

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



# **Analýza erozních procesů v zemědělské krajině**

**Jiří Baran**

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc.

Olomouc 2011



Baran J. (2011): Analýza erozních procesů v zemědělské krajině. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc, 35 s., v češtině.

## **Abstrakt**

Eroze půdy agroekosystémů je nezanedbatelným celosvětovým problémem. V České republice je zemědělská půda nejvíce ohrožena vodní erozí. To s sebou přináší rizika škod dotýkajících se různých oblastí. Hospodárné využití zemědělských půd přispívá k předcházení těchto škodlivých vlivů. Analýza erozních procesů se zaměřila na území zemědělské půdy jižní Moravy (Archlebov, Velké Hostěrádky) a ve vyšších nadmořských výškách (Sasov, Rychtářov). Práce zhodnotila zákonná opatření Standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC) a návrh protierozních opatření (PEO). Zde se vyhodnocoval vliv využití území na ohrožení půdy vodní erozí. Práce vychází z výsledků projektu zpracovaného jako dílčí zpráva výzkumného úkolu NPV II (Šarapatka a kol. 2010).

V rámci využití území byly určeny čtyři kategorie: orná půda bez ochranných opatření, orná půda s ochrannými opatřeními, trvalé travní porosty, liniová opatření. Z výsledků je patrná nedostačující ochrana půdy v rámci managementu GAEC, kdy se účinnost pohybuje mezi 13,6 % až 42,9 %. Oproti tomu účinnost managementu PEO je 40,9 % až 73,4 %. PEO začleňuje ve své koncepci na rozdíl od GAEC liniová opatření a více využívá trvalých travních porostů. Tímto racionálním přístupem k možnostem protierozní ochrany navrhuje způsob udržitelného hospodaření v zemědělské krajině.

Klíčová slova: GAEC, land-use, protierozní ochrana, vodní eroze,

Baran J. (2011): Soil erosion analysis in agricultural landscape. Bachelor's thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 35 pp., in Czech.

## **Abstract**

Erosion of soil agro-ecosystems is a significant global problem. Farmland of The Czech Republic is f the most threatened by water erosion. This entails the risk of damage on different spheres. Rational use of agricultural land contributes to the prevention of demaging effects. Analysis of erosion processes focused on the agricultural land in southern Moravia (Archlebov, Velké Hostěrádky) and at higher altitudes (Sasov, Rychtářov). The study evaluated legislative provisions Standards of Good Agricultural and Environmental Condition (GAEC) and the concet of erosion control measures (PEO). Here we evaluated the impact of land use on risk of soil water erosion. The work is based on the results of the project developed as a partial release of a research project NPV II (Šarapatka et al. 2010).

The land use of study areas was segmented into four categories: arable land without protective measures, arable land with protective measures, permanent grassland, linear measure. The results show the inadequate protection of management GAEC. The efficiency of this management is between 13.6 % to 42.9 %. In contrast, the effectiveness of management PEO is 40.9 % to 73.4 %. In the difference of GAEC, management PEO incorporates linear measures and more use of permanent grassland. This rational approach to the possibilities of erosion control method provide way of sustainable management on agricultural land.

Key words: GAEC, land use, erosion control, water erosion

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením prof. Dr. Ing. Bořivoje Šarapatky, CSc. s použitím citované literatury.

V Olomouci 6. května 2011.

Podpis:

# OBSAH

Seznam obrázků .....	vii
Seznam tabulek .....	vii
Seznam zkratk .....	viii
Poděkování .....	ix
1. Úvod .....	1
2. Cíle práce .....	3
3. Eroze .....	4
3.1 Co je to eroze .....	4
3.2 Faktory eroze .....	4
3.2.1 Klimatické a hydrologické podmínky .....	5
3.2.2 Morfologické poměry .....	5
3.2.3 Vegetační (biologické) poměry .....	5
3.2.4 Geologické a půdní poměry .....	5
3.2.5 Hospodářskotechnické poměry .....	6
3.3 Třídění eroze .....	6
3.3.1 Vodní eroze .....	6
3.3.2 Dešťová eroze .....	6
3.3.3 Říční eroze .....	7
3.3.4 Mořská eroze .....	7
3.3.5 Kryogenní eroze .....	7
3.3.6 Antropogenní eroze .....	7
3.4 Dopady eroze .....	8
3.4.1 On-site efekty .....	8
3.4.2 Off-site efekty .....	9
3.5 Protierozní opatření .....	9
3.5.1 Opatření organizačního charakteru .....	10
3.5.2 Opatření agrotechnického charakteru .....	11
3.5.3 Opatření technického charakteru .....	11
3.6 Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu .....	13
3.6.1 GAEC I. .....	13
3.6.2 GAEC II. .....	14
4. Metodika .....	16
4.1 Popis území .....	16
4.2 Metodický postup .....	18
4.3 Výpočet potenciální ztráty půdy vodní erozí .....	19
4.3.1 Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí .....	19
4.3.2 Metodika stanovení ohroženosti vodní erozí pro potřeby GAEC – pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace ( $C_p$ ) dle VÚMOP .....	22
4.3.3 Přípustná ztráta půdy vodní erozí .....	23
5. Výsledky .....	24
6. Diskuze .....	28
7. Závěr .....	31
8. Literatura .....	32
Přílohy .....	36
Příloha 1. Grafy .....	36
Příloha 2. Mapy .....	43

## Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Půdní bloky s půdoochranným managementem GAEC I. v lokalitě V. Hostěrádky</i> .....	14
<i>Obrázek 2: Půdní bloky s půdoochranným managementem GAEC II. v lokalitě V. Hostěrádky</i> .....	15

## Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Využití zemědělské půdy – Archlebov (ha).</i> .....	24
<i>Tabulka 2: Využití zemědělské půdy – Velké Hostěrádky (ha).</i> .....	25
<i>Tabulka 3: Využití zemědělské půdy – Rychtářov (ha).</i> .....	26
<i>Tabulka 4: Využití zemědělské půdy – Sasov (ha).</i> .....	27
<i>Tabulka 5: Účinnost při snížení celkového smyvu ze zájmového území (%).</i> .....	29

## Seznam zkratek

AGT – půdoochranná agrotechnika (výsev do meziplodiny)  
BPEJ – bonitované půdně ekologická jednotka  
ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav  
GAEC – Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu  
GAEC I. – GAEC uplatňovaný od 1. 1. 2009  
GAEC II. – GAEC uplatňovaný od 1. 1. 2010  
HPJ – hlavní půdní jednotka  
LO – liniiová opatření  
LPIS – Land Parcel Identification System  
PEO – protierozní a protipovodňová opatření  
SDSO – stabilizace drah soustředěného odtoku  
SPRU – svodný průleh  
TTP – trvalý travní porost  
USLE – Universal Soil Loss Equation  
VENP – vyloučení pěstování erozně nebezpečných plodin  
VÚMOP – Výzkumný ústav melioraci a ochrany půdy v.v.i.  
WMS – Web Map Service  
ZPAS – zasakovací pásy  
ZPRU – záchytné průlehy



## **Poděkování**

Mé poděkování patří v první řadě vedoucímu práce prof. Dr. Ing. Bořivoji Šarapatkovi, CSc. za poskytnutí materiálu a vedení mé práce. Také Mgr. Patriku Netopilovi za pomoc při zpracování materiálů v GIS, celkovou technickou podporu a poskytnutí mapového materiálu. Ing. Františku Pavlíkovi děkuji za poskytnutí materiálů k erozní ohroženosti zpracovávaných území. Nakonec chci poděkovat své rodině za podporu a zázemí.

V Olomouci 6. května 2011.

# 1. Úvod

Půda patří nepochybně k největším hodnotám naší planety. Stýkají se zde horniny s ovzduším a vodou a vytvářejí specifické prostředí vhodné pro rozvoj mikroorganismů, rostlin a vůbec celého suchozemského života. Od neolitu (asi před 10000 lety), je půda hlavním prostředkem pro získávání obživy lidstva. To dalo vzniknout zemědělství, které umožnilo rozvoj lidské civilizace. Intenzivní využívání půd mělo a má různé, často i negativní vlivy na krajinu mezi něž patří i eroze. Ze studie Šarapatky et al. (2007), porovnávající využití území během historického vývoje, je patrný vliv intenzivního hospodaření na degradaci půdy. Degradace půd erozí měla na společnost velký vliv a v dnešní době tomu není jinak (Fulajtár, Janský 2002).

Eroze je přírodní proces, kdy působením hlavně větru a vody, příp. jiných činitelů dochází k rozrušování povrchu půdy a transportu půdních částic (Janeček et al. 2002). Tento přirozený proces má velký vliv jak na životní prostředí tak na lidskou činnost a to hlavně na zemědělskou produkci. Každý rok je přibližně poškozeno erozí 75 mld. tun suchozemských ekosystémů. Mnoho zemědělských půd je erodováno v rozmezí hodnot 13 t/ha/rok-40 t/ha/rok. Jelikož se půda tvoří velmi pomalu znamená to, že se ztrácí 13-40 krát rychleji, než je rychlost její obnovy (Pimentel, Kounang 1998). Pimentel (1993) uvádí, že 80 % světové zemědělské půdy je postiženo středně těžkou a těžkou erozí, zatímco 10 % relativně mírnou, tudíž je eroze proces globálního významu. Na důležitost ochrany zemědělských půd v kontextu výživy lidstva upozorňuje Janeček et al. (2002). Kdy v roce 1960 připadalo na 1 obyvatele Země 0,44 ha. V roce 1990 již jen 0,27 ha. A na rok 2025 je předpoklad 0,17 ha. Absolutní hranice pro minimální výživu lidí je 0,07 ha na obyvatele. Jestliže bude pokračovat současný trend v růstu populace, bude tato hodnota dosažena kolem roku 2050.

Jeden z důsledků eroze půdy tkví v ovlivnění světové potravinové ekonomiky. Vysoká míra ztráty půdy způsobuje pokles úrodnosti půdy na celém světě, a většina národů nemá důslednou politiku na ochranu půdy a vodních zdrojů. Ve skutečnosti, nízkonákladové potravinové politiky vlád podporují zemědělce používat špatné řídicí postupy v zemědělství (Pimentel et al. 1987). Degradace půdy je jedna z nejdůležitějších hrozeb pro celosvětovou produkci potravin a bezpečnost (Lafond et al. 2006; Lal 2000). V Evropě je díky technologické inovaci a odolnosti produktivity

nepravděpodobné, že by eroze ovlivňovala produkci potravin v nadcházejícím století. Je zde však velká variabilita v prostorovém působení eroze (Bakker et al. 2007).

O negativních vlivech eroze nelze pochybovat. Obzvláště, když se nás přímo dotýkají. I ekonomicky silné státy vynakládají nemalé prostředky na nápravu škod způsobených erozí. USA musí ročně vynaložit přibližně mezi 30 mld. \$ (Uri, Lewis 1998 ex Morgan 2005) a 40 mld. \$ (Pimnetal et al. 1993 ex Morgan 2005), ve Velké Británii tyto náklady činí 90 milionů £ (Environment Agency 2002 ex Morgan 2005). Je důležité přijmout taková opatření, která povedou k hospodárnému využívání zemědělské krajiny. A o co víc, aby se tato opatření projevila jako účelný a funkční management.

## **2. Cíle práce**

Předkládaná bakalářská práce je nejen literární rešerší zabývající se problematikou erozních procesů v zemědělské krajině.

Hlavním cílem bylo provedení analýzy erozních procesů ve vybraných lokalitách zemědělské půdy na jižní Moravě (Archlebov, Velké Hostěradky) a ve vyšších nadmořských výškách (Rychtářov, Sasov) a tyto srovnat se zákonnými požadavky – GAEC.

Na základě všech výsledků byly navrženy doporučení pro praxi i státní správu.

## **3. Eroze**

### **3.1 Co je to eroze**

Samotné slovo eroze je odvozeno z latinského erodere, tj. rozhlodávat (Cáblík, Jůva 1963). To nám napoví, že se jedná o činnost, kdy dochází k rozrušování a odnosu půdního povrchu. Následně je erodovaný materiál transportován a sedimentován. Celý tento proces se děje působením tzv. erozních činitelů jako je činnost vody, větru, ledu a jiných (Cáblík, Jůva 1963; Janeček et al.2002).

Eroze se může stát výraznou a nebezpečnou v zemědělsky a lesnicky intenzivně využívané krajině, kde je přirozený průběh erozních procesů mnohonásobně zrychlen (Cáblík, Jůva 1963; Janeček et al. 2002).

K erozi zemského povrchu způsobenou vodou, větrem, pohybujícím se ledem a vlnami docházelo po celé věky. Rozrušování, transport a ukládání sedimentů či rozpuštěných látek jsou přírodní procesy, které působí téměř všude, a existovaly dlouho předtím, než člověk začal ovlivňovat svět kolem sebe. Tyto procesy tvarují zemský povrch. Vytváří horská údolí, kopce, svahy, náplavové lavice, delty a další větší, nebo menší geomorfologické útvary. Tímto je eroze přírodní geologický proces, který má vliv na tvar zemském povrchu, a neustále pokračuje. Tento přirozený proces je často označován jako eroze geologická.

Prostřednictvím lidské činnosti a různým využíváním půdy, jako je pěstování plodin, pastva, lesnictví, výstavba silnic a jiné, je půda náchylnější k erozi a zvyšuje se její rychlost. Erozi vyvolanou člověkem definujeme jako erozi zrychlenou (Bennet 1939 ex Janeček et al. 2002; Cáblík, Jůva 1963; Zachar 1970 ex Fulajtár, Jánský 2001).

### **3.2 Faktory eroze**

Na vzniku, intenzitě a průběhu erozních procesů se podílí kombinované přírodní a člověkem ovlivněné podmínky. Tyto faktory se dle literatury (Cáblík, Jůva 1963; Janeček et al. 2002; Toy, Foster, Renard 2002) rozdělují na:

- a) klimatické a hydrologické poměry,
- b) morfologické poměry,
- c) vegetační (biologické) poměry,
- d) geologické a půdní poměry,
- e) hospodářsko technické poměry.

### **3.2.1 Klimatické a hydrologické podmínky**

Tyto podmínky jsou charakterizovány zeměpisnou polohou, nadmořskou výškou, teplotou ovzduší a jejími změnami, intenzitou a časovým rozdělením vertikálních srážek, výparem a povrchovým odtokem, směrem a intenzitou převládajících větrů (Cáblík, Jůva 1963; Janeček et al. 2002). U srážek, jako hlavního činitele, rozhoduje jejich intenzita, trvání a doba výskytu (Cáblík, Jůva 1963). Krátkodobý, ale prudký déšť může být více katastrofální než stejné srážky v několika dnech. V nastávající době je očekáván nárůst extrémních srážek a teplot (Easterling et al. 2000), čímž se zvýší i tlak na půdu. Z hlediska časového vlivu klimatických poměrů je vodní eroze zpravidla intenzivnější na jaře a v létě (Cáblík, Jůva 1963; Janeček et al. 2002).

### **3.2.2 Morfologické poměry**

Jedná se o terénní vlastnosti území. Zejména to jsou poloha, sklonitost, délka a tvar svahů, jejich oslunění a návětrnost. Všeobecně lze říci, čím členitější reliéf území, tím se zvyšuje erozní činnost, hlavně vody (Cáblík, Jůva 1963). Se zvětšující se délkou a sklonitostí svahu, se zrychluje a stupňuje eroze (Cáblík, Jůva 1963; Janeček et al. 2002).

### **3.2.3 Vegetační (biologické) poměry**

O erozní činnosti rozhoduje hlavně rostlinný kryt a biologický stav půdy.

Vegetační kryt, jakožto nadzemní části rostlin, zachytává kapky deště. Tímto se eliminuje vliv dopadajících kapek na rozrušování povrchu půdy a smyv půdních částic. Podporuje vsakování vody do půdy, čímž se zmenšuje vliv povrchově stékající vody (Cáblík, Jůva 1963; Toy, Foster, Renard 2002).

Důležité jsou také půdní poměry. Hlavně mikroorganismy přispívající k humifikaci organické hmoty a úpravě půdní struktury. Tímto se zvyšuje odolnost vůči erozi (Cáblík, Jůva 1963; Pimentel, Kounang 1998; Morgan 2005; Zou et al. 2005)

### **3.2.4 Geologické a půdní poměry**

Tyto poměry jsou charakterizovány půdotvorným substrátem, půdním druhem a typem, texturou a strukturou půdy, její vlhkostí a zvrstvením, obsahem humusu (Cáblík, Jůva 1963; Janeček et al. 2002; Šarapatka, Dlapa, Bedrna 2002). Obecně hrubě zrnité písčité a hlinitopísčité zeminy jsou dosti odolné vůči erozi, protože při své vysoké

propustnosti a hrubozrnosti snáze odolávají smyvu (Cáblík, Jůva 1963). Oproti tomu vyplývá vyšší ohroženost u půd těžších a u půd luvických (Šarapatka, Dlapa, Bedrna 2002).

### **3.2.5 Hospodářskotechnické poměry**

Na erozi mají vliv také hospodářskotechnické poměry, charakteristické užíváním a obhospodařováním zemědělské půdy, polohovým umístěním kultur, volbou osevních postupů i různými technickými stavbami a úpravami (Cáblík, Jůva 1963). Rozhodující je zde umístění pozemku, zejména je-li na svahu. Dále rozhoduje směr orby, kdy orba po vrstevnici velmi dobře brání eroznímu smyvu. Důležité jsou osevní postupy, obzvláště je-li pozemek na svahu, zapříčiňují širokořádkové plodiny intenzivnější erozi (Cáblík, Jůva 1963; Weber 1964 ex Gregorich et al. 1998; Janeček et al. 2002).

