teplotní poměry a izolaci) (KLIMÁNEK 2006).

2.4.2. Digitální modelování krajiny

Digitální model krajiny je minimálně čtyřrozměrné, počítačem generované schéma vybraného segmentu krajinné sféry země zachycující ve zjednodušené podobě jeho strukturní a dynamické rysy (ČEPICKÝ ET AL. 2005). Manipulace s tímto modelem se děje na základě pokynů uživatele do integrované databáze prostřednictvím poznatkové základny, která pak může řídit tvorbu sekvence situací až po dosažení předem definovaného stavu, přičemž základní technologickou komponentou DMK je DMT (PELIKÁNOVÁ A KOLEJKA 2000).

První tři rozměry modelu (prostorové souřadnice) popisují strukturní aspekt modelu, zatímco čtvrtý rozměr zachycuje aspekt časový jako produkt modelového procesu nebo jako sekvenci stavů procesu. Model je tvořen integrovanými vrstvami geografické informace (přírodní pozadí, informace o vlivu člověka, rozvojové limity, digitální model terénu) a expertním systémem (poznatkovou základnou) pro cílenou manipulaci s ním (KLIMÁNEK 2006). Standardní databáze DMK je z prostorového pohledu tvořena třemi základními vrstvami dat (PELIKÁNOVÁ A KOLEJKA 2000):

- nadpovrchová data - reprezentují vzájemně integrované údaje o složkách přírodního geosystému a jeho antropogenní nadstavbě: klima (energie), vodstvo (vlhkostní poměry), vegetace, aktuální či historické využití ploch

- povrchová data - představují informace o reliéfu (v podstatě DMT) umožňující nejrůznější morfometrické operace

- podpovrchová data - zastoupena informací o půdním pokryvu, zvětralinovém a sedimentárním plášti (o zeminách) a o geologické struktuře (o horninách), případně o parametrech podpovrchové vody

Všechny tato data jsou na vzájem integrována, jak ve vrstvách, tak i mezi vrstvami navzájem, obdobně jak je tomu v reálné krajině, nikoliv tedy jen na sobě mechanicky naskládána. Vlastní stránka modelování je zabezpečována použitím expertní poznatkové základny, pomocí které jsou simulovány jednotlivé stavy krajiny za konkrétních podmínek a případné chronologické sekvence těchto stavů vzájemně na sebe navazujících (PELIKÁNOVÁ A KOLEJKA 2000).

Samotná tvorba DMT je ve většině případů jen prvním krokem pro jeho další využití, a proto již volba dat a metody interpolace by měli být optimalizovány s ohledem na požadované výstupy. DMT mají velmi široké uplatnění v přírodních vědách a je obtížné vystihnout všechny aspekty jejich využití (KLIMÁNEK 2006).

2.4.3. Hydrologické analýzy

Hydrologické analýzy patří vedle vizualizací k nejčastějším využitím DMT v praxi (KLIMÁNEK A DOUDA 2006). V závislosti na možnostech softwaru jsou na základě DMT modelovány kvantitativní a kvalitativní parametry (množství a směr) odtoku, definována jednotlivá povodí (podle prahové velikosti nebo k uzavíracímu profilu). Komplexní modely potom popisují složitější situace v krajině (protipovodňová opatření, hospodaření s vodními toky apod.). Kvantifikace odtoku je jedním z důležitých ukazatelů při dimenzování vodních děl i drobných vodních staveb (přehrážky, menší nádrže), a společně s dalšími parametry odtoku nabývá v současné době na významu při protipovodňové ochraně území (KLIMÁNEK 2006). Algoritmy pro tyto výpočty již běžně obsahují možnosti kvantifikace srážky a definování propustnosti – vsaku a retence – povrchů. Všechny analýzy je vhodné provádět ve variantě s odstraněním bezodtokých depresí (pit removal), což je nezbytné pro kvalitní hydrologické výstupy.

2.4.4. Erozní analýza

Problematika eroze je značně složitá, ale DMT může opět významným způsobem přispět k efektivitě procesů souvisejících s kvantifikací erozního ohrožení území. Erozi je možné dělit jednak podle činitelů (akvatická, eolická, nivální, glaciální a organogenní), a jednak podle projevů. Z hlediska projevů je v ČR nejdůležitější eroze

vodní a větrná. Nejčastěji se však modeluje pouze intenzita eroze vodní pomocí revidované univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE). Jedná se o erozní model (rovnici) pro predikci dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy [t/ha/rok] sestavený v 90. letech 20. stol. V USA na základě prověření, aktualizace a revize USLE,

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

kde A je průměrná roční ztráta půdy, R je faktor erozní účinnosti deště, K je faktor erodovatelnosti půdy, L je faktor délky svahu, S je faktor sklonu svahu, C je faktor ochranného účinku vegetace a P je faktor protierozních opatření (KLIMÁNEK 2006).

Ke stanovení jednotlivých faktorů se užívá experimentálních rovnic, nomogramů nebo map, a celou rovnici lze efektivně řešit za využití GIS prostředků (WILSON AND LORANG 2000). Z hlediska DMT se jedná o zjišťování faktorů L a S. Některé produkty (Idrisi) mají již integrován modul pro tyto výpočty.

Použití RUSLE v podmínkách nenarušeného lesního ekosystému chápaného jako komplex několika zapojených vegetačních pater) vede k potvrzení významného protierozního vlivu lesa a kvantifikace eroze není příliš zapotřebí. Jiná situace ale nastává při různých způsobech hospodaření (holosečné způsoby, celoplošné přípravy půdy apod.), v extrémních klimatických podmínkách (horní hranice lesa) a také při destrukci lesního ekosystému vlivem přírodních katastrof. V těchto podmínkách je užitečné modelovat kvantifikaci eroze a zjišťovat vliv jednotlivých faktorů pro uplatnění v protierozní ochraně (KLIMÁNEK 2006).

V některých případech se z hlediska transportu materiálů (možné eroze) vylišují v terénu charakteristické tvary a to na základě horizontálního a vertikálního zakřivení. Tyto povrchy pak mohou sloužit ke kategorizaci jednotlivých tvarů terénu (hřebeny, sedla, konvexní a konkávní svahy apod.). Některé GIS produkty obsahují přímo moduly pro tyto aplikace. Je ale nutné si uvědomit, že přímé použití takových nástrojů bez úprav DMT může vést k velmi zavádějícím výsledkům. Celý problém je v podstatě kompromisem mezi vyjádřením kontinuálně se měnícího reálného povrchu na jednotlivé, relativně ostře ohraničené kategorie (KLIMÁNEK A DOUDA 2006).

3. METODIKA

3.1. Výpočet vodní eroze

3.1.1. Rovnice ztráty půdy z pozemku podle Wischmeiera a Smitha

Při posuzování potřeby uplatnění protierozních opatření je hlavním kritériem intenzita eroze na daném území.

Intenzita eroze (míra erozního ohrožení) vyjadřuje ztrátu půdy vlivem erozní činnosti za určitý časový úsek, obvykle za 1 rok, přepočtenou na jednotku plochy (př. 1 ha, 1 km² apod.)

Ztrátu půdy můžeme vyjádřit:

-v objemových jednotkách (obvykle v m³)

-v hmotnostních jednotkách (obvykle v kg nebo t)

-jako výšku ztráty půdy (obvykle v mm)

Průběh erozních procesů určují především faktory, jejichž kvantitativní účinek je vyjádřen v rovnici pro výpočet ztráty půdy z přívalových dešťů: W. H. WISCHMEIER a D. D. SMITH (1958)

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

kde **G** ... ztráta půdy v t·ha⁻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

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

Faktor erozní účinnosti příválového deště R vymezili W. H. WISCHMEIER a D. D. SMITH (1958) jako součin celkové kinetické energie deště E a jeho maximální třicetiminutové intenzity i_{30} . Celková kinetická energie deště se určí ze vztahu

$$E = (206 + 87 \log i_s) \cdot H_s$$

kde E ... kinetická energie deště v $J \cdot m^{-2}$

i_s ... intenzita deště v $cm \cdot h^{-1}$

H_s ... úhrn příválového deště v cm

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

Průměrná roční hodnota faktoru R je vlastně hodnotou faktoru R za vegetační období, protože v našich klimatických podmínkách přicházení příválové deště, vyvolávající na poli smyv půdy, pouze od konce dubna do začátku října. Toto rozdělení faktoru R je použito při výpočtu ochranného vlivu vegetace (HOLÝ 1994).

Faktor náchylnosti půdy k erozi K

Půdní vlastnosti ovlivňují jednak průběh vsaku srážkové vody do půdy, jednak odolnost půdy proti odnosu povrchově odtékající vodou. Faktor náchylnosti půdy k erozi K je definován jako odnos půdy v tunách z 1 ha a na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku (kypřený černý úhor se sklonem 9 % a délkou svahu 22,13 m). Hodnoty faktoru K lze stanovit pomocí nomogramu, ze kterého vyplývá, že náchylnost zkyplené půdy k erozi závisí především na její textuře.

Pro převod anglických jednotek na SI jednotky je nutno hodnoty faktoru K, odečtené z nomogramu, vynásobit koeficientem 1,292.

Další možnost určení hodnot faktoru K do rovnice je pomocí kódů KPP nebo BPEJ (PASÁK 1984).

Vliv sklonu a délky svahu na velikost půdního smyvu vyjádřili W. H. WISCHMEIER a D. D. SMITH (1965) topografickým faktorem LS, který představuje poměr ztráty půdy na standardní srovnávací ploše dlouhé 22,13 m se sklonem 9 % (BUZEK 1983).

Hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace C představují poměr smyvu na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě půdy na kypřeném černém úhoru při stejných ostatních podmínkách.

Pro vyjádření vývoje ochranného účinku plodin a jejich posklizňových zbytků rozdělujeme rok na 5 období:

1. období podmínky a hrubé brázdy
2. období od přípravy pozemku k setí do 1 měsíce po zasetí (osázení)
3. období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí (sázení), u ozimů do 30.4.
4. období od konce 3. období do sklizně
5. období strniště (posklizňové zbytky na povrchu půdy)

Hodnotu faktoru C plodiny ovlivňuje tedy její zařazení v osevním sledu, délka vegetační doby plodiny, použitá agrotechnika a v neposlední řadě výrobní oblast (její průměrná roční teplota). Pro dosažení do rovnice je nutno vypočítat dílčí hodnoty C faktoru pro celý osevní postup a hodnotu průměru C faktoru za osevní postup dosadit do rovnice (PODHRÁZSKÁ A DUFKOVÁ 2005).

Účinnost protierozních opatření je vyjádřena hodnotami faktoru P

Nejméně účinným opatřením je konturové obdělávání podél vrstevnic. Účinnější je pásové pěstování plodin, kdy se na svahu střídají podél vrstevnic umístěné pásy plodin chránících půdu proti erozi nedostatečně s pásy víceletých píceňin nebo ozimých obilovin. Hrázkování (přerušované brázdování) se dobře uplatní v porostech bramborů, ale též v ovocných výsadbách a vinicích. Nejúčinnějším technickým protierozním opatřením je terasování, kdy svah výrazně ohrožený erozí se střídavě upraví vždy na nechráněný pruh půdy s malým nebo dokonce nulovým příčným sklonem a na svah terasového stupně s mimořádně vysokým sklonem, chráněný travním porostem, popřípadě v extrémních sklonech tvořený zdí.

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.) (BUZEK 1983).

Přípustná ztráta půdy erozí

Pro určení, zda je nutno vyšetřovaný svah před erozí chránit a do jaké míry je třeba z hlediska zachování úrodnosti smyv půdy snížit, je nutno provést porovnání pro osevň postup vypočtené průměrné roční ztráty půdy s tzv. přípustnou ztrátou půdy (G příp.). Hodnoty přípustné ztráty půdy byly zvoleny z hlediska úrodnosti půdy takto: U půd mělkých s hloubkou půdy do 30 cm nemá smyv půdy z 1 ha přesáhnout 1 t ročně, u půd středně hlubokých s hloubkou 30 až 60 cm nemá smyv přesáhnout 4 t ročně a u půd hlubokých s hloubkou přes 60 cm nemá smyv přesáhnout 10 t ročně (KVÍTEK 2006).

3.1.2. Rovnice ztráty půdy z pozemku podle Williamse a Berndta

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

G – transport splavenin z přívalového deště v t

O_{pH} – objem přímého odtoku v m^3

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

K, L, S, C, P – faktory univerzální rovnice ztráty půdy erozí pro povodí počítané

Metoda čísel odtokových křivek (metoda CN) byla odvozena pro stanovení celkového objemu odtoku a kulminačního průtoku z malého povodí z jednotlivé srážky. Výpočet objemu přímého odtoku se provádí na základě empirických vztahů.

Nejen zemědělskou, ale i nezemědělskou činností se podstatně mění hydrologické charakteristiky povodí, které se zpravidla projevují zvýšenou erozí půdy, snížením infiltrace vody do půdy a zkrácením dob doběhu, což způsobuje značné zvýšení kulminačních průtoků a objemů odtoku.

To má za následek jednak značnou ztrátu zemědělské půdy, ale i ohrožení intravilánu obcí a značné náklady na odstranění těchto škod.

