



Pavel Nerušil, Alois Kohoutek, Věra Odstrčilová,
Milan Vach, Miloslav Javůrek, Zdeněk Stražil

Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách

Certifikovaná metodika pro praxi



Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2015

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Výzkumný tým obhospodařování a využívání trvalých travních porostů



Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách

Ing. Pavel Nerušil, Ph.D.
Ing. Alois Kohoutek, CSc.
Ing. Věra Odstrčilová, Ph.D.
Ing. Milan Vach, CSc.
Ing. Miloslav Javůrek, CSc.
Ing. Zdeněk Stražil, CSc.

Certifikovaná metodika pro praxi

VYUŽITÍ MINIMALIZAČNÍCH A PŮDOOCHRANNÝCH TECHNOLOGIÍ PRO SNÍŽENÍ VODNÍ EROZE NA OBDEĚLÁVANÝCH PŮDÁCH

Hlavním cílem této metodiky je dostat do povědomí odborné zemědělské veřejnosti poznatky o ochraně půdy před vodní erozí, zejména s ohledem na její degradační vliv na půdní fond a dlouhodobou nápravu způsobených škod. Měla by být rovněž apelem na zodpovědné a důsledné využívání vhodných protierozních opatření, protože snahou nejen odborné, ale i široké veřejnosti by mělo být zajištění trvalé udržitelnosti půdní úrodnosti nejen pro dnešní generace, ale i pro budoucnost. A právě vhodně zvolený způsob hospodaření, využívání technologií, které na půdě, ohrožené erozí brání eroznímu smyvu půdy a podporují zasakování vody do půdy, jsou tím správným způsobem, jak dosáhnout splnění tohoto cíle.

Klíčová slova: vodní eroze, její příčiny a důsledky, protierozní opatření, půdoochranné technologie zpracování půdy, organická hmota v půdě, zvyšování půdní úrodnosti

THE USE OF MINIMIZATION AND CONSERVATION TILLAGE TECHNOLOGIES IN ORDER TO REDUCE WATER EROSION ON CULTIVATED LANDS

The main objective of this methodology is to present the latest knowledge on protection of agricultural lands from water erosion to wide professional agricultural public with respect to its degradation effect on soil and long-term remedy of damage caused. It should also be appealing to responsible and consistent use of soil erosion control measures, because ensuring the sustainability of soil fertility not only for the present generation but for the future should be an effort for both professionals and also the general public. And just choose a convenient methods of agricultural land management, use of soil tillage technologies that prevent water erosion runoff and support rainfall water infiltration into the soil are being the right way to achieve that goal.

Keywords: water erosion, its causes and consequences, erosion control measures, conservation soil tillage technologies, organic matter in soil, soil fertility increasing.

Certifikovaná metodika pro praxi vznikla za finanční podpory TAČR a je výstupem řešení projektu č. TA02021257 „Optimalizace provozu bioplynové stanice s prizmatickými fermentory v modelovém zemědělském podniku ve vztahu k zemědělské soustavě a životnímu prostředí“ (80 %) a projektu MZe - RO0415 (20 %).

Autorský kolektiv

Ing. Pavel Nerušil, Ph.D., Ing. Alois Kohoutek, CSc., Ing. Věra Odstrčilová, Ph.D.,
Ing. Milan Vach, CSc., Ing. Miloslav Javůrek, CSc., Ing. Zdeněk Stražil, CSc.

Oponenti:

Ing. Michaela Budňáková, Ministerstvo zemědělství ČR Praha
prof. Ing. Josef Hůla, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha

Publikace neprošla jazykovou přípravou.

Metodika je určena zemědělcům a pracovníkům v zemědělském poradenství
Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR pod č.j. 68549/2015 MZE/17221.
Ministerstvo zemědělství doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

© Pavel Nerušil, Alois Kohoutek, Věra Odstrčilová, Milan Vach, Miloslav Javůrek, Zdeněk Stražil
© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6 – Ruzyně, 2015

ISBN 978-80-7427-180-9

OBSAH

1. Úvod	4
2. Cíle metodických doporučení	4
3. Teoretický úvod do problematiky	4
3.1. Charakteristika a aspekty vodní eroze	4
3.2. Formy vodní eroze	6
3.3. Příčiny vodní eroze	7
3.4. Důsledky vodní eroze	9
4. Nástroje státu k ochraně půdy DZES	10
5. Metodická doporučení ke snížení účinků vodní eroze	12
5.1. Organizační	12
5.1.1. Optimální tvar a velikost pozemku	12
5.1.2. Vhodné umístění pěstovaných plodin	12
5.1.3. Pásové pěstování plodin	12
5.2. Agrotechnická	12
5.2.1. Půdoochranné technologie	12
5.2.2. Ostatní agrotechnická protierozní opatření	17
5.3. Technická	18
6. Závěr	18
7. Srovnání novosti metodických doporučení	19
8. Ekonomický přínos metodických doporučení	19
9. Popis uplatnění metodiky	19
10. Seznam použité související literatury	20
11. Seznam publikací, předcházejících metodice	20

1. ÚVOD

Podle definice Organizace Spojených Národů je půda, jakožto jeden z hlavních zdrojů biosféry, " *nenahraditelný, avšak limitovaný přírodní zdroj; v případě postupující degradace a její ztráty se stává tento zdroj v mnoha částech světa rozhodující pro další rozvoj lidské společnosti. Jestliže by půda přestala existovat, přestane existovat biosféra s ničivými následky pro lidstvo*".

Jedním z hlavních aspektů intenzifikace zemědělské výroby v nedávné minulosti byla tvorba velkých půdních celků. Výrazné zvýšení podílu orné půdy a výrobní plány zemědělských družstev předepisovaly minimální výměry jednotlivých druhů pěstovaných plodin bez ohledu na geografické poměry regionu. Používání strojních souprav o vysoké hmotnosti a velkém pracovním záběru vyžadovalo velké bloky půdních celků, pokud možno s monokulturami, a způsob obdělávání pozemků mnohdy nerespektoval zásady protierozní ochrany. Nedostatečná agronomická práce a nesprávné rozhodování měly za následek pokles půdní úrodnosti, což bylo eliminováno zvyšováním intenzity hnojení průmyslovými hnojivy v dávkách, které většinou nebyly schopny pěstované plodiny využít. Tyto látky pak byly spolu s půdními částicemi transportovány do vodních toků a nádrží, kde byly pro zemědělskou výrobu nenávratně ztraceny.

Intenzivní využívání půdy pro zemědělskou výrobu a velkoplošné odlesňování porušilo postupně přirozený kryt půdy a vystavilo její povrch působení erozivních sil. Rozvinula se eroze, spočívající v destrukčním účinku vody a větru na půdní povrch. Eroze vede ke ztrátě nejurodnější vrstvy půdy, jejíž nahrazení a obnova do původního stavu trvá stovky let. Problém eroze zemědělsky využívaných půd je problémem celosvětovým, který má za následek každoroční úbytek tisíců km² zemědělské půdy. Na celém světě každoročně zmizí v důsledku působení eroze asi 24 miliard tun ornice. Odpovídá to takovému množství ornice, které se nachází na veškerých pozemcích v Austrálii, kde se pěstuje pšenice. Ztráta produkce, vzniklá takovouto degradací půdy, odpovídá devíti milionům tun potenciální sklizně obilí.

2. CÍLE METODICKÝCH DOPORUČENÍ

Zavedení a systematické využívání doporučených, lokálně vhodných protierozních opatření v zemědělských podnicích a na farmách s ohledem na cíle a strukturu rostlinné produkce, na půdní vlastnosti a geomorfologickou charakteristiku území, zejména v erozí ohrožených produkčních oblastech.