## **3.3 Třídění eroze**

Následující třídění je převzato z práce Fulajtár, Jánský (2001), které je doplněno a upraveno podle Zachara (1970). Je založeno podle působících činitelů. Tito činitelé zapříčiňují pohyb půdních částic. Jsou to voda, vítr, živočichové a lidská činnost. S ohledem na rozpracovávané téma se zaměřím na přiblížení vody a antropogenních vlivů jako erozního činitele.

### **3.3.1 Vodní eroze**

Je založena rozrušování zemského pokryvu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem (Janeček 2002; Toy, Foster, Renard 2002). Fulajtár, Jánský (2001) ještě doplňují rozrušování půdy vodou v pevném stavu.

### **3.3.2 Dešťová eroze**

Dešťová eroze je plošně nejrozšířenější. Začíná kapkovou erozí způsobenou kinetickou energií dopadajících kapek. Kdy při dopadu kapka narušuje půdní agregáty a uvolňuje půdní částice (Janeček 2002; Fulajtár, Jánský 2001). Povrchová odtékající voda, která po dešti nestačí vsakovat, zapříčiňuje erozi odtokovou (Zachar 1970 ex Fulajtár, Jánský 2001). Od jejího množství se poté odvíjí rozdělení na erozi plošnou a liniovou. Plošnou erozi způsobuje voda plošně odtékající po povrchu. Odnáší hlavně jemnější částice, tento selektivní proces zanechá na povrchu hrubozrnou vrstvu skeletu

(tzv. kamenná dlažba) (Janeček 2002). Také tím dochází k ochuzování půdy o jíl a humus. To má za následek zhoršení kvality půdy (Fulajtár, Jánský 2002; Pimentel, Kounang 1998). Dále z odtékající vody soustředěné do linií se vytváří liniová eroze. Po delším působení voda vymílá stružky. V klasifikaci se dále dělí eroze podle velikosti na rýhovou, která je na zemědělské půdě spíše sezónní formou (orbou se zahrne) a erozi výmolovou, která přetrvává. Fulajtár, Jánský (2002) stanovují rozdíl mezi těmito formami tak, že výmol je strouha o šířce i hloubce min. 30 cm. Nejpokročilejším stádiem odtokové eroze je eroze stržová.

### **3.3.3 Říční eroze**

Jedná se o další významný druh vodní eroze. Je zapříčiněn mechanickou silou trvalého vodního toku. Buď třením rychleji proudící vody, nebo zerodovanou a vodou unášenou hmotou (Cáblík, Jůva 1963).

Můžeme ji rozdělit do třech dílčích procesů. Jedním z nich je dnová eroze způsobující vymílání říčního dna. Dále břehová eroze působící po boku říčního profilu. Třetím procesem je eroze povodňová, vznikající při vlivu řeky proudící mimo koryto (Fulajtár, Jánský 2001).

### **3.3.4 Mořská eroze**

V tomto případě se jedná o erozi pobřežní, kterou způsobují vlnobití a příboj. Dalším typem je eroze proudová, tvořící se proudy u velkých stojatých mas vody moří a jezer (Cáblík, Jůva 1963; Fulajtár, Jánský 2001).

### **3.3.5 Kryogenní eroze**

Jde o působení vody v pevném stavu, v jejímž rámci rozlišujeme 2 typy. Nejvýznamnější byla eroze ledovcová, kdy se čtvrtohorní ledovec podílel na tvarování krajiny. Dále se jedná o sněhovou erozi, kde určujeme erozi lavinovou (padající masy strhávající půdu). Dalším typem je eroze plazivá, kdy vlhký sníh pomalým posunem po svahu sdírá povrch půdy (Fulajtár, Jánský 2001).

### **3.3.6 Antropogenní eroze**

Je to název pro soubor erozních procesů způsobených, popřípadě urychlených člověkem. Rozlišujeme zde erozi přímou a nepřímou.



Nepřímo bývá eroze zprostředkována pozměněním, nebo odstraněním rostlinného krytu na orné půdě. Může se podílet i přepásání dobytka. Tímto se podporuje plošný smyv (Fulajtár, Jánský 2002; Morgan 2005).

Přímá antropogenní eroze je zprostředkována přímou lidskou činností. Buď je svým průběhem podobná přirozeným procesům, nebo naopak. Nejběžnějším přímým procesem je eroze při orbě (Heckrath et al. 2005; Van Oost et al. 2006). Je způsobena na svažitéch pozemcích, kdy je půda přemístěna po svahu. Dešťové erozi je vlivem dopadajících kapek podobná eroze závlahová. Ta má, ale oproti ní i svá specifika. Dalším typem je antropogenní obdoba říční eroze - eroze kanálová, která je ale mírnější. Na nezpevněných cestách a chodnicích probíhá eroze cestní. Odstranění půdy mechanicky s velkou kinetickou energií je eroze technogenní (Fulajtár, Jánský 2002). Zajímavá je ztráta půdy způsobená sklizní plodin jako jsou brambory (Auerswald, Gerl, Kainz 2006) a řepa (Ruyschaert et al. 2005).

### **3.4 Dopady eroze**

Jeden z možných pojetí eroze, je její dělení podle dopadu na okolí. Půdní eroze, jak již bylo zmiňováno, je velmi rozšířená a nepříznivě ovlivňuje všechny přírodní a člověkem řízené ekosystémy. Zhoršuje kvalitu půdy přírodních, zemědělských a lesních ekosystémů, čímž se snižuje produktivita půdy. V důsledku toho se snižuje rozmanitost rostlin a živočichů. Tím může být ohrožená stabilita celých ekosystémů (Pimentel et al. 1995). Podle místa působení můžeme dopady rozdělit na tzv. on-site efekty a off-site efekty (Favis-Mortlock 2005).

#### **3.4.1 On-site efekty**

Hlavním on-site efektem je snížení kvality půdy, čímž je ve výsledku snížen obsah živin ve vrchní vrstvě půdy a redukována vodní kapacity půdy (Favis-Mortlock 2005).

Jeden z on-site efektů je vyplavování základních živin NPK (N – dusík, P – fosfor, K – draslík) z půdy. Na základě prezentovaných měření odtoku vody a odnosu půdy, podle Fulajtára, Jánského (2002) se projevilo ochuzování zemědělské půdy o všechny základní živiny. Celkově nebylo ochuzování ve sledovaných případech příliš velké. Problém však představovalo vyplavování dusičnanu (i když nedocházelo k erozi), které

mohou ohrozit životní prostředí. Erozní smyv redukuje dostupné živiny ročně o 8.2 mil. tun N, 0.06 mil. tun P, a 2.0 mil.tun K (Lal 1976 ex Pimentel et al. 1987).

Eroze a orba ovlivňuje značné množství organického uhlíku (C), kdy eroze a depozice jen přerozdělují půdu a obohacují ji o organický C (Schiettecatte et al. 2008). Narušením půdy intenzivní mineralizace má za následek čistou ztrátu C z půdy do ovzduší (Polyakov, Lal 2008). Nastává tím snížení produkce a návratu C ve formě posklizňových zbytků (Gregorich et al. 1998)

### **3.4.2 Off-site efekty**

Jde o dopady vzniklé mimo místo působení erozních procesů. Hlavním efektem je pohyb sedimentů a zemědělských polutantů do vodního prostředí. Přitom nastávají problémy jako eutrofizace vod, sedimentace, ztráta objemové kapacity půd, bahnitě záplavy silnic, usedlostí a s tím vysoké náklady na odstranění škod (Tlapák, Kratochvil 1982; Favis-Mortlock 2005).

Po vyplavování základních živin nastává obohacování vodních toku a s tím zhoršení kvality vod, zejména eutrofizací (Tlapák, Kratochvil 1982). V kontextu eroze je třeba zvýšit pozornost k fosforu, který se do vod dostává ve formě rozpustné i formě částic. 18 a 49 % částic se stává potenciálně dostupných pro využití řasami (Sharpley, Smith 1990 ex Morgan 2005).

Vliv splavené půdy do povrchových vod se projevuje zanášením vodních děl sedimenty a snižováním jejich životnosti (UNEP 1982 ex Pimentel et al. 1987). Sedimenty negativně ovlivňují ichtyofaunu vod (NAS 1982 ex Pimentel et al. 1987). Díky akumulaci erozních sedimentů ve spodních částech svahů, konkávních prvcích svahů a terénních průlezích vzniká půdní typ – koluvizem. Mocnost akumulovaného humusového horizontu musí však převyšovat 25 cm (Taxonomický klasifikační systém půd ČR 2004).

Eroze má negativní vliv na kvalitu vod opouštějících zemědělská povodí (Tlapák, Kratochvil 1982), předpokládáný je i vliv reziduí pesticidů. Jejich dopad nebyl ještě však plně dokumentován (Janeček et al. 2002).

## **3.5 Protierozní opatření**

Ze škod způsobovaných vodní erozí zemědělské půdy je jasné, že je třeba ji chránit vhodnými protierozními opatřeními. Většinou jde o komplex organizačních,

agrotechnických a technických opatření, které se vzájemně doplňují a respektují požadavky zemědělské výroby (Janeček et al. 2002; Šarapatka, Dlapa, Bedrna 2002).

Hlavním účelem opatření na ochranu půd před erozí je:

- chránit půdu před vlivem dopadajících kapek deště,
- podporovat však vody do půdy,
- zlepšovat soudržnost půdy,
- omezit unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku,
- neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu (Janeček 2001; Morgan 2005).

Protierozní ochrana se všeobecně zakládá na ovlivňování jednotlivých erozních činitelů tak, aby došlo k poklesu intenzity eroze. Kromě činitelů klimatických (vítr, déšť) lze ostatní činitele ovlivňovat.

Z hlediska charakteru protierozních opatření je můžeme rozdělit na organizační, agrotechnická a technická (Janeček 2002; Šarapatka, Dlapa, Bedrna 2002; Morgan 2005).

### **3.5.1 Opatření organizačního charakteru**

#### **Delimitace kultur**

Základem pro delimitaci kultur z hlediska protierozní ochrany je sklonitost území. Svahy s vyšší sklonitostí než 50 % by měly být zalesněny. TTP by měly být tam kde svah převyšuje sklonitost 25 %. Dále by TTP měly chránit dráhy soustředěného odtoku, půdy s vysokou hladinou spodní vody a pozemky nad hranicí pěstování polních plodin.

#### **Protierozní rozmístění plodin**

Protierozní rozmístění plodin spočívá v umístění plodin nedostatečně chránící půdu před erozí (širokořádkové plodiny) na pozemky rovinné nebo mírně svažité do sklonu max. 8 % (v závislosti na délce svahu). Na orné půdě se sklonem od 8 % do 15 % je možné nízký ochranný účinek těchto plodin zvýšit jejich střídáním s vrstevnicovými pásy obilovin.

#### **Pásové hospodaření**

System pásového střídání plodin je asi dvakrát účinnější než vrstevnicové obdělávání půdy. Spočívá v obdělávání půdy ve směru vrstevnic v kombinaci se střídáním stejně širokých pásů plodin nedostatečně chránících půdu, s pásy střídání plodin chránících půdu.

### **Pozemkové úpravy**

Uspořádání pozemků delší stranou ve směru vrstevnic a trasování sítě polních cest s příkopy významně přispívá ke snížení nepřerušené délky pozemků po spádnicí a tím i ke snížení eroze.

#### **3.5.2 Opatření agrotechnického charakteru**

Protierozní agrotechnická opatření se používají ke zlepšení vsakovací schopnosti půdy, zvýšení její protierozní odolnosti a k vytvoření ochrany jejího povrchu především v období výskytu přívalových srážek, kdy zejména širokořádkové plodiny svým vzrůstem a zapojením nedostatečně kryjí půdu.

##### **Vrstevnicové obdělávání**

Orbou po vrstevnici, nebo s malým odklonem od vrstevnic oboustrannými otočnými pluhy, které překlápějí půdu proti svahu, je možné významným způsobem přispět k ochraně půdy před erozí.

##### **Ochranné obdělávání půdy**

Ochranné obdělávání půdy je nazýván systém obdělávání a pěstování plodin, který udržuje nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy a vede ke snížení vodní nebo větrné eroze (Janeček et al. 2002). Větší množství posklizňových zbytků se projevuje i zvětšením mikrobiálních populací v několika centimetrech půdy. Redukované obdělávání (minimalizace zpracování půdy) zajišťuje jak ochranu povrchu půdy, tak i vyšší abundanci edafonu (Šarapatka, Dlapa, Bedrna 2002).

#### **3.5.3 Opatření technického charakteru**

Technické protierozní opatření slouží k vyrovnání příčných nerovností a snížení podélného sklonu velmi svažitých pozemků a ochraně pozemků před vodou přitékající z okolí, k odvedení povrchových vod z povodí, k retardaci povrchového odtoku a k zachycení smyté zeminy apod. Používají se, pokud by předchozí opatření nebyla účinná, nebo pokud je technické řešení výhodnější. Můžeme je rozdělit na zemní úpravy (terénní urovnávky, meze a terasy) a hydrotechnické prvky (příkopy, průlehy, ochranné hrázky a nádrže).

##### **Terénní urovnávky**

Při terénních urovnávkách jde především o odstranění vertikálních nerovností přesunem zeminy ke snížení příčného sklonu jednotlivých částí pozemků. Zpravidla je lze provádět jen na hlubokých půdách.

### **Protierozní meze**

Jsou považovány za významné technické protierozní opatření. Funkční jsou však meze, které jsou trasovány ve směru vrstevnic, či s mírným odklonem od vrstevnic do 3 % a jsou-li doplněny hydrotechnickými prvky.

### **Terasování**

U extrémně svažitéch pozemků o sklonu vyšším než 20 % na hlubokých až velmi hlubokých půdách, je možné terasování. Toto krajní a technicky náročné řešení umožňuje využívat takto extrémní pozemky k zemědělské výrobě.

### **Protierozní příkopy**

Příkopy se používají pro doplnění hydrografické sítě a slouží k zachycování a odvádění povrchové vody a splavenin. Z funkčního hlediska se navrhují jako:

- a) záchytné (obvodové) – k ochraně pozemků před přítokem vod z okolí,
- b) sběrné – pro zachycení vnitřních vod,
- c) svodné – pro zajištění neškodného odtoku do recipientu.

### **Průlehy**

Navrhují se k zachycování, infiltraci a odvádění krátkodobého povrchového odtoku způsobeného přívalovými dešti či nenadálým jarním táním a jsou považovány za nejúčinnější protierozní opatření. Jsou mělké a zpevněné pouze vegetací. Z funkčního hlediska se průlehy navrhují jako:

- a) záchytné – slouží k ochraně pozemků před přítokem vod z okolí
- b) sběrné – vsakovací – s nulovým nebo malým podélným sklonem, odváděcí – k odvádění vody z pozemku,
- c) svodné – zpravidla v podobě zatravněných drah soustředěného povrchového odtoku.

### **Zatravněné údolnice**

Zatravnění údolnice se navrhuje k ochraně drah povrchového odtoku, který se v důsledku členitosti terénu soustřeďuje v přirozených úžlabinách a údolnicích.

### **Polní cesty s protierozní funkcí**

System ochrany velmi dobře doplňuje síť polních cest, pokud jsou opatřeny cestními příkopy, nebo průlehy na straně ke svahu.

### **Protierozní hrázky**

Protierozní hrázky jsou nižší, zpravidla 1 až 1,5 m vysoké nepřelévané zemní hráze, budované na úpatí svahů pozemků, sloužící k ochraně zpravidla komunikací před zaplavením vodou a zanesením splavenin.

### **Ochranné nádrže**

Ochranné nádrže se jako protierozní opatření navrhují k akumulaci, retenci, retardaci a infiltraci povrchového odtoku a k zachycování splavenin (Janeček et al. 2002).

## **3.6 Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu**

Podmínky GAEC, jenž jsou součástí kontroly podmíněnosti (Cross Compliance), zajišťují hospodaření s ohledem na ochranu životního prostředí. Jejich dodržování je povinné pro žadatele o přímé platby, podpory z osy II Programu rozvoje venkova a některé podpory společné organizace trhu s vínem. Kontrolu na místě a hodnocení souladu hospodaření s podmínkami GAEC provádí Státní zemědělský a intervenční fond.

Podmínky podmíněnosti GAEC individuálně definují členské státy EU na základě rámce stanoveného v příloze č. III nařízení Rady (ES) č. 73/2009, které obsahuje 5 tématických okruhů (viz níže).

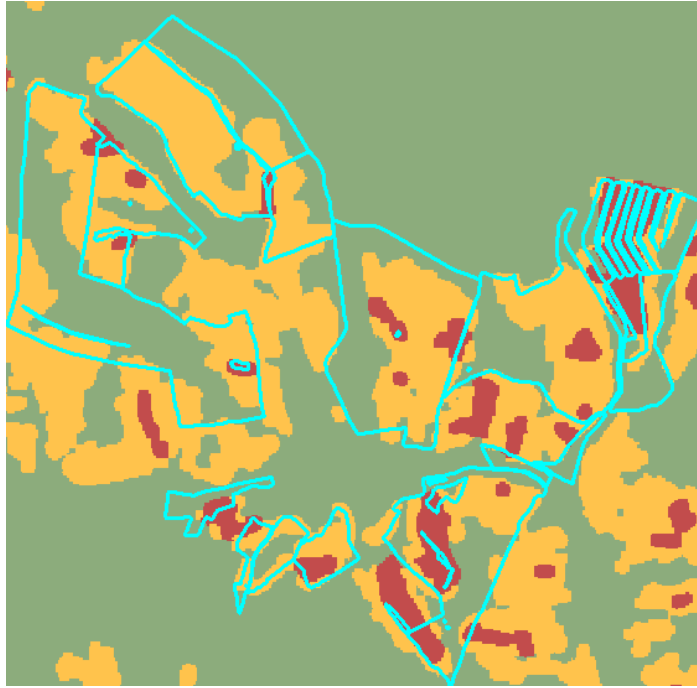
### **3.6.1 GAEC I.**

Od 1. 1. 2009 byly v České republice uplatňovány „staré standardy“ (GAEC I), které pokrývají následující tématické okruhy.

