

**Metodika projektování a realizace krajinných opatření pro
zmírnění hydrologických a klimatických extrémů
v zemědělské(lesozemědělské) krajině 2030+
Část II - Mobilní technické opatření „silt-fence“**

Konečný uživatel: Ministerstvo životního prostředí

Název projektu: Systém krajinných úprav pro adaptaci zemědělské (lesozemědělské) krajiny na klimatickou změnu v období 2030+

Číslo Projektu: TITSMZP717

Řešitel projektu: Česká zemědělská univerzita v Praze a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Doba řešení: 1.8.2018 – 31.10.2021

Důvěrnost a dostupnost: veřejný, přístupný

Informace o řešitelském týmu:

Prof. Ing. Petr Sklenička, CSc. – hlavní řešitel, ČZU v Praze

Ing. Jan Vopravil, Ph.D. a Ing. Petr Fučík, Ph.D. – vedoucí řešitelských týmů za VÚMOP vvi

Autoři výstupu: Ing. David Kincl, Ing. David Kabelka, Ph.D., Ing. Jan Srbek, Ing. Petr Čáp, Bc. Martin Petera, Jan Vopravil, Ph.D., Ing. Tomáš Khel

Další informace o projektu:

V rámci projektu řešeného na pilotním území Amálie bylo celkem zpracováno celkem devět výstupů/výsledků:

Nmap - Prezentační mapa navrhovaných a realizovaných opatření v návaznosti na monitoring (pilotní projekt)

O - Návrh kritérií pro monitoring klimatických a hydrologických ukazatelů v pilotním projektu ověření jejich efektu a realizace monitoringu.

O - Matematické modely a demonstrace - predikce přírodních podmínek 2030+, modelace krajinných opatření ve změněných přírodních podmínkách za účelem zachování funkční zemědělské krajiny

Nmet - Metodika projektování a realizace krajinných opatření pro zmírnění hydrologických a klimatických extrémů v zemědělské (lesozemědělské) krajině 2030+

O - Demonstrace navrhovaných a realizovaných opatření terénní formou formou na území pilotního projektu

O - Zásady rozhodování zemědělce při realizaci krajinných opatření pro zmírnění dopadů klimatické změny v zemědělské (lesozemědělské) krajině 2030+

O - Katalog opatření zejména pro území pilotního projektu

O - Zásady a postupy pro veřejnou správu při plánování a schvalování opatření pro zmírnění dopadů klimatické změny v zemědělské (lesozemědělské) krajině 2030

O - Zásady pro nastavení podpory krajinných opatření z veřejných dotací (s důrazem na sektor MŽP)

Metodika byla vytvořena jako výstup pro praxi v rámci projektu NAZV QK1710242 „Mobilní technická protierozní opatření pro pěstování kukuřice“, TITSMZP717 „Systém krajinných úprav pro adaptaci zemědělské (lesozemědělské) krajiny na klimatickou změnu v období 2030+“ a institucionální podpory MZe č. RO0218, řešené s finanční podporou Národní agentury pro zemědělský výzkum.

Kolektiv autorů: **Ing. David Kincl** ^{1,2}
 Ing. David Kabelka, Ph.D. ¹
 Ing. Jan Srbek ¹
 Ing. Petr Čáp ¹
 Bc. Martin Petera ¹
 Ing. Jan Vopravil, Ph.D. ^{1,2}
 Ing. Tomáš Khel ^{1,2}

¹ **Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v Praze, v.v.i.**

² **Česká zemědělská univerzita v Praze - Fakulta životního prostředí**

Oponenti:

Oponent ze státní správy: Ing. Marie Perglerová, Ministerstvo zemědělství ČR

Odborný oponent: Doc. Ing. Petr Vráblík, Ph.D., Fakulta životního prostředí, Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem

Uplatněná certifikovaná metodika byla schválena MZe osvědčení č. 5/14130-mze2020

Kincl D. a kol. (2020): Mobilní technické protierozní opatření „silt-fence“, Certifikovaná metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v Praze, 41 s.

TITSMZP717 - Systém krajinných úprav pro adaptaci zemědělské (lesozemědělské) krajiny na klimatickou změnu v období 2030+

ISBN 978-80-88323-20-4 (tištěná verze)

ISBN 978-80-88323-21-1 (elektronická verze pdf)

Abstrakt

Certifikovaná metodika pojednává o možnostech a podmínkách využití protierozní textilie silt-fence pro co nejúčinnější omezení vodní eroze. Podrobně jsou zmiňovány používané materiály a jejich technické parametry, prostředky využívané pro instalaci, údržba opatření, způsoby a možnosti instalace. Metodika dále uvádí i výsledky a zkušenosti z ověřování v našich podmínkách. Tyto pokusy byly opakovaně prováděny v simulovaných i poloprovozních podmínkách. Výsledky poukazují na vysokou účinnost zachycení erodované půdy a poměrně spolehlivé rozdělení mikropovodí a směřování povrchového odtoku do požadovaného místa. V závěru metodiky jsou vyjádřeny finanční náklady na realizaci i odstranění protierozní textilie silt-fence. Tyto náklady byly kalkulovány vzhledem k současně dostupné technice na našem trhu a standardním cenám stavebních a zemních prací. Hlavním záměrem této metodiky je zavést protierozní textilií silt-fence do běžné praxe v rámci ČR a nabídnout odborné veřejnosti další možnost jak omezení vodní erozi.

Abstract

The certified methodology deals with the possibilities and conditions of using the silt-fence anti-erosion fabric in order to reduce water erosion as effectively as possible. The materials used and their technical parameters, means used for installation, maintenance of measures, methods and possibilities of installation are mentioned in detail. The methodology also presents the results and experience of verification in our conditions. These experiments were repeatedly carried out in simulated and pilot plant conditions. The results show a high efficiency of capturing eroded soils and a relatively reliable distribution of micro-basins and the direction of surface runoff to the desired location. The conclusions of the methodology express the financial costs for the implementation and removal of the anti-erosion fabric silt-fence. These costs were calculated with respect to the technology currently available on our market and the standard prices of construction and earth works. The main purpose of this methodology is to introduce the silt-fence anti-erosion fabric into common practice in the Czech Republic and to offer the expert public another opportunity how to reduce water erosion.

T A
Č R

Tento projekt je financován se státní
podporou Technologické agentury ČR
v rámci Programu BETA2.



Ministerstvo životního prostředí

Obsah

Abstrakt	4
Cíl metodiky	7
Vlastní popis metodiky	8
Úvod	8
Způsoby instalace a parametry protierozního prvku	10
Pokládka protierozní textilie	10
Parametry protierozní textilie, opěrných sloupků a uchycení	14
Podmínky realizace na pozemku	20
Použití s vytvořeným akumulacním prostorem a se zajištěným odtokem	20
Použití bez vytvořeného akumulacního prostoru	27
Údržba	28
Metodika a výsledky z ověřování protierozní účinnosti	30
Metodika ověřování mobilních protierozních prvků simulacemi	30
Výsledky z ověřování mobilních protierozních prvků simulacemi	34
Metodika ověřování mobilních protierozních prvků v provozních podmínkách	36
Výsledky z ověřování mobilních protierozních prvků v provozních podmínkách	37
Ekonomika mobilních protierozních prvků	43
Kalkulace nákladů na realizaci protierozní textilie silt-fence	45
Kalkulace nákladů na odstranění protierozní textilie silt-fence	46
Vyčíslení nákladů z hlediska ekonomického přínosu využití opatření	47
Novost a inovativnost	49
Popis uplatnění metodiky	50
Publikace, které předcházely vydání ověřené technologie	51
Použitá literatura	52

Cíl metodiky

Cílem této metodiky je seznámit veřejnost s možnostmi a podmínkami realizace protierozní textilie silt-fence. Toto opatření spadá do skupiny mobilních protierozních prvků, které sice v České republice nejsou prozatím známé, ale v zahraničí se již pro omezení vodní eroze hojně používají. Jejich povaha na rozdíl od klasických technických prvků není trvalá, a tedy i v tomto duchu by měly být tyto prvky používány. Obvykle se proto uplatňují v oborech stavebnictví, zemědělství a lesnictví. Metodika se opírá o zkušenosti z řešení projektů mezi lety 2017-2020 a informace z odborné zahraniční literatury.

Vlastní popis metodiky

Úvod

Mobilní protierozní opatření byla vyvíjena a používána od počátku 20. století především ve Spojených státech amerických, kde vzniklo mnoho patentů a způsobů řešení pro účinné omezení vodní eroze. Mobilní opatření mají stále charakter technických protierozních prvků, kdy jejich smyslem je zachytit, odvádět nebo případně zpomalovat povrchový odtok a celkově snižovat škody způsobené vodní erozí. Ve srovnání s čistě technickými protierozními prvky ale mají mobilní protierozní opatření nižší kapacitní možnosti v akumulaci povrchového odtoku. Jejich potenciál spočívá především v možnosti účinného rozdělení zdrojové plochy mikropovodí, zpomalení povrchového odtoku s následnou sedimentací půdních částic a směřování do míst, kde budou minimalizovány škody.

Jedním z nejvýznamnějších mobilních protierozních prvků je protierozní textilie silt-fence (obr. 1). Ta je realizována jako dočasná bariéra vytvořená z geosyntetické filtrační tkaniny, která je instalovaná podél obvodu nechráněné půdy, aby redukovala odnos půdy z plošné eroze (FDPE, 2008). Protierozní textilie bývá nejčastěji přichycena pouze na opěrných sloupcích. Může však být kombinována i s balíky slámy a dalšími typy protierozních opatření. Obvykle je vyráběna z umělých materiálů jako nylon, polypropylene, polyester. Testovány však jsou i přírodě blízké materiály vyráběné z běžně se vyskytujících hospodářských plodin. Ty jsou pak nazývány jako biologické či biodegradabilní pro svou schopnost úplného rozkladu bez škodlivých účinků na životní prostředí (Rickson, 2006).

Obr. 1: Ukázka realizace mobilní protierozní textilie silt-fence v terénu



Způsoby instalace a parametry protierozního prvku

Pokládka protierozní textilie

Protierozní textilií je možné zakládat dvěma metodami. První způsob je instalace výkopem o hloubce rýhy 15-35x15 cm, kdy po pokládce textilie na dno rýhy se vykopaná zemina vrací zpět na původní místo. Pokud se jedná o krátký úsek pokládky fólie, výkop je možné provést ručně. Pro delší trasy pokládky je nezbytné již využít mechanické rýhovače (obr. 2), které jsou výrazně efektivnější. V případě výkopového způsobu pokládky fólie je častým problémem opomíjené dostatečné zhutnění v místě výkopu a jeho správné provedení. Hutnění zeminy ve výkopové rýze, která je omezena šířkou a hloubkou 15 cm může také představovat problém. K tomuto účelu je proto vhodné použít stroje s úzkou hutnicí hlavou a hutnit výkop ve vrstvách. V případě neprovedení nebo nedostatečného hutnění hrozí podtékání a následné podemílání nainstalovaného opatření. Zároveň výkopová zemina nesmí ztratit svou vlhkost a být výrazně drobná. Pokud se tak stane, výrazně se omezí možnost jejího zhutnění. Do výkopové rýhy na zásyp nesmí přijít drny a rostlinné zbytky, kamení či stavební suť. Všechny tyto materiály jsou jen obtížně zhutnitelné, protože obsahují mnoho pórů a jsou tak vysoce propustné pro vodu. Hloubka výkopu samozřejmě zlepšuje odolnost a stabilitu silt-fence. Pokud se v místě realizace nacházejí vhodné zeminy je vhodné výkop provést hlubší než minimálně požadovaných 15 cm. Instalace výkopem přináší potenciálně větší možnost průsaku v důsledku většího rozrušení země při výkopu. Obvykle je však spojována s vyšší stabilitou, kdy pravděpodobnost vytažení textilie je nižší (Bugg et al., 2017).