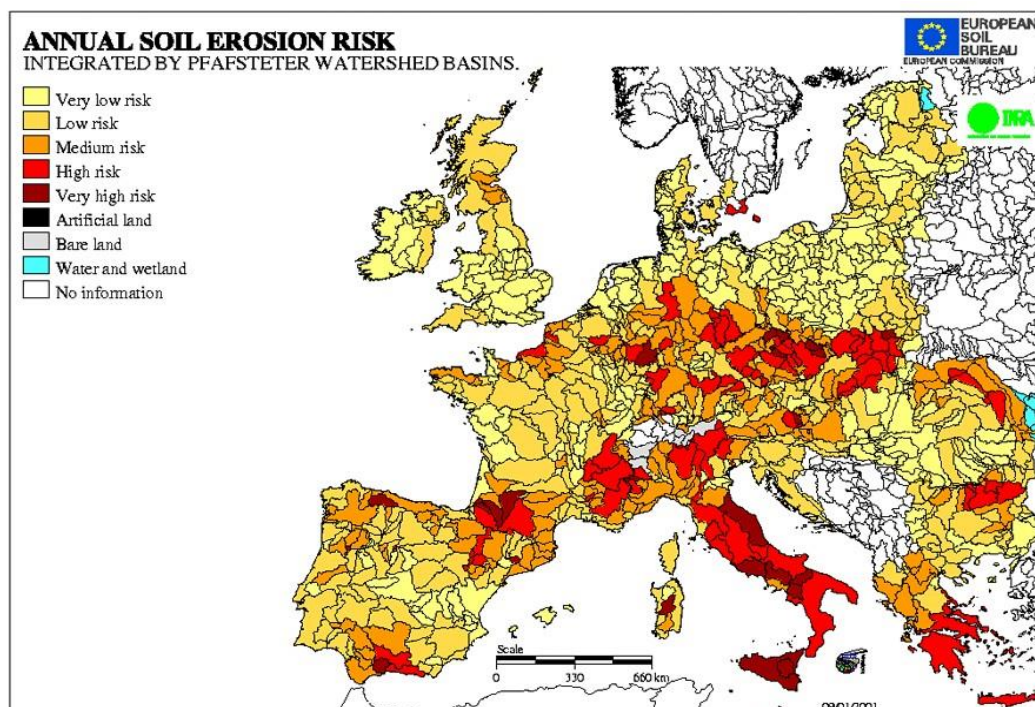
3. TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY

3.1. Charakteristika a aspekty vodní eroze

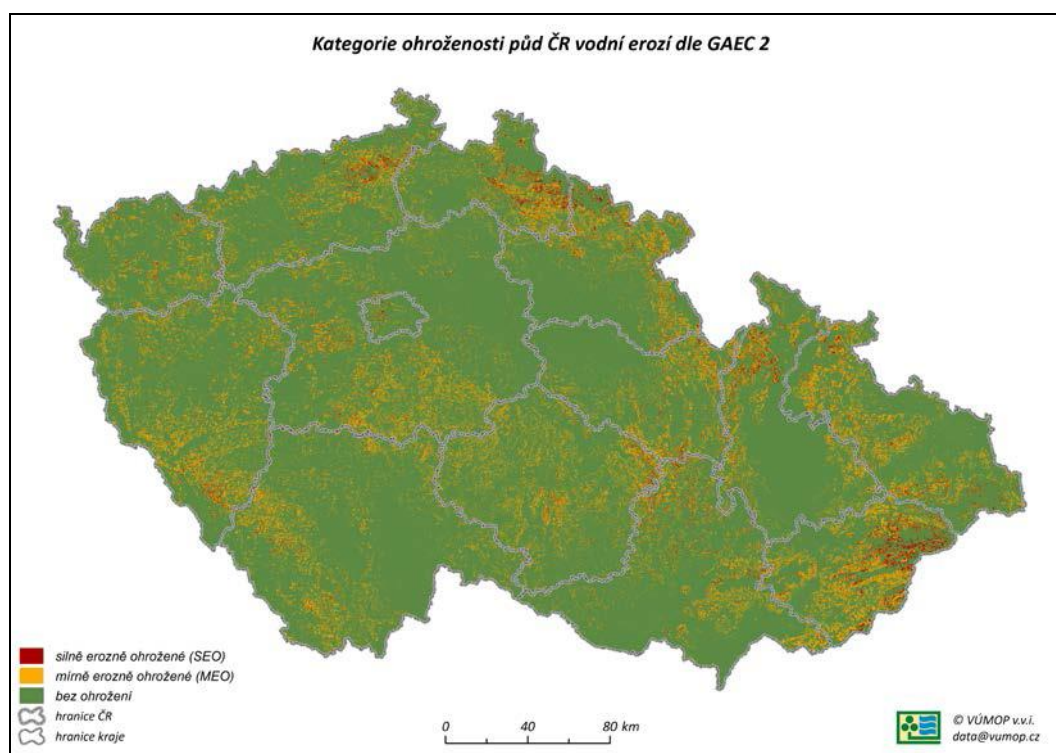
V řadě zemí světa, zejména tam, kde zaznamenávají růst populace, má půdní eroze nejen své ekologické důsledky, ale i výrazné ekonomické dopady. Úbytek orné půdy, způsobený degradací vlivem půdní eroze, způsobuje pokles zemědělské produkce, potažmo nedostatek potravin a tím i ekonomické problémy země. Obrázek č. 1 vyjadřuje stupeň ohrožení půdy erozí v Evropě podle šetření Evropského výboru pro půdu v Bruselu.

V současné době je v ČR více než polovina zemědělské půdy ohrožena vodní erozí a desetina větrnou erozí. Za posledních 30 let se degradace půdy vlivem vodní eroze výrazně zrychlila. Nejčastější příčinou zrychlené míry eroze na zemědělské půdě je nevhodný způsob hospodaření; zejména intenzivní zemědělská činnost bez zřetele na zásady ochrany půdy a půdní úrodnosti, nevhodné scelování pozemků, pěstování monokultur, nesprávná

agronomická praxe, absence hluboko kořenících kultur (zejména píce) v osevních postupech, rušení krajinných prvků, absence zatravněných pásů či teras, obhospodařování půdy bez ohledu na svažitost pozemků, či pěstování erozně nebezpečných plodin na svažitých pozemcích (např. kukuřice, slunečnice, brambory atd.).



Obr. 1: Různý stupeň rizika eroze půdy v Evropě.



Obr. 2: Stupeň rizika vodní eroze v České republice (podle VÚMOP, v.v.i.).

Tab. 1: Míra ohrožení vodní erozí v ČR (Zdroj: eroze.sweb.cz 2006).

Ohrožení vodní erozí	Velmi slabé	Slabé	Střední	Silné	Velmi silné	Extrémní
Smyv půdy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]	do 1,5	1,6–3,0	3,1–4,5	4,6–6,0	6,1–7,5	7,5 a více
Procento výměry zemědělské půdy	3	26	25	17	11	18

Na rozdíl od výše uvedené tabulky, kde v kategorii střední – extrémní ohrožení zemědělské půdy vodní erozí je uváděno 71 % výměry, pak zdroj *issar.cenia.cz* z roku 2014 uvádí, že na území ČR je v kategorii mírně ohrožené až neohroženější půdy potenciálně ohroženo 35,9 % zemědělské půdy vodní erozí a 18,4 % větrnou erozí. Z toho silně až extrémně silně je ohroženo v případě vodní eroze 7,4 % ZPF (dle dlouhodobého průměrného smyvu půdy) a v případě větrné eroze 5,1 % ZPF. Lze jen těžko předpokládat, že by se za 8 let tak zásadně snížilo v ČR ohrožení půdy vodní erozí. Z porovnání údajů je tedy patrné, že provádění takovýchto odhadů je velmi složité a že záleží na tom, z jakých výzkumů a dat jednotlivé zdroje vycházejí. Na obrázku č. 2 je znázorněn stupeň rizika ohroženosti půd vodní erozí v jednotlivých kategoriích podle GAEC 2 (VÚMOP).

Rámcový způsob hospodaření zabraňující další erozi půdy je doporučen celkem u 51,2 % zemědělské půdy v ČR. Z hlediska vývoje od roku 2010 lze konstatovat stagnující trend, na většině ploch erozí ohrožených půd není prováděna systematická ochrana, která by omezovala ztráty půdy, resp. bránila další degradaci půdního profilu.

Půdní eroze je přirozený proces, působící na půdu, vlivem erozních, většinou biotických činitelů. Vyskytuje se jako dlouhodobě působící faktor, který modeluje povrch planety ve všech geologických dobách. Nejrozšířenějším činitelem, způsobující erozi půdy je voda, dále proudění vzduchu a ve specifických lokalitách může být půda erodována ledovcem. Půdní eroze způsobená činností vody, větru a ledovců je třífázový proces. První fází je uvolňování částic z půdní hmoty, druhou je jejich transport uvedenými činiteli a třetí fází je ukládání materiálu, k němuž dochází tehdy, ztratí-li erodující činitel energii, nutnou k transportu půdních částic.

V přirozených podmínkách probíhá erozní činnost půdy pozvolna. Nedochozí tak k porušení přírodní rovnováhy a ztráta půdní hmoty se většinou stačí nahradit půdotvorným procesem z půdního substrátu. Avšak v intenzivně zemědělsky využívané krajině se proces eroze výrazně zrychluje, dochází k porušení přírodní rovnováhy a v průběhu eroze vznikají takové ztráty půdních částic, živin a dalších půdních komponent, které nemohou být půdotvorným procesem nahrazeny.

3.2. Formy povrchové vodní eroze

Formy vodní eroze je nutno znát z toho důvodu, aby bylo možno konstatovat, zda vodní eroze na pozemku vůbec probíhá, popřípadě vyhodnotit její projevy. V podstatě lze vodní erozi na zemědělské půdě rozlišit na erozi *plošnou* a erozi *výmolovou*. Přechod mezi nimi není striktně ohraničený, je pozvolný a souvisí se změnou plošného odtoku vody v odtok koncentrovaný. Průběh erozního procesu je možné doložit rovněž změnami půdního povrchu, vznikajícími v důsledku dalších fází eroze a to je transport částic a jejich ukládání.