1. rušení krajinných prvků (GAEC 1),
2. pěstování širokořádkových plodin na svahu (GAEC 2),
3. zapravení kejdy a močůvky (GAEC 3),
4. změna travního porostu na ornou půdu (GAEC 4),
5. pálení bylinných zbytků (GAEC 5).

Podmínky standartu GAEC 2.

Kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója nebo slunečnice nejsou pěstovány na půdních blocích popřípadě jejich dílech s průměrnou sklonitostí převyšující 12°. (Nařízení vlády č. 83/2009 Sb.)



Obrázek 1: Půdní bloky s půdoochranným managementem GAEC I. v loklaitě V. Hostěrádky

### 3.6.2 GAEC II.

Od 1. 1 2010 jsou v České republice uplatňovány „nové standardy“ (GAEC II.), které pokrývají následující tématické kruhy:

1. eroze půdy (GAEC 1, GAEC 2),
2. organické složky půdy (GAEC 3, GAEC 4),
3. struktura půdy (GAEC 5),
4. minimální úroveň péče (GAEC 6, GAEC 7, GAEC 8 a GAEC 9),
5. ochrana vody a hospodaření s ní (GAEC 10, GAEC 11).

V následujícím textu se budu věnovat 1. tématickému kruhu.

#### Podmínky Standartu GAEC 1.

Týká se žadatelů na půdním bloku, nebo jeho dílu s ornou půdou, jehož průměrná sklonitost přesahuje 7°. V těchto případech je zemědělec povinen zajistit po sklizni plodiny založení porostu následné plodiny a nebo uplatnit alespoň jedno z následujících opatření:

- a) ponechá strniště sklizené plodiny na půdním bloku nebo jeho dílu minimálně do 30. listopadu, jestliže to není v rozporu s bodem 2,

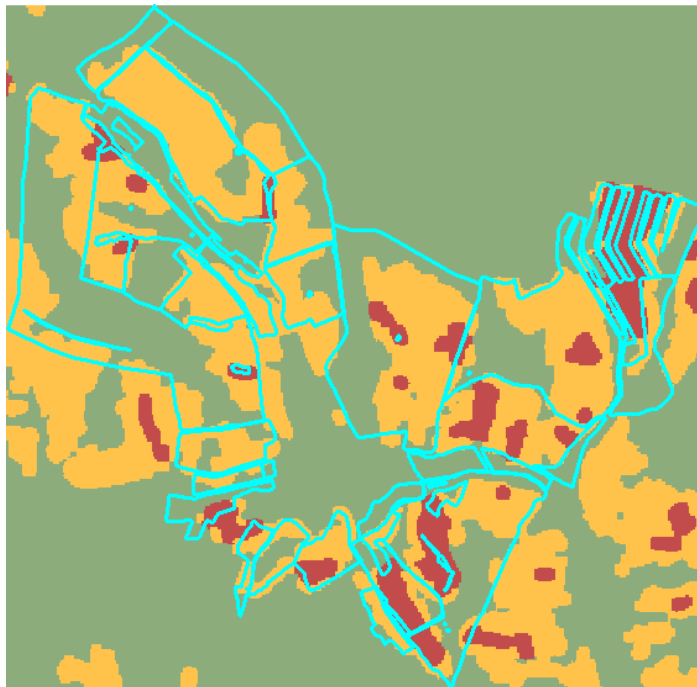
- b) půdu nechá zoránu, popřípadě podmítnutu za účelem zasakování vody minimálně do 30. listopadu, pokud to není v rozporu s bodem 2.

Tato opatření má ošetřit problematiku protierozní ochrany půdy na svažitéch pozemcích. Pomocí provádění minimalizačních opatření se zpomalí povrchový odtok a zvýší se retence vody v krajině. Tato opatření jsou také důležitá pro snižování rizika povodní a následných škod.

#### Podmínky Standartu GAEC 2

V tomto bodě jde o vyloučení pěstování širokořádkové plodiny kukuřice, brambor, řepy, bobu setého, sóji a slunečnice na ploše žadatele, která je v evidenci půdy označena jako erozně silně ohrožená. Porosty obilnin a řepky olejné musí být na takových to plochách zakládány s využitím půdoochranných technologií (setí do mulče, bezorebné setí).

Stejně jako u předchozího bodu je cílem ochrana před vodní erozí. S tím přichází omezení doprovodných negativních jevů (škody na komunikacích, nemovitostech) (Nařízení rady ES č. 73/2009).



Obrázek 2: Půdní bloky s půdoochranným managementem GAEC II. v lokalitě V. Hostěrádky



## 4. Metodika

### 4.1 Popis území

Pro průzkum byly vybrány lokality jak nížinné (Archlebov, Velké Hostěrádky), tak ve vyšších nadmořských výškách (Sasov, Rychtářov). Vybraná území náleží do zemědělského půdního fondu evidovaného v LPIS (registr zemědělské půdy). Informace o převládajících půdních typech, půdních vlastnostech a klimatických podmínkách vychází z kódu BPEJ.

#### **Archlebov**

Území leží v obci Archlebov, okres Hodonín. Geomorfologicky náleží k Dolnomoravskému úvalu, přesněji Mutěnické pahorkatině. Má měkký reliéf, který tvoří široké hřbety oddělené rozevřenými údolími (Demek et al. 2006). Nadmořská výška se pohybuje kolem 270 m n. m.

Nachází se ve velmi teplém, suchém regionu. Suma teplot nad 10 °C je 2800 až 3100. Průměrná roční teplota je 9 °C až 10 °C a roční úhrn srážek 500-600 mm. Půda je zde hluboká (> 60 cm), převážně bez skeletu. Převládajícím půdním typem v území je černozem (vyhláška č. 327/1998 Sb.). Černozemě jsou rozšířeny v našich nejsušších a nejteplejších oblastech, kde vznikly v raných obdobích postglaciálu pod původní stepí a lesostepí. V současné době se uchovává v původní podobě jen díky zemědělské kultivaci. Půdotvorným substrátem jsou převážně spraše. Nadmořská výška výskytu černozemí zpravidla nepřesahuje 300 m n. m. Místy však (jižní Morava) se vyskytují v pahorkatinném až vrchovinném reliéfu. Hlavním půdotvorným procesem při vzniku černozemí byla intenzivní humifikace, která probíhala pod stepní vegetací (černozemní půdotvorný pochod). Pro půdní profil je charakteristický mocný, tmavě zbarvený humusový horizont. Vyznačuje se odolnou vodostálou strukturou a hojným edafonem. Černozemě jsou nejčastěji středně těžké s vyšším až vysokým obsahem kvalitního humusu. Mají neutrální reakci a velmi dobré sorpční a fyzikální vlastnosti (Tomášek 1995).

### **Velké Hostěrádky**

Zkoumané území leží v obci Velké Hostěrádky, okres Břeclav. Geomorfologicky je lokalita stejná jako předešlé území. Nadmořská výška lokality je kolem 270 m n. m. Území spadá do teplého, mírně vlhkého regionu. Suma teplot nad 10 °C je 2500 až 2800. Průměrná roční teplota je 7 °C až 9 °C a roční úhrn 550-700 mm. Půda je zde ve většině hluboká, převážně bez skeletu. Hlavním půdním typem je zde černozem (viz výše)

### **Rychtářov**

Řešené území se nachází v obci Rychtářov, okres Vyškov. Území leží na jižním svahu Dražanské vrchoviny, spadající do Brněnské vrchoviny (Demek et al. 2006). Nadmořskou výškou je kolem 400 m n. m.

Území leží v mírně teplém a mírně vlhkém regionu. Suma teplot nad 10 °C je 2200 až 2500. Průměrná teplota činí 7 °C až 9 °C, roční úhrn srážek je mezi 550 a 700 mm. Půda je zde hluboká bez skeletu. Převažuje zde kambizem (vyhláška č.327/1998 Sb.). Kambizemě jsou naším nejrozšířenějším půdním typem, jen v nížinách jsou málo zastoupeny. Hlavním půdotvorným procesem při jejich vzniku je intenzivní vnitropůdní zvětrávání. Jde o půdy vývojově mladé. Jako matečný substrát se uplatňují téměř všechny horniny skalního podkladu. Humusový horizont je obvykle mělký. Obsah humusu silně kolísá a je méně kvalitní. Půdní reakce je obvykle slabě kyselá až kyselá. Sorpční a fyzikální vlastnosti jsou kolísající v závislosti na půdotvorném substrátu a dalších faktorech (Tomášek 1995).

### **Sasov**

Území leží v obci Sasov. Obec je částí města Jihlava, okres Jihlava. Geomorfologicky náleží k Českomoravské vrchovině, Jihlavské vrchy (Demek et al. 2006). Nadmořskou výšku má území kolem 500 m n. m.

Je v mírně teplém a vlhkém regionu. Suma teplot nad 10 °C je 2200 až 2400. Průměrná roční teplota je zde 6 °C-7 °C. s ročním úhrnem srážek 650-750 mm. Půda je zde hluboká až středně hluboká (> 30 cm) se střední skeletovitostí. Převažujícím půdním typem v území je zde kambizem (viz výše) (vyhláška č.327/1998 Sb.).

## 4.2 Metodický postup

Práce analyzuje protierozní opatření legislativních návrhů GAEC, návrh PEO a původní stav bez protierozních managementů. Doplní tak již vypracovaný projekt protierozních opatření na zájmových území, který byl zpracován jako dílčí zpráva výzkumného úkolu NPV II (Šarapatka a kol. 2010). Navazuje na výsledky erozního smyvu tohoto projektu, které jsem použil k analýze.

V rámci návrhů GAEC rozlišujeme dva managementy. Jedná se o GAEC I. jenž byl platný do 31. 12. 2009 a GAEC II., který je platný od 1.1.2010. GAEC II. se odlišuje od předchozího rozšířením o ochranná opatření na mírně erozně ohrožených půdách (v předchozím byly silně erozně ohrožené půdy). Tím se rozšířila povinnost půdoochranného využívání půdy.

Pro zhodnocení návrhů jsem použil využití zemědělské půdy v územích (v hektarech), a to ve 4 kategoriích v každém půdoochranném managementu :

1. orná půda bez opatření.
2. orná půda s opatřením,
3. trvalý travní porost,
4. liniová opatření.

Tímto rozdělením se vyjádří předpokládaný vliv využití území na hodnotu potenciální ztráty půdy vodní erozí.

Každá kategorie obsahuje jednotlivá protierozní opatření:

orná půda bez opatření:	žádná opatření,
orná půda s opatřením:	vyločení pěstování erozně nebezpečných plodin, půdoochranná agrotechnika (výsev do mezíplodiny),
trvalý travní porost:	trvalý travní porost,
liniová opatření:	zasakovací pásy, svodné průlehy, záchytné průlehy, stabilizace drah soustředěného odtoku.

Informace o využití zemědělské půdy v územích jsem získal dvěma způsoby. Pro zjištění původního stavu bez protierozních managementů jsem vycházel z informací o území před tímto managementem. Pro opatření GAEC I. a GAEC II. jsem použil informace z WMS služby VÚMOP. Pomocí programu ArcGIS 9.3 (ESRI) jsem zajistil rastrové vrstvy GAEC pro zájmová území. Ty jsem si následně překryl polygonovou vrstvou zájmových území s půdními bloky. Pro získání informace o GAEC I. jsem v programu zaznamenal půdní bloky, kde se dodržují půdoochranná opatření pro silně erozně ohrožené půdy. Použitím statistické funkce programu ArcGIS 9.3 jsem dostal hodnoty o zastoupení půdy s půdoochranným managementem a půdy bez půdoochranného managementu. Pro získání informace o GAEC II. jsem postupoval obdobně s tím rozdílem, že jsem zaznamenával i půdní bloky, kde se musí dodržovat půdoochranná opatření pro mírně erozně ohrožené půdy. Pro informace k návrhu PEO jsem vycházel z doporučeného managementu. K zhodnocení jsem využil tabulky a grafy vypracovaných v programu Microsoft Office Excel. Každá tabulka je zvlášť pro jedno zájmové území. Obsahuje návrhy půdoochranných managementů se zastoupením jednotlivých kategorií v nich. Ke každému území jsem znázornil koláčovými grafy využití půdy v jednotlivých managementech (Příloha 1). Na závěr je i pro vzájemné porovnání zájmových území a jejich využití použito sloupcových grafů v procentuální škále (Příloha 1).

### **4.3 Výpočet potenciální ztráty půdy vodní erozí**

Jak bylo zvýrazněno výše, vycházel jsem z různých návrhů půdoochranného managementu. Při jejich vypracování bylo použito různých přístupů. V případě původního stavu se jedná o stav bez půdoochranného přístupu. Návrh PEO vychází z rovnice USLE (viz 4.3.1) a možností vycházejících z ní. Přístupy GAEC vycházejí také z této rovnice, ale upravené. (4.3.2).

#### **4.3.1 Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí**

Pro kvantitativní vyjádření potenciální eroze je nejpoužívanější a zatím nejpropracovanější tzv. Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE dle Wischmeiera a Smithe (1978). Vychází z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku o délce 22,13 m se sklonem 9 %.

Vztah pro stanovení ztráty půdy vodní erozí:

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

kde: G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy (t/ha/rok).

R – faktor erozní účinnosti deště – vyjádřený v závislosti intenzity, množství a kinetické energie deště,

K – faktor erodovatelnosti půdy – vyjadřuje v závislosti na textuře a struktuře půdy, obsahu organické hmoty a zrnitosti náchylnost k erozi půdy v t/ha na jednotku erozní účinnosti deště,

L – faktor délky svahu, vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy,

S – faktor sklonu svahu, vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy,

C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu – vyjádřený v závislosti vývoje vegetace a použité agrotechnice,

P – faktor účinnosti protierozních opatření.

### **Faktor erozní účinnosti deště (R)**

Vztah pro tento faktor byl odvozen v USA na základě velkého množství dat o dešťových srážkách. Tato data ukazují, že při konstantnosti ostatních faktorů rovnice je vztah:

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

kde: R – faktor erozní účinnosti deště (MJ/ha \*cm/h)

E – celková kinetická energie ( $J/m^2$ ), vychází ze vztahu  $E = \sum_{i=1}^n E_i$  ( $E_i$  je

kinetická energie deště i-tého úseku deště, n je počet úseků deště)

$i_{30}$  – max. 30-minutová intenzita deště (cm/h)

Faktor tedy závisí na četnosti výskytu srážek, jejich kinetice, intenzitě a úhrnu. Pro území České republiky uvádíme průměrnou hodnou  $R = 20 \text{ MJ/ha*cm/h}$  z ombrografických pozorování ČHMU za období 50 let pro definovaný úhrn a intenzitu deště (Janeček et al. 2002). S využitím nově zpracovaných dat dlouhodobého měření bude možné přesněji stanovit R-faktor pro území České republiky.

### **Faktor erodovatelnosti půdy (K)**

Vlastnosti půdy k infiltraci vody a odolnost půdních agregátů proti rozrušujícímu vlivu dopadajících dešťových kapek a transportu povrchově odtékající vody. K – faktor je definován jako ztráta půdy v t/ha na jednotku R – faktoru (MJ/ha\*cm/h).

Faktor lze stanovit třemi postupy:

1. podle vztahu odvozeného pro faktor K,
2. podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu,
3. přibližně podle hlavní půdní jednotky bonitační soustavy půd.

Při prvních dvou postupech je třeba mít základní údaje o dané půdě. Pro rámcové posouzení erozní ohroženosti je možné použít přibližné stanovení podle HPJ (Janeček et al. 2007).

### **Topografický faktor sklonu a délky svahu (L, S)**

Vliv S a L faktorů na intenzitu eroze je vyjádřen jako tzv. topografický faktor LS (Wischmeier, Smith 1965 ex Janeček et al. 2002). Tento faktor představuje ztrátu půdy na jednotkovém pozemku.

L – faktor je určen jako horizontální vzdálenost mezi místem vzniku povrchového odtoku a bodem kde dochází k ukládání erodovaného materiálu (Janeček et al. 2007).

S – faktor ovlivňuje svým vzrůstem ztrátu půdy více než vzrůstající L-faktor.

Hodnotu LS-faktoru pro přímý svah se určí ze vztahu:

$$LS = l_d^{0,5} / (0,0138 + 0,0097 s + 0,00138 s^2),$$

kde:  $l_d$  – je nepřerušovaná délka svahu (m),

s – sklon svahu (%).

### **Faktor ochranného vlivu vegetace (C)**

Vliv C-faktoru na smyv půdy se projevuje jak přímou ochranou povrchu před působením dopadajících dešťových kapek a zpomalením rychlosti povrchového odtoku, tak nepřímou působením na půdní vlastnosti a zpevněním půdy kořenovým systémem. Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v období přívalových dešťů (duben-září). Jako dokonalá ochrana se jeví porosty trav a jetelovin oproti běžným způsobem pěstovaným porostům širokořádkových plodin (Janeček et al. 2007)

Pro řešení protierozní ochrany pozemků a jejich dlouhodobé erozní ohroženosti se C-faktor stanoví v 5 obdobích (Wischmeier, Smith 1978 ex Janeček et al. 2007):

1. období podmínky a hrubé brázdy,
2. období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení,
3. období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimu do 30. 4.,
4. období od konce 3. období do sklizně,
5. období strniště.

### **Faktor účinnosti protierozních opatření (P)**

Hodnoty P-faktoru se podle Wischmeiera a Smithe (1978) (cit. ex Janeček 2002) určují v rozmezí 0-1 kombinací sklonu svahu a protierozního opatření. Když nelze předpokládat, že by byly dodrženy podmínky maximálních délek pozemků a počtů pásů při pásovém střídání plodin, nelze s uvedenou účinností příslušného opatření vyjádřenou hodnotami faktoru P při výpočtu průměrné dlouhodobé ztráty půdy počítat a hodnota faktoru  $P = 1$  (Janeček et al. 2007).

