

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Martina SKLENÁŘOVÁ

EROZE PŮDY V ČR

Soil erosion in the Czech Republic

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Aleš Léta, Ph.D.

Olomouc 2008

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím pramenů, které jsem uvedla v seznamu použité literatury.

V Olomouci, 25. dubna 2008

.....
Martina Sklenářová

Děkuji panu RNDr. Aleši Létalovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad během tvorby diplomové práce. Také velmi děkuji vědeckým pracovnícům Oddělení pozemkových úprav VÚMOP Brno, paní Barboře Kotulánové a vedoucí oddělení paní Ing. Janě Podhrázké a dále vedení Obce Střelice za poskytnutí odborné literatury a aktuálních materiálů.



Vysoká škola: Univerzita Palackého

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Geografie

Školní rok: 2006/07

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student

Martina SKLENÁŘOVÁ

obor

1301R005 Geografie

Název práce:

Eroze půdy v ČR

Soil erosion in the Czech republic

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je shrnutí a vyhodnocení problému eroze půdy v České republice. Autorka při řešení využije dostupné zdroje informací v textové i mapové podobě a pokusí se z dostupných zdrojů sumarizovat současný stav dané problematiky. Práce bude obsahovat i konkrétní příklady problémových lokalit. V práci budou uvedeny informace o možných protierozních opatřeních. Při řešení práce bude diplomant spolupracovat s odbornými institucemi řešícími danou problematiku (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, aj.).

Struktura práce:

1. Úvod
2. Cíle a metody práce
3. Úvod do problematiky
4. Eroze půdy v ČR
5. Protierozní opatření
6. Závěr
7. Shrnutí (v angličtině)
8. Přílohy

Diplomová práce bude zpracována v těchto kontrolovaných etapách:

- I. Studium odborných pramenů - rešerše literatury (říjen 2006 - březen 2007)
- II. Sběr informací, terénní šetření a doplnění odborných pramenů (březen 2007 - říjen 2007)
- III. Vyhodnocení zjištěných informací a dat, tvorba grafických výstupů (říjen 2007 - únor 2008)
- IV. Finalizace textové části (únor – březen 2008)

Rozsah grafických prací: text, grafy, mapy dle potřeb práce

Rozsah průvodní zprávy: 20 000 slov základního textu + práce včetně všech příloh v elektronické podobě

Seznam doporučené literatury:

Doporučená literatura je pouze orientační s tím že diplomant v rámci řešení provede rešerši veškeré dostupné literatury.

Holý M. (1994): Eroze a životní prostředí Praha: ČVUT, 1994

Moldán, B. (2003): (Ne)udržitelný rozvoj: ekologie-hrozba i naděje. UK Karolinum, Praha. 141 s.


VAŠKŮ, Z. (2003): Hodnocení vodní eroze půdy v rámci podrobného pedologického průzkumu. Sborník z konference Degradace půdy. Str. 115-122. ČZÚ Praha.


Kolektiv autorů (1997): Protierozní ochrana zemědělské půdy. Technické doporučení Praha: Hydroprojekt, a.s.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Aleš Létal, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 30.10. 2006

Termín odevzdání diplomové práce: březen 2008


vedoucí katedry


vedoucí diplomové práce

OBSAH

1 ÚVOD	7
2 CÍL PRÁCE	9
3 METODY PRÁCE	10
4 EROZE PŮDY	11
4.1 Úvod do problematiky	11
4.2 Vodní eroze půdy	17
4.3 Větrná eroze	29
4.4 Simulační modely ohroženosti pozemků vodní erozí	35
5 EROZE PŮDY V ČESKÉ REPUBLICCE	38
5.1 Plošná a stržová eroze půdy v ČR	40
6 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ	41
6.1 Opatření proti vodní erozi půdy	41
6.2 Ochrana půdy před větrnou erozí	53
7 STUDIE PROTIEROZNÍ OCHRANY V KATASTRÁLNÍM ÚZEMÍ HOVORANY	60
8 PROBLÉMOVÁ STUDIE „VĚTRNÁ EROZE PŮDY V JMK A NÁVRH JEJÍHO ŘEŠENÍ“	63
9 EROZE PŮDY V KATASTRÁLNÍM ÚZEMÍ OBCE STŘELICE U BRNA	75
10 ZÁVĚR	77
11 SUMMARY	79
12 LITERATURA	81
13 PŘÍLOHY	84

1 ÚVOD

Eroze je přírodní proces, při kterém činností vody, větru a ledu dochází k rozrušování půdního povrchu a transportu půdních částic. Doklady o erozní činnosti jsou více než 7000 let staré.

Projevy zrychlené eroze se objevují v době, kdy člověk začal narušovat přirozený půdní kryt tvořený převážně lesními porosty. Již v minulosti se ve světě stavěla díla, která sloužila jako ochrana půd před erozí. Nejznámější jsou terasy v peruánském Machu Picchu.

Počátky zemědělského využívání půdy na území našeho státu spadají do neolitu (mladší doba kamenná), tedy 5000 let př. n. l. V tomto období se díky příhodným klimatickým podmínkám dařilo pěstovat pšenici, ječmen, proso a hrách. Zemědělskou půdu lidé získávali žďářením.

Do 12. století bylo osídlení v českých zemích odděleno lesy a bažinami, které se rozprostíraly na 96 % celkové plochy. Ve 12. století se ale vlivem růstu obyvatel začal krajinný ráz výrazně měnit. Docházelo k intenzivnějšímu mýcení lesů, odvodňování bažinaté půdy a úpravě pastvin. Jednalo se převážně o nížiny a pohraniční pohoří, takže projevy eroze byly minimální. Na začátku 13. století byly vyčerpány domácí pracovní síly, došlo k tzv. velké kolonizaci, kdy na naše území přicházejí osadníci z Holandska a Německa s novými způsoby obhospodařování půdy, jako např. užívání pluhu.

V roce 1884 byly v českých zemích vydány zákony č. 116/1884 ř. z. o zřízení státního melioračního fondu a č. 117/1884 ř. z. o neškodném svádění horských vod. Zákony vytvořily organizační základy výkonné projekční služby, investorské i realizační činnosti komplexních protipovodňových a protierozních opatření v zemědělsko-lesní krajině formou Služby hrazení bystřin. Jednou z prvních akcí byla úprava rakovnických strží (Janeček a kol., 2002).

V roce 1960 připadalo podle FAO¹⁾ na 1 obyvatele zeměkoule 0,44 ha zemědělské půdy a v roce 1990 jen 0,27 ha. V roce 2025 to bude, dle dosavadního trendu přírůstku světové populace, pouze 0,17 ha. Absolutní hranice, zohledňující nejmodernější technologie zemědělské výroby, která ještě může zajistit minimální výživu lidí v rozsahu průměrné kalorické spotřeby je 0,07 ha na obyvatele. Pokud bude pokračovat současný trend v přírůstku obyvatel, kolem roku 2050 bude toto číslo dosažené. Ve světě přitom ročně ubývá, resp. se ztrácí 7,5 mil. ha zemědělské půdy a 17 až 20 mil. ha lesa (Janeček a kol., 2002).

¹⁾ Food and Agriculture Organisation

V současné době připadá na jednoho obyvatele ČR 0,25 ha lesní půdy a 0,41 ha zemědělské půdy – průměr zemí EU . Od roku 1937 klesla výměra z 4,9 mil. ha na 4,2 mil. ha v roce 1999. Od roku 1948 bylo převedeno 200 tis. ha zemědělské půdy do lesní.

Eroze je celosvětovým problémem, protože každoročně ubývají tisíce km² zemědělských půd. Země, které postihuje eroze ve velkém rozsahu sestavují plány protierozních opatření na vysoké úrovni – např. National Resources Conservation Service v USA, což je státní služba na ochranu půdy. V České republice sice problémy eroze nejsou tak vážné, jako např. v rozvojových zemích Afriky nebo Asie, rozhodně však nejsou zanedbatelné. Práce by měla sloužit jako přehled současného stavu eroze na území ČR a procesů s kterými se v naší krajině lze setkat. Ochrana před negativními účinky ztráty půdního krytu je důležitá pro zachování stavu krajiny a proto část práce řeší i uvedenou problematiku. Přesto že se jedná o čistě rešeršní práci je bezesporu důležitá.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je analyzovat a shrnout dostupné poznatky o půdní erozi včetně možných protierozních opatření a zaměřit se na konkrétní oblasti České republiky postižené vodní a větrnou erozí půdy.

3 METODY PRÁCE

Diplomová práce byla zpracována převážně na základě studia odborné literatury zabývající se problematikou eroze půdy. Vybrané problémy a konkrétní situace v ČR, zejména řešení problému protierozních opatření byla konzultována s vědeckými pracovníky Oddělení komplexních pozemkových úprav Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd Brno, paní Barborou Kotulánovou a vedoucí oddělení Ing. Janou Podhrázkou.

4 EROZE PŮDY

4.1 Úvod do problematiky

Pojem eroze

Výraz „eroze“ je odvozen z latinského slova „erodere“ – rozhlodávat. Eroze je definována jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů. Všeobecně se pod pojmem eroze půdy (Soil erosion) rozumí především mechanické rozrušování půdy vodou a větrem, popř. jinými destrukčními činiteli (sněhem, ledem apod.). Při tomto rozrušování dochází k transportu a sedimentaci uvolněných částic. (Janeček a kol., 2002). Klasifikace eroze je značně komplikovaná a je možné ji klasifikovat na základě několika kritérií, které jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

4.1.1 Druhy eroze podle erozního činitele

Podle činitele, který způsobuje vznik eroze, rozlišujeme erozi: vodní, větrnou, sněhovou ledovcovou, zemní a antropogenní. Druhy se vyskytují samostatně nebo v kombinaci; celosvětově způsobuje největší škody vodní a větrná eroze, nezanedbatelné účinky způsobuje také eroze antropogenní.

Vodní eroze

Vodní (akvatickou) erozi způsobuje kinetická energie dešťových kapek, které dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody při přívalových a dlouhotrvajících srážkách nebo jarním tání.

Koraze je označení mechanické erozní činnosti vody, koroze je chemická činnost. Evorzi rozumíme vymílání hornin vodou, abraze je výraz pro obrušování skalního položí na dně vodních toků, jezer a moří.

Větrná eroze

Při větrné (eolické) erozi je půda rozrušována kinetickou energií větru a dochází k transportu uvolněných částic, při poklesu síly větru pak k jejich ukládání. Nejvíce škod způsobuje zejména v aridních oblastech.

Ledovcová eroze

Ledovcová (glaciální) eroze je způsobena tíhou ledovce pohybujícího se směrem do údolí. Při pohybu ledovec obrušuje skalní podloží a unáší zbytky hornin do nižších poloh, ze kterých se jejich ukládáním tvoří morény. Na území našeho státu zasahoval ze severu ledovec během čtvrtohorního zalednění. Důkazem jsou morénové sedimenty v Obřím dolu v Krkonoších.

4.1.2 Druhy eroze podle formy

Formy eroze jsou odvozeny z působení erozních činitelů. Na půdním povrchu jde o erozi povrchovou, pod půdním povrchem o podpovrchovou.

Druhy povrchové vodní eroze

Plošná vodní eroze

Jde o rozrušování a smyvu půdy na celé ploše.

Prvním stupněm plošné eroze je eroze selektivní, při které voda odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické látky. Půdy se tak stávají hrubozrnnějšími se sníženým obsahem živin. Selektivní eroze probíhá zvolna, nezanechává viditelné stopy. Způsobuje nestejnou vývoj vegetace v oblastech, odkud byla půda s živinami smyta, a kde naopak akumulována.

Další formou plošné vodní eroze je eroze vrstevná, při které dochází ke smyvu půdy ve vrstvách. Probíhá na celé ploše svahu nebo v širokých pruzích v závislosti na reliéfu.

Výmolná vodní eroze

Voda vyrývá v půdním povrchu zářezy, kterými odtéká.

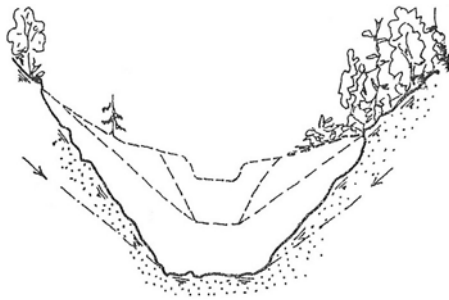
Prvním stadiem výmolné eroze je eroze rýžková a brázdová. Rýžky a brázdy se postupně spojují a vytváří tak hlubší zářezy, které se prohlubují – výsledkem je rýhová eroze. Rýhová eroze přechází v erozi výmolovou a ta dále v erozi stržovou. Výsledkem jsou hluboké výmoly a strže (pokud je položí více odolné vůči vodě než svrchní vrstvy, příčný profil výmolů a strží má tvar písmena V – typ balka; pokud jsou vrstvy v celém profilu stejně odolné, např. v navátých spraších, jejich příčný profil má tvar písmena U – typ ovrag).

Proudová vodní eroze

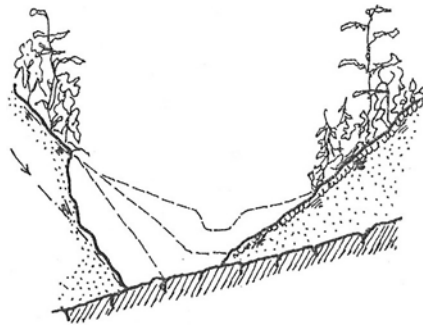
Probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Patří sem eroze dnová a břehová. Dnová eroze je formou eroze probíhající ve směru podélné osy toku. Břehová eroze je formou

eroze příčné, protože probíhá kolmo na osu toku. Proudová vodní eroze se projevuje hlavně v bystřinách.

Obr.1 Dnová eroze



Obr. 2 Břehová eroze



Zdroj: Holý, 1994

Druhy větrné eroze

Deflace

Je to odnos půdních částic větrem na různé vzdálenosti a vznik písečných přesypů, dun aj.

Koraze

Je obrušování hornin půdními částicemi, které podléhají deflaci. Intenzita je dána odolností materiálu, rychlostí větru apod. Činností tohoto typu eolické eroze vznikají geomorfologické tvary reliéfu, např. viklany, hříby, skalní města apod.

4.1.3 Rozdělení eroze podle intenzity

Eroze se projevuje jako normální (erozní procesy probíhají v přírodě v rovnováze) a jako zrychlená – při ní dochází ke smyvu půdních částic v tak velkém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem.

Rozšíření eroze

Zrychlená eroze půdy je vážný celosvětový problém. Odhaduje se, že množství sedimentů odnášených do oceánů vzrostlo před zavedením intenzivního zemědělství z 10 miliard tun za rok na 25 – 50 mld. tun ročně v současnosti. Za tu dobu bylo erozí zničeno 430 mil. ha produktivních ploch. Současná degradace půdy erozí vede k nevratné ztrátě produkce na ploše 6 mil. ha . rok⁻¹ úrodné půdy. Ztráta zemědělské půdy erozí se odhaduje na 3 mil. ha . rok⁻¹.

Podle OSN produkce plodin na 20 mil. hektarů klesne na nulu nebo se stane neekonomickou z důvodu degradace půdy erozí (viz níže kapitola Následky eroze). Odhady ztrát půdy erozí ve světovém měřítku kolísají mezi 0,088 mm . rok⁻¹ a 0,3 mm . rok⁻¹. (Janeček a kol., 2002)

Tab. 1 *Rozsah ploch půd ohrožených vodní a větrnou erozí v milionech hektarů podle Oldemana, 1992 in Janeček a kol., 2002*

Světadíl	erozí	
	vodní	větrnou
Asie	441	222
Afrika	227	186
Jižní a střední Amerika	169	47
Evropa	114	42
Severní Amerika	60	35
Oceánie	83	16
Svět celkem	1094	548

V našich podmínkách je protierozní ochrana (dále jen PEO) nutná zejména na svazích s mělce uloženým skalním podložím a s vysokým obsahem štěrku. Na území ČR je téměř polovina ploch orné půdy různým stupněm ohrožena vodní erozí a vyžaduje důslednou PEO. Kromě toho se odhaduje, že asi 7,5 % orných půd je ohroženo větrnou erozí. (Janeček a kol., 2002)

Následky eroze

K největším a nejzávažnějším problémům způsobených erozí patří **degradace půdy**. Je definována jako pokles kvality a produkční schopnosti půd způsobenou nesprávným využíváním lidmi (Janeček a kol., 2002). Výzkum v hlavní zemědělské oblasti Corn Belt v USA prokázal, že výnosy klesly až o 77 % v místech, kde byl humusový horizont odstraněn. Podle Holého, 1994 došlo na vinicích Šlechtitelské stanice ve Velkých Žernosekách u Litoměřic k ročnímu úbytku humusu až 2000 kg . ha⁻¹.

Důsledkem eroze je změna **fyzikálních a chemických vlastností** půdy, hlavně struktury, pórovitosti, nižší obsah humusu, minerálních látek apod.

Vlivem vodní i větrné eroze dochází k transportu a **pronikání chemických látek** do vodních zdrojů, čímž je ohroženo jejich využití. Zdrojem těchto látek jsou průmyslová hnojiva (zejména draselná, dusíkatá a fosforečná) a pesticidy a různé druhy zemědělských odpadů. V ČR dosti vysoká spotřeba chemických látek výrazně ovlivňuje kvalitu vody ve vodních nádržích, např. ve vodní nádrži Švihov, Kružberk nebo Římov. Vysoký obsah fosforu a dusíku způsobuje eutrofizaci zejména v rybnících.

Vodní eroze způsobuje **přenos a ukládání** uvolněných **půdních částic**. Splaveniny zanášejí přirozené i umělé vodní toky, nádrže a stavby na tocích. Pro malé vodní nádrže v horních částech povodí jsou splaveniny velkým nebezpečím – zanášením se zmenšuje kapacita prostoru a dochází tak ke komplikacím provozu.

Transport splavenin ohrožuje vodní toky, plavební kanály a dráhy. Nebezpečné jsou bystřiny s transportem štěrků s ústím do splavných toků, např. bystřiny, tekoucí z Českého středohoří, které zanáší Labe čedičovou sutí.

Nepříznivě působí transport půdních částic větrnou erozí.

Známý je výskyt prашných bouří v USA. Ve 30. letech 20. století byly větrnou erozí poškozeny miliony akrů půdy Centrálních rovin, na mnoha místech došlo ke ztrátě 5 – 30 cm ornice. Některé části rovin se změnilly v písečnou pánev (Dust Bowl), tisíce farmářů musely odejít.

Prašná bouře mezi Znojmem a Mikulovem v dubnu 1949 během deseti hodin zničila v okolí obce Jaroslavice 30 ha polí, dalších 50 ha silně poškodila.

Vítr o síle vichřice (9. z třinácti stupňů Beaufortovy stupnice; rychlost větru 75 – 88 km . h⁻¹) způsobil velké škody ve dnech 28. února až 3. března 1965 v okolí Hodonína a Uherského Brodu. Zasaženo bylo celé území pod Bílými Karpatami, dolní část Dolnomoravského úvalu a celá jižní Morava. Vzduchové masy odnášely půdní částice v černých mračnech, v ohniscích bouře bylo úplné šero. Podél silnic, železnic, cest a vodních toků vznikly obrovské návěje ornice.

Další podrobnosti a příklady větrných bouří viz.: Švehlík, R.: *Větrná eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech*. Českomoravská komora pro pozemkové úpravy, 2007, 40 s.

Obr. 3 Závěj ornice v k. ú. obce Bánov (okres Uherské Hradiště) po prašné bouři v roce 1972



Zdroj: Švehlík, 2007

Les je považován za nejdokonalejší půdní ochranu. I zde se však může **eroze** objevit a to zejména **těžbou** a svážením **dřeva** nebo vývraty. Při holosečném způsobu hospodaření byla půda poškozená na 15 – 75 % plochy a celkově bylo erozí odneseno $43 - 336 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ půdy a ztráty půdy erozí při těžbě a svážení činily $139 - 596 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Janeček a kol., 2002).

Na orné půdě se stopy **eroze** zahlazují obděláváním. Jinak je tomu **na pastvinách**, kde se eroze vyvíjí poněkud odlišněji. V místech častého přecházení dobytka, který půdu svými kopyty neustále udusává a znemožňuje tak růst trávy, jež by povrch zpevnila, vznikají dobytčí stezky, tzv. prtě. Častým přeháněním většího počtu dobytka je, zejména na příkrých svazích, eroze intenzivnější.

Zvláštní formou je tzv. badland. Je to území v semiaridních oblastech rozbrázděné erozními stržemi, které vznikají na nezpevněných sedimentech. Přívalové srážky zde vytvářejí hluboké rokle a rýhy oddělené ostrými hřebeny. Svahy hřebenů jsou dále rozrývány, takže půda je zcela zničená. Výškové rozpětí erozních zářezů může být několik desítek až 300 m. Táhnou se po pravém břehu řeky Missouri ve státech Nebraska a Jižní Dakota (v roce 1978 zde byl oficiálně vyhlášen Badlands National Park).

Obr. 4 *Badlands National park*



Zdroj: www.honbed.com

4.2 Vodní eroze půdy

Erozi vyvolává a ovlivňuje společné působení přírodních a antropogenních činitelů. Nejvýznamnějšími jsou: srážky a jejich odtok, morfologie území, geologie a půdní poměry, vegetační kryt, způsob využívání půdy.

4.2.1 Srážky

Rozdílný účinek na erozi mají srážky kapalné a srážky pevné.

Kapalné srážky

Fyzikální charakteristika

Působení dešťových kapek na povrch půd je dáno jejich kinetickou energií, která půdu rozrušuje a uvolňuje půdní částice.

Největší erozní škody způsobují **přivalové deště**. V mírném klimatickém pásu se za přivalové deště považují ty s dobou trvání do 180 minut, při kterých naprší 10 – 80 mm vody. V České republice jsou přivalové srážky málokdy delší než 3 hodiny, největší přívaly trvají v průměru 15 – 20 minut.