3.2.1. Plošná vodní eroze

Plošná eroze je charakterizována rozrušováním a smyvem půdní hmoty víceméně rovnoměrně na celém území. Jejím prvním stupněm je eroze *selektivní*, při níž povrchový odtok odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické látky. Dochází ke změně půdní textury a obsahu živin v půdě. Půdy podléhající selektivní erozi jsou postupně hrubozrnější a mají snížený obsah živin. Půdy obohacené smyvem jsou jemnozrnější a jsou bohaté na živiny. Selektivní eroze probíhá zvolna, není tak nápadná, protože nezanechává viditelné

stopy. Na založeném porostu se může projevit odlišnou intenzitou růstu, kdy na akumulovaném smyvu jsou rostliny mohutnější v důsledku vyššího obsahu živin v půdě.

Při větší kinetické energii povrchově stékající vody a polymorfním složení půdního profilu (střídání málo odolných a odolnějších vrstev) dochází ke smyvu půdní hmoty ve vrstvách. Podle toho se tato eroze nazývá eroze *vrstevná*. Projevuje se na celé ploše svahu nebo probíhá v širokých pruzích v závislosti na reliéfu povrchu. Dochází při ní obvykle ke ztrátě celé orníční vrstvy. Pokud taková eroze přijde bezprostředně po založení porostu, dojde k vyplavení nejenom použitých agrochemikálií, ale i zasetého osiva.

3.2.2. Výmolová vodní eroze

Výmolová vodní eroze vzniká postupným soustředěním povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy, postupně se prohlubující.

Prvními stadii jsou eroze *rýžková* a *brázdová*. Při rýžkové erozi vznikají v půdním povrchu drobné úzké zářezy, které vytvářejí na postiženém svahu hustou síť. Brázdová eroze se vyznačuje mělkými širšími zářezy, jejichž hustota na svahu je menší než u eroze rýžkové. Vzhledem k tomu, že rýžková a brázdová eroze postihují obvykle velkou část povrchu svahu, označuje se tato eroze často jako nejvyšší stadium plošné eroze.

Z rýžek a brázd vznikají pokračujícím soustředěným odtokem hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně prohlubují. Jsou výsledkem *rýhové* eroze. Ta pak přechází ve vyšší stupeň - erozi *výmolovou* a ta v nebezpečnou, území devastující erozi *stržovou*. Eroze výmolová vzniká v místech koncentrace a soutoku přívalových vod v úžlabinách, údolnicích, cestách, příkopech a je podmíněna nejen typem terénu, ale i dostatečnou plochou sběrného území a zejména pak půdními vlastnostmi.

3.3. Příčiny povrchové vodní eroze

Erozní procesy vznikají interaktivním působením přírodních a antropogenních činitelů, které je vyvolávají. Nejvýznamnějšími činiteli jsou:

- atmosférické srážky a povrchový odtok
- morfologie území
- vlastnosti půdy
- pokryv půdy vegetací
- způsob obhospodařování půdy
- nedostatek organické hmoty v půdě

3.3.1. Srážky a povrchový odtok

Vznik a průběh erozních procesů je ve většině případů vyvolán přívalovými srážkami, které jsou charakterizovány vysokou intenzitou, krátkou dobou trvání a malou zasaženou plochou. Zvláště nebezpečné jsou zejména extrémní přívalové deště, s úhrnem srážek nad 20 mm. Povrchový odtok, vznikající z těchto srážek rychle narůstá a má výrazné erozní a transparentní charakteristiky. Nejedná se jen o dešťové srážky, v některých případech může být významným erozním faktorem povrchový odtok z tajícího sněhu. Erozní účinek dešťových srážek je dán jejich kvalitativními charakteristikami, především jejich intenzitou a kinetickou energií, nebo jejich kombinací.

3.3.2. Morfologie území

Vodní erozi výrazně ovlivňují sklon, délka a tvar svahu, v menší míře se také uplatňuje expozice svahu.

Sklon svahu je jedním z rozhodujících erozních faktorů. Jeho vliv může být ostatními faktory (např. vegetačním, půdním i hospodářsko-technickým faktorem) zeslaben, nikdy však plně potlačen.

Vliv délky svahu není jednoznačný a v důsledku působení ostatních faktorů se neprojevuje vždy stejně výrazně. Zpravidla však při rostoucí délce svahu a dostatečně dlouhé době trvání deště, převyšující dobu koncentrace povrchového odtoku, se intenzita eroze zvyšuje podle exponenciální závislosti.

Tvar svahu (konvexní, konkávní, kombinovaný svah) výrazně ovlivňuje intenzitu eroze v některých jeho částech.

3.3.3. Vlastnosti půdy

Rozhodující pro vznik vodní eroze jsou zvláště fyzikální vlastnosti půdy, zejména, textura, struktura, obsah organické hmoty, vlhkost půdy, zhuštěním některých vrstev půdního profilu apod. Tyto vlastnosti určují objem a časový průběh infiltrace vody do půdy a tím ovlivňují tvorbu povrchového odtoku. Současně určují odolnost půdy proti destruktivním účinkům dešťových kapek a povrchového odtoku a možnosti transportu uvolněných půdních částic.

Obecně platí, že nejvíce odolné k erozi jsou půdy s vysokým podílem velkých písčitéch částic (půdy písčité), dále pak půdy jílovité s vysokým podílem jílovité frakce, vyznačující se silným soudržným účinkem. Nejméně odolné proti erozi jsou půdy hlinité s velkým podílem částic prachové kategorie, které jsou snadno uvolnitelné a transportovatelné. Za obzvláště náchylné k vodní erozi jsou považovány spraše.

Geologické poměry působí na erozní procesy nepřímou, kdy jako matečný substrát ovlivňují některé půdní vlastnosti. Jejich přímý vliv se projevuje při působení erozních činitelů na obnažený geologický podklad.

3.3.4. Pokryv půdy vegetací

Rostoucí vegetace ovlivňuje průběh a intenzitu erozních procesů tím, že chrání půdní povrch před přímým dopadem dešťových kapek, podporuje infiltraci srážkové vody do půdy, zmírňuje povrchový odtok a smyv půdních částic zpevněním půdy kořenovým systémem a zlepšením celkových fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy.

Podle účinnosti ochrany vegetačního krytu před vodní erozí půdy je možno seřadit jednotlivé druhy vegetace do následujícího pořadí:

1. lesní porost
2. trvalé travní porosty
3. dočasné travní porosty půdy
4. úzkořádkové plodiny (obiloviny, řepka, apod.)
5. širokořádkové plodiny (kukuřice, řepa, brambory)

3.3.5. Způsob obhospodařování půdy

Hospodářsko-technická charakteristika hospodaření na půdě spočívá především v systému obhospodařování půdy, který zahrnuje technologie zpracování půdy a zakládání porostů pěstovaných plodin, druhy techniky, kterými se jednotlivé technologie realizují. Dále ve volbě a plošném rozmístění kultur v terénu, v jejich zařazení do vhodného osevního postupu a v realizaci různých technických opatření. Je důležitým činitelem, který může kladným i záporným způsobem ovlivnit intenzitu erozních procesů.

3.3.6. Nedostatek organické hmoty v půdě

Neméně významnou příčinou vodní eroze půdy, než příčiny výše uvedené, je nedostatek organické hmoty v půdě. Význam organické hmoty v půdě spočívá v zásadním vlivu na

stabilitu půdních agregátů a na jejich odolnost proti rozplavování dešťovou vodou. Za pomoci organických látek huminové povahy, které jsou produktem přeměny organické hmoty v půdě, jsou stmelovány jednotlivé půdní částice do formy půdních agregátů, mezi kterými vznikají póry. Soudržnost půdních agregátů tak hraje důležitou roli v ochraně půdy proti transportu půdních částic a pórovitost půdy má rozhodující význam pro infiltraci vody do půdy a tím omezení povrchového odtoku. Schopnost infiltrace srážkových vod má dále vliv na akumulaci vlastností půdy pro vodu, čímž se zvyšuje retenční schopnost krajiny a zároveň klesá riziko povodňových škod a snižuje se nepříznivý vliv dlouhých období sucha na rostlinnou produkci. Nezanedbatelný je rovněž pozitivní vliv organické hmoty na odolnost půdy vůči utužení orničních a podorničních vrstev půdy, které zpomaluje infiltraci vody do půdy. Půda, dostatečně zásobená organickou hmotou, je odolnější vůči tlakům při pojezdech těžké mechanizace po pozemcích.

Organická hmota je rovněž zdrojem energie pro půdní mikroorganismy, které se významnou měrou podílejí na koloběhu živin v půdě, na tvorbě humusu, na zlepšování půdních vlastností a na zvyšování půdní úrodnosti. Patří k významným faktorům půdotvorného procesu a má tak nezastupitelnou roli při obnově půd, poškozených nejen vodní erozí, ale i dalšími formami degradace půdy.