Podrobné vyjádření jednotlivých faktorů je nad rámec této práce a je zpracováno v odborné literatuře (např. Janeček et al. 2007).

### **4.3.2 Metodika stanovení ohroženosti vodní erozí pro potřeby GAEC – pomocí maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace ( $C_p$ ) dle VÚMOP**

Vymezení erozní ohroženosti pro potřeby GAEC se používá modifikovaná rovnice USLE. Vychází se přitom z toho, že z rovnice USLE vyplývají omezení způsobená přesností stanovení hodnot C, která spočívají v nereálnosti stanovení faktoru C dle metodiky USLE pro velká území. Je založena na maximálně přípustné hodnotě faktoru ochranného vlivu vegetace ( $C_p$ ), tedy za předpokladu stability ostatních faktorů v delším časovém období a při určení maximální přípustné hodnoty ztráty půdy ( $G_p$ ). Z rovnice USLE vyjádřit maximální přípustnou hodnotu faktoru  $C_p$  :

$$C_P = G_P / (R \times K \times L \times S \times P)$$

kde:  $C_P$  – maximální přípustná hodnota faktoru ochranného vlivu vegetace,  
 $G_P$  – přípustná ztráta půdy s ohledem na zachování funkcí půdy a její úrodnosti (t/ha/rok),

R, K, L, S, C, P – stejné jako u USLE.

Výsledné hodnoty  $C_P$  určí zařazení do jedné ze 3 skupin ohroženosti půd podle GAEC, z nichž vychází navrhovaný management dle VÚMOP .

### 4.3.3 Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Pro udržitelné a ekonomicky dostupné udržení úrodnosti půdy Janeček et al. (2002, 2007) navrhuje posouzení míry erozní ohroženosti pozemků. To společně s dalšími kritérii slouží jako princip přípustné ztráty půdy. Při stanovení mezí ztráty se uvažuje s mocností půdního profilu, využitím půd do budoucna a předpokládanou ztrátou půdy. Hloubku půdy lze orientačně zjistit podle BPEJ. V tomto systému je vyjádřena 5. číslici sdruženého kódu BPEJ pro skeletovitost a hloubku půdy (Janeček et al. 2002, 2007).

Dosazením hodnot do universální rovnice získáme dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy vodní erozí v t/ha/rok. Dle Janečka et al. (2002, 2007) jsou přípustné ztráty půdy stanoveny podle hloubky půdního profilu půd, tedy u mělkých půd (do 30 cm) by neměla ztráta přesahovat 1 t/ha/rok, u středně hlubokých (30-60 cm) 4 t/ha/rok a u hlubokých (nad 60 cm) 10 t/ha/rok. Nesplní-li aktuální stav na řešeném území toto kritérium, je zapotřebí uplatnit protierozní opatření, jež se promítnou do rovnice jako změna příslušného faktoru. Následný přepoččet ověří, zda jsou ochranná opatření dostatečná.



## 5. Výsledky

Z výsledků získaných zejména při řešení projektu Národního programu výzkumu II je patrný vliv využití zemědělské půdy na množství půdy ztracené vodní erozí v jednotlivých územích a změny při různých managementech.

### Archlebov

Území Archlebova lze považovat za velmi ohrožené území vodní erozí, kde průměrný erozní smyv v původním stavu je 17,9 t/ha/rok a celková ztráta půdy v řešeném území je 9 183 t/rok.

Management GAEC I. navrhuje 104,6 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními (opatření jsou dle koncepce GAEC I., viz 3.6.1), 333,6 ha orné půdy bez opatření, 22,4 ha TTP (tab. 1). Těmito opatřeními se snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 15,3 t/ha/rok a množství celkové ztráty půdy na 7 849 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 14,5 %.

Management GAEC II. navrhuje 384,4 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními (opatření jsou dle koncepce GAEC II., viz 3.6.2), 53,8 ha orné půdy bez opatření, 22,4 ha TTP (tab. 1). Těmito opatřeními se snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 10,6 t/ha/rok a množství celkové ztráty půdy na 5 438 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 40,8 %.

Komplexní návrh PEO je v rozsahu: 56,9 ha TTP, 145,5 ha VENP, 113,8 ha AGT. Dále 3,70 km (11,1 ha) ZPAS, 5,13 km (7,7 ha) ZPRU, 0,97 km (1,0 ha) SPRU a 2,54 km (5,1 ha) SDSO, celkově 24,9 ha jako LO (tab. 1). Tímto došlo ke snížení průměrné hodnoty erozního smyvu na 5,3 t/ha/rok a ke snížení celkové ztráty půdy v řešeném území na 2 719 t/rok (Příloha 2). Návrhem PEO tedy došlo ke snížení hodnot erozního smyvu o 70,4 %.

Tabulka 1: Využití zemědělské půdy – Archlebov (ha).

	Orná půda			TTP	LO	Zemědělská půda celkem
	s opatřením	bez opatření	celkem			
Původní stav	-	438,2	438,2	22,4	-	460,6
GAEC I.	104,6	333,6	438,2	22,4	-	460,6
GAEC II.	384,4	53,8	438,2	22,4	-	460,6
PEO	259,3	119,5	378,8	56,9	24,9	460,6

Pozn.: TTP – trvalý travní porost, LO – liniové opatření

## Velké Hostěrádky

Území Velkých Hostěrádek lze považovat za velmi ohrožené vodní erozí, kde průměrný erozní smyv v původním stavu je 20,3 t/ha/rok a celková ztráta půdy v řešeném území je 11 145 t/rok.

Management GAEC I navrhuje 255,6 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními dle koncepce, 222,8 ha orné půdy bez opatření, 3,8 ha TTP (tab. 2). Těmito opatřeními se snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 13,5 t/ha/rok a množství celkové ztráty půdy na 7 412 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 33,5 %.

Management GAEC II. navrhuje 399 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními, 79,4 ha orné půdy bez opatření, 3,8 ha TTP (tab. 2). Těmito opatřeními se snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 11,6 t/ha/rok a množství celkové ztráty půdy na 6 368 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 42,9 %.

Komplexní návrh PEO je v rozsahu: 26,9 ha TTP, 252,5 ha VENP, 51,2 ha AGT. Dále 6,13 km (18,5 ha) ZPAS, 5,51 km (8,3 ha) ZPRU, 0,51 km (0,5 ha) SPRU a 3,14 km (6,3 ha) SDSO, celkově 33,6 ha jako LO (tab. 2). Tímto došlo ke snížení průměrné hodnoty erozního smyvu na 5,4 t/ha/rok a ke snížení celkové ztráty půdy v řešeném území na 2 965 t/rok (Příloha 2). Návrhem PEO tedy došlo ke snížení hodnot erozního smyvu o 73,4 %.

Tabulka 2: Využití zemědělské půdy – Velké Hostěrádky (ha).

	Orná půda			TTP	LO	Zemědělská půda celkem
	s opatřením	bez opatření	celkem			
Původní stav	-	478,4	478,4	3,8	-	482,2
GAEC I.	255,6	222,8	478,4	3,8	-	482,2
GAEC II.	399,0	79,4	478,4	3,8	-	482,2
PEO	303,7	118,0	421,7	26,9	33,6	482,2

Pozn.: TTP – trvalý travní porost, LO – liniové opatření

## Rychtářov

Území Rychtářova lze považovat za středně ohrožené území vodní erozí, kde průměrný erozní smyv v původním stavu je 5,6 t/ha/rok a celková ztráta půdy v řešeném území je 1 663 t/rok.

Management GAEC I. navrhuje 112,1 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními, 128,3 ha orné půdy bez opatření, 49,4 ha TTP (tab. 3). Těmito opatřeními se

snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 4,4 t/ha/rok a množství celkové ztráty půdy na 1 307 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 21,4 %.

Management GAEC II. navrhuje 228,4 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními, 12 ha orné půdy bez opatření, 49,4 ha TTP (tab. 3). Těmito opatřeními se snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 3,2 t/ha/rok a množství celkové ztráty půdy na 950 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 42,9 %.

Komplexní návrh PEO je v rozsahu 55 ha TTP, 39,4 ha VENP, 101,1 ha AGT. Dále 1,62 km (5,3 ha) ZPAS, 1,14 km (1,7 ha) ZPRU, 0,19 km (0,2 ha) SPRU a 1,88 km (4,0 ha) SDSO, celkově 11,2 ha jako LO (tab. 3). Tímto došlo ke snížení průměrné hodnoty erozního smyvu na 2,8 t/ha/rok a ke snížení celkové ztráty půdy v řešeném území na 832 t/rok (Příloha 2). Návrhem PEO tedy došlo ke snížení hodnot erozního smyvu o 50,0 %.

Tabulka 3: Využití zemědělské půdy – Rychtářov (ha).

	Orná půda			TTP	LO	Zemědělská půda celkem
	s opatřením	bez opatření	celkem			
Původní stav	-	240,4	240,4	49,4	-	289,8
GAEC I.	112,1	128,3	240,4	49,4	-	289,8
GAEC II	228,4	12,0	240,4	49,4	-	289,8
PEO	140,5	83,1	223,6	55,0	11,2	289,8

Pozn.: TTP – trvalý travní porost, LO – liniové opatření

### Sasov

Území Sasova lze považovat za mírně ohrožené území vodní erozí, kde průměrný erozní smyv v původním stavu je 2,2 t/ha/rok a celková ztráta půdy v řešeném území je 508 t/rok.

Management GAEC I. navrhuje 24,3 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními dle koncepce, 78,9 ha orné půdy bez opatření, 127,7 ha TTP (tab. 4). Těmito opatřeními se snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 1,9 t/ha/rok a množství celkové ztráty půdy na 439 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 13,6 %.

Management GAEC II. navrhuje 88,9 ha orné půdy s půdoochrannými opatřeními dle koncepce, 14,3 ha orné půdy bez opatření, 127,7 ha TTP (tab. 4). Těmito opatřeními se snížila hodnota průměrného erozního smyvu na 1,5 t/ha/rok a množství

celkové ztráty půdy na 347 t/rok. Došlo tedy ke snížení hodnot erozního smyvu o 31,8 %

Komplexní návrh PEO je v rozsahu: 128,3 ha TTP, 19,1 ha VENP, 27,7 ha AGT. Dále 1,07 km (3,2 ha) ZPAS, 0,63 km (0,9 ha) ZPRU, 0,10 km (0,1 ha) SPRU a 0,15 km (0,3 ha) SDSO, celkově 4,5 ha jako LO (tab. 4). Tímto došlo ke snížení průměrné hodnoty erozního smyvu na 1,3 t/ha/rok a ke snížení celkové ztráty půdy v řešeném území na 300 t/rok (Příloha 2). Návrhem PEO tedy došlo ke snížení hodnot erozního smyvu o 40,9 %.

Tabulka 4: Využití zemědělské půdy – Sasov (ha).

	Orná půda (ha)			TTP (ha)	LO	Zemědělská půda celkem (ha)
	s opatřením	bez opatření	celkem			
Původní stav	-	103,2	103,2	127,7	-	230,9
GAEC I.	24,3	78,9	103,2	127,7	-	230,9
GAEC II.	88,9	14,3	103,2	127,7	-	230,9
PEO	46,8	51,3	98,1	128,3	4,5	230,9

Pozn.: TTP – trvalý travní porost, LO – liniové opatření

## 6. Diskuze

Zhodnocením vlivu jednotlivých půdoochranných managementů na hodnotu erozního smyvu, získáme kvalitní nástroje na ochranu půdy před vodní erozí. Tímto se dá účinně předcházet environmentálním a ekonomickým škodám.

U původního stavu využití území jsou erozní procesy nejaktivnější. Na územích převažuje orná půda s nízkým až mizivým podílem TTP (Příloha 1). Jen v případě Sasova tvoří TTP 55 % území, zde, již s tímto využitím území vyhovuje hodnota smyvu (viz. 4.3.3). Ve zbylých loklaitách hodnoty překračují tuto míru.

Z průměrného smyvu na územích při využití opatření GAEC I. lze vidět, že je krokem k ochrannému managementu (Příloha 2). Ze všech území je nejúčinnější ve V. Hostěrádkách, ale z hlediska přípustného smyvu jsou i tak opatření nedostačující. Nedostačující jsou i na území Archlebova. Naopak v případě území Sasov a Rychtářov jsou ztráty půdy v normě,

Návrh GAEC II. rozšířil půdoochranný management předchozího a to rozšíření u výměry pozemků s půdoochranným managementem až na pozemky s průměrnou sklonitostí pozemku přesahující 7°. Tímto se zvýšil podíl orné půdy s opatřeními na územích kolem 80 %, mimo Sasov (Příloha 1). Tato opatření snížila průměrný smyv u území Archlebov a V. Hostěrádky na hranici přípustné ztráty, ale i tak tuto hranici překračují. Smyv v územích Sasov a Rychtářov se těmito opatřeními dostal do přípustné hodnoty.

U tohoto i předchozího návrhů nenastal posun v zastoupení TTP v rámci využití území (Příloha 1). Trvalé zatravnění je nejlepší protierozní ochrana pro polohy, které nelze již obhospodařovat jako ornou půdu (Cáblík, Jůva 1963). Největší výhodou travních porostů je v zásadě nízká hodnota smyvu, tudíž je půda chráněna před erozním účinkem vody. Snížení smyvu je dáno menší kinetickou energií vody v TTP (Li et al. 2010). Výzkum podle Souchere et al. (2003) v Horní Normandii, se zaměřil na změnu zastoupení TTP v zemědělské krajině. V letech 1970 až 2000 nastal výrazný úbytek TTP. Tyto změny vedly k zvýšení environmentálních problému, hlavně erozi. Jankauskas, Jankauskiene a Fullen (2004) se zaměřili na ochranný účinek kombinace různých plodin a travního porostu na pahorkatinných oblastech Litvy. Zjistili, že kombinace, jenž obsahovala více než 50 % travních semen snížila ztrátu půdy o 75-80 %. U kombinace, která obsahovala méně než 50 % travních porostů se snížila ztráta o 23-24 %. Travní porosty zadržují spolu s vodou i látky rozpuštěné v ni, které

mohou být nebezpečné pro životní prostředí (Ouvry et al. 2010). Funkci TTP jako „biologického filtru“ potvrdili ve svých výsledcích výzkumu Mrkvička, Veselá, Niňaj (2007), kdy úniky N do podzemních vod nepřesáhly 7 kg/ha. Únik na plochách s ornou půdou se pohyboval mezi 1,2 a 60 kg/ha. Na účinnost TTP má velký vliv samozřejmě sklon, neméně důležitá je i zapojení travního porostu, kde přibližnou doporučovanou hodnotou je 10000 stébel/m<sup>2</sup> (Morgan 2007). Z tohoto pohledu jsou TTP neopomenutelnou součástí protierozní ochrany.

Návrh opatření PEO eliminuje výrazně erozní vlivy zcela na úroveň přípustné ztráty půdy vodní erozí. Tento návrh ve větší míře využívá TTP (Příloha 1) a začleňuje LO. Racionálním využitím zemědělské půdy a začleněním LO (viz 3.5.3) do protierozních opatření dochází ke snížení hodnoty smyvu na přijatelnou mez.

Právě LO jsou doporučovány mnoha autory (Cáblík, Jůva 1963; Tlapák, Kratochvil 1982; Meyer et al. 1999; Fulajtár, Jánský 2001; Janeček et al. 2002; Morgan 2005; Janeček et al. 2007). Fiener, Auerswald (2003a) ve svých studiích uvedli radikální vliv LO na smyv půdy, kdy zatravněné průlehy snížily odtok a smyv sedimentů z povodí až o 82 %. Uvádějí také snížení půdního minerálního N o 84 % zrychlenou infiltrací vody, z čehož se předpokládala snížená kontaminace podzemních vod vyplavovanými dusičnany. Účinnost snížení odtoku a smyvu potvrzuje Fiener a Auerswald (2003b) ve svém dalším dlouhodobém experimentu, kdy účinnost byla až 90%. Vliv kombinace LO a o systému hospodaření na orné půdy na půdní erozi zkoumali také Zhou, Al-Kaisi, Helmers (2009). V 8 odlišných oblastech Iowy, rozdělených podle půdních a krajinných charakteristik, využití půdy a klimatu. V tomto území se také osvědčily LO jako efektivní. Účinně redukovaly smyv a zadržovaly sedimenty v povodí.

Postavíme-li vedle sebe návrhy protierozní ochrany (tab. 5), vidíme jasnou zvýšenou účinnost návrhu PEO při snížení celkového smyvu ze zájmového území.

*Tabulka 5: Účinnost při snížení celkového smyvu ze zájmového území (%).*

	GAEC I.	GAEC II.	PEO
Rychtářov	21,4	42,9	50,0
V. Hostěrádky	33,5	42,9	73,8
Sasov	13,6	31,8	40,9
Archlebov	14,5	40,8	70,4

V kapitole 3.5 jsou vypsaná protierozní opatření s jejich hlavním úkolem ochrany půdy. Při jejich navrhování se preferují opatření nenáročná, ekonomicky udržitelná a to zejména organizačního charakteru. Celkově management GAEC opomíjí

řadu možných opatření, která mají velký vliv na protierozní ochranu. Vysvětluje to fakt, že se jedná o politické rozhodnutí, které slouží pro potřeby podmíněnosti dotací zemědělským subjektům. Nejedná se tedy o odborné určení erozní ohroženosti vodní erozí. Stanovení ohroženosti pozemků, zde vychází z rovnice maximální přípustné hodnoty faktoru ochranného vlivu vegetace ( $C_p$ ) (viz 4.3.2). Rovnice pracuje jen s faktorem C. Nepočítá se však s prvky L a P faktorů. Nemohou být tedy do managementu zahrnuta některá účinná a nenáročná opatření technického charakteru, která slouží k zachycování, infiltraci a odvádění povrchové vody, jež jsou považována za nejúčinnější protierozní opatření. Dále management GAEC navrhuje opatření na celých půdních blocích, mnohdy i na místech, kde nejsou potřeba (např.: je-li na půdním bloku o rozloze 10 ha silně ohroženo cca 0,2 ha plochy, je celý tento pozemek dle managementu GAEC vnímán jako silně ohrožený). To se také promítá mnohdy v neúměrném snížení  $C_p$  – faktoru a tedy i neúměrnému snížení hodnot erozního smyvu.