Obr. 2: Ukázka způsobu instalace pomocí metody výkopem (rýhovač Toro)



Druhý způsob instalace protierozní textilie je možný za pomoci speciální lišty pokladače (např. tommy silt-fence machine), která pomocí řezacího dlátka a disku zem otevře a zapustí textilií silt-fence do hloubky v rozmezí 20 - 50 cm (obr. 3). Lišta pro pokládku používá horizontálně vedené dlátko k mírnému rozrušení půdy. Tento stav je vhodnější z hlediska následného mechanického zhutnění po instalaci textilie. Stroj pro pokládku je tvořen svislým diskem, který je umístěn mezi dvěma rovnoběžnými panely. Disk působí jako pohyblivý čep, který textilií svisle přenáší mezi panely. Při této operaci se textilie silt-fence odvíjí z role tak, jak se pohybuje celý stroj vpřed. Textilie je ukládána do vytvořené štěrby s příslušnou hloubkou, aby odtok nemohl procházet pod opatřením. Štěrbina je vytvořena vodorovně vedeným dlátkem s výškou 76 mm, kdy jeho ostří 0,18 mm mírně nadzvedává půdu v důsledku prořezávání čepele. Textilie se mechanicky vkládá hned za čepel, aby se dosáhlo rovnoměrného rozsahu hloubky. Po provedení pokládky je vhodné zeminu zhutnit pojezdem bezprostředně vedle textilie předním kolem traktoru, válcem či jiným prostředkem, který vyvine tlak alespoň 420 kPa. Tímto způsobem se nejprve zhutní návodní strana a následně vzdušná strana opatření. Mechanické hutnění je nezbytné nejméně dvakrát opakovat (Carpenter, 2000).

Obr. 3: Ukázka způsobu instalace pomocí řezací lišty pokladače

(zdroj: <https://www.tommy-sfm.com/index.php>)



Požadovaný půdorysný tvar pokládky fólie může být výrazně limitován využitelnými prostředky pro realizaci. Typickým příkladem je protierozní textilie instalovaná do V-profilu, kdy jsou mechanizační prostředky jen obtížně využitelné. Obecně však platí pravidlo, že rýhovače mají větší poloměr otáčení oproti pokladačům s lištou. Vytvořený oblouk rýhovačem je tedy pozvolnější (Donald et al., 2015; USEPA, 2012).

Obr. 4: Ukázka menšího poloměru otáčení u pokladačů s lištou

(zdroj: <https://www.tommy-sfm.com/index.php>)



Parametry protierozní textilie, opěrných sloupků a uchycení

Protierozní textilie silt-fence je vyráběna z umělých materiálů jako je polypropylen, polyester a nylon. Obvykle se používá ve tkané podobě, ale jak některé pokusy naznačují stejně tak účinná může být i forma netkaná. Základním předpokladem kvalitní fólie je její UV stabilita, která by neměla klesnout pod 90 %. Dalším parametrem je její propustnost, kdy tento údaj musí být chápán v praxi pouze relativně. I v případě propustných textilií se postupně v pórech drobný sediment usazuje a dochází k jejímu postupnému omezení. Standardně jsou u běžných tkaných textilií uváděny hodnoty v rozmezí 0,28 l/s – 13 l/s (Robichaud et al. 2002). Henry and Hunnewell (1995) prokázali u tkaných i netkaných textilií propustnost v rozmezí 0,063 – 0,026 m³/m²/min. A v současné době jedny z nejvíce propustných textilií produkuje anglická společnost Hy-Tex, kdy pro textilií Terrastop Premium udávají hodnotu průtoku (filtrace) 45 l/m²/s. A u druhého nabízeného produktu s názvem Terrastop HighFlow je uváděna hodnota až 190 l/m²/s (Vinten et al., 2014). Poměrně zajímavou možností představuje i patentované řešení US 8,465,231 B2, kdy u textilie propustnost s výškou graduje. Tedy čím více se povrchová voda akumuluje na návodní straně, tím se stává opatření propustnější. Cílem tohoto záměru bylo naprosto minimalizovat možnost přelití opatření. Poměrně důležitým parametrem je i pevnost v tahu. Nejčastěji se udává v jednotkách hmotnosti (lbs, kg) případně v jednotkách síly (kN). Tyto hodnoty se odvíjejí od materiálu a doby jejího používání, proto jsou také značně proměnlivé. Washington State Department of Ecology Water Quality Program požaduje pro standardní textilie minimální pevnost v tahu 45 kg a pro extra zatížené 82 kg. Míra natažení textilie se obvykle uvádí okolo 15 – 30 % bez ohledu na směr. Natažení při zatížení by nemělo překročit 50 %. V některých případech je uváděna i hodnota odolnosti proti propíchnutí, která odpovídá cca 18 kg. Používané protierozní textilie silt-fence by měly splňovat vymezené podmínky neziskovou organizací ASTM - American Society for Testing and Materials. Tyto podmínky jsou nejčastěji zaneseny v jednotlivých manuálech a směrnících pro omezení vodní eroze, které vydávají jednotlivé státy samostatně (Horsley Witten Group, 2006; Bugg et al., 2017).

Do podkladu protierozní textilie silt-fence bývá výrobcí a mnohdy i metodikami doporučována opěrná kovová síť (obr. 5). Tu však považují někteří autoři za neefektivní. V počátečních letech vývoje silt-fence, kdy původní textilie měly tendenci se více protahovat, byl zaveden drátěný podklad z kovové sítě. Tento systém konstrukce ovšem nemusí být ideální za všech podmínek. Jak se uvádí, první problém vzniká již při roztažení podkladové sítě. Síť roztahovaná ručně se táhne stejně jako tkaná textilie, kterou má podepírat. Průtažnost materiálu je tedy velice podobná a naopak může docházet k porušení opatření. Druhým problémem je, že pokud konce opatření nejsou dostatečně podepřeny a opatření zadržuje větší množství vody, drátěný

podklad má tendenci stahovat sloupky dolů. Takovýto systém je rovněž nepoměrně dražší. Proto jako mnohem vhodnější řešení se doporučuje použít pouze tkanou textilií a namísto drátěné sítě dát sloupky v kratší vzdálenosti cca 1 - 1,6 m (Britton et al., 2000).

Obr. 5: Ukázka protierozní fólie doplněná o podporu z drátěné sítě

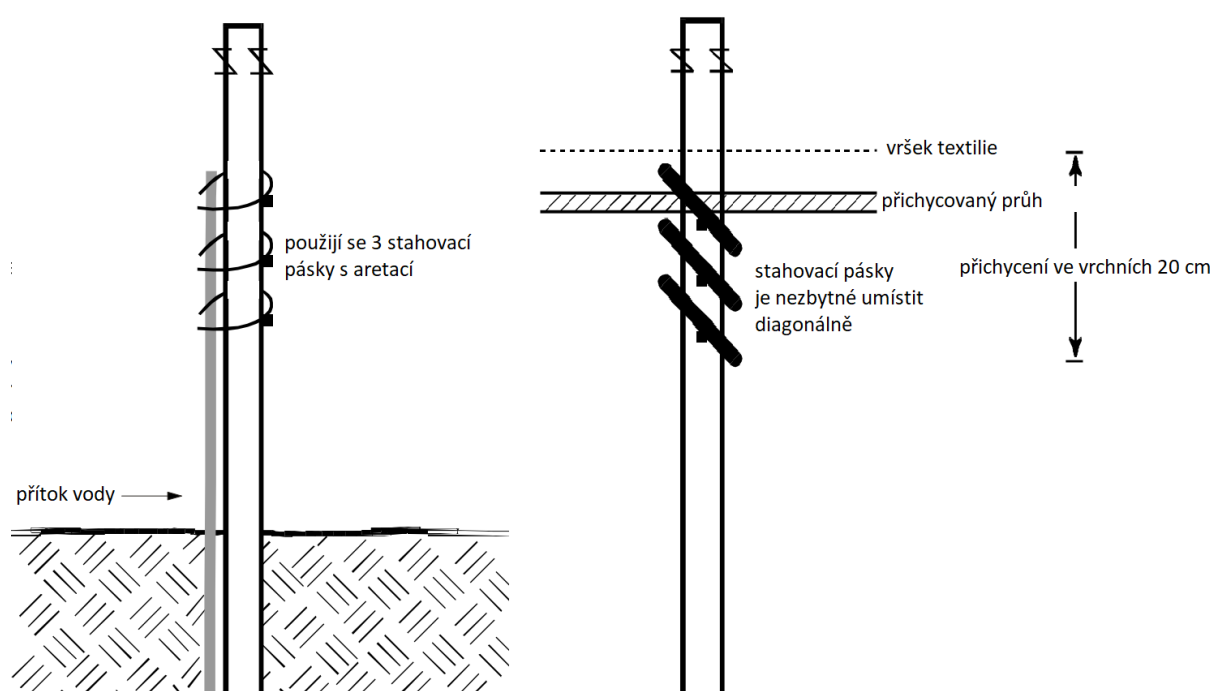
(zdroj: <http://www.iron-wiremesh.com/>)

Nezbytným prvkem celé instalace silt-fence jsou opěrné sloupky, které drží protierozní textilií vztyčenou a poskytují oporu zadržené vodě a sedimentu. Opěrné sloupky se nejčastěji používají ze dvou druhů materiálů – dřevo a kov. Dřevěné sloupky jsou využívány častěji, kdy hlavním důvodem jsou o poznání nižší náklady než v případě kovových. Přestože dřevěné sloupky (šířky 5x5 cm) jsou potenciálně dostatečně silné, aby podepřely horizontálně vedený prvek. Problém obvykle nastává s nedostatečným zapravením do země, které v praxi mnohdy dosahuje pouze 15 – 20 cm. Zároveň jejich zatloukáním se bočně vytlačuje půda a zhutňuje se i v místě pod sloupkem samotným. Jak bylo ověřeno, opěrné sloupky zapravené 15 - 20 cm nejsou dostatečně hluboko, aby pojaly akumulaci 45 cm vody a sedimentu. Samozřejmě, místo pro sloupky může být i předvrtáno, ale tento způsob je výrazně pracnější a časově náročnější. Z těchto důvodů se dřevěné opěrné sloupky jeví jako méně vhodné pro instalaci. Částečně se tomuto problému můžeme vyhnout použitím kovových sloupků. Opěrný t-sloupek, který váží alespoň 1,9 kg na délku stopy (30,5 cm), není problém zapravit i 60 cm do zhutněné půdy. Takovýto způsob provedení pak nemá problém unést 45 cm horizontálního zatížení vodou a sedimentem. Další výhoda kovových sloupků je, že se mohou použít opakovaně (Carpenter, 2000).