3.4. Důsledky povrchové vodní eroze

Hlavní důsledky vodní eroze můžeme rozdělit do následujících tří skupin:

1. Ztráta půdy
2. Transport a sedimentace půdních částic
3. Transport chemických látek

3.4.1. Ztráta půdy

Ztráta půdy při erozních procesech postihuje nejvíce zemědělství. Ztráta je trvalá, protože ani v případě, že půda ve formě sedimentu je po svém zachycení vytěžena, pouze zcela výjimečně se vrací zpět na pozemek. Uvolňování a odnos částic se často děje ve velkém měřítku. Mnohdy se při intenzivních srážkách smyje mělká půdní vrstva a obnaží se půdní podklad, což má při dlouhodobém procesu tvorby nové půdy pro zemědělskou i lesní výrobu velmi nepříznivé důsledky.

Vodní eroze odnáší nejprve nejjemnější nebo nejlehčí půdní částice. V praxi to znamená ztrátu organické složky, snížení schopnosti vázat živiny, vyrovnávat pH a vůbec celkové snížení sorpční kapacity. Spolu s jemnou frakcí půdních částic a organickým materiálem dochází k přímé ztrátě vázaných živin. Ztráta rostlinných živin znamená snížení množství i kvality produkce.

Při erozních procesech s *nižší intenzitou* dochází ke ztrátě jemných půdních částic. Tím se zhoršují fyzikální půdní parametry, mění se půdní textura a struktura a snižuje se vodní kapacita půdy. Při procesech vodní eroze s *vyšší intenzitou*, při nichž dochází ke smyvu značné části vrchního horizontu, nepřijímá nižší horizont v dostatečné míře srážkovou vodu, půdní profil je ochuzen o zásobu vláhy, což má v suchých obdobích výrazný vliv na vývoj vegetace.

3.4.2. Transport a sedimentace půdních částic

Půdní částice uvolněné povrchově stékající vodou jsou ukládány v důsledku poklesu kinetické energie proudu na úpatí svahů. Nejjemnější materiál je však transportován vodou do vodotečí, v nichž tvoří převážnou část splavenin. Určitý podíl částic, nesených vodou ze zemědělských nebo jiných pozemků je zachycen dříve, než se dostane do recipientu. Vyskytují-li se v hojné míře v krajině prvky s vysokou drsností, brzdící odtok a zachycující splaveniny a podporující infiltraci (meze, remízky, lesy, průlehy, travní pásy, mokřady apod.),

je množství půdních částic, které dosáhnou vodoteče, malé. Naopak v případě homogenních, nevhodným způsobem obdělávaných a nepřiměřeně velkých pozemků při absenci přirozených překážek je zachycení půdy v povodí velmi nízké a téměř veškerý uvolněný a nesený materiál se dostává do toků.

Transportované půdní částice, nesené vodním tokem, sedimentují ve vodních nádržích, v nichž dochází zanášením ke zmenšení kapacity prostoru. U mnoha nádrží je každoročně zanášeno až 5 % objemu. Velké množství sedimentu se ukládá zejména na přítoku do nádrže. V této části se snižuje hloubka vody a vznikají předpoklady pro uchycení vodních rostlin. Tím se uložený materiál stabilizuje proti případnému dalšímu transportu a současně se zvýší drsnost a zrychlí se další usazování. Nádrž se tímto způsobem stále rychleji zanáší a zarůstá.

3.4.3. Transport chemických látek

Spolu s půdními částicemi je ze zemědělských pozemků do vodních toků přinášeno i velké množství živin. Jemnozrnné sedimenty v toku pak negativně ovlivňují kvalitu vody a poskytují životní podmínky organismům a rostlinám náročným na živiny ve vodě i v půdě, čímž dochází ke změnám v biologických charakteristikách toku. Změny v obsahu živin v toku mají za následek i oživení a intenzivní růst břehového porostu. Bujná vegetace zvyšuje drsnost břehů, snižuje kapacitu koryta a průtočnou rychlost, čímž se opět urychluje zanášení a zvyšuje hladina vody. Negativní dopady těchto nežádoucích skutečností se projevují zejména při povodňových situacích.

Spolu s jemnými půdními částicemi jsou do toku přinášeny i pesticidní látky, aplikované při ochraně rostlin, eventuelně těžké kovy. Tyto zdraví nebezpečné chemikálie se mohou pak snadno dostat do podzemních vod a dále do zdrojů pitné vody. Živiny transportované do nádrží (hlavně N a P) jsou zdrojem eutrofizace, která může mít za následek přemnožení planktonu a sinic, což může způsobit kyslíkový deficit.

4. NÁSTROJE OCHRANY: STANDARDY DOBRÉHO ZEMĚDĚLSKÉHO A ENVIRONMENTÁLNÍHO STAVU - DZES

Dobrý zemědělský a environmentální stav půdy (DZES) je definován nařízením vlády jako standard, který zajišťuje zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Součástí standardu DZES je i ochrana zemědělské půdy před erozí. Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých podpor, některých podpor Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem. Do 31. 12. 2014 byla pro tento termín používaná zkratka GAEC (Good Agricultural and Environmental Conditions). DZES 4 řeší problematiku protierozní ochrany na svažitých pozemcích nad 5°, DZES 5 má za cíl ochranu půdy před vodní erozí s negativními následky na dalším majetku a zásady pěstování určitých plodin na silně a mírně erozně ohrožených půdách.

Plnění standardů DZES se tak týká všech žadatelů o přímé platby a uvedené podpory. Kontrolu dodržování standardů vykonává Státní zemědělský intervenční fond (SZIF), který buďto nepřímou, s využitím metod dálkového průzkumu Země (DPZ), nebo přímo v terénu ověřuje aktuální stav na veškeré zemědělské půdě obhospodařované žadatelem, který byl ke kontrole vybrán.

DZES 4

Standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy na svažitých pozemcích, jejichž průměrná sklonitost přesahuje 5°.

Žadatel na půdním bloku, popřípadě jeho dílu s druhem zemědělské kultury *orná půda*, jehož průměrná sklonitost přesahuje 5°, zajistí po sklizni plodiny založení porostu ozimé plodiny, nebo uplatní alespoň jedno z níže uvedených opatření:

1. strniště sklizené plodiny je ponecháno na půdním bloku do založení porostu následné jarní plodiny,
2. podmínutí strniště a jeho ponechání bez orby až do založení porostu následné jarní plodiny,
3. díl půdního bloku je nejpozději 20. září oset meziplodinou a tento porost je zachován nejméně do 31. října.

Tato opatření se neuplatní v případě, kdy je provedeno zapravení statkových hnojiv (s výjimkou hnojiv z chovu drůbeže) nebo organických hnojiv v dávce 10–50 tun na hektar. Uvedená opatření jsou minimální opatření vedoucí k omezení smyvu půdy, zpomalení povrchového odtoku a zvýšení retence vody v krajině. Opatření jsou rovněž důležitá pro snižování rizika povodní a jimi způsobených škod.

DZES 5

Standard vstoupil v platnost 1. ledna 2010 a jeho cílem je především ochrana půdy před vodní erozí a snaha omezit negativní působení důsledků eroze, jako jsou např. škody na obecním a soukromém majetku způsobené zaplavením nebo zanesením splavenou půdou. Tento standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně erozně ohrožených půdách. Od 1. 7. 2011 se standard rozšířil i na mírně erozně ohrožené půdy.

Žadatel na ploše půdního bloku, popřípadě jeho dílu, označené v evidenci půdy od 1. července příslušného kalendářního roku do 30. června následujícího kalendářního roku jako půda:

1. *silně erozně ohrožená* (SEO) zajistí, že se nebudou pěstovat erozně nebezpečné plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok; porosty ostatních obilnin a řepky olejné na takto označené ploše budou zakládány s využitím půdoochranných technologií; v případě ostatních obilnin nemusí být dodržena podmínka půdoochranných technologií při zakládání porostů pouze v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin nebo jetelotravních směsí,
2. *mírně erozně ohrožená* (MEO) zajistí, že erozně nebezpečné plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií.

Tyto podmínky nemusí být dodrženy na ploše, jejíž celková výměra nepřesáhne výměru 0,40 ha zemědělské půdy z celkové obhospodařované plochy žadatelem za předpokladu, že směr řádků erozně nebezpečné plodiny je orientován ve směru vrstevnic s maximální odchylkou od vrstevnice do 30° a pod plochou erozně nebezpečné plodiny se nachází pás zemědělské půdy o minimální šíři 24 m, který na erozně nebezpečnou plodinu navazuje a přerušuje všechny odtokové linie procházející erozně nebezpečnou plodinou na erozně ohrožené ploše, a na kterém bude žadatelem pěstován travní porost, víceletá pícnina nebo jiná než erozně nebezpečná plodina.