## 7. Závěr

Z výsledku této bakalářské práce je patrný vliv využití území zemědělské půdy na erozní procesy. Bez jakékoliv ochrany eroze půdy, hlavně v produkčních územích, mnohonásobně překračuje hodnoty přípustné ztráty půdy. Při ochranném managementu GAEC I. jsou v územích sice zavedena ochranná opatření, ale ztráta půdy vodní erozí stále převyšuje limity přípustné ztráty půdy (mimo území Sasov). S použitím managementu GAEC II. podíl orné půdy s opatřeními značně vzrostl. Tím došlo ke snížení smyvu v lokalitách Archlebov a V. Hostěrádky na hranici přípustné ztráty, ale stále ji překračuje. Hodnoty v území Sasov a Rychtářov jsou hodnoty již zcela v limitu. Návrh PEO svým racionálním využitím TTP a liniových opatření podstatně snižuje ztrátu půdy vodní erozí pod přijatelnou mez. Oproti koncepci GAEC využívá individuálního přístupu k erozním procesům na zájmových územích. Tak PEO přispívá k dlouhodobě udržitelnému a hospodárnému využití krajiny a lze je tedy doporučit pro praktické využití v rámci různých dotačních programů.



## 8. Literatura

AUERSWALD, K.; GERL, G.; KAINZ, A. Influence of cropping system on harvest erosion under potato. *SOIL & TILLAGE RESEARCH*. AUG 2006, 89, 1, s. 22-34 .

BAKKER, M.M., et al. The Effect of Soil Erosion in Europe. *ECOSYSTEMS*. NOV 2007 , 10, 7, s. 1209-1219.

CÁBLÍK, J.; JŮVA, K. *Protierozní ochrana půdy*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1963. 324 s.

Česká republika. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci. In *Sbírka zákonů č. 546/2002*. 2002, 190, s. 11463-11469.

Česká republika. Příloha č. 3. In Nařízení vlády č. 83/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování přímých podpor, některých podpor v rámci společné organizace trhu s vínem a některých podpor Programu rozvoje venkova, a o změně některých souvisejících nařízení vlády, 25, s. 986.

DEMEK, J., et al. *Zeměpisná lexikon ČR - Hory a nížiny*. Brno : Agentura ochrany přírody ČR, 2006. 580 s.

EASTERLING, D.R., et al. Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science*. SEPTEMBER 2000, 289, 5487, s. 2068-2074 .

Evropská unie. Příloha III. In *NAŘÍZENÍ RADY (ES) č. 73/2009 kterým se stanoví společná pravidla pro režimy přímých podpor v rámci společné zemědělské politiky a kterým se zavádějí některé režimy podpor pro zemědělce a kterým se mění nařízení (ES) č. 1290/2005, (ES) č. 247/2006, (ES) č. 378/2007 a zrušuje nařízení (ES) č. 1782/2003*. 2009, 30, s. 71.

FAVIS-MORTLOCK, D. *Soil Erosion Site* [online]. 2005 [cit. 2011-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://soilerosion.net/>>.

FIENER, P.; AUERSWALD, K. Concept and effects of a multi-purpose grassed waterway. *SOIL USE AND MANAGEMENT*. MAR 2003a , 19, 1, s. 65-72.

FIENER, P.; AUERSWALD, K. Effectiveness of grassed waterways in reducing runoff and sediment delivery from agricultural watersheds. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY* . MAY-JUN 2003b , 32, 3, s. 927-936 .

FULAJTÁR, E.; JÁNSKÝ, L. *Vodná erózia pôdy a protierozná ochrana*. Bratislava : Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2001. 310 s.

GREGORICH, E.G., et al. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. *SOIL & TILLAGE RESEARCH*. 1998, 47, s. 291-302.

HECKRATH, G., et al. Tillage erosion and its effect on soil properties and crop yield in Denmark. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY*. JAN-FEB 2005 , 34, 1, s. 312-324.

JANEČEK, M., et al. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha : ISV nakladatelství, 2002. 201 s.

JANEČEK, M. et al.: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. VÚMOP, v.v.i. 2007, s. 76.

JANKAUSKAS, B.; JANKAUSKIENE, G.; FULLEN, M.A. Erosion-preventive crop rotations and water erosion rates on undulating slopes in Lithuania. *CANADIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE*. MAY 2004 , 84, 2, s. 177-186 .

LI, M., et al. Effect of Grass Cover on the Change of Overland Flow Energy in the Slope-gully Side Erosion System. *PROCEEDINGS OF THE 4TH INTERNATIONAL YELLOW RIVER FORUM ON ECOLOGICAL CIVILIZATION AND RIVER ETHICS, VOL III* . 2010, 3, s. 143-149.

LAFOND, G.P., et al. Effects of tillage systems and rotations on crop production for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *SOIL & TILLAGE RESEARCH*. SEP 2006, 89, 2, s. 232-245.

LAL, R. Soil management in the developing countries. *SOIL SCIENCE* . JAN 2000 , 165, 1, s. 57-72.

LI, M., et al. Effect of Grass Cover on the Change of Overland Flow Energy in the Slope-gully Side Erosion System. *PROCEEDINGS OF THE 4TH INTERNATIONAL YELLOW RIVER FORUM ON ECOLOGICAL CIVILIZATION AND RIVER ETHICS, VOL III* . 2010, 3, s. 143-149.

MEYER, L.D., et al. Crop production systems to control erosion and reduce runoff from upland silty soils. *TRANSACTIONS OF THE ASAE*. NOV-DEC 1999 , 42, 6, s. 1645-1652.

MORGAN, R.P.C. *Soil erosion and conservation*. Oxford : Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company, 2005. 310 s.

MORGAN, P.R.C. Vegetative-based technologies for erosion control. *ECO- AND GROUND BIO-ENGINEERING: THE USE OF VEGETATION TO IMPROVE SLOPE STABILITY*. 2007, 103, s. 265-272.

MRKVIČKA, J.; VESELÁ, M.; NIŇAJ, M. Trvalé travní porosty : Jejich funkce v krajině. In *Ekologické zemědělství 2007 : sborník z konference*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. s. 186-190.

OUVRY, J.F., et al. Grass covers as tools for the reduction of soil losses by water erosion (a synthesis of knowledge and of information gained in Upper Normandy). *FOURRAGES*. JUN 2010, 202, s. 103-110 .

PIMENTEL, D., et al. World Agriculture and Soil Erosion. *BIOSCIENCE*. APR 1987, 37, 4, s. 277-283.

PIMENTEL, D., et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *SCIENCE*. FEB 1995, 267, s. 1117-1123.

PIMENTEL, D.; KOUNANG, N. Ecology of Soil Erosion in Ecosystems . *ECOSYSTEMS*. SEP. - OCT.1998, 1, 5, s. 416-426.

POLYAKOV, V.O.; LAL, R. Soil organic matter and CO<sub>2</sub> emission as affected by water erosion on field runoff plots. *GEODERMA* . JAN 2008, 143, 1-2, s. 216-222.

RUYSSCHAERT, G, et al. Interannual variation of soil losses due to sugar beet harvesting in West Europe. *AGRICULTURE ECOSYSTEMS & ENVIRONMENT*. MAY 2005, 107, 4, s. 317-329.

SCHIETTECATTE, W., et al. Enrichment of organic carbon in sediment transport by interrill and rill erosion processes. *SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA JOURNAL*. JAN-FEB 2008, 72, 1, s. 50-55.

SOUCHERE, V., et al. Grassland and crop trends: role of the European Union Common Agricultural Policy and consequences for runoff and soil erosion. *Environmental Science & Policy*. 2003, 6, 1, s. 7-16.

ŠARAPATKA, B.; DLAPA, P.; BEDRNA, Z. *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2002. 346 s.

ŠARAPATKA, B., et al. Runoff Processes and Land Use Changes in the Upper Reaches of the Krupá river Catchment during the Last 70 Years. *SOIL AND WATER RESEARCH*. 2007, 2, 3, s. 77-84.

*Taxonomický klasifikační systém půd ČR* [online]. 2004 [cit. 2011-03-22]. Koluvizem. Dostupné z WWW:  
<[http://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showPudniTyp&id\\_categoryNod e=160](http://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showPudniTyp&id_categoryNod e=160)>.

TLAPÁK, V.; KRATOCHVIL, S. *Voda v zemědělské krajině*. Brno : Vysoká škola zemědělská v Brně, 1982. 152 s.

TOMÁŠEK, M. *Atlas půd České republiky*. Praha : Vydavatelství Českého geologického ústavu, 1995. 36 s.

TOY, T.J.; FOSTER, G.R.; RENARD, K. G. *Soil erosion: processes, prediction, measurement and control*. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2002. 338 s.

VAN OOST, K., et al. Tillage erosion: a review of controlling factors and implications for soil quality. *PROGRESS IN PHYSICAL GEOGRAPHY*. AUG 2006 , 30, 4, s. 443-466 .

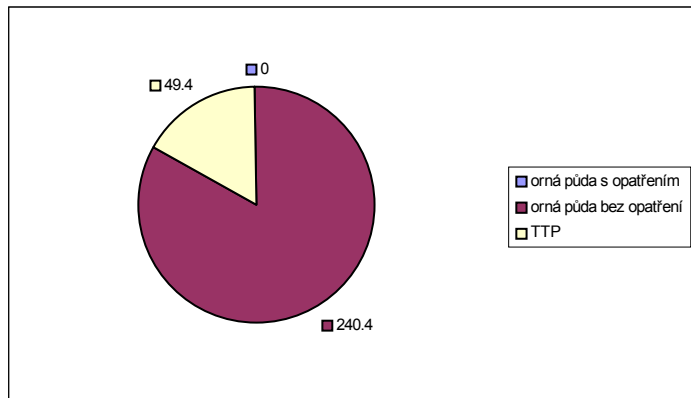
Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. *Vodní a větrná eroze půd ČR* [online]. 2008 [cit. 2011-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.sowac-gis.cz/>>.

ZHOU, X.; AL-KAISI, M.; HELMERS, M.J. Cost effectiveness of conservation practices in controlling water erosion in Iowa. *Soil & Tillage Research*. SEP 2009, 106, 1, s. 71-78.

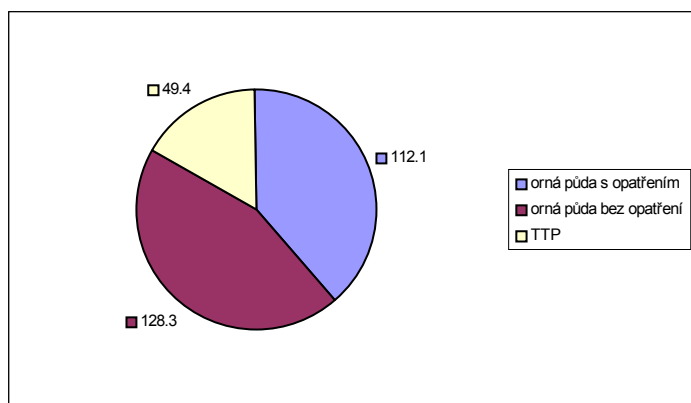
ZOU, C.X., et al. An investigation of soil factors controlling its erodibility. *Innovation and Development of Urban Agricultural Engineering*. SEP 2005, s. 292-297.

# Přílohy

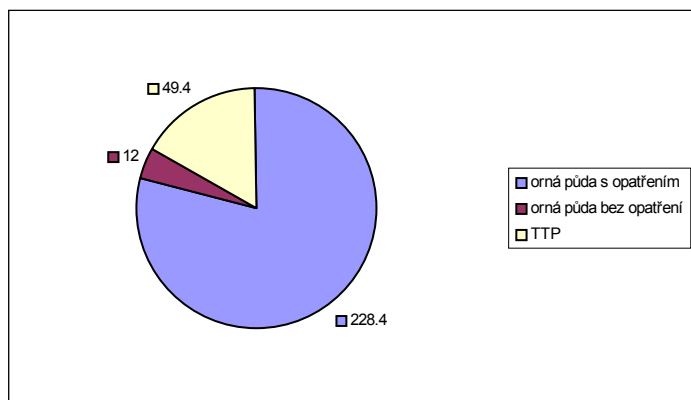
## Příloha 1. Grafy



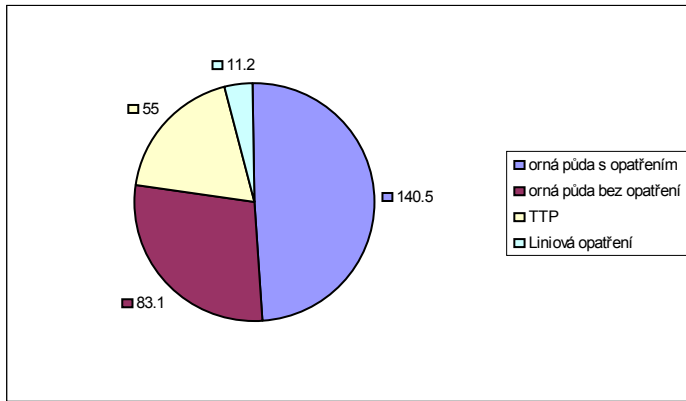
Graf 1: Využití zemědělské půdy Rychtářov - Původní stav (ha).



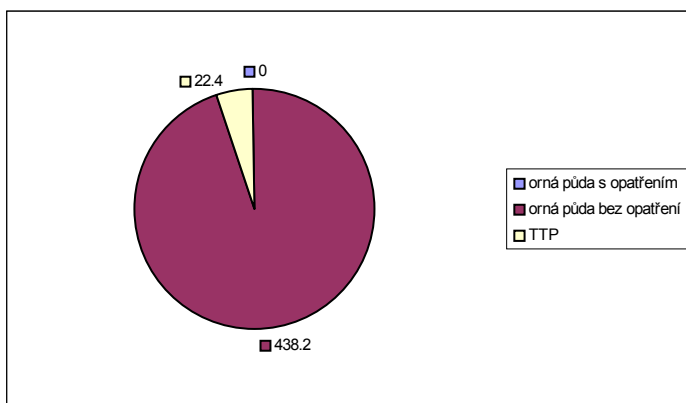
Graf 2: Využití zemědělské půdy Rychtářov - GAEC I. (ha).



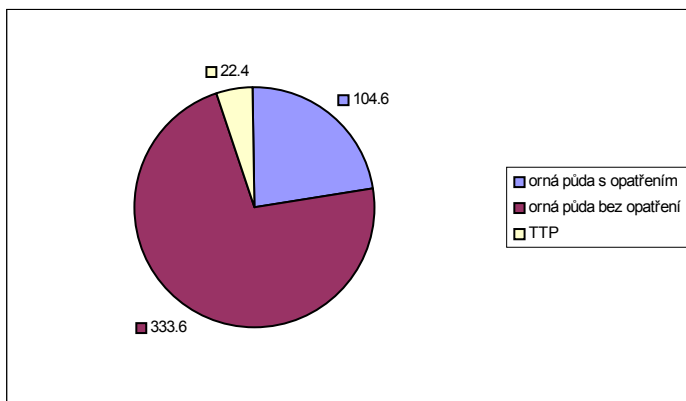
Graf 3: Využití zemědělské půdy Rychtářov - GAEC II. (ha).



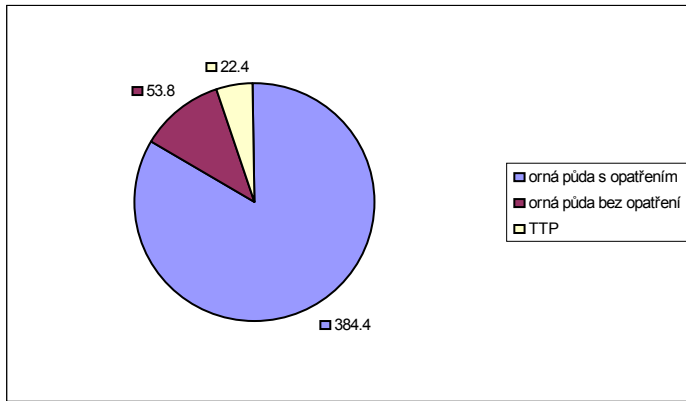
Graf 4: Využití zemědělské půdy Rychtářov - PEO (ha).



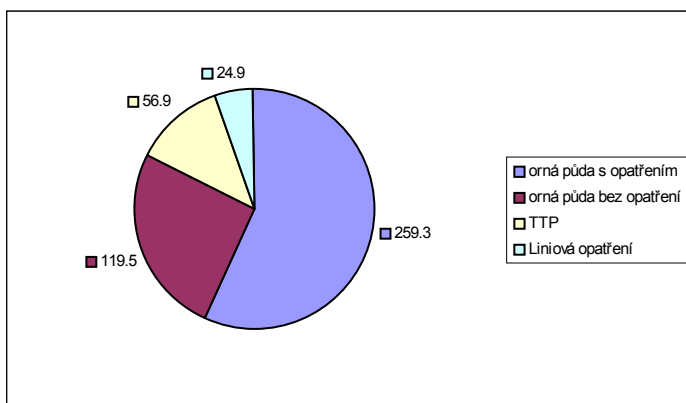
Graf 5: Využití zemědělské půdy Archlebov - Původní stav (ha).



