

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA BIOTECHNICKÝCH ÚPRAV KRAJINY

STUDIE PROTIEROZNÍCH OPATŘENÍ V KATASTRÁLNÍM
ÚZEMÍ HOŘANY
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Eliška Kubátová, CSc.

Diplomant: Tereza Nedbálková

2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Elišky Kubátové, CSc. Další informace mi poskytli Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Český úřad zeměměřický a katastrální a Pozemkový úřad Kutná Hora. Uvedla jsem všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 27.4.2011

Tereza Nedbálková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala především vedoucí mé diplomové práce, paní Ing. Elišce Kubátové, CSc. za ochotu a trpělivost při konzultacích a za všechny cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Renatě Smutné z Pozemkového úřadu Kutná Hora za její vstřícnost a poskytnuté informace. Dík patří taktéž slečně Markétě Nedbákové za tipy pro tvorbu grafických výstupů a v neposlední řadě paní Janě Wagstaff a slečně Ivaně Říhové za pomoc s jazykovou stránkou.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je stanovit míru ohrožení zemědělských pozemků v k. ú. Hořany vodní erozí a posoudit dostatečnost existujících protierozních opatření. Pro zjištění současné hodnoty ztráty půdy z jednotlivých pozemků byla použita Univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE (Wischmeier, Smith 1978). Výpočet byl proveden ve 2 variantách lišících se vstupní hodnotou faktoru erozní účinnosti deště R. Varianta A počítá s faktorem erozní účinnosti deště $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, který je pokládán za průměrnou hodnotu pro území České republiky, varianta B potom s faktorem $R = 40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, který je pro území ČR na základě posledních výzkumů (Janeček a kol. 2010) nově doporučován. Výpočtem stanovená současná reálná ztráta půdy byla porovnána se ztrátou přípustnou, která je určována na základě hloubky půdy a některých dalších okolností. Na pozemcích, kde bylo zjištěno překročení přípustné ztráty půdy, bylo navrženo doplnění protierozních opatření. Návrh je vypracován ve 2 variantách, z nichž každá doporučuje jiný rozsah nových protierozních opatření. Protierozní opatření ve variantě A jsou navržena tak, aby se docílilo snížení ztráty půdy z pozemků pod přípustnou mez za předpokladu faktoru $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, ve variantě B potom při vstupní hodnotě faktoru $R = 40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$.

Klíčová slova

Průměrná dlouhodobá ztráta půdy erozí, univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí (USLE), faktor erozní účinnosti deště R, organizační protierozní opatření, technická protierozní opatření

Abstract

The purpose of this thesis is to establish the level of threat posed to the farmland in soil fund of Hořany by water erosion and to evaluate the effectiveness of the existing level of anti-erosion measures. To establish the level of the loss of soil from individual plots of land, a universal soil equation – USLE (Wischmeier, Smith 1978) was used. The calculation was made using two variants, taking into account different primary values of rainfall runoff factor (R). The first variant (A) was calculated with a value of $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, which is considered as an average value in the territory of the Czech Republic. The second variant (B) was calculated using $R = 40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, the most recently recommended factor according to the latest research. The calculated value of current real loss of soil was compared to the acceptable loss of soil allowance which is determined by depth of soil and other several conditions. Anti-erosion measures were suggested for the land, where higher loss of soil than the allowance was detected. The suggested plan is worked out according to the two variants, each suggesting different extent of new anti-erosion measures. For variant A anti-erosion measures were arranged to lessen the loss of soil from land to below the recommended levels using the factor $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, for variant B, using an entry value of $R = 40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$.

Key words

Average long-term loss of soil, universal soil loss equation (USLE), rainfall and runoff factor (R), operational anti-erosion measure, technical anti-erosion measure

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíle práce	11
3. Literární rešerše	12
3.1 Definice půdy	12
3.2 Příčiny vzniku eroze – erozní činitelé	12
3.3 Mechanismus vzniku a druhy eroze	13
3.4 Následky eroze	14
3.4.1 Degradace půdy	15
3.4.2 Ohrožování vodních zdrojů, toků a nádrží	17
3.5 Přípustná ztráta půdy erozí	20
3.6 Protierozní opatření	20
3.6.1 Organizační opatření	21
3.6.2 Agrotechnická opatření	24
3.6.3 Biotechnická opatření	26
4. Charakteristika území	32
4.1 Klimatické poměry	32
4.2 Geologické a půdní poměry	33
4.3 Zjištěný stav pozemků a existujících protierozních opatření	34
4.3.1 Dostupné informace	34
4.3.2 Výsledky terénního průzkumu	36
4.3.3 Současný stav řešeného území	37
5. Metodika práce	40
5.1 Výpočet ztráty půdy erozí	40
5.1.1 Faktor R – faktor erozní účinnosti deště	41
5.1.2 Faktor K – faktor erodovatelnosti půdy	42
5.1.3 Faktor L – faktor délky svahu	44
5.1.4 Faktor S – faktor sklonu svahu	46

5.1.5 Faktor C – faktor ochranného vlivu vegetačního krytu	47
5.1.6 Faktor P – faktor účinnosti protierozních opatření.....	48
5.2 Zjištění stavu řešeného území	49
5.2.1 Základní seznámení s územím	49
5.2.2 Terénní průzkum.....	50
6. Výsledky práce.....	51
6.1 Zjištěná ztráta půdy na řešených pozemcích	51
6.2 Návrh řešení	54
6.2.1 Organizační opatření.....	55
6.2.2 Technická a biotechnická opatření	59
6.2.3 Varianta A	61
6.2.4 Varianta B	64
6.2.5 Souhrn navržených opatření	69
7. Diskuze	72
8. Závěr	74
9. Použité zdroje	75
9.1 Publikace	75
9.2 Online zdroje.....	77
9.3 Legislativa.....	77
10. Přílohy	79
10.1 Seznam příloh.....	79

1. Úvod

Pojem eroze (z latinského „erodere“ = rozhlodávat) může být chápán z různých hledisek. Asi nejobecnější je jeho geologická definice, podle níž se erozí rozumí soubor pochodů, způsobujících uvolňování, rozpouštění, obrušování a následné přemísťování materiálu zemského povrchu, přičemž hlavním erozním činitelem je mechanické působení klastického materiálu, unášeného různými médii (vodou, ledem, větrem,...). Tyto pochody jsou součástí tzv. erozního cyklu, na jehož počátku stojí vyzdvih plochého reliéfu. Do vyvýšeného reliéfu se nejdříve začnou zařezávat koryta vodních toků a následuje zaoblování působením eroze, která vede teoreticky až k úplnému zarovnání reliéfu a vzniku peneplénu neboli paroviny. K tomu však ve skutečnosti téměř nedochází, neboť zemská kůra je zde působením endogenních procesů neustále dále vyzdvihována (Petránek 1993).

V užším smyslu je eroze definována v rámci erodologie, a to jako „komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů“. Samotný termín *eroze půdy* (soil erosion) použil poprvé W. J. Mc Gee v roce 1911, na jeho zpřesnění má pak hlavní zásluhu Američan H. H. Bennet, který je dnes považován za zakladatele erodologie (Janeček 2008).

Eroze není v žádném případě něčím novým – vyskytuje se na Zemi od samého počátku jejího vývoje. Je zcela přirozeným jevem, formujícím zemský povrch. I eroze půdy je součástí přirozeného koloběhu látek v přírodě. Zde se jedná o tzv. erozi normální, při níž nedochází k porušení přírodní rovnováhy a odnesené částice jsou nahrazovány novými, vznikajícími v rámci půdotvorného procesu. Naproti tomu eroze zrychlená, která je často přímo či nepřímo ovlivněna nejrůznějšími antropogenními procesy, tuto rovnováhu porušuje a způsobuje mimo jiné degradaci půdy, jež se nestíhá přirozenou cestou obnovovat. Vzhledem k rychlosti tvorby půdy, která velmi značně kolísá v závislosti na klimatických podmínkách, ale jejíž průměrná hodnota se udává cca. kolem 1 mm za rok (Holý 1994), uvádí Dufková (2007), že hraniční hodnota mezi normální a zrychlenou erozí je odnos $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, tedy půdní vrstvy o síle 0,05 mm.

V důsledku působení eroze nad výše uvedenou mez dochází k několika problémům. Prvním a v pokročilejší fázi nejvíce patrným je odnos povrchové vrstvy půdy. V závislosti na unášecí síle vody (mluvíme-li o vodní erozi) jsou z půdy

vymývány nejprve nejjemnější částice, což vede ke změně její textury i struktury. Při větší síle povrchového odtoku může dojít až k odnesení celé nejsvrchnější vrstvy půdního profilu, kterou tvoří na zemědělsky využívaných pozemcích úrodná ornice.

Další fází eroze je transport uvolněných půdních částic. Větší a těžší z nich jsou ukládány při poklesu rychlosti povrchového odtoku zejména na úpatí svahu, kde dochází často k hromadění klastického materiálu. Drobnější částice se s vodou dostávají až do trvalé hydrografické sítě a způsobují zde zanášení koryt a vodních nádrží. V extrémních případech, při přívalových deštích, může dojít k odnosu půdy z nechráněného povrchu v takové míře, že se jeho proud dostane až do intravilánu, kde ohrožuje a poškozuje veřejné komunikace, budovy apod.

Třetím problémem, který s předchozími dvěma úzce souvisí, je zhoršování kvality povrchových vod. Dochází jednak k jejich zakalení, jednak ke změně chemických vlastností vody, neboť spolu s půdními částicemi je transportováno i velké množství chemických prvků a sloučenin (živiny, hnojiva,...). Ty jednak zhoršují životní podmínky pro vodní organismy, jednak ohrožují zdroje pitné vody pro obyvatelstvo.

Vedle vody je i půda (nejen) pro lidstvo naprosto nepostradatelným a hlavně nenahraditelným přírodním zdrojem. Při zohlednění nejmodernějších technologií zemědělské výroby udává Janeček (2008) jako spodní hranici výměry půdy, která je ještě schopná zajistit potřebné minimální výnosy plodin pro pokrytí průměrné kalorické spotřeby lidského organismu, hodnotu 0,07 ha na obyvatele. Autor dále udává, že v roce 1960 připadalo na jednoho obyvatele 0,44 ha zemědělské půdy, v roce 1990 to bylo již jen 0,27 ha a v roce 2025 se počítá, vzhledem k přírůstku obyvatelstva, s 0,17 ha. Pokud by tento trend v růstu lidské populace pokračoval, bude hraniční hodnoty 0,07 ha na obyvatele dosaženo v roce 2050. Přitom však každým rokem dochází celosvětově k úbytku 7,5 mil. ha zemědělské půdy (Janeček 2008).

Slavík (2000) uvádí, že na území České republiky je vodní erozí ohroženo 54 % orné půdy. Jednou z hlavních příčin je podle něj způsob hospodaření v minulých desetiletích, kdy docházelo ke zvětšování obdělávaných ploch na úkor přirozených i uměle vytvořených hranic původních pozemků. Tyto hranice sloužily také, ač mnohdy neplánovaně, k přerušení či zpomalení povrchového odtoku a tedy ke snížení jeho erozního působení. I podle Situační a výhledové zprávy Ministerstva zemědělství z roku 2009 je v ČR vodní erozí potenciálně ohroženo přes 50 % zemědělské půdy, aktuálně ohroženo je pak odhadem zhruba 42 %.

Ze všech výše uvedených skutečností vyplývá, že problém eroze je nutné neprodleně a co nejefektivněji řešit. Nejúčinnějším nápravným opatřením je dnes vypracování projektu komplexní pozemkové úpravy pro celé katastrální území, jehož je protierozní ochrana nedílnou součástí. Některá katastrální území v ČR teprve čekají, v jiných byly pozemkové úpravy už provedeny. Stejně jako v ostatních vědách dochází však i v erodologii k objevování nových skutečností a zpřesňování poznatků, a proto je nutné systém protierozní ochrany i jeho jednotlivé prvky na základě těchto nových poznatků zdokonalovat.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je spočítat ohroženost vybraných zemědělsky využívaných pozemků v katastrálním území Hořany (okres Kutná Hora) erozí a posoudit vhodnost a dostatečnost stávajících protierozních opatření vzhledem k výsledkům výpočtů.

3. Literární rešerše

3.1 Definice půdy

Hauptman a kol. (2009) definuje půdu jako nejsvrchnější část zemské kůry, jež je tvořena směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů v různém vzájemném poměru. Vzniká půdotvornými procesy ze zvětralin či nezpevněných sedimentů, z čehož plyne její vertikálně členěný půdní profil, typický pro jednotlivé druhy půd, a propojení s podložím. Převážnou část půdní hmoty tvoří minerální složka, tedy primární a sekundární minerály pocházející ze zvětralé matečné horniny. Růžek a Voříšek (2010) dodávají, že tato složka je tvořena jemnozemí (částice do průměru 2 mm – jíl, prach, písek) a skeletem (částice s průměrem větším než 2 mm – hrubý písek, štěrk, kameny). Organická složka potom zahrnuje půdní organismy (edafon), živé kořeny rostlin, čerstvě odumřelé části rostlin i živočichů (primární organická hmota) a z nich pocházející, přeměněné organické látky, tzv. humus (sekundární organická hmota). Edafon tvoří všichni živočichové žijící v půdě - mikro-, mezo- a makrofauna. Zásadní význam mají půdní mikroorganismy, které svým působením napomáhají rozkladu odumřelé organické hmoty a její přeměně na živiny využitelné pro vyšší organismy, čímž zajišťují koloběh látek v půdě. Nejhojněji jsou zastoupeny bakterie a aktinomycety z prokaryotních organismů, vláknité houby, řasy a rozsivky z eukaryotních. Sekundární humusové látky jsou koloidní tmavé organické dusíkaté látky, jejichž makromolekuly s velkým aktivním povrchem mají několikanásobně větší sorpční kapacitu než jílové minerály. Kromě vlastních složek půdy zahrnují mnozí autoři do její definice také půdní vodu a vzduch, které zaplňují půdní póry. Půdní póry by měly (v závislosti na druhu půdy) tvořit přibližně 50 % objemu půdy, z čehož zhruba polovina by měla být zaplněna vodou a polovina vzduchem (Růžek, Voříšek 2010).

3.2 Příčiny vzniku eroze – erozní činitelé

Za hlavní erozní činitele jsou pokládány voda, vítr, sníh a led, které při svém pohybu narušují kompaktnost zemského povrchu a přemisťují větší či menší množství částic, jimiž je povrch tvořen. Kromě těchto činitelů je však intenzita eroze silně závislá na místních podmínkách, jakými jsou klimatické, meteorologické a

hydrologické poměry, členitost terénu, sklon, délka a expozice svahů, fyzikální a hydropedologické vlastnosti půdy (a z nich vyplývající erodovatelnost půdy), geologické a hydrogeologické poměry, vegetační pokryv, atd. (Slavík 2000). Rovinatá území nejsou samozřejmě erozí tak ohrožena jako území kopcovitá či hornatá, kde zvláště na vegetací nechráněných svazích může povrchový odtok dosahovat poměrně velkých rychlostí a tím i velké unášecí síly.

Ve všech člověkem využívaných územích se k přirozeným erozním činitelům přidává ještě jeden, často rozhodující, a sice antropogenní činnost. Člověk způsobuje erozi jednak přímo - porušováním zemského povrchu při zakládání staveb, budování komunikací, apod. - jednak nepřímo, a to především odstraňováním přirozeného vegetačního krytu a jeho záměnou za plodiny, které poskytují půdě nedostatečnou ochranu, nebo zhoršováním fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy - především jejím zhutňováním těžkou zemědělskou mechanizací. Dalším problémem je soustřeďování povrchového odtoku buďto cíleně vytvářením příkopů či umělých koryt, nebo např. nevhodným uspořádáním cestní sítě, která představuje odtokové dráhy pro vodu a podporuje tak její erozní činnost, vedoucí mnohde až k vytváření výmolů a strží (Holý 1994).

3.3 Mechanismus vzniku a druhy eroze

Tato práce se zaměřuje na povrchovou vodní erozi. Ta může být podle druhu působení vody na půdu trojího typu – plošná, výmolová a proudová.

V průběhu srážky dochází na vegetací nechráněném (nebo nedostatečně chráněném) povrchu k rozrušování půdních agregátů a uvolňování půdních částic vlivem kinetické energie dopadajících kapek. Tyto uvolněné částice jsou, vzhledem ke svým nepatrným rozměrům a hmotnosti, mnohem náchylnější k vyplavení. Pokud je intenzita či úhm srážky větší, než je vsakovací schopnost půdy, nemůže se voda od chvíle dosažení nasycení půdy již dále vsakovat a dochází k povrchovému odtoku. Jeho rychlost je tím větší, čím větší je sklon svahu, délka nepřerušené linie povrchového odtoku a zvětšuje se také s klesající drsností povrchu. Erozí jsou ohroženy pozemky se sklonem nad 3° (Slavík 2000). Čím rychleji a ve větším množství voda po povrchu stéká, tím roste i její unášecí schopnost. Navíc unášené částice způsobují další rozrušování půdního povrchu, dochází k uvolňování stále

většího množství částic a ke zvětšování objemu i zrnitosti unášeného materiálu (Slavík 2000).

V první fázi po nasycení půdy vodou dochází na horní části svahu k plošnému povrchovému odtoku, tzn. na povrchu se vytvoří tenká souvislá vrstvička vody, která s rostoucí hloubkou stále více eliminuje působení dopadajících dešťových kapek. Tento druh odtoku má převážně transportní účinek. Plošnou vodní erozi lze dále dělit na erozi selektivní a vrstevnou. V prvním případě se jedná o odnos pouze jemných částic spolu s na ně vázanými chemickými látkami. V jeho důsledku dochází ke změně půdní textury a k jejímu ochuzování o živiny. V druhém případě, pokud má odtok větší kinetickou energii a v půdním profilu se navíc střídají méně a více odolné vrstvy, dochází k odnosu veškeré hmoty povrchové vrstvy půdy, tedy většinou úrodné ornice (Holý 1994).

V závislosti na fyzicko-geografických podmínkách se povrchový odtok začne postupně soustřeďovat nejprve do malých rýžek, čímž roste jeho hloubka, rychlost proudění a tedy i kinetická energie a tangenciální napětí, vzrůstá jeho erozní a unášecí schopnost a tím se stává stále nebezpečnějším. Rýžky se postupně zvětšují do rýh, výmolů, případně až strží.

Třetím typem povrchové vodní eroze je eroze proudová, která se týká koryt vodních toků. V nich dochází jednak k erozi dnové, tedy rozrušování dna koryta vodního toku, jednak k erozi břehové, tedy rozrušování jeho břehů.

3.4 Následky eroze

Eroze půdy má mnoho přímých i nepřímých nepříznivých vlivů na prostředí, potažmo na ekosystémy, které v daném prostředí žijí. Prvním a většinou nejnápadnějším projevem je odnos části půdního pokryvu z vegetací nedostatečně chráněných pozemků (orná půda, stavební parcely, ...). V extrémním případě může dojít k odnosu celé svrchní vrstvy půdy a (pokud se tak stane na pozemcích ležících nad zastavěným územím) ohrožení komunikací či intravilánu obcí. S odnosem půdy souvisí také úbytek živin, které jsou nezbytné pro růst rostlin. Vyplavené částice se spolu s různými chemickými látkami (přírodní organická hmota, hnojiva apod.) poté dostávají do trvalé hydrografické sítě, kde způsobují jednak zanášení koryt toků či akumulacího prostoru nádrží, jednak změny chemických vlastností vody.

Na zemědělských (hlavně orných) půdách eroze nepříznivě ovlivňuje úrodu jednak přímo poškozováním plodin, odplavováním osiv či rozšiřováním semen plevelů, jednak snižováním produkční schopnosti (přirozené úrodnosti) orné půdy (Slavík 2000). Toto všechno má samozřejmě i ekonomické dopady pro uživatele půdy.

3.4.1 Degradace půdy

Degradace půdy je velice vážným problémem, neboť s ní souvisí také snižování produkční schopnosti ekosystémů. Je definována jako pokles kvality a produkční schopnosti půdy způsobený nesprávným využíváním lidmi. Konkrétně jde o nepříznivé změny v koloběhu živin a organické hmoty, změny struktury a textury půdy, resp. zhoršení jejích chemických, fyzikálních a biologických vlastností (Janeček 2002).

Zpočátku dochází k tzv. erozi selektivní, při níž se mění textura půdy – z horních částí pozemku jsou odnášeny pouze nejjemnější půdní částice spolu s na ně vázanými živinami, jež se často akumulují na úpatí svahu při poklesu unášecí schopnosti povrchového odtoku. Na svazích postižených selektivní erozí dochází kvůli těmto změnám v půdě k nestejnomyšlnému vývoji vegetace v jeho jednotlivých částech (Holý 1994). Odnesením povrchového horizontu půdy dojde na orné půdě k obnažení tzv. podorničí, což je vrstva půdního profilu nacházející se pod úrodnou ornici. Podorničí neobsahuje dostatečné množství organických látek potřebných pro vývoj a stabilitu půdních agregátů, pročež dochází k nepříznivým změnám ve struktuře svrchní vrstvy půdy (Holý 1994).