Intenzita v průběhu deště kolísá – nejdříve je nízká, pak rychle dosáhne maxima, ke konci deště klesá. Intenzita přivalových srážek je také závislá na velikosti zasažené plochy – čím větší území, tím nižší intenzita deště.

Zajímavým poznatkem je, že v mírném pásu se přivalové srážky vyskytují v teplém období, kdy je z velké části po sklizni a půda tak snadno podléhá vodní erozi.

Dlouhotrvající (regionální) **srážky** mají nižší intenzitu. Vznikající odtok často nabývá vysokých objemů a podílí se na erozních procesech větších povodí.

Erozní účinek

Erozní účinek srážek je dán jejich kinetickou energií. Někdy bývá označován jako index erozivity (Ed). Je funkcí intenzity deště a jeho trvání a hmotnosti, průměru a rychlosti dopadu vodních kapek. (Holý, 1994)

Pevné srážky

Z pevných srážek mají na erozní procesy vliv srážky sněhové. V některých případech způsobí jarní tání sněhu značný povrchový odtok.

Odtok z kapalných srážek

Povrchový odtok

Povrchový odtok probíhá plošně nebo soustředěně.

Plošný odtok je odtok po povrchu v souvislé vrstvě vody o přibližně stejné hloubce v jednotlivých příčných profilech svahu nebo ve formě rozptýlených stružek. Povrchový odtok po půdě je narušován překážkami.

Soustředěný odtok probíhá v trvalé nebo dočasné hydrografické síti.

Odtok z přívalových dešťů je rozhodující pro intenzitu erozních procesů. Přívalové srážky způsobují maximální odtok na malých a velmi malých povodích. Na velkých povodích nejvyšší odtoky způsobeny jarním táním sněhu.

4.2.2 Morfologie území

Vodní eroze je zesílena odtokem vody po skloněném území. S rostoucím sklonem a délkou svahu (při trvalejším dešti) se zvyšuje rychlost a erozní účinek na půdu, nemluvě o transportu uvolněných částic.

Sklon území

Sklon území je jedním z nezanedbatelných činitelů u vodní eroze půdy.

Pro podmínky bývalé ČSFR uvádí Cablík, Jůva, 1963 in Holý, 1994, že vodní eroze na zemědělských půdách není nebezpečná do sklonu 2°, stává se patrnou při sklonu 4° a zřetelně výraznou na půdách o sklonu větším než 8°. Podle Spirhanzla, 1952 in Holý, 1994 je půda při

sklonu 1,5° mírně vymílána, při sklonu 2,4° vznikají větší škody a při sklonu 5° se tvoří výmoly a strže.

Podle Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd je zemědělská půda do sklonu 7° neohrožená vodní erozí, sklon 4 – 10° je považován za mírné ohrožení, středně ohrožené jsou půdy o sklonu 8 – 15°, výrazně ohrožené pak ty se sklonem 12 – 17°.

Tvar svahů

Na intenzitu a průběh eroze má vliv tvar svahů. Svahy se dělí na konvexní (vypuklé), konkávní (vyduté), přímé a kombinované, které se vyskytují v různém uspořádání – nejčastěji se vyskytují vypuklo-vyduté a stupňovité svahy.

Toto rozdělení umožňuje sledovat odlišný průběh erozních procesů, protože sklon (jako převládající erozní činitel) dosahuje na jednotlivých typech svahů nejvyšší hodnoty v různé vzdálenosti od rozvodí (s výjimkou přímých svahů). Maximální účinek erozních procesů se projeví v těch místech svahu, kde jsou sklon a vzdálenost od rozvodí v nejnepříznivějším poměru (Holý, 1994).

U **konvexního** svahu (viz obr. 5 A) má jeho sklon a délka nejvyšší hodnotu v dolní části, kde jsou erozní procesy nejvíce intenzivní.

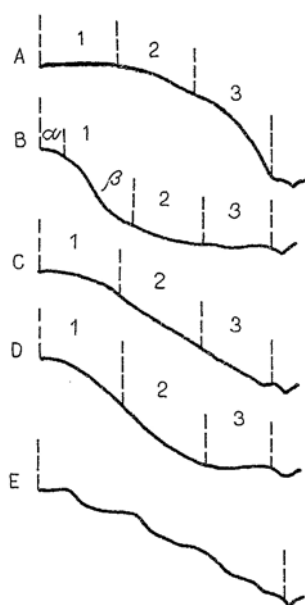
O intenzitě eroze u **konkávního** svahu (viz obr. 5 B) rozhoduje poměr mezi poklesem sklonu a růstem délky svahu. V dolní části svahu – 3 dojde ke snížení sklonu takovým způsobem, že i přes maximální délku svahu je materiál ukládán.

Maximální intenzitu erozních procesů u **přímého** svahu (viz obr. 5 C) lze očekávat v místě, kde napětí povrchově stékající vody stoupne k nejvyšší hodnotě.

Vypuklo-vydutý svah (viz obr. 5 D) má nejvyšší hodnotu erozních procesů ve střední části svahu – 2.

Se zvětšující se délkou **stupňovitého** svahu (viz obr. 5 E) dochází ke střídání růstu a poklesu sklonu svahu, intenzita erozních procesů se tak neustále mění.

Obr. 5 Tvary svahů



Zdroj: Holý, 1994

4.2.3 Geologické a půdní poměry

Geologické poměry

Přímý vliv geologického podkladu se projevuje hlavně v místech, kde k povrchu vystupuje snadno zvětrávající hornina (např. slepenec, pískovec nebo břidlice) a výmolnou erozí je obnažena. Následuje vznik rýh, výmolů a strží, které se postupně prohlubují a rozšiřují. Příkladem intenzivní výmolné eroze je podle Holého, 1994 obnažování značně navětralých, vrstevnatě se rozpadajících algonkických²⁾ břidlic na Rakovnicku.

Příznivé podmínky pro vznik půd vzhledem k protierozní odolnosti jsou v místech výskytu dolomitických a vápencových hornin, naopak mimořádně nepříznivé jsou sprašové usazeniny.

Půdní poměry

Co se týče textury půdy, nejvíce odolné vůči větrné erozi jsou písčité půdy, které jsou ze všech půdních druhů nejvíce propustné a obsahují velký podíl těžších málo soudržných částic. Následují jílovité půdy, které jsou sice málo propustné, zato ve vlhkém stavu jsou částice tohoto druhu půdy maximálně soudržné. Dále jsou to hlinité půdy, které vodní erozi většinou podlehnou, protože obsahují velké procento prachových částic. Nejméně odolné vůči erozi jsou spraše s velmi nízkým obsahem humusu a sprašové hlíny s nedostatkem tmelících částic.

²⁾ algonkium – souborné stratigrafické označení proterozoika (starohor)

Také půdní struktura je důležitá při řešení problémů s vodní erozí půdy. Struktura je dána uspořádáním a vazbou půdních částic, určuje podíl nekapilárních pórů a stabilitu půdních agregátů.

Podle zkušeností a četných měření se příznivý vliv struktury projevuje nejvýrazněji u půd s drobtovitou strukturou³⁾. Smolík, 1948 in Holý, 1994 zjistil, že drobtovité půdy vykazují plnou vsakovací schopnost a protierozní odolnost při sklonu půdního povrchu do 17 %.

Průzkumy, týkající se odolnosti půd vůči vodní erozi, ukazují, že jsou na tom nejlépe černozemě, méně dobře hnědozemě a nejhůře podzoly.

4.2.4 Vegetační kryt půdy

Působení vegetace na průběh a intenzitu eroze se projevuje ochranou půdního povrchu pře přímým dopadem dešťových kapek, podporou vsaku srážkové vody do půdy, zpomalením povrchového odtoku a zlepšením fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Významné je zpevnění půdy kořenovým systémem vegetace. V zimním období způsobuje vegetace pravidelné rozložení sněhové pokrývky a podle míry vývoje zmenšuje nebezpečí zamrznání půdy. (Holý, 1994)

Lesní porost s hustým korunovým zápojem, dobrým stavem podrostu a neporušenou vrstvou hrabanky vykazuje nejvýraznější vliv na utváření povrchového odtoku, a tím i na intenzitu a průběh eroze. Povrchový odtok ze zalesněné půdy nepřesahuje zpravidla 10 % srážkového množství vody; proto lesní půdy kryté dobrým lesním porostem netrpí vodní erozí. Po odlesnění pokusné plochy a založení pastviny se po sedmi letech zvýšil maximální odtok vody na pokusné ploše z 0,33 na 20 m³ · s⁻¹ · km⁻², smyv půdy v průměru 24krát, po velmi intenzivních přívalových srážkách až 500krát. (Holý, 1994)

4.2.5 Způsob využívání půdy

Eroze je nejvíce intenzivní na půdách s porušeným původním porostem (např. vykácení lesa z důvodu zřízení zemědělského pozemku, stavby komunikací, budov). Nepřehlédnutelné je ničení přírody spojené s rozsáhlými erozními následky v bývalém Výcvikovém prostoru Ralsko o rozloze 250 000 ha v Libereckém kraji v okrese Česká Lípa.

³⁾ strukturální stav půdy s kulovitými agregáty velikostí do 1 cm; je optimální pro rozvoj biogenních pochodů v půdě a pro rovnováhu mezi humifikací a mineralizací; je charakteristická pro orníční horizonty nejurodnějších půd, tj. pro černozemě a hnědozemě

Určení ohroženosti pozemků vodní erozí

Nejdokonaleji vyjadřuje kvantitativní účinek hlavních faktorů ovlivňujících vodní erozi způsobovanou přívalovými dešti tzv. univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemků dle Wischmeiera a Smithe, 1978 in Janeček a kol., 2002:

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

kde: G = průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)

R = faktor erozní účinnosti deště – vyjádřený v závislosti na četnosti výskytu, úhrnu, intenzitě a kinetické energii deště

K = faktor erodovatelnosti půdy – vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty a zrnitosti

L = faktor délky svahu – vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí

S = faktor sklonu svahu – vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí

C = faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu – vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice

P = faktor účinnosti protierozních opatření (Janeček a kol., 2002)

Použitím této rovnice zjistíme dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy erozí. Nelze ji použít pro dobu kratší než je roční období ani pro zjištění ztrát půdy erozí z jednotlivých dešťových srážek nebo z tajícího sněhu.

Podrobněji se zaměřím na faktory R a K . Bližší charakteristika zbývajících faktorů viz Janeček, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha, 2002. Charakteristika faktorů R a K je uvedena podle Podhrázké, Dufkové, 2005.

Faktor erozní účinnosti přívalového deště (R)

Tento faktor definovali Wischmeier a Smith, 1958 in Podhrázká, Dufková, 2005 vztahem:

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

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

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

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

Celková kinetická energie deště E je:

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

kde E_i = kinetická energie i-tého úseku deště (viz tab. 2),

n = počet úseků deště,

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

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

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

Tab. 2 Hodnoty kinetické energie úhrnu deště o výšce 1 cm v $J \cdot m^{-2}$

intenzita srážky [$\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$]	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	206	210	213	216	219	221	224	226	225	230
2	233	234	236	237	239	241	242	243	245	246
3	247	249	250	251	252	253	254	255	256	257
4	258	259	260	261	262	263	264	264	265	266
5	267	268	268	269	270	270	271	272	272	273
6	274	274	275	276	276	277	277	278	278	279
7	279	280	281	281	282	282	283	283	283	283

Zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005

K výpočtu průměrné roční hodnoty faktoru R byly pro území Čech použity výsledky srážkoměrných (ombrografických) pozorování ze tří stanic ČHMÚ za období 50 let. Vyhodnocovány byly jen deště, jejichž úhrn překračoval 12,5 mm a intenzitu $24 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$.

Rozdělení průměrné roční hodnoty R – faktoru, např. pro území středních Čech, do jednotlivých měsíců je uveden v tabulce 3.

Tab. 3

měsíc	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen
%	0,5	7,0	26,8	32,2	31,1	2,0	0,4

Zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005

Průměrná roční hodnota faktoru R je v našich podmínkách vlastně hodnotou faktoru R za vegetační období, neboť přívalové deště, vyvolávající na poli smyv půdy se vyskytují pouze od konce dubna do počátku října. Z rozdělení jasně vyplývá, že od června do srpna, kdy se vyskytne 90 % přívalových dešťů, je ochrana půdy nejdůležitější.

Pro regionalizaci průměrných ročních hodnot faktoru R byly uvažovány přívalové deště zaokrouhleně o vydatnosti ≥ 10 mm a intenzitě ≥ 20 mm \cdot h⁻¹. Pro území jižní Moravy byly vyhodnoceny záznamy z 24 stanic. Četnost výskytu erozně nebezpečných dešťů a průměrné roční hodnoty faktoru R pro jednotlivé stanice jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. 4

stanice	Četnost výskytu	Průměrná roční hodnota R faktoru
Jihlava	1,3	15,3
Prostějov	1,5	17,7
Vyškov	1,5	17,7
Velké Meziříčí	1,6	18,9
Kroměříž	1,7	20,0
Luhačovice	1,8	21,2
Hostýn	1,9	22,4
Staré Město	1,9	22,4
Telč	1,9	22,4
Tišnov	1,9	22,4
Třebíč	1,9	22,4
Vizovice	1,9	22,4
Koryčany	2,0	23,6
Strání	2,0	23,6
Svratouch	2,0	23,6
Vír	2,0	23,6
Brno	2,1	24,8
Brumov	2,1	24,8
Náměšť nad Oslavou	2,1	24,8
Hodonín	2,2	26,0
Kuchařovice	2,2	26,0
Pohořelice	2,2	26,0
Zlín	2,2	26,0
Vranov nad Dyjí	2,4	28,3

Zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005

Z tabulky 4 je zřejmé, že jak četnost výskytu, tak i průměrná roční hodnota faktoru erozní ohroženosti deště R se u jednotlivých stanic značně liší. Prakticky to znamená, že ohrožení vodní erozí u stanice Jihlava je v průměru každoročně podstatně nižší než např. u stanice Vranov.

Procentický podíl výskytu erozně nebezpečných dešťů na území jižní Moravy v jednotlivých měsících je uveden v tabulce 5. Největší pravděpodobnost výskytu erozně nebezpečných dešťů připadá na měsíce červen až srpen. Tato okolnost musí být zohledněna z pohledu rozdílného účinku pěstování plodin pro dosažení maximálního stupně ochrany půdy.

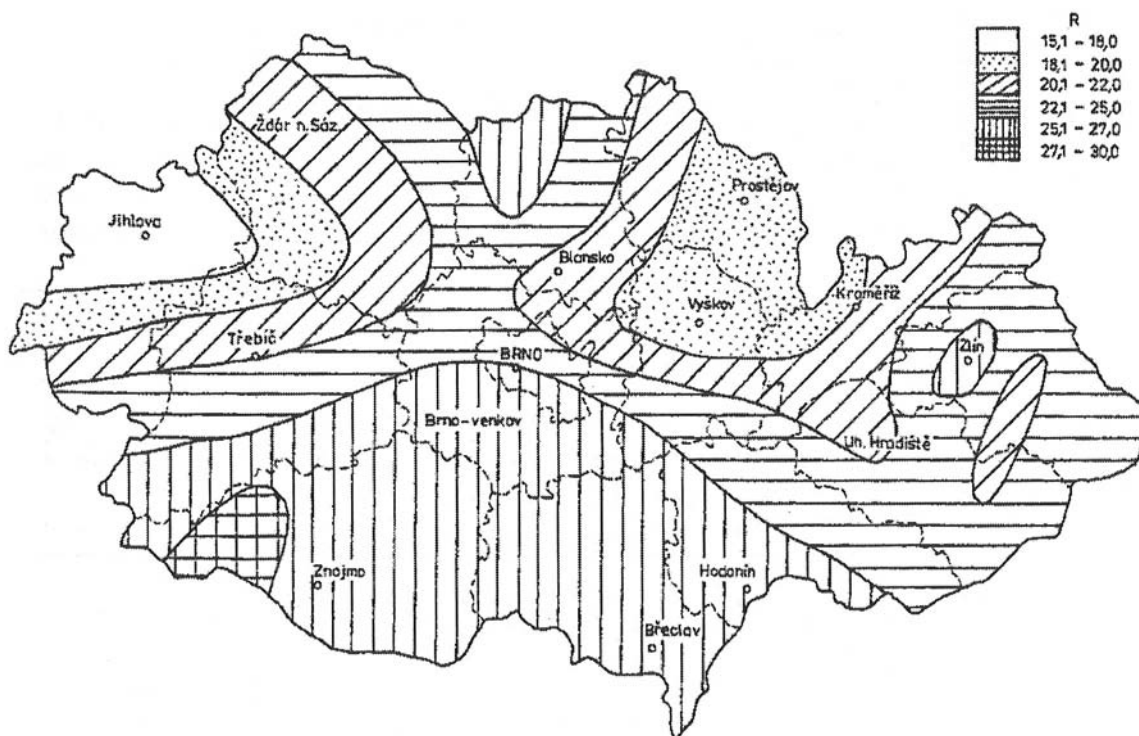
Tab. 5

měsíc	květen	červen	červenec	srpen	září
výskyt v %	12	28	29	24	7

Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

Pro určení průměrné roční hodnoty faktoru R ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$) v oblasti jižní Moravy lze využít údaje na obrázku 6.

Obr. 6



Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

Faktor erodovatelnosti půdy (K)

Vlastnosti půdy ovlivňují infiltrační schopnost půdy a odolnost půdních agregátů proti rozrušujícímu účinku dopadajících dešťových kapek a transportu povrchově odtékající vodou.

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

Pokud obsah prachu a práškového písku (0,002 – 0,100 mm) nepřekročí 70 %, lze faktor K určit ze vztahu:

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

kde: M = součin (% prachu + % práškového písku) x (100 - % jílu),

a = % organické hmoty (humusu),

b = třída struktury ornice,

c = třída propustnosti půdního profilu.

Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Pokud dosadíme do univerzální rovnice příslušné hodnoty všech faktorů zkoumaného pozemku, dostaneme výslednou hodnotu, která vyjadřuje průměrnou ztrátu půdy vodní erozí v t . ha⁻¹ za rok tohoto pozemku. Jestliže výsledná ztráta půdy překročí hodnoty v současné době přípustných ztrát (viz tabulka 6), je zřejmé, že půda na využívaném pozemku není dostatečně chráněna před erozí. Je tedy nanejvýš nutné zavést odpovídající protierozní opatření (PEO). Účinnost PEO můžeme vyjádřit změnou některého z faktorů univerzální rovnice a opětovným výpočtem se přesvědčit, jestli stávající PEO dostatečně sníží dlouhodobé ztráty půdy způsobené erozí.

Tab. 6 Přípustná ztráta půdy vodní erozí (upraveno)

	t . ha ⁻¹ . rok ⁻¹
u mělkých půd (do 30 cm)	1
u středně hlubokých půd (30 – 60 cm)	4
u hlubokých půd (nad 60 cm)	10

V přirozených podmínkách se může škodlivá eroze vyskytnout jen tam, kde došlo k narušení protierozní funkce rostlinného krytu člověkem. Území našeho státu leží v mírném zeměpisném pásmu s poměrně příznivými ročními úhrny srážek, takže eroze půdy

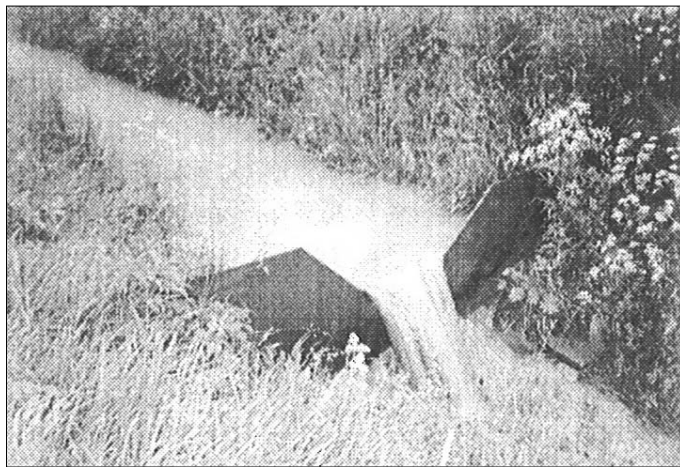
v přirozených rostlinných společenstvech je minimální a většinou nepřesahuje hranici 0,5 t . ha⁻¹ . rok⁻¹. (Podhrázská, Dufková, 2005)

Eroze a její vliv na znečištění vody

Částice půdy smyté vodní erozí jsou největším znečišťujícím faktorem vzhledem k množství a objemu. Splaveniny jsou produkt selektivního procesu, při kterém jsou odtrhávány a vodou unášeny nejprve menší a lehčí částice. To znamená, že sedimenty obsahují větší množství organických, jílovitých a prachových částic, než půdy, ze kterých pochází. Právě tyto složky jsou nasyceny velkým množstvím virů, patogenů a dalších škodlivých látek.

Podle Duba, 1957 in Janeček a kol., 2002 jsou unášené splaveniny tvořeny převážně částicemi menšími než 0,05 mm (40 – 90 % směsi), zbytek je v mezích 0,05 – 0,5 mm, výjimečně do 1 mm. Podle Kukala, 1964 in Janeček a kol., 2002 se průměrná zrnitost suspenze řek pohybuje mezi 0,06 – 0,07 mm, což znamená, že spadá do jemně prachovité až jílovité frakce.

Obr. 7 Vodní tok znečištěný smytou půdou



Zdroj: Janeček a kol., 2002

Příklady narušení vodních ekosystémů naplaveninami z půdy:

- ❖ do vody proniká méně světla, čímž je utlumena fotosyntéza => menší množství potravy a produkční schopnost,
- ❖ naplaveniny zkracují životnost rybích jiker a potěru; např. 97 % štičích jiker uhyne, pokud jsou pokryté 1 mm vrstvičkou sedimentů.

Nadměrné množství živin ve vodě je výsledným stádiem eroze půdy a dalších procesů, které erozi předcházejí (vymílání, odtok).

Nejčastějšími zdroji živin pro zemědělskou půdu jsou **hnojiva**. Hnojiva mají dvojitý účinek: pokud dochází k povrchovému odtoku a erozi, smývané půdní částice mohou být obohacovány o fosfor a dusík; pokud ale hnojením dosáhneme lepšího růstu porostu, znamená to, že je snížena eroze půdy i odtok splavenin. Je však známo, že nadměrné hnojení orné půdy bez PEO vede ke znečištění vod.