I v případě dobré přípravy a realizace silt-fence, bude veškerá snaha zbytečná, pokud selže poslední část, kterou je přichycení. Spoléhat pouze na připevnění textilie stahovací páskou či drátem na sloupek v jednom místě nestačí. Textilie plně zatížená povrchovou vodou a sedimentem by se buď roztrhla, nebo by samotné uchycení sklouzlo dolů. Pokud jsou sloupky rozmístěny ve správné rozteči dle očekávaného zatížení, budou dva až tři stahovací pásy stačit, aby udržely hmotnost povrchové vody a sedimentu (obr. 6). V tomto směru třetí pásek je jakousi malou pojistkou, kdyby došlo k poškození jednoho z nich. Stahovací pásek musí být umístěn diagonálně a uchycen v této pozici na opěrném sloupku. Takovýto způsob zdvojnásobí efektivitu použitých pásek. Zároveň každý pásek musí být zapřen o opěrný háček (výčnělek) sloupku, které musí směřovat od textilie, aby nedošlo k jejím poškození. Stahovací pásy musí být pevně dotaženy. Pouze tím se minimalizuje možnost poškození a vznik dalších problémů. Protože uvolněné vazby způsobují nerovnoměrný tlak na textilií a jsou příčinou selhání opatření při zatížení. Vhodné pro použití jsou například kabelové stahovací pásy s nosností 23 kg či měkké drátěné. A stejně jako materiál fólie musí být odolné proti UV záření (Horner et al., 1990), (Carpenter, 2000),

U dřevěných opěrných sloupků není přichycení pomocí stahovacích pásek či drátu tak časté. Naopak pro rychlé uchycení textilie se používají spony (obr. 7). Textilie se pak plynule přichycuje od spodu až po vrch k opěrnému sloupku. Velkou výhodou je, že spona pouze nepatrně poruší povrch textilie na rozdíl od stahovacích pásek. Velice důležitá je správná délka spon. Ta by měla dosahovat minimálně délky dvou centimetrů. Rovněž i šířka spony má svůj význam, kdy užší spony rozprostírají tah na menší plochu než širší a hrozí snadněji vytrhnutí. Tomu lze předejít, i pokud fólii přichytáváme přes opěrnou lištu. Zapravení spon se provádí pomocí sponkovací pistole. Za určitých podmínek se dají použít elektricky napájené pistole. Mnohdy jejich nevýhodou je nižší vyvinutý tlak pro zavedení sponky. V tomto směru jsou mnohem spolehlivější a výkonnější sponkovací pistole pneumatické. Zapravení sponky je pak obvykle precizní. Jejich nevýhoda však spočívá v přítomnosti poměrně objemného kompresoru, se kterým je obtížnější manipulace. (Landphair et al., 1997; Kincl et al., 2017)

Obr. 6: Přichycení protierozní textilie k opěrnému sloupku pomocí stahovacích pásek
(zdroj: <https://www.tommy-sfm.com/index.php>)



Obr. 7: Přichycení protierozní textilie k dřevěnému opěrnému sloupku pomocí spon



Podmínky realizace na pozemku

Americká agentura pro ochranu životního prostředí (USEPA) stanovila základní pravidla pro použití silt-fence, bez ohledu na podmínky v jakých je opatření realizováno. Tato pravidla (Rule of thumb) doporučují maximální zdrojovou plochu přibližně 10 arů na 30 m délky fólie. Tímto způsobem dimenzované opatření by v případě správné instalace nemělo být za žádných podmínek poškozeno. Stanovené pravidlo je široce přijímáno jihovýchodními státy bez ohledu na gradient sklonu a délku instalované textilie. Jistou výjimku tvoří pouze podmínky ve státě Alabama, které dovolují maximální plochu povodí 20 arů na 30 m délky protierozní textilie, pokud je zesílena drátěným pletivem (Bugg et al., 2017; Crebbin, 1988). Takto striktní podmínky realizace byly stanoveny především, aby se zajistila naprostá bezpečnost v zastavěném území i pro silné přivalové srážky s nízkou pravděpodobností opakování. Nicméně mimo zastavěné území, kde nehrozí výrazné škody na majetku a infrastruktuře, je možné podmínky realizace mírně uvolnit.

Použití s vytvořeným akumulacním prostorem a se zajištěným odtokem

Nejčastěji je protierozní textilie silt-fence realizována s akumulacním prostorem, kdy konce fólie jsou vertikálně výše než její střed. Tím dojde k přehrazení svahu a z pohledu půdorysu vzniká profil ve tvaru U. Nové filtrační protierozní textilie po instalaci propouští odtok velice efektivně, nicméně postupem času dochází k ucpávání jejich pórů. V tomto případě pak nastává odtok přelivem. Ten může být proveden buď snížením hrany fólie (obr. 8), kdy přeliv je na vzdušné straně stabilizován záhozem nebo balíkem slámy pro snížení kinetické energie přepadajícího proudu (Donald et al., 2015). Nebo další možností je přeliv vybudovat na krajích opatření (obr. 9). Tyto kraje však musí být dobře stabilizovány (nejčastěji travním porostem), aby v místech proudění povrchové vody nedocházelo k vymílání rýžek a rýh (Auckland Regional Council, 2009).

Obr. 8: Uměle vytvořený přeliv na textilií

(zdroj: Donald et al., 2016)



Obr. 9: Boční přeliv bez stabilizace osemem je ohrožen vymíláním rýh a rýžek



TITSMZP717 - Systém krajinných úprav pro adaptaci zemědělské (lesozemědělské) krajiny na klimatickou změnu v období 2030+

T A
Č R

Tento projekt je financován se státní
podporou Technologické agentury ČR
v rámci Programu BETA2.



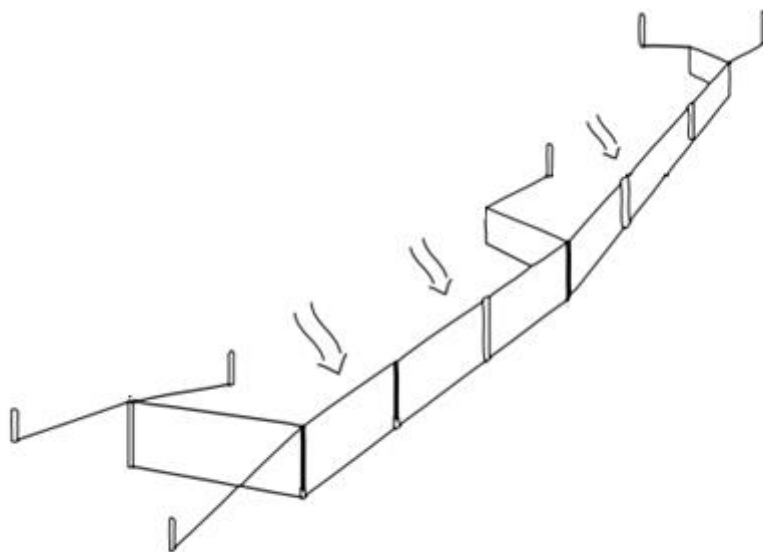
Ministerstvo životního prostředí

Dalším způsobem realizace protierozního prvku je instalace v souvislé délce, která je členěna na jednotlivé segmenty (obr. 10). Opatření je realizováno s mírným podélným sklonem a pouze zakončení segmentů je provedeno kolmo proti svahu. Mezi jednotlivými segmenty se díky přehrazení vytváří akumulací prostor. Boční přehrážky mohou být doplňkově stabilizovány lanem kotveným do země pomocí kolíků. Z hlediska zachycení návrhové srážky je kritickým faktorem určujícím efektivitu systému akumulací kapacita. Během dešťové srážky vytvořené přehrážky dočasným zpomalením odtékající vody umožní postupné usazování jinak erodovaného materiálu. Tato depozice pak vede k vyšší kvalitě odtékající vody, protože obsahuje výrazně méně unášených půdních částic. Metodika návrhu opatření byla zpracována Auckland Regional Council (2009) a má pomáhat odborníkům při správném navrhování systému na ochranu před erozí.

Tab. 1: Maximální délky u segmentových prvků s vytvořeným akumulací prostorem
(Zdroj: Auckland Regional Council, 2009).

sklon svahu (%)	maximální délka svahu (m)	maximální délka segmentu (m)	maximální souvislá délka opatření (m)
do 2	bez limitu	neřešeno	bez limitu
2-10	40	60	300
10-20	30	50	230
20-33	20	40	150
33-50	15	30	75
více než 50	6	20	40

Obr. 10: Opatření realizované po segmentech
(zdroj: Auckland Regional Council, 2009)



Posledním způsobem instalace s vytvořeným akumulčním prostorem je tzv. systém J-hook. Půdorysný tvar opatření je podobný rybářskému háčku. Tento způsob se využívá v podmínkách, kdy je svah potřeba vertikálně rozdělit na dvě části. Pro snazší pochopení je tento případ znázorněn na obr. 11. Odklon od vrstevnic pak může být větší jak 30 stupňů. Správná funkce protierozní textilie se odvíjí od schopnosti dočasně zadržet povrchový odtok na návodní straně tak, aby nastala sedimentace většiny unášených půdních částic. Přitom samotnou textilií nemůžeme považovat za stabilní filtr. Zachycená povrchová voda by v rámci vymezeného akumulčního prostoru neměla proudit, protože by opatření správně nefungovalo. Proto je nezbytné, aby protierozní textilie byla instalována v místech, kde je možné vodu akumulovat, např. po délce svahu. Vždy je potřeba se vyhnout zbytečně dlouhým prvkům a naopak je žádoucí rozdělit svah větším počtem drobnějších objektů. Minimální šířka opatření J-hook je doporučena v délce 6 m s úklonem proti svahu do 3 m. Samozřejmě s ohledem na sklon svahu a vytvořený akumulční prostor (Horsley Witten Group, 2006).

Tab. 2: Maximální délky jednotlivých opatření systém J-hook s vytvořeným akumulčním prostorem

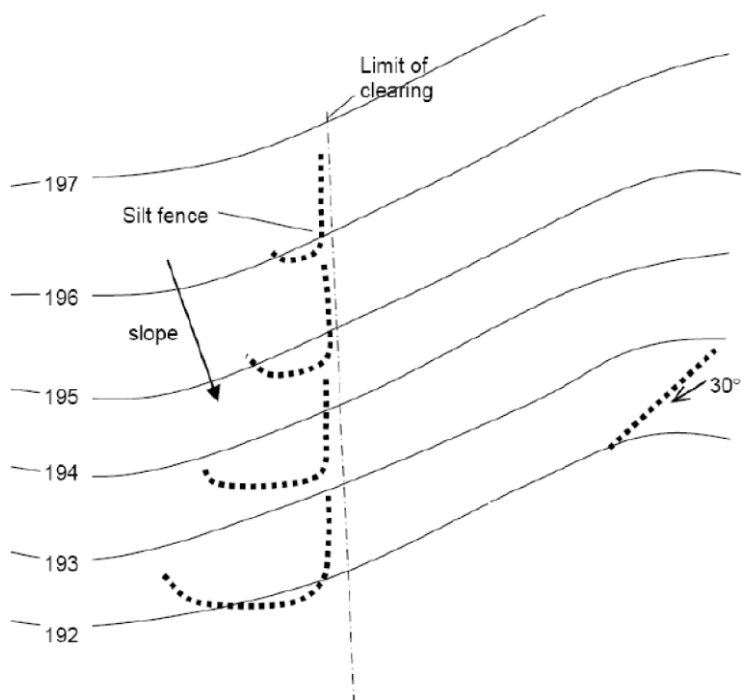
(Zdroj: Horsley Witten Group, 2006)

sklon svahu (%)	maximální délka jednotlivých opatření technologie J-hook (m)
-----------------	--

do 20	30
25	23
33	15
50	8

Obr. 11: Systém J-hook realizovaný v praxi

(Zdroj: Horsley Witten Group, 2006)