Má-li podorničí vyšší obsah jílových částic než původní humusová vrstva, zvýší se sice celková vodní kapacita půdy, množství vody dostupné pro rostliny se však sníží, protože většina vody je pevně poutána kapilárními silami v malých pórech. Díky tomu se snižuje také infiltrační schopnost půdy a dochází ke zvětšování povrchového odtoku a tím i k dalšímu zesilování jeho erozních účinků. Organickou hmotou nedostatečně stabilizované půdní agregáty jsou působením dešťových kapek snadno rozplavovány a na povrchu půdy se tvoří krusta (půdní škraloup), která jednak dále omezuje infiltraci a zvyšuje povrchový odtok, jednak je překážkou pro klíčení rostlin, kterým zabraňuje v rovnoměrném vzcházení a je tedy příčinou nevyrovnanosti porostu. Na takto poškozených půdách dochází často ke

zhutňování a tvrdnutí. Příčinou je výše zmíněné rozplavování půdní struktury, které způsobuje snižování propustnosti pórů, provzdušenosti půdy (což souvisí s úbytkem edafonu), snižování infiltrace a naopak zvyšování objemové hmotnosti. Na takových půdách se nadále zvyšuje intenzita eroze a navíc je nutné vydávat stále více energie při jejich obhospodařování (Janeček 2002).

Na lehčích půdách, kde je působením eroze obnaženo písčité podorničí, není situace tak vážná. Písčité podorničí je propustnější než původní povrchová vrstva a nedokáže tedy vodu tak dlouho zadržovat (dochází k rychlému výparu či průsaku do spodnějších vrstev). To je opět nepříznivé pro rostliny, které mohou trpět nedostatkem vláhy. Na druhou stranu však díky zrychlené infiltraci nedochází k povrchovému odtoku a k jeho eroznímu působení (Janeček 2002).

Kromě fyzikálních nastávají v erodované půdě i chemické změny. Zprv, jak bylo již zmíněno výše, klesá obsah organické hmoty a humusu, za další dochází k poklesu obsahu minerálních živin a ke zvyšování kyselosti vlivem obnažení podorničí. Z toho plyne celkové snížení přirozené úrodnosti postižené půdy. Ze vzrůstající kyselosti půdy, která je mj. způsobena i selektivním vymýváním bazických prvků (draslíku, vápníku, hořčíku), plyne zvýšená potřeba vápnění. Ta je u půd s jílovitým podorničím ještě zvýšena v důsledku velké pufovací schopnosti jílových minerálů.

Biologická degradace půd spočívá jednak ve snížení obsahu organické hmoty a tedy i organického uhlíku, jednak v úbytku a změně složení edafonu. Půdní mikroorganismy dále trpí nadměrným používáním chemických hnojiv, kterého je na erodovaných pozemcích zapotřebí k umělému udržení úrodnosti a dodání živin pěstovaným plodinám. Pro důležité mikroorganismy má však nadměrné hnojení fatální důsledky, může vést až k úplnému vymizení edafonu.

Závěrem této kapitoly lze říci, že eroze poškozuje půdy z kvalitativního i kvantitativního hlediska. V případě kvantitativního se jedná o snižování mocnosti půdního profilu, případně o zmenšování ploch orné půdy. Není tedy divu, že za hlavní ukazatel erodovanosti půdy je pokládán podíl odneseného humusového horizontu (tabulka 1). Je také nutné dodat, že přímé i nepřímé následky eroze způsobují mnohdy větší škody na sousedních či vzdálenějších pozemcích, než na pozemcích přímo postižených erozí (Janeček 2002). Zde se jedná např. o kontaminaci vody a půdy chemickými látkami, zanášení erozními smyvy apod.

Tabulka 1 Klasifikace erodovanosti půdy podle podílu odnesené ornice dle Benneta (Janeček 2002).

Stupeň	Podíl odnesené půdy (%)	Hodnocení eroze
Ornice		
1	do 25	slabá
	25 - 75	středně silná
3	75 - 100	silná
Podorničí		
4	do 75	velmi silná
5	75 - 100	mimořádně silná

3.4.2 Ohrožování vodních zdrojů, toků a nádrží

V další fázi se následky eroze v různých podobách rozšiřují na okolní pozemky, kde způsobují často mnohem větší škody, než na samotných erodovaných svazích. Jde např. o již zmíněné ohrožení intravilánu obcí erozními smyvy, poškozování či omezování funkce závlahových a odvodňovacích systémů nebo o vnik produktů eroze do hydrografické sítě, jímž se zabývá následující kapitola. Zde vznikají často značné škody jednak zanášením koryt toků a vodních nádrží, jednak změnou chemického složení vody.

První zmíněný problém, zanášení koryt a nádrží sedimentem, má stejně tak ekonomické jako ekologické dopady. Následkem usazování splavenin dochází ke snižování průtočnosti koryt vodních toků (Slavík 2000). S tím souvisí zvýšení rychlosti proudění vody, přinášející např. riziko zvýšené břehové eroze, úbytek míst vhodných pro pobyt ryb či vzrůstající riziko povodní. V důsledku zvýšení nivelety dna po usazení vrstvy sedimentu může dojít k vzestupu hladiny podzemní vody v přilehlém území a tím pádem i k zamokření okolních pozemků (Holý 1994). Podobné problémy vznikají i v případě vodních nádrží. Splaveniny často ohrožují jejich funkci, neboť při zmenšeném akumulacním prostoru nepojme nádrž v případě potřeby dostatečné množství vody, doba jejího zdržení je kratší apod. Problém zanášení je u stojatých vod ještě posílen sedimentací materiálu vzniklého přímo na místě. Janeček (2002) uvádí, že rychlost zanášení u některých nádrží dosahuje až 40 mm za rok. Tuto skutečnost vysvětluje kromě hromadění smyvů z povodí také tím, že při zdržení eutrofizované vody v nádrži dochází k rychlému nárůstu biomasy rostlin a po jejich odumření tvoří tato organická hmota většinu objemu sedimentu. Přitom i zmíněná eutrofizace je jedním z následků eroze. Zanášením trpící nádrže je

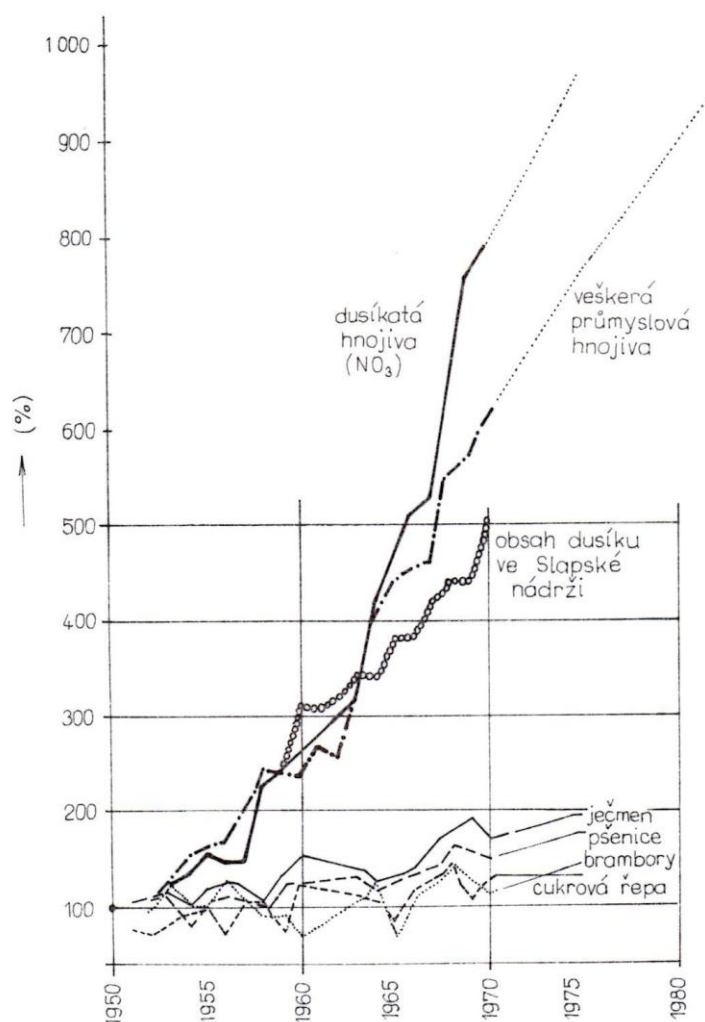
třeba odbahňovat, což je poměrně nákladné. Dále vyvstává otázka, co s vytěženým materiálem. Většina autorů se shoduje na tom, že se jedná převážně o přírodní materiál a nejlépe by měl být tedy využit např. ke zúrodnění pozemků v přílehlém povodí. K tomu je však třeba znát jeho fyzikální vlastnosti (především zrnitost) a hlavně chemické složení. Vzhledem ke své jemnozrnnosti a velkému aktivnímu povrchu na sebe totiž částice sedimentu váží velké množství látek, mezi nimiž mohou být i látky škodlivé a toxické (pesticidy, těžké kovy, radionuklidy, tenzidy, mikroby) (Janeček 2002). Splaveniny také poškozují objekty a zařízení na tocích a nádržích, čímž zkracují jejich životnost.

Kromě eutrofizace mohou živiny ve vodním prostředí způsobit jeho toxicitu, a to v případě, že jejich koncentrace přesáhne určitou mez (která se samozřejmě liší pro různé organismy). Tento problém se podle Janečka (2002) týká především dusičnanů, dusitanů a amoniaku. Autor dále uvádí, že kvalita vody odtékající z určitého území je závislá jednak na obsahu rozpuštěných látek, jednak na obsahu nerozpuštěných látek, unášených v podobě suspenze. Odnos látek vázaných na půdní částice představuje podle něj hlavní ztráty dusíku a fosforu z orné půdy, přičemž v případě fosforu je eroze zásadním způsobem v jeho přenosu ze zemědělských pozemků do povrchových vod. Zde se na dně akumulují především jeho nerozpustné formy sedimentací suspendovaného materiálu.

Holý (1994) uvádí, že průmyslová (především fosforečná) hnojiva jsou, stejně jako např. mleté vápence aplikované na pole za účelem zvýšení pH, významným zdrojem nejen živin, ale i těžkých kovů (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn). Tyto kovy mají vysokou schopnost akumulace v prostředí i v organismech (Janeček 2002), takže jejich koncentrace nebezpečně roste v každém vyšším článku potravního řetězce. Pesticidy (chemikálie používané k hubení škůdců) jsou dalším zdrojem znečištění prostředí. Jsou často persistentní a mohou se tedy dostat do velkých vzdáleností (Holý 1994). Jejich rezidua bývají transportována navázaná na povrch půdních částic v suspendovaném stavu (Janeček 2002). Cizorodé látky ohrožují stabilitu vodních ekosystémů a mimo jiné zvyšují např. také náklady na úpravu pitné vody.

Jak uvádí Holý (1994), ochrana zemědělských plodin před škůdci je nezbytná a nejúčinnějším způsobem jsou bohužel agresivní chemické sloučeniny. Zrovna tak se zemědělství neobejde bez umělého zvyšování úrodnosti, především na erozí poškozených půdách. V obou případech je však nutné použití těchto látek zvážit, určit vhodné dávkování a také vhodný způsob aplikace (např. zapravení

hnojiv do půdy namísto pouhé povrchové aplikace), aby bylo dosaženo co nejlepšího účinku, ale aby bylo zároveň zabráněno znečišťování okolního prostředí. V opačném případě se aplikace obohacujících látek mívá účinkem a může nadělat více škody než užitku, jak dokládá obrázek 1. Stejného názoru je i Janeček (2002), který uvádí, že „vysoké dávky hnojiv na ornou půdu bez protierozní ochrany znamenají jisté nebezpečí pro znečištění vody“.



Obrázek 1 Růst dávek hnojiv a hektarových výnosů v oblasti Slapské nádrže a vzestup obsahu dusíku v nádrži podle M. Straškraby (Holý 1994).

3.5 Přípustná ztráta půdy erozí

Hodnoty přípustné ztráty půdy jsou určovány jednak z hlediska dlouhodobého zachování její úrodnosti pro zemědělské využití, jednak z hlediska ochrany vodních zdrojů (popř. jiných objektů). V prvním případě vychází přípustná dlouhodobá průměrná roční ztráta z hloubky půdy na řešeném pozemku. Janeček (2008) uvádí, že u mělkých půd (do 30 cm) lze tolerovat ztrátu $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, u středně hlubokých (30 – 60 cm) $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ a u hlubokých půd (nad 60 cm) $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, aniž by došlo k výraznému poklesu úrodnosti.

V případě stanovení přípustné míry eroze z hlediska ochrany vodního zdroje je třeba postupovat individuálně, na základě přípustného množství přísunu produktů eroze do tohoto zdroje. Stejně pravidlo platí i pro ochranu intravilánů a dalších objektů. Pro oblasti vyžadující speciální ochranu (ochranná pásma, chráněné krajinné oblasti apod.) a pro půdy již značně erozně poškozené se doporučuje snížit přípustné hodnoty smyvu o jeden stupeň – tedy u hlubokých půd na $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$, u středně hlubokých na $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Podhrázská, Dufková 2005).

3.6 Protierozní opatření

Protierozní opatření mohou mít různé formy, od změny osevního postupu až po soustavu technických prvků (příkopy apod.). Technická opatření je velice vhodné navrhovat v návaznosti a souladu s dalšími objekty v krajině (biokoridory, cestní síť, vodohospodářské stavby) tak, aby vytvářely její kostru, poskytující na jedné straně optimální podmínky pro hospodaření na pozemcích, na straně druhé nejvyšší možnou ochranu krajiny, přírody a životního prostředí. Aby mohla být vhodná opatření provedena, je nutné nejdříve identifikovat erozí ohrožené oblasti, a to - jak uvádějí Armstrong a kol. (1990) – na národní úrovni (mapy potenciální ohroženosti půdního fondu vycházející z topografie, typů půdy, úhrnů a intenzit srážek atd.), tak na úrovni jednotlivých zemědělských podniků (posouzení ohroženosti jednotlivých pozemků na základě současného stavu a využití půdy).

Protierozní opatření slouží ke zpomalování a zachycování povrchově stékající vody, podpoře jejího vsakování do půdního profilu, případně neškodnému odvedení do recipientu, k zachycování smyté zeminy atd. (Janeček 2002). Slavík

(2000) ještě doplňuje, že je nutné povrchový odtok rozptylovat a zabránit tak samovolnému vzniku a prohlubování rýh v nechráněných drahách povrchového odtoku a nárůstu unášecí síly stékající vody. Tímto vším ovlivňují správně vybudované technické prvky a správně navržená a dodržovaná protierozní opatření vodní režim krajiny a zmírňují potažmo i následky extrémních srážkových událostí, čímž přispívají k ochraně nejen orné půdy, ale také vodních toků, komunikací a lidských sídel.

3.6.1 Organizační opatření

Organizačními opatřeními se rozumí taková, která mají co do činění s organizací (uspořádáním) zemědělských pozemků a hospodaření na nich. Konkrétně se jedná především o úpravu tvaru a velikosti pozemků, zavedení protierozních osevních postupů, případně ochranné zatravnění či zalesnění tam, kde je riziko eroze příliš vysoké.

Při určování tvaru a velikosti každého jednotlivého pozemku se musí brát v potaz jednak místní geografické poměry a požadavky přírodního prostředí (např. dostatečný podíl zeleně v krajině k zajištění ekologické stability), jednak potřeby uživatelů půdy a ekonomické faktory. Tyto zájmy jsou protichůdné, protože zatímco z ekologického hlediska platí, že čím je území členitější a různorodější, tím lépe, z ekonomického a technického hlediska je výhodné obhospodařovat velké souvislé plochy orné půdy. V každém případě je důležité dbát na to, aby byl pozemek situován delší stranou ve směru vrstevnic, což dále nabádá i k ochrannému obdělávání po vrstevnici. Dalším důležitým kritériem je, aby šířka pozemku (čili jeho délka ve směru sklonu svahu) nepřevyšovala maximální možnou délku svahu určenou z výpočtu přípustné ztráty půdy erozí (viz kapitola 5.). Je nutné přihlížet také k tomu, aby bylo možno pozemek co nejsnáze a nejefektivněji obhospodařovat – tedy např. aby měl pokud možno na celé ploše přibližně homogenní půdní vlastnosti, sklon, byl dobře přístupný pro zemědělskou techniku apod. Jako vhodná velikost jednotlivých půdních bloků se doporučuje max. 50 ha v rovinných, max. 20 ha v členitějších územích, ne však méně než 4 – 5 ha, aby byla zachována únosná efektivita obdělávání (Janeček 2002, 2007, 2008). Přitom Holý (1994) míní, že by pozemek měl mít nejlépe tvar obdélníku či lichoběžníku s vnitřními úhly 50 – 60°, s poměrem délek stran 1:2 až 1:3, maximálně 1:6.

Kromě tvaru a velikosti pozemků je nutné dbát také na rozmisťování plodin na nich, a to tak, aby ty nedostatečně chránící půdu byly pěstovány v nejméně sklonitých částech. Pořadí plodin podle jejich protierozní účinnosti od nejvyšší po nejnižší je následující: travní porosty – jetel – vojtěška – ozimá obilnina – jarní obilnina – ozimá řepka – hrách – plodiny okopaninového charakteru (slunečnice, brambory, cukrovka, kukuřice) (Janeček 2007). Pokud jsou okopaniny apod. přece jen pěstovány na svažitéjších pozemcích, je vhodné je střídat s vrstevnicovými pásy plodin lépe chránících půdu. To lze provádět dvěma způsoby – jednak střídáním stejně širokých pásů různých kultur, jednak zasetím užších pásů ochranných plodin mezi bloky kultur vyžadujících ochranu. Funkcí těchto pásů je zajistit, aby se voda přitékající z výše položených částí pozemku vsákla do půdy. Proto nemohou být ve dvou sousedních pásech pěstovány plodiny se stejnou dobou sklizně (Holý 1994). V prvním případě jde o střídání úseků plodin okopaninového charakteru s travinami, píceňkami, příp. např. ozimou obilninou, jejichž šířka je volena v závislosti na sklonu svahu, propustnosti půdy a s přihlédnutím k šířce záběru strojů obvykle v rozmezí 20 – 40 m (tabulka 2). Ve druhém případě se jedná většinou o střídání stejně širokých pásů užitkové plodiny s užšími, často nepravidelnými (v zájmu vyrovnání proměnlivého sklonu terénu) vsakovacími pásy trvalých travních porostů (Holý 1994, Janeček 2002).

Tabulka 2 Závislost šířky pásů plodin na sklonu svahu (podle Janeček 2002).

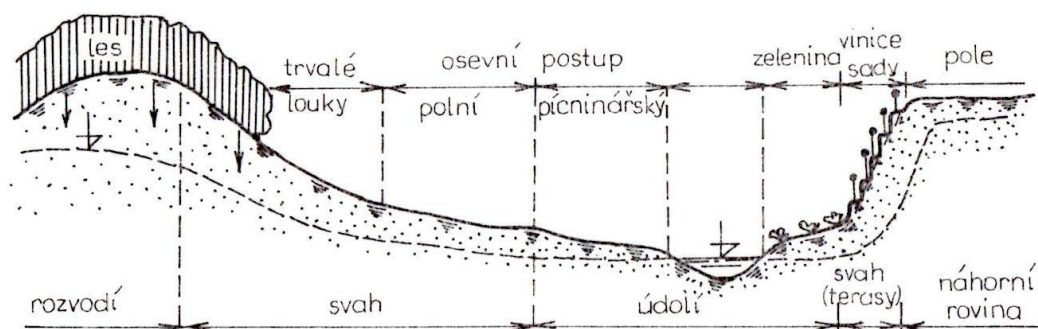
Svažitost (%)	Šířka pásů (m)
1 - 2	40
3 - 8	30
9 - 16	25
17 - 20	20
21 - 25	15

Další možností zvýšení ochrany půdy při pěstování širokořádkových plodin je protierozní osevní postup, který v po sobě následujících obdobích střídá na řešeném pozemku pěstování plodin s vyšším a nižším protierozním účinkem. Pravidelný několikaletý cyklus střídání odlišných plodin přispívá také k zachování úrodnosti půdy, neboť každá rostlina má odlišné nároky na živiny a ochuzuje i obohacuje půdu o rozdílné složky. Holý (1994) udává pro podmínky ČR následující základní strukturu vhodného osevního postupu: 45 – 50 % obilovin, 25 – 30 %

okopanin a 25 – 30 % pícnin a luštěnin, přičemž ochranný protierozní účinek stoupá přímo úměrně s podílem zastoupení víceletých pícnin (jetel, vojtěška).