Poměr látek, rostlinných živin, kovů apod. v erodovaném materiálu k látkám (živinám, kovům apod.) v původní půdě je nazýván „poměrem obohacení“ (ER – enrichment ratio) (Janeček a kol., 2002).

Ze zemědělských půd je vodní erozí půdy odnášen z velké části fosfor a dusík. Rozpustnost živin je závislá na řadě kolísavých faktorů, např. na teplotě vody, obsahu kyslíku ve vodě apod. Eutrofizace se však stává problémem již tehdy, když koncentrace anorganického dusíku přesáhne asi 0,3 ppm⁴⁾ a anorganického fosforu asi 0,015 ppm (Janeček a kol., 2002). Z dlouhodobých výzkumů také jasně vyplývá, že sedimenty v jezerech produkují nadbytečné množství živin ještě dlouho po tom, co bylo v povodí zavedeno PEO.

Na druhé straně jsou usazené anorganické a organické látky jsou jako rezervoáry živin pro látkovou výměnu ve vodách (např. v nově zbudovaných přehradách nebo málo zatížených vodách je sediment důležitý, protože se v něm koncentrují živiny).

Velký podíl na znečištění půdy, povrchových a podzemních vod mají **pesticidy**. Zůstávají v půdě, při erozních procesech se z ní uvolňují a dostávají se do povrchových i podpovrchových vod. Nash a Woolson, 1967 in Holý, 1994 uvádějí, že zjistili ještě po 20 letech v půdě přítomnost až 40 % některých aplikovaných pesticidů.

Nerozpuštěná rezidua pesticidů se hromadí v jemných půdních částicích a jsou v nich transportována při erozních procesech.

Růst urbanizace a rozvoj zemědělské a průmyslové výroby je úzce spjat se zvyšováním produkce **odpadů**. Problém se zemědělským odpadem nastal po zprůmyslnění zemědělství a centralizaci živočišné výroby. Vzhledem k tomu, že odpady a kaly často podléhají erozním procesům, je nutné pečlivě uvážit jejich uskladnění. Také při jejich zapravování do půdy se vlivem eroze uvolňují různé druhy látek, které se dostávají do povrchově tekoucí vody.

⁴⁾ one part per million (jedna miliontina) = koncentrace v mg · kg⁻¹;
např. 0,3 ppm = 0,3 mg · kg⁻¹ = 0,3 · 10⁻⁶

Teoreticky lze půdu před znečištěním minerálními hnojivy chránit tak, že budeme plodiny hnojit takovými dávkami, které plně využijí. V praxi ale dojde téměř vždy ke smyvu hnojiv. Jako účinné řešení se proto jeví snížit intenzitu povrchového odtoku a s tím spojenou míru eroze.

4.3 Větrná eroze

4.3.1 Teorie větrné eroze

Vítr rozrušuje půdu, odnáší uvolněné částice a ukládá je na jiném místě. Větrná eroze tedy způsobuje škody jak na zemědělské půdě (odnos ornice, osiv, hnojiv, ničení plodin), tak i v dalších hospodářských odvětvích (např. znečišťováním ovzduší, zanášením komunikací apod.). Větrnou erozi vyvolávají hlavně meteorologické (větrné poměry, srážky, výpar) a půdní (půdní vlhkost, obsah nerodovatelných a jílovitých částic) faktory, které vyjadřují ohroženost půd větrem, tzv. erodovatelnost.

Rychlost větru je jeden z faktorů, kterým je eroze podmíněna. Rychlost, při které dochází k větrné erozi nad přípustnou mez, se nazývá kritická rychlost (Janeček a kol., 2002). Tato rychlost je jiná pro každý půdní druh. Hodnoty kritických rychlostí větru podle Pasáka, 1964 in Janeček a kol., 2002 jsou uvedeny v tabulce 7.

Při vzniku větrné eroze hraje důležitou roli také směr větru a jeho trvání.

Tab. 7 Kritické rychlosti větru pro různé druhy půd

druh půdy	suchá	vlhká
	rychlost [m . s ⁻¹]	rychlost [m . s ⁻¹]
písčítá	3,3	8,0
hlinitopísčítá	3,3	20,0
písčítóhlinitá	6,4	11,3
hlinitá	22,0	22,0

Zdroj: Janeček a kol., 2002

Dále intenzitu větrné eroze ovlivňuje vlhkost půdy. Vlhkost závisí na množství a rozložení srážek a na výparu. Voda díky svému povrchovému napětí zvyšuje soudržnost půdních částic. Voda v půdách s vyšším podílem částic jílu ovlivňuje erodovatelnost větrem výrazně méně než je tomu u lehkých půd.

Odnosu větrem nejvíce podléhají částice půdy o velikosti 0,25 – 0,4 mm. Čím je vyšší obsah jílnatých částic (< 0,01 mm) v půdě, tím je vyšší odolnost těchto půd vůči větrné erozi.

Nejvíce ohrožené jsou půdy lehké (písčité a hlinitopísčité), nižší je ohroženost středně těžkých (písčitohlinitých, hlinitých a jílovitohlinitých) a nízká až velmi nízká u půd těžkých (jílovitých a jílu) (Janeček a kol., 2002).

Maximální velikost půdních částic podléhajících erozi je 0,8 mm (ve specifické oblasti v podhůří Bílých Karpat však větrná eroze postihuje částice o velikosti 1,12 mm – lehké půdy, do 1,51 mm – středně těžké a do 2 mm těžké půdy). Obsah částic větších než 0,8 mm v suché půdě je rozhodující pro posuzování erodovatelnosti půd větrem.

Při větrné erozi mohou být částice transportovány třemi způsoby:

1. pohyb ve formě suspenze – velmi jemné částice (< 0,01 mm) jsou zvedány desítky až stovky metrů vysoko a přenášeny na velké vzdálenosti; jedná se o malé procento půdy, zato však o nejurodnější složku
2. pohyb skokem (saltací) – tímto způsobem je v maximálně 30 cm nad zemí přemísťováno 50 – 80 % celkově uvolněné půdy; saltací se přesouvají částice o velikosti 0,1 – 0,4 mm, které rozbíjejí půdní agregáty, jež při letu vzduchem způsobují škody na klíčících rostlinách
3. sunutí po povrchu – jde o pohyb částic velkých 0,5 – 2 mm, které tvoří asi čtvrtinu objemu erodované zeminy

Na rychlost přízemního větru a tím také na intenzitu odnosu půdy má vliv drsnost povrchu půdy – s rostoucí povrchovou drsností klesá míra větrné eroze.

Větry způsobující erozi se vyskytují začátkem roku, kdy jsou největší mrazy a spadne nejméně srážek a dále počátkem jara, méně již na podzim, tedy v obdobích bez vegetace.

Obr 8 a 9 *Následky větrné eroze v okrese Hodonín – odvodňovací příkop zavátý zeminou*



Zdroj: Janeček a kol., 2002

4.3.2 Stanovení intenzity větrné eroze

Stanovení potenciální ohroženosti území větrnou erozí je složitější než je tomu u eroze vodní. V literatuře jsou sice uvedeny možné výpočty, avšak jejich nevýhodou je, že pracují zpravidla pouze s jednotlivými činiteli, kteří se podílí na vzniku eroze. I tak se možné mnoho z nich využít v praxi. Většinou se doporučuje zkombinovat několik výpočtů a stanovení a porovnat je a doplnit terénním výzkumem, případně zkušenostmi místních obyvatel a vlastníků půdy.

Pro první orientační stanovení stupně ohrožení řešeného území byly ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půd (VÚMOP) Praha vytvořeny mapy ohroženosti půd větrnou erozí v ČR v měřítku 1 : 200 000. Toto měřítko umožnilo hodnocení potenciální ohroženosti nejmenšího neměnného územního celku, jímž je katastrální území. Při hodnocení jednotlivých katastrů se vycházelo z map bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), kdy byly využity údaje o klimatických regionech charakterizované prvním číslem pětimístního kódu BPEJ a údaje o hlavních půdních jednotkách (druhé a třetí místo kódu BPEJ). Těmto číslům byla přisouzena hodnota z hlediska náchylnosti k větrné erozi a výsledné hodnocení potenciální erozní ohroženosti je vyjádřeno váženým průměrem součinu těchto hodnot a plošného zastoupení jednotlivých kódů BPEJ pro každý jednotlivý katastr v šesti kategoriích různého stupně ohroženosti. (Podhrázská, Dufková, 2005)

Tab. 8 *Stupně pro hodnocení ohroženosti půd větrnou erozí*

kategorie	koeficient	stupeň ohrožení
1	< 4	bez ohrožení
2	4,1 – 7	půdy náchylné
3	7,1 – 11	půdy mírně ohrožené
4	11,1 – 17	půdy ohrožené
5	17,1 – 23	půdy silně ohrožené
6	> 23,1	půdy nejohroženější

Zdroj: Janeček a kol., 2002

Pasák stanovil na základě pokusů v aerodynamickém tunelu vztah, ve kterém je erodovatelnost jednotlivých půdních druhů závislá na obsahu jílovitých částic (vztah byl odvozen z hodnot odnosu půdy v $g \cdot m^{-2}$ za dobu 15 minut při rychlosti větru $15 m \cdot s^{-1}$).

Rovnice erodovatelnosti půd větrem podle Pasáka, 1966 in Janeček a kol., 2002:

$$E = 875,52 \times 10^{-0,0787} M \text{ (t . ha}^{-1} \text{ za rok),}$$

kde: M je obsah jílovitých částic v půdě v %.

Pro posouzení ohrožení území větrnou erozí můžeme použít tzv. míru erozního ohrožení. Míra erozního ohrožení (MEO) podle Riedla, 1973 in Podhrázská, Dufková, 2005:

$$\text{MEO} = (v/s) \times 100,$$

kde: v = rychlost větru (km . h),

s = stupeň suchosti území, $s = H - 12$,

H = absolutní vodní kapacita, která se určí podle obsahu půdních částic < 0,01 mm,

$H = \sqrt{(M + 18) \times 20}$,

M = obsah jílnatých částic < 0,01 mm (%).

Tab. 9

MEO	stupeň ohrožení
do 30	I. ojedinělé ohrožení
30 – 60	II. mírné ohrožení
60 – 80	III. ohrožení
80 – 100	IV. silné ohrožení
100 a více	V. velmi silné ohrožení

Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

Pro komplexní posouzení všech vlivů na proces větrné eroze byla sestavena rovnice intenzity větrné eroze. Rovnice komplexního posouzení všech vlivů větrné eroze (E) sestavená Chepilem a Woodrufem, 1963 upravená pro naše poměry Vránou, 1978 in Podhrázská, Dufková, 2005:

$$E = f(I \times K \times C \times L \times V),$$

kde: E = potenciální intenzita větrné eroze (t . ha⁻¹ za rok),

I = faktor erodibility půdy – vyjadřuje potenciální ztrátu půdy v t . ha⁻¹ z rovného, hladkého, vegetací nechráněného pozemku za rok. Hodnoty tohoto součinitele jsou závislé na procentuálním obsahu neerodibilních půdních částic, tj. půdních částic, které se již vlivem větru nedostávají do pohybu (> 0,84 mm). Obsah těchto částic se zjistí rozborem půdních vzorků odebraných z povrchové půdní vrstvy sledovaného pozemku. Hodnoty faktoru I jsou uvedeny v tabulce 10.

Tab. 10 *Faktor erodibility půdy I ve vztahu k obsahu neerodovatelných částic*

Obsah neerodovatelných částic [%]	Faktor erodibility půdy I [t . ha ⁻¹ . rok ⁻¹]									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	694,9	560,4	493,2	437,1	403,5	381,1	358,7	336,2	313,8
10	300,4	293,7	286,9	280,2	271,2	262,3	253,3	244,3	237,6	228,6
20	219,7	213,0	206,2	201,7	197,3	192,8	186,1	181,6	177,1	170,4
30	165,9	161,4	159,2	154,7	150,2	145,7	141,2	139,0	134,5	130,0
40	125,5	121,0	116,6	114,3	112,1	107,6	105,4	100,9	96,4	91,9
50	85,2	80,7	74,0	69,5	65,0	60,5	56,0	53,8	51,6	49,3
60	47,1	44,8	42,6	40,3	38,1	35,9	34,9	33,6	31,4	29,1
70	26,9	24,7	22,4	17,9	15,7	13,4	9,0	6,7	5,7	4,5
80	4,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

Příklad: obsah neerodovatelných částic 37 %, $I = 139,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok.

K = faktor drsnosti půdního povrchu, který vyjadřuje drsnost tvořenou výčnělky, brázdami nebo nerovnostmi mikroreliefu.

C = klimatický faktor byl odvozen na základě hodnot rychlosti větru a vlhkosti povrchu půdy. Hodnoty pro Českou republiku jsou uvedeny v tabulce 11.

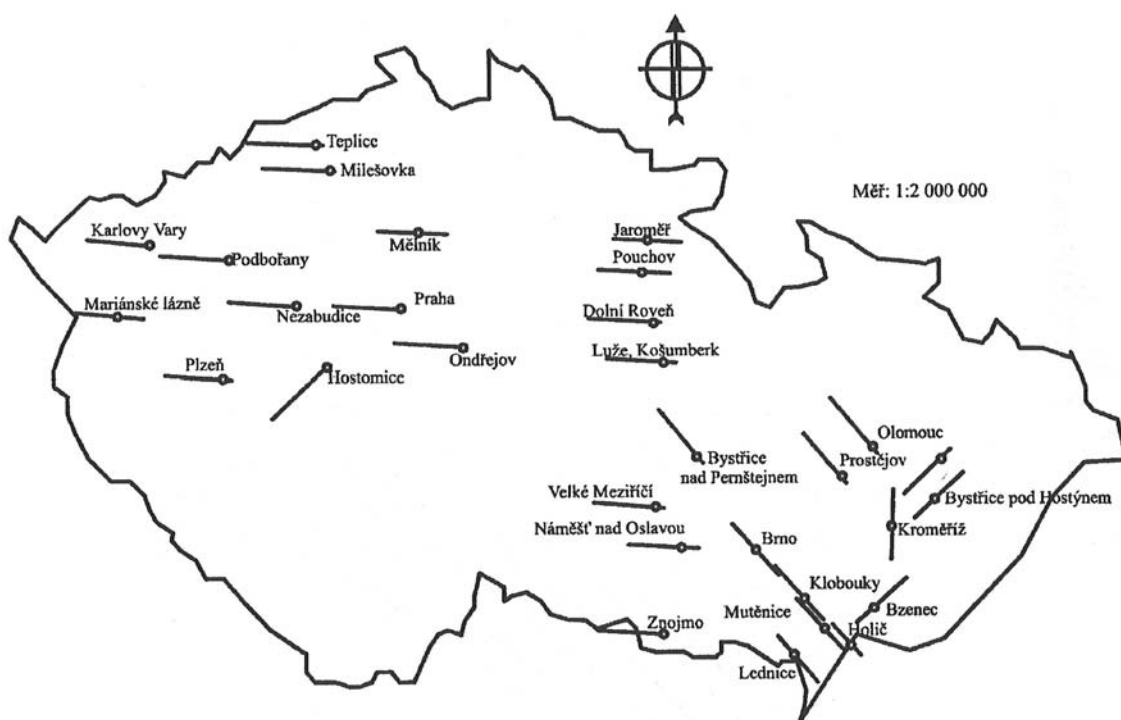
Tab. 11 *Hodnoty klimatického faktoru C podle Vrána, 1977 in Podhrázská, Dufková, 2005 (upraveno)*

stanice	Faktor C	stanice	Faktor C
Brno	0,12	Mutěnice	0,06
Bystřice nad Pernšt.	0,11	Prostějov	0,06
Klobouky	0,11	Velké Meziříčí	0,06
Čáslav	0,08	Bystřice pod Host.	0,05
Lednice	0,08	Mariánské Lázně	0,05
Lopeník	0,08	Mělník	0,05
Luže, Košumberk	0,08	Milešovka	0,05
Pouchov	0,08	Nezabudice	0,05
Znojmo	0,08	Ondřejov	0,05
Hranice	0,07	Podbořany	0,05
Jaroměř	0,07	Praha	0,05
Jevíčko	0,07	Slaný	0,05

Karlovy Vary	0,07	Dolní Roveň	0,04
Kroměříž	0,07	Náměšť nad Oslavou	0,04
Luhačovice	0,07	Plzeň	0,04
Teplice	0,07	Olomouc	0,03
Bzenec	0,06	Hostomice	0,02

L = faktor délky pozemku udává délku nechráněného pozemku ve směru převládajícího větru, přičemž za chráněný je považován pozemek o délce rovnající se 10ti násobku výšky bariéry proti větrné erozi (stromy, keře nebo pásy vyšších plodin) na návětrné straně a 20ti násobku na závětrné straně. Směry převládajícího větru pro ČR jsou uvedeny na obrázku 10. Přesněji je lze určit z údajů Českého hydrometeorologického ústavu, kde jsou uvedeny hodnoty trvání větru určité rychlosti ve směru 8 základních světových stran v procentech doby trvání tohoto větru z celkové doby pozorování. Hodnota faktoru L je rovna přímo délce nechráněného pozemku v m.

Obr. 10 *Převládající směry větru v ČR*



Zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005

V = faktor vegetačního krytu půdy vyjadřuje vliv vegetace nebo rostlinných zbytků na povrchu půdy na vznik větrné eroze. Američtí autoři této rovnice uvádějí formou grafů hodnoty faktoru V pro různé typy plodin v různých růstových fázích. Vzhledem k tomu, že větrná eroze se v našich klimatických podmínkách vyskytuje v obdobích, kdy je půda většinou bez vegetace, je účelné pro výpočet erozního ohrožení předpokládat, že faktor $V = 1$.

4.4 Simulační modely ohroženosti pozemků vodní erozí

V současné době je snaha nahradit empirické výpočty eroze (Univerzální rovnici – USLE) vnějšími metodami. Je to dáno hlavně rozvojem výpočetní techniky a GIS, zejména však změnou v prioritách PEO. Z tohoto důvodu vznikly a vznikají (především v USA) simulační modely erozních procesů, které se zabývají erozí na základě fyzikálních popisů jednotlivých procesů (erozních, hydrologických a transportních).

Příklady simulačních modelů podle Podhrázké, Dufkové, 2005:

CREAMS (Chemicals Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems)

Model byl odvozen v USA jako první komplexní model řešení hydrologických a erozních procesů a transportu vybraných chemických látek (N, P, pesticidy) na plochách s homogenními půdními podmínkami, jednotným využitím a rovnoměrným zasažením plochy srážkou. Umožňuje vyhodnotit vliv jednotlivého deště na transport látek, nebo řeší pohyb látek v delším časovém období.

SWRRB (Simulator for Water Resources in Rural Basins)

Model byl sestaven pro simulaci hydrologických procesů a transportu splavenin v zemědělsky využívaných povodích do velikosti cca 100 km² bez přímých pozorování a pro vyhodnocení vlivu změny systému hospodaření na tyto procesy. Hydrologická část vychází z hodnoty denního srážkového úhrnu a využívá pro stanovení charakteristik povrchového odtoku metodu čísel odtokových křivek CN. Hodnota křivek odtoku CN = curve number je určena především půdními vlastnostmi (rychlostí infiltrace vody do půdy, nasycení předchozími srážkami, struktura půdy) a způsobem hospodaření na půdě (kvalita a druh vegetačního krytu, způsob obdělávání půdy) (Janeček, 1992 in Podhrázká a kol., 2006) a erozní část využívá princip Univerzální rovnice ztráty půdy.

EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator)

Je určen pro vyhodnocení vlivu ztráty půdy na změnu půdních vlastností a na úrodnost půdy. Model podrobně simuluje vývoj plodiny v závislosti na klimatických a hydrologických podmínkách a na probíhajících erozních procesech; je zahrnut rovněž režim dusíku a fosforu (EPIC – WQ) a pesticidů (EPIC – PST) a podzemního drenážního systému (EPIC – WT). Vyšetřované území je charakterizováno prvkem plošného a soustředného odtoku. Model je určen pro homogenní plochy do velikosti cca 1 ha. Hydrologická část vychází z hodnoty denního srážkového úhrnu a využívá pro stanovení charakteristik povrchového odtoku metodu čísel odtokových křivek CN a pro erozní část různé modifikace Univerzální rovnice ztráty půdy. Model jako jediný uvažuje také vliv větrné eroze na úrodnost půdy.

ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation)

Je to dynamický model, který řeší hydrologické procesy a transport splavenin z nehomogenních povodí o velikosti do cca 100 km. Model je určen pro řešení odezvy povodí na jednotlivou návrhovou srážku a časově proměnnou intenzitou. Charakteristiky povrchového odtoku jsou řešeny hydrologickým modelem sestaveným na fyzikálním základě a erozní část modelu využívá jednoduché empirické závislosti pro definování uvolňování a transportu půdních částic procesy plošné eroze.

AGNPS (AGriculture NonPoint Source)

Model je určen pro řešení odtoku, eroze a transportu chemických látek (N, P) a jednotlivé srážky v povodí o velikosti do cca 200 km². Hydrologická část modelu je založena na využití metody odtokových křivek CN, erozní část používá Univerzální rovnici ztráty půdy. Simulace transportu chemických látek se provádí pro jejich formy rozpuštěné v povrchovém odtoku a vysrážené na povrchu půdních částic; chemická část modelu využívá postupu použitého v modelu CREAMS.

SHE (Systeme Hydrologique Européen)

Je to komplexní hydrologický model, jehož výstupy v oblasti povrchového a podzemního odtoku umožňují navázání dalších modulů pro řešení vodohospodářské problematiky a ekologických dopadů transportu látek odtokem.

EUROSEM (EUROpean Soil Erosion Model)

Vývoj v evropském měřítku směřuje k vytvoření modelu EUROSEM, který by se stal modulem hydrologického modelu SHE. Model zahrnuje procesy uvolnění půdních částic deštěm, transport povrchovým odtokem v také vrstvě a dále procesy plošné rýžkové a rýhové eroze, která je simulována na základě mechanismu tvorby erozní rýhy.