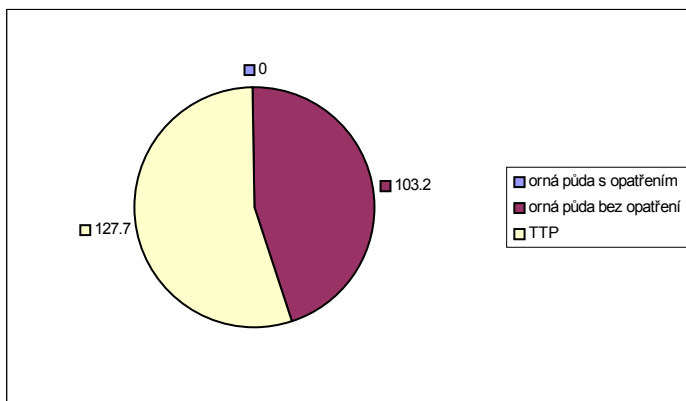
Graf 6: Využití zemědělské půdy Archlebov - GAEC I. (ha).



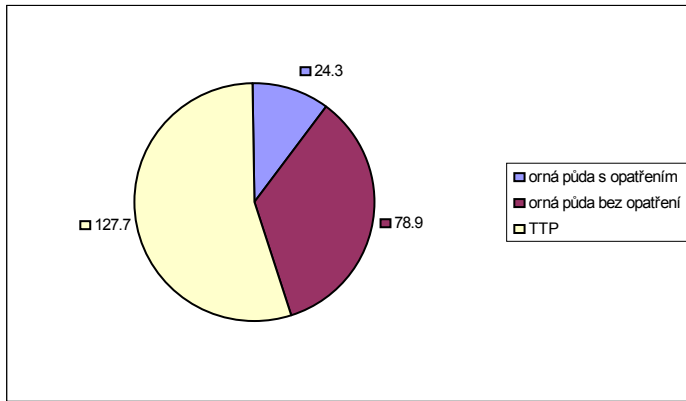
Graf 7: Využití zemědělské půdy Archlebov - GAEC II. (ha).



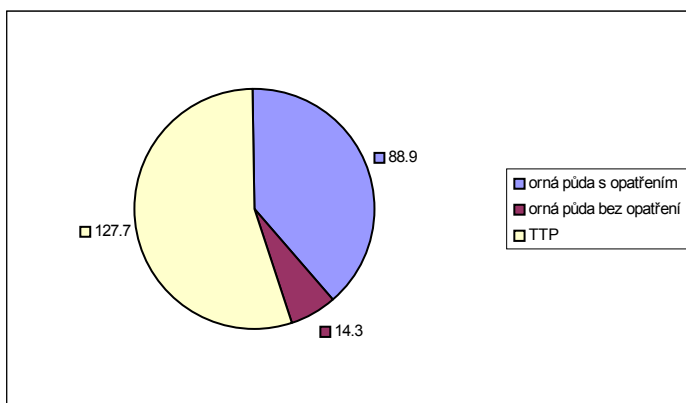
Graf 8: Využití zemědělské půdy Archlebov - PEO (ha).



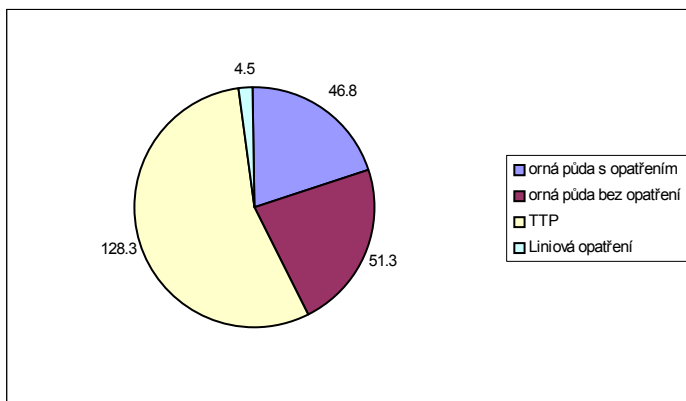
Graf 9: Využití zemědělské půdy Sasov - Původní stav (ha).



Graf 10: Využití zemědělské půdy Sasov - GAEC I. (ha).

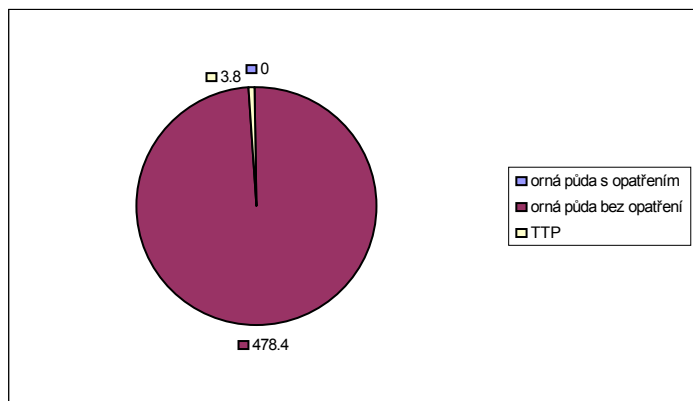


Graf 11: Využití zemědělské půdy Sasov - GAEC II. (ha).

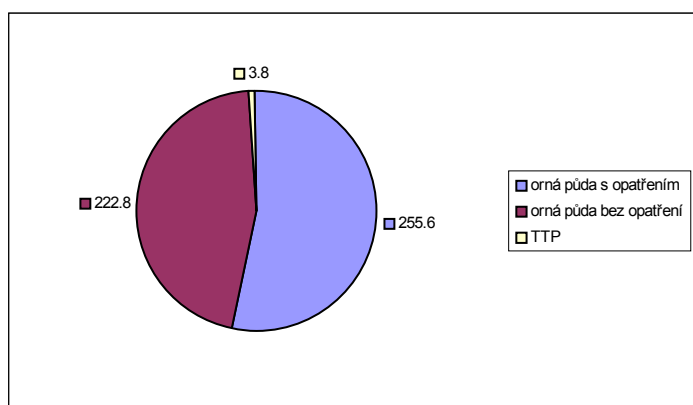


Graf 12: Využití zemědělské půdy Sasov - PEO (ha).

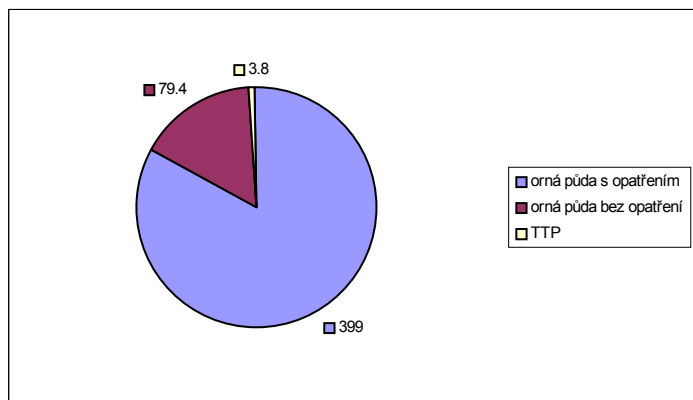




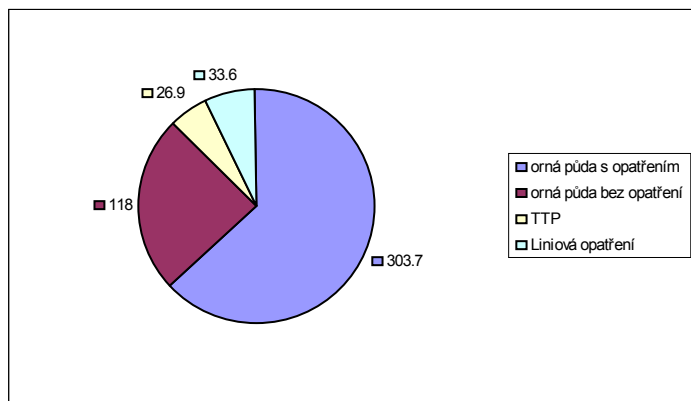
Graf 13: Využití zemědělské půdy Velké Hostěrádky - Původní stav (ha).



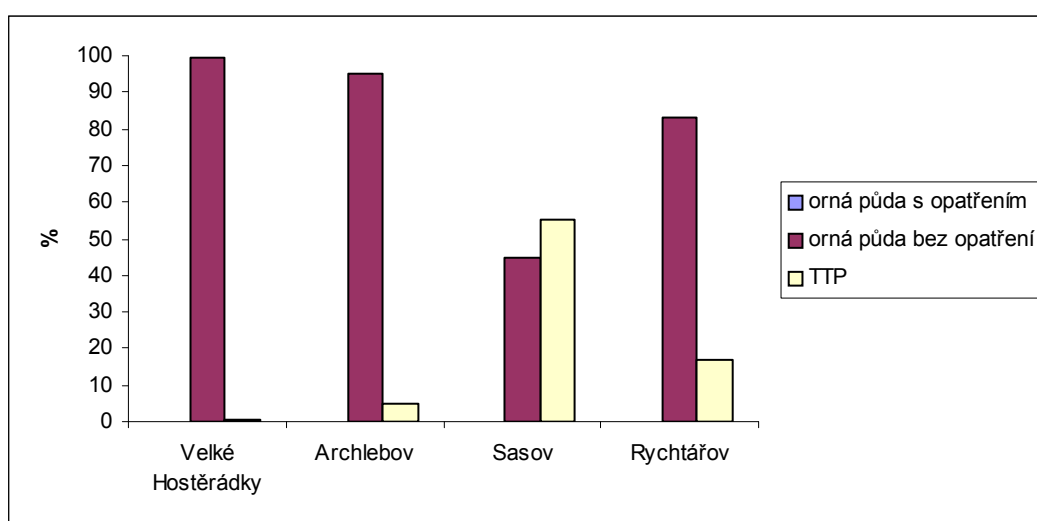
Graf 14: Využití zemědělské půdy Velké Hostěrádky - GAEC I. (ha).



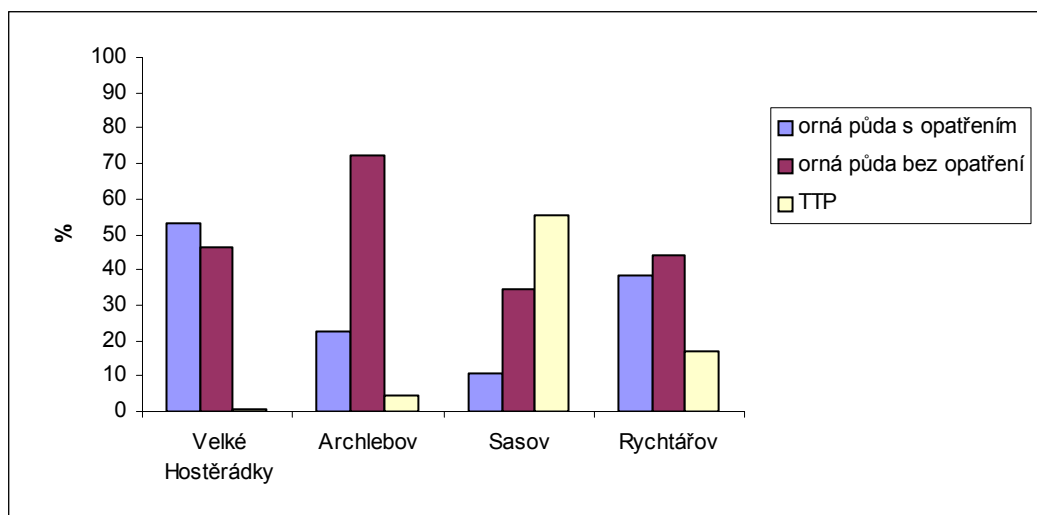
Graf 15: Využití zemědělské půdy Velké Hostěrádky - GAEC II. (ha).



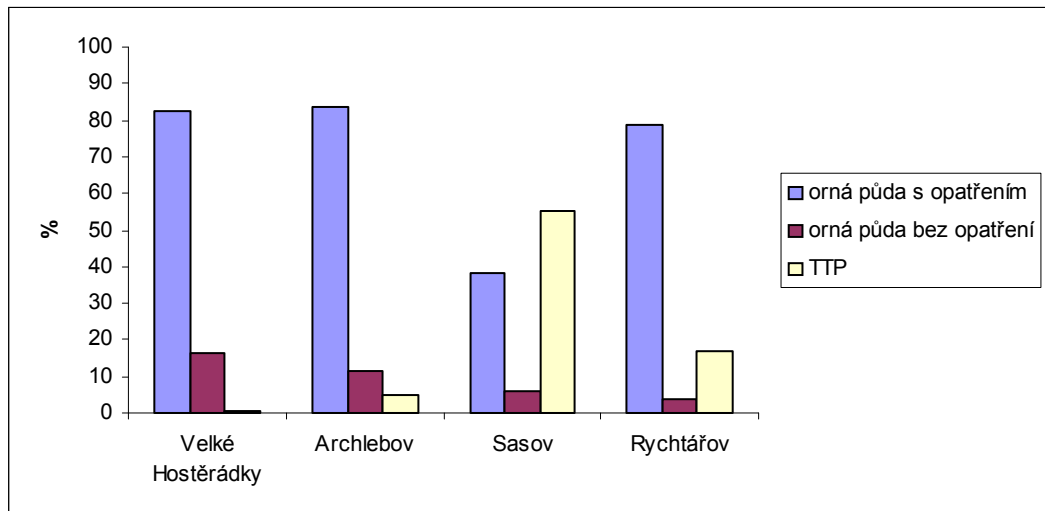
Graf 16: Využití zemědělské půdy Velké Hostěrádky - PEO (ha).



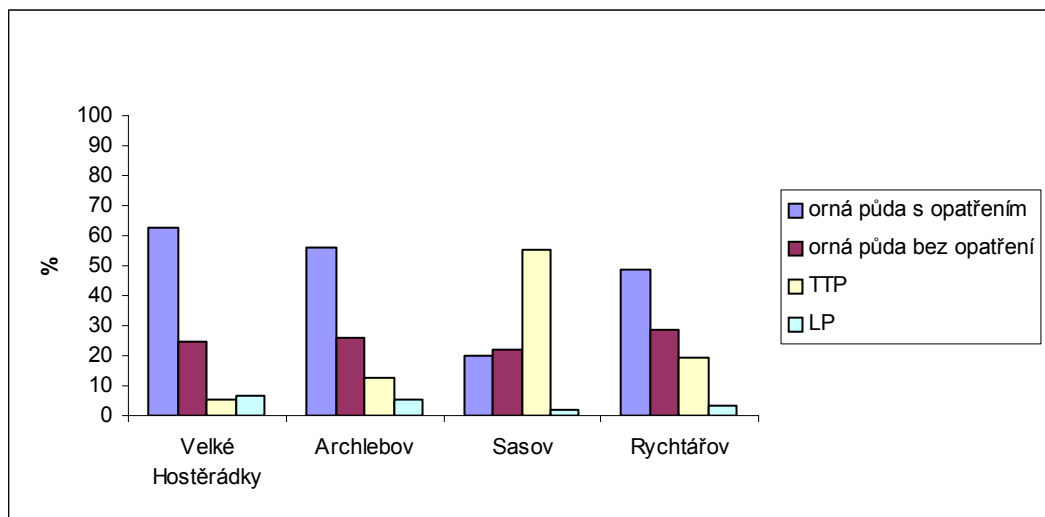
Graf 17: Využití zemědělské půdy - Původní stav (%).



Graf 18: Využití zemědělské půdy - GAEC I. (%).

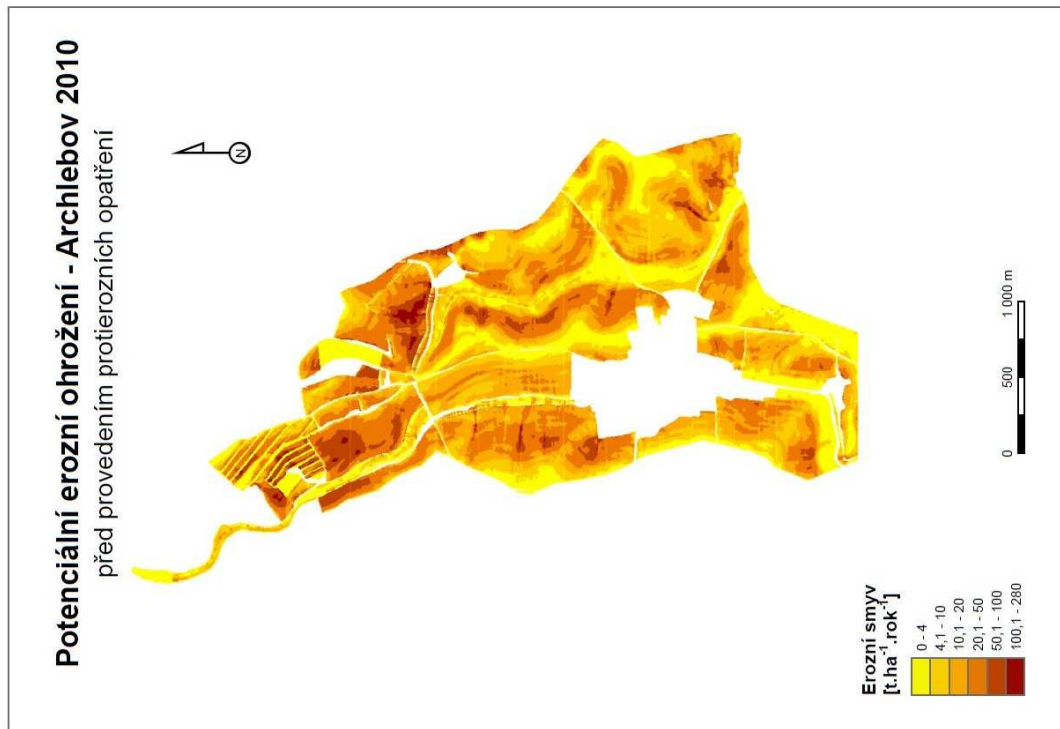


Graf 19: Využití zemědělské půdy - GAEC II. (%).