Hydrologické studie určující tyto základní parametry (erozí půdy, snížením infiltrace vody do půdy a zkrácením dob doběhu, což způsobuje značné zvýšení kulminačních průtoků a objemů odtoku) by měly vycházet z dlouhodobě sledovaných průtoků v uzávěrových profilech povodí. Takové údaje jsou však na mnoha malých povodích zřídka k dispozici.

Tyto parametry je proto nutné stanovit pomocí hydrologických modelů, založených na charakteristikách povodí. Jedním z takových modelů je tzv. „metoda čísel odtokových křivek - CN“. Pomocí této metody je možno prognózovat objem povrchového odtoku a velikost kulminačního průtoku z povodí o ploše do 5 - 10 km².

Základním vstupem metody CN - křivek je srážkový úhrn, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je transformován na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek - CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové akumulaci. Objem odtoku se podle teorie jednotkového hydrogramu a doby koncentrace přetransformuje na kulminační průtok.

Řešení vychází z metodiky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ č.5/1992 (v dalším textu jen „Metodika“) nejnovější poznatky o srážkoodtokových vztazích uvedených ve výstupu z projektu NAZV „Přehodnocení limitních podmínek ohroženosti půdy erozí“ (2000).

Metodika vznikla pro použití na zemědělsky využívaných povodích, ale lze ji použít s určitými omezeními i na nezemědělskou půdu (ZAPLETAL 2007).

Čísla odtokových křivek - CN jsou tabelována podle :

- hydrologických vlastností půd rozdělených do 4 skupin : A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy.

Skupina A: Půdy s vysokou schopností vsaku i při úplném sycení, zahrnující především hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a štěrky.

Skupina B: Půdy se střední schopností vsaku při úplném sycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovité.

Skupina C: Půdy s malou schopností vsaku při úplném sycení, zahrnující hlavně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu nebo půdy jílovitohlinité až jílovité.

Skupina D: Půdy s velmi malou schopností vsaku při úplném sycení, zahrnující hlavně jíly s vysokou bobtnatostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu půdy nebo těsně pod ní a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím (HOLÝ 1994).

Stanovení objemu přímého odtoku. K odhadu návrhového objemu přímého odtoku pro místa na území České republiky lze využít N - leté jednodenní srážkové úhrny.

Rovnice má tvar :

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

H_o přímý odtok [mm]

H_s úhrn přívalové (návrhové) srážky [mm]

A potenciální retence [mm], vyjádřená pomocí čísel křivek jako

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

z toho objem přímého odtoku :

$$O_{pH} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \quad [m^3]$$

P_p plocha povodí [km²]

Kulminační průtok se vypočte ze vztahu :

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

q_{pH} jednotkový kulminační průtok [m³ . s⁻¹]

P_p plocha povodí [km²]

H_o přímý odtok [mm]

f opravný součinitel pro nádrže, rybníky a bažiny

(PODHRÁZSKÁ A DUFKOVÁ 2005)

Také vlastnosti povrchu povodí ovlivňují odtok. Vliv povrchu povodí se hodnotí pomocí tříd využívání a obdělávání půdy. Využíváním půdy se rozumí pokryv povodí a zahrnuje všechny zemědělské kultury, lesy, jakož i nezemědělské využití (vodní a nepropustné plochy). Obdělávání půdy zahrnuje způsob zpracování půdy a střídání plodin. Úhor představuje pole bez vegetace s největším odtokovým potenciálem. Širokořádkové plodiny jsou všechny plodiny (okopaniny, kukuřice, zelenina, ovocné výsadby, vinice a chmelnice), seté nebo sázené do širokých řádků. Úzkořádkové plodiny (obiloviny, luskoviny, olejoviny) jsou seté v úzkých řádcích. Hustě seté jeteloviny nebo dočasné louky (vojtěška, jetele, trávy a jejich kombinace) skýtají celoroční ochranu půdy.

Pole s přímými řádky jsou obdělávány po spádnicí nebo napříč svahu. Při sklonu pozemku menším než 2 % je obdělávání napříč svahu v přímých řádcích rovnocenné s vrstevnicovým obděláváním. Hydrologický účinek vrstevnicové orby spočívá v povrchové akumulaci v brázdách, čímž je prodlužována doba vsakování. Termín protierozní obdělávání se týká terasovaných ploch s průlehy, se zatravněnými údolnicemi nebo s jinými účinnými protierozními opatřeními.

Louky s hlubokou hladinou podzemní vody, dobře odvodněné, vykazují malý nebo nulový odtok, kromě případů přívalových dešťů s velmi vysokými intenzitami. Neodvodněné louky s vysokou hladinou podzemní vody mohou být tak zamokřené, že pro výpočet odtoku je nutno tyto plochy považovat za vodní povrch. U nepropustných ploch a vodních ploch je vždy $CN = 100$. K určení CN pro les je nutné ještě znalost hloubky hrabanky, typu a hloubky humusu (HUBAČÍKOVÁ).

4. PRAKTICKÁ ČÁST

4.1. Popis povodí

4.1.1. Terénní průzkum

Číslo hydrologického pořadí je 1-06-02-036, kde je 1 – Labe (povodí I.řádu - hlavní), 06 – Vltava (povodí II.řádu - dílčí), 02 – Malše (povodí III.řádu - základní), 036 – Zvíkovský potok (povodí IV.řádu). Povodí Zvíkovského potoka zaujímá plochu 6,992 km². Povodí je v ochranných pásmech vodních zdrojů I. a II. stupně je to zapříčiněno vodní nádrží Římov, do které samotný potok ústí. Nachází se zde dvě čerpací stanice, jedna u propustku pod silnicí E55 a druhá u obce Dlouhá, ale jen jedna do toku zasahuje a to stanice u silnice E55. Dále u obce Netřebice se nachází čistička odpadních vod, z které se voda dostává přes obec Hřeben do Zvíkovského potoka. Je tu i několik vesnic Netřebice, Zvíkov, Bor, Chodeč, Hřeben. Území je z větší části pod lesním nebo trvale travním porostem. Ve zdejší oblasti se nejvíce pěstují obiloviny a olejny. Nachází se zde i rybníky v okolí obce Hřeben.

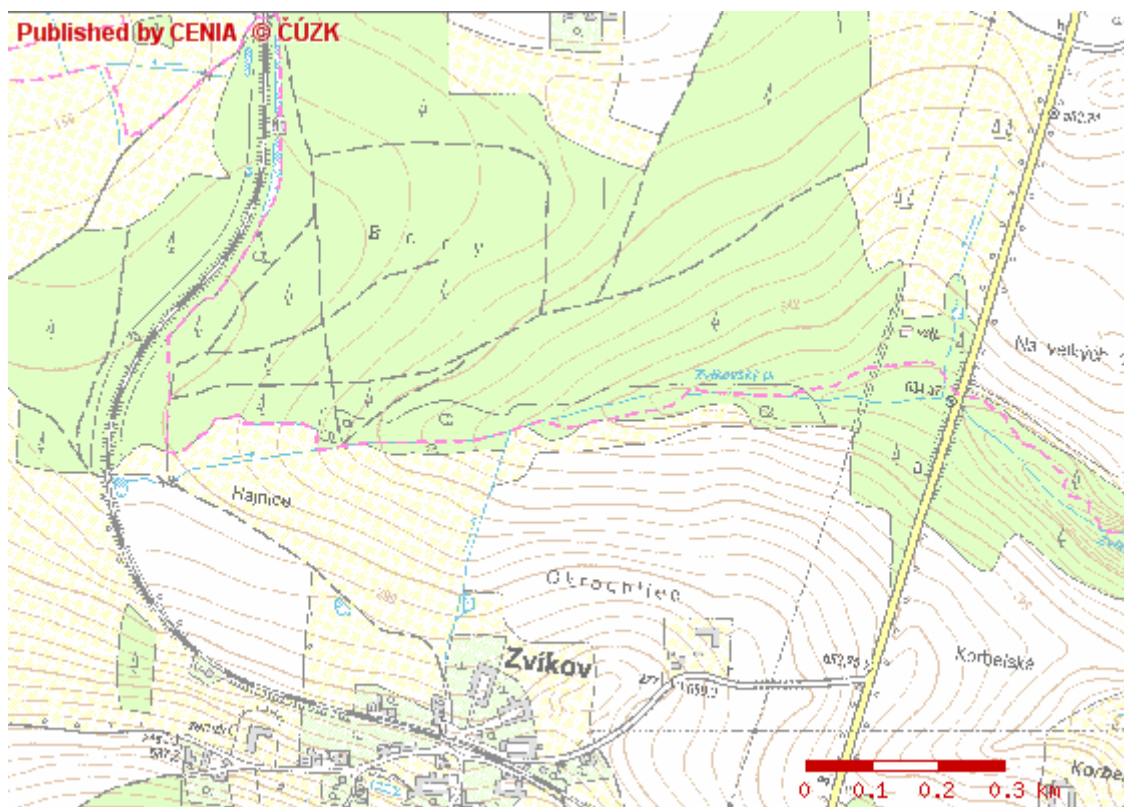
Okolí obce Zvíkov

Kousek od Zvíkova se nachází začátek potoka. Je to u podjezdu pod železniční tratí, která spojuje České Budějovice a Dolní Dvořiště. V základní mapě 1:10 000 je začátek kreslen, jako vyústění vodní nádrže, ale ve skutečnosti se jedná pravděpodobně o meliorace z polí.

Koryto v prvním úseku cca 800 metrů je opevněné. Je vidět, že je neupravované. Místy je opevnění velice poškozené a vytrhané. V prvních 50 metrech teče potok podél polní cesty, pod kterou podtéká propustkem a dále jde mezi TTP. Podél jsou vysázeny bříza bělokorá a topol osiky. Po úseku cca 600 metrů je pravý přítok, který přitéká z obce Zvíkov. Jedná se o meliorační kanál. Zde je i drobný rozliv a udělána malá niva.

V další části se potok dostává do lesa, kde začíná meandrovat a jeho dno je už nezpevněné (stromové složení je převážně smrk ztepilý a v menšině je borovice lesní a jedle bělokorá). Toto složení je pro tuto oblast typické, protože je zde těžba dřeva. Po 1,2 kilometru se dostává potok k silnici E55 pod kterou prochází propustkem. Těsně u silnice je opět mokřad a též pravostranný přítok z čerpací stanice u které je rybník.

Za silnicí než se potok opět vnoří do lesa je asi cca 200 metrová říční terasa z levé strany. Tok je většinou mírně se vlnící s kamenitým až štěrkovitým dnem. Objevují se tu pozůstatky hrází asi dřívější rybníky a jízky. Opět je koryto neudržované, které je na konkávní straně vymleté a na konvexní straně je zase nános. Jsou zde místy spadlé stromy přes samotný tok nebo podél něj, které zabraňují lepšímu přístupu.



Obr.1 Okolí obce Zvíkov

Okolí obce Dlouhá

V tomto úseku je Zvíkovský potok hluboce zaříznut do terénu. Hloubka zaříznutí se zvyšuje k vodní nádrži Římov.

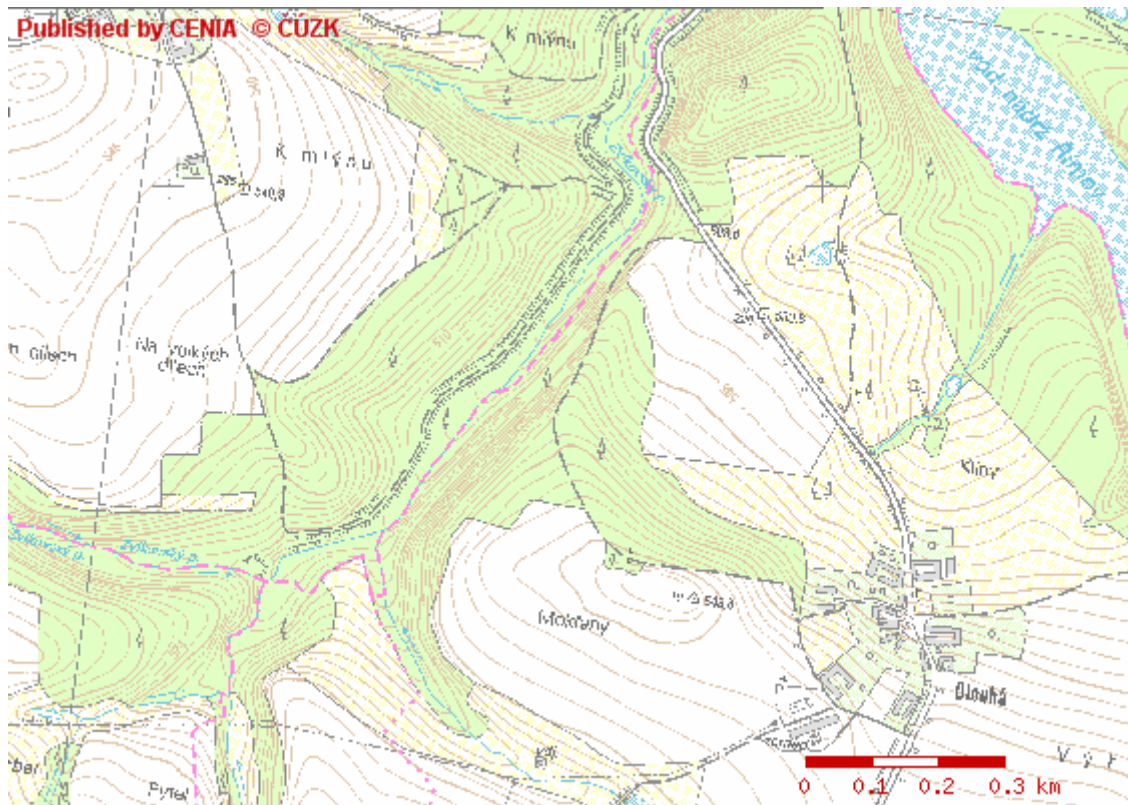
Po cca 800 metrů od silnice je pravostranný přítok, který je z rybníční soustavy v okolí obce Hřeben. Jsou to rybníky na Hřebenu a Korbelu.