Příkladem pro možné užití v podmínkách ČR je model EPIC, který se ve VÚMOP Praha v současné době ověřuje. Dalším výsledkem vývoje simulačního modelu na fyzikálních principech pro podmínky ČR je model povrchového odtoku a erozního procesu SMODERP, který byl sestaven na Katedře hydromeliorací FS v ČVUT v Praze.

5 EROZE PŮDY V ČESKÉ REPUBLICE

Rozborem odborné literatury bylo pro území Českých zemí zjištěno 5 období nadměrné aktivity eroze půdy proudící vodou. Jsou to období 750 let n. l., rok 850 n. l., 14. století, období v letech 1750 – 1850 a období po roce 1952. Všechna časově souhlasí s obdobími výrazných změn klimatu, vyznačujících se dílčími postupy alpských ledovců (Stehlík, 1981).

V první polovině období atlantiku (5000 let př. n. l.) naše území pokrývaly souvislé listnaté lesy, takže nedocházelo k významnějším projevům eroze půdy. V období neolitu nastaly vhodnější podmínky pro rozvoj vodní eroze než v předchozím období. O mnoho znatelněji se začala půdní eroze projevovat v pozdní době bronzové (750 let n. l.), kdy docházelo k vyplavování živin z půd. Ve 4. a 5. století byly J a Z Čechy osídleny keltskými kmeny. Keltská pole byla ohrazována valem, který byl významným prvkem protierozní ochrany. Dalšími ochrannými prvky ve vyspělém keltském zemědělství bylo např. kypření půdy nebo větší pestrost rostlinné výroby.

V 5. – 9. století začaly na území Čech a Moravy pronikat slovanské kmeny a začala se měnit struktura osídlení Českým zemí. Důsledkem zvýšeného projevu eroze půdy bylo zanášeno koryto řeky Moravy. Eroze byla vyvolána prudkým rozmachem zemědělské výroby člověka, který svá pole přesunul z rovin povodí Moravy na svahy flyšových pohoří Karpat. Další zvýšení hospodářské činnosti a tím zvýšení eroze nastalo ve 14. století. Díky výrazným změnám klimatu došlo k radikální změně rostlinné výroby v celé západní a střední Evropě. V Českých zemích začala v řadě erozně exponovaných oblastí převazovat zemědělská půda nad lesy, čímž docházelo k rozsáhlým smyvům půdy a stružkové erozi. V letech 1750 – 1850 se (díky rozorávání pastvin a úhorů) eroze opět projevila ve větší míře. V tomto období došlo k prudkému nárůstu strží v Čechách a na jižní Moravě, takže se tímto problémem začaly zabývat státní orgány. V roce 1891 bylo zahájeno zalesňování a zpevňování strží a byl tak zastaven rozvoj stržové eroze. Na přelomu 19. 20. století poklesla v Českých zemích působením antropogenních faktorů intenzita plošného smyvu a stružkové eroze. Tento stav je výsledkem dočasné stabilizace kapitalistického systému zemědělství, k němuž došlo po roce 1848, kdy bylo feudální zemědělství definitivně vystřídáno kapitalistickým (Stehlík, 1981).

Změna společenského řádu v roce 1948 byla významným mezníkem ve vývoji československého hospodářství. Úkoly diktované nutností zahlazení následků z II. světové války byly v letech 1950 – 1965 řešeny urychlenou organizací přechodu od kapitalistické

malovýroby k socialistické velkovýrobě. Tuto revoluční přestavbu zemědělství lze považovat za nejdynamičtější proces v historii zemědělského vývoje našeho státu, v 90. letech se však ukázalo, měl negativní dopad na protierozní ochranu půd. V počátečním období socializace na vývoj eroze půdy působila především transformace parcel při hospodářsko-technické úpravě pozemků, směřující k zvětšování ploch pozemků a tím k prodloužení nepřerušené délky svahů. (Stehlík, 1981) Rozvoj eroze půdy proudící vodou v letech 1950 – 1970 (viz příloha 5) vedl k budování protierozních úprav. V období 1970 – 1975 byly v rámci Státního plánu základního výzkumu rozpracovány metody kvalitativního hodnocení intenzity eroze půdy a řada účinných protierozních opatření (Stehlík, 1981). Jako příklad lze uvést terasování erozí postižených svahů na jižní Moravě. Celkově se však v tomto období výrazně zhoršila přirozená protierozní ochrana zemědělského půdního fondu.

V České republice je v současné době vodní erozí ohroženo 52 % zemědělské půdy. Mezi nejvíce postižené oblasti patří:

v Čechách okres Semily, Jablonec nad Nisou, Liberec, Děčín, Ústí nad Labem a Most; na Moravě zejména okresy Vyškov, Břeclav, Hodonín, Uherské Hradiště, dále Vsetín, Nový Jičín a Šumperk. (Uvedené lokality patří mezi silně ohrožené a nejohroženější – 5. a 6. stupeň ze šestistupňové škály ohroženosti.) Viz příloha 1 a 2.

Větrnou erozí je v České republice ohroženo 10 % ploch zemědělské půdy. Mezi problémové lokality řadíme Polabí a oblast Podkrušnohorských pánví. Na Moravě jsou to okresy Hodonín, Břeclav, Brno-venkov a Znojmo.

(Na uvedených lokalitách hl. v Čechách převládá 3. stupeň ohroženosti – mírně ohrožené; na Moravě převládá 4. stupeň – ohrožené, méně stupeň 5 a 6.) Viz příloha 3 a 4.

Obr. 11 *Ronové rýhy po průtrži mračen 26. 5. 2003 na poli v k.ú. Lhota-Rapotina (o. Blansko)*



Foto: L. Budík

Zdroj: Brázdil a kol., 2007

Tab. 12 *Potenciální ohrožení půd vodní a větrnou erozí na území ČR v r. 2006*

Stupeň ohrožení erozí	Plocha zemědělské půdy			
	Vodní eroze		Větrná eroze	
	ha	%	ha	%
Bez ohrožení	179 112	4,2	3 305 052	77,5
Půdy náchylné	1 189 818	27,9	396 606	9,3
Půdy mírně ohrožené	1 104 527	25,9	243 082	5,7
Půdy ohrožené	767 625	18,0	230 287	5,4
Půdy silně ohrožené	430 723	10,1	76 762	1,8
Půdy nejohroženější	592 777	13,9	12 793	0,3
Celkem	4 264 582	100,0	4 264 582	100,0
Bez ohrožení	179 112	4,2	3 305 052	77,5
Půdy náchylné	1 189 818	27,9	396 606	9,3

Zdroj: Ročenka MŽP ČR 2007

5.1 Plošná a stržová eroze v ČR

Plošná a výmolná eroze se intenzivně projevují zejména v oblastech členitého reliéfu na spraších nebo hlinitých zvětralinách s nízkým vegetačním pokryvem. V Čechách je největší hustota strží na horninách permského a křídového útvaru, kde kaolinické a arkózovité pískovce snadno podléhají rozrušení proudící vodou. Strže se objevují zvláště v severní a východní části Českého masívu. Ve Vněkarpatských sníženinách poskytují velmi vhodné podmínky pro rozvoj strží sprašové hlíny a sedimenty třetihor a čtvrtohor. Rozvoj strží zde silně podpořila antropogenní činnost. Velmi hustá síť strží se vyskytuje v pahorkatinách flyšového pásma Karpat. Viz příloha 5.

Obr. 12 a 13 *Projevy rýžkové a výmolné eroze na zemědělských půdách jižní Moravy*



Zdroj: Janeček a kol., 2002

6 PROTIEROZNÍ OPATŘENÍ

6.1 Opatření proti vodní erozi půdy

Zemědělskou půdu na svazích je třeba chránit před vodní erozí. O použití jednotlivých způsobů ochrany rozhoduje jejich účinnost, požadované snížení smyvu půdy a nutná ochrana objektů (vodních zdrojů, toků a nádrží, zastavěných ploch ve městech a obcích atd.) při respektování zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny. (Janeček a kol., 2002)

Ve většině případů jde o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, vzájemně se doplňujících a respektujících současně základní požadavky a možnosti zemědělské výroby v nových podmínkách. Nemalou roli při volbě soustavy protierozních opatření (dále jen PEO) hrají i náklady na jejich realizaci a platné legislativně-právní předpisy. (Podhrázká, Dufková, 2005)

Realizace PEO by se měla vždy řídit odborně zpracovaným projektem pozemkových úprav a speciálním projektem PEO, který by měl podle Podhrázké, Dufkové, 2005 obsahovat:

- hydrologické posouzení daného povodí,
- posouzení současného uspořádání a využití pozemků z hlediska ohrožení půdy před erozí, vyjádřeného dlouhodobým průměrným smyvem v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ a z hlediska ohrožení dalších zájmů (vodní zdroje, intravilány atd.),
- variantní řešení protierozní ochrany území (povodí) s doporučením optimální varianty tak, aby ztráty půdy nepřekročily tzv. přípustné hodnoty, resp. další požadované limity (koncentrace nerozpuštěných látek v tocích).

6.1.1 Opatření organizačního charakteru (Janeček a kol., 2002)

- delimitace kultur, zejména mezi lesem a zemědělskou půdou,
- ochranné zatravnění a zalesnění,
- protierozní osevní postupy,
- pásové pěstování plodin,
- pozemkové úpravy, jimiž se mění velikost pozemků a jejich orientace včetně směru trasování polních cest.

Delimitace kultur

Kritériem pro delimitaci z hlediska PEO je podle Janečka a kol., 2002 sklonitost terénu:

- a) svahy se sklonem vyšším než 50 % (17° podle Podhrázské, Dufkové, 2005) by měly být zalesněny;
- b) trvalými travními porosty by měly být chráněny:
 - plochy se svažitostí vyšší než 25 % (12° podle Podhrázské, Dufkové, 2005);
 - dráhy soustředěného povrchového odtoku;
 - pozemky, které jsou nevyužitelné jako orná půda kvůli vysoké hladině podzemní vody, terénním překážkám, zamokřeným údolním loukám s nebezpečím záplav (okraje rybníků, apod.);
 - pozemky s výškovou hranicí pěstování polních plodin.

Protierozní rozmíst'ování plodin

Protierozní rozmístění plodin na svazích řadíme k obecným zásadám protierozní ochrany půdy. Protierozní účinek plodin je dán vzrůstem, rychlostí vývinu, olistěním a typem pěstování. Plodiny můžeme na základě protierozních opatření sestavit do řady se stoupající erozní ohrožeností: travní porost – vojtěška – jetel – obilovina ozimá – obilovina jarní – hrách – řepka ozimá – slunečnice – brambory – cukrovka – kukuřice (Podhrázská, Dufková, 2005).

- Na pozemcích mírně ohrožených erozí, tj. do 3°, se doporučuje pěstovat: širokořádkové plodiny, hlavně kukuřici a okopaniny, k nimž u svahů delších než 300 m se používá protierozní agrotechnika, případně zasakovací travní pásy. Ostatní plodiny se pěstují klasickým způsobem.
- Pozemky středně ohrožené erozí, tj. do 7°, by se měly užívat k pěstování lnu, řepky, okopanin a obilovin. S ohledem na délku svahu a výskyt soustředěného odtoku se opět volí vhodná protierozní agrotechnika, příp. technická opatření v podobě průlehů (viz kapitola 6.1.4 Hydrografické prvky).
- Na pozemcích výrazně ohrožených erozí, tj. do 12°, by se měly pěstovat jen úzkořádkové plodiny s vysokým podílem víceletých pícnin.
- Pozemky se svahem nad 12° se zatravňují (Podhrázská, Dufková, 2005).

Pásové střídání plodin

Pásové střídání spočívá v obdělávání půdy po vrstevnicích v kombinaci se střídáním stejně širokých pásů plodin, které půdu před vodní erozí chrání nedostatečně (např. kukuřice) s pásy chránícími půdu dostatečně (např. jetel, vojtěška, travní porost). Šířka pásů plodin dostatečně chránících půdu se volí dle protierozního účinku.

Pásové střídání plodin také vyžaduje vysokou pozornost a kvalitu práce při chemickém ošetřování plodin a zabránilo se tak úletu postřiku na sousední pás s jinou plodinou.

6.1.2 Opatření agrotechnického charakteru

Agrotechnická opatření se používají ke zlepšení vsakovací schopnosti půdy, zvýšení protierozní odolnosti, dále chrání půdní povrch v období přívalových srážek – širokořádkové plodiny (brambory, cukrová řepa, kukuřice) při deštích nedostatečně kryjí půdu, takže je více náchylná k vodní erozi.

Janeček a kol., 2002 dělí zemědělské plodiny do 3 skupin podle toho jak chrání půdní povrch před vodní erozí:

1. Plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetačního období (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny);
2. Plodiny s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (obiloviny, meziplodiny, luskoviny);
3. Plodiny s nedostatečnou protierozní ochranou půdy po převážnou část vegetačního období (kukuřice, brambory, cukrová řepa).

Tab. 13 Snížení smyvu oproti úhoru (100 %)

plodina	snížení smyvu [%]
cukrovka, kukuřice, brambory	60
jarní obilovina	24
ozimá obilovina	18
vojtěška, jetel	2
louka	0,5

Zdroj: Janeček a kol., 2002

Vrstevnicové obdělávání

Orbou po vrstevnicích je možné významně přispět k ochraně půdy před erozí. Odhaduje se, že jednou orbou otočným pluhem s ukládáním ornice proti svahu zadrží až 10 tun ornice/ha, která by se orbou záhonovými pluhy sunula po svahu (Janeček a kol., 2002).

Ochranné obdělávání půdy

Je to systém obdělávání a pěstování plodin, který udržuje nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy, čímž se snižuje vodní erozi. Místo orby se půda jen kypří kypříči. Při bezorebném zpracování strnišť se zbytky po sklizni zapravují do půdy pouze částečně – na povrchu vzniká nastýlka (mulč). Ponechání mulče na povrchu půdy má své výhody (např. zvýšení vlhkosti, snížení výparu, omezení eroze a vzniku půdního škraloupu) a nevýhody (např. snížení teploty, zvýšený výskyt škůdců a chorob).

Protierozní pěstování zemědělských plodin

Nejmenší protierozní ochranu poskytují porosty **kukuřice**. Existuje celá řada protierozních technologií. Jednou z nich je výsev kukuřice do strniště ozimé meziplodiny, další možností je výsev kukuřice do půdy tradičně zpracované se současným výsevem ochranné podplodiny – ozimého žita (Podhrázská, Dufková, 2005).

Také pozemky ohrožené erozí, na kterých se pěstují **brambory**, je nutné zajistit protierozní ochranou. K výraznému snížení eroze dojde např. při osetí pole předplodinou, jako je jetel nebo jetelotrávy. Účinným opatřením je také hrázkování bezprostředně po výsadbě.

Další plodinou, při jejímž pěstování je půda ohrožena vodní erozí, je **chmel**, jelikož:

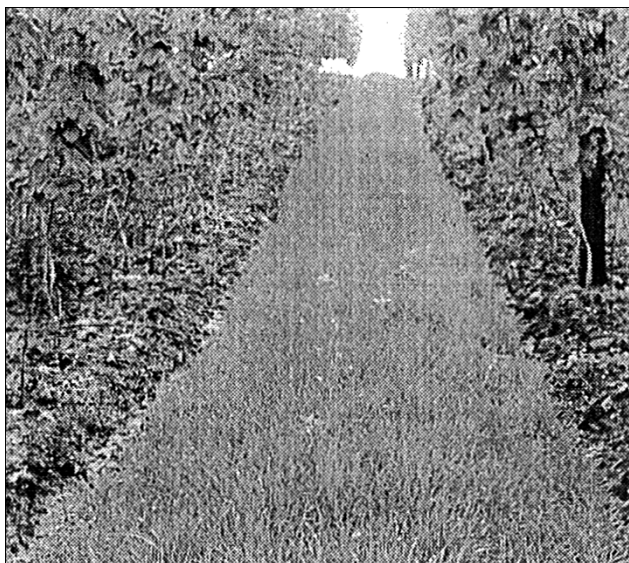
- půda chmelnic je nejméně chráněna v ranném stádiu růstu,
- chmel vyžaduje intenzivní obdělávání a častými pojezdy dochází ke snížení vsaku vody do půdy, čímž se zvýší povrchový odtok a smyv půdy,
- díky častému mělkému kypření může být svrchní vrstva smývána odtékající srážkovou vodou.

Protierozní opatření při pěstování chmele:

- 1) nové chmelnice nezakládat na ohrožených částech svahu,
- 2) formou hnoje zajistit přísun organické hmoty do půdy,
- 3) omezit zpracování půdy a hloubkového kypření na podzim,
- 4) využít zeleného hnojení.

V sousedním Německu se osvědčilo sít mezi řady chmele ozimou řepku nebo žito.

Obr. 14 Ozimé žito mezi řadami chmelnice



Zdroj: Janeček a kol., 2002

6.1.3 Opaření technického charakteru

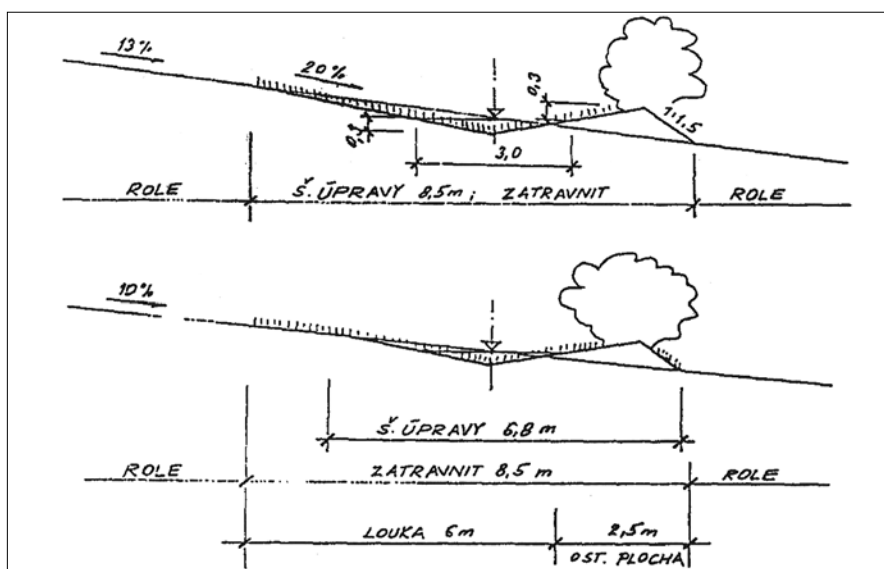
Tato PEO slouží k ochraně pozemků před vodou přitékající např. z lesních porostů na zemědělskou půdu, k zachycování smyté zeminy, k ochraně intravilánů obcí a komunikací před povrchovým odtokem a smyvem půdy apod. Jejich realizace je podmíněna vypracováním projektu.

Protierozní meze

Meze jsou považovány za významný druh PEO. Jedná se o meze trasované po vrstevnicích, které jsou doplněny hydrotechnickými prvky (průlehy, příkopy - viz kapitola 6.1.4 Hydrografické prvky.

Protierozní účinek spočívá v ovlivnění směru vrstevnicového obdělávání v kombinaci s pásovým střídáním plodin.

Obr. 15 Protierozní mez (s průlehem nad mezi)



Zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005

Terasování

Je jednou z možných ochrany členitých pozemků na strmých svazích o sklonu nad 20 % (11°), které by jinak nebylo možné pro zemědělskou výrobu využít.

Na druhé straně jsou terasy zásahem do geologie, geomorfologie, pedologie i biologie krajiny a mohou narušit přirozené ekologické mechanismy, jejichž rozsah lze těžko předpovídat (Janeček a kol., 2002). Jsou proto považovány za krajní řešení PEO; při jejich realizaci je nutné co nejvíce zachovat alespoň část přirozeného terénu, striktně se dodržuje také rozsah teras.

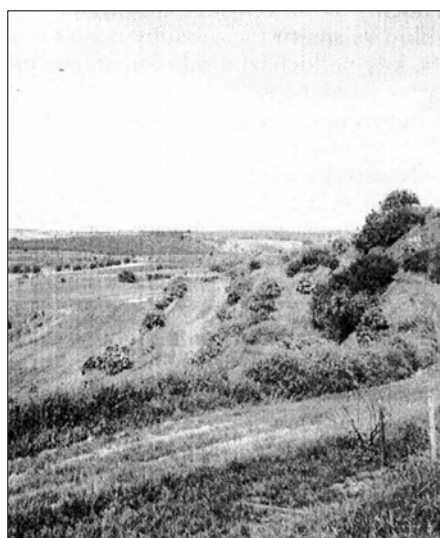
Obr. 16 *Využití teras na vinicích a ovocných sadech Jižní Moravy*



Zdroj: Janeček a kol., 2002

Terasy tvoří terasové plošiny a terasové svahy. Terasové svahy jsou zpravidla zpevněny vegetací. Základem je osetí travní směsí navržené dle podmínek daného území. Zatravnění je doplněno výsadbou stromů a keřů.

Obr.17 *Terasy v přírodní krajině*



Zdroj: Janeček a kol., 2002

Pro nepříznivé podmínky zakládání se nedoporučuje terasování ve svážných územích na půdách jílovitých, pokud nejde o řádně zdůvodněné případy. (Janeček a kol., 2002)

Při údržbě teras je kladen velký důraz na dodržování vodohospodářské a protierozní funkce. Jedná se zejména o likvidování případných erozních jevů, např. drobné rýhy na svazích apod.

6.1.4 Hydrografické prvky

Povrchový odtok vody z přívalových srážek ohrožuje v malých povodích půdu, stavby i životy tamních obyvatel. Prvky PEO tady plní důležitou funkci.

Protierozní příkopy

Používají se jako doplněk hydrografické sítě, zachycují a odvádí povrchovou vodu a splaveniny. Na pozemcích se navrhuje jako jednotlivé prvky nebo v soustavě, dále jako otevřené, nezpevněné nebo zpevněné, s příčným profilem ve tvaru lichoběžníku.