Použití bez vytvořeného akumulčního prostoru

V případě rozsáhlejší zdrojové plochy povodí je potřeba přijmout podmínku, že odtok z opatření musí být stále zajištěn. Protierozní textilie v tomto případě je bez akumulčního prostoru, tedy je instalována přímo ve směru spádu, kdy odtok je průběžný. Smyslem této instalace je rozdělení původní zdrojové plochy pozemku a jednoznačné nasměrování odtoku do recipientu. Pokud je podélný sklon fólie do 0,5 % není návodní stranu potřeba osévat, u větších sklonů je osetí travní směsí vzhledem k potřebě omezení vymílání nezbytné. Obecně je udáváno, že opatření je schopné odolat průtoků 30 - 40 l/s. Lake et al. (2006) uvádí maximální délky svahu a délku protierozní fólie následující:

Tab. 3: Maximální délka svahu a délka protierozního prvků při vrstevnicové instalaci bez vytvořeného akumulčního prostoru

(Zdroj: Lake et al., 2006)

sklon svahu (%)	délka svahu (m) / délka protierozního prvků (m)					
	standardní		zesílená		speciální	
méně než 2	91	457	bez limitu		bez limitu	
2-10	38	305	76	610	91	762
10-20	30	229	46	305	61	305
20-33	18	152	24	229	30	305
33-50	12	76	21	107	30	152
50 a více	6	38	9	53	15	76

Standardní - textilie je sponkami kotvena k dřevěným opěrným sloupkům zapuštěným 0,4 m do země

Zesílená - textilie je podložena pletivem s velkými oky, které jsou kotveny k ocelovým sloupkům zapuštěným 0,4 m do země

Speciální – textilie je podložena pletivem s malými oky, které jsou kotveny k ocelovým sloupkům zapuštěným 0,9 m do země

Údržba

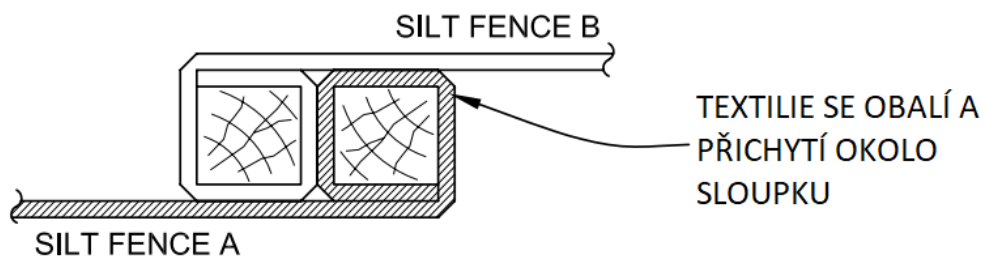
Protierozní textilie silt-fence musí být kontrolována po silnějších dešťových srážkách (obvykle 12,7 mm za den a více), zda nedošlo k významnému usazení sedimentu v akumulačním prostoru, podezření fólie či zničení opěrných sloupků. Rovněž je nezbytné provést i kontrolu místa, kde nastalo přelití opatření a míst níže položených pod ním. Již v době realizační přípravy je vhodné kalkulovat očekávané množství depozice sedimentu pro konkrétní dešťové srážky, právě ty jsou pak hlavním indikátorem provedení údržby. Odstranění sedimentu z akumulačního prostoru se doporučuje až v momentě, kdy výška na návodní straně protierozní textilie silt-fence dosahuje méně než 23 cm. Předpokládá se ovšem, že jsou dodrženy parametry pro návrh a dimenzování protierozního prvku (Stevens et al., 2005). Krátce po erozní situaci může být pohyb strojů vzhledem k silnému podmáčení komplikovaný a v některých případech prakticky nemožný. V těchto případech je nezbytné počkat několik dnů a až následně provést odstranění sedimentu (Harbor, 1999; USEPA, 2012). Carpenter (2000) namísto kompletního vyčištění protierozního prvku doporučuje pod ním vybudovat opatření nové. To je z důvodu, že i po vyčištění má původní protierozní textilie póry zacpané a má výrazně nižší propustnost. Při erozních situacích akumuluje výrazně větší množství vody a je vyšší pravděpodobnost poškození původního opatření.

Písčité a hlinitopísčité půdy jsou náchylnější z hlediska podezření opatření. To je spojené především s výkopovou metodou, kdy se patu opatření nepodaří adekvátně zhutnit. Po silných deštích by mělo toto místo být důkladně zkontrolováno a případně chybějící zemina nově dosypána a zhutněna. Preventivní kontroly však musí být prováděny i v době bez výrazných srážkových událostí. To je dáno tím, že k poškození protierozního prvku může dojít i vlivem provozu strojů, v důsledku vandalizmu či zvěří. Opravy se odvíjejí od míry poškození a neměly by být podceňovány. Mezi nejčastější opravy patří:

- Výměna části opatření - vyměněn je pouze úsek opatření. Nové napojení textilie musí být kvalitně provedeno a je zobrazeno na obr. 11. Výkop, do kterého byla instalována textilie je potřeba opět kvalitně zhutnit.
- Oprava trhlin - malé trhliny do 1 cm mohou být ošetřeny vhodnou záplatou. U větších trhlin je potřeba vyměnit poškozenou část, tedy podobný případ jako v případě výměny segmentu.
- Výměna sloupků - dochází k naklonění sloupků, naprasknutí a prasknutí sloupků či dalším poškozením v důsledku klimatických podmínek. Pokud sloupek není poškozen, je možné uvažovat pouze o jeho opětovné instalaci. V případě jakékoliv deformace, je sloupek lepší vyměnit za nový.

- Výměna přichycení – jedná se o kovové sponky, stahovací pásy či drát. Pokud při pravidelné kontrole tyto komponenty nejsou dostatečně pevné, musí se bezodkladně vyměnit.

Obr. 11: Napojení textilie po výměně segmentu



Metodika a výsledky z ověřování protierozní účinnosti

Obecně mobilní protierozní prvky (tedy i protierozní textilie silt-fence) v našich podmínkách realizovány ani ověřovány nebyly. Relativně málo informací ohledně účinnosti opatření je i v zahraničí. Odborná literatura zde zpravidla popisuje laboratorně prováděná testování, kdy stav opatření není zatížen provozními podmínkami. Jak již několik autorů naznačilo, takovéto výsledky mohou být pak zkresleny a nevypovídají o skutečné účinnosti. Následující kapitola proto popisuje náš způsob ověřování mobilních opatření v simulovaných i provozních podmínkách.

Metodika ověřování mobilních protierozních prvků simulacemi

Testování mobilních protierozních prvků spočívá v jejich řízeném zaplavení průtoky o známé intenzitě 5 a 10 l/s. Simulovaný povrchový odtok je vyvinut pomocí kalového čerpadla (dvojice čerpadel) o známém maximálním výkonu 380 l/min. Tento výkon je redukován o výtlačnou výšku potrubí (převýšení + délka potrubí) na nižší hodnotu 300 l/min (tím je splněna podmínka 5 l/s na jedno čerpadlo). Následně je voda čerpána do přelivného zavlažovacího žlabu (obr. 12) o kapacitě 225 l, kdy tento objem dokáže zmírnit turbulentní proudění v potrubí, tak aby ověřovaná opatření byla zaplavována plošným povrchovým odtokem s přijatelnou mírou vodní eroze (tj. eroze, při níž nedochází k fatálnímu poškození pozemku a v co největší míře se podobá reálné plošné erozi).

Délka doby testování byla stanovena 25 minut na jednu simulaci. Tento čas je adekvátní z hlediska infiltrace vody do půdního profilu, kdy cca po 15 minutách dochází k nasycení půdního prostředí a ustálení povrchového odtoku. Při průtoku 5 l/s se spotřebuje 7,5 m³ vody, při 10 l/s je spotřeba dvojnásobná, tedy 15 m³. Na jedno testování mobilního protierozního prvku se tak spotřebuje 22,5 m³. Tento vysoký požadavek na množství vody bylo možné realizovat jen díky pravidelné dovážce ve vysoce kapacitních cisternách. Mobilní protierozní opatření se testují 2 x v roce - na začátku pěstební sezóny a po jejím konci, kdy by se měla prověřit funkčnost opatření v čase.

Obr. 12: Prodloužená přelivná hrana pro plošný přeliv



Mobilní protierozní opatření byla testována z hlediska dvou možných způsobu využití:

Akumulace a zachycování erodovaných půdních částic

Zvolené technologie mobilních opatření byly realizovány s délkou 10 m. Samotný akumulací prostor byl vytvořen úklonem opatření proti svahu a to každý rok o 5-10 výškových centimetrů. Cílem opatření není vytvářet velký akumulací prostor pro zachycování vody, u kterého by v případě porušení hrozily škody. Opatření mají pouze zpomalit odtok tak, aby nastala sedimentace půdních částic a voda mohla po krajích bezpečně odtékat.

Směrování odtoku

Všechna mobilní opatření pro směrování odtoku byly realizovány v délce 15 m s proměnným podélným sklonem v jednotlivých letech. V prvním roce řešení se protierozní prvky realizovaly s 0,5 % sklonem a každý další rok se o 1 % podélný sklon opatření zvýšil.

Vzdálenost zavlažovacího žlabu byla v případě testování protierozních prvků na *akumulaci a zachycování erodovaných půdních částic* 6 m od středu opatření (nejnižšího místa). Tato vzdálenost byla zvolena proto, aby se erodovalo dostatečné množství půdních částic, ale zároveň byl dostatečný povrchový odtok. Ten by s velikostí omočené plochy klesal (infiltrace). V případě *směrování odtoku* byla zvolena vzdálenost žlabu od opatření poloviční 3 m, kdy

TITSMZP717 - Systém krajinných úprav pro adaptaci zemědělské (lesozemědělské) krajiny na klimatickou změnu v období 2030+

záměrem bylo na mobilní opatření přivést co největší množství povrchové vody. Abychom pouze nespolehali na průtok tvořený čerpadly, ale zároveň stanovili odtok ze samotných protierozních prvků, bylo množství vody vytékající z opatření měřeno pomocí kalibrovaného Parshallova žlabu. Toto zařízení slouží pro velmi přesné měření průtoků. Obvykle se používá na potocích, odvodňovacích kanálech, ale také na čistírnách odpadních vod. Výhodou zařízení je velmi nízká ztráta energie oproti přepadům, rychlost ve žlabu je dostatečná a nedochází tak k sedimentaci nerozpuštěných látek. Mezi další výhody patří relativní necitlivost na rozdělení přítokové rychlosti a vysoký rozsah měřených průtoků. Zásadní podmínkou je, aby Parshallův žlab nebyl umístěn ve větším podélném sklonu než 1 %. Stejný sklon by měl být dodržen také v délce minimálně dvou metrů před zaústěním do Parshallova žlabu. Tato podmínka byla splněna prostřednictvím soustavy makrolonů, které povrchový odtok na žlab přiváděly. Dosažené průtoky se v pravidelném intervalu 15 vteřin odečítaly na vodočetné lati, která je součástí žlabu.