Poslední možností, jak chránit erozí silně ohroženou půdu, je v rámci organizačních opatření ochranné zatravnění či zalesnění. To je součástí tzv. delimitace kultur, což znamená členění zemědělského půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice (Janeček 2007). Tímto rozdělením by mělo být dosaženo optimálního využití zemědělské půdy a jednotlivé kultury by měly být pěstovány na pro ně vhodných stanovištích – daných terénními, půdními a klimatickými podmínkami (Holý 1994). Janeček (2002) vychází při delimitaci kultur v rámci protierozní ochrany ze sklonu řešených pozemků. Svahy se sklonem nad 50 % by podle něj měly být zalesněny, nad 25 % trvale zatravněny. Také Holý (1994) vychází při návrhu rozmístění jednotlivých kultur v krajině z jejího reliéfu (obrázek 2). V nejvyšších polohách, kde se nacházejí rozvodí jednotlivých toků a kde bývají hrubozrnnější, propustnější půdy, by měly být pěstovány hluboko kořenicí kultury – lesy, případně sady. Tato rostlinná společenstva podporují vsak vody do půdy, čímž napomáhají přeměně povrchového odtoku na podpovrchový a přispívají k tvorbě zásob podzemní vody v nižších polohách. V průběhu svahu po spádnici roste obvykle následkem eroze podíl jemnozrnných částic v půdě a zároveň dochází ke snižování její propustnosti. Zatímco vyšší polohy mají vlastnosti podobné jako oblasti rozvodí a jsou tedy vhodné k zalesnění, blíže do údolí je nutné rozhodnout podle sklonu a míry erozního ohrožení (závislého kromě reliéfu především na intenzitě a úhrnu srážek), zda bude půda využita jako orná, nebo bude trvale zatravněna. Mezi pozemky, které by měly být trvale zatravněny, zahrnuje Janeček (2002, 2008) také dráhy soustředěného povrchového odtoku, plochy podél břehů vodních toků a nádrží, jimž hrozí při vyšších průtocích zaplavení, pozemky zamokřené a také protierozní průlehy a tělesa hrázek (viz kap. 3.5.3). Pro ochranné zatravnění i zalesnění platí, že porost musí být dobře zapojen. Les musí být hustý, nejlépe smíšený s bohatým bylinným a keřovým patrem, s půdou s vysokým obsahem humusu, pokrytou mocnou vrstvou hrabanky (ještě nerozložené organické zbytky – listí, jehličí apod.). Protierozní funkce lesa bývá však bohužel často narušována nadměrnou či nevhodně prováděnou těžbou dřeva, při níž dochází ke zhutňování a rozrušování povrchu půdy těžkou mechanizací, tvorbě holosečí nechráněných vegetací atd. (Holý 1994). Pro zakládání trvalých travních porostů jsou nejvhodnější výběžkaté trávy tvořící pevný drn (Janeček 2008). Florineth (2004) upozorňuje, že je třeba dbát na to, aby při výběru směsi travin i složení dřevin byly zastoupeny druhy s různými vlastnostmi kořenového

systému (odolnost proti ohybu, tahu apod.) a různými hloubkami zakořenění tak, aby byl půdní profil kořeny rovnoměrně zpevněn.



Obrázek 2 Polohové rozmístění kultur podle reliéfu území (Holý 1994).

Zatímco povodňové odtoky dokážou organizační opatření ovlivnit zdánlivě jen slabě, na dlouhodobou bilanci vody v povodí mají poměrně značný vliv (desítky procent). Tím mohou však zmíněné povodňové odtoky ovlivnit nepřímo, neboť mají zásadní vliv na nasycenost povodí v době extrémní srážkové události (Kovář, Štibinger 2007). Aby organizační opatření plnila svou funkci, je třeba zájmu spolupráce ze strany subjektů hospodařících na ohrožené půdě (Janeček 2007).

3.6.2 Agrotechnická opatření

Aby byla půda schopna co nejlépe odolávat erozi, musí mít příznivé fyzikální, chemické a biologické vlastnosti, které vedou ke vzniku drobtovité struktury. Půda s drobtovitou strukturou je sice soudržná, ale zároveň dobře propustná pro vodu, která se tak může vsakovat a nedochází k tvorbě povrchového odtoku. Všechny agrotechnické operace (nejen) v územích ohrožených erozí by proto měly podporovat tvorbu a udržení této drobtovité struktury (Holý 1994). Největší hrozbou pro půdy jsou přívalové deště. Zvláště při nich dochází snadno k rozplavování jednotlivých agregátů a následnému slévání půdy a ucpávání pórů jemnými částicemi (Hůla a kol. 2003). Na území ČR se extrémní srážkové události vyskytují především v období červen – srpen, což je ale období, kdy mnohé plodiny nejsou ještě dostatečně zapojeny na to, aby dokázaly půdu ochránit. Je proto nutné zvážit využití technologií kultivace a výsadby, které její odolnost proti erozi zvyšují. Základem agrotechnických opatření je tzv. ochranné obdělávání půdy. Jedná se o

takový systém, při němž je na povrchu stále ponecháno nejméně 30 % rostlinných zbytků, které mají za úkol pohlcovat kinetickou energii dopadajících dešťových kapek a tím chránit půdní agregáty před destrukcí. Zpomalují také povrchový odtok (Janeček 2008).

Co se týče vlastní kultivace půdy, je snaha slučovat co nejvíce operací (kypření, setí, hnojení,...) dohromady, aby byl počet pojezdů mechanizace po poli co nejmenší a půda ušetřena častého porušování a nadměrného zhutňování. Základním pravidlem obdělávání sklonitých pozemků je orba (a taktéž provádění všech ostatních úkonů) po vrstevnici, a to otočnými pluhy, které překlápějí půdu proti svahu. Janeček (2008) uvádí, že lze takto zadržet odhadem až 10 t ornice na hektar, která by se při jiném způsobu orby sesunula po svahu. Vrstevnicové (konturové) brázdy a řádky zadržují povrchový odtok, akumulují vodu, kterou pak plošně rozvádějí, a napomáhají tak jejímu vsakování (viz tabulka 3). Před výsevem jarních plodin se doporučuje ponechat přes zimu hrubou brázdu, která částečně přispívá k rovnoměrnému rozložení sněhové pokrývky na pozemku, ale hlavně zmenšuje odtok z tání sněhu (čímž snižuje také riziko záplav v níže položených oblastech) a zároveň podporuje dostatečné navlažení půdy před jarním obděláváním (Holý 1994, Hůla a kol. 2003, Janeček 2007).

Tabulka 3 Závislost velikosti odtoku z pozemku na směru orby (Holý 1994).

Způsob orby	Plocha pole (m ²)	Srážka (mm)	Odtok (mm)	Součinitel odtoku
po sklonu	2 000	33	1,2	0,040
po vrstevnicích	3 000	31	0,1	0,003
po vrstevnicích	10 000	56	0,0	0,000

Janeček (2008) dělí zemědělské plodiny podle míry ochrany půdy před erozí do 3 skupin:

- s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetačního období (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny), které snižují erozi oproti černému úhoru na jednotky až desetiny procent
- s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (obiloviny, meziploidy, luskoviny), které snižují erozi oproti černému úhoru cca. na čtvrtinu

- s nedostatečnou protierozní ochranou půdy po převážnou část vegetačního období (širokořádkové rostliny - brambory, kukuřice, cukrová řepa), které snižují erozi oproti černému úhoru maximálně o polovinu

Zvláště u poslední skupiny je nutné půdu chránit ponecháním rostlinných zbytků na jejím povrchu. V tomto případě se doporučuje půdu neorat, ale pouze kypřit, aby nebyla překlápěna a většina posklizňových zbytků tak zůstala na povrchu. Tyto zbytky tvoří tzv. nastýlku neboli mulč. Kromě rostlinných zbytků se jako mulč používá např. kompost nebo chlévská mrva. Rostliny širokořádkové a ty, jejichž agrotechnická lhůta setí je v období častého výskytu přívalových dešťů, je možno v zájmu zvýšení protierozní ochrany půdy pomocí speciálních secích strojů sít do ochranné plodiny nebo do strniště předchozí plodiny, které chrání povrch půdy po dobu, kdy hlavní plodina netvoří dostatečný vegetační kryt (Holý 1994). Tento způsob má kromě výhod, kterými jsou vedle protierozní ochrany především zvýšení vlhkosti, zlepšení infiltrace, snížení výparu, omezení tvorby půdního škraloupu, také svoje nevýhody. Těmi je např. snížení teploty půdy, zvýšení rizika zaplevelení, rozmnožení škůdců a šíření chorob rostlin s následnou potřebou aplikace pesticidů, odčerpávání vláhy a živin předplodinou či podplodinou hlavní plodiny. Kromě biologických aspektů jsou tu i ty ekonomické – snižuje se sice počet pojezdů a tím spotřeba energie, na druhou stranu je však zapotřebí výkonnějších traktorů a dražších speciálních secích strojů (Bohuslávek 2002). Při volbě technologie je nutno zohlednit samozřejmě také místní podmínky, možnosti zemědělského podniku a priority – Hůla a kol. (2003) zastává názor, že zatímco v oblastech méně příznivých pro zemědělství (LFA, less-favoured areas) stojí protierozní ochrana na prvním místě, v oblastech intenzivně zemědělsky využívaných lze provádět jen taková opatření, která zajišťují dostatečnou ochranu půdy, ale nemají přitom negativní dopad na intenzitu produkce.

3.6.3 Biotechnická opatření

Ke zřizování biotechnických opatření se přistupuje po uplatnění organizačních a agrotechnických opatření a ve spojení s nimi, když tato nedokážou

ohroženou půdu dostatečně chránit. Tak je tomu na většině orné půdy ve svažitéjších územích, kdy je například vybudování příkopu či jiného liniového prvku jediným účinným způsobem přerušení povrchového odtoku a dosažení z protierozního hlediska přípustné délky pozemku po spádnici. Biotechnická opatření jsou trvalé zásahy technického charakteru (uměle vytvořené linie povrchového odtoku apod.), které by měly být vhodně začleněny do krajiny doplněním o biologickou složku – tzn. zatravněním, případně vysazením doprovodných dřevin. Ozelenění je důležité nejen z estetického hlediska, ale při správném provedení a volbě druhového složení velmi významně přispívá ke správné funkci technických prvků.

Mezi technická protierozní opatření řadíme jednak terénní úpravy, meze a terasy, jednak hydrografické prvky tvořící hydrografickou mikrosít' (Slavík 2000, Dumbrovský 2002).

Terénní úpravy mají přesunutím zeminy v rámci pozemku odstranit vertikální nerovnosti a snížit či odstranit jeho příčný sklon. To vede k částečnému snížení rychlosti povrchového odtoku, ale především k omezení možnosti jeho koncentrace a tedy ke snížení erozního působení. Terénní úpravy lze ovšem provádět pouze na hlubokých půdách. Totéž platí pro terasování, s jehož pomocí lze využít strmé svahy (se sklonem nad 20 %) pro zemědělské účely. Meze považuje Slavík (2000) za základní prvky systému biotechnických opatření. Jedná se o orbou postupem času vzniklý terénní stupeň se sklonem cca 1:1,5 a výškou 1 – 1,5 m, který je většinou zatravněný, případně porostlý keři a stromy. Dumbrovský (2002) či Janeček (2008) však upozorňují, že schopnost meze účinně přerušit povrchový odtok je malá, a je tedy vhodné ji doplnit o některý hydrotechnický prvek (příkop, průleh – viz dále). Pozitivní účinek samotné meze vidí především v ovlivnění směru obdělávání pozemku po vrstevnici či vytvoření vhodných podmínek pro pásové střídání plodin a v mírném snížení sklonu svahu.

Mezi hydrotechnické prvky patří protierozní příkopy, průlehy, hrázky či nádrže. Příkopy a průlehy se dělí do dvou skupin podle funkce a orientace – prvky záchytné a svodné. Záchytné prvky jsou budovány ve směru vrstevnic a mají za úkol účinně přerušit příliš velkou délku svahu po spádnici, zachytit povrchový odtok a zajistit jeho vsak do půdy či bezpečné odvedení mimo pozemek. Někteří autoři (Janeček 2007) odlišují v této skupině jednak prvky záchytné, které slouží k ochraně řešeného pozemku před přítokem cizích vod (např. z výše položeného lesa), jednak prvky sběrné, které zachycují povrchový odtok vzniklý na samotném pozemku.

Sběrné prvky jsou zpravidla zaústřovány do prvků svodných, jež se budují k bezpečnému odvedení přebytečné vody z řešeného území (Slavík 2000).

Příkopy jsou otevřené liniové prvky s příčným profilem tvaru lichoběžníku a sklony svahů 1:1 – 1:2, nejčastěji 1:1,5 (podle soudržnosti zeminy). Nad příkopem je vhodné zatravnit pás o šířce cca 2 metry, který ho chrání před zanášením splaveninami a před poškozením zemědělskou technikou. Do travního pásu je možné vysázet vhodné dřeviny. Příkopy jsou účinná protierozní opatření, jejich nevýhodou však je, že tvoří překážku při obdělávání orné půdy (Holý 1994, Janeček 2007).

Na rozdíl od příkopů jsou průlehy přejezdné, budují se se sklony svahů alespoň 1:5 – 1:10 a lze je dokonce i obdělávat. Jsou vhodným a velmi účinným opatřením na svazích s hlubšími půdami a sklonem do 15 %. Na propustných půdách se budují sběrné průlehy s nulovým podélným sklonem, které slouží k vsáknutí veškeré zachycené vody. Tuto funkci lze podpořit navržením drenáže v ose průlehu. Na méně propustných půdách slouží průlehy s podélným sklonem k odvedení povrchové vody do hydrografické sítě. Tyto průlehy musí být zpevněny zatravněním, aby nedošlo k jejich poškození tekoucí vodou (Dumbrovský 2002). Při návrhu systému průlehů na pozemku se podle tvaru terénu volí mezi paralelními průlehy, které napomáhají vytvoření pravidelného tvaru pozemku, nebo vrstevnicovými, jež se budují tam, kde členitost terénu paralelní systém nedovoluje (Holý 1994). Vzdálenost jednotlivých průlehů se navrhuje podle sklonu terénu v rozmezí 20 – 35 m (Janeček 2007). Zatravněné musí být i svodné průlehy, které se budují v přírodních terénních úžlabinách jako tzv. zatravněné údolnice s příčným profilem ve tvaru paraboly. Zatravněné údolnice chrání dráhy povrchového odtoku, který se přirozeně soustřeďuje v terénních prohlubních. Musí být dobře odvodněny drenáží, aby nedocházelo k jejich poškození případným přejížděním mechaniky či přecházením dobytka. Orba by měla být prováděna přibližně kolmo na směr údolnice, aby nedocházelo k tvorbě rýh (tedy potenciálních nových odtokových drah) podél zatravněného pásu (Janeček 2008). Svodné prvky musí mít takovou kapacitu, aby byly schopné bezpečně odvést alespoň návrhový průtok opakující se jednou za deset let. Výhodou průlehů oproti příkopům je, že na nich nejsou propustky ani další objekty, které se mohou při extrémních srážkových událostech zahltit či ucpat unášeným materiálem, následně prolomit a způsobit povodňovou vlnu s ničivými účinky pro níže položené území. Další výhodou je i jejich snadnější údržba (Dumbrovský 2002).

Protierozní hrázky jsou malé, 1 – 1,5 m vysoké zemní hráze se sklony svahů obvykle 1:1,5, které se budují na úpatí svahů k ochraně především komunikací či staveb před zaplavením či zanesením erozními smyvy. Jejich retenční prostor musí být dimenzován tak, aby byl schopen pojmout nejen veškerou vodu z povrchového odtoku, ale také všechny splaveniny a hrázka přitom nebyla přelita. Hrázky musí být opatřeny výpustným zařízením, kterým po usazení splavenin odtéká na vhodném místě poměrně čistá voda. Svahy a koruna hrázky se stabilizují vegetačním opevněním. Ochranné hrázky lze dobře uplatnit namísto málo účinných mezí v místech s nedostatečným sklonem, kde by v důsledku příliš nízké rychlosti proudění vody docházelo k zanášení příkopů a průlehů (Dumbrovský 2002, Janeček 2007).

Podhrázská (2008/2009) upozorňuje, že při budování (bio)technických opatření za účelem snížení ztrát půdy erozí je třeba pamatovat na to, že tyto prvky pouze brání rozvinutí erozních projevů v dolní části svahu, samotnou půdu však nechrání. Je proto vhodné doplnit je ještě dalšími, zejména agrotechnickými opatřeními, která chrání půdu v pravém slova smyslu.

Holý (1994) či Slavík (2000) zmiňují několik důležitých funkcí protierozních nádrží. Zachycením nárazových přítoků chrání níže položené území před zaplavením i účinky výmolové eroze, zachycují splaveniny a převádějí významný objem povrchového odtoku do podzemních vod. Území nad nádrží pomáhají tím, že zvyšují erozní základnu a zlepšují místní mikroklima a tedy i vláhový režim ovzduší a půdy, čímž zvyšují její protierozní odolnost. Nádrže mohou být trvalé, ze kterých je nutné periodicky odstraňovat sediment, nebo dočasné, které se po zanesení neobnovují, ale přemění na pole, louku či les. Vzhledem k nákladnosti budování nádrží by měly ty trvalé sloučovat více funkcí (např. chov ryb, zásobárna vody pro závlahy apod.) – žádná funkce však nesmí být v rozporu s tou základní, tedy protierozní. Janeček (2007) zmiňuje ještě další typ nádrže, tzv. poldr, který není trvale zatopen. Může být obhospodařován jako louka a pouze při zvýšeném povrchovém odtoku (přivalové deště, jarní tání sněhu) slouží k jeho zadržení. Po pozvolném odtoku vody dochází k vysoušení sedimentu a jeho prorůstání trvalými travními porosty. Splaveniny nemusí být tak často odstraňovány jako z trvale zatopených nádrží a riziko znečištění vody látkami uvolněnými z nánosů je také nižší. Protierozní nádrže mají být podle zmíněného autora budovány s kapacitou pro zadržení návrhového průtoku s dobou opakování alespoň jednou za 50 let a to jako závěrečný prvek systému protierozních opatření v povodí hlavně tam, kde i přes

ostatní provedená opatření dochází k ohrožování intravilánu či jiných důležitých staveb a ke znečišťování zdrojů pitné vody smytými látkami.

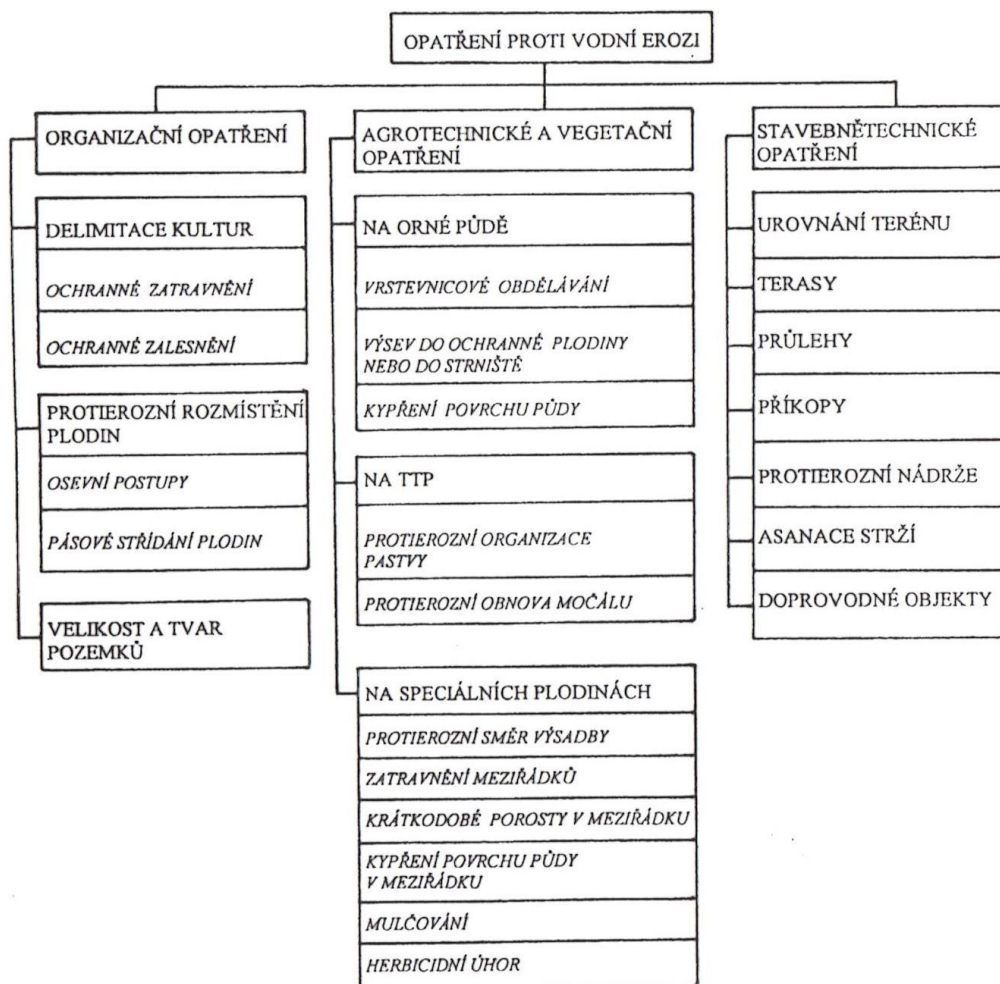
Armstrong a kol. uvádí, že v některých oblastech, například na jílovitých půdách, může objem povrchového odtoku významně snížit také drenáž.