Sběrné příkopy, svodný příkop a záchytný příkop

Voda, odtékající při přívalových deštích, sebou odnáší kromě smyté půdy a erodovaného materiálu ze dna koryt i zbytky po sklizni, větve stromů apod., které mohou omezit nebo i zablokovat průtok v tzv. kritických profilech, což je náhlé zúžení koryta toku, např. propustek nebo profil mostku. Z těchto důvodů jsou především díky vyšší spolehlivosti, protierozní účinnosti a snazší údržbě, vhodnější přejezdné průlehy.

Průlehy

Slouží k zachycování, infiltraci a odvádění povrchově tekoucích vod po přívalových deštích či jarních táních. Průlehy řadíme k jednomu z nejúčinnějších PEO. Jsou to mělké, vegetací zpevněné široké příkopy s mírnými sklony svahů (Janeček a kol., 2002).

Podle funkce se dělí na:

A) záchytné – slouží k ochraně pozemků před náhlými přívaly vod,

budují se na pozemcích o sklonu do 15 %, maximálně do 18 % na základě překročené vypočtené limitní délky svahu.

Orientační parametry:

- podélný sklon – 0–3 %
- sklony svahů – 10–20 % (tj. 1:10 až 1:5)
- max. délka – 600 m
- max. hloubka – 100 cm
- min. hloubka – 20 cm (Podhrázká a kol., 2006).

- B) sběrné vsakovací – vhodné jen pro propustné půdy; sběrné odváděcí – slouží k odvádění vody z pozemku;
- C) svodné – slouží k odvedení vody a erozního smyvu ze záchytných průlehů, zejména z přívalových dešťů nebo náhlého tání sněhu.

Orientační parametry:

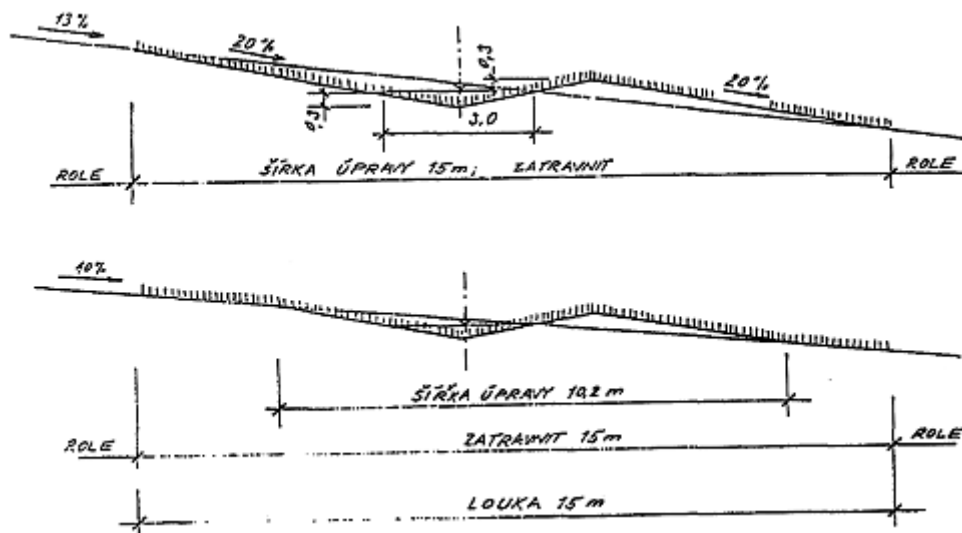
- střední průtočná rychlost – pro zatravněné $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, pro ostatní podle druhu zpevnění
- příčný profil – parabolický příp. lichoběžníkový, sklon 1:10 až 1:5
- max. hloubka – 100 cm
- min. hloubka – 30 cm
- min. šířka – 300 cm
- podélný sklon – 1–20 % (Podhrázká a kol., 2006)

Uvnitř pozemků se navrhuje k přerušení povrchového odtoku jako jednotlivé protierozní prvky nebo v soustavě paralelně. Vhodné jsou pro svahy se sklonem do 15 % (8°).

Polní cesty s protierozní funkcí

System PEO vhodně doplňuje síť polních cest, jsou-li opatřené příkopy nebo průlehy na straně ke svahu. Polní cesty nad terénem mohou sloužit i jako protierozní hrázky.

Obr. 18 Protierozní průleh přejížděcí



Zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005

Protierozní hrázky

Jsou 1 až 1,5 m vysoké zemní hráze, budované na úpatí svahů pozemků, které slouží k ochraně komunikací před zaplavením vodou a zanesením splaveninami.

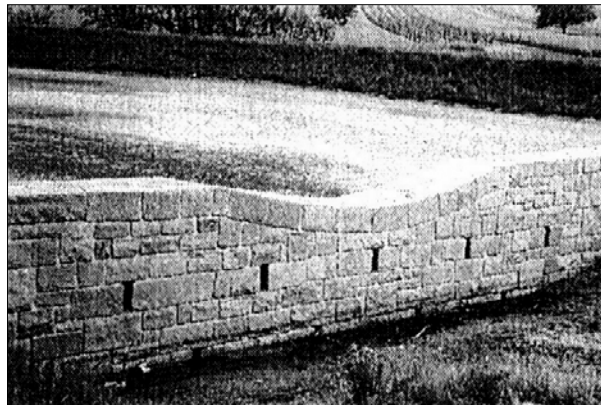
Ochranné nádrže

Tento druh PEO slouží k akumulaci, retenci a infiltraci povrchového toku a k zachycení splavenin; jsou většinou závěrečným prvkem systému PEO. Budují se pro zvýšení ochrany vodních zdrojů a intravilánů jako:

- 1) nádrže s vodním obsahem a vymezeným sedimentačním a retenčním prostorem;
- 2) suché retenční nádrže (poldry) ke krátkodobému zachycení povrchového odtoku a usazení splavenin.

Nádrže jsou vhodné na místech, kde přes veškerá opatření provedená v povodí a na toku dochází k ohrožení intravilánu obcí přívalovými srážkami nebo k transportu látek do povrchových vodních zdrojů. Měly by být schopné zadržet přívaly vody a splavenin s průměrnou dobou opakování alespoň 1x za 50 let.

Obr. 19 *Suchá nádrž (poldr) ve vinohradech*



Zdroj: Janeček a kol., 2002

Hrazení bystřin a strží

Za bystřinu se považuje malý vodní tok s plochou povodí $F < 35 \text{ km}^2$. Bystřiny jsou charakteristické výrazným pohybem splavenin. Prudký tok vody v bystřině způsobuje aktivní erozi dna břehů a transport erodovaného materiálu do nižší části toku.

Nejúčinnějším protierozním prostředkem jsou opatření lesnicko-technická na bystřinách a stržích a lesnicko-pěstební v jejich povodích. V ČR je 20 116 km bystřin, z toho je cca 1 350 km hrazených. V minulosti bylo postaveno asi 2 300 přehrázek a asi 6 300 stupňů. Zalesněno bylo více než 260 tis. ha erozí ohrožených půd. (Janeček a kol., 2002)

Zvláštní pozornost vyžaduje návrh podélných sklonů dna, opevnění koryta a návrh objektů. K opevnění dna se používají pohozy, záhozy nebo dlažby, prahy nebo pásy.

Přednostně se užívají vegetační a kombinované druhy opevnění. Kombinovaným druhy jsou haťové a haťoštěrkové stavby, kamenné záhozy, dlažby a laťové plůtky.

Základními dřevinami pro většinu oblastí v ČR jsou olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), olše šedá (*Alnus incana*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), javor mléč (*Acer platanoides*), vrba bílá (*Salix alba*) a vrba křehká (*Salix fragilis*). Doplnujícími dřevinami jsou lípa malolistá (*Tilia cordata*), habr obecný (*Carpinus betulus*), javor babyka (*Acer campestre*), dub zimní (*Quercus petrae*), dub letní (*Quercus robur*), střemcha hroznovitá (*Prunus padus*), třešeň ptačí (*Prunus avium*). Keřové patro obvykle tvoří řada forem keřových vrb (*Salix sp.*), dále brslen evropský (*Euonymus europaea*), kalina planá (*Viburnum opulus*), líska obecná (*Corylus avellana*), krušina olšová (*Fragula alnus*), řeštlák počistivý (*Rhamnus cathartica*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), zimolez černý (*Lonicera nigra*), svída krvavá (*Cornus sanguinea*). (Janeček a kol., 2002)

Obr. 20 Příčný stupeň v menším vodním toku



Zdroj: Janeček a kol., 2002

Při hrazení strží jsou rozlišovány na nezachované a zachované. Ty nezachované je zcela zlikvidovat a upravit plochu do stavy zemědělského pozemku. U zachovaných strží se při úpravě vychází z hydrologického posouzení podobně jako u hrazení bystřin. Při stabilizaci zemních strží je nutná komplexní přeměna jejího tvaru, která spočívá v přesunu velkého objemu zeminy získané úpravou svahů do bezpečného sklonu.

Dále je nutná stabilizace zhlaví (vrcholové části strže) tzv. garnisáží (vegetačním opevněním), kdy se dno vrcholové části strže vyloží smrkovým nebo vrbovým, popřípadě olšovým klestem. Ke stabilizaci strží jsou vhodné také zápletové plůtky z vrbového materiálu nebo kordónová výsadba olší, vrb, javorů klenů, růží šípkových apod.

Ochrana strmých svahů před erozí

Člověk neustále krajinu přetváří a přizpůsobuje svým potřebám. Vznikají tak nežádoucí jevy, k nimž patří zejména zrychlená eroze. Ta nepůsobí jen na zemědělské půdy, ale i na

těžební a urbanizované plochy. Erozivní faktory ovšem nelze odstranit, jelikož nejde přerušit stavbu budov, těžbu materiálů apod. Je proto třeba hledat způsoby jak co nejefektivněji chránit obnažený terén před účinky dešťové a vody.

Použití vegetace na nově vytvořených plochách je u všech půd „nejvýnosnějším“ PEO.

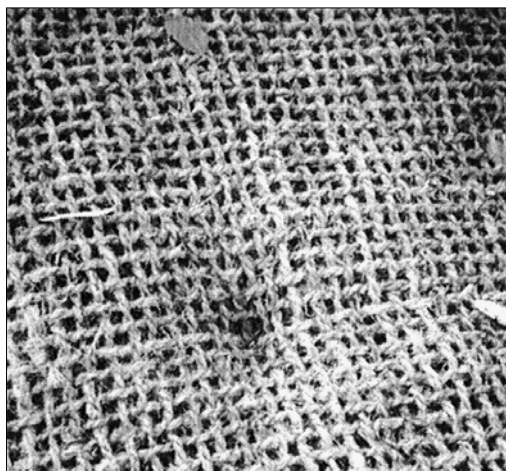
Travní směsi by měly být tvořeny základními druhy trav (40 – 60 %), doplňkovými (10 – 30 %) a speciálními (5 – 20 %). Základním druhem je kostřava červená (*Festuca rubra*), protože je velmi vytrvalá a adaptibilní. Z doplňkových druhů jsou to lipnice luční (*Poa pratensis*), jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), psineček tenký (*Agrostis tenuis*), kostřava ovčí (*Festuca ovina*) aj. Ze speciálních pohánka hřebenitá (*Cynosurus cristatus*), lipnice hajní (*Poa nemoralis*) a některé vikvovité – jetel plazivý (*Trifolium repens*), štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*), tolice dětelová (*Medicago lupulina*) aj. (Janeček a kol., 2002)

Nejjednodušším materiálem pro stabilizaci půdy je voda, kterou se stříkají svahy uhelných výsypek. Tato metoda však není ekonomická, proto se používají chemické stabilizátory na bázi polymerů, které jsou daleko účinnější.

K ochraně svahů se používá také přirozený drn, získávaný většinou přímo na staveništi nebo rolovaný drn, který vzniká setím speciální travní směsi na umělý živný podklad rozprostřený na folii.

Osevní metody mohou být doplněny položením sítí z juty, kokosových a syntetických vláken. **Geotextilie** chrání svah do doby než funkci převezme souvislý drn. U nás se vyrábějí biodegradovatelné polypropylenové mřížkové geotextilie se speciální aditivací, která ovlivňuje dobu rozpadu (2 – 3 roky), kdy je svah zpevněn přirozenou vegetací (Janeček a kol., 2002).

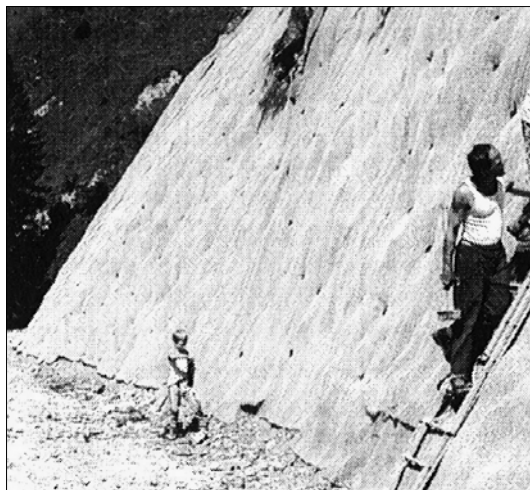
Obr. 21 Síť z kokosových vláken



Zdroj: Janeček a kol., 2002

Dalším doplňkem mohou být **travní rohože** z organických vláken. Tvoří je 2 vrstvy, mezi kterými je uloženo travní semeno. Rohože poskytují okamžitou protierozní ochranu, zmírňují růst plevelů na svahu a udržují vlhkost důležitou pro klíčící semena.

Obr. 22 Upevňování síťoviny na svah

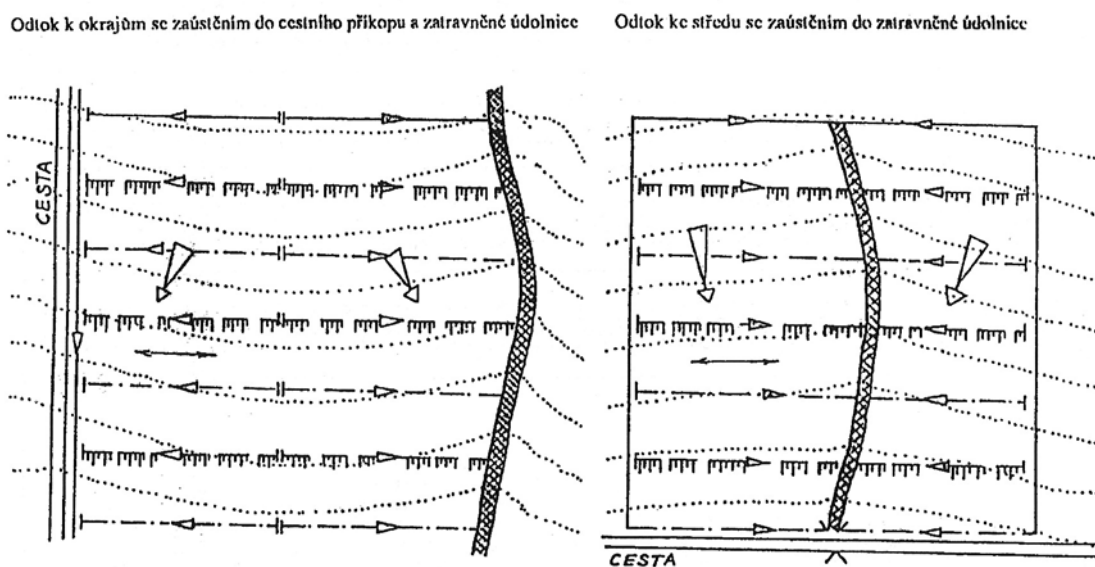


Zdroj: Janeček a kol., 2002

Celulární systémy jsou dalším způsobem ochrany svahů. Jejich předností je to, že jsou mimo jiné lehké, pevné a odolné vůči atmosférickým vlivům. Jde o polyetylenovou buněčnou strukturu, podobající se včelímu plástvu (Janeček a kol., 2002). Do jednotlivých buněk se vysazuje vegetace.

Metody a způsoby ochrany svahů proti vodní erozi se neustále vyvíjejí. Při jejich navrhování je kladen velký důraz zejména na ekologickou a finanční stránku věci.

Obr. 23 Situační příklady návrhu biotechnických opatření



Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

6.2 Ochrana půdy před větrnou erozí

Opatření chránící půdu před větrnou erozí dělíme stejně jako u vodní eroze na opatření organizační, agrotechnická a technická.

6.2.1 Organizační opatření

Základem tohoto typu PEO je uspořádání pozemků. Ideální je obdélníkový tvar pozemku a delší strana je kolmá na směr převládajícího větru (pozemky na písčítých půdách bez vegetace by neměly svou šířkou ve převládajícího větru přesáhnout 50 m).

Rychlost větru při povrchu půdy se výrazně sníží, rozdělíme-li pozemek na pásy různě vysokých plodin. To znamená, že mezi pásy vyšších a tudíž více větru odolných rostlin (slunečnice, kukuřice) se pěstují nižší málo odolné plodin, např. zelenina.

6.2.2 Agrotechnická opatření

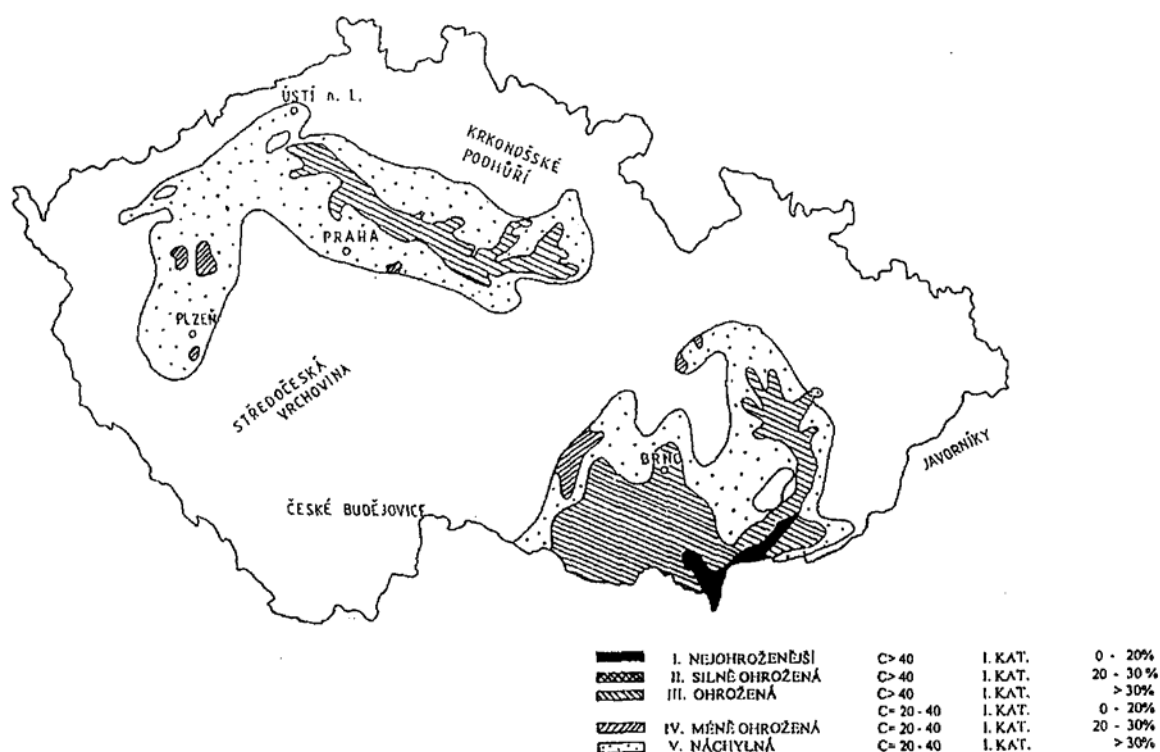
Půdu je nutné trvale udržovat (závlahou, hnojením apod.) ve strukturním stavu a zvyšovat tak její odolnost vůči větru. Při kultivaci ohrožených půd by se mělo používat náradí, které půdu nerozprašuje, ale naopak tvoří hroudy. Požadavky na ochranu půdy silně ohrožené větrnou erozí splňuje bezorebné setí obilnin s ponecháním stojícího strniště (Podhrázská, Dufková, 2005).

6.2.3 Technická opatření

Větrná eroze v České republice každoročně způsobuje velké škody, zejména sušších a teplejších oblastech s lehkými půdami. K výraznému zvýšení větrné eroze došlo v období socialistické intenzifikace zemědělské výroby v 50. letech (Podhrázská, Dufková, 2005), kdy byla pro vznik rozsáhlých půdních ploch ve velkém měřítku rušena krajinná zeleň.

Dle Pasáka (1984) je v Čechách větrnou erozí ohroženo 22,8 % a na Moravě 40,7 % zemědělské půdy. Prudké větry vanou nejvíce na jaře, kdy není půda chráněna vegetací. Proto je nanejvýš nutné, aby byla půda chráněna před erozí trvale.

Obr. 24 Ohroženost půd větrnou erozí V Čechách a na Moravě



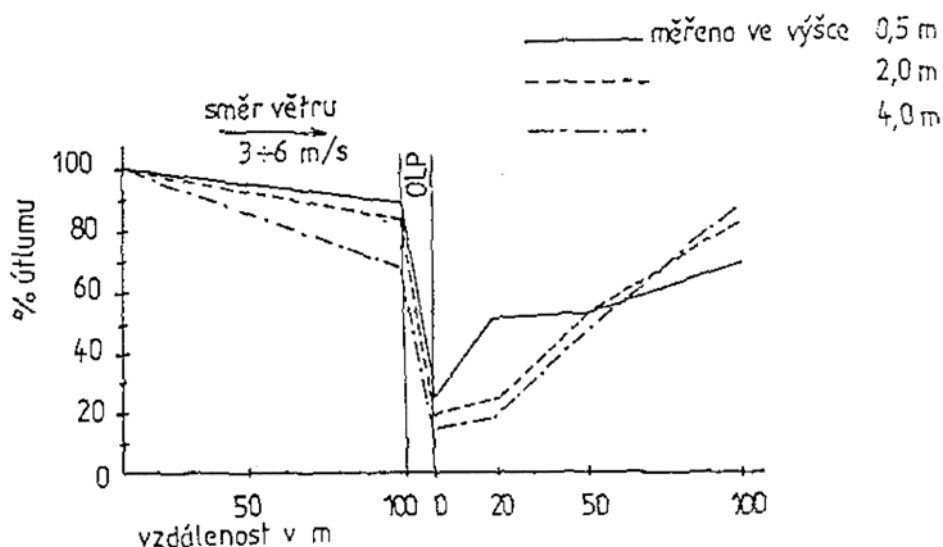
Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

Rychlost větru a jeho škodlivý účinek na půdu lze snížit použitím umělých nebo přirozených zábran. Nejčastěji používané umělé zábrany jsou přenosné ploty z odpadových prken, odpadních hliníkových fólií, rákosu apod. Síťové uspořádání zábran nejvíce zmírňuje rychlost větru. K přirozeným překážkám patří větrolamy.