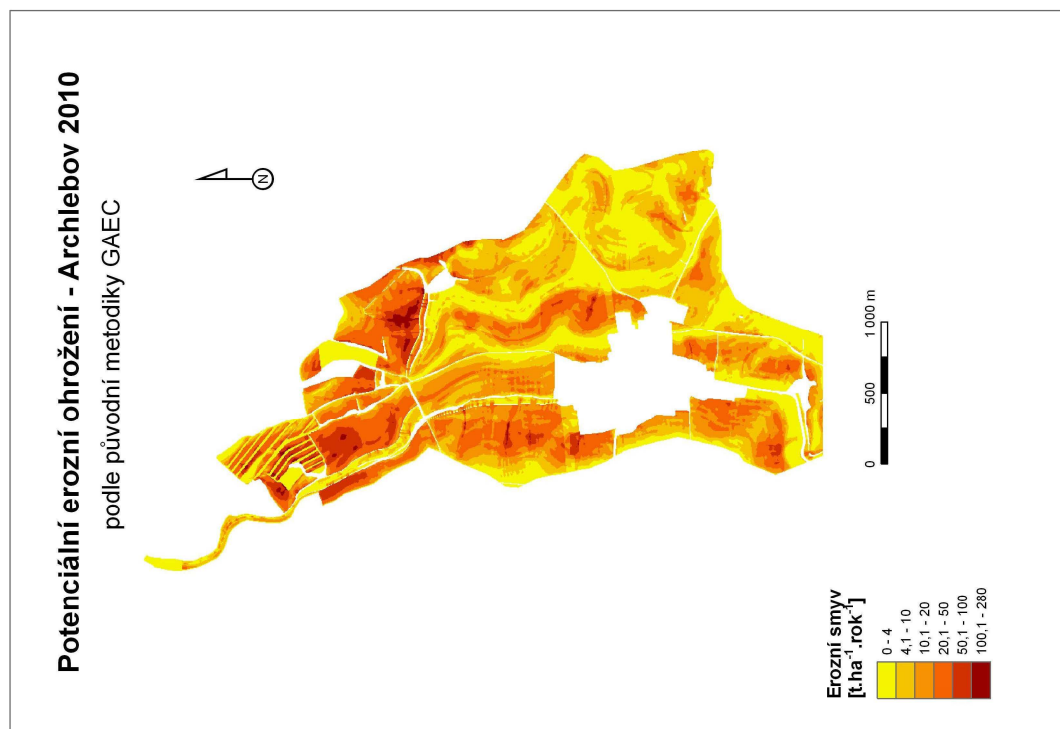


Graf 20: Využití zemědělské půdy - PEO (%).

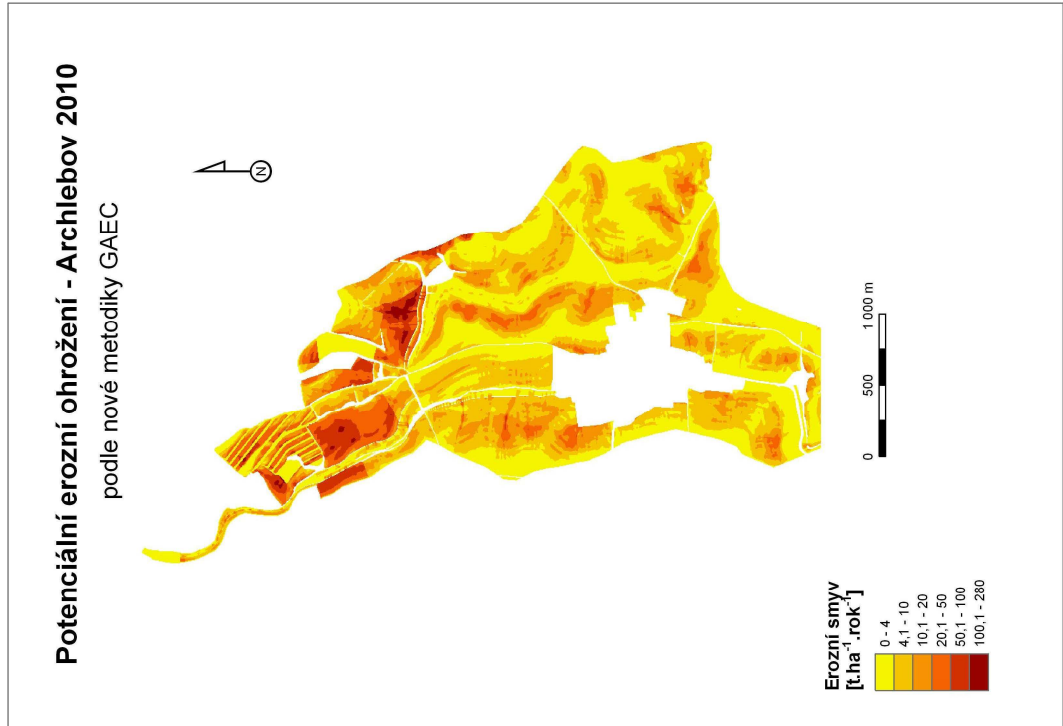
## Příloha 2. Mapy



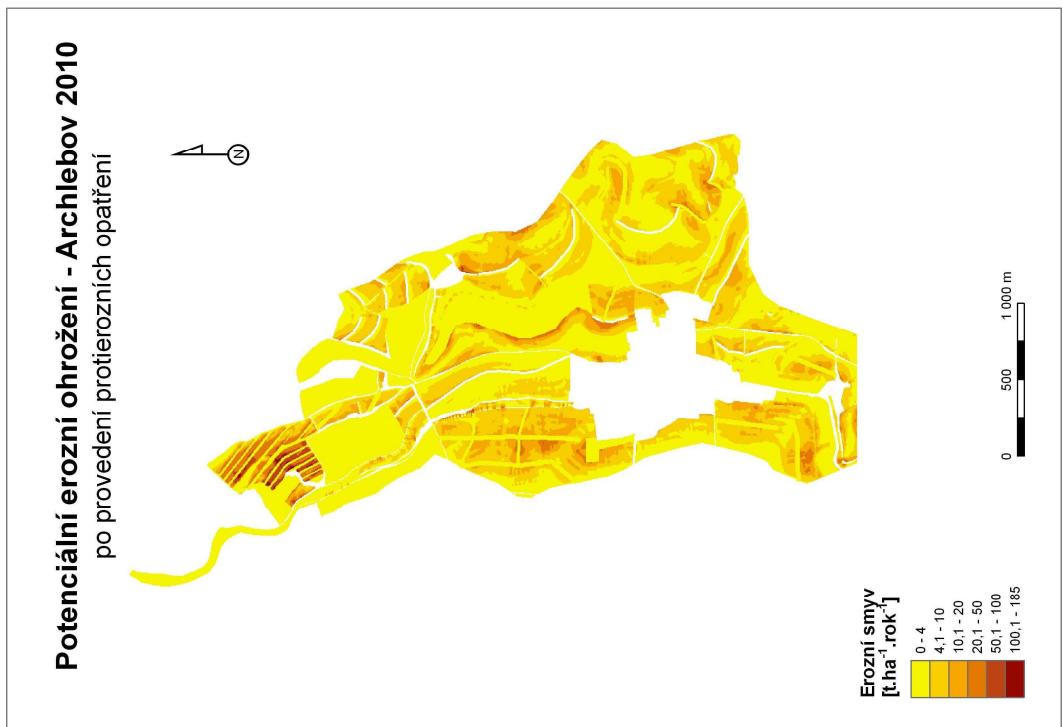
Mapa 1: Potenciální erozní ohrožení – Archlebov (před provedením protierozních opatření).



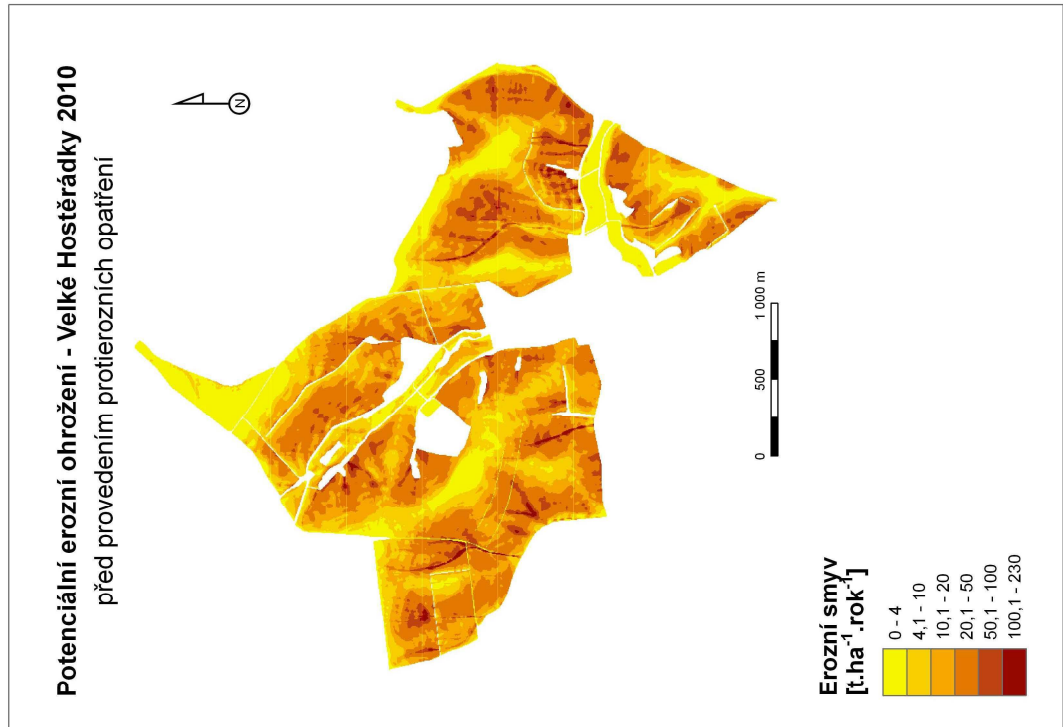
Mapa 2: Potenciální erozní ohrožení - Archlebov (opatření GAEC I.).



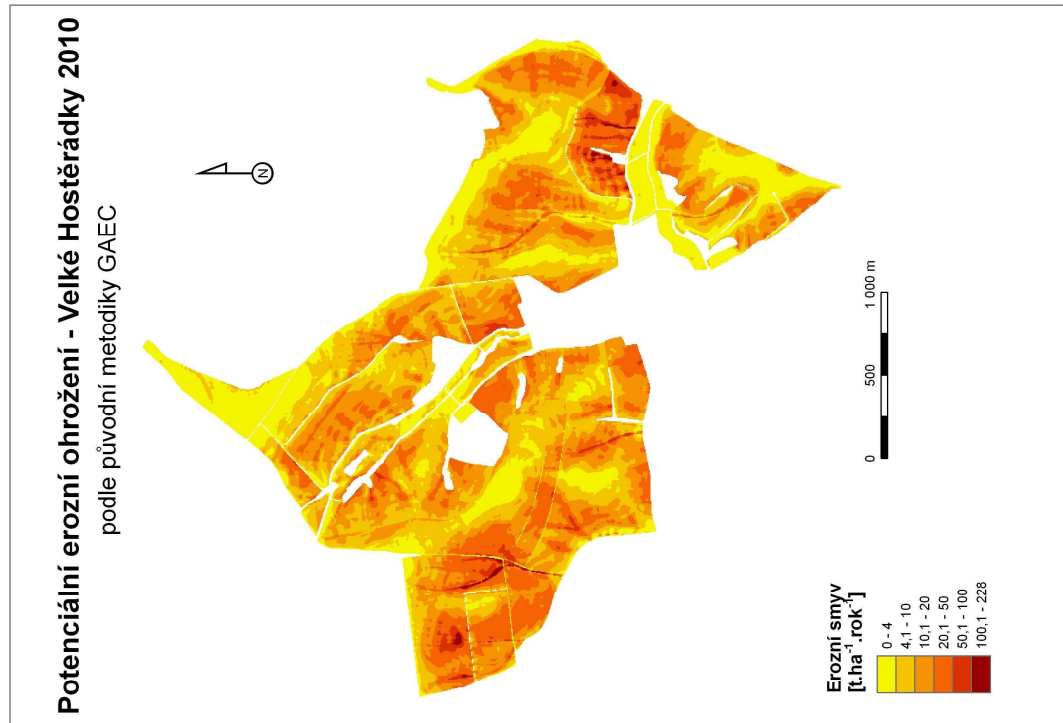
Mapa 3: Potenciální erozní ohrožení - Archlebov (opatření GAEC II.).



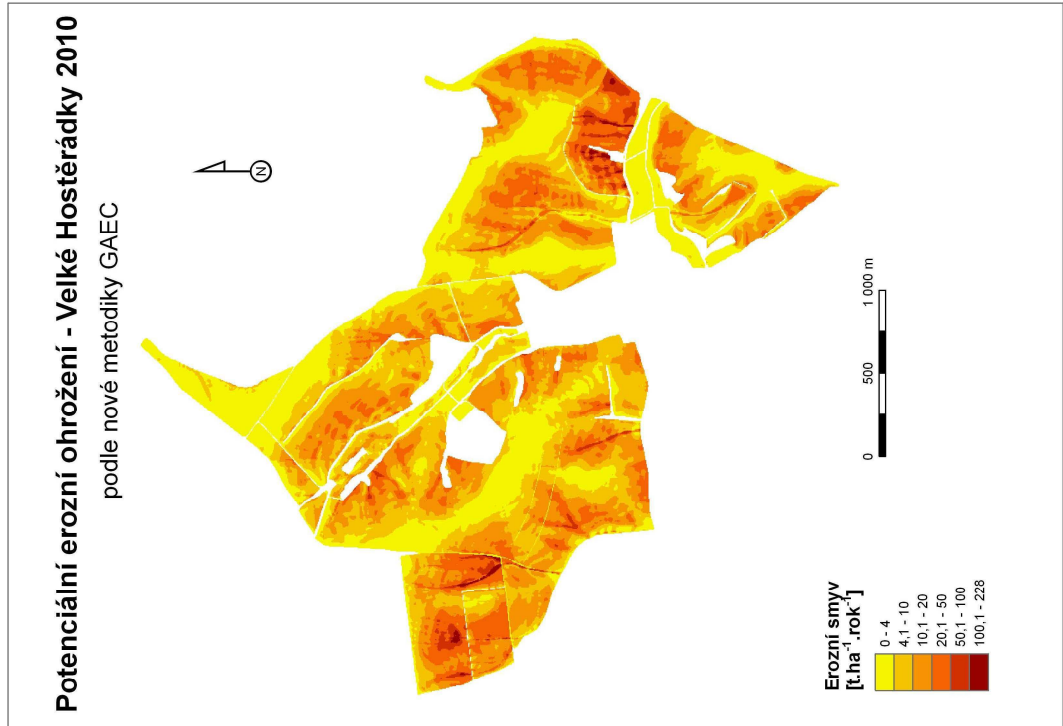
Mapa 4: Potenciální erozní ohrožení - Archlebov (opatření PEO).



Mapa 5: Potenciální erozní ohrožení - Velké Hostěrádky (před provedením protierozních opatření).



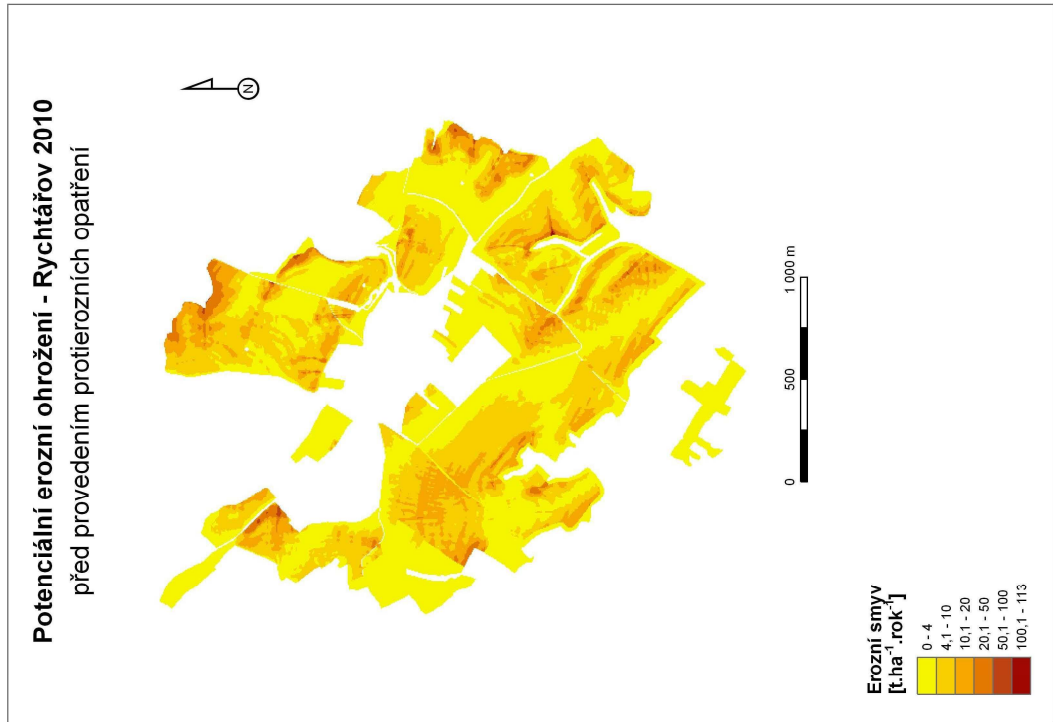
Mapa 6: Potenciální erozní ohrožení - Velké Hostěrádky (opatření GAEC I).