Účinnost protierozních opatření, tedy doba opakování kulminačních průtoků, na něž je jejich kapacita obvykle navrhována, je uvedena v tabulce 4. Návrhová kapacita protierozních prvků se řídí podle nutné míry zabezpečení jednotlivých typů území.

Tabulka 4 Požadovaná zabezpečení různých druhů pozemků – vpravo doba opakování kulminačních průtoků, na něž je nutno navrhovat kapacitu prvků protierozní ochrany (Slavík 2000).

	Doba opakování (roky)
Louky a pastviny	2 – 5
Orná půda	5 – 10
Sady, vinice, chmelnice	10 – 20
Kanály, příkopy, průlehy na terasách	20 – 100
Méně důležité objekty, stavby	10 – 20
Intravilány, stavby	50
Důležitá sídla a průmyslové celky	100
Vodárenské toky a nádrže	20 – 100
Význačné přírodní útvary	20 – 100

Přehled systému uplatňovaných protierozních opatření je znázorněn na obrázku 3. Účinnost souboru všech opatření v povodí musí být posuzována komplexně - z hlediska hospodářského využívání pozemků, ochrany vydatnosti, vyrovnanosti průtoků a kvality podzemních a povrchových vod, jejich akumulace v povodí, retardace kulminačních průtoků, ochrany před erozí a ochrany intravilánů, objektů a inženýrských staveb (Slavík 2000). Při obhospodařování zemědělské půdy by mělo být vždy pamatováno na skutečnost, že je jednodušší a účinnější realizovat preventivní protierozní opatření, než se dodatečně snažit vrátit poškozené půdě její úrodnost (Dumbrovský 2002).



Obrázek 3 Přehled používaných protierozních opatření (Slavík 2000).

4. Charakteristika území

Katastrální území Hořany se nachází ve Středočeském kraji v okrese Kutná Hora, zhruba 3 kilometry severozápadně od obce Kutná Hora. Jeho rozloha je 2,63 km², z čehož je převážná část zemědělsky využívána. Terén je členitý s výraznou depresí Hořanského potoka, nadmořská výška se pohybuje v rozmezí cca od 230 m v jeho severní části do 350 m v jižní části. Klesá tedy zhruba od jihu k severu a svahy mají převážně severní expozici.

V k. ú. Hořany se nachází národní přírodní památka Rybníček u Hořan, který je posledním místem výskytu kriticky ohrožené rdestice hustolisté (*Groenlandia densa*) v České republice. V důsledku vzrůstajícího znečištění vody a postupného zániku mnoha vhodných stanovišť (např. drobných potůčků) byla tato vodní rostlina během minulého století téměř vyhubena. V 70. letech byl zaznamenán úbytek její populace i v Hořanském rybníčku – následkem jeho zanášení sedimentem a s ním souvisejícího zmenšování plochy vodní hladiny. V 90. letech byl rybníček v rámci pozemkové úpravy zrekonstruován a nad ním byl vybudován suchý poldr sloužící k zadržování přívalové vody, aby se zanášení rybníčku smyvy z povodí zamezilo. Chráněné území zahrnuje kromě rybníčku samotného i údolí s pramenem Hořanského potoka a lesními porosty (Přírodní zajímavosti, 20.2.2011).

4.1 Klimatické poměry

Z dat o bonitovaných půdně-ekologických jednotkách (BPEJ), poskytnutých pro účely této práce Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy ve Zbraslavi, byly odvozeny základní klimatické charakteristiky řešeného území. Příslušnost k jednomu z 10 klimatických regionů, na něž je rozčleněno území České republiky, udává první číslice kódu BPEJ. Jednotlivé regiony představují území s relativně homogenními klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin (Sklenička 2003). Do katastrálního území Hořany zasahují 3 klimatické regiony – jejich základní charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Klimatické regiony a jejich charakteristiky (upraveno podle Sklenička 2003).

Kód	Symbol	Charakteristika	Prům. roční teplota (°C)	Prům. úhrn srážek (mm/rok)
2	T2	teplý, mírně suchý	8 - 9	500 - 600
3	T3	teplý, mírně vlhký	(7) 8 - 9	550 - 650 (700)
5	MT2	mírně teplý, mírně vlhký	7 - 8	550 - 650 (700)

4.2 Geologické a půdní poměry

Z geomorfologického hlediska spadá řešené území do Hercynského systému, provincie Česká vysočina. Leží na rozhraní subprovincií Česká tabule (severní část území) a Česko-moravská soustava, oblastí Středočeská tabule a Českomoravská vrchovina, celků Středolabská tabule a Hornosázavská pahorkatina, podcelků Českobrodská tabule a Kutnohorská plošina a okrsků Kolínská tabule a Malešovská pahorkatina (Geomorfologická mapa, 18.2.2011).

Co se týče geologické stavby, vyskytují se hojně metamorfní horniny paleozoického (prvohorního) až proterozoického (starohorního) stáří – dvojslídne (biotit, muskovit) pararuly a migmatity regionu metamorfních jednotek moldanubické oblasti, náležící k soustavě Český masív – krystalinikum a prevariské paleozoikum. Období mezozoika (druhohor) zastupují v severní části řešeného území křemenné, jílovité či glaukonitické křídové pískovce perucko-korycanského souvrství, které jsou součástí České křídové pánve a přísluší k soustavě Český masív – pokryvné útvary a postvariské magmatity. Do stejné soustavy patří kvartérní (čtvrtohorní) spraše a sprašové hlíny, nezpevněné sedimenty obsahující křemen, vápenec a další příměsi. Údolí Hořanského potoka je také tvořeno kvartérními sedimenty, jednak sedimentem písčito-hlinitým až hlinito-písčitým, jednak převážně jemnozrným smíšeným sedimentem holocenního stáří (Geologická mapa, 19.2.2011).

Pro určení půdních poměrů oblasti bylo opět využito dat Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze o bonitovaných půdně-ekologických jednotkách (BPEJ). O genetickém půdním typu, druhu a vlastnostech půdy vypovídá 2. a 3. číslice kódu BPEJ, tzv. hlavní půdní jednotka (HPJ). Podle Vyhlášky MZe č. 546/2002 Sb. je HPJ účelovým seskupením půdních forem příbuzných vlastností, jež jsou určovány genetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, hloubkou půdy, stupněm hydromorfismu, popř. výraznou sklonitostí nebo morfologií terénu a zúrodňovacím opatřením. Přehled půd zastoupených v řešené

oblasti je uveden v tabulce 6. Z 5. Číslo kódu BPEJ (Sklenička 2003) bylo určeno, že se jedná ve všech případech o půdy hluboké.

Tabulka 6 Základní charakteristiky HPJ a jejich srovnání s klasifikačním systémem půd ČR (upraveno podle Sklenička 2003).

HPJ	Genetický půdní představitel	Půdní druh
1. Skupina půd černozemního charakteru (černozemě)		
01	černozemě modální ze spraší	středně těžké
02	černozemě luvické včetně slabě- hluboko oglejených ze spraší	středně těžké
03	černozemě černické ze spraší a polygenetických hlín	střední, těžší
08	černozemě modální, pelické či jiné půdy s regozeměmi na erozí obnažených površích v oblasti eolických sedimentů až slínů	středně těžké
2. Skupina hnědozemních půd (hnědozemě)		
10	hnědozemě modální s event. slabým oglejením ze spraší	středně těžké s těžkým podložím
12	hnědozemě modální někdy slabě oglejené z polygenetických hlín	středně těžké s těžkým podložím
8. Skupina mělkých půd (rendziny, pararendziny, rankery)		
37	rankery modální a kambické až kambizemě rankerové z bazálních a mělkých hlavních souvrství různých hornin poskytujících lehké zvětralinu	lehké až lehčí, středně těžké
11. Skupina půd nivních (fluvizemě)		
58	fluvizemě glejové z lehčích středních až středních sedimentů	středně těžké

4.3 Zjištěný stav pozemků a existujících protierozních opatření

4.3.1 Dostupné informace

V řešeném území je v současné době vybudována soustava několika protierozních opatření. Cílem této diplomové práce je posoudit, zda jsou stávající opatření, která byla navržena v rámci komplexní pozemkové úpravy k. ú. Hořany, vyhovující i při použití jiné metody výpočtu (USLE). Komplexní pozemková úprava byla v k. ú. Hořany zahájena v roce 1996, a to především z důvodu nutnosti řešení problému vodní eroze a protipovodňové ochrany sídel (Hořany, Čertovka, Libenice) (sdělení Pozemkového úřadu Kutná Hora). Plán společných zařízení, jehož součástí

je i návrh protierozních opatření, byl zpracován společností Hydroprojekt a. s. Podle Generelu KPÚ k. ú. Hořany (dále jen Generel) byl pro výpočet míry eroze použit program SMODERP (Simulační model povrchového odtoku a erozních procesů). Model SMODERP simuluje plošný povrchový odtok a erozní procesy ze srážky proměnné intenzity v území do velikosti 1,0 km². Lze jej využít mimo jiné pro stanovení přípustné délky pozemku po spádnicí na základě krajního nevymílacího tečného napětí a krajní nevymílací rychlosti povrchového odtoku (SMODERP – Uživatelský manuál 2001). Protierozní opatření vybudovaná v rámci KPÚ byla navržena na základě maximálních délek pozemků, určených programem SMODERP, při kterých smyv půdy nepřekračuje při navržené kultuře doporučené hodnoty 4 t.ha⁻¹.rok⁻¹, v ochranných pásmech vodních zdrojů 1 t.ha⁻¹.rok⁻¹, při uvažovaném kulminačním odtoku povrchové vody s dobou opakování 10 let u pozemků nad intravilánem, s dobou opakování 5 let u pozemků s odtokem vod mimo intravilán (Generel KPÚ k. ú. Hořany, 1996). V Generelu se bohužel neuvádí, s jakými navrženými kulturami bylo počítáno.

Realizována byla v rámci KPÚ následující opatření.

Byly vybudovány 2 suché poldry sloužící k zadržení přívalové vody a ke zmírnění průběhu případné povodňové vlny. Jeden z nich je umístěn nad Hořanským rybníčkem a chrání kromě intravilánů níže položených obcí také tuto přírodní památku, druhý leží dále po proudu na Hořanském potoce nad obcí Čertovka. Nezbytným pro zajištění zpřístupnění všech pozemků bylo vybudování několika kilometrů nových cest, ve většině případů doplněných o cestní příkopy s protierozní funkcí. Kromě cestních příkopů bylo za účelem přerušení linie povrchového odtoku, vsáknutí přítékající vody či jejího neškodného odvedení do trvalé hydrografické sítě a k zachycení splavenin vybudováno i několik samostatných sběrných a svodných příkopů (informace poskytnuté Pozemkovým úřadem Kutná Hora). Současný stav území včetně výše popsaných protierozních opatření je znázorněn na mapce v příloze 2. Existujícím příkopům byla ponechána označení použitá v Generelu (A, A1, A2, P3, P4 a P10).

Kromě technických prvků bylo v rámci KPÚ navrženo ke zmírnění škodlivých účinků eroze také několik organizačních opatření. Jedná se o převod části orné půdy do kategorie trvalých travních porostů a zvýšení podílu rozptýlené zeleně v krajině. Konkrétně bylo provedeno zatravnění údolnice Hořanského potoka nad Hořanským rybníčkem, doplněné výsadbou dřevin. Zatravněna byla i další výrazná údolnice, nacházející se na pozemku III (viz příloha 2). Byl založen také biokoridor

spojující biocentra Hořanský rybníček a vrch Malý Kuklík, který leží na jihozápad od rybníčku těsně za hranicí řešeného katastrálního území. V Generelu je navrženo i vytvoření doprovodné zeleně podél cest a příkopů – to však nebylo zdaleka ve všech případech realizováno (viz dále). Úprava hospodaření na orné půdě, jako např. úprava osevního postupu či doporučení užívání specifických agrotechnických metod, není v Generelu řešena.

4.3.2 Výsledky terénního průzkumu

Terénní průzkum provedený 7. 3. 2011 byl zaměřen na zjištění skutečného stavu pozemků a protierozních opatření, odhalení případných projevů eroze a orientační určení druhů pěstovaných plodin.

Co se týče osevního postupu (viz kap. 5.1.5), byla na většině pozemků zjištěna buďto ozimá obilnina nebo podmítka či hrubá brázda. Ve spodní části pozemku X (severně od příkopu A2) byly nalezeny posklizňové zbytky kukuřice. Na části pozemku IV, která spadá do k. ú. Hořany, byly mezi osetím ozimou obilninou nalezeny zbytky řepy. Jediná louka se v době průzkumu nacházela v nejsevernější části pozemku VI, vymezené příkopy P4 a A.

Ohledně stavu existujících protierozních opatření a projevů erozní činnosti povrchového odtoku nebyly zjištěny žádné závažné problémy. Eroze, respektive transport splavenin, se zde projevuje především zanášením protierozních příkopů sedimentem, jak dokumentují fotografie v příloze 1. U příkopu P10 (viz mapa v příloze 2), přesněji jeho kratší části situované od západu k východu, zcela chybí na severní straně ochranný zatravněný pás, což způsobuje, že je příkop zanášen zeminou z přilehlého pole (foto 1). V případě příkopu A ochranný travní pás existuje, ale problémem je opevnění příkopu samého. Je tvořeno polovegetačními betonovými tvárnicemi, jejichž otvory je působením podpovrchového odtoku vyplavována zemina (foto 2). Stejně je tomu i u části příkopu A2 západně od příkopu A (foto 3). V opačné části příkopu A2 dochází k zanášení propustku pod cestou, k čemuž pravděpodobně přispívá i zaústění drenáže těsně před propustkem (foto 4, 5).

Lehké projevy eroze v podobě ukládání smyté zeminy byly zaznamenány na severní hranici zatravněné údolnice a přilehlého pole na pozemku III (viz mapa v

příloze 2; foto 6 v příloze 1). V severozápadním cípu pozemku I bylo pozorováno částečné zamokření (foto 7).

Na závěr této kapitoly je možno uvést, že samotná technická protierozní opatření jsou převážně v dobrém stavu, ale trochu jsem postrádala doprovodnou zeleň. Hojněji jsou dřeviny vysázeny pouze v zatravněných pásích podél příkopů P3 a P4, kde jsou zřejmě před okusem zvěří chráněny částečně poničeným plotem. Ojedinelé výsadby - či spíše jejich zbytky - je možno pozorovat také u příkopů A a A2 (foto 8, 9). U cestního příkopu A1 a příslušné cesty není vysazen ani jediný strom či keř, což vede ke vzniku velké vizuálně nerozdělené plochy.

4.3.3 Současný stav řešeného území

Pro snadnější orientaci bylo pro účely této práce řešené území rozděleno na 12 pozemků. Jednotlivé pozemky jsou označeny římskými číslicemi I – XII a jsou vymezeny většinou silnicí, cestou s příkopem či hranicí trvalých kultur (les, sad apod.). Existující protierozní příkopy, které byly vybudovány v rámci KPÚ k. ú. Hořany, mají ponechaná stejná označení jako v Generelu KPÚ k. ú. Hořany.

Pozemek I je ze 3 stran (S, J, V) ohraničen cestou, z toho cesta na severu i silnice na východě jsou opatřeny cestním příkopem. Z jihu vzhledem ke konfiguraci terénu přítok cizích vod nehrozí, avšak na západní hranici pozemku bude muset být tento problém vyřešen, a to v té části, kde k pozemku I přiléhá další blok orné půdy. Přítok cizích vod ze sousedního sadu nehrozí, neboť je celý sad zatravněn a od orné půdy navíc oddělen terénním stupněm s hustým křovinným porostem. Vzhledem k nedostatečnému přerušení linie povrchového odtoku přesahuje řešený blok půdy, označený jako pozemek I, hranice k. ú. Hořany a zasahuje do k. ú. Přítoky.

Pozemek II je vymezen na západě záchytným příkopem P10, realizovaným v rámci KPÚ k.ú. Hořany, na severu silnicí a na jihu a východě cestami s příkopem, vybudovanými také v rámci zmíněné KPÚ.

Pozemek III leží mezi nově (myšleno v rámci KPÚ) vybudovanými cestami na jihu a západě, silnicí na severu a zatravněnou údolnicí Hořanského potoka a obcí Hořany na východě. Orná půda je na pozemku III rozdělena do 2 bloků, které jsou vzájemně odděleny údolnicí, jež byla na základě návrhu

protierozních opatření v rámci KPÚ zatravněna. Východní část pozemku spadá do ochranného pásma 2. stupně vodního zdroje pro Hořany, z čehož vyplývají přísnější podmínky pro hospodaření, včetně snížené přípustné dlouhodobé ztráty půdy erozí.

Pozemek IV tvoří velký blok orné půdy bez účinného přerušení linie povrchového odtoku, který leží svou převážnou částí v k. ú. Dolany u Červených Peček. Z jihu, východu i severu je ohraničen silnicí s příkopem, přičemž na severu se mezi zmíněnou silnicí a ornou půdou nachází zahrady a část zástavby obce Dolany. Na západě sousedí pozemek IV se sadem, ze kterého - díky zatravnění (stejně jako v případě pozemku I) - nehrozí přítok cizích vod.

Pozemek V je z východu a jihovýchodu omezen údolnicí Hořanského potoka, která je trvale zatravněna. Leží zde také suchý poldr I realizovaný v rámci KPÚ a chrání níže položená sídla před záplavami v případě náhlých zvýšených přítoků vody z výše položených pozemků. Na severu, západě a jihozápadě je pozemek V ohraničen silnicí.

Pozemek VI – takto je označen velký blok půdy rozkládající se v jihovýchodní části k. ú. Hořany. Ze 3 stran (zhruba S, Z, J) je ohraničen silnicí s příkopem, na západě potom lesem na vrcholu vrchu Malý Kuklík. Les má poměrně hustý podrost a na níže položené orné půdě nebyly pozorovány žádné známky eroze – předpokládá se tedy, že řešený pozemek není přítokem vody z výše položeného lesa ohrožen. Pozemek VI zasahuje na severovýchodě svým výběžkem, situovaným mezi zmíněným lesem na jih a silnicí Hořany – Kutná Hora na sever od něj, do katastrálního území Kutná Hora. Celý pozemek je jedním z nejvýše položených v řešeném území a zvláště ve své severní části dosahuje poměrně velkých sklonů (okolo 10 %). To znamená, že i riziko eroze je zde zvýšené. V rámci KPÚ k. ú. Hořany bylo na pozemku VI vybudováno několik protierozních opatření. Těmi jsou sběrné příkopy P3 a P4, svodný příkop A a dále biokoridor spojující biocentra Malý Kuklík a Rybníček u Hořan, který však nepředstavuje účinné přerušení dráhy povrchového odtoku.

Pozemek VII leží na sever od silnice Hořany – Kutná Hora. Na západě je omezen nově vybudovanou cestou, která jej odděluje od zástavby obce Hořany, na východě sadem a na severu novou cestou s příkopem A1.

Pozemek VIII se nachází východně od údolnice Hořanského potoka. Z jihu je ohraničen nově vybudovanou cestou s příkopem, na východě a severu silnicí, taktéž

s příkopem. Pozemek VIII leží, stejně jako pozemek III, částečně v ochranném pásmu 2. stupně vodního zdroje pro obec Hořany a i zde tedy platí požadavek snížené přípustné ztráty půdy erozí.