5. METODICKÁ DOPORUČENÍ KE SNÍŽENÍ ÚČINKŮ VODNÍ EROZE

Je nutno zdůraznit, že nejefektivnější ochrana proti erozi půdy je ochrana, pojatá jako komplexní systém, složený z jednotlivých, vzájemně se doplňujících opatření, vhodných pro danou lokalitu. Obecně je možno zdůraznit následující momenty, na které je třeba se v protierozní ochraně daného území soustředit: co nejdéle prodloužit dobu soudržnosti půdních agregátů v průběhu dešťových srážek, zachytit povrchově odtékající vodu a zajistit její vsakování do půdního profilu, zmírnit rychlost odtékající vody, která se nestačila infiltrovat do půdy, neškodně ji odvádět mimo pozemek a zachycovat smytou zeminu. Klasicky se protierozní opatření dělí na organizační, agrotechnická a technická.

Protože záměr autorského kolektivu spočívá především v prezentaci vlastních vědecko-výzkumných výsledků, soustředí se naše doporučení především na oblast protierozních opatření agrotechnických.

5.1. Organizační opatření

5.1.1. Optimální tvar a velikost pozemku

Základem organizačních protierozních opatření je umístění pozemkových bloků vůči sklonu terénu. Bloky je nutno situovat kratší stranou kolmo na vrstevnice a delší stranou ve směru vrstevnic. To navozuje vhodnost jejich obdělávání po vrstevnicích a zároveň to zkracuje délku pozemkových bloků ve směru odtoku erozního smyvu. Délka pozemku ve směru odtoku nesmí překročit maximální přípustnou délku (vypočtenou podle tzv. Univerzální rovnice ztráty půdy) bez přerušení odtoku účinným protierozním opatřením.

5.1.2. Vhodné umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění

Vhodným umístěním pěstovaných plodin je myšleno zakládání porostů erozně rizikových plodin (širokořádkové a s velkým sponem) na pozemcích, kde se nepředpokládá vznik vodní erozní události. Silně erozně ohrožené plochy na svažitých pozemcích, ochranné zadržovací pásy podél břehů vodních toků a nádrží, dráhy soustředěného povrchového odtoku, mělké půdy apod. by měly být naopak zatravněny a pravidelně sečeny. Šířka ochranného travního pásu by neměla být menší, než 6 m a měla by být násobkem pracovní šířky strojů, které se tam budou používat. Tyto travní pásy mají za úkol zachytit smytou zeminu, zvýšit zasakování vody do půdy, zpomalit povrchový odtok vody a redukovat tak intenzitu erozního procesu.

5.1.3. Pásové pěstování plodin

Principem využívání vegetačních pásů na erozí ohrožených pozemcích je střídání různě širokých pásů plodin erozně rizikových (kukuřice, brambory, slunečnice a další širokořádkové plodiny) a plodin s vyšším protierozním účinkem (obilniny, pícniny, případně i travní porost). Pásy by měly být vedeny ve směru vrstevnic s max. odklonem do 30°. Protože vznikají problémy zejména s chemickým ošetřováním porostů, je pravděpodobnost setkání se s tímto způsobem protierozního opatření velmi malá.

5.2. Agrotechnická a vegetační opatření

5.2.1. Půdoochranné technologie obdělávání půdy

Podstatou těchto technologií je redukce hloubky a intenzity kypření ornice (minimální až nulové zpracování) a současně zachování co největšího množství rostlinné biomasy na povrchu (mulč), nebo ve vrchní vrstvě ornice. Smyslem redukovaného zpracování ornice je minimální narušování půdního profilu pro zajištění přirozeného vývoje půdního prostředí a omezení nadměrného provzdušňování, aby nedocházelo k příliš rychlé mineralizaci organické hmoty a ztrátám živin. Zároveň se vytvářejí vhodné podmínky pro tvorbu humusu,

což má ve svých důsledcích příznivý vliv na zlepšování fyzikálních vlastností půd. Ochrannou složku vytváří organická hmota, ponechaná na povrchu půdy jako mulč, nebo mělce zapravená. Významným faktorem je stupeň pokrytí půdy mulčem, výška a rovnoměrnost rozprostření mulče po povrchu půdy.

5.2.1.1. Mulč a jeho zdroje

Pokryv půdy mulčem sehrává podobnou úlohu v ochraně půdy, jako zapojený porost plodin (rostlinný pokryv). V obou případech se jedná o vytvoření tzv. stinného garé, které příznivě ovlivňuje řadu půdních vlastností. Mulč chrání půdu před destrukcí půdních agregátů vlivem dešťů a tím přispívá k udržení půdní struktury, snižuje nebezpečí půdní eroze jak vodou, tak i větrem a celkově zachovává a zlepšuje její agrofyzikální a biologické vlastnosti. Především zabráňuje slévání a kornatění půdy, snižuje výpar půdní vody, omezuje kolísání půdní teploty, působí na zvýšení mikrobiální činnosti v horních vrstvách ornice. Z agrotechnického hlediska potlačuje růst jednoletých plevelů, podporuje růst jemného kořání rostlin v povrchové vrstvě půdy.

Aby se účinnost mulče v ochraně půdy výrazněji projevila, je třeba, aby půda byla pokryta rostlinnou biomasou minimálně z 30 % jejího povrchu. Původ mulče může být ze dvou základních zdrojů:

1. Mulč z posklizňových zbytků předplodiny
2. Mulč z nadzemní biomasy meziplodin

Při mulčování slámou a posklizňovými zbytky předplodiny je třeba zohledňovat druh plodiny. Za méně vhodnou se považuje sláma obilnin, zejména sláma ozimů. Relativní vhodnost slámy ozimé řepky pro účely mulče spočívá v tom, že při sklizni dochází k jejímu snadnému rozdrčení a rovnoměrnějšímu rozložení po povrchu pozemku. Nejvhodnější je mulč ze slámy luskovin vzhledem k lepšímu poměru C:N.

Využívání mulče z rostlinné biomasy meziplodin musí předcházet dokonalé posouzení všech okolností a možností, které rozhodují o tom, aby porost meziplodiny s velkou jistotou poskytl dostatečnou produkci nadzemní biomasy, aby byla splněna podmínka více, než třicetiprocentního zakrytí povrchu půdy. Proto je třeba při zakládání porostů meziplodin přihlížet především:

- k podmínkám daného stanoviště (jistota vzejití odpovídajícího počtu rostlin, dostatečně dlouhá vegetační doba, potřebná produkce biomasy),
- k výběru vhodné meziplodiny a ke způsobu jejího pěstování,
- k organizačně technickým možnostem zemědělského podniku,
- k ekonomické efektivnosti, popř. k dalším přínosům, jako je boj proti plevelům, chorobám a škůdcům apod.

Pro tento účel jsou nejvíce využívány strniskové meziplodiny, neboť mají širší možnosti využití. Ze stanovištních podmínek sehrávají významnější úlohu klimatické a povětrnostní vlivy, než půdní vlastnosti. Délka vegetační doby, teplota vzduchu a úhrn srážek jsou rozhodující faktory, které především ovlivňují výši produkce biomasy strniskových meziplodin.

Potřeba srážek pro dobré výnosy biomasy strniskových meziplodin činí 160–180 mm. Např. na stanovištích v řepařské výrobní oblasti je k dispozici ve vegetační době pro meziplodiny, tj. od srpna do konce října zhruba 140–165 mm srážkové vody a suma průměrných teplot vzduchu je 1.150–1.250 °C. V podhorských oblastech se pak úhrn srážek za stejné období pohybuje kolem 200 mm a suma průměrných teplot vzduchu činí 1.000–1.100 °C. Za předpokladu, že nejkratší vegetační doba pro strniskové meziplodiny je 6–8 týdnů, je v místech s vyšší nadmořskou výškou délka meziorostního období jen těsně nad hranicí reálných možností jejich pěstování. Výnosová jistota strniskových meziplodin je však na mnohých stanovištích více závislá na délce vegetační doby než na přísunu vody v podobě

srážek. Delší vegetační doba vykazuje kladnou korelaci ke srážkám, neboť vytváří předpoklad jejich většího množství. Abychom zajistili co nejdélnější vegetační dobu pro strniskové meziplodiny, je třeba zkrátit období od sklizně plodiny (obilniny) do zasetí strniskové meziplodiny na minimum.

Na některých stanovištích lze s úspěchem využít i ozimé meziplodiny. Použití těchto plodin se upřednostňuje hlavně tam, kde nelze zajistit včasný výsev strniskových meziplodin, a nebo nejsou uspokojivě splněny potřebné předpoklady pro dostatečný nárůst nadzemní biomasy na podzim (nedostatek srážek po zasetí, časný mrazík apod.). Po přezimování jsou ozimé meziplodiny schopny pokračovat v tvorbě nadzemní biomasy, a proto jsou především vhodné pro později vysévané jarní plodiny (kukuřice, slunečnice apod.). Určitou nevýhodou může být jejich dražší osivo a nutnost umrtvení porostu neselektivními herbicidními přípravky na bázi glyphosátu před setím následné plodiny, což dále zvyšuje náklady na technologii.