Po dalších 300 metrech je opět pravostranný přítok z rybníka u obce Dlouhá, který je průtočný a přítok vzniká meliorací z polí.

Dále potok pokračuje k vodní nádrži Římov a stáčí se doleva a přibližuje se k silnici mezi Kaplice-nádraží a Velešínem. V tomto úseku probíhá těžba dřeva. Je zde vytěženo cca 3 hektary převážně na levém břehu. Zde se budou vysazovat nové stromky na jaře

2009. Je snaha zde vysazovat duby a buky, aby nebylo složení lesa jednotvárné. Je to prevence proti šíření kůrovce.

Asi po 800 metrech je levostranný přítok z obce Chodeč, kde začíná z místního rybníčku. První úsek asi 200 metrů jde TTP a dále v úseku 300 metrů se zaústí do Zvíkovského potoka.



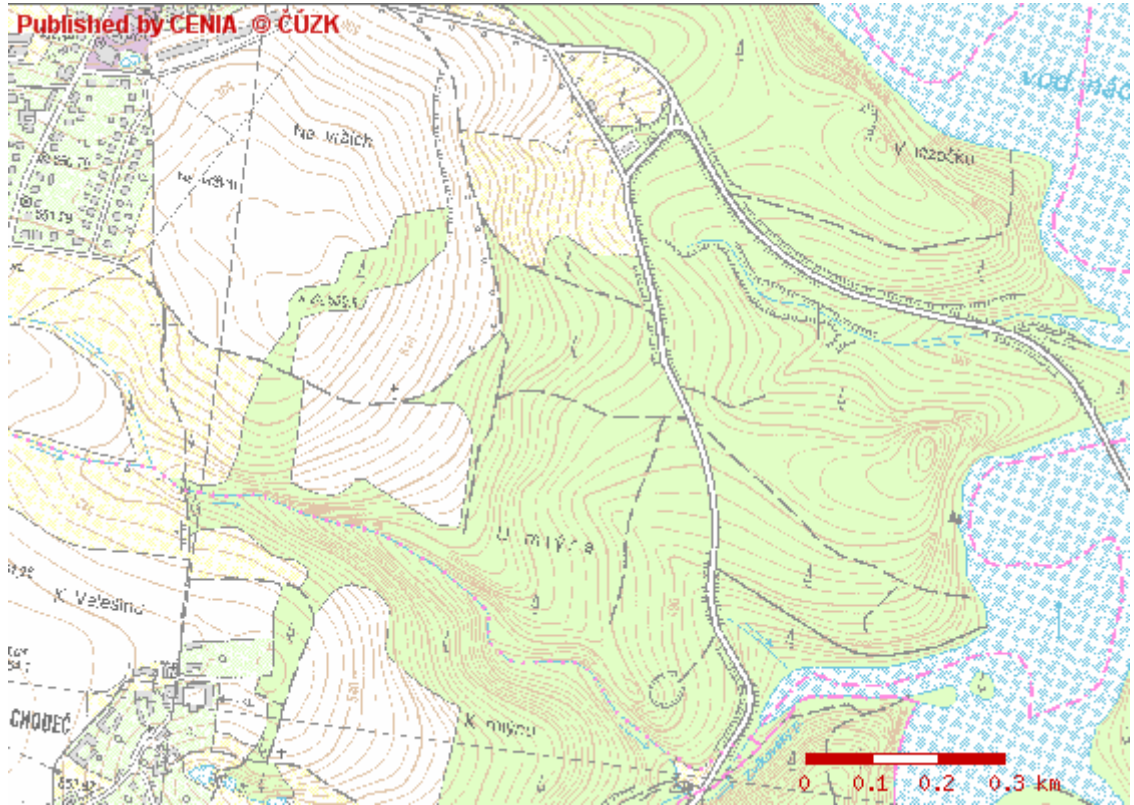
Obr.2 Okolí obce Dlouhá

Vtok do vodní nádrže Římov a okolí Velešína

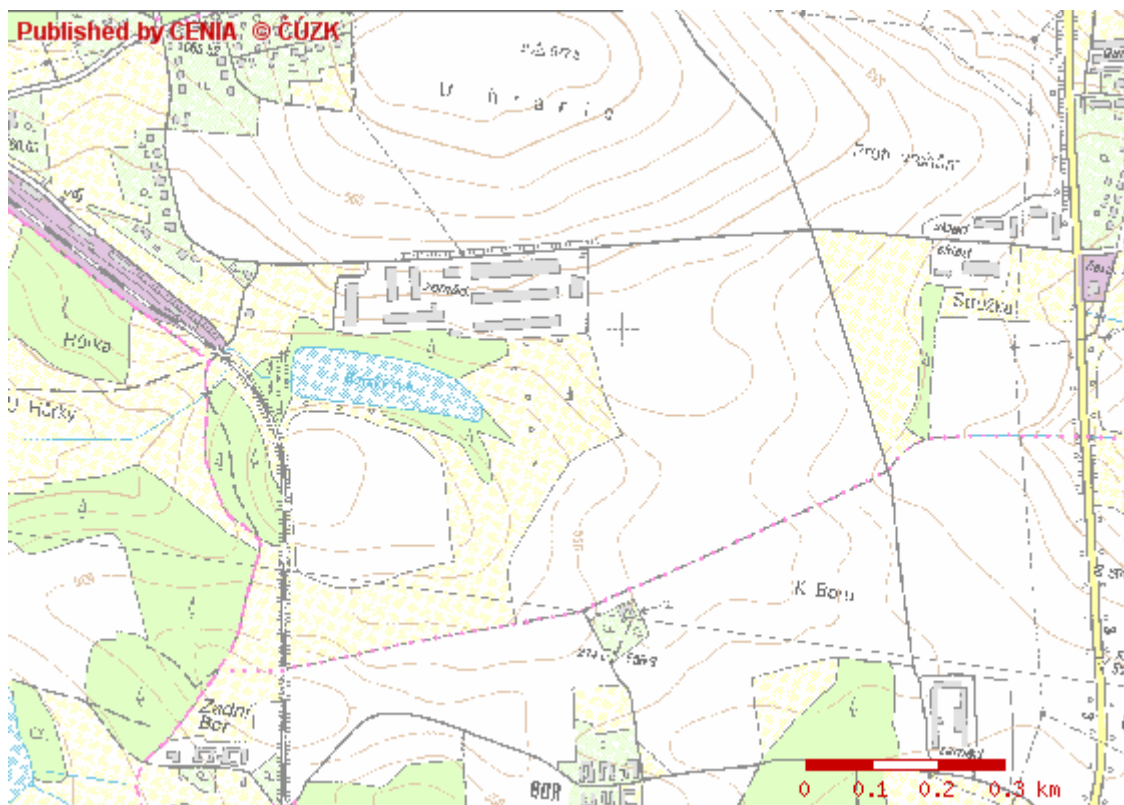
Po dalších 200 metrech je opět levostranný přítok, který začíná u obce Velešín, kde jsou na začátku cca 250 metrů dva meliorační kanály, které dále pokračují jako samotný přítok. Leví přítok začíná u čerpací stanice na jižním okraji Velešína u silnice E55, který protéká trvale travním porostem. Pravostranný přítok začíná až za silnicí E55, pod kterou prochází propustkem a protéká opět trvalým travním porostem. V okolí Velešína je velice mnoho orné půdy, která je meliorovaná a to je zdrojem vody pro tyto dva přítoky.

Po spojení obou toků jde výsledný přítok cca 100 metrů trvale travním porostem a pak se dostává do lesa, kterým protéká cca 1 kilometr. V tomto úseku je přítok opět meandrován a vlévá se z levé strany do Zvíkovského potoka.

Zvíkovský potok má zde opět kamenité dno a velice čistou vodu. Propustkem se dostává na pravou stranu silnice, kde ústí do vodní nádrže Římov. V jeho okolí jsou vysázeny nově duby zimní a letní a buk lesní po předchozí těžbě.



Obr.3 Vtok do vodní nádrže Římov a okolí Velešína



Obr.4 Okolí Velešína okolo silnice E55

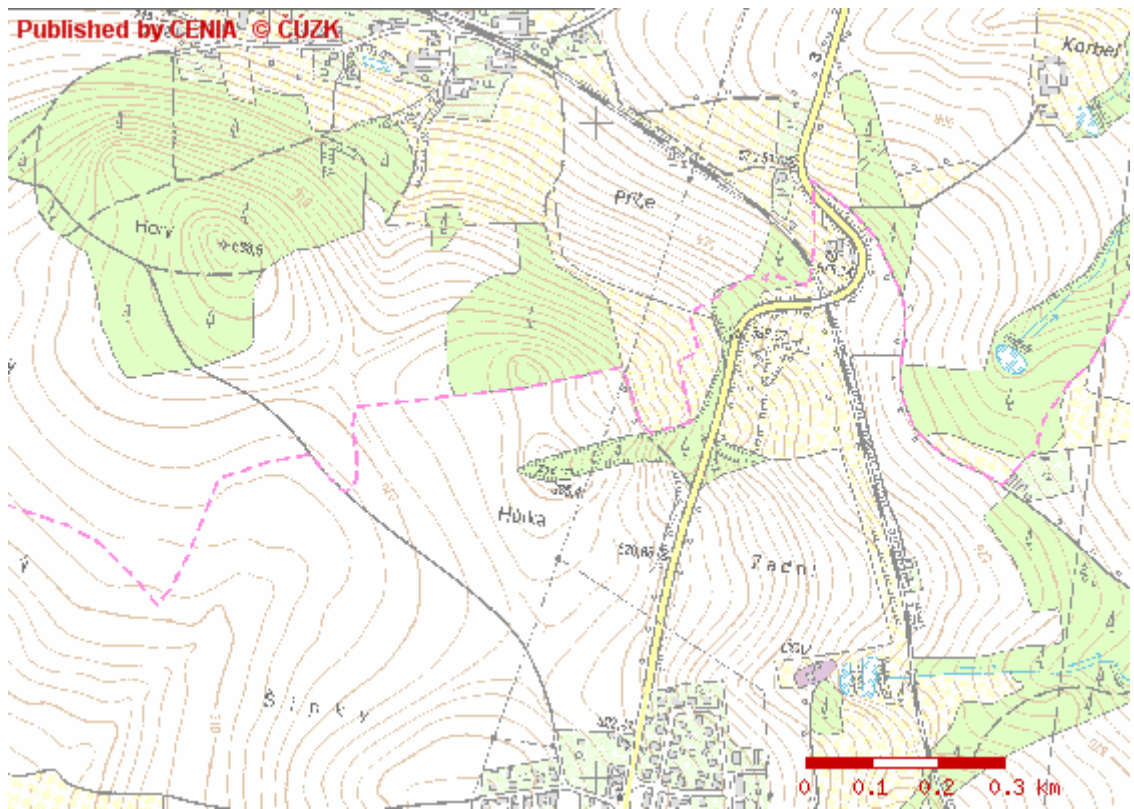
Okolí obce Netřebice a Hřebene

U obce Netřebice je čistička odpadních vod, kde začíná jedna z částí Zvíkovského potoka. Přítok se dostává propustkem pod železniční tratí. V úseku cca 150 metrů se z levé strany nachází les a z pravé trvalé travní porosty. Dále už pak protéká převážně lesem, kde mírně meandruje. Potom podtéká propustkem pod silnicí spojující obec Hřeben se silnicí E55 a začíná se stáčet ke Hřebenu, kde protéká rybníčkem a dále pokračuje mezi poli ke Zvíkovskému potoku. Koryto je zde zahlobeno cca 3 metry pod úroveň orné půdy a je to zde pod travním drnem.