Pozemek IX se rozkládá severovýchodně od obce Hořany. Na východě tvoří jeho hranici vůči pozemku X nová cesta s příkopem A, která byla vybudována v rámci KPÚ. Západní hranici tvoří údolnice Hořanského potoka s poldrem I, do něhož je zaústěn příkop A2. Příkop A2 prochází od sadu za východní hranicí řešeného území na západ přes pozemky X a IX až do zmíněného poldru I. Na severu sousedí pozemek IX se sadem, od něhož je oddělen cestou s příkopem. Nejzápadnější výběžek pozemku, vyplňující ostrý úhel mezi obcí Hořany a zatravněnou údolnicí Hořanského potoka, dosahuje sklonu 15 %, což je několikrát více než ostatní – převážná – plocha pozemku.

Pozemek X, jak již bylo řečeno, je od západně ležícího pozemku IX oddělen novou cestou s příkopem A. Jeho jižní hranici tvoří cesta vybudovaná taktéž v rámci KPÚ a souběžný příkop A1. Východní hranice pozemku je zároveň hranicí k. ú. Hořany a prochází na rozhraní řešeného bloku orné půdy a zatravněného sadu, který už spadá do k. ú. Grunta. Ze severu je pozemek X ohraničen cestou s příkopem, představující taktéž hranici 2 katastrálních území – Hořany a Libenice.

Pozemek XI ležící v severním výběžku k. ú. Hořany je celý tvořen zatravněným sadem – rozvinutí erozních procesů zde tedy nehrozí.

Pozemek XII představuje úzký dlouhý blok orné půdy sevřený údolnicí Hořanského potoka ze západu a silnicí Hořany – Miskovice z východu. Jižní i severní hranici tvoří nově vybudované cesty s příkopy. Celý pozemek XII leží v ochranném pásmu 2. stupně zdroje podzemních vod a musí na něm tedy být dodržena snížená hranice přípustné ztráty půdy erozí.

5. Metodika práce

5.1 Výpočet ztráty půdy erozí

Aby bylo možné navrhovat protierozní opatření, je třeba vědět, zda a v jaké míře je řešené území postiženo erozí. K tomu slouží postupně zdokonalované a ověřované empirické vzorce, z nichž účinky vodní eroze zatím nejpřesněji vystihuje tzv. *univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí* (USLE – Universal Soil Loss Equation) autorů Wischmeiera a Smithe z roku 1978 (Janeček 2008). Její podoba je následující:

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

kde:

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)

R – faktor erozní účinnosti deště

K – faktor erodovatelnosti půdy

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

C – faktor ochranného vlivu vegetačního krytu

P – faktor účinnosti protierozních opatření

Tato rovnice vyjadřuje množství půdy, které může být v dlouhodobém časovém horizontu uvolněno z řešeného pozemku plošnou vodní erozí. Nelze ji použít pro období kratší než jeden rok, ani pro zjišťování ztrát půdy z jednotlivých srážkových událostí. Rovnice taktéž nebere v potaz případné ukládání smytého materiálu v nižších částech pozemku.

Pro zjištění nutnosti protierozních opatření se výsledek rovnice porovnává s přípustnou ztrátou půdy pro daný pozemek. Přípustná ztráta půdy je definovaná jako maximální průměrná roční ztráta půdy, která ještě dovoluje trvale a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy (Janeček 2007). Podle druhu půdy se udávají pro přípustnou ztrátu následující hodnoty (Slavík 2000):

- mělké půdy s hloubkou menší než 30 cm: $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$
- středně hluboké půdy s hloubkou 30 – 60 cm: $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$
- hluboké půdy s hloubkou větší než 60 cm: $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$

Je-li vypočtená hodnota ztráty půdy na řešeném pozemku vyšší než hodnoty přípustné, je nutno přistoupit k zavedení protierozních opatření.

5.1.1 Faktor R – faktor erozní účinnosti deště

Faktor erozní účinnosti srážek závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu (Janeček 2007). Roční hodnotu faktoru R představuje součet faktorů R všech erozně nebezpečných dešťů, které se v daném roce vyskytly. Za takové se považují srážkové události s úhrnem alespoň 12,5 mm, přičemž musí nejméně 6,25 mm spadnout v průběhu 15 minut. Za jednotlivou srážku se počítá taková, která je od předchozího i následujícího deště oddělena dobou delší než 6 hodin. Při výpočtu se vychází z dlouhodobých měření. Pro ČR byla stanovena průměrná roční hodnota faktoru R na $20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, a to na základě 50letého měření ve 3 stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) – Praha – Klementinum, Tábor, Bílá Třemešná. Pro výpočet byly použity deště s úhrny většími než 12,5 mm a intenzitou více než $24 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Nejnovější výzkumy však ukazují, že průměrná roční hodnota faktoru R je na většině území ČR větší než zmíněných $20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. Janeček a kol. (2010) uvádí v roční zprávě k projektu NAZV QH 72085, že vhodnější je počítat s hodnotou dvakrát vyšší, tedy $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. Tato hodnota byla stanovena výpočty na základě Technických řad denních úhrnů srážek, nového sněhu a celkové sněhové pokrývky ČHMÚ, pořízených na 257 stanicích v letech 1971 – 2000.

Jak ukazuje tabulka 7, je rozdělení faktoru R ve vegetačním období značně nerovnoměrné. V měsících červen – srpen spadne přes 80 % erozně nebezpečných srážek a je tedy nutné půdu speciálně v tomto období chránit dostatečným vegetačním pokryvem (Kubátová 2002, Janeček 2007).

Řešení této práce bylo vypracováno ve 2 variantách. Varianta A počítá se starší doporučenou hodnotou faktoru erozní účinnosti deště $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, varianta B s nově doporučovanou (Janeček a kol. 2010) hodnotou faktoru $R = 40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$.

Tabulka 7 Procentní rozdělení faktoru R v jednotlivých měsících vegetačního období (Janeček 2007).

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

5.1.2 Faktor K – faktor erodovatelnosti půdy

Faktor erodovatelnosti půdy neboli náchylnosti půdy k erozi je definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku na jednotku faktoru R ($t \cdot ha^{-1}$). Standardním pozemkem, ke kterému se vztahují hodnoty jednotlivých faktorů počítaných v rámci USLE, se rozumí pozemek o délce 22,13 m a sklonu 9 %, který je udržován jako kypřený černý úhor, obdělávaný ve směru sklonu svahu. Faktory K, L, S, C a P se pak vyjadřují jako poměr ztráty půdy na řešeném pozemku ke ztrátám půdy na pozemku standardním. Faktor K závisí na vlastnostech půdy a lze jej orientačně určit podle tabulky 8 – dle hlavní půdní jednotky (HPJ) bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) v klasifikačním systému půd (Janeček 2007). Hlavní půdní jednotka, jak bylo již uvedeno výše, je účelovým seskupením půdních forem příbuzných vlastností, jež jsou určovány genetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí, hloubkou půdy, stupněm hydromorfismu, popřípadě výraznou sklonitostí nebo morfologií terénu a zúrodňovacím opatřením (Vyhláška MZe 546/2002 Sb.).

Tabulka 8 Hodnoty faktoru K podle hlavní půdní jednotky (HPJ) (Janeček 2007).

HPJ	K - faktor	HPJ	K – faktor
01	0,41	40	0,24
02	0,46	41	0,33
03	0,35	42	0,56
04	0,16	43	0,58
05	0,28	44	0,56
06	0,32	45	0,54
07	0,26	46	0,47
08	0,49	47	0,43
09	0,60	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,50	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,40
16	0,51	55	0,25
17	0,40	56	0,40
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,40
26	0,41	65	nedostatek dat
27	0,34	66	nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	nedostatek dat
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	nedostatek dat
36	0,26	75	nedostatek dat
37	0,16	76	nedostatek dat
38	0,31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

Pokud se v průběhu odtokové linie faktor K mění (tzn. na řešeném pozemku se vyskytnou různé typy půd s rozdílnými vlastnostmi), je třeba pro získání celkové hodnoty faktoru K použít vážený průměr. Pro tyto účely se odtoková linie rozdělí na 10 stejně dlouhých částí, z nichž každá má na konečnou hodnotu jiný vliv (viz tabulka 9). Nejmenší váhu má nejvýše položená desetina, směrem dolů po svahu váha jednotlivých částí roste. Při výpočtu celkové hodnoty faktoru K se tedy násobí každá jednotlivá hodnota faktoru K součtem vah odpovídajících částí svahu. Konečnou hodnotu potom představuje součet takto získaných hodnot (Janeček

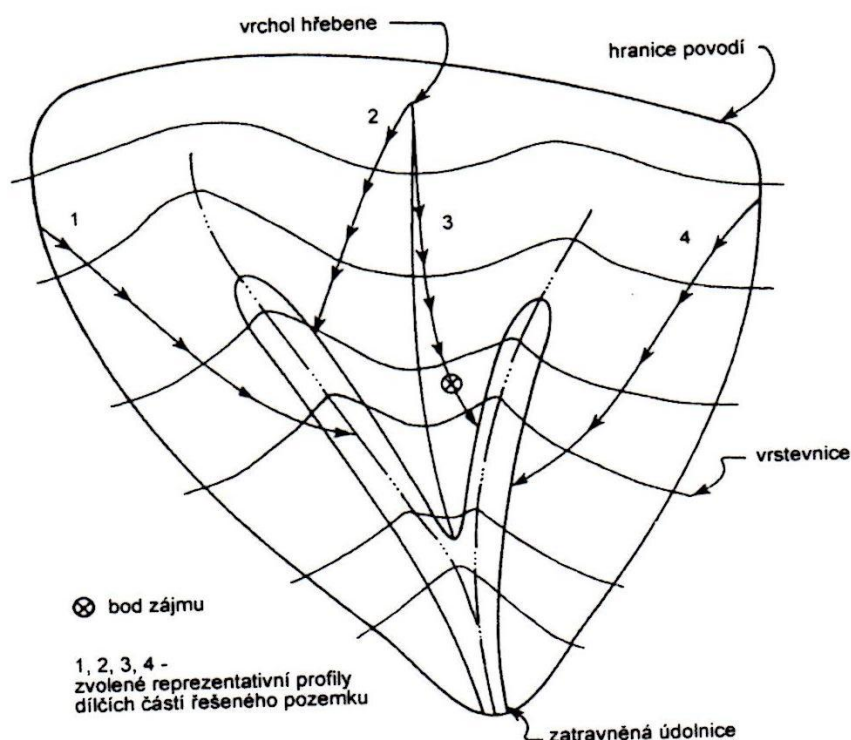
2008). Stejný postup se používá i pro výpočet faktoru S při proměnlivém sklonu svahu (kapitola 5.1.4).

Tabulka 9 Váhy dílčích částí odtokové linie (1. - nejvýše položená desetina, 10. - nejnižší položená desetina) (podle Janeček 2008).

desetina	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
koeficient	0,03	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

5.1.3 Faktor L – faktor délky svahu

Faktor L tvoří společně s faktorem S tzv. topografický faktor LS. Topografický faktor vyjadřuje poměr odnosu půdy na řešeném pozemku s určitou délkou a sklonem ke standardnímu pozemku (22,13 m, 9 %). Určuje se pro tzv. reprezentativní dráhy plošného povrchového odtoku, které na vyšetřovaném pozemku či jeho části představují nejrizikovější linie pro vznik eroze. Tyto dráhy reprezentují místní odtokové poměry a volíme je tam, kde se zdá být topografický faktor ($L \times S$) nejvyšší (viz obrázek 4) (Janeček 2008).



Obrázek 4 Volba reprezentativních drah povrchového odtoku (Janeček 2008).

Hodnota faktoru délky svahu L se stanoví ze vztahu Wischmeiera a Smithe (1978) se zahrnutím přístupu použitého v tzv. *revidované univerzální rovnici ztráty půdy* – RUSLE (Renard v kol. 1997) (cit. Janeček 2007) takto:

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

kde:

l – horizontální projekce nepřerušené délky svahu

m – exponent délky svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

Ze vztahu vyplývá, že intenzita eroze je tím vyšší, čím větší je nepřerušená délka svahu. Za nepřerušenou délku svahu se považuje horizontální vzdálenost místa vzniku povrchového odtoku (tedy nejvýše položený bod dané části pozemku) k místu, kde buď klesá sklon svahu natolik, že dochází k ukládání unášeného materiálu, nebo kde se plošný odtok soustřeďuje do drah. Za účinné přerušení povrchového odtoku (tzn. délky svahu l pro tento výpočet) se považují sběrné příkopy, průlehy a protierozní hrázky, nikoli však meze, přes které může voda přeřinovat (Janeček 2008).

Hodnoty exponentu m jsou uvedeny v tabulce 10. Závisí na sklonu svahu a poměru rýžkové eroze k plošné. Nízký poměr vykazují pastviny a jiné ulehlé půdy, střední poměr platí pro pozemky s řádkovými plodinami a středně ulehlé půdy a vysoký poměr rýžkové eroze k plošné se uplatňuje na mladých antropogenních či velmi zkyprěných půdách a také na strmých zemědělsky využívaných svazích.

Tabulka 10 Hodnoty exponentu m (Janeček 2007).

Sklon svahu (%)	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí			Sklon svahu (%)	Poměr mezi rýžkovou a plošnou erozí		
	Nízký	Střední	Vysoký		Nízký	Střední	Vysoký
0,2	0,02	0,04	0,07	12,0	0,37	0,55	0,71
0,5	0,04	0,08	0,16	14,0	0,40	0,57	0,72
1,0	0,08	0,15	0,26	16,0	0,41	0,59	0,74
2,0	0,14	0,24	0,39	20,0	0,44	0,61	0,76
3,0	0,18	0,31	0,47	25,0	0,47	0,64	0,78
4,0	0,22	0,36	0,53	30,0	0,49	0,66	0,79
5,0	0,25	0,40	0,57	40,0	0,52	0,68	0,81
6,0	0,28	0,43	0,60	50,0	0,54	0,70	0,82
8,0	0,32	0,48	0,65	60,0	0,55	0,71	0,83
10,0	0,35	0,52	0,68				

5.1.4 Faktor S – faktor sklonu svahu

Se zvyšujícím se sklonem svahu roste erozní účinnost povrchového odtoku ještě rychleji, než se zvětšující se délkou svahu. Hodnota faktoru sklonu svahu S se určuje pomocí vztahů (Renard a kol. 1997; cit. Janeček 2008):

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

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

kde s je sklon svahu (rad)

Pokud se sklon svahu v průběhu reprezentativní odtokové linie mění, je nutné vypočítat faktor S pro každý, zhruba rovnoměrně sklonitý úsek zvlášť. Z výsledných hodnot S_i se pak vypočte vážený průměr, neboť ne každý úsek má na výslednou hodnotu faktoru sklonu svahu S stejný vliv. Odtokovou linii dělíme (stejně jako u faktoru K, kap. 5.1.2) pro tyto účely na 10 stejně dlouhých dílů, jejichž váhy jsou uvedeny v tabulce 11. Tyto váhy představují koeficienty, kterými je nutno opravit hodnotu S pro každý z deseti dílčích úseků odtokové linie před jejich sečtením.

Tabulka 11 *Váha (koeficient) jednotlivých úseků reprezentativní linie odtoku (podle Janeček 2008).*

desetina	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
koeficient	0,03	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

5.1.5 Faktor C – faktor ochranného vlivu vegetačního krytu

Faktor C vyjadřuje opět poměr mezi ztrátou půdy na pozemku s pěstovanými plodinami ke ztrátě na pozemku reprezentativním, tedy po každém dešti kypřeném černém úhoru. Faktor ochranného vlivu vegetace je nutné počítat pro každou plodinu osevního postupu zvlášť, a to v následujících 5 obdobích (Wischmeier, Smith 1978):

1. období podmítky a hrubé brázdy
2. období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí (sázení)
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

Váhu jednotlivých hodnot faktoru C je nutno korigovat procentuálním rozdělením faktoru R v jednotlivých obdobích. Faktory C, vypočtené pro jednu plodinu ve všech 5 obdobích a opravené faktorem R se sečtou, čímž získáme faktor C pro danou plodinu. Konečnou hodnotou, kterou dosadíme do rovnice, je potom průměr všech faktorů C, vypočtených zvlášť pro každou jednotlivou plodinu osevního postupu. Hodnoty faktoru C jsou pro běžné plodiny a agrotechnické postupy uvedeny v tabulce 12.

Pro účely této práce byla využita data geoinformačního portálu VÚMOP, v.v.i. SOWAC GIS – hodnoty faktoru C pro řešené území zde byly odečteny z mapy (Faktor ochranného vlivu vegetace, 26.3.2011). Tato mapa byla podle metadat aktualizována 1. 9. 2010 a faktor C byl určen dle klimatických regionů, a sice podle metodiky autorů Kadlece a Tomana (2002).

Tabulka 12 Hodnoty faktoru C pro běžné plodiny (Janeček 2008).

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

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

5.1.6 Faktor P – faktor účinnosti protierozních opatření

Janeček (2008) uvádí několik druhů protierozních opatření, která, jsou-li správně prováděna, snižují hodnotu faktoru P. Jedná se například o pásové střídání plodin nebo hrázkování či brázdování podél vrstevnic (tabulka 13). Pokud existují pochybnosti o dodržování těchto opatření, nelze s faktorem P počítat a je nutno dosadit do rovnice hodnotu $P = 1$. S hodnotou $P = 1$ bylo počítáno i v této práci, protože žádná z uvedených opatření nebyla prokazatelně zjištěna.

Tabulka 13 Hodnoty faktoru P (Janeček 2007).

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

5.2 Zjištění stavu řešeného území

5.2.1 Základní seznámení s územím

Pro získání potřebných informací o řešeném území bylo využito zejména digitálních mapových podkladů poskytnutých pro účely této práce Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK) v Praze a Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP, v.v.i.) v Praze. ČÚZK poskytl výškopisné i polohopisné rastrové mapy řešeného území a mapové listy základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED[®]), mezi nimiž jsou i vrstevnicové mapy - základní podklad pro výpočet míry eroze. VÚMOP, v.v.i. poskytl data o bonitovaných půdně ekologických jednotkách v k. ú. Hořany. Velmi užitečným zdrojem informací byly i různé tematické mapy ČR (ortofoto, geomorfologie, geologie, klima atd.) stažené z veřejně přístupného portálu geoportal.cenia.cz, zobrazované v programu GIS. Některé další doplňující informace o řešené oblasti byly taktéž nalezeny na internetu. Základní údaje o proběhlé komplexní pozemkové úpravě v katastrálním území Hořany byly na požádání poskytnuty Pozemkovým úřadem v Kutné Hoře.

5.2.2 Terénní průzkum

Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství 122/2007 Sb. je třeba dbát při provádění terénního průzkumu (pro pozemkové úpravy) mimo jiné na způsob současného užívání pozemků a označení jejich hranic, na technický stav komunikací včetně jejich součástí a příslušenství a přístupu na pozemky, na zjištění projevů eroze, jakými jsou smyvy, zamokření, dráhy soustředěného odtoku vody, rýhy atd. a na rozmístění a stav všech prvků sloužících k ochraně proti erozi, rozmístění a stav ochranné zeleně a dalších prvků významných pro tvorbu a ochranu krajiny včetně uchování krajinného rázu (např. meze, dřeviny rostoucí mimo les).

První vlastní terénní průzkum byl proveden 18. 1. 2011 za účelem bližšího seznámení s terénem a zhlédnutí stavu existujících protierozních opatření. Druhý terénní průzkum, uskutečněný 7. 3. 2011, byl zaměřen na ověření druhu a hranic jednotlivých pozemků, odhalení případných projevů eroze, poškození technických protierozních prvků apod. Byly pořízeny fotografie dokumentující nejdůležitější skutečnosti (viz příloha 1). Pozornost byla věnována i stávající fázi osevního postupu jednotlivých pozemků (hrubá brázda, ozimá obilnina atd.), případně rostlinným zbytkům z předešlého období. Již při terénním průzkumu byla vytipována možná problematická místa, na něž bude žádoucí se podle subjektivního názoru autorky v rámci řešení zaměřit.

6. Výsledky práce

6.1 Zjištěná ztráta půdy na řešených pozemcích

Všechny provedené výpočty vychází ze zjištěného současného reálného stavu řešeného území. To znamená, že protierozní opatření, která byla realizována v rámci KPÚ k. ú. Hořany, jsou do nich zahrnuta. Jedná se především o technická (protierozní příkopy, nové cesty,...) a některá organizační (zatravnění údolnic) opatření.