Obr. 11: Instalace Parshallova žlabu

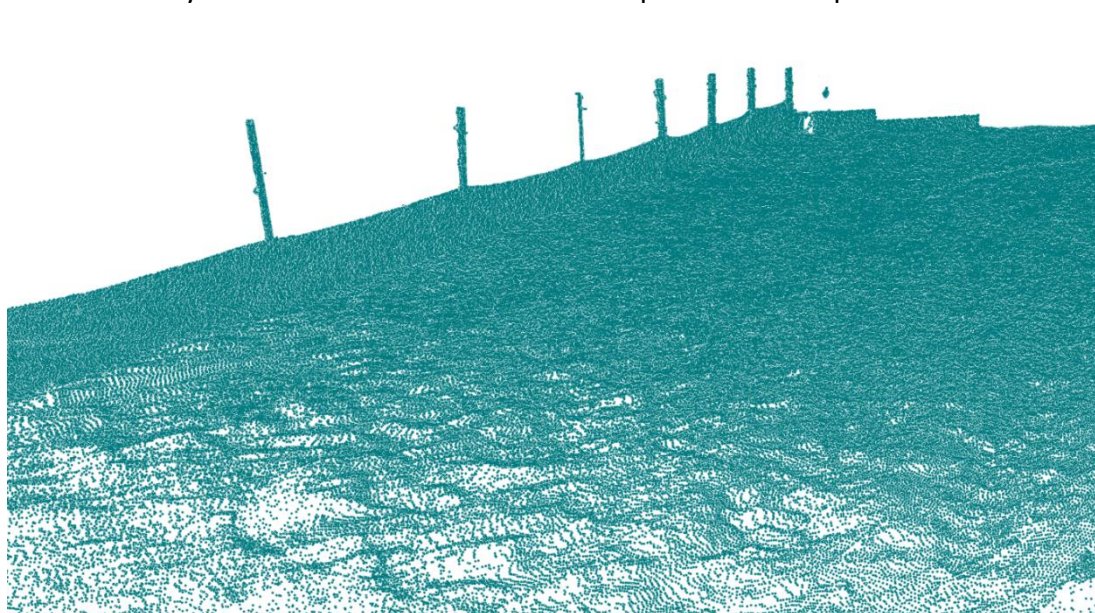


Pro zdokumentování vlivu protierozních opatření na pohyb půdních částic se po každé simulaci provádělo 3D skenování. K tomuto účelu se využíval skenovací systém FARO Focus 3D X 130 pracující na principu prostorové polární metody. Dálkoměr je fázový s praktickým rozsahem měření od 0,6 m do zhruba 70 m a udávanou směrodatnou odchylkou měření délek 2 mm. Zorné pole přístroje je 360° v horizontálním směru a 300° ve směru vertikálním. Maximální

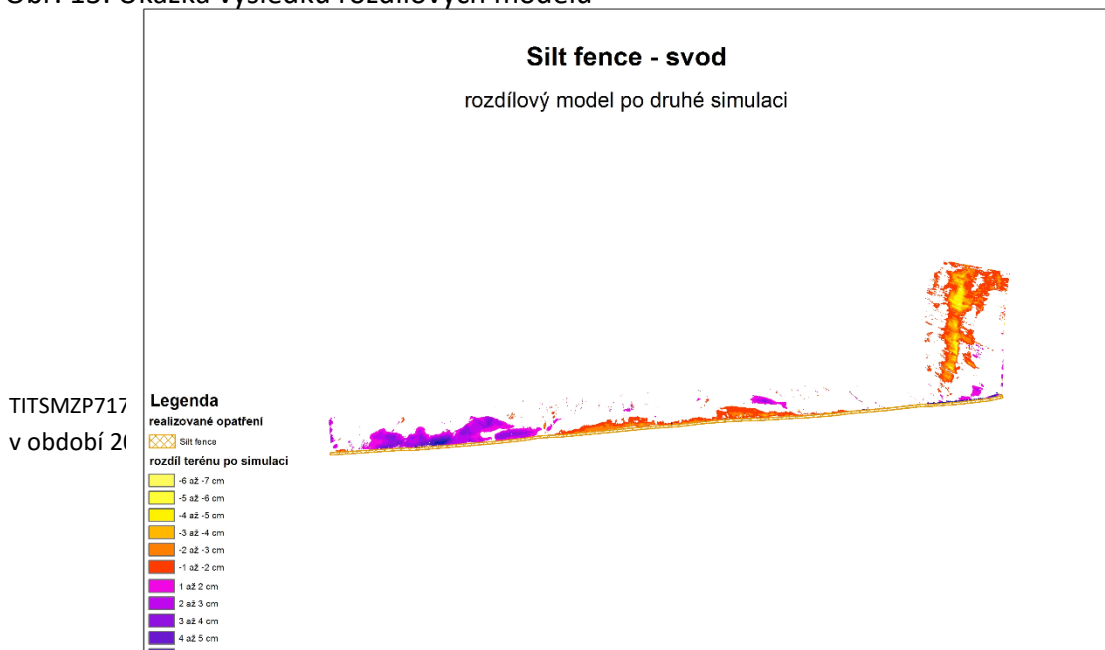
TITSMZP717 - Systém krajinných úprav pro adaptaci zemědělské (lesozemědělské) krajiny na klimatickou změnu v období 2030+

rychlost skenování je 976 000 bodů za sekundu. Vzhledem k citlivosti stroje na změnu polohy se ukázalo vhodné stativ stroje neumísťovat přímo na povrch půdy, ale špičky stativu umístit do důlků na hlavách dřevěných kolíků pevně zatlučených do země. Dále se okolo měřených protierozních prvků umístily čtyři kulové terče o poloměru 145 mm. Tyto terče sloužily k ověření stability stanoviště a orientaci skeneru v průběhu měření jednotlivých etap na daném opatření. Samotné skenování protierozního prvku probíhá ve třech etapách – výchozí stav před simulacemi, stav po první simulaci a stav po druhé simulaci. Výsledkem laserového skenování je textový soubor txt. se zaznamenanými souřadnicemi bodů. Na základě těchto naměřených dat je možné vytvářet rozdílové modely v prostředí GIS, které jsou součástí vyhodnocení (obr. 13).

Obr. 12: Zobrazený záznam z laserového scanování v prostředí GIS opatření silt-fence



Obr. 13: Ukázka výsledků rozdílových modelů



Výsledky z ověřování mobilních protierozních prvků simulacemi

Protierozní textilie silt-fence z hlediska směřování povrchového odtoku pracovala velice spolehlivě. Ověřována byla při podélném sklonu v rozmezí 0,5 % až 4 %. Námi naměřený povrchový odtok dosahoval maxima okolo 7 m/s, kdy v rámci simulací nedošlo k výraznějšímu poškození, které by omezilo funkci opatření. Nicméně již při vedení podélného sklonu textilie od 1 % dochází na návodní straně k mírnému vymílání půdy. Tomuto efektu lze zabránit osetím paty opatření na návodní straně v šířce 1,5 m. I při větším sklonu travní porost efektivně zachycuje erodovaný materiál a povrchový odtok je dále průběžně odveden po délce instalovaného protierozního prvku. Z našeho pohledu pro směřování odtoku lze doporučit i realizaci po segmentech s mírným podélným sklonem. Mezi jednotlivými segmenty se díky přehrazení vytváří akumulací prostor. Ovšem i tato akumulace by neměla přesahovat 20-30 cm výšky vodního sloupce na návodní straně. Proti vymílání prostoru před přepážkou je vhodné toto místo osít vhodnou protierozní travní směsí.

V případě druhého způsobu instalace, kdy bylo cílem sledovat akumulaci a účinnost zachycení erodovaných půdních částic, se protierozní textilie rovněž ukázala jako velice efektivní. Opatření bylo realizováno s vytvořeným akumulacím prostorem v rozmezí 5-25 cm. Během simulací bylo v průměru více než 84 % erodovaného materiálu zachyceno ve vymezeném prostoru. Tento efekt byl zjištěn bez ohledu na realizované převýšení, tedy i relativně menší akumulací prostor z hlediska zachycení sedimentu pracoval velice spolehlivě. Odtok povrchové vody z opatření je možné řešit několika přístupy. Prvním způsobem je odtok přelivem přes vrchní hranu textilie silt-fence. Tento způsob mnohdy doporučovaný v zahraničí se z našeho pohledu nezdá vhodný. Opatření je výrazně namáháno celým zadrženým objemem vody a může tak dojít k poškození. Zároveň přepadající voda v případě naplnění vzhledem k dopadu z velké výšky eroduje půdu na vzdušné straně textilie. Jako mnohem vhodnější řešení se ukazuje u opatření vybudovat přeliv, kdy v jeho místě na vzdušné straně se umístí balík slámy snižující kinetickou energii přepadající povrchové vody. Dalším možným způsobem řešení je, aby odtok z opatření byl veden přelivem přes boční stranu opatření. Vždy je tento prostor nezbytné osít vhodným travním osivem, aby bylo zabráněno vzniku rýh a rýžek na výtok z vytvořeného akumulacího prostoru. Určitou nevýhodou menšího akumulacího prostoru je relativně častější údržba spojená s odstraňováním sedimentu. Domníváme se ale, že opatření má pak mnohem delší životnost a je méně náchylné z hlediska poškození v průběhu erozní události. Během simulací byla testována i propustnost různých protierozních textilií vyrobených z polypropylenu. V tomto případě nebyl zaznamenán výrazný rozdíl v propustnosti u textilií s vysokou (130 g/m²) a nízkou gramáží (70g/m²). Ta v průměru dosáhla hodnoty 0,71 l/m²/s.

T A
Č R

Tento projekt je financován se státní
podporou Technologické agentury ČR
v rámci Programu BETA2.