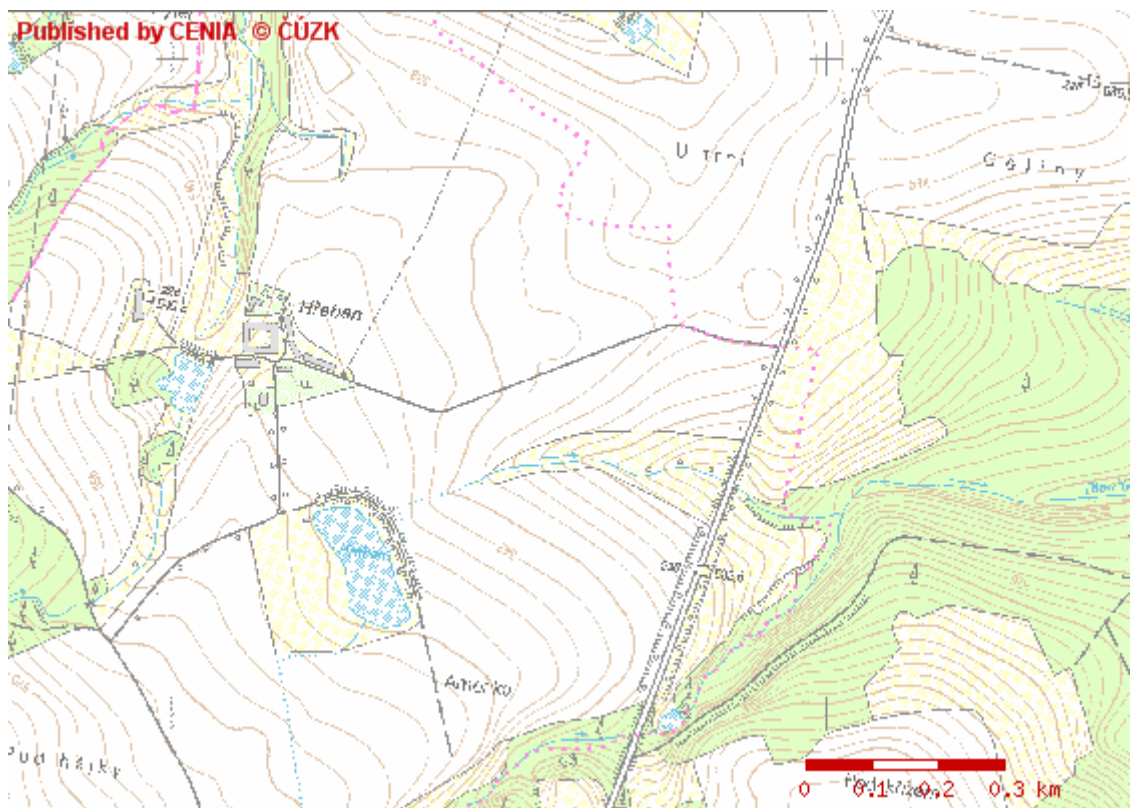
500 metrů od obce Hřeben je levostranný přítok, který jde z rybníku u Holínků. Tento přítok je dlouhý cca 600 metrů. Opět jde lesem a trvale travním porostem.

Po dalších 200 metrech je levostranný přítok z rybníka Korbel. Má asi 650 metrů a protéká převážně lesem.

Dále už přítok protéká lesem a točí se doprava. Po 300 metrech se vlévá z levé strany do Zvíkovského potoka.



Obr.5 Okolí obce Netřebice

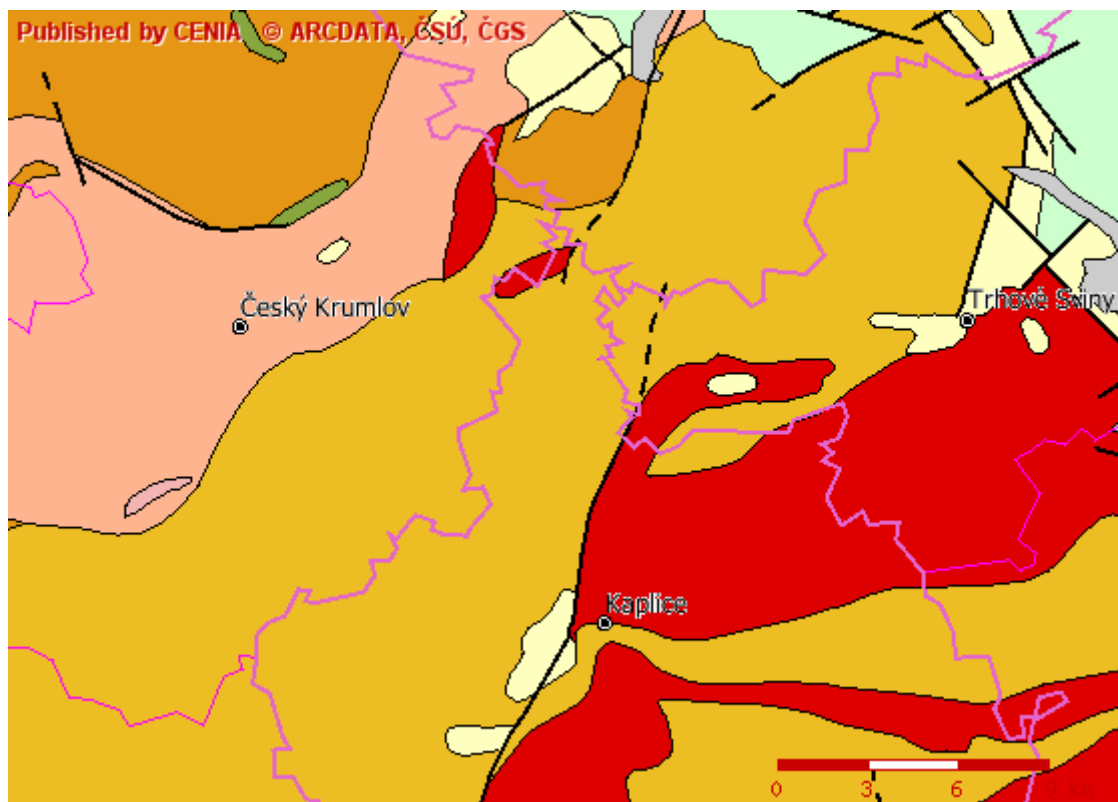


Obr.6 Okolí obce Hřeben

4.1.2. Geologie

V povodí Zvíkovského potoka se nachází jednotvárná série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity).

O moldanubiku pojednává (CHÁBERA 1998). Je to regionální jednotka tvořící jižní část Českého masívu a zasahující z Čech a Moravy i do Rakouska a SRN. Skládá se z metamorfítů o vysokém stupni metamorfózy (většinou polymetamorfovaných) prostoupených plutonickými horninami. Ty již nebyly metamorfovány, neboť vznikly v závěru variské orogeneze; nejvýznamnější je viz moldanubický a středočeský pluto. Na našem území moldanubikum zahrnuje Českomoravskou vrchovinu, Šumavu a Český les. Hranice moldanubika vůči oblasti krušnohorské a tepelsko-barrandienské je vedená konvenčně (na základě stupně metamorfózy). Většině metamorfítů je přisuzováno středně až spodně proterozoické stáří (moldanubie), existují však i názory o archaickém nebo naopak až spodněpaleozoickém stáří některých dílčích jednotek. V moldanubiku se rozeznávají dvě hlavní jednotky: spodní, která se nazývá jednotvárná (monotónní), a svrchní neboli pestrá. Jednotvárná je složena z biotitických pararul (s převahou plagioklasu nad K-živcem a s nedostatkem granátu), zatímco v pestré jednotce pararuly obsahují četné vložky krystalických vápenců, amfibolitů, kvarcitů i grafititických hornin. Pro moldanubikum je dále charakteristická přítomnost granulit, eklogit, ultrabazik (bazik).



Obr.7 Geologie povodí Zvíkovského potoka

4.1.3. Geomorfologie

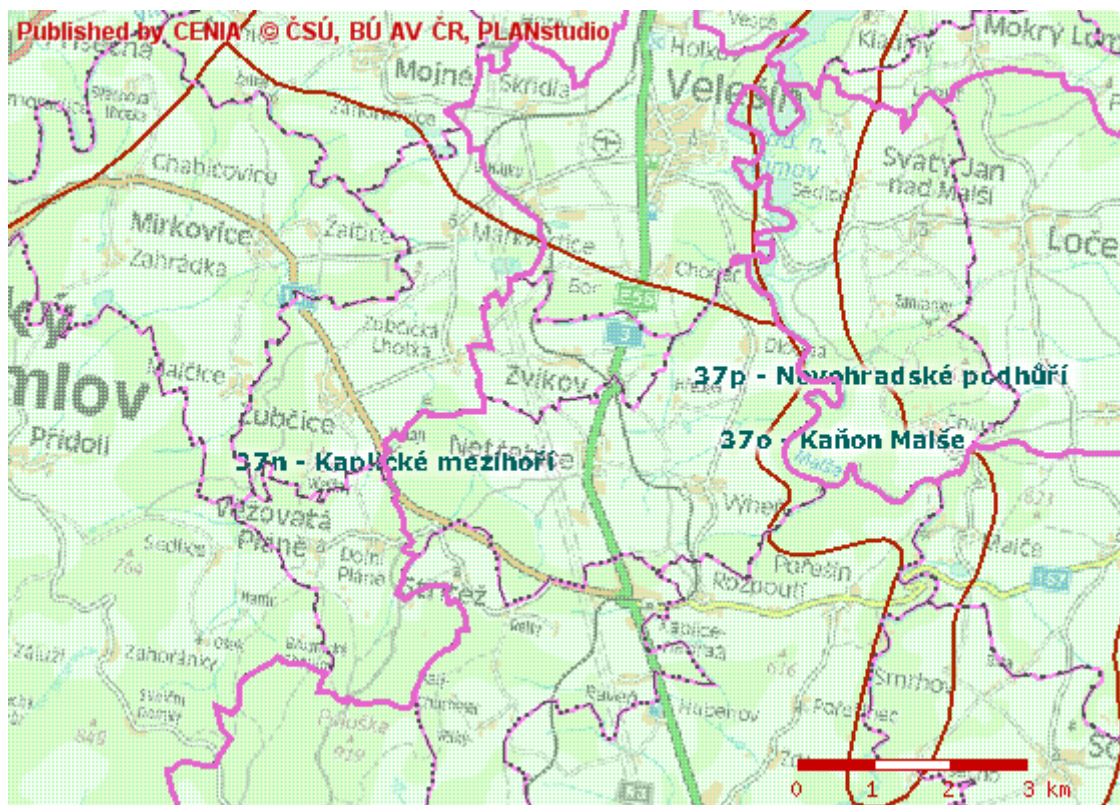
System – hercynský, provincie – Česká vysočina, subprovincie – Šumavská soustava, oblast – Šumavská hornatina, celek – Novohradské podhůří, podcelek – Kaplická brázda, okrsek – Netřebický práh (Velešínská pahorkatina)

4.1.4. Fytogeografické členění

Okrsek (37n) – Kaplické mezihoří, obvod – Českomoravské mezihoří, oblast – mezihoří

Okrsek (37p) – Novohradské podhůří, obvod – Českomoravské mezihoří, oblast – mezihoří

Okrsek (37o) – Kaňon Malše, obvod – Českomoravské mezihoří, oblast – mezihoří (PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY ČESKÉ REPUBLIKY)



Obr.8 Fytogeografické členění povodí Zvíkovského potoka

4.1.5. Potenciální přirozená vegetace

V lesích je převážně smrk ztepilý a to díky tomu, že zdejší majitelé ho chtějí těžít. Borovice lesní a jedle bělokorá jsou v menšině. Na krajích lesa jsou dub zimní a letní a místy se objeví i lípa velkolistá. Těžba probíhá pod obcí Dlouhá, kde se vysazují nové stromky za vytěžených. Je to kolem toku cca 300 metrů od ústí do přehradní nádrže.

Vegetační stupeň bukový a dubovo-jehličnatý (dubojehličnatý)

V tomto vegetačním stupni se projevují určité rozdíly v dřevinné skladbě ovlivněné půdními poměry, hlavně vlhkostí půdy. V území Karpatské soustavy ve čtvrtém vegetačním stupni se vyskytuje na velkých plochách, převážně na svazích, vegetační stupeň, který se označuje jako vegetační stupeň bukový. Zde je buk ve svém optimu a v přírodní skladbě tvoří buk hlavní dřevinu buď bez příměsí ostatních dřevin (nesmíšené bučiny), nebo se ještě ojediněle, zejména na mělčích a skeletovitých půdách, vyskytuje dub zimní. Může se vyskytovat i jedle, zvláště k rozhraní s pátým vegetačním stupněm.