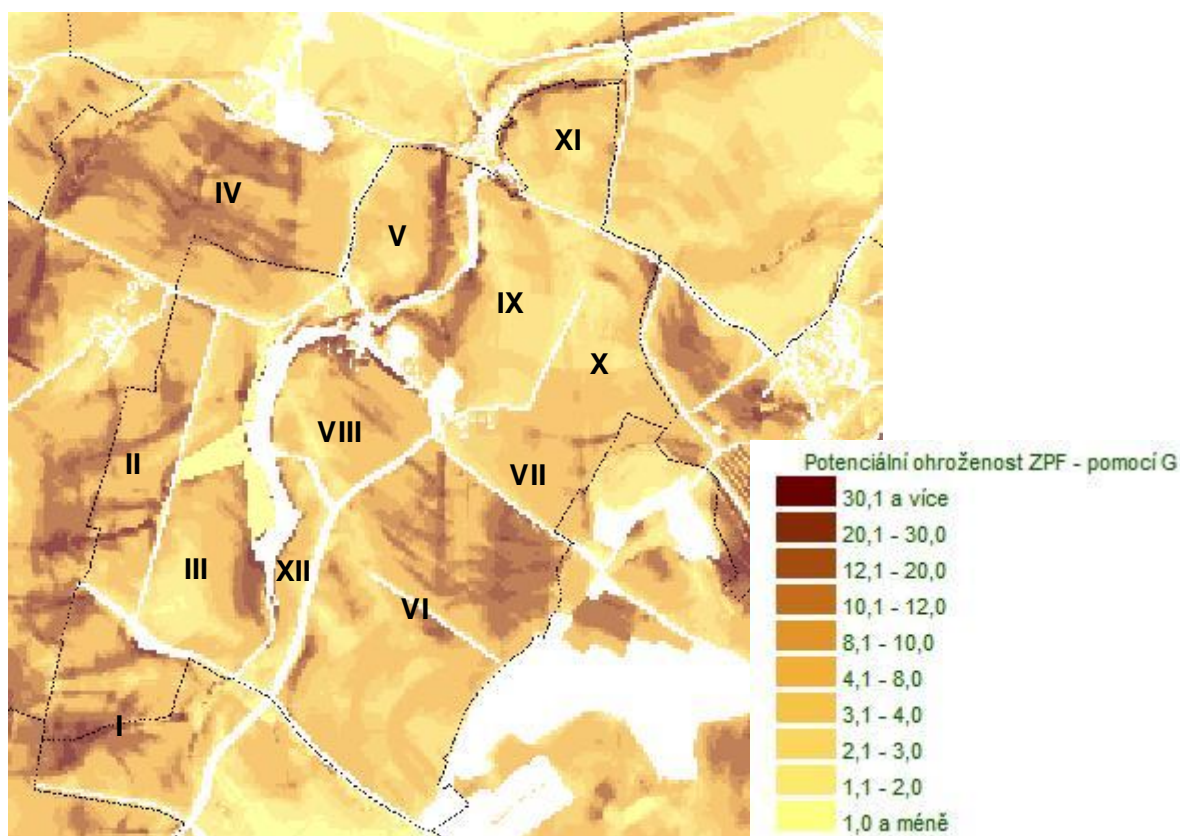
Výsledné hodnoty jednotlivých faktorů a celková ztráta půdy erozí z řešených pozemků jsou uvedeny v tabulce 14. Na všech pozemcích v zájmovém území se vyskytují hluboké půdy, pro které – z hlediska zachování úrodnosti – platí přípustná průměrná dlouhodobá ztráta půdy $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. Z tabulky 14 je patrné, že při použití R-faktoru = $20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ (varianta A) jsou limity přípustné ztráty půdy na většině území splněny. Výjimkou jsou pouze některé, zejména sklonitější části pozemků IV, VI a IX, kde je přípustná hodnota ztráty půdy (zpravidla ne výrazně) překročena. Speciálním případem jsou potom pozemky III, VIII a XII, které limit $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ z hlediska zachování úrodnosti půdy splňují, leží však (III a VIII částečně) v ochranném pásmu vodního zdroje 2. stupně a platí pro ně proto doporučené snížení přípustné ztráty půdy o jeden stupeň, tedy na hodnotu $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Podhrázská, Dufková 2005).

Při použití R-faktoru = $40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ (varianta B), který je nově podle posledních výzkumů (Janeček a kol. 2010) doporučován, jsou však přípustné hodnoty ztráty půdy na většině území značně (někde až dvoj- či dokonce trojnásobně) překročeny (tabulka 14).

Tabulka 14 Výsledné hodnoty jednotlivých faktorů USLE a z nich vypočtená průměrná dlouhodobá ztráta půdy erozí G ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$). Varianta A – pro faktor R = 20 $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$, varianta B – pro faktor R = 40 $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$. Gpříp. – přípustná ztráta půdy z daného pozemku ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$). Překročené hodnoty jsou tučně zvýrazněny. Faktor C byl převzat z mapy „Faktor ochranného vlivu vegetace“ z portálu SOWAC GIS.

Linie	K	L	S	C	P	Gpříp.	Varianta A		Varianta B	
							R1	G1	R2	G2
I a	0,53	4,62	0,52	0,229	1	10	20	5,83	40	11,65
I b	0,53	3,28	1,25	0,229	1	10	20	9,98	40	19,96
I c	0,53	3,12	0,78	0,229	1	10	20	5,94	40	11,88
II a	0,52	3,00	0,62	0,229	1	10	20	4,47	40	8,95
II b	0,53	2,84	0,68	0,229	1	10	20	4,66	40	9,32
II c	0,53	2,79	0,88	0,229	1	10	20	5,97	40	11,93
III a	0,53	2,80	1,40	0,229	1	4	20	9,50	40	19,00
III b	0,53	2,62	0,97	0,229	1	4	20	6,18	40	12,36
IV a	0,53	4,18	0,73	0,260	1	10	20	8,36	40	16,72
IV b	0,53	4,89	0,91	0,260	1	10	20	12,23	40	24,46
IV c	0,53	3,68	0,78	0,266	1	10	20	8,07	40	16,15
V a	0,53	3,46	0,74	0,266	1	10	20	7,22	40	14,44
VI a	0,53	4,15	0,55	0,229	1	10	20	5,52	40	11,05
VI b	0,52	4,59	1,02	0,245	1	10	20	11,95	40	23,90
VI c	0,51	2,99	1,37	0,254	1	10	20	10,68	40	21,37
VI e	0,53	2,57	1,30	0,254	1	10	20	9,01	40	18,01
VI f	0,53	4,19	1,43	0,254	1	10	20	16,15	40	32,30
VI g	0,53	3,05	1,47	0,254	1	10	20	12,06	40	24,13
VI h	0,53	2,94	1,27	0,254	1	10	20	10,06	40	20,12
VI i	0,53	2,38	0,95	0,229	1	10	20	5,48	40	10,96
VI j	0,53	3,08	1,27	0,254	1	10	20	10,56	40	21,12
VI k	0,53	2,38	0,95	0,254	1	10	20	6,08	40	12,16
VII a	0,53	2,92	0,70	0,254	1	10	20	5,49	40	10,98
VII b	0,53	3,61	0,78	0,254	1	10	20	7,57	40	15,15
VII c	0,53	2,72	0,75	0,254	1	10	20	5,51	40	11,02
VIII a	0,53	3,21	0,75	0,254	1	10	20	6,50	40	13,00
VIII b	0,53	2,58	0,68	0,254	1	4	20	4,70	40	9,39
VIII c	0,53	2,23	0,77	0,254	1	4	20	4,64	40	9,28
IX a	0,53	3,05	0,86	0,254	1	10	20	7,09	40	14,17
IX b	0,53	2,11	1,99	0,254	1	10	20	11,30	40	22,60
IX c	0,53	2,54	0,39	0,254	1	10	20	2,64	40	5,29
X a	0,53	2,31	0,34	0,254	1	10	20	2,09	40	4,18
XII a	0,53	2,41	0,88	0,229	1	4	20	5,16	40	10,31

Potenciální ohroženost zemědělského půdního fondu erozí lze vyčíst také z příslušné tematické mapy geoinformačního portálu SOWAC GIS (obr. 5). SOWAC GIS (Geoinformation System for Soil and Water Conservation) byl vyvinut Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy, v.v.i. (VÚMOP, v.v.i.) pro zobrazování výsledků jím prováděného výzkumu. (VÚMOP, v.v.i. je veřejná výzkumná instituce zabývající se rozvojem vědního poznání v oborech komplexních meliorací, pedologie a informatiky vztahující se k těmto oborům; VÚMOP, v.v.i. 2007). Pro srovnání výsledků výpočtů uvedených v tabulce 14 a údajů udávaných Výzkumným ústavem pro dané území je na obrázku 5 znázorněna Mapa potenciální ohroženosti zemědělského půdního fondu (2009), získaná z portálu SOWAC GIS. Pro lepší orientaci jsou do mapky doplněna čísla pozemků, které byly řešeny v rámci diplomové práce (podrobnější mapa, včetně zobrazení jednotlivých linií odtoku uvedených v tabulce 14, je k nalezení v příloze 2).



Obrázek 5 Mapa potenciální ohroženosti zemědělského půdního fondu vodní erozí (převzato z geoinformačního portálu SOWAC GIS).

Mapa na obrázku 5 byla vytvořena ve VÚMOP, v.v.i. v roce 2009. Dlouhodobý průměrný smyv půdy byl počítán, jak je uvedeno v metadatech příslušné vrstvy, na základě Univerzální rovnice (USLE). Každý z faktorů (R, K, L, S, C, P) představovala jedna rastrová vrstva s prostorovým rozlišením 10 m. Tyto vrstvy poté vstoupily do výpočtu, jehož výsledkem je předkládaná mapa. Vstupní hodnoty jednotlivých faktorů, se kterými bylo počítáno, nejsou bohužel známy.

Při porovnání výsledků v tabulce 14 s daty znázorněnými na mapě na obrázku 5 je vidět, že se v obou případech jako nejhroženější jeví pozemky I, IV a VI. Zvýšené riziko eroze je patrné také ve spodních částech pozemků ležících kolem údolnice Hořanského potoka, které mají zpravidla větší sklony než ostatní plocha těchto pozemků. Větší rozdíly v hodnotě G je možné pozorovat na pozemku II, kde podle SOWAC GIS dosahuje místy hodnot až kolem $20 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$, zatímco podle výsledků výpočtů shrnutých v tabulce 14 se zde průměrná dlouhodobá ztráta půdy pohybuje kolem $10 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Tento rozdíl by mohl být způsoben např. rozdílnou hodnotou faktoru C vstupující do výpočtů. V souhrnu lze říci, že data VÚMOP, v.v.i. potvrzují výsledky získané v rámci diplomové práce a obrázek 5 může posloužit pro získání hrubé představy o rozložení erozně nejhroženějších ploch v řešeném území.

6.2 Návrh řešení

Návrh řešení je vypracován ve dvou variantách. Varianta A (faktor $R = 20 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$) počítá s ponecháním současného rozsahu (technických) prvků protierozní ochrany v řešeném území, zaměřuje se však na možnosti odstranění některých nedostatků zjištěných během terénního průzkumu. Varianta B se zabývá možností rozšíření a doplnění stávajících protierozních opatření tak, aby vyhovovala i při nově zvolené hodnotě faktoru erozní účinnosti deště $R = 40 \text{ MJ.ha}^{-1}.\text{cm.h}^{-1}$.

Obě varianty řešení se snaží co nejméně zasahovat do zemědělského půdního fondu. Předkládaná opatření byla navrhována ve snaze zajistit potřebnou protierozní ochranu při co nejmenším záboru orné půdy. Podle ČSN 75 4500 byla upřednostňována organizační opatření před technickými. Agrotechnická opatření nebyla ve větší míře navrhována, neboť nebyly známy možnosti a technické vybavení subjektů hospodařících v řešeném území.

V této kapitole jsou nejprve popsány jednotlivé druhy navržených opatření spolu s některými doporučeními pro jejich realizaci, dále potom (v kapitolách 6.2.3 a 6.2.4) konkrétní navrhovaný rozsah těchto opatření pro každou z variant řešení A a B.

6.2.1 Organizační opatření

Ochranné zatravnění

Zatravnění bylo navrženo na erozi silně ohrožených pozemcích za účelem ochrany půdy před škodlivým působením dopadajících kapek přívalových dešťů a před erozními účinky povrchového odtoku. Trvalý travní porost chrání půdu jednak tím, že svými nadzemními částmi tlumí kinetickou energii deště dopadajícího na půdní povrch, jednak tím, že svým kořenovým systémem půdu zpevňuje - zvyšuje její soudržnost a tedy odolnost proti odplavení. Hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace trvalých travních porostů $C = 0,005$ (Janeček 2008). K zatravnění jsou navrženy i některé (převážně spodní) části pozemků ležících nad intravilánem obcí a v ochranném pásmu vodního zdroje. Zde je hlavním účelem zatravnění snížení rychlosti povrchového odtoku a tím i jeho unášecí schopnosti, které vede k uložení unášených částic. Dalším příznivým účinkem trvalých travních porostů je podpora vsaku vody do půdy a snižování objemu povrchového odtoku. Tím vším přispívá zatravnění k ochraně níže položených objektů před zaplavením a zanášením sedimenty. Do třetice bylo zatravnění navrženo také nad všemi technickými protierozními prvky (příkopy, průlehy) v podobě různě širokých ochranných zasakovacích pásů, které zvyšují účinnost těchto prvků a částečně je chrání před mechanickým poškozením. Zatravnění (např. ostrých úhlů) lze využít také pro upravení tvaru pozemku do podoby vhodné pro obdělávání zemědělskou technikou či pro vytvoření dobrých předpokladů pro provádění agrotechnických operací ve směru vrstevnic.

Schiechtel a Stern (1992) uvádějí, že by pro trvalé zatravnění měly být použity takové druhy trav a bylin, které kromě toho, že poskytují dostatečnou ochranu půdě, jsou nenáročné na péči a/nebo se jedná o druhy užitkové. Konkrétní výběr pak závisí na požadované funkci daného opatření (zda má trvalý travní porost sloužit např. jako užitková louka či je jeho hlavním úkolem stabilizace svahů protierozního příkopu apod.). Pro dostatečné zpevnění půdy je podle nich důležité, aby bylo

prokořeněno co nejvíce vrstev půdy – toho lze docílit společným nasazením více druhů, z nichž některé tvoří hustou, bohatě rozvětvenou síť kořenů ležící poměrně mělce pod povrchem, jiné mají kořeny sahající do větší hloubky (např. jeteloviny). Vybírat lze podle zmíněných autorů např. z následujících druhů s širokou ekologickou valencí: kostřava červená (*Festuca rubra*), lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), psineček výběžkatý (*Agrostis stolonifera*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), jetel plazivý (*Trifolium repens*), jetel luční (*Trifolium pratense*), tomka vonná (*Anthoxanthum odoratum*), úročník bolhoj (*Anthyllis vulneraria*).

Úprava osevního postupu

V měsících červen – srpen spadne přes 80 % erozně nebezpečných srážek a je tedy nutné půdu speciálně v tomto období chránit dostatečným vegetačním pokryvem (Kubátová 2002). Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu právě v době největšího výskytu přívalových dešťů. Je tedy zřejmé, že nejlepší ochranu půdy zajišťují kultury trav a jetelovin, zatímco širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny), pěstované bez jakýchkoliv ochranných opatření, chrání půdu zcela nedostatečně (Janeček 2007).

Do jaké míry je půda danou plodinou chráněna vyjadřuje číselně faktor C (který se proto nazývá faktor ochranného vlivu vegetace). Na pozemcích, kde je přípustná ztráta půdy překročena, lze dosáhnout jejího snížení právě snížením hodnoty faktoru C, resp. zvýšením ochranného působení vegetace na půdu výběrem vhodných plodin a způsobu pěstování. K tomu je zapotřebí nejprve určit takovou hodnotu faktoru C, při které (za předpokladu, že hodnoty ostatních faktorů zůstanou nezměněné) bude na pozemku docházet k nižší, nanejvýš stejně velké ztrátě půdy, jako je ztráta přípustná (v tomto případě $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ v ochranném pásmu vodního zdroje, $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ na ostatních pozemcích). Tato návrhová přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace ($C_{\text{přip.}}$) se určí ze vztahu:

$$C_{\text{přip.}} = G_{\text{přip.}} / (R * K * L * S * P)$$

kde: $G_{\text{přip.}}$ – přípustná průměrná dlouhodobá ztráta půdy erozí ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)

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

K – faktor erodovatelnosti půdy

L – faktor délky svahu

S – faktor sklonu svahu

P – faktor účinnosti protierozních opatření

Přípustná hodnota faktoru C (a tedy i z ní vyplývající požadovaná opatření) se pro jednotlivé pozemky v řešeném území liší, což je dáno rozdíly jejich parametrů, způsobu využití apod. Číselně jsou tyto rozdíly vyjádřeny hodnotami jednotlivých faktorů vstupujících do výše uvedené rovnice, ze které je vypočtena přípustná hodnota faktoru $C_{\text{přip.}}$ individuálně pro každý z řešených pozemků. Od této vypočtené hodnoty $C_{\text{přip.}}$ se potom odvíjí požadovaná opatření, která by vedla k jejímu dosažení.

Nejjednodušším opatřením pro snížení hodnoty faktoru C je úprava struktury pěstovaných plodin – tedy vyloučení či omezení pěstování těch, které půdu nedostatečně chrání v době jejího největšího ohrožení (širokořádkové plodiny), a naopak zařazení více plodin s vysokým protierozním účinkem (Podhrázká, Dufková 2005). Janeček (2008) řadí běžně pěstované plodiny vzestupně podle jejich protierozního účinku následovně: plodiny okopaninového charakteru (slunečnice, brambory, cukrovka, kukuřice; C faktor okolo 0,6) – hrách – řepka ozimá – obilnina jarní – obilnina ozimá – vojtěška – jetel ($C = 0,01$). Požadovanou hodnotou $C_{\text{přip.}}$ se rozumí průměrná hodnota celého osevního postupu (nikoliv hodnota C každé jednotlivé plodiny).

Další skupinou opatření, která mohou významně zvýšit ochranné působení vegetačního krytu (tzn. snížit faktor C), jsou opatření agrotechnická (viz kapitola 3.6.2). Z nich je možno jmenovat např. bezorebný výsev do strniště předchozí plodiny, do vymrzlé jarní meziplodiny seté na podzim či do herbicidem ošetřeného travního porostu. Všechny rostlinné zbytky ponechané na pozemku zdrsňují půdní povrch, čímž zpomalují povrchový odtok a zlepšují podmínky pro jeho vsak do půdy. Při použití vhodných agrotechnických opatření lze pěstovat i plodiny s malým protierozním účinkem, aniž by došlo k nadměrnému ohrožení půdy. Nevýhodou agrotechnických opatření je, že vyžadují speciálně upravené mechanizační prostředky. Základem je potom, pokud to terén a zemědělské stroje dovolují,

provádění veškerých operací ve směru vrstevnic, nejvýše s malým odklonem od nich (Podhrázská, Dufková 2005).

Doplnění doprovodné zeleně

Doprovodná zeleň je v první řadě navrhována pro podporu správného fungování protierozních opatření, neméně důležitá je však její krajnotvorná funkce. Např. liniová zeleň podél příkopů může sloužit také jako lokální biokoridory. Porost poskytuje útočiště živočichům a dopomáhá ke zvyšování druhové rozmanitosti. Biodiverzita pak významně přispívá ke zvyšování ekologické stability krajiny (Sklenička 2003). Doprovodná zeleň je důležitá i z hlediska estetického – nově vybudované polní cesty mohou kromě zemědělců hospodařících na přilehlých pozemcích využívat i místní obyvatelé. Zde si dovoluji tvrdit, že procházka alejí je jistě pro většinu lidí příjemnější než otevřený pohled na „nekonečný“ lán pole. Jako jednu z mnoha dalších důležitých funkcí rozptýlené zeleně v krajině uvádí Sklenička (2003) např. funkci orientační pro větší volně žijící živočichy. Vedle fyzicky měřitelných přínosů, jako je udržování příznivějšího mikroklimatu, ochrana před sluncem v horkých letních dnech pro zvířata i člověka atd. má rozptýlená zeleň v krajině i výše zmíněnou estetickou hodnotu – dotváří určitý charakter krajiny, podílí se na tvorbě krajinného rázu (Sklenička 2003).

Aby mohla krajinná zeleň co nejlépe zastávat všechny výše uvedené funkce, je nutné respektovat druhové složení odpovídající místním klimatickým podmínkám. Většina rozlohy řešeného území leží v nadmořské výšce 250 – 350 metrů, což přibližně odpovídá bukodubovému vegetačnímu stupni (Sklenička 2003, podle Zlatník 1976). Podle Mapy potenciální přirozené vegetace by se v daném území měly vyskytovat černýšové dubohabřiny a bikové a/nebo jedlové doubravy. Půdy označené číslem hlavní půdní jednotky 10 a 12 kódu BPEJ, které pokrývají převážnou část řešeného území, patří podle Kinčla (1995) do mezotrofní, tedy živinami středně bohaté trofické řady. Vhodnými dřevinami mj. pro pásové výsadby v těchto podmínkách jsou dle skladby dřevin podle STG mezi jinými např. následující druhy:

- stromy: buk lesní, dub letní, dub zimní, habr obecný, jabloň lesní, jasan ztepilý, javor babyka, javor mléč, jeřáb břek, jeřáb ptačí, jilm habrolistý, jilm vaz, lípa malolistá, lípa velkolistá, topol bílý, topol osika, třešeň ptačí, vrba jíva

- keře až stromy: dřín obecný, jalovec obecný pravý, jeřáb muk, řešetlák počistivý
- keře: brslen bradavičnatý, dřišťál obecný, kalina obecná, kalina tušalaj, klokoč zpeřený, ptačí zob obecný, růže polní, trnka obecná, svída krvavá, líska obecná.