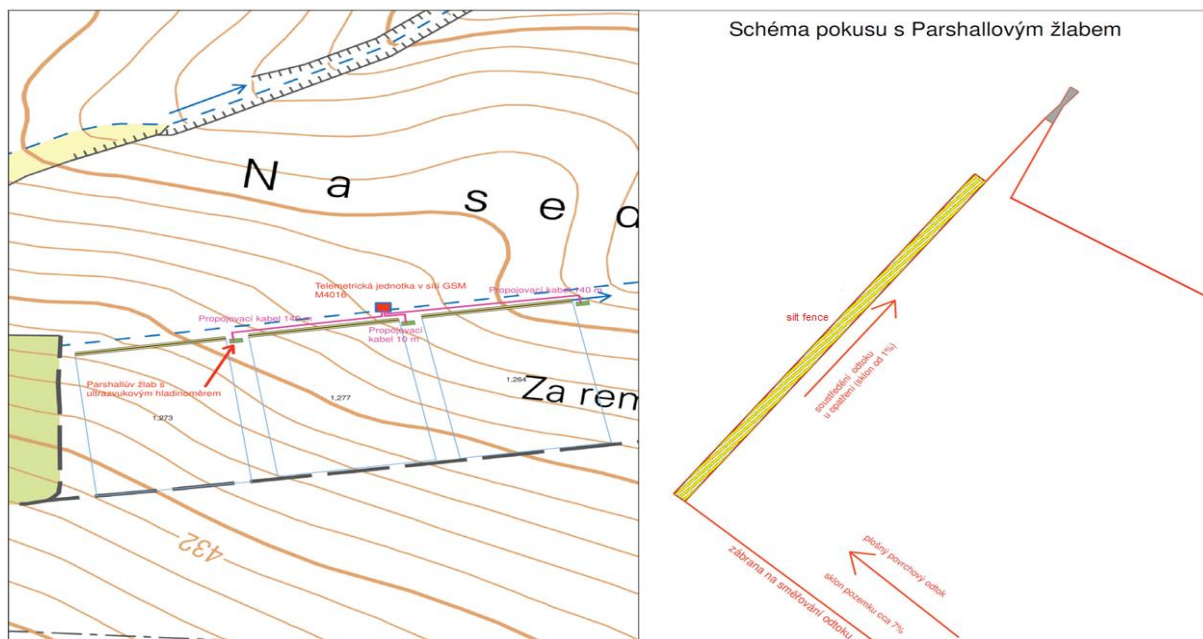


Ministerstvo životního prostředí

Metodika ověřování mobilních protierozních prvků v provozních podmínkách

Pro ověření protierozní textilie silt-fence byly v provozních podmínkách vytvořeny tři pokusné parcely (každá se zdrojovou plochou 1,2 ha) s rovnoměrným sklonem svahu okolo 7,2 %, na kterých byla pěstována širokořádková plodina konvenčním i půdoochranným způsobem (obr. 14). Ve spodní části každé parcely byla realizována protierozní textilie silt-fence v délce 100 m. Při zakládání textilie byl použit rýhovač TORO RTX20, který vytvářel požadovanou rýhou širokou 15 cm s průměrnou hloubkou 35 cm. Do vytvořené rýhy byla uložena textilie a následně na návodní straně zahrnuta. U paty byly do hloubky 50 cm zapuštěny opěrné sloupky s rozestupem 1,8 m a následně na ně byla textilie kotvena pomocí elektrické sponkovací pistole. Cílem instalované protierozní zábrany bylo usměrnění a odklonění povrchového odtoku k měrnému Parshallovu žlabu s ultrazvukovým hladinoměrem. Informace o průtoku z každé přívalové srážky byly zaznamenávány pomocí registrační jednotky M4016-G3 a zasílány přes GSM modul na záznamový server. Odtoková odezva tak byla zapsána v digitální podobě a byla vztažena k příčinné srážce zaznamenané na meteostanici. Zároveň před vtokem do měrného žlabu byly vybudovány sedimentační nádrže o kapacitě 3,6 m³, které umožnily vizuální kontrolu sedimentu i odběr jeho vzorků pro stanovení množství splavené ornice z konkrétní varianty. Vzhledem ke schématu pokusu a umístění sedimentační jímky na úpatí pozemku, musí být takovýto erodovaný materiál počítán za již ztracený. Tedy jedná se o půdu, která proniká do vodních toků, nádrží, technických protierozních prvků, kde snižuje jejich objem.

Obr. 14: Schéma provozních pokusných ploch



Výsledky z ověřování mobilních protierozních prvků v provozních podmínkách

Monitoring na pokusné ploše probíhal po dva roky, kdy došlo k několika erozně odtokovým událostem. Jako modelový příklad byly vybrány tři události, které byly vyvolány srážkami s nižší a střední intenzitou. Bohužel jednu erozní událost se nám nepodařilo spolehlivě vyhodnotit, kdy v místě pokusu došlo k poruše srážkoměrné stanice. Tato srážka však patřila k výrazně extrémním, kdy na další vzdálenější stanici (9 km) byla dosažena hodnota 65 mm za dobu 6 hodin. Ovšem ani v případě této srážky, která dle N-letosti by pravděpodobně přesáhla hodnotu 50ti-leté srážky, nedošlo k zásadní poruše realizovaných opatření. Pouze byla provedena běžná údržba, kdy na návodní straně byly zahrnuty vytvořené erozní rýžky. V tomto případě návodní strana nebyla stabilizována osem travní směsí.

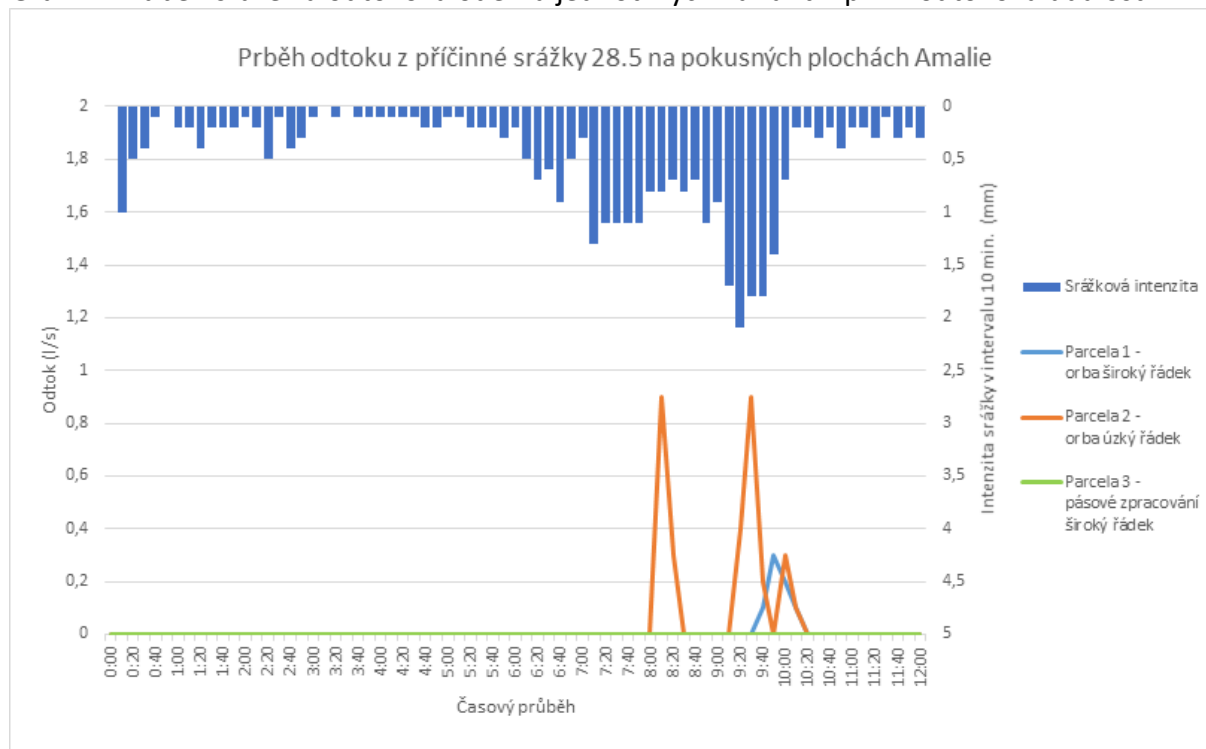
První modelová odtoková událost

K první události došlo několik dnů po setí na konci května, kdy zasetý porost začínal vzcházet. Tato srážka neměla výrazně vysokou intenzitu (v maximu mírně přesáhla hodnotu 0,2 mm/min), ale naopak měla poměrně dlouhou dobu trvání, kdy během 12 hodin v souhrnu napršelo 36,6 mm. Dle N-letosti zaznamenaná srážka přibližně odpovídá srážce 2-leté. Povrchový odtok z pokusných parcel byl zachycen měrnými žlaby u obou variant s konvenční orbou. Větší povrchový odtok byl zaznamenán na druhé parcele s úzkým řádkem, kdy dosáhl

hodnoty 0,9 l/s. U širokého řádku to bylo pouze 0,35 l/s (graf 1). Celkově tak z druhé parcely s úzkým řádkem oteklo 4,4 m³ a první parcely se širokým řádkem 2,9 m³ z hektaru. Výsledky odtoku korespondují i s výsledky množství sedimentu v nádrži. U první parcely s širokým řádkem setí široko byla zjištěna hmotnost 63 kg erodovaných půdních částic a u druhé s úzkým řádkem 93 kg. Mírně rozdílné výsledky obou variant setí plodiny lze přisuzovat především podmínkám na pozemku. V případě třetí parcely s realizovaným pásovým zpracováním půdy nebyl zaznamenán povrchový odtok na měrném žlabu ani v sedimentační nádrži. Zde bylo pouze minimální množství čisté srážkové vody. Žádné viditelné poškození erozí (na rozdíl od prvních dvou parcel) nebylo pozorováno ani na samotném pozemku.

Tato erozní událost nastala krátce po realizaci protierozní textilie silt-fence. Přestože, odtok z pokusných parcel nebyl výrazný, měl poměrně dlouhou dobu trvání. Na pokusných plochách s variantami orby se již objevily erozní rýžky. I přesto samotná pata pokládky textilie poškozena nebyla. To lze přisoudit náležitému zhutnění po pokládce protierozní textilie, které bylo provedeno pojezdem terénního auta.

Graf 1.: Průběh srážek a odtoková odezva jednotlivých variant – první odtoková událost



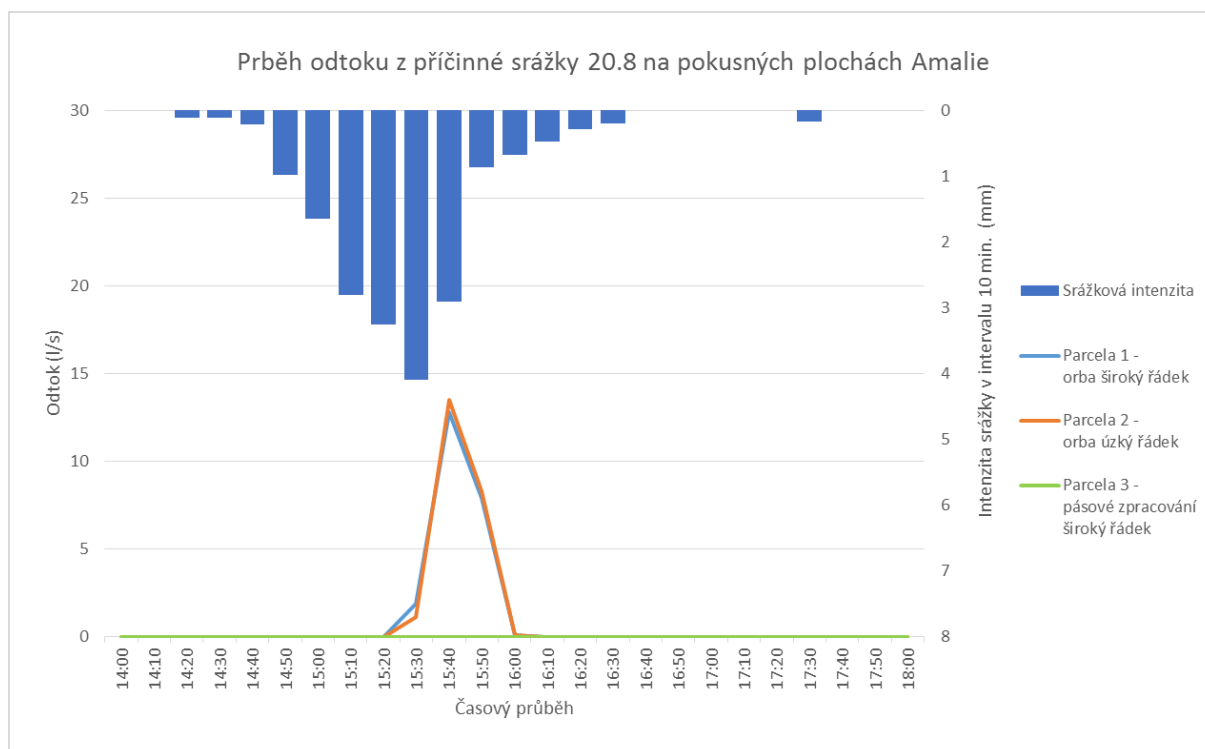
Druhá modelová odtoková událost

K další odtokové události došlo v polovině srpna. V tomto případě již měla příčinná srážka vyšší intenzitu (v maximu mírně přesáhla hodnotu 0,4 mm/min) s výrazně kratší dobu trvání, kdy během 2 hodiny napršelo 18,7 mm. Zároveň byla půda poměrně nasycená drobnými srážkami z předchozích dnů. Povrchový odtok opět nastal u obou variant s konvenční orbou, kdy v případě úzkého řádku maxima dosáhl s odtokem 13,5 l/s a u širokého 12,8 l/s (graf. 2). Celkově tak z druhé parcely s úzkým řádkem odteklo 16,3 m³ a první parcely se širokým řádkem 16,1 m³ z hektaru. Tomuto množství povrchového odtoku, pak odpovídala i vyšší hodnota ztráty půdy, kdy u úzkého řádku se v sedimentační nádrži usadilo 185 kg a u širokého řádku 179 kg erodované půdy. V případě třetí pokusné parcely s technologií pásového zpracování byl povrchový odtok zachycen pouze v rámci sedimentační jímky, kdy po jejím vysušení byly zajištěny pouze necelé 3 kg sedimentu. Pozemek a porost v případě technologie pásového zpracování vizuálně poškozený nebyl na rozdíl od ostatních pokusů.