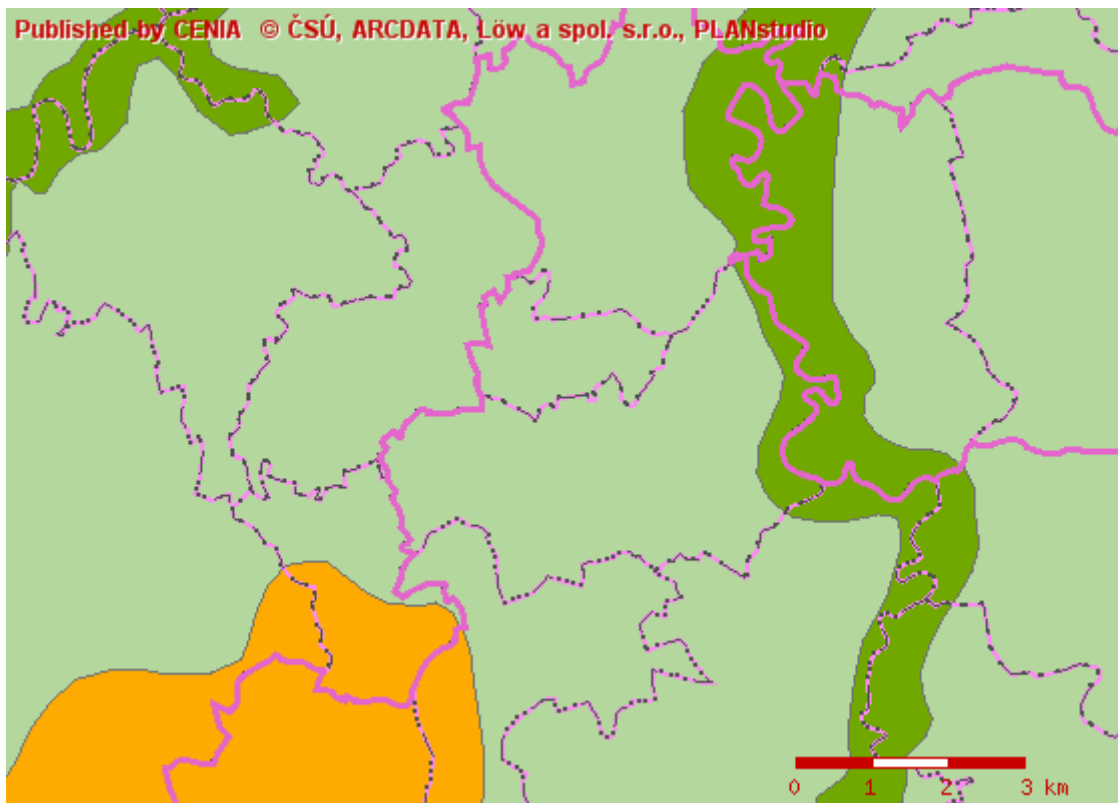
Poněkud jinak je tomu v území Českého masívu a na malých plochách v severních

částech Karpatské soustavy v územích s povrchem víceméně parovinným, s půdami vlhčími až mírně zamokřenými, s kontinentálněji laděným klimatem (inverzní polohy), což vše je ekologicky nepříznivé pro buk. Vedle buku se vyskytuje dub zimní a na vlhčích místech dub letní a jedle. Na rovinnatých zamokřených místech často roste dub letní s jedlí i bez příměsi buku, který bývá naopak více zastoupen na svažitéch terénech, kde nedochází k zamokření a kde má příznivější podmínky proti místům zamokřeným. Vlhčí mezoklima a vlhčí půdy v uvedené oblasti Českého masívu jsou ekologicky vhodnější pro jedlí a dub letní, zejména na rovinnatých terénech nebo v terénních depresích. V těchto územích se pak vyskytuje vegetační stupeň dubovojehličnatý. V území Karpatské soustavy se ve čtvrtém bukovém vegetačním stupni ještě nevyskytuje smrk (s výjimkou severních částí), ale v území Českého masívu se už velmi často smrk objevuje i ve čtvrtém vegetačním stupni na vlhčích půdách, kde je buk proti jiným dřevinám konkurenčně v nevýhodě. Na půdách minerálně nejchudších se v dubovo-jehličnatém stupni vyskytuje i borovice (FÉR A ROHON).

4.1.6. Typologie české krajiny

Krajinný typ – 3M2, využití krajiny – lesozemědělské krajiny, typ sídel krajiny – krajiny vrcholně středověké kolonizace hercinika, krajinný reliéf – krajiny vrchovin hercinia

Krajinný typ – 3L15, využití krajiny – lesní, typ sídel krajiny – krajiny vrcholně středověké kolonizace hercinika, krajinný reliéf – krajina zaříznutých údolí (PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY ČESKÉ REPUBLIKY)



Obr.9 Typologie krajiny povodí Zvíkovského potoka

4.1.7. Pedologie

Kambizemě

Jsou to hnědá půda nižších poloh. Tento půdní typ je charakterizován přítomností kambického Bv horizontu o mocnosti 40 – 100 cm, který je výsledkem procesu hnědnutí. Nachází se pod ochrickým až melanickým A horizontem, který bývá do cca 20 cm. Pod kambickým horizontem se nachází mateční substrát C. Kambisoly vznikly nejčastěji na zvětralinách pevných vyvřelých a metamorfovaných hornin, méně často na vyvřelinách sedimentárních hornin. Při procesu hnědnutí dochází ke zbarvení horizontu hydrolyzou uvolněnými amorfními oxidy a hydroxidy železa, goethitem nebo železem bohatými komplexy (cheláty). K hnědnutí dále přistupují procesy tvorby a přeměn jílu. Ve slabě kyselých půdách dochází např. k transformaci: slídy – illit – vermikulit – smektit. Vývoj kambizemí je doprovázen v závislosti na klimatu vyluhováním a acidifikací.

V rámci půdního typu rozeznáváme 11 subtypů. Prvním subtypem je kambizem typická bez dalších podporovaných diagnostických horizontů. Její stratigrafie je Aol – Bv – BC – C. Na psefitických substrátech diagnostikujeme kambizem psefitickou, na

písčitych arenickou a na jílových pelickou. Alterační znaky v B horizontu, podmíněné vyluhováním uhličitánů a karbonátový C horizont má kambizem rendzinová. Kambizem eutrická má výrazně vyvinutý sorpčně nasycený A horizont, nasycení sorpčního komplexu minimálně v Bv horizontu menší než 30 % má kambizem dystrická. Náznaky andického A horizontu nad výrazným kambickým B horizontem s určitými znaky kambického andozemního B horizontu má kambizem andozemní. Náznaky luvického horizontu v části B horizontu má kambizem luvizemní a náznaky mramorovaného diagnostického horizontu kambizem pseudoglejová. Posledním subtypem je kambizem rubefikovaná s kambickým B horizontem na rubefikovaných substrátech.

Kambizemě jsou nejrozšířenějším půdním typem u nás. Nacházejí se v různých nadmořských výškách, podle čeho rozlišujeme kambizemě nižších poloh (300 – 600 m n.m.) a kambizemě vyšších poloh (600 – 1000 m n.m.). V nižších polohách bývá v důsledku vyšší mineralizace snížený obsah humusu, ale jeho kvalita bývá vyšší ve srovnání s vyššími polohami. Rovněž sorpční komplex bývá nasycenější. Kambizemě jsou typické svou skeletností. Půdní reakce bývá slabě kyselá až kyselá.

Tento půdní typ se využívá jak k zemědělským, tak lesnickým účelům. Probíhá na nich typická zemědělská výroba podhorských a horských oblastí. Z lesnického hlediska se podle konkrétních poloh a substrátu nachází v širokém rozmezí vegetačních stupňů od (bukodubového) dubobukového do smrkobukového (bukosmrkového) v základních kategoriích K – kyselá s oligotrofními kambizeměmi (např. kyselá doubrava, kyselá bučina, kyselá jedlová bučina, kyselá smrková bučina), S – středně bohatá s mezotrofními a oligotrofními kambizeměmi (např. buková doubrava, svěží dubová bučina, svěží bučina, svěží jedlová bučina, svěží smrková bučina, svěží buková smrčina) a B – bohatá s mezotrofními až eutrofními kambizeměmi (viz. S s označením bohatá místo svěží).

Hnědé půdy (HP) - (Kambizemě) s horizonty orh-V-v/P-P/D,M představují náš nejrozšířenější půdní typ. Jsou většinou vázány na svažitéjší až silně členitý reliéf na přemístěných zvětralinách s příměsí skeletu. Hnědé půdy nižších poloh se vyvíjejí v nadmořské výšce 400-600 m s průměrnou roční teplotou 6-9 °C a srážkami 600-800 mm. Hnědé půdy vyšších poloh (vrchovin a hor) v oblastech s průměrnou roční teplotou 4-6 °C a srážkami 700-1200 mm za rok. Hlavním pedogenetickým pochodem je vnitropůdní zvětrávání minerálů probíhající v kambikovém horizontu, při kterém půdní hmota hnědne uvolněným Fe a tvoří se jí. Vlastnosti HP - obsah a kvalita humusu,

půdní reakce, nasycenost sorpčního komplexu silně závisí na charakteru půdotvorného substrátu a klimatických podmínkách.

KAa – kambizem kyselá

Vyskytuje se v okolí Zvíkova a východně od Hřebenu. Nasycenost sorpčního komplexu V je 30 -50 %. Hodnota pH(H₂O) bývá v rozmezí 4,8-5,5.

KAg – kambizem oglejená kyselá

Je jen západně od obce Hřeben k silnici E55. Al-Bv(g)-C hnědá půda nižších poloh, var. oglejená A-(B)(g)-C se znaky slabého oglejení v Bv- horizontu vyvolaného kyslíkem bohatou vodou stékající po svazích v dobře propustných půdách. Vyskytuje se hlavně ve skloněných svahových úžlabinách s prameništi a potůčky.

Gleje

Tento půdní typ má glejový diagnostický Gr horizont se zelenavě šedou až namodralou matricí bez rezivých partií. Nachází se pod ochrickým až melanickým A horizontem. Přejít mezi těmito horizonty může být buď přímý, nebo přes redukčně oxidační Gro zónu. V Gro, resp. Go bývají oxidované partie s novotvary ve formě rezivých rourek kolem chodeb po kořenech rostlin.

Gleje se vyskytují v terénních depresích a v nivních oblastech. V depresích se mohou nacházet na svahovinách, v nivách na aluviálních sedimentech. Půdotvorný proces probíhá u glejů pod vlivem stagnující podzemní vody a v ní kolísá a v zóně kolísání a kapilárního vztlínání dochází k migraci látek a rozdělení půdní masy na partie obohacené a ochuzené o železo a mangan.

Gleje se nacházejí ve třech subtypech. První je typický glej se stratigrafií AoGo - Go - Gro - Gr. Dalšími subtypy jsou glej arenický s glejovým horizontem na písčitéch substrátech a glej organozemní s rašelinovým horizontem. Varietou gleje je nasycený, kyselý a karbonátový.

Při nadbytku vody je v profilu snižena mineralizace organických látek, mnohdy dochází k rašelinění. Ve složení humusu převládají fulvokyseliny nad huminovými kyselinami. Gr horizont je typický poklesem redox potenciálu pod 300 mV. Půdní reakce tohoto typu půd je kyselá až silně kyselá.

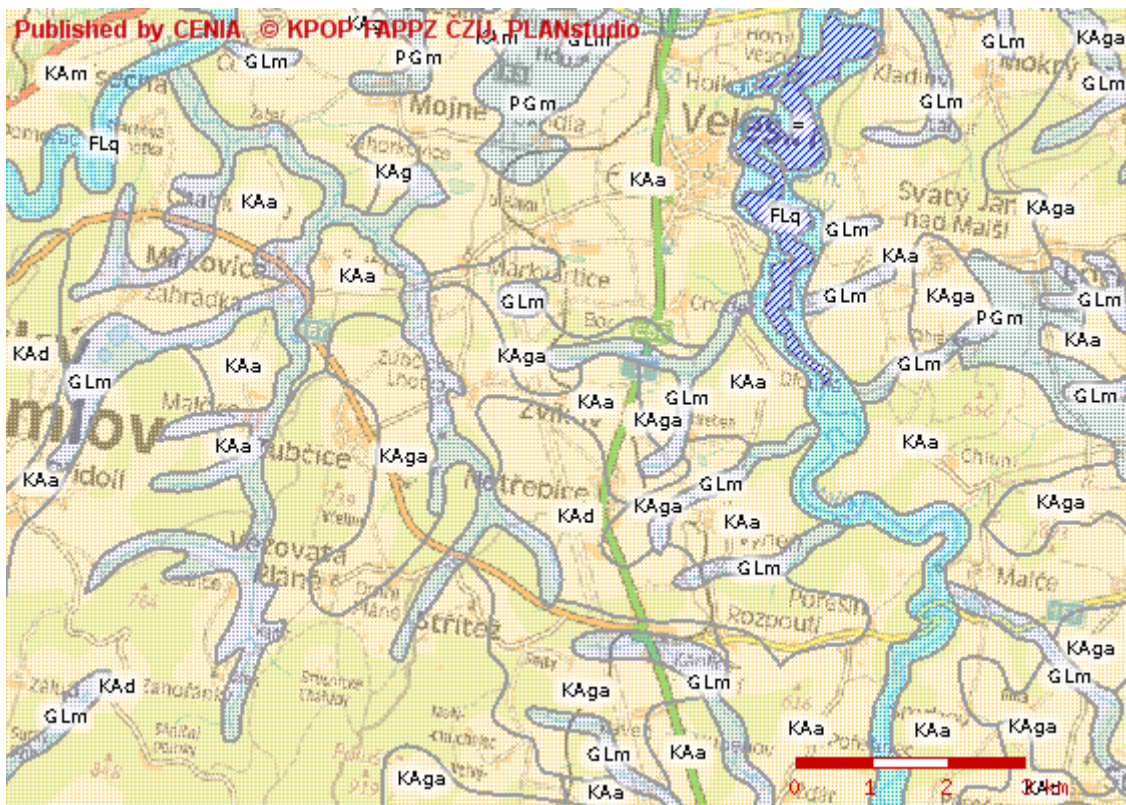
Agronomická hodnota glejů je nízká. Při lesnickém využití na nich nacházíme společenstva od 1. až do 8. vegetačního stupně. V typologickém systému tvoří

samostatnou řadu trvale podmáčených souborů. Jedná se o kategorie G - podmáčená, středně bohatá (glejová) a T - chudá, podmáčená. Typickými společenstvy jsou olšiny a podmáčené jedliny až smrčiny. Gleje mají velký význam při zadržování vody v krajině.