Pro realizaci výsadeb je doporučeno kombinovat uvedené dřeviny s přihlédnutím ke konkrétnímu stanovišti a funkci tak, aby byla zajištěna druhová rozmanitost a aby bylo rovnoměrně zastoupeno stromové i keřové patro. Při volbě dřevin bude zřejmě nutné přihlédnout také k dostupnosti jejich semenáčků a sazenic v dané lokalitě.

V Generelu KPÚ k. ú. Hořany byla navrhována doprovodná zeleň u většiny, především liniových, prvků (cesty, záchytné příkopy). Ve skutečnosti ale nebyla některá opatření, včetně výsadeb, realizována. Terénním průzkumem bylo navíc zjištěno, že tam, kde se doprovodná zeleň vyskytuje, není vždy v dobrém stavu ani v dostatečném rozsahu (viz foto 8, 9 v příloze 1).

6.2.2 Technická a biotechnická opatření

Záchytný příkop

V obou variantách je z důvodu zamezení přítoku cizích vod z výše položených ploch nutné vybudovat záchytný příkop na západní hranici pozemku I, která je zároveň hranicí katastrálních území Hořany – Dolany u Červených Peček a dále na jih potom Přítoky – Miskovice. Tento příkop byl navržen již v Generelu KPÚ k. ú. Hořany, podle nějž měl navazovat na příkop P10 (viz mapa v příloze 2). Na rozdíl od příkopu P10 nebyl však ve skutečnosti realizován.

Záchytný příkop je doporučeno vybudovat s vegetačním opevněním a dimenzovat na kulminační průtok s dobou opakování 5 – 10 let, neboť je navržen k ochraně orné půdy a neleží pod ním žádné významné objekty. Nad příkopem je navržen 10 m široký zatravněný pás, který má zpomalovat povrchový odtok, usnadňovat vsak vody do půdy a podporovat tak protierozní funkci záchytného příkopu. Navržený příkop začíná u cesty, jež tvoří jižní hranici pozemku I, odkud směřuje přibližně na sever podél hranice katastrálního území až k cestě tvořící severní hranici pozemku I, do jejíhož příkopu je zaústěn.

Úprava opevnění stávajících příkopů

Jak bylo zjištěno při terénním průzkumu (kap. 4.3.2), opevnění některých příkopů polovegetačními tvárniciemi neplní správně svou funkci, neboť zemina z okolních pozemků je působením podpovrchového odtoku vyplavována do prostoru příkopu (viz příloha 1 foto 2, 3). Příčinou je pravděpodobně skutečnost, že jsou tvárnice nedostatečně prorostlé trávou a označení „polovegetační“ není ve skutečnosti příliš na místě. Pro zajištění správné funkce příkopu by bylo vhodné ho vyčistit a zajistit dodatečné zatravnění.

Dalším zjištěným nedostatkem u stávajících protierozních opatření je chybějící ochranné zatravnění u části příkopu P10. Jedná se o tu část, která z příkopu P10 odbočuje na východ, kde ústí do cestního příkopu na hranici pozemku II (viz mapy v přílohách 2, 3, 4). Zde je nutné ze severní strany ochranný zatravněný pás o šířce alespoň 2 m doplnit, aby se zamezilo dalšímu zanášení příkopu zeminou z přilehlého pole.

Sběrné průlehy

Protierozní průlehy jsou navrhovány především k přerušení příliš velké délky pozemků po spádnici, k bezpečnému odvedení povrchového odtoku z erozí ohrožených ploch a k částečnému vsaku odtékající vody do půdy.

Vzhledem k nedostatečné podrobnosti podkladové mapy (1:10 000) a k nedostatku hydrologických dat jsou parametry průlehů navrženy pouze orientačně. Pro jejich přesné určení by bylo zapotřebí přesnějších informací o morfologii terénu a také hydrologických výpočtů. Parametry jsou proto voleny v běžném rozmezí doporučeném většinou autorů (např. Podhrázká, Dufková 2005; Janeček 2008). Navrženy jsou průlehy s příčným profilem tvaru paraboly a podélným sklonem od 1 – 2 %. Sklony svahů by měly být voleny v rozmezí 1:5 – 1:10 a hloubka se bude odvíjet od velikosti požadovaného návrhového průtoku. Doporučuje se volit kulminační průtok s dobou opakování 5 - 10 let. U všech průlehů se předpokládá zpevnění trvalým travním porostem a ochranný, alespoň 2 m široký zatravněný pás nad průlehem, nejlépe doplněný výsadbou doprovodných dřevin. Jak uvádějí Podhrázká a Dufková (2005), kvalitní a optimálně zapojený vegetační kryt je velmi důležitou součástí biotechnických opatření. Především pro opevnění prvků liniového charakteru by podle nich měly být preferovány výběžkaté trávy tvořící pevný drn.

6.2.3 Varianta A

Varianta A, jak již bylo řečeno výše, počítá s hodnotou faktoru erozní účinnosti deště $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$. Výpočtem bylo ověřeno, že stávající protierozní opatření jsou v tomto případě na většině území vyhovující, jen výjimečně je přípustná ztráta půdy lehce překročena (tab. 14). Výraznější rozdíly mezi přípustnou a vypočtenou stávající ztrátou půdy byly zjištěny pouze na pozemcích IV a VI, a to zejména v těch jejich částech, které již nespádají do k. ú. Hořany a nebyly tedy v rámci pozemkové úpravy tohoto katastrálního území řešeny. Z hlediska ochrany vodního zdroje (kap. 3.5) je přípustná ztráta půdy překročena i na pozemku III a VIII, které leží částečně v ochranném pásmu 2. stupně.

Kromě drobných úprav systému protierozních opatření z čistě funkčního hlediska je navrženo také doplnění doprovodné zeleně, jež má přispět k lepšímu začlenění protierozních prvků do krajiny a může plnit i některé další, zejména ekologické funkce. Všechna níže popsaná opatření navrhovaná v rámci varianty A jsou zakreslena na mapě v příloze 3 („*Návrh řešení – Varianta A*“).

Organizační opatření

Ochranné zatravnění

Bylo navrženo zatravnění spodní části pozemku III, kde má toto opatření pomoci ke snížení průměrné dlouhodobé ztráty půdy pod hodnotu $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ a zajistit tak dostatečnou ochranu níže ležícího zdroje podzemních vod (na pozemek zasahuje ochranné pásmo 2. stupně). Na stejném pozemku je dále navrženo rozšíření stávající zatravněné údolnice – jednak z důvodu eliminace ostrých úhlů přilehlých ploch orné půdy, jednak z důvodu, že na severní hranici současného zatravnění byla při terénním průzkumu nalezena smytá zemina z výše položeného pole.

Zatravněný vsakovací pás zhruba v jedné třetině délky pozemku IV po spádnici byl navržen hlavně z důvodu rozdělení příliš velkého souvislého bloku orné půdy na dvě části, přičemž směr pásu podporuje provádění agrotechnických operací ve směru vrstevnic. Navržená šířka úpravy je 20 m. Pás by měl být dle návrhu doplněn vhodnými dřevinami s estetickou i ekologickou funkcí (viz dále „*Doplnění*“).

doprovodné zeleně). Stejně tak je zatravnění doplněné výsadbou dřevin navrženo i v dolní části pozemku nad obcí Dolany.

Severovýchodní cíp pozemku VI (reprezentovaný linií odtoku VI f, a částečně liniemi VI g a VI j) je navržen k zatravnění celý - kromě příliš vysoké ztráty půdy erozí také z důvodu zvýšení rozmanitosti místních společenstev, neboť v průběhu terénního průzkumu byla v řešeném území zjištěna poměrně malá plocha trvalých travních porostů.

Zhruba v polovině svahu po spádnicí je na pozemku VIII navržen 10 m široký zatravněný pás s křovinami, který rozděluje půdní blok na 2 části s rozdílnými podmínkami hospodaření (viz „*Úprava osevního postupu*“) a přispívá také k vytvoření dobrých předpokladů pro provádění agrotechnických operací ve směru vrstevnic. Zasadovací travní pás o šířce zhruba 30 m je navržen i v dolní části pozemku nad obcí Hořany. K zatravnění je dále doporučena západní část pozemku (reprezentovaná částí linie VIII c) ležící nad údolím Hořanského potoka v ochranném pásmu vodního zdroje 2. stupně.

Sklon západní části pozemku IX mezi intravilánem obce Hořany a zatravněnou údolnicí Hořanského potoka se výrazně liší od sklonu zbývající rozlohy půdního bloku (dosahuje 15 % oproti necelým 4 %). Doporučuje se proto zatravnění (popř. zalesnění) této části pozemku až po terénní depresi (včetně), která ji na východě ohraničuje. Poté bude možné na zbývající rozloze pozemku hospodařit beze změn.

Úprava osevního postupu

Jak je popsáno v kapitole 6.2.1, úpravy osevního postupu jsou na erozně ohrožených pozemcích doporučeny za účelem snížení hodnoty faktoru C na takovou hodnotu, aby při aplikaci navrženého osevního postupu byla ztráta půdy z pozemku snížena pod přípustnou mez. Konkrétní navržené hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace, které by v průměru celého osevního postupu neměly být překročeny, jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15 Návrhové hodnoty faktoru C ($C_{přip.}$) na jednotlivých pozemcích či jejich částech reprezentovaných uvedenou odtokovou linií. G - vypočtená současná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$), $G_{přip.}$ - přípustná ztráta půdy erozí z daného pozemku ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$).

pozemek	linie odtoku	G	$G_{přip.}$	$C_{přip.}$
III	III a	9,50	4,00	0,16
	III b	6,18	4,00	0,20
IV	IV b	12,23	10,00	0,19
VI	VI b, VI c	11,95	10,00	0,18
VIII	VIII b	4,70	4,00	0,20
XII	XII a	5,16	4,00	0,18

Jak tabulka 15 ukazuje, upravení osevního postupu bylo zapotřebí zejména na pozemcích, pro něž platí nižší přípustná ztráta půdy $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Jsou to pozemky, které leží buď celé, nebo svou částí v ochranném pásmu vodního zdroje 2. stupně, konkrétně pozemky III, VIII a XII. V případě pozemku III je na každé z částí reprezentovaných liniemi III a a III b navržena hodnota faktoru $C_{přip.}$ rozdílná – to je možné proto, že se jedná o 2 bloky orné půdy vzájemně oddělené existující zatravněnou údolnicí (viz příloha 2, 3). Na pozemku VIII platí snížená přípustná hodnota faktoru C pro jeho severní (níže položenou) část, která je od zbytku plochy orné půdy oddělena zasakovacím travním pásem.

Podobně jako na pozemku VIII je i na pozemku IV navržena hodnota $C_{přip.}$ platná pouze pro jeho severní, z hlediska nadmořské výšky níže položenou část, která je od plochy bez zvláštních nároků na hospodaření oddělena zasakovacím travním pásem. Na pozemku VI se navržena úprava týká bloku půdy vymezeného biokoridorem a příkopem P3, které vedou navzájem rovnoběžně od vrchu Malý Kuklík k silnici spojující obce Hořany a Miskovice.

Doplnění doprovodné zeleně

Doplnění doprovodné zeleně je jednou z hlavních doporučených úprav stávajících protierozních prvků, které byly vybudovány v rámci KPÚ k. ú. Hořany. Převážně estetickou funkci má výsadba stromů navržena podél stávajících cest s příkopy A a A1. Naopak hlavně ke zlepšení průchodnosti krajiny pro živočichy je zamýšlena liniiová výsadba keřů s ojedinělými stromy či skupinkami stromů podél příkopu A2, který vede od sadu na východní hranici řešeného území do poldru I,

ležícího v částečně zatravněné, částečně zalesněné údolnici Hořanského potoka. I tato výsadba bude mít navíc estetickou funkci – bude vizuálně dělit velký souvislý blok orné půdy např. při pohledu z výše zmíněných cest.

V souvislosti s nově navrhovanými opatřeními je pro zvýšení protierozního účinku ochranného zatravnění doporučeno vysazení dřevin do zasakovacích pásů rozdělujících pozemky IV a VIII na 2 části, čímž se podtrhne také jejich funkce jakožto hranice mezi dvěma oddělenými bloky půdy. Výsadby jsou doporučeny i na plochách navrženého ochranného zatravnění ve spodních částech pozemků IV a VIII nad obcemi Dolany a Hořany.

6.2.4 Varianta B

Varianta B počítá oproti variantě A s dvojnásobnou hodnotou faktoru erozní účinnosti deště, tedy $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. Všechny ostatní faktory zůstávají stejné. Protože i výsledná hodnota G dlouhodobé ztráty půdy je 2x vyšší, je zřejmé, že samotná organizační opatření nebudou dostatečná a bude nutné doplnit i systém technických opatření.

Úpravy stávajících protierozních opatření (doplnění doprovodné zeleně podél cest a příkopů, opevnění příkopů a ochranný travní pás u příkopu P10) navržené v předchozí kapitole (6.2.3 Varianta A) zůstávají stejné. Některá nově navržená opatření se v obou variantách také shodují, v případě varianty B bylo však většinou nutné jejich rozšíření či doplnění dalšími prvky protierozní ochrany.

Opatření navrhovaná v rámci varianty B jsou znázorněna na mapě v příloze 4 („*Návrh řešení – Varianta B*“).

Organizační opatření

Ochranné zatravnění

Ochranné zatravnění bylo navrženo ve větším rozsahu než u varianty A. Vzhledem k větší rozloze zatravněných ploch je možné některé z nich využívat jako užitkové louky. Tomu je třeba přizpůsobit výběr travní směsi, která by měla být volena s přihlédnutím k zamýšlenému využití a způsobu údržby trvalých travních porostů. Přitom ale musí být vždy v popředí především požadovaná protierozní funkce ochranného zatravnění (Schiechtl, Stern 1992).

Na pozemku I je navrženo zatravnění jeho horní nejsvažitéjší části. Vzhledem k poměrně pravidelnému obdélníkovému tvaru a rozloze cca 4,5 ha může nově vytvořený zatravněný pozemek sloužit jako užitková louka. Z této části vychází dále zatravněný pás, který kopíruje odtokovou linii I a po celé její délce. Chrání dráhu přirozeného soustředování povrchového odtoku a tvoří zatravněnou údolnici, ústící do stávajícího cestního příkopu. V této terénní depresi je navržena i výsadba doprovodných dřevin (viz dále „*Doprovodná zeleň*“).

Na pozemku III je v části reprezentované linií III a (jižně od stávající zatravněné údolnice) doporučená plocha zatravnění oproti variantě A rozšířena až téměř k hranici ochranného pásma vodního zdroje 2. stupně. Trvalý travní porost má zabránit rozvoji erozních účinků povrchového odtoku ve spodní části pozemku s vyšším sklonem a zajistit tak dodržení požadované maximální přípustné ztráty půdy $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Na pozemku IV je zatravnění navrženo na jeho západní hranici podél sousedního sadu a dále v různé šířce kolem průlehů, kde má jednak zajišťovat částečné vyrovnání nepravidelného tvaru bloků orné půdy, jednak přispívat ke snížení hodnoty faktoru C, tedy ke zvýšení ochranných účinků vegetačního krytu. K zatravnění je navržen i prostor mezi nejnižě položeným průlehem a zástavbou obce Dolany.

Na pozemku VI jsou k převodu do kategorie trvalých travních porostů navrženy jednak plochy ležící v jeho východní nejvýše položené a zároveň nejsvažitéjší části pod vrchem Malý Kuklík, dále pak blok orné půdy vymezený dvěma rovnoběžnými protierozními příkopy P3 a P4, táhnoucími se od hranice lesa na vrchu Malý Kuklík na severozápad k silnici Hořany – Miskovice. Všechny tyto dílčí pozemky mají dostatečnou velikost i poměrně příznivý tvar a bylo by tedy

užitečné zvážit možnost jejich využití jako užitkové louky. Hranice mezi zatravněním a ornou půdou lze zviditelnit výsadbou zeleně (viz dále „*Doprovodná zeleň*“).

Zatravněním je doporučeno chránit také jihovýchodní cíp pozemku VII u silnice Hořany-Kutná Hora. Jedná se opět o jeho část s nejvyšším sklonem. Toto opatření ovlivní i tvar pozemku, čímž přispěje k vytvoření vhodných podmínek pro provádění agrotechnických operací ve směru vrstevnic.

Na pozemcích VIII a IX je rozsah ploch navržených k zatravnění shodný s návrhem pro variantu A (viz kap. 6.2.3) s výjimkou zasakovacího pásu na pozemku VIII, který je v případě varianty B nahrazen podobně situovaným protierozním průlehem. Průleh je také doplněn zasakovacím travním pásem, avšak na rozdíl od samotného zatravnění ho lze považovat za účinné přerušení dráhy povrchového odtoku.

Pozemek XII je navržen k zatravnění celý především z důvodu, že se nachází v oblasti ochranného pásma 2. stupně vodního zdroje pro obec Hořany, kde se, z hlediska bezpečnosti tohoto zdroje, požaduje snížení ztráty půdy erozí na hodnotu max. $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Úprava osevního postupu

Úpravu osevního postupu bylo v případě varianty B ($R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$) nutné navrhnout na většině rozlohy řešeného území. Při určování maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace $C_{\text{přip.}}$ se opět postupovalo podle vzorce popsaného v kapitole 6.2.1. Získané výsledky (požadované maximální hodnoty $C_{\text{přip.}}$ pro jednotlivé pozemky) jsou shrnuty v tabulce 16. Hodnoty ve sloupečku G, tedy vypočtená současná dlouhodobá ztráta půdy, přísluší tučně zvýrazněné linii odtoku. Je to vždy ta linie, která na daném pozemku vyžaduje největší snížení hodnoty faktoru C, aby byla dosažena přípustná hodnota ztráty půdy. Jde tedy o linii reprezentující erozně nejohroženější část pozemku.

Tabulka 16 Návrhové hodnoty faktoru C ($C_{příp.}$) na jednotlivých pozemcích či jejich částech reprezentovaných uvedenou odtokovou linií. G - vypočtená současná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$), $G_{příp.}$ - přípustná ztráta půdy erozí z daného pozemku ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$).

pozemek	linie odtoku	G	G _{příp.}	C _{příp.}
I	I c	11,88	10,00	0,19
II	II c	11,93	10,00	0,19
III	III a	19,00	4,00	0,16
	III b	12,36	4,00	0,10
IV	IV a/b, IV b/b	13,74	10,00	0,19
	IV b/d, IV c/b	11,32	10,00	0,21
V	V a	14,44	10,00	0,18
VI	VI b, VI e	18,01	10,00	0,14
	VI k	12,16	10,00	0,21
VII	VII a, VII b, VII c	15,15	10,00	0,19
VIII	VIII b, VIII c	9,39	4,00	0,13

Tabulka 16 ukazuje, že speciální požadavky na skladbu pěstovaných plodin má většina řešených pozemků, či alespoň některé jejich části. Výjimku tvoří severovýchod k. ú. Hořany, kde díky malým sklonům svahů a již existujícím protierozním opatřením nejsou pozemky nadměrně erozně ohroženy a nevyžadují tedy žádnou další ochranu. Výjimkou v opačném směru je potom pozemek XII, který je, s ohledem na ochranu níže položeného vodního zdroje, doporučen pro převedení do kategorie trvalých travních porostů.

U pozemků I, IV a VI není nutné hodnotu ochranného vlivu vegetace $C_{příp.}$ uplatňovat na celé jejich rozloze, ale pouze na některých částech nově vymezených dalšími navrženými (popř. již existujícími) opatřeními. Na pozemku I se jedná o jeho část rozkládající se severně od navržené zatravněné údolnice. Na pozemku IV pak o prostor mezi 1. a 2. a dále 3. a 4. nově navrženým protierozním prúlehem (prúlehy viz dále). Půda na pozemku VI je stávajícími protierozními opatřeními rozdělena do několika bloků. Jasné a stálé hranice mezi nimi umožňují, aby byl na každém z nich uplatňován jiný osevní postup. Pro blok půdy reprezentovaný odtokovou linií VI e (viz mapa v příloze 4) je kritérium přísnější ($C_{příp.} = 0,14$), zatímco na části pozemku reprezentované linií VI k se dosáhne přípustné ztráty půdy již snížením faktoru C na hodnotu 0,21.