Druhá odtoková událost již představovala pro realizovaná opatření výrazně větší zatížení. Hodnota průtoku dosáhla poměrně významné meze 13,5 l/s. Ovšem ani v tomto případě nedošlo k zásadnímu ovlivnění protierozního opatření. Nezbytné bylo provést pouze běžnou

údržbu spojenou s odklizením sedimentu a úpravou erozních rýh. Přestože opěrné sloupky a textilie přichycená sponkami musely být v místě uzávěrového profilu u Parshallova žlabu významně zatíženy. Nebylo pozorováno jakékoliv poškození.

Graf 2.: Průběh srážek a odtoková odezva jednotlivých variant – druhá odtoková událost

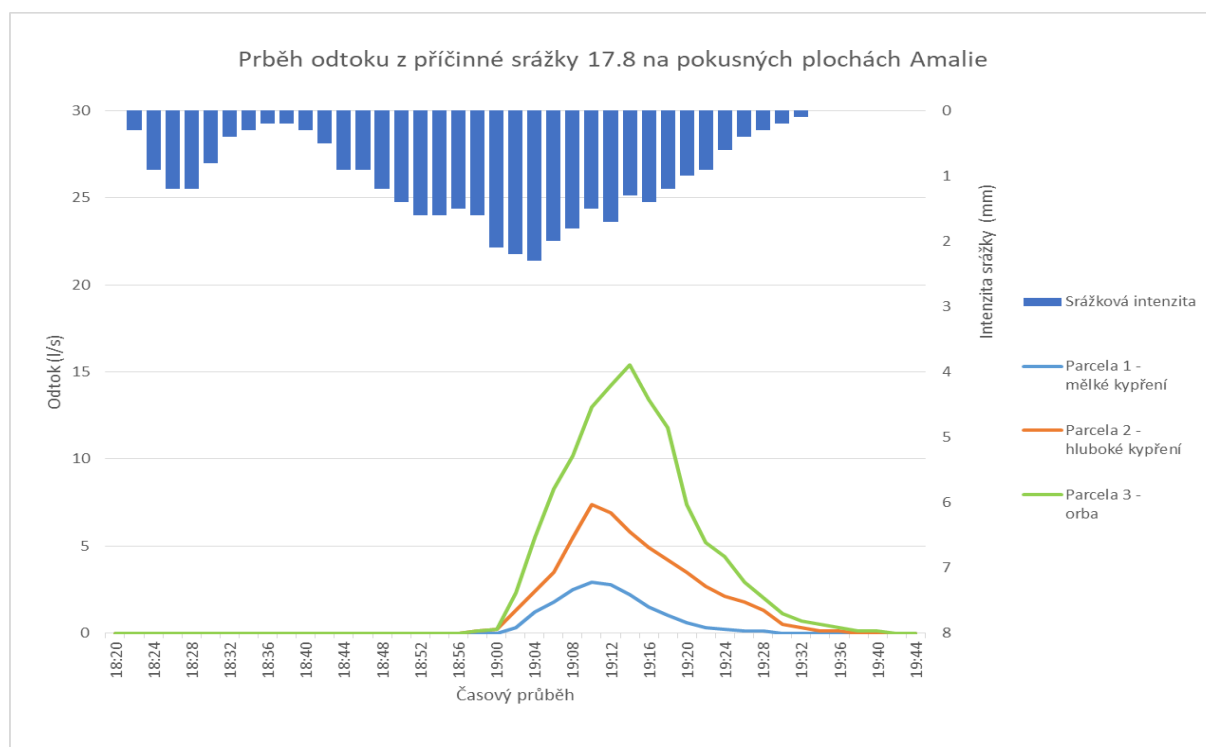


Třetí modelová odtoková událost

Třetí odtoková událost nastala až v následujícím roce ověřování. Příčinná srážka měla celkový úhrn 38 mm s maximální intenzitou 1,05 mm/min. Doba trvání srážky byla poměrně krátká (72 min) a dle N-letosti mírně překročila hodnotu srážky 10-leté. Povrchový odtok z pokusných parcel byl zachycen měrnými žlaby na všech pokusných parcelách. Největší povrchový odtok byl zaznamenán na třetí parcele s orbou, kdy dosáhl maximální hodnoty 15,4 l/s. U varianty s hlubokým kypřením to bylo méně 7,4 l/s a u poslední parcely s variantou mělkého kypření dosáhl maximální průtok pouze 2,9 l/s. Největší objem odtoku a erodovaného materiálu byl zjištěn u konvenční orby, kdy dosáhl hodnoty 14,3 m³ a 224 kg sedimentu. Poměrně lepší výsledek byl u obou variant kypření. V případě hlubokého kypření dosáhl odtok 6,5 m³ se ztrátou 112 kg sedimentu. U mělkého kypření povrchově odteklo pouze 2,1 m³ a došlo ke ztrátě 62 kg sedimentu.

V případě třetí odtokové události je potřeba přihlídnout ke skutečnosti, že protierozní opatření silt-fence bylo na pozemku více než rok od realizace. Přesto, že vzniklý povrchový odtok (především u varianty orby) nebyl zanedbatelný, u žádného opatření nedošlo k ovlivnění jeho funkce či poškození. Protierozní textilie tak spolehlivě dokázala převést větší průtok než 15 l/s.

Graf 3.: Průběh srážek a odtoková odezva jednotlivých variant – třetí odtoková událost



Ekonomika mobilních protierozních prvků

Pro ekonomické zhodnocení zakládání mobilních protierozních prvků byly využity katalogy směrných cen stavebních prací ÚRS Praha. Tyto katalogy se obvykle používají pro sjednávání stavebního procesu, cen stavebních prací a děl. Běžně jsou tak podkladem:

- projektantům: pro sestavování rozpisu prací a dodávek jako podklad pro zadávací dokumentaci pro obchodní soutěž nebo výběrová řízení,
- investorům: pro sestavování kontrolních rozpočtů k porovnání přiměřenosti cenových nabídek (nabídkových rozpočtů),
- dodavatelům: pro rychlou orientaci v průměrných nákladech při sestavování nabídkového rozpočtu.

Směrné ceny stavebních prací jsou počítány na základě kalkulace množství potřeb stanovených k jednotlivým položkám v členění podle kalkulačního vzorce. Tento vzorec definuje obsah jednotlivých druhů nákladů a současně určuje způsob jejich stanovení. Užití kalkulačního vzorce zaručuje, že do ceny budou zahrnuty všechny náklady, které jí objektivně tvoří. Kalkulační vzorec pro směrné ceny ÚRS je složen z dílčích nákladových složek v tomto členění:

- přímý materiál
- přímé mzdy
- stroje
- ostatní přímé náklady
- výrobní režie
- správní režie
- zisk

Protože mobilní protierozní opatření nejsou obvyklým stavebním prvkem. Bylo v ojedinělých případech potřeba některé položky odvodit z analogických činností. Kalkulované ceny mobilních protierozních prvků jsou rozděleny vždy na dvě položky – náklady na instalaci a náklady na materiál. Všechny kalkulace mobilních protierozních opatření byly stanoveny na 100 m délky.

T A
Č R

Tento projekt je financován se státní
podporou Technologické agentury ČR
v rámci Programu BETA2.



Ministerstvo životního prostředí

Kalkulace nákladů na realizaci protierozní textilie silt-fence

- pozemek pro zhotovení protierozní textilie silt-fence se uvažoval o rozměrech 10x100 m
- hloubka rýhy pro pokládku textilie 0,4 m

Tab. 4: Kalkulace nákladů na 100 m délky protierozní textilie silt-fence

Náklady na instalaci					
položka	popis	měrná jednotka	cena (Kč)	na délku 100 m opatření	cena za položku na 100 m opatření
1	Hloubení nezapažených rýh šířky do 150 mm rýhovačem - s urovnáním dna do předepsaného profilu a spádu v horninách tř. 1 a 2 nesoudržných	m	8 Kč	100	800 Kč
2	Aplikace protierozní textilie do vytvořené rýhy	m	10 Kč	100	1 000 Kč
3	Zásyp sypaninou z jakékoliv horniny s uložením výkopu ve vrstvá se zhutněním - jam, šachet, rýh nebo kolem objektů v těchto vykopávkách	m ³	97 Kč	6,25	606 Kč
4	Zpevnění kůly z tyčoviny, se zaražením manipulátorem nejméně na jednu polovinu jejich délky od 0,4 - 0,6 m, zaražené v hornině 1 nebo 2	kus	30 Kč	50	1 500 Kč
suma za instalaci					3 906 Kč
Náklady na materiál					
položka	popis	měrná jednotka	cena (Kč)	na délku 100 m opatření	cena za položku na 100 m opatření
5	Kůly z tyčoviny průměr 80 mm délka 1,2 m	kus	43 Kč	50	2 150 Kč
6	Tkaná textilie šířky 105 cm	m	21 Kč	100	2 090 Kč
suma za materiál					4 240 Kč
cena celkem					8 146 Kč

- položka č. 1 vychází z ceny 1 denního pronájmu rýhovače se započtením nákladů na obsluhu, přepravu a PH (je sem zahrnut denní pronájem 3.400,- Kč, obsluha 2400 Kč/den, přeprava rýhovače 800,- Kč a náklady provozu 200,- Kč)
- položka č. 2 je naceněna ruční práce dvou pracovníků
- položky č. 4 je uvažována s hodinovou sazbou manipulátoru vč. obsluhy a pomocníka ve výši 1.500,- Kč/hod

Kalkulace nákladů na odstranění protierozní textilie silt-fence

Tab. 5: Kalkulace nákladů na odstranění 100 m délky protierozní textilie silt-fence

Náklady na odstranění					
položka	popis	měrná jednotka	cena (Kč)	na délku 100 m opatření	cena za položku na 100 m opatření
1	Sejmutí ornice ručně, bez vodorovného přemístění s naložením na dopravní prostředek neb přehození do 3 m, tloušťka vrstvy přes 150 mm	m ³	180 Kč	6,25	1 125 Kč
2	Bourání konstrukcí LTM s naložením na dopravní prostředek	m ³	1 530 Kč	1	1 530 Kč
3	Doprava textilie k likvidaci do 5 km vzdálenosti	km	30 Kč	5	150 Kč
4	Likvidace plastové obaly - fólie pro podnikatelské subjekty	kg	4 Kč	21	84 Kč
5	Orba úhoru na plochách jednotlivě do 1 ha, na hloubku přes 250 mm v půdě střední	ha	3 960 Kč	0,1	396 Kč
6	Smykování na plochách do 1 ha, v půdě střední	ha	559 Kč	0,1	56 Kč
7	Podmítka pluhem jednotlivě do 1 ha, v půdě střední	ha	1 480 Kč	0,1	148 Kč
suma za odstranění					3 489 Kč

Vyčíslení nákladů z hlediska ekonomického přínosu využití opatření

Ekonomicky vyčíslit přínos nové technologie je poměrně složitá záležitost. V případě protierozních opatření musí být vyjadřována ve škodách, které v důsledku zavedení opatření nenastanou. Touto problematikou se v minulosti zabývala Konečná et al. (2014), která popisuje všechny vzniklé škody způsobené vodní erozí včetně způsobu vyčíslení nákladů.