Ochranné lesní pásy – větrolamy

Větrolamy jsou trvalé lesní porosty, neboli tzv. ochranné lesní pásy (dále jen OLP). Účinek OLP spočívá v tom, že v určité vzdálenosti před a za větrolamem dojde k poklesu rychlosti větru a turbulentní výměny vzduchových mas v přízemních vrstvách. Větrolamy dělíme podle propustnosti do 3 základních skupin: prodouvavé, neprodouvavé a poloprodouvavé.

Obr.. 25 Rozdělení rychlosti větru před a za ochranným pásem



Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

Prodouvací větrolam

Jsou to 1 – 2 řady stromů bez přítomnosti keřového patra. Používají se velmi ojediněle z důvodu možného vzniku tryskového efekty v aleji.

Neprodouvací větrolam

Je složen z více řad stromů, je vytvořeno i keřové patro. Na návětrné i závětrné straně vznikne uzavřená stěna, takže větrné masy téměř vůbec neprojdou větrolamem. Rychlost větru u tohoto větrolamu klesá podstatně více (ale na kratší vzdálenost) než u poloprodouvacího.

Účinnost OLP se vyjadřuje poměrem délky chráněného území k výšce pásu nebo násobkem výšky porostu a je dána vzdáleností, kde je snížena unášecí rychlost větru pod kritickou mez. U neprodouvacího větrolamu klesá rychlost na návětrné straně až na 60 % původní rychlosti, za pásem poklesne na nulu, vznikne na krátkou vzdálenost tišina, pak však rychlost narůstá až na svou původní hodnotu, které dosahuje ve vzdálenosti 15–20 násobku výšky větrolamu. (Podhrázská, Dufková, 2005)

Poloprodouvací větrolam

Je to nejvhodnější typ OLP tvořený více řadami stromů, keřové patro je méně vyvinuto.

Na závětrné straně dochází ke splývání proudnic, které obtékají větrolam přes vrchol s těmi jež jím procházejí. Jejich výslednice směřuje k půdnímu povrchu, ale ve větší vzdálenosti, než u neprodouvacího. Tento typ OLP působí na závětrné do vzdálenosti cca 20–25 násobku a na návětrné straně asi do 10 násobku své výšky. Před OLP klesá rychlost větru

na 60 % a za ním na 10–20 % původní rychlosti. Průměrná propustnost poloprodouvavého pásu se udává 50 % v porovnání s neprodouvavým.

Obr. 26 *Poloprodouvavý větrolam*



Zdroj: Janeček a kol. 2002

Působení větrolamů na krajinu

Vliv na teplotu

Snížení výměny vzduchu v komplexu OLP je příčinou změny teplotních režimů. Průměrná denní teplota je v chráněném území o 1 – 3 °C vyšší, než v nechráněném, u neprodouvavých pásů dokonce o 6 °C (Podhrázská, Dufková, 2005).

Vliv na vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu se v uzavřeném chráněném prostoru mezi OLP zvyšuje 7 – 8 %. Největší je u pásů, do středu prostoru klesá.

Vliv na snížení výparu z půdy a vegetace

Větrolamy snižují evapotranspiraci o 10 – 25 %.

Vliv na tvorbu rosy

Podle měření na OLP na J Moravě v květnu až srpnu bylo množství rosy o 30 – 60 % vyšší než na ploše nechráněné větrolamy.

Vliv na zachycení sněhu

Pokud rychlost klesne pod kritickou hranici, sníh (prach) se začnou hromadit ve formě závějí. Na chráněném území tak může být až 2x více sněhu. V suchých oblastech, kde se OLP nacházejí, je vláha z akumulovaného sněhu zemědělci velmi vítána.

Vliv na zvýšení zemědělských výnosů

Výsledky jsou znatelné v klimaticky nepříznivém období. V suchých letech mohou OLP ovlivnit zvýšení produkce až o 25 %, v normálních letech o 10 % (Podhrázská, Dufková, 2005). S rostoucí vzdáleností vliv větrolamů klesá.

Na druhé straně i větrolamy negativně ovlivňují okolní krajinu, např. odebíráním živin a vláhý rozsáhlým kořenovým systémem stromů nebo zastiňováním plodin pěstovaných v jejich blízkosti.

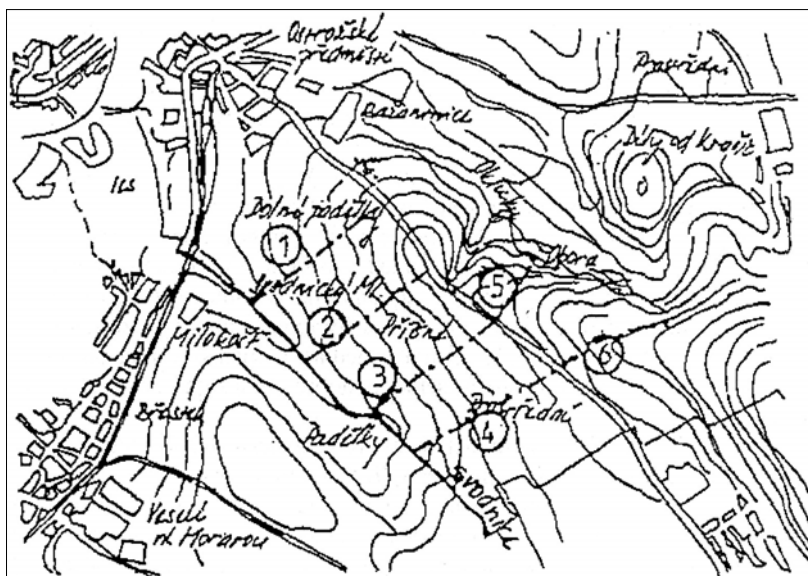
Zásady konstrukce větrolamu

Vzdálenost hlavních větrolamů od sebe závisí na jeho účinnosti a typu půdy => na suchých půdách je to 300 – 400 m, na hlinitých 500 – 600 m. U vedlejších OLP může být vzdálenost až 1 km. Vzdálenost pásů musí být volena tak, aby byla snížená rychlost větru mezi pásy nižší, než unášecí rychlost půdních částic.

Větrolam by měl být 6 – 8 m široký. Bylo zjištěno, že se zvětšováním šířky větrolamu nedochází k poklesu rychlosti větru, ale k podstatnému ovlivnění akumulace produktů větrné eroze (sníh, půda) uvnitř větrolamu. Naopak je tomu v úzkých polopropustných OLP, kde se erozní produkty rovnoměrně ukládají na okolní chráněné ploše, nikoli uvnitř větrolamu.

Jedna až dvě řady OLP doplněné o 1 nebo 2 řady keřů dostatečně sníží následky větrné eroze. Výška stromů při plné účinnosti je 20 – 25 m, minimální rozstup řad je dle druhu dřeviny 1,5 – 2 m, vzdálenost sazenic pak 0,7 – 1,5 m.

Obr. 27 Příklad rozmístění větrolamů v krajině



Zdroj: Podhrázská, Dufková, 2005

Druhová skladba dřevin

Při výběru dřevin pro OLP je důležité, aby druh odpovídal přírodním podmínkám a vyhovoval danému stanovišti. Dalším kritériem je volba dřevin podle dorůstající výšky, aby byla zajištěna potřebná propustnost. Pro dosažení co největšího účinku, odolnosti a trvalosti OLP, je vhodná kombinace více typů dřevin.

Z tohoto důvodu se podle Podhrázké, Dufkové, 2005 dřeviny vhodné pro OLP dělí na: základní, dočasné a vedlejší.

Dřeviny základní

Tvoří kostru porostu, vyznačují se dlouhověkostí, odolností a dokonalým zakotvením v půdě, díky kterému odolávají poryvům větru. V mládí rostou pomalu, jejich obnova je snadná. Požadavkům vyhovují tyto druhy: dub letní a zimní (*Quercus robur*, *Q. petrae*), jako příměs je vhodný dub cer, červený a pýřitý (*Quercus cerris*, *Q. rubra*, *Q. lanuginosa*), dále je to lípa velkolistá a srdčitá – malolistá (*Tilia plathyphyllos*, *T. cordata*), javor mléč, klen, babyka a tatarský (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. campestre*, *A. tataricum*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), buk lesní (*Fagus sylvatica*), ořešák černý a královský (*Juglans nigra*, *J. regia*). Pro větrolamy na píscích je vhodná borovice lesní (*Pinus sylvestris*).

Dřeviny dočasné

V mládí rychle rostou, většinou nejsou dost odolné, nedožívají se vysokého věku. Jejich hlavním úkolem je uspišit působení větrolamu. Do skupiny patří tyto druhy: topol bílý, osika a kanadský (*Populus alba*, *P. tremula*, *P. canadensis*), bříza bělokorá (*Betula pendula*), jeřáb muk, ptačí, oskeruše a břek (*Sorbus aria*, *S. aucuparia*, *S. domestica*, *S. torminalis*), jilm vaz (*Ulmus laevis*), olše šedá a zelená (*Alnus incana*, *A. viridis*). Pro teplejší oblasti je vhodný morušovník bílý (*Morus alba*) nebo kaštanovník jedlý (*Castanea sativa*).

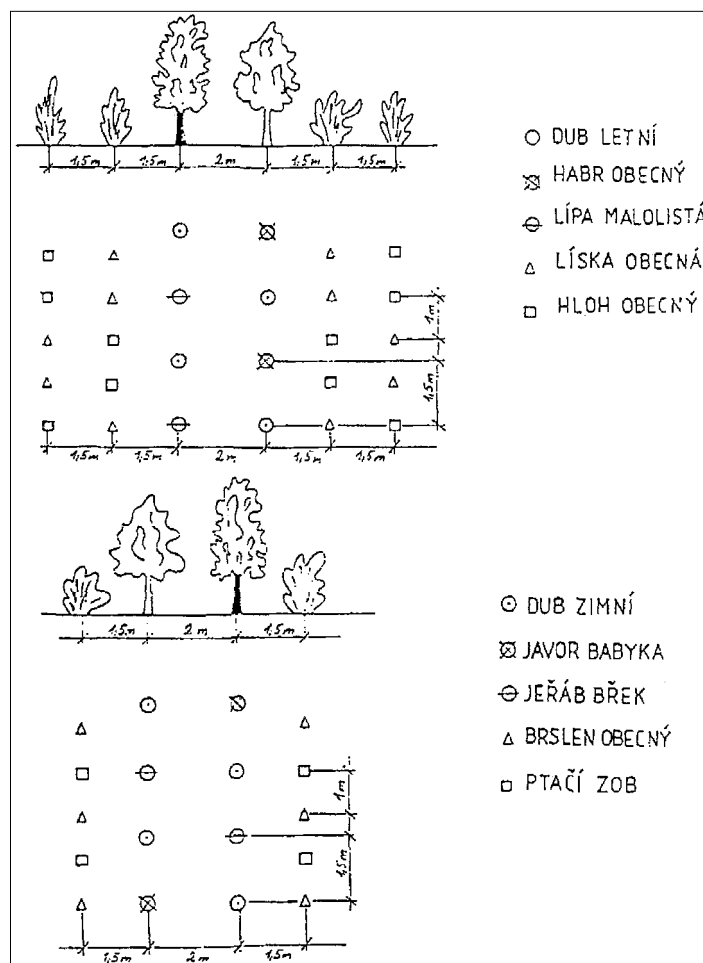
Dřeviny vedlejší

Jejich koruny chrání půdu, opadané listí zlepšuje obsah živin. Doplňují základní dřeviny a zajišťují optimální propustnost pod jejich korunami. V dospělosti se z OLP neodstraňují. Pro tento účel jsou vhodné: jablň obecná (*Malus communis*), hrušeň obecná (*Pyrus communis*), třešeň ptačí (*Prunus avium*), višně obecná (*Prunus cerasus*), mahalebka obecná (*Prunus mahaleb*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), výjimečně i modřín opadavý (*Larix decidua*) a smrk ztepilý (*Picea excelsa*).

Zvláštní funkci mají **keře**. Do výšky 0,6 – 1,5 m brání přízemnímu proudění vzduchu, zachycují sníh a půdní částice unášené větrem, chrání půdu před nadměrným zahřívání a výparem, zabraňují odváti listí z pásu. Mohou také sloužit jako hnízdiště ptákům a úkryt zvěři; trnité keře jsou vhodné pro zamezení průniku dobytka a zvěře do OLP, čímž je snížen okus dřevin apod. Nejvhodnějšími druhy jsou: líska obecná (*Corylus avellana*), hloh obecný (*Crataegus oxycantha*), růže (*Rosa sp.*), ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*), dřín jarní (*Cornus mas*), kalina tušalaj (*Viburnum lantana*), brslen bradavičnatý (*Euonymus verrucosa*), svída krvavá (*Cornus sanquiunea*), krušina olšová (*Fragula alnus*), bez černý a červený (*Sambucus nigra*, *S. racemosa*), šeřík obecný (*Syringia vulgaris*), zimolez kozí list a černý (*Lonicera caprifolium*, *L. nigra*), tavolník prostřední (*Spiraea media*), čimišník stromovitý (*Caragana arborescens*).

OLP mohou sloužit v rámci Územního systému ekologické stability (ÚSES) jako biokoridory. Minimální šířka biokoridoru stanovená metodikou ÚSES je 15 m.

Obr. 28 Příklady návrhů konstrukce větrolamů



Zdroj: Podhrázká, Dufková, 2005

7 STUDIE PROTIEROZNÍ OCHRANY V KATASTRÁLNÍM ÚZEMÍ HOVORANY

Studie protierozní a protipovodňové ochrany byla zpracována na žádost pozemkového úřadu v Hodoníně.

Studie protipovodňové a protierozní ochrany je řešena jako návrh komplexních prostorových a funkčních opatření, pro zlepšení podmínek využití území, pro zvýšení protierozní a retenční schopnosti území. Účelem a cílem protierozní ochrany je snížit rozsáhlou a nepřijatelnou vodní erozi v území, mající za následek degradaci půd a zanášení vodotečí, a v součinnosti s protipovodňovou ochranou zvýšit ochranu vlastní zástavby ohrožených obcí před účinky extrémních povrchových odtoků a transportovaných splavenin.

Studii zpracoval kolektiv pracovníků VÚMOP Brno, odd. pozemkových úprav pod vedením Ing. Jany Podhrázké, Ph.D.

Charakteristika území

Obec Hovorany se nachází v západní části regionu Kyjov. Katastr je součástí Kyjovské pahorkatiny která je součástí Vídeňské pánve.

Na intenzivně zemědělsky využívaných pozemcích, které se poměrně strmě zvedají na obou březích Hovoranského potoka, se projevuje silná eroze, dochází ke splavování a usazování zeminy v údolí, zanášení záchytných nádrží, mostních a vtokových objektů a rovněž zanášení koryta Hovoranského potoka.

V k.ú. Hovorany jsou evidována poddolovaná a nebezpečná území viz fotografie 1 v příloze 21.

Metody a postupy řešení protierozní ochrany

Kvantitativní účinek hlavních faktorů, ovlivňujících vodní erozi způsobenou přívalovými dešti, vyjadřuje universální rovnice (USLE) pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy z pozemků erozí (viz kapitola 4.2.5)

Pro účely výpočtu erozní ohroženosti území byly v řešeném území vyznačeny odtokové linie, které byly vybrány s využitím mapových podkladů a výsledků terénních průzkumů tak, aby charakterizovaly míru erozního ohrožení daného území. V řešeném území byly takto analyzovány odtokové linie, očíslovány 1 až 269. Linie byly číslovány po skupinách podle dílčích povodí. Zvláště jsou uvedeny výpočty před realizací protierozní ochrany (PEO) a zvláště po realizaci návrhu PEO. V prvním případě byl do výpočtu erozního smyvu na orné

půdě aplikován faktor vegetačního krytu C na základě průměrné struktury plodin řešené oblasti, na plochách zatravněných byl použit příslušný C faktor pro trvalé travní plochy (TTP). Takto zvolený postup kvantifikuje erozní smyv podle stávajících druhů pozemků.

Další postup výpočtu zohledňoval změny druhů pozemků, změny ve struktuře plodin a v použité agrotechnice a biotechnická opatření, navržená pro ochranu pozemků s překročeným erozním smyvem.

Dosazením odpovídajících hodnot faktorů šetřených pozemků daného území do univerzální rovnice pro vybrané odtokové linie (viz tabulka 14) se určila dlouhodobá průměrná ztráta půdy vodní erozí v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ z těchto pozemků.

Odtokové linie byly situovány prakticky na všech pozemcích řešeného území v rámci vymezených povodí i na pozemcích přilehlých katastrů. Většina území se nachází na půdách středně hlubokých a středně těžkých. Přípustná ztráta půdy erozí byla tedy stanovena na $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$. Na základě zjištěné míry erozního smyvu byly analyzované pozemky zařazeny do stupňů erozního ohrožení a graficky zpracovány (viz příloha 6) podle následujících kritérií:

Tab. 14

Stupně erozního ohrožení	Mělké půdy (t/ha/rok)	Středně hluboké půdy (t/ha/rok)	Hluboké půdy (t/ha/rok)
ohrožení	limit 1	limit 4	limit 10
1	≤ 1	≤ 4	≤ 10
2	1,1 - 2	4,1 - 8	10,1 - 20
3	2,1 - 3	8,1 - 12	20,1 - 30
4	> 3	> 12	> 30

Zdroj: VÚMOP Brno

Tato skutečnost se však může měnit nerespektováním rotace plodin na pozemcích, nebo při extrémních srážkových situacích může na pozemcích s erozně rizikovými plodinami dojít k nežádoucímu transportu produktů eroze směrem do spodních částí povodí, popř. do intravilánu. Tyto případy vyžadují individuální postup na vytipovaných pozemcích.

Návrh opatření proti vodní erozi

Návrh opatření na snížení eroze musí vycházet z rozborových materiálů území, v nichž byla analyzována erozní rizika území. Potřebu lokalizace jednotlivých opatření je nutno konfrontovat s dalšími požadavky na zpracování území (územní systém ekologické stability – ÚSES, cestní síť, protipovodňová ochrana, územní plán obce) tak, aby postupně navrhovaná opatření byla kompatibilní a pokud možno polyfunkční (potřebu přerušení délky svahu je možno spojit s návrhem cesty s protierozní funkcí, rovněž tak je možno použít prvky ÚSES pro plnění funkce PEO). Zlepšení půdních a vodohospodářských poměrů je možno docílit jednak zábořem zemědělské půdy na biotechnická opatření, jednak půdoochranným hospodařením na zemědělské půdě.

Opatření proti vodní erozi viz kapitola 6.1.

Doporučená protierozní opatření v řešeném území

Řešené území má značně zvlněný reliéf s rozsáhlými bloky orné půdy. Přesto, že se jedná o půdy vesměs hluboké, u nichž je přípustný smyv poměrně vysoký, charakter obhospodařování dovolil masivní rozvoj erozních procesů. Značná část pozemků má vypočítaný smyv vyšší než je dovolený limit. Úkolem návrhu PEO proto bylo vytipovat erozně ohrožené lokality a navrhnout optimální způsob ochrany, která spočívá především v zatravnění drah soustředěného odtoku, přerušení délky svahů zatravněnými pásy, průlehy a mezemi. Nedílnou součástí pak je vyloučení erozně rizikových plodin na pozemcích se sklonem, vyšším jak 7°, nebo tento postup nahradit pásovým střídáním plodin. Velmi účinné je také střídání zatravněných zasakovacích pásů s pásy polních plodin. Vlastní umístění prvků PEO je možné až po pozemkové úpravě. Doporučuje se rovněž provést asanaci strží. Rozsah a způsob úpravy strží vychází z hydrologického posouzení a provádí se obdobně jako u hrazení bystrin. Úprava musí zabezpečovat i funkci sedimentační.

Předložená studie protierozní a protipovodňové ochrany uvedeného území nemůže stanovit přesné parametry navržených liniových prvků, ani definitivně stanovit způsob a rozsah realizace organizačních a agrotechnických opatření. Účelem studie protierozní ochrany je upozornit na rizikové lokality v území a navrhnout pokud možno optimální ochranu pozemků proti erozi. Lokalizace a konečné umístění prvků protierozní a protipovodňové ochrany jsou možné teprve po přesném výškopisném a polohopisném zaměření skutečného stavu, identifikaci vlastníků a dalších jednáních. Celá koncepce návrhu PP a PEO však musí vést k tomu, aby byli vlastníci a uživatelé půdy usměřňováni ve svém hospodaření k podpoře ochranných funkcí společných zařízení.

8 PROBLÉMOVÁ STUDIE

„VĚTRNÁ EROZE PŮDY V JIHMORAVSKÉM KRAJI A NÁVRH JEJÍHO ŘEŠENÍ“

Zadavatelem studie byl Jihomoravský kraj, který ustavil Řídící skupinu Rady JMK. Rada byla rozšířena o zemědělské podnikatele, pracovníky pozemkových úřadů v území kraje a o pracovníky Hydrometeorologického ústavu Brno.

Zhotovitelem studie byl Agroprojekt PSO s.r.o. Brno, který vytvořil pracovní tým s VÚMOP, oddělení pozemkových úprav Brno.