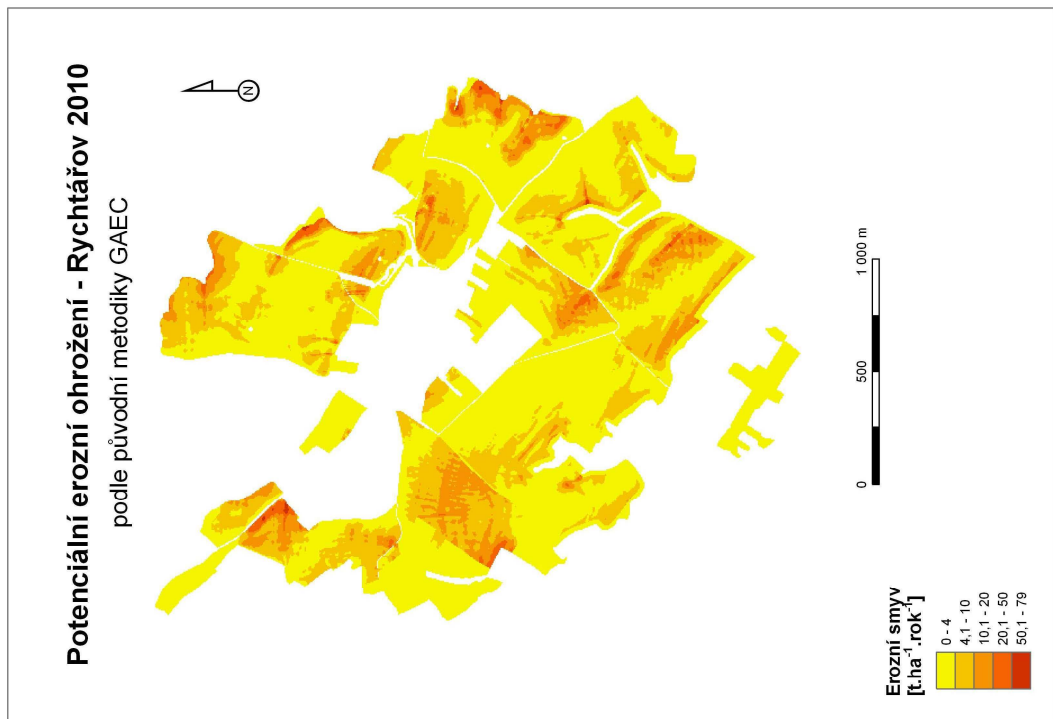
Mapa 7: Potenciální erozní ohrožení - Velké Hostěrádky (opatření GAEC II.).



Mapa 8: Potenciální erozní ohrožení - Velké Hostěrádky (opatření PEO).

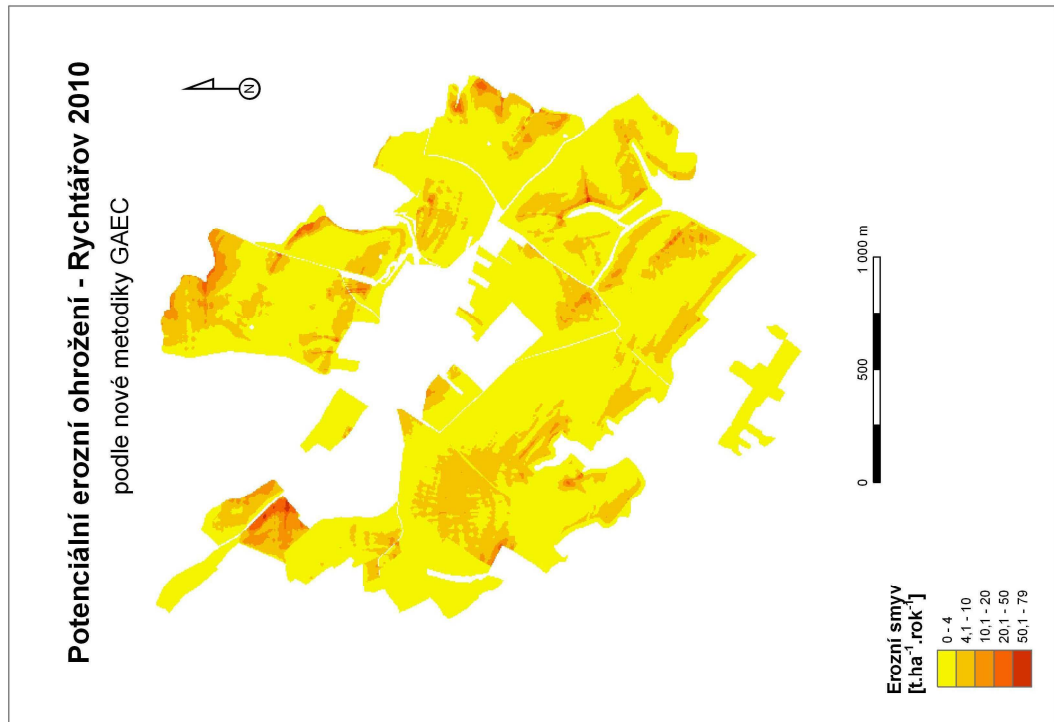


Mapa 9: Potenciální erozní ohrožení - Rychtářov (před provedením protierozních opatření).

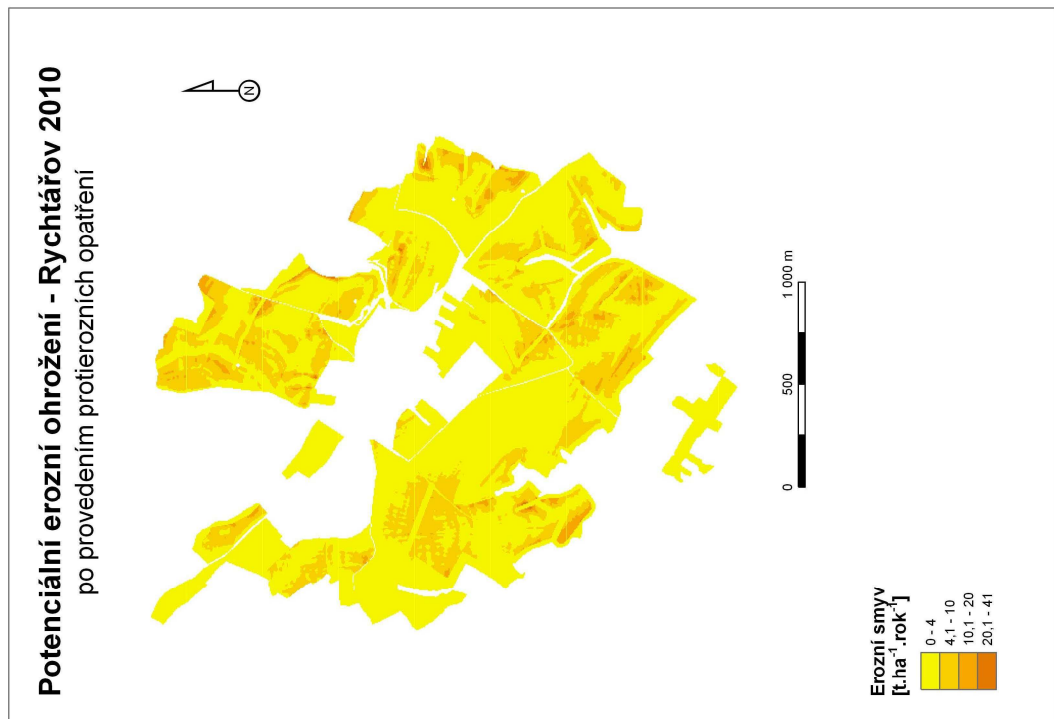


Mapa 10: Potenciální erozní ohrožení - Rychtářov (opatření GAEC I).

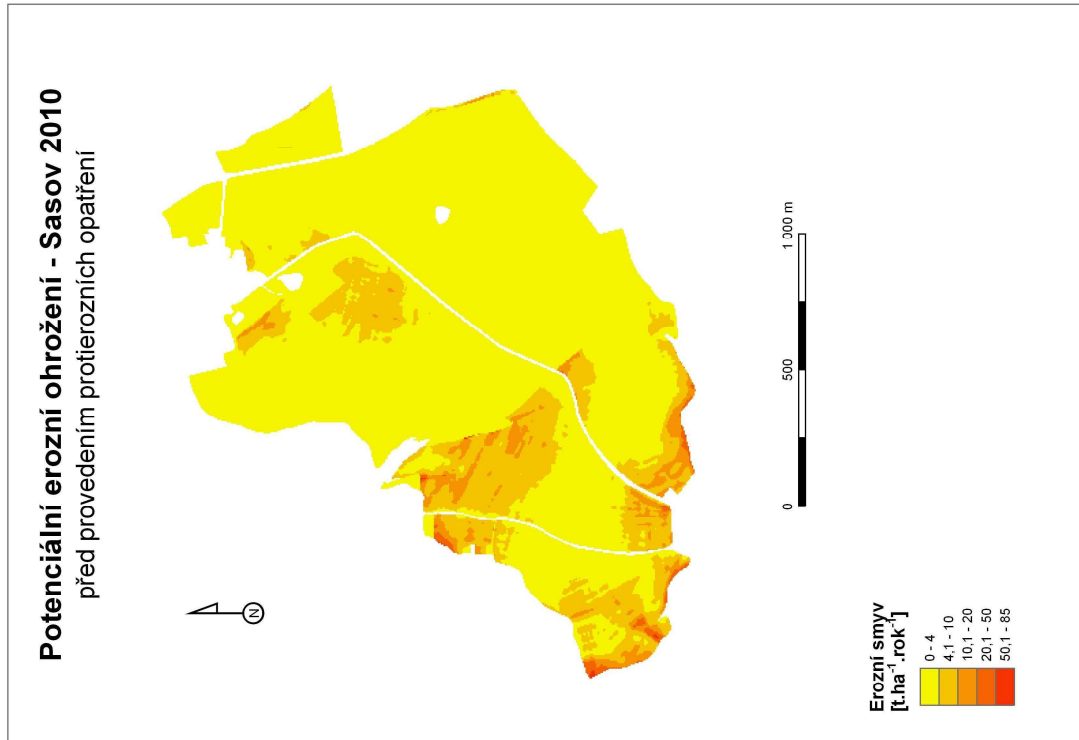




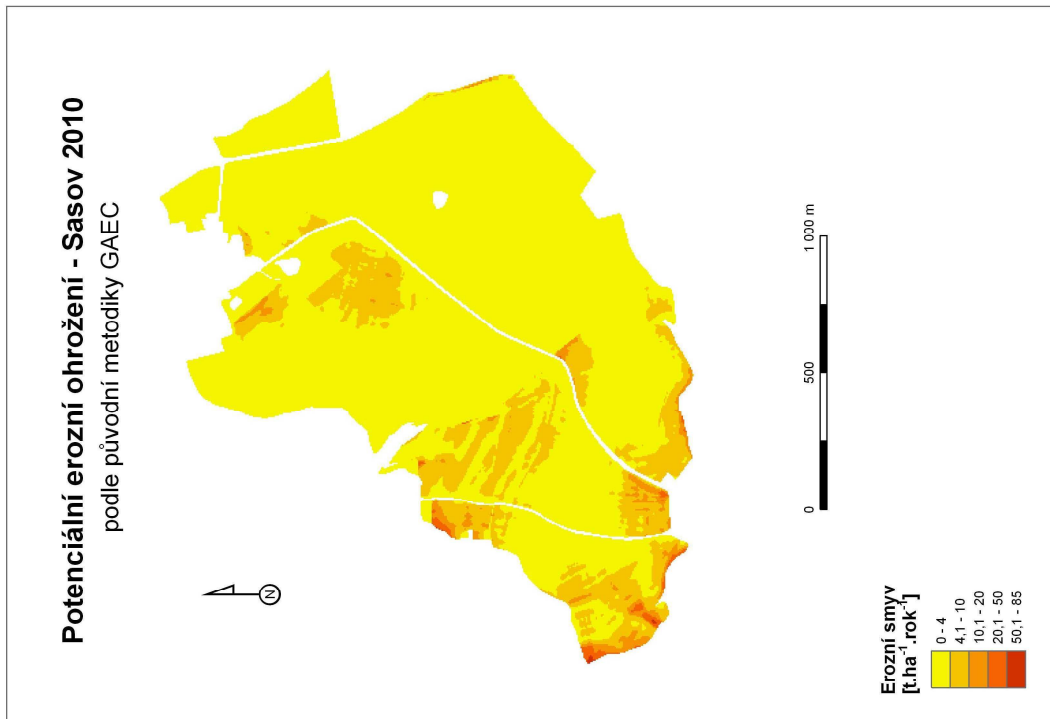
Mapa 11: Potenciální erozní ohrožení - Rychtářov (opatření GAEC II).



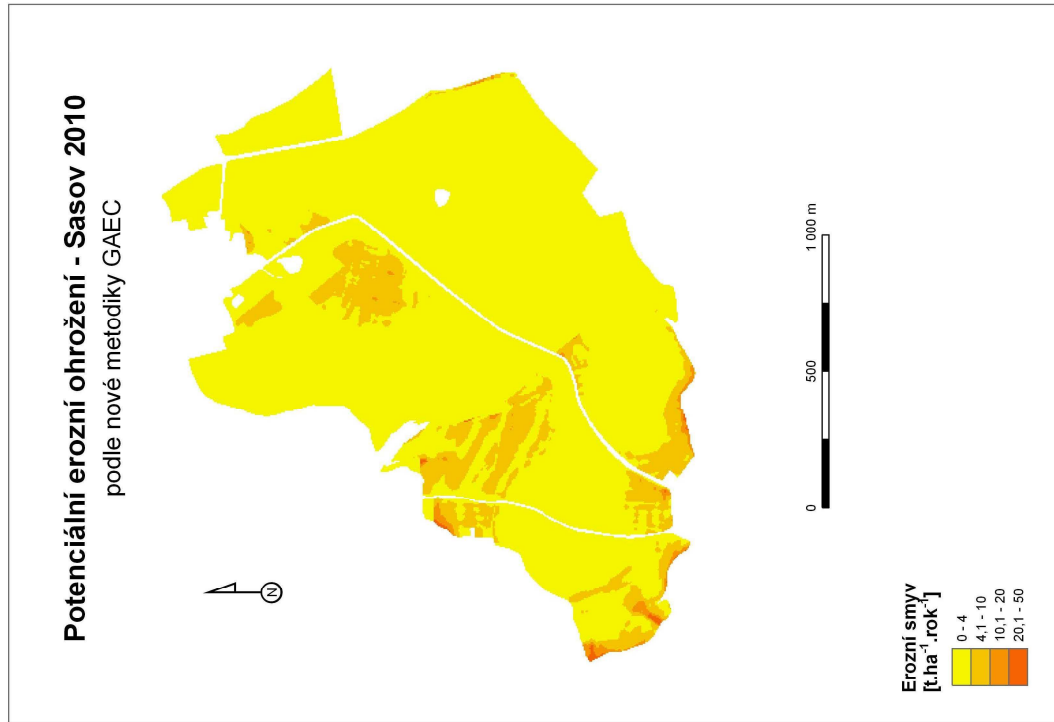
Mapa 12: Potenciální erozní ohrožení - Rychtářov (opatření PEO).



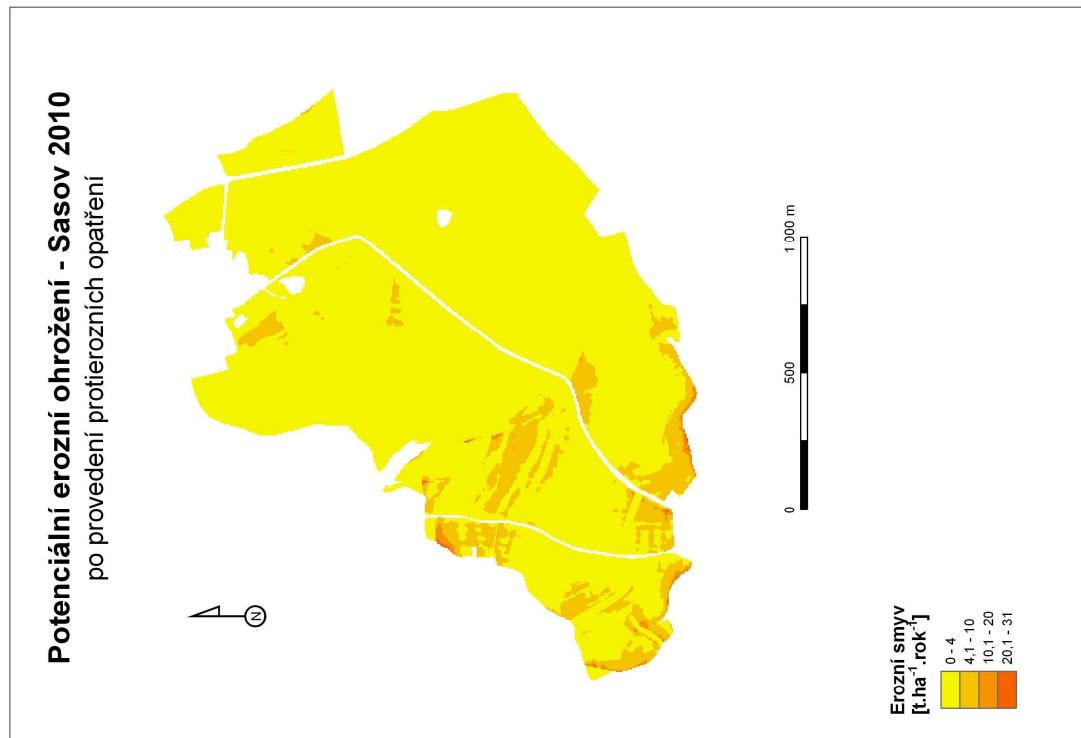
Mapa 13: Potenciální erozní ohrožení - Sasov (před provedením protierozních opatření).



Mapa 14: Potenciální erozní ohrožení - Sasov (opatření GAEC I).



Mapa 15: Potenciální erozní ohrožení - Sasov (opatření GAEC II.).



Mapa 16: Potenciální erozní ohrožení - Sasov (opatření PEO).