Kromě toho, že poskytují biomasu pro účely půdoochranných technologií, je nutné v této souvislosti zmínit i další významnou roli meziplodin a tou je funkce přerušovače osevních sledů při vyšším zastoupení obilnin, kde meziplodiny působí jako fytosanitární faktor a kromě toho poutají ve své biomase živiny, zejména dusík, který by v meziorostním období mohl být proplaven do půdních vrstev mimo kořenovou zónu a tím pro rostliny ztracen a mohl by kontaminovat podzemní vody.

Význam půdoochranných technologií obdělávání půdy z hlediska protierozní ochrany dokumentuje následující tabulka č. 2, kde se uvádí poměry odtoku vody a smyvu půdy při erozní události mezi třemi různými způsoby zpracování půdy.

Tab. 2: Vliv různých způsobů zpracování půdy na odtok vody a odnos půdy na svahu 12° (dle VÚMOP, v.v.i.).

Způsob zpracování půdy	Odtok vody (hl.ha ⁻¹)	Odnos půdy (t.ha ⁻¹)
Konvenční orebné obdělávání	6,0	2,3
Radličkový kypřič	2,7	0,2
Bez zpracování	0,1	stopy

5.2.1.2. Zlepšování fyzikálních vlastností půdy a zásobení půdy organickou hmotou

Stabilita půdních agregátů a jejich odolnost vůči destruktivním účinkům dešťových srážek je první významnou protierozní vlastností v časové řadě procesu vodní eroze. Studium stability půdních agregátů je jednou z cest, jak hodnotit účinky způsobu zpracování půdy na zlepšení půdních, zejména protierozních charakteristik a celkově na růst půdní úrodnosti. Odolnost půdních agregátů vůči účinkům dešťových srážek je úzce spjata s *obsahem organické hmoty v půdě*, zejména v půdách hlinitých. Přísunem kvalitní organické hmoty (s nepřiliš širokým poměrem C:N) a vytvořením částečně anaerobních podmínek v půdě lze zajistit vhodné prostředí pro tvorbu kvalitního humusu, který je podmínkou pro kvalitní organominerální komplex. Ten je základem dobré půdní struktury, založené na stabilních půdních agregátech, s příznivými hodnotami pórovitosti, která je zárukou co největší infiltrace srážkové vody do půdy.

Příliš intenzivní zpracování půdy může mít za následek rychlou mineralizaci organické hmoty v půdě a tím negativní vliv na procesy tvorby humusu. Mechanické vlivy častého kypření mohou způsobovat destrukci půdních agregátů, takže půda je následně náchylnější k poškozování vodní erozí. Pozitivní vliv půdoochranného zpracování půdy na obsah humusu v půdě a na stabilitu půdních agregátů je uveden v tabulkách 2 a 3.

Dalším významným faktorem, který ovlivňuje průběh erozních procesů, je *zhutnění ornice* a podorničí. Zhutnělé vrstvy v půdním profilu mají minimální pórovitost a zpomalují

průsak srážkových vod do spodních vrstev. Dochází tak brzo, i po krátkých, intenzivních deštích k rychlému naplnění vodní kapacity půdy, k povrchovému odtoku a k plošné vodní erozi.

Tab. 3: Vliv způsobu zpracování půdy na obsah humusu v půdě (dle VÚRV, v.v.i.).

Hloubka odběru /m/	Procentický obsah humusu (průměr šesti let)			
	Orba	Minimální zpracování	Bez zpracování	Bez zpracování + mulč
0–0,1	2,79	3,31	3,47	3,82
0,1–0,2	2,70	3,10	3,37	3,44
0,2–0,3	2,60	2,64	3,10	3,04

Tab. 4: Vliv způsobu zpracování půdy na stabilitu půdních agregátů (dle VÚRV, v.v.i.).

Plodina	Procento stabilních agregátů (průměr šesti let)			
	Orba	Minimální zpracování	Bez zpracování	Bez zpracování + mulč
Pšenice ozimá	23,5	34,2	47,1	56,3
Ječmen jarní	32,4	40,7	45,6	51,8
Hrách	27,6	36,5	44,9	49,8

Pokud jde o ztuhlé vrstvy v orničním profilu, lze je odstranit orbou, nebo hlubším kypřením. Větší problém je s nápravou ztuhlé půdy v podorniči, kde je nutno využít tzv. dlátování, nebo hloubkového melioračního kypření. Nejlepším řešením je předcházení tomuto fenoménu preventivními opatřeními. Mezi agrobiologická opatření náleží systematické uplatňování půdoochranných technologií hospodaření, dostatečné hnojení půdy kvalitními organickými hnojivy, udržování optimálního pH půdy, zařazování hlouběji kořenících plodin, které rozrušují ztuhlé vrstvy ornice a podorniči. Mezi technická opatření náleží zejména vhodná volba mechanizace s nízkým tlakem na půdu, dodržování optimální doby vstupu na pozemky s ohledem na vlhkost půdy, omezování pojezdů strojů po poli a spojování pracovních operací.

Mezi půdoochranné technologie řadíme mělké zpracování půdy se současným zapravením organické hmoty do půdy s následným setím, bezorebné setí (hlavní plodinu sejeme bezorebným secím strojem s kotoučovými botkami přímo do nezpracované půdy po předplodině), setí/sázení do mulče meziplodiny či předplodiny. Další možností je setí hlavní plodiny s podplodinou do meziřadí (kukuřice s podplodinou ozimého žita), nebo páskové setí do nezpracované půdy. Jako protierozní technologie se rovněž testuje zmenšování meziřádkové vzdálenosti u kukuřice.

5.2.1.3. Mělké zpracování půdy se zapravením organických zbytků a s následným setím

Jde o mělkou kultivaci diskovými, nebo rotačními nástroji se zapravením nejčastěji drcené slámy předplodin, kdy může předcházet dávka dusíku na vyrovnání poměru C:N, nebo zásobní hnojení P, K k následné plodině. Pak následuje setí vhodným secím strojem, nebo jsou obě operace spojeny do jedné, kdy kombinovaný stroj má sekci kypřicí, za níž následuje sekce secí.

5.2.1.4. Přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodin

Jedná se o setí do nezpracované půdy, pokryté posklizňovými zbytky předplodiny, které jsou rozdrobeny na drobné úlomky hned při sklizni. Ozimé plodiny se sejí v agrotechnických termínech přímo do mulče na podzim. Pro jarní plodiny se půda ponechá pokrytá mulčem přes zimu a na jaře probíhá výsev plodiny do půdy přesným secím strojem pro přímé setí do nezpracované půdy. Protože u této technologie nelze využít zpracování půdy pro likvidaci plevelů, je nutné použít vhodné herbicidy ve vhodných termínech.

5.2.1.5. Přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny

Na podzim se půda zpracovává mělkým kypřením. Pokud je nutné aplikovat organická hnojiva ve větší dávce, je vhodné je zaorat. Bezprostředně po tom následuje výsev vymrzající meziplodiny. Pokud nastane situace, že porost meziplodiny nevymrzne, pak je nutno před setím použít glyphosát. Na jaře se provádí výsev následné hlavní plodiny speciálním secím strojem pro přímé setí.

5.2.1.6. Výsev ochranné podplodiny v pásech a v meziřádcích (pro širokořádkové plodiny)

Při klasickém pěstování kukuřice na erozně ohrožených pozemcích je možné zajistit ochranu proti vodní erozi zasetím obilných pásů po vrstevnicích bezprostředně po zasetí kukuřice. Seje se ozimá obilnina v pruzích běžným strojem pro setí obilnin. Vhodný pro toto opatření je ozimý ječmen, protože po zasetí na jaře nemetá a tím nekonkuruje kukuřici, neboť ta velice špatně odolává v raném stadiu vývoje ostatním plodinám. Jednou z dalších možností je setí kukuřice do půdy tradičně zpracované s ochrannou podplodinou, např. ozimým žitem, vysetým na jaře do prostoru mezi řádky. Žito, seté v tomto termínu rovněž nemetá a nekonkuruje tak rostlinám kukuřice. Nevýhodou tohoto opatření je nízká protierozní ochrana v době jednoho měsíce od zasetí.

5.2.1.7. Páskové zpracování půdy pro širokořádkové plodiny strip-till

Technologie pro přesné setí s vysokým protierozním účinkem. Vysévá se speciálním secím strojem buď do nezpracované půdy, pokryté posklizňovým mulčem, po mělké podmítce, nebo do porostů meziplodin, či trvalých travních porostů. Pro založení porostu se používá kombinovaný stroj, kde přední sekce zajistí kypření půdy v pásku (např. kypřič Strip-till od firmy Duro France). Slupice prořezává půdu do hloubky cca 25 cm, paprsková kola odhruňují rostlinné zbytky. Následuje sekce přesného setí (např. Monosem NC Technik) s různě nastavitelnými botkami (pro cukrovku, kukuřici atd.). Secí kombinace může být vybavena čelní nádrží pro přihnojení a nádržkami na mikrogranulát pro aplikaci herbicidu.