Glejové půdy (GL) - jsou typické pro terénní deprese a širší nivy, kde se hladina podzemní vody nachází trvale velmi vysoko (0,40-0,80 m). Pod humusovým horizontem se nachází glejový horizont, za sucha tuhý, za vlhka mazlavý bez výraznějších agregátů. Půdní reakce kyselá (pH 4,5-5,5), do hloubky narůstá s poklesem nasycenosti sorpčního komplexu. Obsah jílu do hloubky stoupá, fyzikální vlastnosti jsou ve většině případů velmi nepříznivé a nezlepšují se ani po odvodnění, které patří k hlavním zúrodňujícím opatřením.

GLm – glej modální

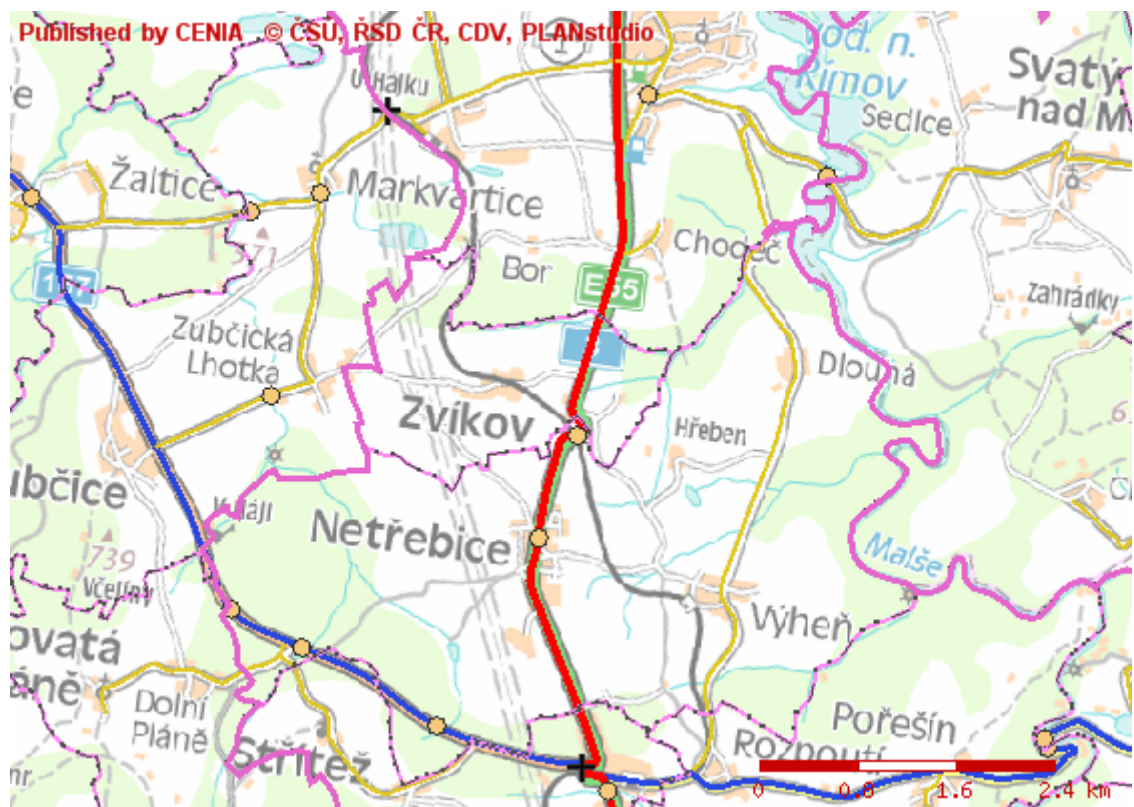
Je podél celého povodí. Glej pravý A-G,A-Go-Gr bez dalších diagnostických horizontů nebo jejich náznaků. Hladina podzemní vody klesá zřídka hlouběji jak 20 cm pod povrch. Skoro celý půdní profil zaujímá Gr- horizont, Go-horizont je jen slabě vyvinutý (několik cm), nebo i chybí (LEDVINA, HORÁČEK A ŠINDELÁŘOVÁ 2000).



Obr.10 Pedologie v povodí Zvíkovského potoka

4.1.8. Doprava

Povodím prochází železniční dráha České Budějovice – Dolní Dvořiště. Dále je tu silnice E55, která bude v budoucnu nahrazená dálnicí D3. Ta vede na Dolní Dvořiště, ale v oblasti povodí spojuje Netřebice a Velešín. Tuto silnici pod obcí Zvíkov potok podtéká propustkem. Další je silnice třetí třídy spojující Kaplice-nádraží a Velešín. Pak jsou zde silnice spojující vesnice s E55 a silnicí Kaplice-nádraží – Velešín. Jsou to silnice ze Zvíkova, Boru, Chodče a ze Hřebene, která jde kolem Holínků a je na ní napojena cesta z korbely. Kaplice-nádraží – Velešín – Zde je to silnice jen z Hřebene. Silnice jsou v těchto místech díky ochranným pásmům vodních zdrojů jen ošetřovány pískem bez chemického posypu, který je vynechán od Holkova až po Dolní dvořiště. Jen v případě náledí je povoleno solit kopce. Je tu i spousta polních cest ať už vybudovaných provizorně kvůli přístupu zemědělců na pozemky, těžbě dřeva nebo opravě železnice.



Obr.11 Dopravní síť v povodí Zvíkovského potoka

4.1.9. Teplota vzduchu

Průměrná roční teplota vzduchu: 7 – 8 °C

Průměrná sezónní teplota vzduchu

období	jaro	léto	podzim	zima
teplota v °C	6 – 7	14 – 15	7 – 8	(-2) – (-1)

Průměrná měsíční teplota vzduchu

měsíc	I	II	III	IV	V	VI
teplota v °C	(-3) – (-2)	(-2) – (-1)	2 – 3	6 – 7	11 – 12	14 – 15

měsíc	VII	VIII	IX	X	XI	XII
teplota v °C	16 – 17	15 – 16	12 – 13	7 – 8	2 – 3	(-2) – (-1)

Průměrná teplota vzduchu v letním půlroce (duben – září): 11 – 12 °C

Průměrná doba trvání průměrné denní teploty vzduchu 5 °C a více: 200 – 210 dní

Průměrné datum nástupu průměrné denní teploty vzduchu 5 °C a více: 31.3. – 10.4.

Průměrné datum konce průměrné denní teploty vzduchu 5 °C a více: 25.10. – 31.10.

Průměrná doba trvání průměrné denní teploty vzduchu 10 °C a více: 140 – 150 dní

Průměrné datum nástupu průměrné denní teploty vzduchu 10 °C a více: 31.4. – 10.5.

Průměrné datum konce průměrné denní teploty 10 °C a více: 30.9. – 5.10.

Průměrná doba trvání průměrné denní teploty vzduchu 15 °C a více: 60 – 80 dní

Průměrné datum nástupu průměrné denní teploty 15 °C a více: 20.6. – 30.6.

Průměrné datum konce průměrné denní teploty 15 °C a více: 20.8. – 31.8.

Průměrný roční počet dní s průměrnou denní teplotou vzduchu 20 °C a více: 10 – 20 dní

Průměrné datum nástupu průměrné denní teploty 20 °C a více: 20.6. – 30.6.

Průměrné datum konce průměrné denní teploty 20 °C a více: 10.8. – 20.8.

Průměr ročních maxim teploty vzduchu: 32 – 33 °C

Průměr ročních minim teploty vzduchu: (-17) – (-18) °C

Průměrný roční počet tropických dní: 4 – 7 dní

Průměrný počet tropických nocí: 0 – 0,1

Průměrný roční počet dní s přechodem přes 0 °C: 80 – 100

Průměrný roční počet letních dní: 30 – 40

Průměrný roční počet dní bez mrazu: 220 – 240

Průměrný počet dní s přízemním mrazem: 120 – 140

Průměrný roční počet mrazových dní: 120 – 140

Průměrné datum prvního mrazového dne: 10.10. – 20.10.

Průměrné datum posledního mrazového dne: 30.4. – 10.5.

Průměrný roční počet arktických dní: 0 – 1

Průměrný roční počet ledových dní: 30 – 40

4.1.10. Srážky

Průměrný roční úhrn srážek: 600 – 650 mm

Průměrný sezónní úhrn srážek

období	jaro	léto	podzim	zima
srážka v mm	150 – 200	250 – 300	125 – 150	do 100

Průměrný měsíční úhrn srážek

měsíc	I	II	III	IV	V	VI
srážky v mm	20 – 30	do 30	30 – 40	40 – 50	60 – 80	100 – 120

měsíc	VII	VIII	IX	X	XI	XII
srážka v mm	80 – 100	80 – 100	50 – 60	30 – 40	40 – 50	30 – 40

Průměrný úhrn srážek v letním půlroce: 400 – 450 mm

Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem $\geq 0,1$ mm: 140 – 150

Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem $\geq 1,0$ mm: 100 – 110

Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem $\geq 5,0$ mm: 30 – 35

Průměrný roční počet srážkových dní s úhrnem $\geq 10,0$ mm: 14 – 16

Průměrný roční maxima denních úhrnů srážek: 40 – 45 mm

Průměrná roční maxima dvoudenních úhrnů srážek: 45 – 50 mm

Průměrná roční maxima třídenních úhrnů srážek: 60 – 70 mm

Jednodenní absolutní maxima srážek: 81 – 100 mm

Dvoudenní absolutní maxima srážek: 101 – 120 mm

Třídenní absolutní maxima srážek: 101 – 120 mm

4.1.11. Nebezpečné atmosférické jevy

Průměrný roční počet dní s bouřkou (1981 – 2000): 21 – 24

Průměrný roční počet dní s kroupami (1981 – 2000): 1,5 – 2,0

Průměrný roční počet dní s mlhou (1981 – 2000): 60 – 90

Průměrný sezónní (květen – září) počet dní se srážkami 30 mm a více za jednu hodinu:
0,1 – 0,2

Průměrný sezónní (květen – září) počet dní se srážkami 30 mm a více za 24 hodin: 1,5 –
2,0

4.1.12. Klimatická klasifikace

Klimatické oblasti podle Köppenovy klasifikace: podtyp podnebí listnatých lesů
mírného pásma Cfb

Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace: MW6

Klimatické oblasti podle klasifikace z atlasu podnebí ČSR 1958: B5 – mírně teplý,
mírně vlhký, vrchovinný, výška do 1000 m.n.m. (AUTORSKÝ KOLEKTIV 2007)

4.2. Výsledky

4.2.1. Výpočet smyvu půdy z pozemku podle Wischmeiera a Smitha

Osevní postup: 1) jetel
2) jetel
3) ozimá řepka
4) ozimá pšenice
5) kukuřice
6) ječmen jarní

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

kde G ... ztráta půdy v t·ha⁻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

Výpočet faktoru C ochranného vlivu vegetace

Faktor C bude počítán jako součin C x R. R bude počítáno podle starých údajů a nových.

R staré procentní rozdělení erozní účinnosti deště

Měsíc	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
%	0,5	7,0	26,8	32,2	31,1	2,0	0,4

R nové procentní rozdělení erozní účinnosti deště

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

Pro výpočet faktoru C musíme stanovit období plodin:

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

Počítáno se starým procentním rozdělením erozní účinnosti deště R:

Jetel:

Období	Datum	R	C	Cc
1-5	1.8.06 – 31.7.08	2	0,015	0,03

Ozimá řepka:

Období	Datum	R	C	Cc
1	1.8.08 – 20.8.08	0,201	0,50	0,1
2	21.9.08 – 30.9.08	0,13	0,55	0,07
3	1.10.08 – 30.4.09	0,009	0,30	0,003
4	1.5.09 – 20.7.09	0,546	0,05	0,03
5	21.7.09 – 31.7.09	0,114	0,20	0,02

Cc = 0,22

Ozimá pšenice:

Období	Datum	R	C	Cc
1	1.8.09 – 30.9.09	0,331	0,65	0,22
2	1.10.09 – 15.11.09	0,004	0,70	0,003
3	16.11.09 – 30.4.10	0,005	0,45	0,002
4	1.5.10 – 31.7.10	0,66	0,08	0,05
5	1.8.10 – 15.8.10	0,15	0,25	0,04

Cc = 0,31**Kukuřice:**

Období	Datum	R	C	Cc
1	16.8.10 – 15.4.11	0,187	0,70	0,13
2	16.4.11 – 31.5.11	0,072	0,90	0,07
3	1.6.11 – 30.6.11	0,268	0,70	0,19
4	1.7.11 – 15.9.11	0,643	0,35	0,23
5	16.9.11 – 30.9.11	0,01	0,70	0,01

Cc = 0,62**Ječmen jarní:**

Období	Datum	R	C	Cc
1	1.10.11 – 30.3.12	0,004	0,70	0,003
2	1.4.12 – 15.5.12	0,04	0,75	0,03
3	16.5.12 – 15.6.12	0,27	0,50	0,085
4	16.6.12 – 31.7.12	0,456	0,08	0,036

Cc = 0,15

$$C = \sum Cc / 6$$

$$C = 1,33 / 6$$

$$C = 0,22$$

Počítáno s novým procentním rozdělení erozní účinnosti deště R:

Jetel:

Období	Datum	R	C	Cc
1-5	1.8.06 – 31.7.08	2	0,015	0,03

Ozimá řepka:

Období	Datum	R	C	Cc
1	1.8.08 – 20.8.08	0,174	0,50	0,087
2	21.9.08 – 30.9.08	0,166	0,55	0,091
3	1.10.08 – 30.4.09	0,01	0,30	0,003
4	1.5.09 – 20.7.09	0,536	0,05	0,027
5	21.7.09 – 31.7.09	0,114	0,20	0,023

$$Cc = 0,23$$

Ozimá pšenice:

Období	Datum	R	C	Cc
1	1.8.09 – 30.9.09	0,34	0,65	0,22
2	1.10.09 – 15.11.09	0,005	0,70	0,004
3	16.11.09 – 30.4.10	0,005	0,45	0,002
4	1.5.10 – 31.7.10	0,65	0,08	0,052
5	1.8.10 – 15.8.10	0,13	0,25	0,033

Cc = 0,31

Kukuřice:

Období	Datum	R	C	Cc
1	16.8.10 – 15.4.11	0,217	0,70	0,152
2	16.4.11 – 31.5.11	0,103	0,90	0,093
3	1.6.11 – 30.6.11	0,23	0,70	0,161
4	1.7.11 – 15.9.11	0,625	0,35	0,219
5	16.9.11 – 30.9.11	0,035	0,70	0,025

Cc = 0,65

Ječmen jarní:

Období	Datum	R	C	Cc
1	1.10.11 – 30.3.12	0,005	0,70	0,004
2	1.4.12 – 15.5.12	0,053	0,75	0,04
3	16.5.12 – 15.6.12	0,167	0,50	0,083
4	16.6.12 – 31.7.12	0,435	0,08	0,035

Cc = 0,16

$$C = \sum Cc / 6$$

$$C = 1,38 / 6$$

C = 0,23

Hodnota faktoru C ochranného vlivu vegetace se liší jen o 0,01. Je to zapříčiněno tím, že procentní rozdělení erozní účinnosti deště R musí dát za rok vždy 100 %. Nové a staré procentní rozdělení erozní účinnosti deště R se liší jen různým rozdělením 100 % do měsíců.