Interní škody:

- Odnos půdy se ocení průměrnou cenou ornice nebo pomocí ceny bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ). Pokud by se navezla odnesená hmota zpět na pozemek, je možné ocenění podle transportních nákladů.
- Vznik rýh a strží, převrstvení půdy smytou zeminou – ocení se náklady na uvedení do původního stavu.
- Snížení výnosu – pro ocenění jsou potřebné konkrétní údaje o průměrném a aktuálním výnosu na daném pozemku.
- Ztráta živin – lze vyjádřit pomocí nákladů na nákup ztracených živin, zejména dusíku a fosforu.

Externí škody:

- Poškození pozemků, vznik nánosů na nich – ocení se náklady na jejich odstranění.
- Znečištění vod – ocení se zvýšení nákladů na čištění vody, popřípadě zvýšení nákladů na čištění vodohospodářských zařízení nebo odstranění negativních dopadů na jiná odběrová a uživatelská zařízení (např. náklady na čištění a zajištění účinnosti chladících zařízení elektráren nebo zavlažovacích zařízení).
- Nánosy ve vodních útvech (zanášení nádrží a toků) – oceňují se náklady na vytěžení a odvoz na skládku, popř. škody na lodní dopravě.
- Zvýšení škod při povodních – toky a nádrže zanesené produkty vodní eroze snižují retenční kapacitu krajiny (lze měřit posouzením odpovídajícího objemu škod).
- Ztráty na životech (dle autorů neměřitelné).
- Ekologické dopady (např. na organismy) se oceňují velmi obtížně a většinou jsou ekonomicky neuchopitelné (jedná se spíše o kvalitativní než kvantitativní hodnocení).

Jak z výše uvedeného přehledů vyplývá, kalkulace ekonomického přínosů je značně relativní a vždy se vztahuje ke konkrétní oblasti a jejím půdně-klimatickým podmínkám. Uplatňování

protierozních opatření by obecně mělo být chápáno jako celospolečensky prospěné, kdy vynaložené náklady na realizaci opatření se pozitivně promítají v širším spektru a ekonomicky se vyplácejí.

Novost a inovativnost

Protierozní textilie silt-fence se v podmínkách České republiky prozatím pro omezení vodní eroze nepoužívala. Zkušenosti s tímto opatřením byly proto čerpány ze zahraničí, kdy nejvíce poznatků pochází ze Spojených států amerických. Ovšem i zde probíhají stále výzkumy, které ověřují a řeší účinnost, vhodnost jednotlivých materiálů a způsoby realizace. V minulosti byla velká část výzkumů provedena především v laboratorních podmínkách. Jak někteří autoři poukazují, takovéto ověřování nemusí zcela odpovídat skutečnosti. Zároveň výzkumů, které by hodnotili mobilní protierozní opatření v provozních podmínkách je stále relativně málo. Z tohoto důvodu jsme se rozhodli v rámci řešení projektu, ověřovat protierozní účinnost v poloprovozních a provozních podmínkách. Na základě dosažených výsledků za dobu řešení projektu se domníváme, že se nám podařilo prokázat skutečnou účinnost opatření. A zároveň byly nastaveny podmínky realizace těchto opatření v reálných podmínkách běžné praxe.

Popis uplatnění metodiky

Uplatnění metodiky se předpokládá především u projektantů v oboru protierozní ochrany a pozemkových úprav, kteří standardně řeší problematiku vodní eroze a navrhují opatření pro její omezení. Protierozní textilií silt-fence je možné využít ve vícero případech, kdy způsoby jejího uplatnění se dále rozšiřují. Nejčastěji však slouží pro zabezpečení příkrých svahů, stabilizaci menších odtokových drah a zaústění povrchové vody do nich (překonání rozoru), zachycení kontaminantů z bodových zdrojů znečištění, rozdělení zdrojové plochy mikropovodí a směřování odtoku do požadovaného místa.

Obecně by tato metodika měla přispět k vyšší informovanosti projektantů ohledně podmínek, za kterých je možné protierozní textilií silt-fence používat. Podrobně se tak mohou seznámit s vhodností jednotlivých materiálů, náležitostech instalace, nastavení parametrů opatření, možnostech použití strojů pro realizaci a následné údržby opatření. Pouze při dodržení všech těchto podmínek je možné očekávat správnou funkci opatření a požadovaný protierozní efekt.

Publikace, které předcházely vydání ověřené technologie

Kincl, D., Kabelka, D.: Mobilní protierozní opatření, Pro města obce 9/2017, Praha, 2017, s. 30-31, ISSN: 2336-5838.

Kincl, D.: Nové formy protierozních opatření, Sborník XX. Celostátní konference pozemkové úpravy - Nástroj ochrany a zhodnocení půdy jako výrobního prostředku zemědělce, ČMKPÚ, 2017, ISBN: 978-80-7434-321-6

Kincl, D., Čáp, P.: Mobilní technická protierozní opatření, Pozemkové úpravy 3/2018, Praha, s. 9-11, ISSN: 1214-5815

Herout, M., Koukolíček, J., Kincl, D., Pazderů, K., Tomášek, J., Urban, J., Pulkrábek, J.: Impacts of technology and the width of rows on water infiltration and soil loss in the early development of maize on sloping lands. Plant Soil Environ., 2018, 64: 498-503.

Kincl, D., Khel, T., Vopravil, J.: Ověřování možností ochrany půdy před vodní erozí, Úroda 11/2019, Praha, 2019, s. 54 – 57, ISSN: 0139-6013.

Kincl, D., Čáp, P., Kabelka, D., Srbek, J., Vopravil, J., Petera, M.: Mobilní technická protierozní opatření, Ověřená technologie VÚMOP 10-1674/2019-S, 2019, 34 s.

Použitá literatura

Auckland Regional Council (2009). Erosion and Sediment Control Guidelines for Land Disturbing Activities in the Auckland Region, Environment Waikato Technical Report No.2009/02 (2009), ISSN 1177-9284

Britton S. L., Robinson K. M., Barfield, B. J., Kadavy K. C. (2000). Silt fence performance testing. Presented at: Annual meeting of the American Society of Agricultural Engineers; 2000 July. Paper 002162. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 11 p.

Britton S. L., Robinson K. M., Barfield, B. J. (2001.) Modeling the effectiveness of silt fence. In: Proceedings: Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference; 2001 March 25-29; Reno, NV. Vol. 2. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service: V/75–82.

Bugg, R.A.; Zech, W.C.; Donald, W.N.; Perez, M.A. (2017). Improvements in Standardized Testing for Evaluating Sediment Barrier Performance: Design of a Full-Scale Testing Apparatus. J. Irrig. Drain. Eng., 143, 1–11.

Carpenter, T, 2000. Silt fence that works, Carpenter erosion control, p. 56, ISBN: 0-9672733-0-7

Crebbin, C. (1988). Laboratory Evaluation of Geotextile Performance in Silt Fence Applications Using a Subsoil of Glacial Origin. M.Sc. Thesis. University of Washington, Seattle.

Donald, W.N., Zech, W.C., Pérez, M.A., & Fang, X.Z. (2016). Evaluation and Modification of Wire-Backed Nonwoven Geotextile Silt Fence for Use As a Ditch Check, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 142, 04015050, 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000959.

Harbor, J., 1999. Engineering geomorphology at the cutting edge of land disturbance: erosion and sediment control on construction sites. Geomorphology 31, 247e263.

Henry, K.S., Hunnewell, S.T., 1995. Silt Fence Testing for Eagle River Flats Dredging. Army Corps of Engineers Cold Regions Research & Engineering Laboratory. NTIS, Springfield, Virginia, pp. 22161 Special Report 95-27 U.S.

Horner, R.R., Guedry, J., Korten Hof, M.H., 1990. Improving the Cost Effectiveness of Highway Construction Site Erosion and Pollution Control. Final report (No. WARD 200.1).

Horsley Witten Group (2006). CNMI and Guam Stormwater Management Manual, Commonwealth of the Northern Mariana Islands and the Territory of Guam, 205 p., online: <https://dcrm.gov.mp/wp-content/uploads/crm/StormwaterManual-Volume1-Final.pdf>

Kincl, D., Čáp P., Havelková L., et al. (2017) Mobilní technická protierozní opatření pro pěstování kukuřice: Výzkumná zpráva 2017 projektu QK1710242. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

Konečná J., Pražan J., Podhrázká J., Kučera J., Koutná K. a Fiala R (2014). Hodnocení ekonomických aspektů protierozní ochrany zemědělské půdy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 52 s., ISBN 978-80-87361-26-9.

Lake D. W. et al. (2006). New York State Standards and Specifications for Erosion and Sediment Control, New York State Department of Environmental Conservation, 375 p., online: https://www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/2016nysstanec.pdf

Landphair, H. C., McFalls, J. A., Peterson, P. E., and Li, M. H. (1997). "Alternatives to silt fence for temporary sediment control at highway construction sites: Guidelines for TxDOT." Research Rep. 1737-S, Texas Transportation Institute, College Station, TX.

Rickson R. J. (2006). Controlling sediment at source: an evaluation of erosion control geotextiles. Earth Surf Process Landf 31:550–560. <https://doi.org/10.1002/esp.1368>

Robichaud, P. R., McCool, D. K., Pannkuk, C. D., Brown, R. E., and Mutch, P. W. (2001). "Trap efficiency of silt fences used in hillslope erosion studies." Soil Erosion Research for the 21 Century, Proc., Int. Symp., Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE), St. Joseph, MI, 541–543.

Robichaud, P. R., Storrar, K. A., & Wagenbrenner, J. W. (2019). Effectiveness of straw bale check dams at reducing post-fire sediment yields from steep ephemeral channels. Science of The Total Environment. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.246

Robichaud, P. R., Brown, R. E. (2002). Silt fences: An economical technique for measuring hillslope soil erosion. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-94. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 24 p

Robichaud, P.R., Wagenbrenner J.W., Brown R.E., Spigel K.M. (2009). Threeyears of hillslope sediment yields following the Valley Complex fires,western Montana. USDA Forest Service, Rocky Mountain ResearchStation, Research Paper RMRS-RP-77. (Fort Collins, CO, USA)

Stevens, E., Barfield, S. Britton, AND J. Hayes. (2005). FILTER FENCE DESIGN AID FOR SEDIMENT CONTROL AT CONSTRUCTION SITES. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 600/R-04/185

United States Environmental Protection Agency, (2012). Stormwater Best Management Practice: Silt Fences., online: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/siltfences.pdf>.

TITSMZP717 - Systém krajinných úprav pro adaptaci zemědělské (lesozemědělské) krajiny na klimatickou změnu v období 2030+

Zech, W. C., Halverson, J. L., and Clement, T. P. (2007). "Development of silt fence tieback design methodology for highway construction installations." Transportation Research Record 2011, Transportation Research Board, Washington, DC, 21–28.

Vinten, A. J. A., Loades, K., Addy, S., Richards, S., Stutter, M., Cook, Y., ... Jeffrey, W. (2014). Reprint of: Assessment of the use of sediment fences for control of erosion and sediment phosphorus loss after potato harvesting on sloping land. Science of The Total Environment, 468-469, 1234–1244. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.10.050



**Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.**



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**