Cílem studie, který formuloval zadavatel, bylo shromáždit a vyhodnotit dostupné informace, vymezit části území podle ohroženosti větrnou erozí a navrhnout uskutečnitelná opatření a postup k omezení větrné eroze půdy. Zadavatel také předpokládá využití studie v oblasti územního plánování, v rámci péče o životní prostředí se zaměřením na omezování negativních vlivů na zdraví obyvatel. Také počítá s využitím studie k získání finanční podpory prostřednictvím dotačních programů v rámci ČR i EU, která bude využita ke zvýšení odolnosti půdy před erozí.

Problémová studie je zpracována v prostředí geografického informačního systému s využitím technologie ESRI (ArcView).

Metodika zpracování studie

Pracovní tým zhotovitele navrhnul vlastní postup řešení zadaného problému. V souladu se zadáním studie se řešení rozvrhla do tří hlavních etap – analytické (analýza podkladů a jejich zpracování), etapy hodnotící a etapy návrhové, která se zabývá návrhem PEO proti větrné erozi půdy v JMK. Veškeré analýzy byly prováděny v prostředí ArcGIS.

Vymezení ohrožených území

Pro potřeby zpracování části této studie byl ve VÚMOP vytvořen model RVE (Rizika větrné eroze). Určení potenciálně ohrožených území provádí model RVE dle metodiky VÚMOP „Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní a větrnou erozí“.

Výsledkem je mapa v příloze 7 a databáze k. ú. s údaji ohroženosti, plošném zastoupení orné půdy a orné půdy zařazené do stupňů ohroženosti 4 – 6.

Zhodnocení účinnosti stávajících větrných bariér

Cílem řešení tohoto projektu je optimalizace účinnosti větrolamů v krajině a jejich využití v pozemkových úpravách.

Postup řešení

Vytvoření mapy převládajícího směru erozně účinného větru

Za erozně účinný je považován vítr o rychlosti $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a více, pro model byly použity hodnoty z jarního období, kdy je půda méně chráněná vegetací. Údaje o převládajícím směru větru poskytl ČHMÚ.

Posouzení maximální tolerované délky pozemků ve směru převládajících větrů

Tolerovaná délka pozemku je určena pro jednotlivé kategorie ohroženosti pozemků větrnou erozí podle půdních vlastností.

Tab. 15 *Tolerovaná délka pozemku*

potenciální erozní ohroženost pozemku	tolerovaná délka pozemku [m]
4	< 850
5	< 600
6	< 350

Zdroj: VÚMOP Brno

Určení stávajících větrných bariér

Pro analýzu takto rozsáhlého území, kterým je JMK, byla lokalizace bariér provedena na podkladě mapy Ochranných lesních pásů (dále jen OLP) a Lesních celků (dále jen LC) a digitalizací dalších větrných bariér nad ortofotomapou.

Vyhodnocení účinnosti stávajících větrných bariér v KÚ

Tab. 16 *Kategorie účinnosti stávajících větrných bariér*

kategorie	účinnost stávajících větrných bariér [%]
10	0 – 10
9	10,1 – 20
8	20,1 – 30
7	30,1 – 40

6	40,1 – 50
5	50,1 – 60
4	60,1 – 70
3	70,1 – 80
2	80,1 – 90
1	90,1 – 100

Zdroj: VÚMOP Brno

Výsledkem tohoto kroku je mapa účinnosti stávajících větrných bariér v příloze 8 a databáze k. ú. s údaji o plošném zastoupení orné půdy zařazené do stupňů ohroženosti 4 – 6, údaji o těchto půdách proti erozním účinkům větru.

Blíže o metodice zpracování viz Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s.

Faktory ovlivňující větrnou erozi

Klimatický faktor

Jižní Morava patří k našim nejsušším a nejteplejším oblastem, a to zejména území na jihu ohraničené řekou Dyjí, na východě řekou Moravou, na severu a západě Dražanskou a Českomoravskou vrchovinou. Podnebí je přechodného rázu mezi přímořským a kontinentálním. Průměrné roční srážky činí 540 mm.

Na toto území navazuje výrazná erozní a deflační oblast na východ od řeky Moravy po Bojkovice, na severu ohraničená řekou Olšavou a na jihovýchodě Bílými Karpatami. Srážky zde dosahují v ročním průměru 655 – 725 mm. Lze říci, že erozi na jižní Moravě způsobují z velké části větry jižní a jihovýchodní, v úvalech řek ještě severovýchodní (Moravská a Vyškovská brána), na Znojemsku severozápadní.

V oblasti Bílých Karpat se projevuje velmi silný nárazovitý jižní a jihovýchodní vítr fénového charakteru. Větry pronikají přes hlavní hřeben Bílých Karpat a také údolními bystřin a horskými sedly a prudce padají k úpatí hor.

Půdní faktor

Pro odolnost půdy vůči větrné erozi je důležitá pevná struktura, velikost částic a vlhkost půdy. Je zřejmé, že obecně nejvíce podléhají erozi půdy lehké písčité v suchých a teplých oblastech. Za určitých klimatických a morfologických podmínek však probíhá i na středně

těžkých a těžkých půdách (Vyškovsko, Hodonínsko). Větrná eroze na těžkých půdách pod Bílými Karpatami je fenoménem, který nemá nikde v Evropě obdoby.

Větrná eroze se může vyskytovat na všech terénních tvarech a sklonech.

Z hlediska geologické stavby území jihomoravského regionu je větrná eroze daleko více rozšířena v oblastech vněkarpatkých sníženin, Dolnomoravského úvalu a vnějších západních Karpat než v oblastech Českomoravské vrchoviny.

Faktor vegetačního krytu

Nejúčinnější ochranu před větrnou erozí představuje les. Lesnatost jihomoravského regionu je 29,8 %, z toho na jižní Moravu připadá asi 15 % - jsou to převážně lužní lesy kolem řek.

Člověk zemědělskou aktivitou výrazně změnil krajinný ráz. Větrná eroze na jižní Moravě značně vzrostla v uplynulých 50 letech. Prašné bouře se tady staly častým úkazem (Blíže viz Švehlík, R.: *Větrná eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech*. – Sborník Přírodovědeckého klubu v Uherském Hradišti, Českomoravská komora pro pozemkové úpravy, 2007, 40 s.)

Obr. 29 *Prašná bouře v k.ú. obce Bánov v roce 1971*



Zdroj: Švehlík, 2007

Přehled katastrálních území obcí se zvýšenou větrnou erozí

Na základě metodického postupu bylo provedeno hodnocení jednotlivých k.ú. obcí z pohledu potenciální ohroženosti větrnou erozí.

Pro přehlednost bylo zvoleno členění po okresech, pro které byly zpracovány souhrnné analýzy. Souhrnné výsledky za Jihomoravský kraj jsou uvedeny v tabulce 17 a v grafu 1. Tabulka 18 a graf 2 uvádí přehled o počtu k. ú. v kategorii 4, 5 a 6 pro jednotlivé okresy.

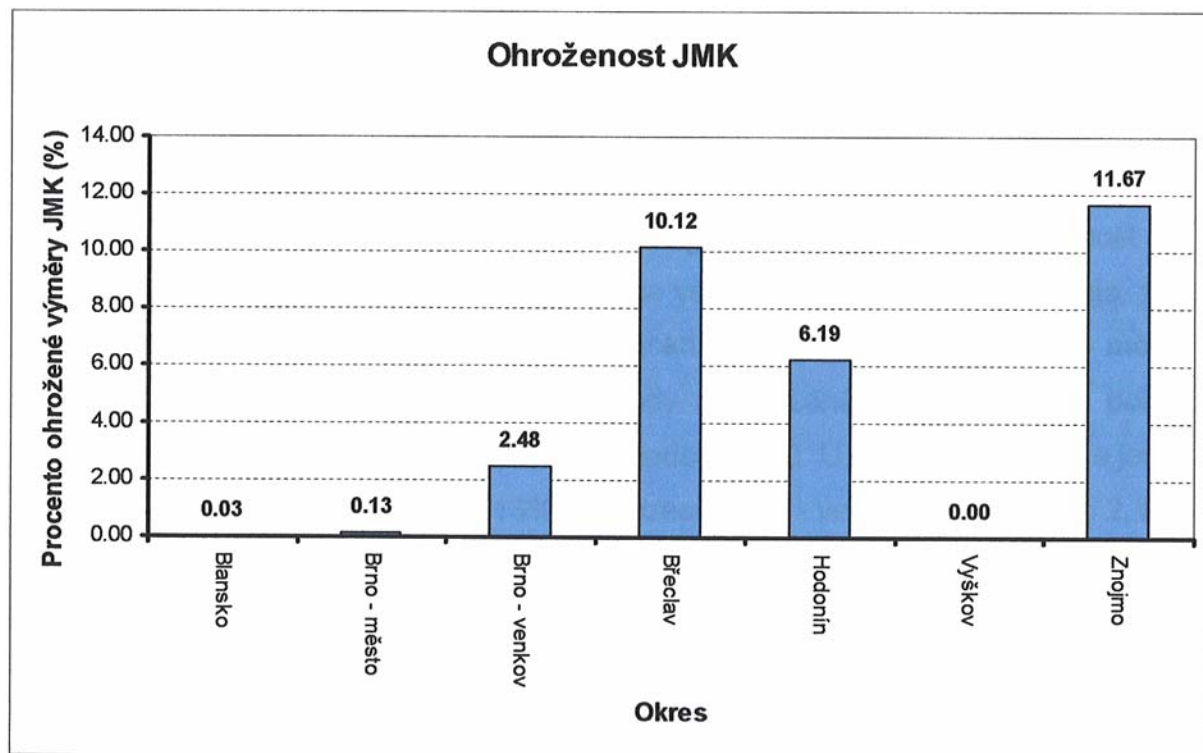
Další grafy viz přílohy 9 a 10. (Blíže viz Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s.)

Tab. 17 *Celková analýza ohroženosti JMK – výměry orné půdy v hektarech*

okres	výměra orné půdy LPIS	výměra ohrožené půdy v kategorii 4, 5 a 6	procento ohrožené půdy vzhledem k výměře orné půdy v JMK
Blansko	27 225	92	0,03
Brno-město	3 733	402	0,13
Brno-venkov	47 067	7 931	2,48
Břeclav	56 087	32 305	10,12
Hodonín	46 217	19 776	6,19
Vyškov	40 987	0	0,00
Znojmo	97 916	37 267	11,67
Celkem	319 232	97 774	30,63

Zdroj: VÚMOP Brno

Graf 1 *Zastoupení ohrožené půdy vztaheno k výměře orné půdy v JMK*



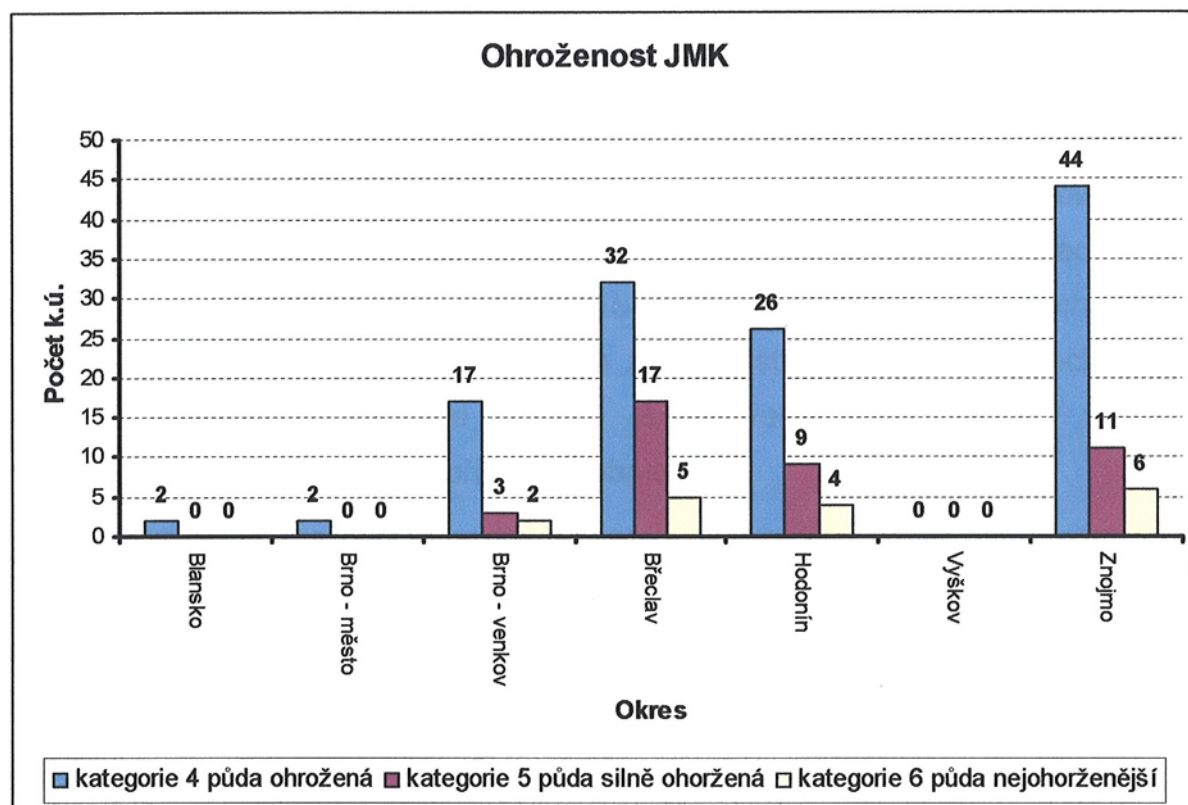
Zdroj: VÚMOP Brno

Tab. 18 Celková analýza ohroženosti JMK – počet katastrálních území

okres	kategorie 4 půda ohrožená	kategorie 5 půda silně ohrožená	kategorie 6 půda nejohroženější	celkem
Blansko	2	0	0	2
Brno-město	2	0	0	2
Brno-venkov	17	3	2	22
Břeclav	32	17	5	54
Hodonín	26	9	4	39
Vyškov	0	0	0	0
Znojmo	44	11	6	61
Celkem JMK	123	40	17	180

Zdroj: VÚMOP Brno

Graf 2 Zastoupení ohrožené půdy v kategorii 4-6 v JMK



Zdroj: VÚMOP Brno

Z výsledků vyplývá, že nejvíce potenciálně ohroženy jsou okresy Břeclav (z pohledu JMK je to 10,12 %), Hodonín (6,19 %) a Znojmo (11,67 %). Okres Vyškov nevykazoval žádnou výměru orné půdy ohroženou erozí v kategorii 4 – 6. Neznamena to však, že se v okrese nevyskytuje větrná eroze – její výskyt ale může být za určitých podmínek pouze lokální.

Hodnoty výměry ohrožené půdy okresů Blansko (0,03 %), Brno-venkov (2,48 %) a Brno-město (0,13 %) byly z pohledu JMK výměru zanedbatelné.

Do kategorie půda ohrožená až neohroženější spadalo celkem 180 katastrálních území JMK.

Vyhodnocení stavu stávajících větrných bariér

Větrolamy na jižní Moravě byly vysazovány po klimatickém suchu v roce 1947, později je některé zemědělské závody vysazovaly vlastními prostředky. V současné době výsadba neprobíhá.

Shrnutí hodnocení funkčnosti větrných bariér

Při vyhodnocování byl počítán poměr výměry nechráněné půdy v kategorii 4, 5 a 6 k celkové výměře orné půdy a ten byl pak rozdělen do deseti kategorií. Výsledek byl prezentován ve formě mapy v příloze 8, která je uvedena pro jednotlivé okresy a pak za celý JMK. (Podrobné výsledky viz Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s.)

Souhrnné výsledky jsou uvádí následující tabulka a grafy v příloze 11 a 12.

Tab. 19 Celková analýza účinnosti stávajících větrných bariér

okres	Orná půda LPIS	Ohrožená půda v kat. 4, 5 a 6	Plocha orné půdy 4 – 6 nechráněná [ha]	Účinnost větrných bariér v rámci JMK	Účinnost větrných bariér v rámci okresu [%]
Blansko	27 225	92	51	0,04	44,36
Brno-město	3 733	402	356	0,05	11,49
Brno-venkov	47 067	7 931	5 859	2,12	26,13
Břeclav	56 087	32 305	23 979	8,52	25,77
Hodonín	46 217	19 776	14 741	5,15	25,46
Vyškov	40 987	0	0	0,00	0,00
Znojmo	97 916	37 267	24 473	13,09	34,33
Celkem	319 232	97 774	69 459	28,96	

Zdroj: VÚMOP Brno

Z pohledu JMK se jeví jako neúčinnější ochranné bariéry v okrese Znojmo, které chrání asi 13 % z celkové ohrožené výměry v JMK. Následují okresy Břeclav (8 %), Hodonín (5 %),

Brno-venkov (cca 2 %). V dalších okresech je účinnost zanedbatelná. Z pohledu okresů je nejvyšší účinnost větrných bariér ve znojenském okrese, kde chrání 34,33 % ohrožené výměry. Okres Blansko vykazuje účinnost 44,36 %, je však nutné připomenout, že z pohledu JMK se jedná o okres se zanedbatelnou potenciální ohrožeností. Totéž platí pro okres Brno-venkov s 26,13 %. Hodnoty pro okresy Břeclav a Hodonín jsou 25,77 % a 25,46 %. Okresy Brno-město a Vyškov nejsou z pohledu JMK okresy s významným ohrožením.

Souhrnně lze uvést, že v potenciálně nejohroženějších okresech Břeclav, Hodonín a Znojmo je účinnost stávajících bariér v intervalu 25 – 34 %, což ukazuje na nutnost urychleného přijetí PEO.

Celkově je Jihomoravský kraj chráněn proti erozním účinkům větru z méně než 30 %, což je velmi alarmující výsledek.

Přehled katastrálních území obcí na zemědělských kulturách způsobených větrnou erozí

Přehled byl zpracován pro vybraná k. ú., která spadala do kategorie ohroženosti 4 – 6, což bylo celkem 180 území.

Pro identifikaci rozsahu škod bylo osloveno 169 hospodařících subjektů. Tým řešitelů obdržel odpovědi, které pokrývají 52 % ohrožených území (94 k. ú.), ze kterých údaje o škodách jsou na 73 k. ú. tak, že pokrývají ohroženou plochu z více než 80 %. Následující tabulka uvádí souhrn za okresy.

Tab. 20 Celková *analýza škod*

okres	Celková škoda [tis. Kč]	Průměrná škoda [tis. Kč/ha]	Maximální specifická škoda [tis. Kč/ha]
Blansko	0	0,00	0,00
Brno-město	0	0,00	0,00
Brno-venkov	643	0,35	0,68
Břeclav	21 316	1,45	5,35
Hodonín	7 595	1,29	4,70
Vyškov	0	0,00	0,00
Znojmo	11 811	1,09	3,58
Celkem	41 365		

Zdroj: VÚMOP Brno

Výsledky analýzy škod na zemědělských kulturách viz přílohy 13 a 14. Škody způsobené větrnou erozí se pohybovaly v řádu sta korun až 5 tisíc korun na hektar. Podrobněji viz Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s.

Vyhodnocení skutečnosti s významným vlivem na rozvoj větrné eroze

Rozdělení katastrálních území kraje podle ohroženosti půdy větrnou erozí

Analýza potenciální ohroženosti větrnou erozí, která vycházela z metodiky VÚMOP, definovala 6 stupňů ohroženosti pro jednotlivá katastrální území JMK. Výstup tohoto rozdělení území dokumentuje mapa v příloze 7.

Na základě vyhodnocení ohroženosti byla v území kraje vybrána k. ú., kde je stupeň ohrožení 4 – 6 (viz tabulka 21).

Tab. 21 *Kategorie potenciální ohroženosti území větrnou erozí*

kategorie	stupeň ohrožení
1	bez ohrožení
2	půdy náchylné
3	půdy mírně ohrožené
4	půdy ohrožené
5	půdy silně ohrožené
6	půdy nejohroženější

Zdroj: VÚMOP Brno

Výsledné rozdělení území kraje podle odolnosti viz tabulka 22.

Tab. 22 *Stabilita katastrálního území z pohledu odolnosti proti větrné erozi*

kategorie stability území	odolnost katastrálního území
1	stabilní KÚ
2	částečně stabilní KÚ
3	nestabilní KÚ
4	vysoce nestabilní KÚ

Zdroj: VÚMOP Brno

Stabilní katastrální území – jedná se o všechna k. ú., která jsou z hlediska potenciální ohroženosti na stupni 1 – 3. V rámci JMK se jedná o převážnou část okresu Blansko, Brno-město a Vyškov.

Částečně stabilní katastrální území – jedná se o k. ú., kde je výměra půdy v kategorii 4 (půda ohrožená) do 1000 ha, v kategorii 5 do 500 ha. Kategorie 6 není zastoupena.

Nestabilní katastrální území – jedná se o k. ú., kde výměra půdy v kategorii 4 je v intervalu 1000 – 1500 ha, v kategorii 5 v intervalu 500 – 1000 ha a výměra v kategorii 6 v intervalu 10 – 500 ha.

Vysoce nestabilní katastrální území – jedná se o k. ú., kde výměra v kategorii 5 je v intervalu 1000 – 1500 ha a v kategorii 6 v intervalu 500 – 1500 ha. Kategorie 4 není zastoupena.

Byly identifikovány 3 oblasti s odolností v kategorii vysoce nestabilní, a to oblasti v okresech Znojmo, Břeclav a Hodonín, viz příloha 15.

Podrobněji viz Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s.

Návrh systematických opatření proti negativním účinkům větrné eroze půdy v Jihomoravském kraji

Studie předkládá podklad pro plánování a uskutečňování systematických opatření ke zvyšování erozní odolnosti v celém kraji. Opatření jsou rozdělena **na dva bloky**.

Prvním blokem je návrh soustavných opatření v k. ú. obcí s vysokou mírou nestability půdy vůči větrné erozi. Jedná se o okres Znojmo (konkrétně k. ú. obcí Hrádek u Znojma, Hrušovany nad Jevišovkou, Litobrařice, Šanov nad Jevišovkou a Velký Karlov), Břeclav (k. ú. obcí Vranovice nad Svratkou a Mikulov na Moravě) a Hodonín (k. ú. obcí Dubňany a Mutěnice).