Doprovodná zeleň

Jak bylo řečeno výše, návrh na doplnění doprovodné zeleně u již existujících protierozních opatření se v obou variantách řešení shoduje. Liší se rozmístění doprovodné zeleně v rámci nových navrhovaných opatření, neboť se liší i uspořádání samotných protierozních prvků.

Na pozemku I je navrženo osázet plánovanou zatravněnou údolnicí keři. Ty budou tvořit překážku bránící přejíždění údolnice, čímž budou zajišťovat její ochranu před případným poškozením mechanizací. Svými kořeny ji zpevní a budou napomáhat též vsaku i odpařování vody z půdy.

Na pozemku IV podporuje doprovodná zeleň protierozní funkci navržených průlehů a i zde přispívá k jejich ochraně proti případnému poškození orbou nad průlehy. Kromě liniových výsadeb podél průlehů je řada stromů navržena také kolem obce Dolany a dále na západ podél silnice do Červených Peček.

Jak je popsáno výše, doporučuje se zatravnění některých, zejména horních, částí pozemku VI. Jelikož nejsou tyto části odděleny od zbývajících plochy pozemku žádnou přírodní či uměle vytvořenou překážkou, je možné hranice mezi ornou půdou a trvalým travním porostem zviditelnit vhodně situovanou výsadbou rozptýlené zeleně.

Rozptýlenou zelení je doplněno i doporučené zatravnění nejsvažitéjší části pozemku VII pod silnicí Kutná Hora-Hořany a dále ochranný zatravněný pás navržený v dolní části pozemku VIII nad intravilánem obce Hořany (stejně jako ve variantě A).

Biotechnická opatření

Sběrné průlehy

Soustava 4 průlehů, zaústěných do silničního příkopu, je navržena na pozemku IV. Mají zde několik funkcí. Tou hlavní je samozřejmě přerušení příliš velké délky svahu po spádnici, kterým brání rozvoji erozních procesů ve spodních částech pozemku. Důležité je také rozdělení velkého bloku půdy na menší, navzájem oddělené plochy, což spolu se zatravněním a vysazením doprovodné zeleně přispěje ke zvýšení ekologické stability území.

Jeden průleh je navržen na pozemku VIII, kde napomáhá ke zmírnění eroze jednak zachycováním povrchového odtoku, jednak - díky své orientaci - vytvářením předpokladů pro ochranné provádění agrotechnických operací ve směru vrstevnic či pouze s malým odklonem od nich. Je zaústěn, stejně jako průlehy na pozemku IV, do cestního příkopu u silnice.

6.2.5 Souhrn navržených opatření

V následujících 2 tabulkách (tab. 17 pro variantu A – $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, tab. 18 pro variantu B – $R = 40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$) jsou shrnuta nově navrhovaná opatření popořadě podle čísel pozemků, na nichž se nacházejí. U každé linie odtoku, kterou bylo nutné z hlediska protierozní ochrany řešit, je uvedena nejdříve přípustná ztráta půdy na jí reprezentované části pozemku ($G_{\text{příp.}} (\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1})$), dále výpočtem zjištěná ztráta půdy za současného stavu ($G_{\text{souč.}} (\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1})$), navržená opatření ke snížení ztráty půdy erozí a konečně výsledná ztráta půdy za předpokladu, že budou uvedena opatření uplatněna ($G (\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1})$).

Hodnota $G_{\text{souč.}}$ není uvedena u všech linií. Chybí tam, kde se nejedná o linii původní, nýbrž o linii vzniklou uplatněním některého protierozního opatření. V takovém případě byl proveden pouze kontrolní výpočet předpokládané hodnoty G návrhového stavu. To je případ linií se symbolem (o) jež značí, že jde o výpočet pouze pro tu část pozemku, na níž zůstala zachována orná půda. Pro příklad: spodní část pozemku reprezentované linií III a je navržena k zatravnění. Linie III a udává hodnotu G pro celou délku dráhy povrchového odtoku včetně zatravněné části, zatímco linie III a(o) končí na hranici zatravnění a udává hodnotu G pouze té části dráhy povrchového odtoku, která se nachází na orné půdě. Druhým případem, kde není hodnota $G_{\text{souč.}}$ uvedena, jsou dílčí linie vzniklé rozdělením původních za předpokladu vybudování navržených protierozních průlehů. I zde se jedná o výpočty kontrolní.

Tabulka 17 Přehled protierozních opatření navržených v rámci varianty A ($R = 20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$). Hodnoty Gpříp., Gsouč. a G jsou uvedeny v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Varianta A				
Linie	Gpříp.	Gsouč.	navržená opatření	G
I			záchytný příkop	
III a	4	9,50	úop (C = 16), z	3,94
III a(o)	4		úop (C = 16)	2,89
III b	4	6,18	úop (C = 20), z	3,87
III b(o)	4		úop (C = 20)	3,60
IV b	10	12,23	úop (C = 0,19) v dolní části pozemku	9,76
VI b	10	11,95	úop (C = 0,18) pod biokoridorem	9,87
VI c	10	10,68	úop (C = 0,18) - dle VI b	7,57
VI f	10	16,15	z	0,32
VI g	10	12,06	z (částečné)	7,93
VI g(o)	10			7,74
VI j	10	10,56	z (částečné)	7,97
VI j(o)	10			6,16
VIII b	4	4,70	úop (C = 0,20) v dolní části pozemku	3,95
VIII c	4	4,64	z (částečné)	2,73
VIII c(o)	4			3,79
IX b	10	11,30	z	0,22
XII a	4	5,16	úop (C = 0,18)	4,00

(o) - pouze orná půda, úop - úprava osevního postupu, z - ochranné zatravnění

Tabulka 18 Přehled protierozních opatření navržených v rámci varianty B ($R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$). Hodnoty Gpříp., Gsouč. a G jsou uvedeny v $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Varianta B				
Linie	Gpříp.	Gsouč.	navržená opatření	G
I			záchytný příkop	
I a	10	11,65	z	0,25
I b	10	19,96	z	0,44
I c	10	11,88	úop (C = 0,19)	10,00
II c	10	11,93	úop (C = 0,19)	9,90
III a	4	19,00	úop (C = 0,16) dle III a(o), z	3,63
III a(o)	4		úop (C = 0,16)	3,99
III b	4	12,36	úop (C = 0,10), z	3,91
III b(o)	4		úop (C = 0,10)	3,60
IV a	10	16,72	průlehy	
IV a/a	10			9,12
IV a/b	10		úop (C = 0,19) dle IV b/b	7,77
IV a/c	10			7,06

Varianta B				
Linie	Gpříp.	Gsouč.	navržená opatření	G
IV b	10	24,46	průlehy	
IV b/a	10			8,70
IV b/b	10		úop (C = 0,19)	10,00
IV b/c	10		z částečné	9,11
IV b/c(o)	10			8,61
IV b/d	10		úop (C = 0,21) dle IV b/d	9,50
IV c	10	16,15	průlehy	
IV c/a	10		z	0,27
IV c/b	10		úop (C = 0,21)	9,95
V a	10	14,44	úop (C = 0,18)	10,00
VI a	10	11,05	z částečné	9,69
VI a(o)	10			9,91
VI b	10	23,90	z, úop (C = 0,14) dle VI e	4,30
VI c	10	21,37	z	0,42
VI e	10	18,01	úop (C = 0,14)	10,00
VI f	10	32,30	z	0,64
VI g	10	24,13	z	0,47
VI h	10	20,12	z	0,40
VI i	10	10,96	úop (C = 0,21)	10,00
VI j	10	21,12	z	0,42
VI k	10	12,16	úop (C = 0,21)	10,00
VII a	10	10,98	úop (C = 0,19) dle VII b	8,22
VII b	10	15,15	z, úop (C = 0,19)	9,57
VII b(o)	10		úop (C = 0,19)	9,39
VII c	10	11,02	úop (C = 0,19) dle VII b	8,25
VIII a	4	13,00	průleh	
VIII a/a	4			9,53
VIII a/b	4		z částečné	8,13
VIII a/b(o)	4			9,28
VIII b	4	9,39	průleh	
VIII b/a	4		úop (C = 0,13) dle VIII c(o)	3,57
VIII b/b	4		úop (C = 0,13) dle VIII c(o)	3,57
VIII c	4	9,28	úop (C = 0,13) dle VIII c(o), z	3,17
VIII c(o)	4		úop (C = 0,13)	3,88
IX a	10	14,17	z	0,28
IX b	10	22,60	z	0,44
XII a	4	10,31	z	0,23

(o) - pouze orná půda, úop - úprava osevního postupu, z - ochranné zatravnění

7. Diskuze

Tato diplomová práce vychází z aktuální situace v katastrálním území Hořany a ze současného reálného stavu existujících protierozních opatření. Tato opatření byla realizována v rámci komplexní pozemkové úpravy v katastrálním území. Z Generelu KPÚ k. ú. Hořany (Hydroprojekt a.s., 1996) se však bohužel nepodařilo zjistit, z jakých vstupních hodnot jednotlivých faktorů zpracovatelé vycházeli. Je v něm pouze uvedeno, že optimální délky svahů byly určeny pomocí výpočtů v programu SMODERP. Je tedy obtížné výsledky této práce s návrhem protierozních opatření, provedených v rámci KPÚ, srovnávat. Rozdílná byla v obou případech částečně také plocha řešeného území. V rámci diplomové práce byly řešeny i některé pozemky přesahující hranice katastru, které se z hlediska povrchového odtoku jeví jako jeden půdní blok.

Za předpokladu podmínek uvažovaných ve variantě A (faktor $R = 20 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$) je přípustná ztráta půdy výrazněji překročena pouze na pozemcích, jejichž převážná část se nachází za hranicí k.ú. Hořany. Na ostatním území se dlouhodobá průměrná ztráta půdy pohybuje většinou mezi $5 - 10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ (viz tabulka 14). V diplomové práci byla uvažována přípustná ztráta pro hluboké půdy, tzn. $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ v obvodu ochranného pásma vodního zdroje a $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ na běžných plochách, což znamená, že s výjimkou ochranných pásem je za stávajícího stavu limit splněn. To už ale neplatí pro přípustné ztráty určené v Generelu KPÚ - $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ na území ochranného pásma a $4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ na ostatní ploše. Tyto hodnoty nesplňuje ani jediný z řešených pozemků. Zdá se tedy, že vstupní hodnoty i způsob výpočtu se v obou zmíněných pracích značně lišily. Nově byla ve variantě B použita hodnota faktoru $R = 40 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, která byla teprve nedávno na základě posledních výzkumů pro území ČR doporučena (Janeček a kol. 2010).

Terénní průzkum mluví ve prospěch stávajících protierozních opatření, neboť při něm nebyly nalezeny závažnější důkazy probíhajícího erozního procesu. Tento výsledek může však být zavádějící vzhledem k ne příliš vhodně zvolenému termínu terénních průzkumů (18.1., 7.3.). Projevy působení erozně nebezpečných srážek, které se hojně vyskytují především v letních měsících, mohly být zahlazeny na podzim provedenými agrotechnickými operacemi.

Co se týče samotné předkládané diplomové práce, je nutné zmínit několik nedostatků ve vstupních údajích. Hodnoty jednotlivých faktorů, potřebných pro

výpočet ztráty půdy pomocí USLE, nejsou určeny s velkou přesností. Nejproblematictější je zřejmě faktor C, který byl převzat z geoinformačního portálu SOWAC GIS Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Zde byl faktor C určen podle metodiky Kadlece a Tomana (2002) v závislosti na klimatickém regionu. Od reálného faktoru C na konkrétních pozemcích se mohou udávané hodnoty lišit.

Přesností vstupních údajů je podmíněna i podrobnost návrhu protierozních opatření. To se týká zvláště záchytných průlehů navržených v rámci varianty B. U nich nebyly provedeny přesné výpočty jejich rozměrů, ale byly navrženy pouze orientační, běžně používané parametry.

Překážkou při případné realizaci navrženého řešení, ať už v jedné nebo druhé variantě, je skutečnost, že při navrhování nebyly známy vlastnické vztahy k řešeným pozemkům ani subjekty na nich hospodařící, takže ani ve vypracovaném návrhu nejsou tyto poměry zohledněny. Záleželo by tedy pouze na dobré vůli konkrétních vlastníků, zda by se rozhodli přistoupit k realizaci některého ochranného prvku na svém pozemku. To však zřejmě není příliš pravděpodobné – zvláště u technických prvků nebo i např. pouhé roztroušené zeleně. Tato opatření jsou poměrně nákladná na vybudování, vyžadují určitou údržbu, zabírají ornou půdu a pro pozemek, na němž se nacházejí, nemají zdánlivě žádný velký přínos. Optimističtější se zdají být vyhlídky pro organizační či agrotechnická opatření, jejichž realizace není tak náročná a mohou vykazovat i patrné příznivé účinky, jako např. nižší ztráty hnojiv z pozemků.

8. Závěr

S odvoláním na skutečnosti uvedené v diskuzi lze konstatovat, že stávající stav systému protierozní ochrany v k. ú. Hořany je uspokojivý. Důrazněji doporučeno je především vyčištění zanesených příkopů A a A2 a oprava, popř. úprava jejich opevnění tak, aby byly schopné správně plnit svou funkci bez nutnosti nadměrné údržby. Dalším doporučením je doplnění doprovodné zeleně u stávajících opatření – pokud je pravdivý předpoklad, že jsou tato vybudována na státní či obecní půdě, je uskutečnění výsadby reálné. Kromě samotného založení porostů je nutná i jejich pravidelná údržba. Té se stávajícím doprovodným dřevinám - usuzováno podle jejich stavu - zřejmě nedostává. Co se týče nově navrhovaných opatření, bylo by dobré dodržovat alespoň upravené oseední postupy s nižší hodnotou faktoru ochranného vlivu vegetace (C) a nejohroženější části pozemků převést do kategorie trvalých travních porostů - zejména v oblasti ochranného pásma vodního zdroje pro obec Hořany.

Úkoly určené na začátku v kapitole *Cíle práce* byly tímto splněny. Byl proveden výpočet dlouhodobé průměrné ztráty půdy erozí z pozemků ležících v k. ú. Hořany a z některých dalších, které zasahují částečně za hranici řešeného území, z hlediska povrchového odtoku jsou však nepřerušeny. Ve 2 variantách, lišících se ve výpočtu vstupní hodnotou faktoru R, byla posouzena dostatečnost existujících protierozních opatření a navíc bylo navrženo i jejich rozšíření tak, aby byly přípustné ztráty půdy dosaženy na všech pozemcích – tedy i na těch, na nichž je podle výsledků výpočtů za současného stavu přípustná ztráta půdy překročena.

Zajímavé by jistě bylo srovnání výsledků získaných výpočtem v programu SMODERP s hodnotami vypočtenými pomocí USLE za předpokladu stejných vstupních údajů.

9. Použité zdroje

9.1 Publikace

Armstrong A. C., Davies D. B., D. A. Castle, 1990: Soil Water Management and the Control of Erosion on Agricultural Land. In: Boardman J., Foster I. D. L., J. A. Dearing (eds): Soil Erosion on Agricultural Land. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England: 569 – 574.

Bohuslávek J., 2002: Opatření agrotechnického charakteru. In: Janeček M.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha: 103 – 117.

Budňáková M. (ed.), 2009: Půda – situační a výhledová zpráva. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 91 s.

Dufková J., 2007: Krajinné inženýrství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 206 s.

Dumbrovský M., 2002: Opatření technického charakteru. In: Janeček M.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha: 117 – 130.

Florineth F., 2004: Pflanzen statt Beton. Patzer Verlag, Berlin – Hannover, Deutschland, 272 s.

Hauptman I., Kukul Z., Pošmourný K. (eds), 2009: Půda v České republice. Consult Praha, 255 s.

Holý M., 1994: Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT, Praha, 383 s.

Hůla J., Janeček M., Kovaříček P., Bohuslávek J., 2003: agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 48 s.

Hydroprojekt a.s., 1996: Generel komplexní pozemková úprava k. ú. Hořany. Praha.

Janeček M., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí – metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha, 76 s.

Janeček M., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, 172 s.

Janeček M., 2002: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha, 201 s.

Janeček M., Kovář P., Kubátová E., Kadlec V., Toman F., 2010: Závěrečná zpráva projektu NAZV QH 72085 - Diferenciace a regionalizace R-faktoru pro území ČR, Česká zemědělská univerzita v Praze, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Mendelova univerzita Brno.

Kadlec M., Toman F., 2002: Závislost faktoru protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu. In: Bioklima – Prostředí – Hospodářství, s. 544 – 550.

Kinčl M., 1995: Převod BPEJ. In: Löw J. a kol. (eds): Rukověť projektanta místního územního systému ekologické stability. Doplněk, Brno: 105 – 108.

Kubátová E., 2002: Rozbor erozní účinnosti erozních srážek. In: Janeček M.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha: 40 – 45.

Kovář P., Štibinger J., 2007: Metodika návrhu a výstavby optimální varianty protipovodňových a protierozních opatření pro zmírnění extrémních hydrologických jevů – povodní a sucha v krajině. Česká zemědělská univerzita v Praze, 20 s.

Petránek J., 1993: Malá encyklopedie geologie. Nakladatelství JIH, České Budějovice, 246 s.

Podhrázká J.: Zásady návrhu protierozních opatření. In: Protierozní ochranná opatření v zemědělské krajině, MAS Moravský kras, 2008-2009: 10 – 21.

Podhrázká J., Dufková J., 2005: Protierozní ochrana půdy. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 99 s.

Růžek L., Voříšek K., 2010: Pedobiologie a mikrobiologie – vybrané kapitoly. Česká zemědělská univerzita v Praze, 184 s.

Schiechl H. M., Stern R., 1992: Handbuch für naturnahen Erdbau. Österreichischer Agrarverlag Wien, 153 s.

Sklenička P., 2003: Základy krajinného plánování. Nakladatelství Naděžda Skleničková, Praha, 321 s.

Slavík L., 2000: Biotechnické úpravy v krajině. Fakulta životního prostředí UJEP v Ústí nad Labem, 225 s.

SMODERP – Uživatelský manuál. České vysoké učení technické, Praha, 2001.

VÚMOP v.v.i., 2007: SOWAC GIS – základní informace o geoinformačním portálu vyvíjeném ve VÚMOP, v.v.i. (verze 0.1).

Zlatník A., 1976: Přehled skupin typů geobiocénů původně lesních a křovinných v ČSSR. In: Zprávy geografického ústavu ČSaV Brno, XII/3-4: 31 – 51.

9.2 Online zdroje

Faktor ochranného vlivu vegetace. Online (26.3.2011):

http://ms.sowac-gis.cz/mapserv/dhtml_eroze/index.php?project=dhtml_eroze&

Geomorfologická mapa. Online (18.2.2011): vrstva cenia_geomorf získaná ze serveru *geoportal.cenia.cz*

Geologická mapa. Online (19.2.2011):

http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=686700&x=1063100&r=3500&s=1&lgselect=0

Mapa potenciální ohroženosti zemědělského půdního fondu. Online (19.3.2011):

http://ms.sowac-gis.cz/mapserv/dhtml_eroze/index.php?project=dhtml_eroze&

Mapa potenciální přirozené vegetace. Online (16.4.2011):

<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map;jsessionid=DD0E7221805873472855E5CBAE214BDC>

Přírodní zajímavosti: Rybníček u Hořan. Online (20.2.2011):

<http://www.blanik.ochranaprirody.cz/index.php?cmd=page&id=4252>

9.3 Legislativa

ČSN 75 4500 Protierozní ochrana zemědělské půdy (1996).

Vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci, změna 546/2002 Sb.

Vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky 545/2002 Sb. o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav, změna 122/2007 Sb.

10. Přílohy

10.1 Seznam příloh

Příloha 1 Současný stav území – fotografie z terénního průzkumu.

Příloha 2 Současný stav území – mapka.

Příloha 3 Návrh řešení – Varianta A.

Příloha 4 Návrh řešení – Varianta B.

Příloha 1

Současný stav území – fotografie z terénního průzkumu

Foto 1 Zanášení příkopu P10 z důvodu chybějícího ochranného zatravnění.



Foto 2 Vyplavování zeminy otvory v polovegetačních tvárnících, příkop A.



Foto 3 Zanášení příkopu A2 zeminou vyplavenou otvory v polovegetačních tvárnících.



Foto 4 Zanášení propustku pod cestou, příkop A2.



Foto 5 Detail částečně zaneseného propustku, příkop A2.



Foto 6 Půda odnesená z pole uložená za hranicí sousední zatravněné údolnice.



Foto 7 Zamokření ve spodní (severozápadní) části pozemku I.



Foto 8 Stav doprovodné zeleně u příkopu A.



Foto 9 Stav doprovodné zeleně u příkopu A2.