VÚRV Praha-Ruzyně testuje zařízení pro páskové setí s názvem PS-2. Jde v podstatě o technologii strip-till, inovovanou o kypření půdy v seťovém pásku aktivní rotační frézou, která zajistí kvalitnější zpracování půdy, než pasivní kypřicí nástroje. Hloubka zpracování půdy je odvislá od půdních podmínek, typu předplodiny nebo krycí plodiny a samozřejmě klimatických podmínek. V praxi se hloubka zpracování půdy pohybovala na testovaných plochách v rozpětí 50–150 mm. Tímto způsobem založení porostu se vytváří konkurenčně podstatně vhodnější prostředí pro růst kukuřice, než jaké má v meziřádku s krycí plodinou, nebo meziplodinou. V případě setí do travních porostů (TP) nebo předplodin, u kterých se předpokládá jejich růst i po jejich sklizni, je nutné provést aplikaci totálního herbicidu v dávce, která původní porost retarduje alespoň po dobu dvou až tří měsíců. To z toho důvodu, aby konkurenční výhoda pásového zpracování trvala alespoň do doby, kdy porost kukuřice úplně zakryje listy povrch půdy.

Tab. 5: Výsledky měření ztráty půdy ($t \cdot ha^{-1}$) u výsevu kukuřice seté na stanovištích Biskupice a Bezděčí u Trnávky v roce 2014 a Jevíčko v roce 2015 (dle VÚRV, v.v.i.).

Stanoviště	Způsob zakládání		Úhor (holá půda zpracovaná 3 dny před měřením rotavátorem)
	Konvenční setí	Půdoochranná technologie PS-2	
	Celková ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1}$)		
Biskupice	0,30	0,01	2,10
Bezděčí u Trnávky	0,28	0,03	2,88
Jevíčko	-	0,01	2,96

Pozn.: U konvenční technologie byl použit secí stroj Kverneland Optima NT (stanoviště Biskupice), resp. Becker Aeromat A12 (Bezděčí u Trnávky).

Z výsledků simulovaného zadešťování, které provedl tým pracovníků Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd (VÚMOP, v.v.i.) Praha - Zbraslav v letech 2014 a 2015 polním simulátorem deště při výšce porostu kukuřice cca 1 m je patrné, že pásové zpracování půdy má výrazný protierozní efekt (tab. 5).

5.2.1.8. Setí kukuřice do úzkých řádků

V současné době se na ČZU testuje technologie úzkých řádků 37,5 cm se setím do nezpracované půdy a do půdy zpracované radličkovým podmiťáčem v porovnání s technologií klasických řádků 75 cm. Řešitelský tým se věnuje zároveň systému hnojení kukuřice (pod patu, listová hnojiva) a řeší ochranu kukuřice před houbovými chorobami, které se v letošním roce objevovaly kvůli extrémním výkyvům povětrnostních podmínek. V USA je pěstování kukuřice v úzkých řádcích velmi rozšířené. Výnosy kukuřice na zrno dosahují v průměru o 7–9 % více. Podobného trendu je dosaženo i našimi pěstiteli. Z hlediska eliminace vodní eroze je tento systém pěstování kukuřice rovněž výhodný. Je to způsobeno lepším zapojením (rozložením) porostu s o 10 % vyšším počtem jedinců. Rostliny bývají vyšší, je dosaženo lepší pokrývnosti půdy, a tím zajištěna ochrana před přímým dopadem kapek na holou půdu.

5.2.2. Ostatní, méně používaná agrotechnická protierozní opatření

5.2.2.1. Hrázkování, důlkování

Technologie *hrázkování* je použitelná při pěstování brambor a spočívá v založení ochranných hrázek v meziřádcích hrůbků. Speciálním strojem - hrázkovačem se založí ve stejné vzdálenosti hrázky mezi hrůbky, čímž vznikne řada malých akumulčních příkopů, které brání vzniku soustředěného povrchového odtoku a podporují zadržení vody přímo na pozemku. Hrázkování lze provést následovně:

- provádí se hrázkovačem bezprostředně po výsadbě brambor,
- řádky musí být vedeny po vrstevnicích,
- aby bylo opatření co nejúčinnější, maximální nepřerušená délka pozemku po svahu,
- (po spádnici) by neměla přesáhnout 300 metrů.

Důlkování je použitelné obdobně jako hrázkování u brambor, místo hrázek jsou ale vytvářeny důlky. Jde o klasickou technologii pěstování s cílem vytvořit důlky v meziřádcích ve vzdálenosti 30–40 cm. Důlky omezují povrchový odtok mezi hrůbky a zvyšují infiltraci vody. Zpravidla se uvažuje, že lze na 1 ha vytvořit 28 000 důlků o objemu 2 l, což představuje možnost zadržení $56 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Důlkování lze provést následovně:

- provádí se bezprostředně po výsadbě brambor speciálním strojem – důlkovačem, který je možno připojit za zahrnovací radlice sazeče a tělesa oborávače brambor,
- řádky musí být vedeny po vrstevnicích,
- aby bylo opatření co nejúčinnější, max. nepřerušená délka pozemku po svahu (po spádnici),
- by neměla přesáhnout 300 metrů.

5.2.2.2. Plečkování, dlátování, podrývání

Plečkování je meziřádková kultivace, která se provádí v průběhu vegetace u širokořádkových kultur (kukuřice, slunečnice, cukrovka, brambory). Stroje, které se využívají k této operaci, mají jak pasivní pracovní nástroje (radličky), tak i aktivní (frézy). Výhodou je jednak odplevelovací efekt mechanickou cestou, čímž se snižuje potřeba herbicidů, ale zároveň i efekt půdoochranný, kdy nakypřená vrstva půdy v prostoru mezi řádky zabraňuje rychlému odtoku povrchové vody a tím omezení vodní eroze.

Dlátování (hloubkové kypření) je využitelné zejména u cukrové řepy, kdy pasivními dláty prohlubujeme půdu mezi řádky rostlin a docílujeme zlepšeného efektu zasakování povrchové vody a to většího než u plečkování. Podrývání představuje technologii, která omezuje působení vodní eroze a zároveň může snížit stupeň zhutnění půd. Podrývání je v podstatě velmi hluboké kypření (min. do hloubky 35 cm). K podrývání je možné využít dlátové kypřiče (různého konstrukčního řešení), kombinované kypřiče nebo podrýváky, které umožňují prokypření půdy při minimálním narušení jejího povrchu. Podrývání představuje technologii, která zlepšuje infiltrační vlastnosti půdy, snižuje stupeň zhutnění a tím následně snižuje náchylnost půdy k vodní erozi.

5.3. Technická opatření

Pokud nelze dosáhnout dostatečné protierozní ochrany organizačními a agrotechnickými opatřeními, je nutné použít technická protierozní opatření, jako jsou *terénní urovnávky, vrstevnicové meze, terasy, příkopy, průlehy, zatravněné údolnice, ochranné hrázky a protierozní nádrže*. Tato opatření jsou navrhována zejména v rámci pozemkových úprav, nebo při využití evropských dotací (program Rozvoje venkova). Vytváří základní kostru protierozní ochrany v území. Po realizaci těchto opatření a zajištění následné péče a údržby existuje jistota trvalé účinnosti na rozdíl od předcházejících organizačních a agrotechnických opatření. Technická protierozní opatření omezují a zpomalují povrchový odtok, rozdělují příliš dlouhé a svažité pozemky, zachycují smytou zeminu, chrání intravilány obcí a komunikace před škodami způsobené povrchovým odtokem a naplavenou zeminou. Ze všech protierozních opatření jsou finančně nejnáročnější. Kromě protierozního efektu mají také značný ekologický přínos.

6. ZÁVĚR

Věrohodné informace, že je až polovina zemědělské půdy v České republice ohrožována vodní erozí a předpovědi, že bleskové povodně, způsobené velmi intenzivními srážkami, které také spouštějí erozní procesy na polích, se v důsledku globálního oteplování budou opakovat stále častěji, jsou alarmující. Je proto nezbytné a pro každého agronoma a farmáře, který hospodaří i na méně erozně rizikových lokalitách je nutností, aby udělal vše pro eliminaci nebezpečí vodní eroze. K tomu by tato metodika měla být platným pomocníkem.

Závěrem lze shrnout, že jako půdoochrannou technologii s výraznými protierozními účinky lze farmářům doporučit v závislosti na konkrétních půdních mělké zpracování půdy se současným zapravením organické hmoty do půdy s následným setím, setí bezorebným secím strojem s kotoučovými botkami přímo do nezpracované půdy po předplodině, či setí/sázení do mulče meziplodiny či předplodiny. Další možností je setí hlavní plodiny s podplodinou do meziřadí (kukuřice s podplodinou ozimého žita), nebo páskové setí do nezpracované půdy. Jako protierozní technologie se rovněž testuje zmenšování meziřádkové vzdálenosti u kukuřice.