Tabulka: Odnos z orné půdy dle podle Wischmeiera a Smitha

pozemek	d v m	h v m	I v %	L	S	K	R	C	P	G v t/ha
P1	150	8	5,33	2,61	0,49	0,21	20	0,22	1	1,18
P2	220	16	7,27	3,16	0,74	0,21	20	0,22	1	2,16
P3	160	15,5	9,69	2,69	1,12	0,21	20	0,22	1	2,78
P4	310	26,5	8,55	3,74	0,93	0,21	20	0,22	1	3,21
P5	150	15	10	2,61	1,17	0,21	20	0,22	1	2,82
P6	230	29	12,61	3,24	1,67	0,21	20	0,22	1	5,00
P7	190	17,2	9,05	2,94	1,01	0,21	20	0,22	1	2,74
P8	420	23,3	5,55	4,37	0,53	0,21	20	0,22	1	2,14
P9	370	21	5,68	4,1	0,53	0,21	20	0,22	1	2,01
P10	540	39	7,22	4,95	0,73	0,21	20	0,22	1	3,34
P11	250	12	4,8	3,38	0,43	0,21	20	0,22	1	1,34
P12	340	1,5	0,44	3,93	0,04	0,21	20	0,22	1	0,15
P13	280	1,5	0,54	3,56	0,05	0,21	20	0,22	1	0,16
P14	140	1,5	1,07	2,51	0,1	0,21	20	0,22	1	0,23
P15	400	4	1	4,27	0,09	0,21	20	0,22	1	0,36
P16	400	11,5	2,88	4,27	0,25	0,21	20	0,22	1	0,99
P17	450	14,5	3,22	4,52	0,28	0,21	20	0,22	1	1,17
P18	280	7	2,5	3,56	0,22	0,21	20	0,22	1	0,72
P19	300	9	3	3,68	0,26	0,21	20	0,22	1	0,88
P20	180	7	3,88	2,86	0,34	0,21	20	0,22	1	0,90
P21	380	38	10	4,16	1,17	0,21	20	0,22	1	4,50
P22	290	25	8,62	3,52	0,94	0,21	20	0,22	1	3,06
P23	460	10,5	2,28	4,57	0,2	0,21	20	0,22	1	0,84
P24	650	26	4	5,43	0,35	0,21	20	0,22	1	1,76
P25	260	18	6,92	3,44	0,69	0,21	20	0,22	1	2,19
P26	90	3	3,33	2,02	0,29	0,21	20	0,22	1	0,54
P27	350	15	4,29	3,99	0,38	0,21	20	0,22	1	1,40
P28	250	9	3,75	3,31	0,33	0,21	20	0,22	1	1,01
P29	250	12	4,8	3,38	0,43	0,39	20	0,22	1	2,49

pozemek	d v m	h v m	I v %	L	S	K	R	C	P	G v t/ha
P30	400	14	3,5	4,27	0,31	0,39	20	0,22	1	2,27
P31	760	50	6,58	5,88	0,65	0,39	20	0,22	1	6,56
P32	110	8	7,27	2,23	0,74	0,39	20	0,22	1	2,83
P33	150	14	9,33	2,61	1,06	0,39	20	0,22	1	4,75
P34	290	24	8,28	3,62	0,88	0,39	20	0,22	1	5,47
P35	470	30	6,38	4,62	0,62	0,39	20	0,22	1	4,92
P36	380	26	6,84	4,16	0,68	0,39	20	0,22	1	4,85
P37	140	10	7,14	2,51	0,72	0,39	20	0,22	1	3,10
P38	100	4	4	2,13	0,35	0,39	20	0,22	1	1,28
P39	230	9	3,91	3,24	0,34	0,21	20	0,22	1	1,02

Mezní hodnota odnosu půdy, která je 4 t/ha, je překročena na 7 pozemcích a to v rozhraní od 4,50 až 6,56 t/ha. Tyto pozemky jsou zvýrazněny tučně. Většinou se jedná o pozemky, kde je K faktor náchylnosti půdy k erozi 0,39 v 5 případech. V této oblasti je to 5 pozemků z 10. Jedná se o pozemky mezi silnicí E55 a západně od obce Hřeben, kde je kambizem oglejená kyselá. Na ostatních pozemcích, kde je K faktor náchylnosti půdy k erozi 0,21, je překročena hodnota jen na 2 pozemcích z 29. Mezi silnicí E55 a obcí Hřeben bych doporučoval pěstovat jen víceleté pícniny a obilniny.

4.2.2. Stanovení transportu splavenin podle Williamse a Berndta

K odhadu transportu splavenin z povodí lze použít upravenou universální rovnici (WILLIAMS, BERNDT):

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

G – transport splavenin z přívalového deště v t

O_{pH} – objem přímého odtoku v m^3

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

K, L, S, C, P – faktory univerzální rovnice ztráty půdy erozí pro povodí počítané

Výpočet byl prováděn v programu ERCN – výpočty potřebné pro návrh protierozních opatření. V tomto programu se zadává plocha povodí, hodnota CN dle plodiny, max. 24 hodinový srážkový úhrn pro nejbližší stanici k povodí Zvíkovského potoka. Dále se zadává délka prvních 100 metrů a k tomu odpovídající hydraulický

sklon a zbylá délka pozemku a k tomu opět hydraulický sklon. A poslední je hodnota součinitel drsnosti. V tomto programu vypočítáme O_{pH} a Q_{pH} a to jsou hodnoty, které ještě neznáme do upravené univerzální rovnice. Velikost pozemků se zjistila ze základní mapy České republiky 1:10 000.

Pozemek 8: plocha = 4,8 ha převýšení = 23,3 m

plodina a n-letý déšť	OpH	QpH	K	L	S	C	P	G v t	G v t/ha
víceletá pícnina 2	169,79	0,02	0,21	4,37	0,53	0,22	1	2,50	0,52
víceletá pícnina 20	744,15	0,12	0,21	4,37	0,53	0,22	1	15,62	3,25
obilnina 2	169,79	0,02	0,21	4,37	0,53	0,22	1	2,50	0,52
obilnina 20	744,15	0,2	0,21	4,37	0,53	0,22	1	20,80	4,33
okopanina 2	242,59	0,05	0,21	4,37	0,53	0,22	1	5,11	1,06
okopanina 20	904,67	0,24	0,21	4,37	0,53	0,22	1	25,69	5,35

G (WISCHMEIER, SMITH) = 2,14 t/ha

Na tomto pozemku se mohou pěstovat všechny plodiny. Mezní hodnota dle Wischmeiera a Smitha je 4 t/ha a do této hodnoty chybí 1.86 t/ha. Hodnota podle Williamse a Berndta je největší podle přepočtu na hektar 5,35 t/ha. To je u okopaniny při přívalovém dešti, který se vyskytuje jednou za 20 let.

Pozemek 11: plocha = 5,5 ha převýšení = 12 m

plodina a n-letý déšť	OpH	QpH	K	L	S	C	P	G v t	G v t/ha
víceletá pícnina 2	194,55	0,02	0,21	3,38	0,43	0,22	1	1,70	0,31
víceletá pícnina 20	852,67	0,14	0,21	3,38	0,43	0,22	1	11,53	2,10
obilnina 2	194,55	0,03	0,21	3,38	0,43	0,22	1	2,13	0,39
obilnina 20	852,67	0,24	0,21	3,38	0,43	0,22	1	15,60	2,84
okopanina 2	277,97	0,06	0,21	3,38	0,43	0,22	1	3,83	0,70
okopanina 20	1036,6	0,3	0,21	3,38	0,43	0,22	1	19,72	3,58

G (WISCHMEIER, SMITH) = 1,34 t/ha

Tento pozemek má rezervu 2,66 t/ha na mezní hodnotu podle Wischmeiera a Smitha. Hodnota podle Williamse a Berndta je největší podle přepočtu na hektar 3,58 t/ha a je to u okopanin při 20letém přivalovém dešti. Opět je vhodný pro všechny plodiny.

Pozemek 18: plocha = 1,8 ha převýšení = 7 m

plodina a n-letý déšť	OpH	QpH	K	L	S	C	P	G v t	G v t/ha
víceletá pícnina 2	63,67	0,005	0,21	3,56	0,22	0,22	1	0,22	0,12
víceletá pícnina 20	279,06	0,03	0,21	3,56	0,22	0,22	1	1,40	0,78
obilnina 2	63,67	0,01	0,21	3,56	0,22	0,22	1	0,33	0,18
obilnina 20	279,06	0,06	0,21	3,56	0,22	0,22	1	2,07	1,15
okopanina 2	90,97	0,01	0,21	3,56	0,22	0,22	1	0,40	0,22
okopanina 20	339,25	0,07	0,21	3,56	0,22	0,22	1	2,52	1,40

G (WISCHMEIER, SMITH) = 0,72 t/ha

Pozemek je vhodný pro všechny plodiny. Podle Wischmeiera a Smitha má 0,72 t/ha což je nižší o 3,28 t/ha než mezní hodnota. Hodnota podle Williamse a Berndta je největší podle přepočtu na hektar 1,40 t/ha.

Pozemek 31: plocha = 13,6 ha převýšení = 50 m

plodina a n-letý déšť	OpH	QpH	K	L	S	C	P	G v t	G v t/ha
víceletá pícnina 2	1245,6	0,2	0,39	5,88	0,65	0,22	1	85,05	6,25
víceletá pícnina 20	3638,6	0,65	0,39	5,88	0,65	0,22	1	299,93	22,05
obilnina 2	1137,2	0,26	0,39	5,88	0,65	0,22	1	93,61	6,88
obilnina 20	3442,7	0,85	0,39	5,88	0,65	0,22	1	337,91	24,85
okopanina 2	1361	0,32	0,39	5,88	0,65	0,22	1	116,28	8,55
okopanina 20	3841,7	0,96	0,39	5,88	0,65	0,22	1	384,65	28,28

G (WISCHMEIER, SMITH) = 6,56 t/ha

Tento pozemek se nachází mezi silnicí E55 a západně od obce Hřeben, kde je kambizem oglejená kyselá, což má za následek zvětšený odnos půdy. Tento pozemek

by měl být pod trvale travním porostem. Je zde největší odnos zeminy v povodí. Je to zapříčiněno velkým převýšením. Jako protierozní ochrana by měl být pozemek rozdělen na menší úseky a tyto úseky budou určeny pro pastviny a louky.

Pozemek 34: plocha = 3,92 ha převýšení = 24 m

plodina a n-letý déšť	OpH	QpH	K	L	S	C	P	G v t	G v t/ha
víceletá pícnina 2	359,03	0,06	0,39	3,62	0,88	0,22	1	18,00	4,59
víceletá pícnina 20	1048,8	0,21	0,39	3,62	0,88	0,22	1	66,16	16,88
obilnina 2	327,78	0,1	0,39	3,62	0,88	0,22	1	22,77	5,81
obilnina 20	992,3	0,32	0,39	3,62	0,88	0,22	1	81,20	20,71
okopanina 2	392,28	0,12	0,39	3,62	0,88	0,22	1	27,88	7,11
okopanina 20	1107,3	0,36	0,39	3,62	0,88	0,22	1	92,23	23,53

G (WISCHMEIER, SMITH) = 5,47 t/ha

Jedná se o kambizem oglejenou kyselou proto je překročena mezní hodnota podle Wischmeira a Smitha o 1,47 t/ha. Na tomto pozemku je opět velké převýšení. Doporučoval bych zde pěstovat jen víceleté pícniny nebo nechat tuto půdu pod travním drnem.