Ve druhém bloku jsou předkládána opatření proti větrné erozi půdy obecnějšího charakteru, platná pro celé území kraje.

Opatření v k. ú. s vysokou mírou erozní nestability (blok 1)

V práci podrobněji rozvedu dvě opatření u dvou z 9 výše uvedených k. ú. obcí.

Další podrobnosti a údaje viz Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s.

Opatření v k. ú. Mutěnice

V k. ú. naprosto chybí systém technických PEO. Území spadá do kategorie 5, silně ohrožená. Stávající ochranné porosty jsou nefunkční. Větrnou erozí je ohroženo asi 1300 ha orné půdy. Je zde rozpracována pozemková úprava. Území navazuje na k. ú. Dubňany, které též vykazuje stupeň ohroženosti 5. Společně s k. ú. Dolní Bojanovice, Místřín, Svarobořice, Šardice, Vacenovice u Kyjova a Vracov tvoří celek, který by v budoucnu mohl vytvořit kostru ochranných opatření.

Navržená opatření:

- ❖ Po zapsání pozemkové úpravy co nejdříve realizovat systém protierozní ochrany
- ❖ Vypracovat projektovou dokumentaci
- ❖ Realizovat systém technických PEO
- ❖ Zpracovat analýzu možných agrotechnických opatření

Opatření v k. ú. Hrušovany nad Jevišovkou

V k. ú. je řada prvků, které působí protierozně. Území spadá do kategorie ohroženosti 5. Stávající ochranné porosty jsou podmíněně funkční. Větrnou erozí je ohroženo asi 1100 ha orné půdy. Není zde dokončena ani rozpracována žádná pozemková úprava. Škody způsobené větrnou erozí dosahují řádově statisíců korun. Je nutné zdůraznit, že navazující k. ú. obcí Litobraňice, Šanov nad Jevišovkou, Velký Karlov a Hrádek u Znojma jsou ve stejné kategorii ohroženosti. V rámci JMK tvoří oblast o výměře asi 3200 ha.

Navržená opatření:

- ❖ Neprodleně zahájit komplexní pozemkové úpravy
- ❖ Vypracovat podrobnou analýzu stavu současných PEO s rozborem nákladů na jejich obnovu
- ❖ Vypracovat projektovou dokumentaci systému PEO
- ❖ Doplnit stávající systém technických PEO
- ❖ Zpracovat analýzu možných agrotechnických opatření

Opatření obecného charakteru, platná pro celé území kraje (blok 2)

Z přílohy 15 vyhodnocení odolnosti JMK a z grafu v příloze 16 je patrné, že území nestabilní (kategorie 3 dle tabulky 22) a vysoce nestabilní (kategorie 4) tvoří souvislé oblasti. Jedná se o 21 k. ú. v okresech Břeclav, Hodonín a Znojmo a 1 k. ú. v okrese Brno-venkov (viz příloha 16). Ve většině z nich chybí systém větrolamů. V rámci okresu Hodonín a Břeclav by při doplnění prvků ochrany do k. ú. obcí Prušánky, Josefov u Hodonína a Starý a Nový Podvorov došlo k propojení polyfunkčního systému ve směru JZ – SV. Jedná se postupně o k. ú. Břeclav, Hrušky, Moravský Žižkov a Velké Bílovice v okrese Břeclav a k. ú. Bojanovice, Šardice, Svatobratřice, Mistřín, Vracov a Vacenovice u Kyjova.

Podobná souvislá oblast je tvořena k. ú. propojujícími okres Znojmo a Břeclav ve směru JZ – SV až na jižní hranici okresu Brno-venkov. Zde se jedná o následující k. ú.: v okrese Znojmo - Hevlín, Šanov, Valtrovice, Křídlovky, Břežany u Znojma, Čejkovice u Znojma, Mackovice a Olexovice; v okrese Břeclav – Drnholec, Vlasatice a Přibice. Jejich realizace by výrazně zlepšila stav prvků ÚSES.

Stav rozpracovanosti pozemkových úprav je v těchto územích velmi slabý. Pouze v KÚ Šardice a Mutěnice probíhá pozemková úprava, která ale zatím nebyla nikde dokončena.

Více podrobností viz Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s.

9 EROZE PŮDY V KATASTRÁLNÍM ÚZEMÍ OBCE STŘELICE U BRNA

Obec Střelice leží v Jihomoravském kraji v okrese Brno-venkov asi 13 km jihozápadně od Brna na železniční trati Brno - Jihlava. Železniční trať se ve Střelicích rozdvouje. Jedna vede na Z přes Třebíč do Jihlavy a dál do Čech, druhá trať vede jižním směrem přes Moravský Krumlov a Hrušovany do Znojma. Zeměpisné souřadnice obce jsou 16°30' v.d. a 49°09' s.š. Nadmořská výška obce je 233 – 368 m n. m. (průměrná je 278 m). Obec je protáhle rozložena podél krajské silnice (vedoucí ze směru od západních Rosic k východně položenému Brnu) od západu k východu v délce zhruba 3 km.

Katastrální území Střelice je 1467 hektarů, z toho je 817 ha zemědělská půda, 490 ha lesní půda a 7 ha vodní plochy. Obec Střelice má v současné době 2 617 obyvatel.

Eroze půdy v KÚ Střelice

V katastrálním území Střelice je 8 problémových lokalit týkajících se vodní eroze půdy. Názvy lokalit jsou pomístní názvy a označení cest je převzato z mapy pro KPÚ obce Střelice (příloha 17):

- ❖ lokality na jižní straně obce – cesty C20 a C114 v lokalitě Šibrnky (na mapě číslo 1); svahy v lokalitě Žleby (číslo 2); přes lokality Háčky, Čtvrtky a Štogravy na cestu PO3 do projektovaného poldru P02 (číslo 3); cesta C2 z lokality Mladá hora do obce (číslo 4); oblast z lokality Kejbaly a Nivky do ulice Pod Lesem (číslo 5);
- ❖ lokality na severní straně obce – oblast z lokality Dolní trať na krajskou silnici vedoucí do obce Moravany (číslo 6); polní cesta C4 z lokalit Haneky a Mastné hory (číslo 7); cesta C122 z lokalit Topolní líchy a Topolní čtvrtky (číslo 8).

U dvou z nich jsou již vypracovány a schváleny projekty protierozní ochrany v rámci komplexních pozemkových úprav. Tyto projekty jsou dotovány strukturálním fondem životního prostředí Evropské unie.

Jedná se o tyto projekty: 1) zpevnění polní cesty k chatové oblasti v délce cca 1 km, na které vodou splavovaná hlína nadměrně zanáší blízký propustek (lokality číslo 7) viz fotografie 3 a 4 v příloze 21 a

2) vybudování poldru k zachycení povodňové vlny a s ní spojenými nánosy zeminy z rozsáhlejší zemědělské plochy (lokality číslo 3) viz fotografie 5, 6 a 7 v příloze 21

Projekt „Zpevnění polní cesty C4 v k. ú. Střelice“

Investor: Ministerstvo zemědělství ČR – Pozemkový úřad Brno-venkov

Projektant: Ing. Tomáš Racek

Projekt byl zadán v prosinci roku 2006, stavební povolení bylo uděleno v květnu roku 2007.

Stavbu provede firma, která byla vybrána na základě výběrového řízení.

Staveniště je mimo zastavěnou část obce v lokalitách Haneky a Mastné hory. Úprava cesty je navržena v délce 1055 m. Cesta vede do místní chatové oblasti ve směru JV - SZ. V jejím podloží se nachází hlíny a písčité jíly. Cesta C4 je široká 4metry (3 m + 2 x 0,5 m krajnice).

Cesta bude zpevněna do hloubky 34 cm – 25 cm bude tvořit štěrkodrt', na ni bude navazovat 5 cm silná vrstva obalovaného kameniva a povrch vozovky bude tvořit asfaltový beton o tloušťce 4 cm.

Původní 12,5 m dlouhý propustek na 260. metru bude nahrazen novým na 250. m. Svahy vtoku budou zpevněny melioračními deskami. Cesta bude odvodněna podélnou drenáží do zasakovací jámy.

V rámci tohoto projektu jsou řešeny protierozní zasakovací pásy navazující na řešenou cestu. Pásy budou osázeny vhodnými ovocnými stromy (viz příloha 18).

Projekt „Poldr P02 s vyústěním“

Investor: Ministerstvo zemědělství ČR – Pozemkový úřad Brno-venkov

Projektant: firma Agroprojekt PSO s. r. o. Brno, vedoucí projektant: Ing. František Marcián

Projekt financovala obec Střelice. Projekt byl zadán v lednu roku 2007 a je dokončen. V současné době je ve vodoprávním řízení, tzn., že čeká na udělení stavebního povolení pro vodní díla. Stavbu provede firma, která byla vybrána na základě výběrového řízení. Poldr leží mimo zastavěnou část obce v jižní části k.ú. v lokalitách Háčky, Čtvrťky a Štogravy. Bude sloužit k zachycení povodňové vlny a naplavenin z okolních polí. Vody budou odváděny potrubím a příkopem do místní vodoteče Střelický potok.

Technické parametry: výška sypané hráze 5 m, šířka hráze 3 m, délka hráze 111 m; plocha jezera při H_{\max} 2,5 ha (viz přílohy 19 a 20).

10 ZÁVĚR

Eroze je přírodní proces, při kterém činností vody, větru a ledu dochází k rozrušování půdního povrchu a transportu půdních částic. Slovo „eroze“ pochází z latiny, je odvozeno od slova „erodere“, což znamená rozhlodávat. Pojem eroze půdy (Soil erosion) vyjadřuje mechanické rozrušování půdy převážně vodou a větrem. Uvolněné půdní částice jsou transportovány a poté usazovány na jiném místě.

Půda je základní složkou životního prostředí a stále ještě nezastupitelným výrobním prostředkem v zemědělství. Eroze ochuzuje zemědělskou půdu o její nejurodnější část, o ornici. Eroze zhoršuje fyzikálně chemické vlastnosti půd, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živina humusu v půdě, způsobuje ztráty osiv, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Vodní erozí uvolněné půdní částice obsahují nebezpečné látky, které znečišťují vodní zdroje, zanášejí vodní nádrže, zhoršují prostředí vodních organismů. Velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace apod. Větrná eroze způsobuje škody na klíčících rostlinách, zvířené částičky hornin znečišťují ovzduší, velké škody způsobuje také navátá ornice.

Vodní a větrná eroze ohrožuje nejvíce půdní plochy. Vodní erozí je celkově postižena bezmála 1,1 miliarda hektarů orné půdy, větrnou pak téměř 550 milionů hektarů orné půdy na světě. V Evropě podléhá vodní a větrné erozi 114 a 42 milionů hektarů orné půdy.

V České republice je vodní erozí ohroženo 52 % zemědělské půdy. Mezi nejvíce postižené oblasti patří v Čechách okres Semily, Jablonec nad Nisou, Liberec, Děčín, Ústí nad Labem a Most; na Moravě zejména okresy Vyškov, Břeclav, Hodonín, Uherské Hradiště, dále Vsetín, Nový Jičín a Šumperk.

Větrnou erozí je v České republice ohroženo 10 % ploch zemědělské půdy. Mezi problémové lokality řadíme Polabí a oblast Podkrušnohorských pánví. Na Moravě jsou to okresy Hodonín, Břeclav, Brno-venkov a Znojmo.

Vodní i větrná eroze postihuje převážně úrodné zemědělské oblasti s výskytem cenných černozemí, což způsobuje zemědělcům nemalé škody. Proto jsou nanejvýš nutné realizace protierozních opatření. Jde zejména o tyto druhy PEO: terasování svahů, protierozní obdělávání plodin, hrazení bystřin a strží, budování ochranných lesních pásů a větrolamů. Protierozní opatření znatelně omezí působení přírodních sil a jejich následky nejen na porostech a zemědělských půdách, ale i na lidských životech. Zásahy do přírody však musí být jen v takové míře, aby se s nimi dokázala vyrovnat.

Práce obsahuje zkrácené a upravené verze tří studií erozí postižených lokalit s návrhy protierozních opatření. Jedná se o komplexní posouzení a shrnutí účinků větru na erozi půdy

v Jihomoravském kraji, dále o vodní erozi postižené plochy v katastrálním území obce Hovorany v okrese Hodonín, a dále o shrnutí dopadů vodní eroze půdy v katastrálním území obce Střelice v okrese Brno-venkov.

Ze studie pro Jihomoravský kraj vyplývá, že je nutné provést nebo dokončit KPÚ ve sledovaných katastrálních územích včetně návrhů konkrétních protierozních opatření. V případě obce Hovorany byly přesněji vymezeny lokality pro zbudování zatravnovacích a zasakovacích pásů, asanace strží a pro pásové střídání zemědělských plodin. V katastrálním území obce Střelice již byly zpracovány KPÚ včetně návrhu PEO. Na jejich základě byly vytvořeny konkrétní projekty PEO (suchý poldr, zpevnění polních cest a vhodné zasakovací pásy). Na tyto projekty jsou podány žádosti o dotace ze strukturálních fondů životního prostředí Evropské unie.

11 SUMMARY

Word “erosion” has been of Latin origin. Erosion is natural process. Soil erosion means mechanical soil damaging mainly by water and wind. Free particles of soil are transported by air and then they are accumulated on another places like warps and wind-borne sediments.

Soil is basic component of the environment and non-renewable resource of agriculture. Farmland is depleted of the most fertile part, plough layer. Because of erosion become lower content of nutrients and humus. Erosion caused loss of seeds, fertilizers and spatters for crops protection. Particles of soil contain pollutants dangerous for water sources. Dams and water reservoirs become silting by alluvial drift soils such that living conditions for aquatic organisms become worse. Spates damaged buildings, communications and so on. Wind erosion had a negative influence on young seedlings, atmosphere become polluted by particles of soil in whirlwind.

By the water erosion and deflation is damaged the largest soil area. Overall almost 1,1 milliard hectares of arable land are struck by water erosion and by wind erosion suffer nearly 550 million hectares of arable land throughout the world. In Europe is damaged by water and wind erosion 114 and 42 million hectares of arable land.

In Czech Republic is hit by water erosion 52 % of agricultural soil. Depressed areas in Bohemia are districts such as Semily, Jablonec nad Nisou, Liberec, Děčín, Ústí nad Labem and Most. Damaged areas in Moravia and Silesia are especially these districts: Vyškov, Břeclav, Hodonín, Uherské Hradiště, far fewer Vsetín, Nový Jičín and Šumperk.

Ten percent of agricultural land in Czech Republic is caused damage by deflation. Among problematic localities belongs catchment area of river Elbe and coalfields in foothills of Krušné hory. In Moravia in particular South Moravia are damaged districts as Hodonín, Břeclav, Brno-venkov and Znojmo.

Water and wind erosion damage predominantly fertile agriculture areas with appearance of high-yielding black lands and this caused disadvantages for farmers. For this way are extremely necessary soil complementation measures, for example benching, erosion control planting, regulations of mountain streams, gully plugging, and forest shelterbelts and windbreaks construction. These precautions really decrease influence of natural elements and their consequences not only on plant cover and agricultural land but also on human lives. But pay attention to in order that human intervention will be very gently towards nature.

Diploma thesis includes epitomes and modified versions of three pilot projects with soil complementation measure propositions. It comes about water erosion damaged areas in

cadastral territory of village Hovorany in Hodonín district, then about global solution influences of wind to soil erosion in Jihomoravský kraj, and then about summary of water erosion fallout in cadastral territory of village Střelice in Brno-venkov district.

From the pilot project for Jihomoravský kraj resultst that is necessary realize finish reallocations of land and soil complementation measures in selected cadastral territories.

In case of village Hovorany there was definite locations for grass-covered and infiltration belts, gully plugging and erosion control planting.

In cadastral territory of village Střelice was already finished drafts of reallocations of land and soil complementation measures, in whose principle was realized specific projects of soil complementation measures, like dry retention reservoir and infiltration belts. For these projects are submit applications for grants from European union structural environmental fund.

12 LITERATURA

Brázdil, R. a kol.: *Vybrané přírodní extrémny a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku*. [Selected natural extremes and their impacts in Moravia and Silesia], Brno: Masarykova univerzita; Praha: Český hydrometeorologický ústav; Ostrava: Ústav geoniky Akademie věd České republiky, v.v.i., 2007, 432 s.

Holešovský, J.: *Možnosti zkvalitnění životního prostředí vybraných druhů zvěře v honitbě „Výrovka“ Střelice*. [Diplomová práce] Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 2004, 82 s.

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

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

Kolektiv autorů: *Problémová studie „Větrná eroze půdy v Jihomoravském kraji a návrh jejího řešení*. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2005, 123 s., interní materiál.

Kubát, K. – Hrouda, L. – Chrtěk, J. jun. – Kaplan, Z. – Kirschner, J. & Štěpánek, J. [eds.]: *Klíč ke květeně České republiky*. [Key to the Flora of the Czech Republic], Praha, Academia, 2002, 928 s.

Obec Střelice u Brna: *Materiály k projektům Zpevnění cesty C4 a Poldr PO2 s vyústěním*, 2006.

Podhrázká, J. – Dufková, J.: *Protierozní ochrana půdy*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Agronomická fakulta Brno, 2005, 99 s.

Podhrázká, J. a kol.: *Studie protierozní a protipovodňové ochrany v k. ú. Hovorany* [CD-ROM]. Brno, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, Oddělení pozemkových úprav Brno, 2006, 48 s., interní materiál.

Stehlík, O.: *Vývoj eroze půdy v ČSR – svazek 72 z edice Studia geographica*. Brno, Geografický ústav ČSAV Brno, 1981, 37 s.

Švehlík, R.: *Větrná eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech*. – Sborník Přírodovědeckého klubu v Uherském Hradišti, Supplementum 8, 80 pp, [b.m.], Českomoravská komora pro pozemkové úpravy, 2007, 40 s., interní materiál.

Vysoudil, M.: *Meteorologie a klimatologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geografie, UP Olomouc, 2004, 281 s.

POUŽITÉ ZDROJE

Encyklopedie Co je co [online]. © 2008 [cit. 2008-03-16]

Dostupné z: <<http://pes.cojeco.cz>>

Internetové stránky cestovatele Jana Bednáře [online]. © 2008 [cit. 2008-03-16]

Dostupné z: <<http://www.honbed.com>>

Internetové stránky Badlands National Park [online]. © 2008 [cit. 2008-03-15]

Dostupné z: <<http://www.badlands.national-park.com>>

Internetové stránky obce Ralsko [online]. [cit. 2008-03-16]

Dostupné z: <<http://www.sweb.cz/ralsko-obec/index1.htm>>

Mapa eroze půdy a sesuvných území ČSR, 1: 1 000 000. Praha, GgÚ ČSAV, 1967.

Mapa potenciální ohroženosti zemědělských půd vodní erozí v ČR [Map of potential endangering of agricultural soils by water erosion in the Czech Republic] [online]. [cit. 2008-01-01]. Dostupné z: <http://www.mze.cz/attachments/0_Map1>

Mapa potenciální ohroženosti zemědělských půd větrnou erozí v ČR [Map of potential endangering of agricultural soils by wind erosion in the Czech Republic] [online]. [cit. 2008-01-01]. Dostupné z: <http://www.mze.cz/attachments/0_Map2>

Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2007 [Statistical environmental yearbook of the Czech Republic 2007] [online]. © 2008 [cit. 2008-04-19]

Dostupné z: <<http://www.cenia.cz>>

Vyhláška Ministerstva zemědělství číslo 327/1998 Sb. – Charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci, změna: 546/2002 Sb. [online]. © 2007 [cit. 2008-03-18].

Dostupné z: <http://www.mze.cz/attachments/vyhlaska_BPEJ_a_aktualizace>

Wikipedia, The free encyclopedia-Part-per notation [online]. © 2001 [cit. 2008-03-08]

Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Parts_per_million>

Zkratky – první česká databáze zkratk [online]. [cit. 2008-03-08]

Dostupné z: <<http://www.zkratky.net>>

13 PŘÍLOHY

- Příloha 1: Stupeň ohrožení zemědělských půd vodní erozí v ČR
- Příloha 2: Stupeň ohrožení zemědělských půd vodní erozí v Jihomoravském kraji
- Příloha 3: Stupeň ohrožení zemědělských půd větrnou erozí v ČR
- Příloha 4: Stupeň ohrožení zemědělských půd větrnou erozí v Jihomoravském kraji
- Příloha 5: Mapa sesuvných území a eroze půdy (12. 1 – Geomorfologie II, Praha 1966)
- Příloha 6: Mapa ohrožení půd vodní erozí v k.ú. Hovorany
- Příloha 7: Potenciální ohroženost větrnou erozí podle ohroženosti orné půdy v kat. územích
- Příloha 8: Přehledná situace účinnosti stávajících větrných bariér
- Příloha 9: Ohrožení orné půdy v kategorii 4, 5 a 6 v okrese Břeclav
- Příloha 10: Ohrožení orné půdy v kategorii 4, 5 a 6 v okrese Hodonín
- Příloha 11: Účinnost stávajících větrných bariér v okrese Břeclav a Hodonín
- Příloha 12: Účinnost stávajících větrných bariér v okrese Znojmo a Brno-venkov
- Příloha 13: Celkové škody způsobené větrnou erozí v jednotlivých kat. územích JMK
- Příloha 14: Průměrné škody způsobené větrnou erozí na 1 ha v jednotlivých kat. úz. JMK
- Příloha 15: Přehledná situace vyhodnocení odolnosti území JMK proti větrné erozi
- Příloha 16: Stav rozpracovanosti PÚ a odolnosti k.ú. v Jihomoravském kraji
- Příloha 17: Přehled lokalit v k. ú. Střelice u Brna ohrožených vodní erozí
- Příloha 18: Projekt „Zpevnění polní cesty C4 v k. ú. Střelice“ – situace
- Příloha 19: Projekt „Poldr P02 s vyústěním“ – širší vztahy
- Příloha 20: Projekt „Poldr P02 s vyústěním“ – situace
- Příloha 21: Fotodokumentace