7. SROVNÁNÍ NOVOSTI METODICKÝCH DOPORUČENÍ

Předkládaná metodika se oproti dřívějším publikacím zaměřuje především na nejnovější trendy protierozní ochrany. V zájmu komplexního pojetí celé problematiky je čtenářům předložen celý systém doposud využívaných opatření v ochraně půd proti vodní erozi. Zvláštní důraz je kladen na protierozní účinky půdoochranných technologií pěstování polních plodin v erozně ohrožených lokalitách a právě v této části jsou zdůrazněny některé nové možnosti ochrany půd, vyplývající z posledních výsledků výzkumu vědeckých pracovišť v ústavech a na univerzitách. Metodika rovněž seznamuje čtenáře s hlavními zásadami v letošním roce inovované formy státní podpory pro podniky, které uplatňují standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy. Autoři apelují na odborníky, kteří hospodaří v oblastech, kde je půda ohrožena vodní erozí v tom směru, že jedině důsledné a hlavně komplexní postupy, složené z jednotlivých dílčích, vzájemně se doplňujících protierozních opatření mohou ochránit to, bez čeho by zemědělská činnost ztratila svůj smysl.

8. EKONOMICKÝ PŘÍNOS METODICKÝCH DOPORUČENÍ

Předpokládané ekonomické přínosy spočívají ve snížení nákladů na zakládání porostů polních plodin při využití minimalizace zpracování půdy a půdoochranných technologií o cca 10–15 % oproti klasickému zpracování půdy a zakládání porostů v závislosti na konkrétních podmínkách stanoviště.

Propočty prováděné při porovnávání půdoochranných technologií vykazují snížení potřeby pracovního času od 0,5 do 1,0 hod. na 1 ha, což představuje snížení od 8 do 18 % v porovnání s klasickou technologií.

Při uplatňování doporučených půdoochranných technologií a protierozních opatření v zemědělských podnicích, v oblastech ohrožených vodní erozí lze očekávat postupný nárůst půdní úrodnosti a zvýšení hospodářské produkce plodin o 2–5 % s ohledem na strukturu pěstovaných plodin.

9. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika byla vypracována s cílem podat zemědělcům a farmářům nejnovější informace o formách, příčinách a důsledcích vodní eroze v erozně rizikových oblastech, o možnostech aplikace protierozních opatření se zvláštním zřetelem na agrotechnická opatření, konkrétně na možnosti využití půdoochranných technologií, jako prevence poškození a degradace půd v důsledku vodní eroze. Metodika zároveň nabízí základní informace z implementace a dodržování standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) a podmínky pro získání plné výše přímých podpor a podpor z dalších dotačních programů (Program rozvoje venkova atd.). Metodika by měla být praktickým pomocníkem agronomů a farmářů, proto byla zpracovávána se snahou o podání komplexních a nejnovějších informací co nejsrozumitelnějším způsobem.

10. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- BASIĆ, F., KISIĆ, I., MESIĆ, M., NESTROY, O., BUTORAC, A. (2004): Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. *Soil and Tillage Research*, 78(2), p. 197–206.
- BENNETT, H. H. (1939): *Soil conservation*. McGraw-Hill Book Co., Inc.
- BIRKÁS, M., KISIC, I., STIPESEVIC, B., JAVŮREK, M., VACH, M. (2008): Climate change – urgent need for introducing new tillage techniques in central Europe. *Proc. of 5th Intern. Soil Conf. ISTRO in Brno. June 30 – July 2, 2008. Section IV, CD-ROM*, p.283–291.
- HÅKANSSON, I. (2005): *Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence-consequences-counter-measures*. Uppsala, 2005, 153 s.
- HOLÝ, M. (1978): *Protierozní ochrana. SNTL a ALFA*. Praha. 283 s.
- HŮLA, J. a kolektiv (2010): *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Uplatněná certifikovaná metodika pro zemědělskou praxi*. Praha, 2010, 58 s.
- HŮLA, J., JANEČEK, M., KOVAŘÍČEK, P., BOHUSLÁVEK, J. (2003): *Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v. v. i., Praha*, 48 s., ISSN 1211-3972.
- JANEČEK, M. a kol. (2008): *Základy pedologie. Česká zemědělská univerzita v Praze*, Praha, 172 s., ISBN 978-80-213-1842-7.
- JANEČEK, M. a kol. (2012): *Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika. Česká zemědělská univerzita Praha*, Praha, 113 s.
- KOVAŘÍČEK, P., ŠINDELÁŘ, R., HŮLA, J., HONZÍK, I. (2008): Measurement of water infiltration in soil using the rain simulation method. *Research in Agricultural Engineering*, 54., 3: 123–129.
- MORGAN, R. P. C. (2005): *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing, London, 304 s.
- NOVOTNÝ, I. A kol. (2014): *Příručka ochrany proti vodní erozi. 2. Aktualizované vydání, MZe ČR Praha*, 73 s.
- ŠIMON, J., ŠKODA, V., HŮLA, J. (1999): *Zakládání porostů hlavních polních plodin novými technologiemi. MZe ČR, Agrospoj Praha*, 78 s.

www.issar.cenia.cz

www.eroze.sweb.cz

11. SEZNAM PUBLIKACÍ, PŘEDCHÁZEJÍCÍCH METODICE

- JAVŮREK, M., VACH, M. (2008): *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Metodika pro praxi, VÚRV Praha*, 24 s.
- JAVŮREK, M., VACH, M. (2008): *Zakládání porostů polních plodin půdoochrannými technologiemi - aspekty a souvislosti. Sborník ÚZEI Praha „Aktuální poznatky v některých oblastech rostlinné výroby“*, s. 5–10.
- JAVŮREK, M., VACH, M. (2010): *Effect of cover crops in conservation soil tillage systems. Proceedings of Agro the XIth ESA Congress, Montpellier, France*, p. 241–242.
- JAVŮREK, M., VACH, M. (2010): *Changes of some soil properties due to long-term conservation technologies use. Proceedings of Agro the XIth ESA Congress, Montpellier, France*, p. 815–816.

- JAVŮREK, M., HŮLA, J., VACH, M. (2008): Runoff and erosion control with reduced and no soil tillage on clay-loam chernozem. Proc. of 5th Int. Soil Conf. ISTRO in Brno. June 30 – July 2, Section III, CD-ROM, p. 193–200.
- JAVŮREK, M., HŮLA, J., VACH, M., KROULÍK, M. (2008): Impact of different soil tillage technologies on soil erosion effect mitigation. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 39, s. 218–223.
- JAVŮREK, M., KOVAŘÍČEK, P., VACH, M., HŮLA, J. (2012): Vhodná agrotechnika zvyšuje ochranu ornice proti vodní erozi. *Úroda*, struktura vědeckého článku, r. LX, č. 11, s. 50–53.
- ŠIMON, T., JAVŮREK, M., MIKANOVA, O., VACH, M. (2009): The influence of tillage systems on soil organic matter and soil hydrophobicity. *Soil and Tillage Research*, 105, 44–48.
- VACH, M., JAVŮREK, M. (2009): Ekologická optimalizace hlavních pěstitelských opatření pro polní plodiny. Uplatněná certifikovaná metodika pro zemědělskou praxi. VÚRV Praha, 30 s.
- VACH, M., JAVŮREK, M. (2010): Význam a využití meziplodin v osevních postupech. *Farmář*, r. 16, č.10, s.16–18.
- VACH M., JAVŮREK M., STRAŠIL Z. (2013): Positive effect of long-term use of conservation tillage treatments on soil fertility. *Növénytermelés (Crop production)*, 2013, Vol. 62 Suppl.: 289–292.
- VACH, M., JAVŮREK, M., ŠIMON, J. (2008): Agroekologické přístupy v soustavě hospodaření na půdě. *Agromagazín*, r. 9, č. 6, s. 26–33.
- VACH, M., HABERLE, J., PROCHÁZKA, J., PROCHÁZKOVÁ, B., HERMUTH, J., KVĚTOŇ, V., KÁŠ, M., JAVŮREK, M., SVOBODA, P., DVOŘÁČEK, V. (2009): Pěstování strniskových meziplodin. Užitná metodika pro zemědělskou praxi. Praha, 32 s.

Název: Využití minimalizačních a půdoochranných technologií pro snížení účinků vodní eroze na obdělávaných půdách

Autoři: Ing. Pavel Nerušil, Ph.D., Ing. Alois Kohoutek, CSc., Ing. Věra Odstrčilová, Ph.D., Ing. Milan Vach, CSc., Ing. Miloslav Javůrek, CSc., Ing. Zdeněk Strašil, CSc.

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně

Kontakt na autora: nerusil@vurv.cz

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: rok 2015

Počet stran: 22

Náklad: 100 ks

ISBN 978-80-7427-180-9

**Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.,
ve Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně,
Zemědělská 1, 613 00 Brno**

2015