Pozemek 35: plocha = 1,2 ha převýšení = 30 m

plodina a n-letý déšť	OpH	QpH	K	L	S	C	P	G v t	G v t/ha
víceletá pícnina 2	109,91	0,02	0,39	4,62	0,62	0,22	1	4,51	3,76
víceletá pícnina 20	321,05	0,05	0,39	4,62	0,62	0,22	1	13,72	11,44
obilnina 2	100,34	0,02	0,39	4,62	0,62	0,22	1	4,28	3,57
obilnina 20	303,77	0,07	0,39	4,62	0,62	0,22	1	16,07	13,39
okopanina 2	120,09	0,03	0,39	4,62	0,62	0,22	1	5,94	4,95
okopanina 20	338,98	0,08	0,39	4,62	0,62	0,22	1	18,41	15,34

G (WISCHMEIER, SMITH) = 4,92 t/ha

Opět se jedná o kambizem oglejenou kyselou s velkým převýšením. Mezní hodnota podle Wischmeiera a Smitha je překročena o 0,92 t/ha. Hodnota podle Williamse a

Berndta je největší podle přepočtu na hektar 15,34 t/ha. Zde bych doporučoval pěstovat víceleté pícniny a obiloviny.

5. ZÁVĚR

Výsledkem této práce je srovnat metodu výpočtu smyvu půdy z pozemku podle Wischmeiera a Smitha a metodu stanovení transportu splavenin podle Williamse a Berndta.

Podle metody výpočtu smyvu půdy z pozemku podle Wischmeiera a Smitha jsem zjistil, že v povodí zvíkovského potoka je z celkového počtu 39 pozemků ohroženo vodní erozí 7 pozemků. Hodnoty na těchto pozemcích přesahují mezní hodnotu, která je pro středně hluboké půdy 4 t/ha. Pro toto území se vypracoval 6 honný osevní postup, který by se pro tuto zemědělskou oblast hodil. Největší počet ohrožených pozemků se nachází na území vymezeném silnicí první třídy E55 a obcí Hřeben. Zde se nachází kambizem oglejená kyselá, která má K faktor náchylnosti půdy k erozi roven 0,39 co má i za následek vyšší hodnoty než na pozemcích, kde je kambizem kyselá, která je na ostatních pozemcích a má hodnotu faktoru K 0,21. Je to 5 z 10 pozemků v rozmezí 4,75 až 6,56 t/ha. Na ostatním území je kambizem kyselá. Jsou zde ohroženy 2 z 29 pozemků v rozsahu 4,50 až 5,00 t/ha. Na pozemcích, které jsou ohroženy vodní erozí by se měli pěstovat víceleté píce nebo obiloviny, ale v žádném případě okopaniny.

V metodě stanovení transportu splavenin podle Williamse a Berndta bylo vybráno 6 pozemků 3 ohrožené vodní erozí a 3 pozemky, které jsou v pořádku podle Wischmeiera a Smitha. V této metodě jsem počítal s dvouletou a pak s dvacetiletou srážkou. Zaměřil bych se jen na dvouletou srážku, protože dvacetiletá srážka se na území vyskytne jednou za dvacet let. Ve většině případů by jediným opatřením proti dvacetiletému dešti bylo mít pozemky pod travním drnem a o co nejmenší výměře. Nejmenší hodnoty byli u víceletých pícnin pak následovali obiloviny a poslední skončily okopaniny. Na pozemku 35 je nejmenší hodnota u dvouleté srážky pro obilovinu až druhá je víceletá pícniny a poslední zůstává okopaniny, ale pro dvacetiletou srážku už je pořadí víceletá pícniny, obiloviny a okopaniny.

Po srovnání výsledků obou metod jsem zjistil, že na pozemcích, které nejsou ohroženy vodní erozí, po přepočtu na t/ha jsou hodnoty podle Williamse a Berndta pro dvouletou srážku nižší než hodnota podle Wischmeiera a Smitha. U pozemků ohrožených erozí jsou to pro dvouletou srážku jen víceleté pícniny s výjimkou pozemku 35, kde jsou to i obiloviny.

V dnešní době se snaží zemědělci převážně soustředit na zisk. Nejvíce se zde pěstují řepka ozimá a obiloviny. Zemědělci by měli velice zvážit jaké plodiny a kde budou pěstovat a neměli by se soustředit jen na zisk.

SEZNAM LITERATURY

Autorský kolektiv. *Atlas podnebí Česka*. Praha, Český hydrometeorologický ústav, 2007, 255 s. ISBN 978 – 80 – 86690 – 26 – 1.

Blažek, V. ... et al. *Voda v České republice*. Praha, Consult, 2006. 253 s.
ISBN 80-903482-1-1

Boardman, J. Poesen, J. *Soil erosion in Europe*. Chichester, Wiley, 2006. ISBN 9780470859100

Buol, S. W., Hole, F. D., McCracken, R. J.. *Soil Genesis and Classification*. Iowa State Univ. Press 1973

Buzek, L. *Eroze půdy*. Ostrava, Pedagogická fakulta, 1983. 257 s.

Čepický, J. ... at al. *Tvorba digitálního modelu krajiny v oblasti jihomoravského lubu*. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2005, s. 46 – 57. ISBN 80-244-1162-8.

Dufková, J. Toman, F. *Soil and Water*. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2005, 128 s. ISSN 1213-8673

Fér, F. Rohon, P. *Biologie, botanika a dendrologie*. Praha, Vydavatelství ČVUT, 2002, 156 s. ISBN 80-01-02569-1

Holý, M. *Eroze a životní prostředí*. Praha, Vydavatelství ČVUT, 1994, 383 s.
ISBN 80-01-01078-3.

Holý, M. *Protierozní ochrana*. Praha, Bratislava, SNTL - Nakladatelství technické literatury ; Alfa, 1978, 283 s.

Hubáčiková, V. *Hydrologie*. V Brně : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002, 43 s. ISBN 80-7157-638-7

Cháber, S. *Fyzický zeměpis jižních Čech : přehled geologie, geomorfologie, horopisu a vodopisu*. České Budějovice, Jihočeská univerzita, 1998, 139 s. ISBN 80-7040-218-0

Janeček, M. a kol. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha, ISV nakladatelství, 2004, 201 str. ISBN: 85866-85-8

Janeček, M. *Základy erodologie*. Praha, Česká zemědělská univerzita, 2008, 180 s. ISBN 978-80-213-1842-7

Janeček, M. a kol. *Nové směry v protierozní ochraně půdy*. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998, 55 s. ISBN 80-86153-93-2

Klimánek, M. *Digitální modely terénu*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006, 85 s. ISBN 80-7157-982-3

Klimánek, M. Douda, P. *Hydrologické modelování v GIS Idrisi na základě DMT*. Praha, Informační a poradenské centrum PEF ČZU v Praze, 2006. ISBN 80-213-1494-5

Krešl, J. *Hydrologie*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 125 s. ISBN 80-7157-513-5

Kukal, Z.: *Geologie recentních sedimentů*. Praha 1964

Kvítek, T ... [et al.]. *Zemědělské meliorace*. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006, 165 s. ISBN 80-7040-858-8.

Ledvina, R. Horáček, J. Šindelářová, M. *Geologie a půdoznalství*. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1999, 199 s.

Montgomery, David R. *Soil erosion and agricultural sustainability*. 2007. PNAS 104: 13268-13272.

Morgan, R. P. C. *Soil Erossion and Conversation. Longman Scientific and Technical*, UK, 1986

Pasák, V. a kol. *Ochrana půdy před erozí*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 1984, 160 s.

Pelikánová, D. Kolečka, J. *Digitální model krajiny a jeho využití k identifikaci erozních rizik v povodí*. Geoinfo, 2000, 11-14 s. ISSN 1212-4311

Podhrázská, J. Dufková, J. *Protierozní ochrana půdy*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. 95 s. ISBN 80-7157-856-8.

Řehánek, T. Kříž, V. *Cvičení z hydrologie*. Ostrava, Ostravská univerzita, 2002, 54 s. ISBN 80-7042-823-6

Soukup, M. *Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů*. Praha, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. 2006, 108 s. ISBN 80-239-7643-5

Váchal, J. Mazín, V. Dumbrovský, M. a kol. *Pozemkové úpravy I*. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2005, 102 s.

Váška, J.: *Stanovení kritérií pro hodnocení zatížení vodních zdrojů splaveninami*, Výzkumný úkol 78301-04, Praha, 1992

Wilson, J.P. Lorang, M.S. *Spatial Models of Soil Erosion and GIS*. Fotheringham, Taylor & Francis, 2000, p. 83-108. ISBN 0-7484-0846-0

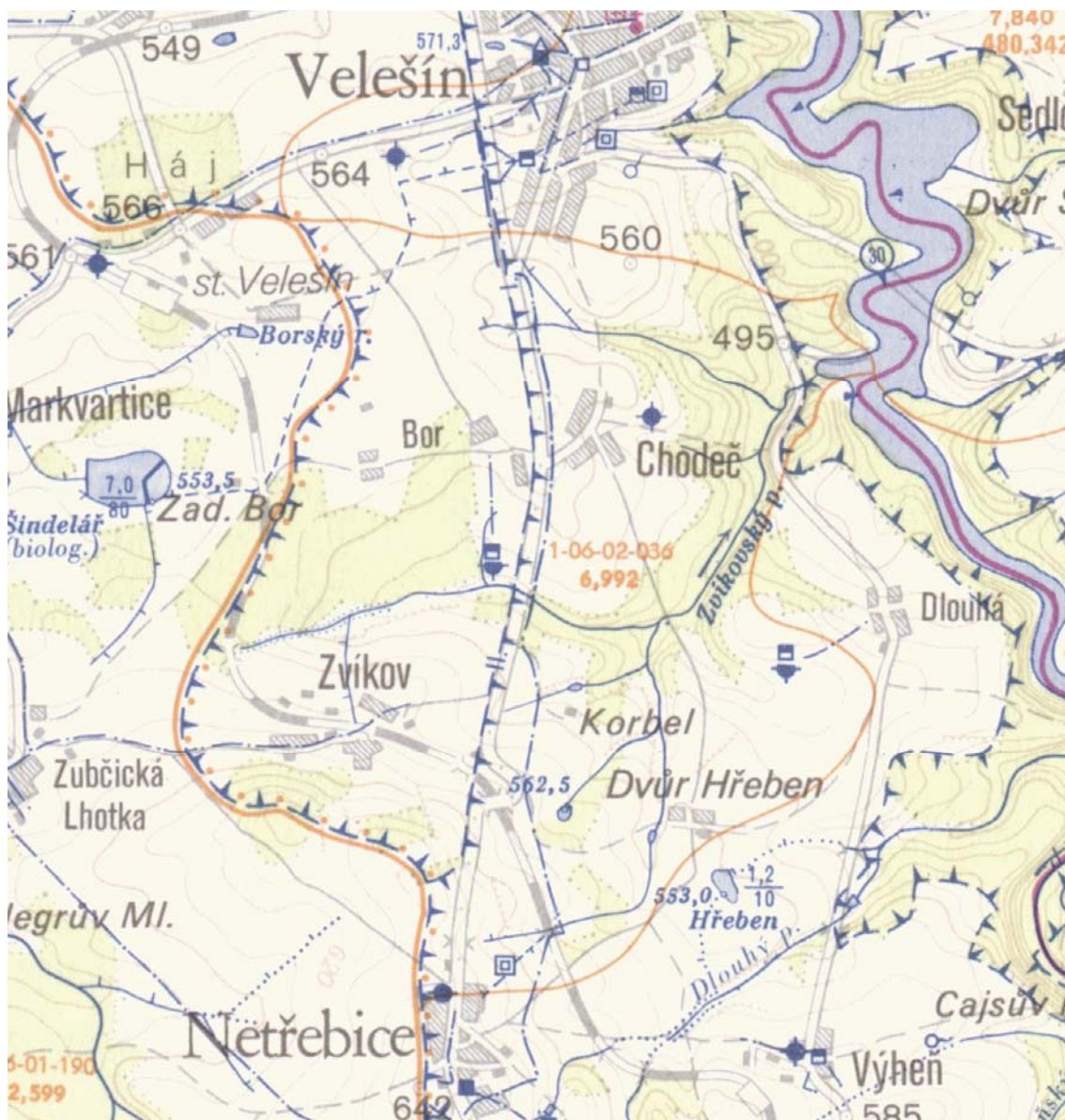
Zapletal, M, *Hydrologie*. Vodňany, Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 2007, 102 s. ISBN 978-80-87096-04-8

Portál veřejné správy České republiky. Dostupné na internetu:

< http://geoportal.cenia.cz/mapmaker/MapWin.aspx?M_Site=cenia&M_Lang=cs >

PŘÍLOHY

Základní vodohospodářská mapa České republiky 1:50 000 povodí Zvíkovského potoka



Fotografie povodí



Vyústění meliorace u podjezdu pod tratí u Zvíkova



Propustek pod silnicí E55



Pravostranný přítok z oblasti obce Hřeben



Ústí do vodní nádrže Římov

Základní mapa České republiky 1:10 000

Tato mapa je umístěna v kapsy na zadních deskách.

